



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم المحاصيل الحقلية

دراسة تأثير معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها في الخصائص الكمية والنوعية والفيزيائية لحبوب القمح

Study the Effect of Nitrogen Fertilization Rates and the Time of Application on the Quantity, Quality and Physical Properties of Wheat Grains

أطروحة أعدت لنيل درجة الدكتوراه في علوم المحاصيل الحقلية
(قسم المحاصيل الحقلية)

إعداد الطالبة

ليال غسان زاهد

إشراف

د. يوسف نمر

(مشرفاً مشاركاً)

قسم المحاصيل الحقلية

كلية الزراعة - جامعة دمشق

أ. د. أيمن الشحادة العودة

(مشرفاً رئيساً)

قسم المحاصيل الحقلية

كلية الزراعة - جامعة دمشق

دمشق: 2020 م / 1442 هـ

قُدِّمت هذه الأطروحة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه في علوم المحاصيل الحقلية (قسم المحاصيل الحقلية)، كلية الزراعة - جامعة دمشق.

This thesis has been submitted as a partial fulfilment of the requirements for PhD in Field Crops Sciences (Field Crops Department), Faculty of Agriculture, Damascus University.

لجنة المناقشة والحكم

أ.د. أيمن الشحادة العودة قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً مشرفاً)

أ.د. مأمون خيتي قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً)

أ.د. ماجد مولود سليمان قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة الفرات (عضواً)

د. رلى يعقوب قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً)

د. حسين المحاسنة قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً)

نُوقِشت وأُجيزت هذه الأطروحة بتاريخ: 2020 / 12 / 21

شهادة

نشهد بأنّ العمل الموصوف في هذه الأطروحة، نتيجة بحث علمي قامت به المعيدة الموفدة من جامعة الفرات ليال غسان زاهد، بإشراف الأستاذ الدكتور أيمن الشحاذة العوده، الأستاذ في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، والدكتور يوسف نمر، الأستاذ المساعد في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، وإنّ أيّة مراجع أُخرى بُحِثت في هذه الرسالة موثقة في النص.

المشرف المشارك

المشرف العلمي

المعيدة

الدكتور يوسف نمر

الأستاذ الدكتور أيمن الشحاذة العوده

ليال غسان زاهد

Certificate

We hereby certify that the work described in this thesis is the result of a scientific research performed by the researcher **Layal Ghassan Zahed** under the supervision of Prof. Dr. **Ayman Shehadeh AL-Ouda**, Professor, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University and Dr. **Yousef Nemer**, Associate Professor, Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Damascus University. All reference books resorted by the researcher has been checked by the text.

Candidate: Layal Ghassan Zahed

Chairman: Prof. Dr. Ayman Shehadeh AL-Ouda

Co-Chairman: Dr. Yousef Nemer

تصريح

أُصِرَّحَ بأنَّ البحثَ الموصوفَ في هذه الأطروحة تحت عنوان: "دراسة تأثير معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها في الخصائص الكمية والنوعية والفيزيائية لحبوب القمح" لم يسبق أن قُدم للحصول على أيّة درجة جامعية أخرى، وغير مُقدم حالياً لذلك، وأنَّ كافة الأعمال، والنتائج المذكورة هي نتاج جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرفين العلميين، وأيّة معلومات أو نتائج أخرى ذُكرت في الأطروحة قد نُسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص، وفي قائمة المراجع.

المعيدة الموفدة

ليال غسان زاهد

Declaration

I declare that the present research work entitled; "**Study the Effect of Nitrogen Fertilization Rates and the Time of Application on the Quantity, Quality and Physical Properties of Wheat Grains**" is a new research work, and that has never been studied by any other researchers for any other degree, and currently it is not submitted by any one for any degree. All the mentioned results are my own efforts, and done by the direct supervision of my supervisors. All the referred literature is cited, and well-documented in the list of references.

Candidate

Layal Ghassn Zahed

2. الشكر ACKNOWLEDGMENT

أقدم خالص شكري وامتناني لكل من ساهم في انجاز هذا البحث، وأخص بالشكر كلية الزراعة، جامعة دمشق على احتضاني في سنوات إيفادي السبع وتقديم كافة التسهيلات العلمية والإدارية. وأقدم شكري الكبير للأستاذ الدكتور أيمن الشحادة العودة، والدكتور يوسف نمر على تفضلهما بالإشراف على هذه الرسالة وعلى توجيهاتهما الكريمة والقيمة في جميع مراحل البحث. وأقدم خالص شكري إلى لجنة الحكم الموقرة المؤلفة من الأستاذ الدكتور مأمون خبتي، والأستاذ الدكتور ماجد سليمان، والدكتور رلى يعقوب، والدكتور حسين المحاسنة على تفضلهم بقراءة الرسالة وإبداء الرأي والملاحظات القيمة التي أغنت البحث. وأقدم شكري وامتناني لقسم المحاصيل الحقلية فرداً فرداً على احتضانهم لي طوال هذه السنوات السبع، والذين كانوا بمثابة عائلة كريمة لي. كما أقدم شكري للجامعي الأم، جامعة الفرات على دعمها الإداري والمادي والعلمي للحصول على درجتي الماجستير والدكتوراه. كما أخص بالشكر أصدقائي وزملائي من الأقسام والهيئات البحثية الأخرى الدكتور سحر العطار، والدكتور منال العثمان، وصديقتي الغالية أشجان الناصر على تقديم الدعم والمساعدة لإنجاز هذا البحث. وأهدي هذا العمل وشكري الكبير لعائلتي أُمي الغالية المربية الفاضلة بهيرة الجاسم، وأختي المهندسة ريم زاهد، والأنسة صبا الزاهد، وشريكي الأستاذ محمد علاوي اللذين كانوا شموماً تحترق لتضيء لي الطريق منذ بداية العمل وحتى نهايته. وأخيراً أهدي هذا العمل إلى روح والدي الحاضرة الغائبة المربي الفاضل غسان محمد زاهد تغمده الله برحمته.

ليال محسان محمد زاهد

فهرس المحتويات

الصفحة	الموضوع
1	الملخص العربي
6	المقدمة وأهداف البحث
16	الدراسة المرجعية
40	مواد البحث وطرائقه
54	النتائج والمناقشة
235	الاستنتاجات
237	التوصيات والمقترحات
238	المراجع العربية والإنكليزية
352	الملخص باللغة الانكليزية

فهرس الجداول

رقم الجدول	الموضوع	الصفحة
1	مساحة وإنتاج وغلة محصول القمح القاسي والطري حسب المحافظات لعام 2018.	18
2	خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة لعام 2018.	58
3	متوسط درجات الحرارة والهطول المطري خلال موسم الزراعة (2017-2018 م) في موقع أبي جرش.	59
4	العلاقة بين وزن الألف حبة ودليل الجودة (QI).	64
5	العلاقة بين محتوى الحبة من البروتين % ودليل الجودة (QI).	66
6	العلاقة بين وزن النوعي لحبوب نوعي القمح (قاسي، وطري) ودليل الجودة (QI).	68
7	العلاقة بين نسبة الغلوتين الرطب في الدقيق ومحتواه البروتيني.	69
8	متوسط عدد الأيام اللازمة للإنبات (يوم) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	86
9	متوسط موعد التسنبل (يوم) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	96
10	متوسط موعد النضج (يوم) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	105
11	متوسط عدد السنابل في المتر المربع (سنبله. م ²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي	115
12	متوسط وزن الحبوب في السنبل الرئيسية (غ) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	123
13	متوسط عدد الحبوب في السنبل الرئيسية (حبة. سنبله ¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي	131
14	متوسط عدد الحبوب في المتر المربع (حبة. م ²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	140
15	متوسط الغلة الحبيبة (غ. م ²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	151

16	متوسط الغلة الحيوية (غ. م ⁻²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	159
17	متوسط دليل الحصاد (%) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	167
18	متوسط نسبة طول الحبة إلى العرض لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	176
19	متوسط حجم الحبة لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	184
20	متوسط وزن الألف حبة (غ) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	193
21	متوسط محتوى البروتين في الحبوب (%) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	202
22	متوسط الوزن النوعي للحبوب (كغ. هيكتولتر ⁻¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	210
23	متوسط محتوى الغلوتين الرطب (%) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	219
24	متوسط معامل الغلوتين لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	226
25	متوسط كفاءة استخدام الآزوت (كغ حبوب. كغ N ⁻¹ . م ⁻²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	179
26	متوسط غلة الآزوت الحبية (كغ N. هكتار ⁻¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	185
27	متوسط كمية الآزوت الممتص من قبل النبات (كغ. هكتار ⁻¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	190
28	متوسط النسبة المئوية للنبات (%) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	194
29	متوسط معدل الإنبات (يوم. حبة ⁻¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	201
30	متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة (%سم) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	208
31	متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة (%غ) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.	216
32	متوسط النسبة المئوية لاختبار التترزوليوم تركيز 0.15% (%) لدى أصناف القمح خلال موسم الزراعة.	221
33	تأثير التأثير التجميعي المناسب وغير المناسب في صفة الغلة الحبية في نوعي القمح المدروسين	224

	تحت ظروف الزراعة الحقلية.	
225	تأثير الممارسات الزراعية المطبقة في الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية.	34
227	تأثير الممارسات الزراعية المطبقة حقلياً في الصفات الفيزيائية والحيوية للحبوب المُقاسة مخبرياً.	35
233	قيم معامل الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية.	36

قائمة الاختصارات Abbreviations

الاختصار	المقابل الإنكليزي	المرادف العربي
GY	Grain yield	الغلة الحبية
BY	Biological yield	الغلة الحيوية
(G×E)	Genotype × Environment interaction	تفاعل الطراز الوراثي مع البيئة
HYG	High yielding genotypes	طرز ذات كفاءة إنتاجية مرتفعة
E	Evaporation	التبخر
T	Transpiration	النتح
FAO	Food and Agricultural Organization	منظمة الأغذية والزراعة العالمية
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development	منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي
CI	Crop intensification	تكثيف الإنتاج الزراعي
N ₂ O	Nitrous oxides	أكسيد الآزوت
DMA	Dry matter accumulation	تراكم المادة الجافة
NUE	Nitrogen use efficiency	كفاءة استعمال الآزوت
(G × N)	Genotype by N rate interactions	تفاعل الطرز الوراثية مع معدلات التسميد الآزوتي
LYG	Low yielding genotypes	الطرز ذات الكفاءة الإنتاجية المنخفضة
DFS	Dry farming systems	نظم الزراعة الجافة
OM	Organic matter	المادة العضوية
GFS	Global food security	الأمن الغذائي العالمي
SNR	Split-N application ratio	إضافة الآزوت على دفعات بنسب محددة
BMPs	Best management practices	عوامل الإدارة المثلى
LAI	Leaf area index	دليل المساحة الورقية
PAR	Photo-synthetically active radiation	الأشعة الضوئية الفعالة في عملية التمثيل الضوئي
RUE	Radiation use efficiency	كفاءة النباتات في استعمال الضوء
HI	Harvest index	دليل الحصاد
SDCs	Synthetic hexaploid wheat-derived cultivars	أصناف تركيبية وأصناف غير تركيبية: تقليدية
GPC	Grain protein content	محتوى الحبوب من البروتين
NUPE	Nitrogen uptake efficiency	كفاءة امتصاص الآزوت

كفاءة استعمال الآزوت	Nitrogen utilization efficiency	NUtE
العامل المسؤول عن زيادة تركيز النترات في الحبوب	NAC transcription factor	TaNAC2
حمض الأبسيسيك	Absciscic acid	ABA
الجبرلينات	Gibberellins	GAs
للموثة المسؤولة عن تحطيم حمض الأبسيسيك	ABA degradation gene	CYP707A2
معدل انبعاث غازات الدفيئة	Greenhouse gas emissions	GHG
غاز أول أوكسيد النترت	Nitrous oxide	N2O
غاز الميثان	Methane gas	CH4
غاز الأمونيا	Ammonia gas	NH3
السوبر فوسفات الثلاثي 46% P ₂ O ₅	Triple super phosphate	TSP
الوزن النوعي للحبوب	Test Weight	TW
الاتحاد الأمريكي لتكنولوجيا علوم الحبوب	International Association for Cereal Science and Technology	AACC
أنزيم ارجاع النترات	Nitrate reductase	NR
الكتلة الحيوية للأجزاء فوق الأرضية (الهوائية)	Aboveground biomass	AGBM
مرحلة الإشتاء الخامس	Five-tiller stage	GS25
السوبر فوسفات الثلاثي	Triple super phosphate	TSP
وزن الألف حبة	1000-kernel weight	TKW
دليل جودة الحبوب	Quality index	QI
نسبة البروتين في الحبوب	Grain protein content	GPC
الاتحاد الأمريكي لتكنولوجيا علوم الحبوب	International Association for Cereal Science and Technology	AACC
الغلوتين الرطب	Wet gluten	WG
معامل الغلوتين	Gluten index	GI
الجمعية الدولية لاختبار البذور	International Seed Testing Association)	ISTA
دليل الإنبات	Germination index	GI
متوسط وقت الإنبات	Mean germination time	MGT
متوسط الإنبات اليومي	Mean daily germination	MDG
اختبار التترازوليوم	Tetrazolium test	TZ
تصميم القطاعات كاملة العشوائية	Randomized complete block design	RCBD
التصميم العشوائي التام	Complete randomized design	CRD

المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة	Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dryland	ACSAD
كفاءة استعمال مياه الأمطار	Rainwater use efficiency	RWUE
مرحلة امتلاء الحبوب	Grain filling stage	GFS
متوسط وزن الحبة الواحدة	weight Individual grain	IGW
دليل حيوية البادرات	Seedling vigor index	SVI
الرطوبة النسبية الجوية	Relative humidity	RH%
فرق ضغط بخار الماء بين الأجزاء الهوائية والوسط المحيط	Leaf to air Vapour Pressure Difference	VPD
معدل التمثيل الضوئي	Assimilation rate	A
كمية المادة الجافة الكلية	Total dry matter	TDM
الأشعة المعترضة	Light interception	I
كفاءة النباتات في استعمال الضوء	Radiation use efficiency	RUE
معدل صافي التمثيل الضوئي	Net assimilation rate	NAR
المساحة الورقية الفعالة في عملية التمثيل الضوئي	Leaf area duration	LAD
كفاءة استعمال المياه	Water use efficiency	WUE
أنزيم ارجاع النترات	Nitrate reductase	NR
الكتلة الحيوية للأجزاء فوق الأرضية	Aboveground biomass	AGBM
طول الحبة	Grain length	GL
عرض الحبة	Grain width	GW
وثخانة الحبة	Grain thickness	GT
نسبة طولها إلى عرضها	GW/GT ratio	L/W ratio
نسبة طول الحبة إلى ثخانتها	Grain length to grain thickness	GL/GT ratio
نسبة عرض الحبة إلى ثخانتها	Grain width to grain thickness	GT ratio/GW
معامل حصاد الآزوت	Nitrogen Harvest Index	NHI
أنزيم تصنيع الغلوتامين	Glutamine synthetase	GS
محتوى مرتفع من البروتين	High grain protein content	HGPG
الناقلية المسامية	Stomatal conductance	gs
دليل محتوى الكلورفيل	Chlorophyll content index	CCI
دليل حصاد الآزوت	Nitrogen Harvest Index	NHI
وكفاءة استعمال الآزوت التمثيلية	Photosynthetic nitrogen use efficiency	PNUE
كفاءة استعمال المياه التمثيلية	Photosynthetic water use efficiency	PWUE

كفاءة نقل الآزوت	Nitrogen Translocation efficiency	NTE
معدل صافي التمثيل الضوئي	Net Assimilation rate	NAR
كفاءة استعمال الآزوت	Nitrogen use efficiency	NUE
الجمعية الدولية لاختبار البذور	International Seed Testing Association	ISTA

دراسة تأثير معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها في الخصائص الكمية

والنوعية والفيزيائية لحبوب القمح

الملخص

تُنفذت الدراسة الحقلية في حقول كلية الزراعة، مزرعة أبي جرش، خلال الموسم الزراعي 2017-2018 م، بهدف دراسة تأثير أربعة معدلات من السماد الآزوتي (0، 100، 120، 140، 160 كغ. N هكتار⁻¹)، التي أُضيفت خلال مراحل تطويرية مختلفة، تحت ظروف الزراعتين المروية والمطرية على أربعة أصناف معتمدة محلياً ومزروعة، اثنان من القمح الطري [دوما² (أكساد885)، ودوما⁴ (أكساد901)]، واثنان من القمح القاسي [دوما¹ (أكساد1105)، ودوما³ (أكساد1229)]. وتمت الدراسة المخبرية خلال الموسم الزراعي 2018-2019 م، بهدف دراسة الصفات الفيزيائية والحيوية والنوعية للحبوب الناتجة عن الموسم الزراعي الأول، نتيجة تأثير المعاملات المدروسة. وضعت التجربة الحقلية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized complete block design (RCBD)، بترتيب القطع المنشقة Split block design، بواقع أربعة مكررات.

يُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها والأصناف المدروسة، أن متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات فوق سطح التربة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح الطري دوما²، وذلك عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار، وبدون فروقات معنوية بينهما (25، 24 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹، وذلك عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (7، 7 يوماً على التوالي). وكان متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل، والنضج التام الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹، عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) (157، 213 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، لدى صنف القمح الطري دوما² (124، 190 يوماً على التوالي). وكان متوسط عدد السنبال في المتر المربع الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما²) عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹، عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإشتاء وبدون فروقات معنوية بينهما (804، 800 سنبلة. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى

صنف القمح القاسي دوما¹ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (224.67 سنبلة. م⁻²). وكان متوسط وزن الحبوب، وعدد الحبوب في السنبلة الرئيسية، ومتوسط عدد الحبوب في المتر المربع، والغلة الحبية، ومتوسط كفاءة استعمال الآزوت، ومتوسط غلة الآزوت الحبية، ومتوسط كمية الآزوت الممتص من قبل النبات الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹، وعند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ بالنسبة لكفاءة استعمال الآزوت، وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (2.84، 2.91 غ؛ 83.83، 82.8 حبة. سنبلة⁻¹؛ 23436، 23880 حبة. م⁻²؛ 1451.36، 1470.00 غ. م⁻²؛ 106.48، 106.32 كغ حبوب. كغ N⁻¹. م⁻²؛ 31.27 كغ. هكتار⁻¹، 276.43 كغ. هكتار⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ بالنسبة لصفة كفاءة استعمال الآزوت، وعندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (0.36؛ 20.83 حبة. سنبلة⁻¹؛ 4866.67 حبة. م⁻²؛ 125.25 غ. م⁻²؛ 10.08 كغ حبوب. كغ N⁻¹. م⁻²؛ 2.51 كغ. هكتار⁻¹، 23.39 كغ. هكتار⁻¹ على التوالي). وكان متوسط الغلة الحيوية الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹، وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإشتاء) (3809.41 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (747.17 غ. م⁻² على التوالي). وكان متوسط دليل الحصاد الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹، وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (43.46%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹، وعندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإشتاء (14.36%).

ويلاحظ بالنسبة إلى الصفات الفيزيائية والحيوية والنوعية، التي تمّ قياسها مخبرياً، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (2.55)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء)

(1.55، 1.57 على التوالي). وكان متوسط حجم الحبة الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، وعند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (67.92، 66.80 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية بواقع (100% في بداية مرحلة الإزهار (34.71 مم³). وكان متوسط وزن الألف حبة الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (61.79 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، (25.48 غ). وكان متوسط محتوى الحبوب من البروتين، والغلوتين الرطب، ومتوسط معامل الغلوتين الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلي التسميد الآزوتي 120 و 160 كغ N. هكتار⁻¹ بالنسبة للصفين الأوليتين، وعند معدلي التسميد الآزوتي 140، و 160 كغ N. هكتار⁻¹ بالنسبة لمعامل الغلوتين، عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار وبدون فروقات معنوية بينهما (18.77، 17.85%؛ 48.15، 47.81%؛ 93.67، 93.00 على التوالي)، في حين كانت تلك الصفات الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (9.10%؛ 22.20%؛ 62.00 على التوالي). وكان متوسط الوزن النوعي للحبوب الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (89.25، 88.91 كغ. هيكتولتر⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح القاسي (دوما¹، ودوما³)، وبدون فروقات معنوية بينهما (68.00، 69.36 كغ. هيكتولتر⁻¹ على التوالي). كان متوسط دليل الإنبات الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) (0.79%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقات

معنوية بينهما (0.46، 0.48% على التوالي). كان متوسط معدّل الإنبات الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة (4.65 يوم. حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (2.44 يوم. حبة⁻¹). وكان متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها، ومتوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (4008.29، 3996.6% سم؛ 86.71، 85.45% غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينها (1501.69، 1770.85% سم؛ 13.59، 15.8% غ على التوالي). كان متوسط اختبار التترازوليوم (تركيز 0.15%) الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (97%))، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (69.33%).

يُلاحظ وجود علاقة ارتباط سالبة ومعنوية جداً بين صفة متوسط وزن الألف حبة، وصفتي متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة، وعدد السنابل في المتر المربع ($r = -0.804^{**}$ ، $r = -0.568^{**}$ على التوالي). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط سالبة ومعنوية جداً بين صفة متوسط موعد ظهور البادرات وصفات الغلّة الحيوية، ووزن الحبوب في السنبلة الرئيسة، وعدد السنابل في المتر المربع، وعدد الحبوب في المتر المربع، والغلّة الحيوية، ووزن الألف حبة، وموعد التسنبل والنضج التام ($r = -0.803^{**}$ ، $r = -0.559^{**}$ ، $r = -0.765^{**}$ ، $r = -0.836^{**}$ ، $r = -0.796^{**}$ ، $r = -0.637^{**}$ ، $r = -0.555^{**}$ ، $r = -0.546^{**}$ على التوالي).

تتحدد غلّة محصول لقمح الحبية بالعديد من العوامل، أهمها العوامل الوراثية (الصنف)، والتسميد الآزوتي، والري، وتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية تبعاً. ويُلاحظ أنّ هذه الممارسات مسؤولة عن 91.37% من الغلّة الحيوية في محصول القمح ضمن المنطقة البيئية المدروسة. عموماً، يُوصى بإضافة الأسمدة الآزوتية بمعدّل 140 كغ N. هكتار⁻¹، بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) للحصول على أعلى غلّة حبية، وغلّة حيوية، ودليل حصاد. ويُوصى بزراعة صنف القمح

دوما³ ودوما⁴، لأنهما الأكثر تكيفاً مع ظروف المنطقة البيئية المستهدفة، وأكثر استجابةً لظروف الري الكامل والتسميد بالمقارنة مع الصنفين الآخرين المدروسين، بسبب تفوقهما في الغلة الحبية (825.7، 643.7 على التوالي)، وكفاءة استعمال الآزوت (56.18، 43.84 كغ حبوب. كغ N⁻¹. م⁻² على التوالي).

الفصل الأول

المقدمة

Introduction

المقدمة Introduction

يتبع القمح Wheat بنوعيه الطري Bread wheat والقاسي Durum wheat للعائلة النجيلية (*Poaceae (Gramineae)*، والجنس *Triticum*، وهو من أول الأنواع النباتية المحصولية التي تم استئناسها على وجه البسيطة (Peleg وزملاؤه، 2011؛ Raza وزملاؤه، 2019b). ويتميز هذا الجنس باحتوائه على عدد كبير من الأنواع. ويُعد نوع القمح القاسي (*Triticum turgidum* var. *durum* L.) رباعي الصيغة Tetraploid، ويتمتع بمادة وراثية ضخمة (16×10^9 bp/genome)، لاحتوائه على عدد كبير من السلاسل المتكررة لدرجة أن 80% من المجموع الصبغي يتألف من سلاسل DNA متكررة (Smith و Bulma، 1999)، في حين يُعد القمح الطري Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) سداسي الصيغة الصبغية Hexaploid. وتُعد محاصيل الحبوب Cereals عامةً، والقمح خاصةً العنصر الأهم في النظام الغذائي البشري، إذ تُسهم الحبوب بنحو 42.5% من إمدادات السعرات الحرارية الغذائية في العالم، وتأتي مساهمتها من خلال التوريد بالبروتينات Proteins (37%)، حيث تحتل محاصيل الحبوب المرتبة الثانية بعد المنتجات السمكية والحيوانية Animal products في المساهمة بإعطاء البروتينات، وتقدر إمدادات حبوب القمح لوحدها من البروتينات بنحو 40% من البروتينات بالمقارنة مع إمدادات الدواجن والخنازير ولحوم البقر، ولا يزال محصول القمح في أمريكا الشمالية، وأوروبا الغربية يوفر أكثر من 20% من مصادر البروتين (FAO، 2016). ويُعد محصول القمح المحصول الغذائي الأول في جميع أنحاء العالم، وتزداد أهميته نتيجةً لتزايد النمو السكاني على مستوى العالم في القرن الحالي، حيث يُعد الخبز الغذاء الرئيس لأكثر من ثلاثة أرباع سكان الكرة الأرضية، ويؤد جسم الإنسان بالطاقة Energy والبروتين أكثر من أي محصول حبي آخر (Abd-El-Haleem وزملاؤه، 2009). ويُعد محصول القمح الطري ضمن الأنواع المحصولية التي تُزرع على نطاق واسع عالمياً، وهو مسؤول عن تأمين قرابة 20% من السعرات الحرارية، والبروتين المستهلك من قبل البشر عالمياً (Shiferaw وزملاؤه، 2013)، لذلك من الضروري جداً أن يسعى الباحثون لتحسين إنتاجية ونوعية الحبوب، لتأمين الاحتياجات الغذائية المتزايدة في ظل النمو السكاني المتنامي.

تُزرع محاصيل الحبوب الصغيرة (القمح، والشعير Barley) بشكل عام تحت ظروف الزراعة المطرية Rainfed conditions في غرب آسيا وشمال أفريقيا من منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث تتوفر في هذه البيئات متطلبات النمو والتطور المناسبة لتلك المحاصيل من حرارة، وأمطار (لا تقل عن 250 مم. سنة⁻¹) (Ganbalani وزملاؤه، 2010).

إن كلمة القمح مشتقة من الكلمة اللاتينية Ceres وتعني اسم آلهة المحاصيل والزراعة عند قدماء الرومان (Elouofi و Nachit، 2004). وتُعد منطقة الشرق الأوسط بمنزلة الموطن الأصلي

للقمح القاسي، وتأتي أهمية هذا النوع من الأقماح كونه يُنتج في مناطق محددة نسبياً، ما يزيد من سرعة تأثر العالم بإنتاجه Production. وقد تأقلم القمح القاسي بشكل أفضل من قمح الخبز (القمح الطري) في مناطق الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وبعض الدول الأوروبية الواقعة على حوض البحر الأبيض المتوسط (Williams وزملاؤه، 1984). وتتميز حبوب القمح القاسي بنسبة رطوبة في الحبوب أقل من 11% (على خلاف القمح الطري الذي تصل نسبة الرطوبة في حبوبه إلى 14%)، وتحتوي على نسبة مرتفعة من البروتين، تصل إلى قرابة 14%، الأمر الذي يُسهّل عمليات نقله وتخزينه وتصنيعه (Dong وزملاؤه، 2015).

يحتل القمح من حيث الإنتاج العالمي المرتبة الثانية في قائمة محاصيل الحبوب بعد الذرة الصفراء (Zea mays L.) Corn، حيث تم إنتاج قرابة 771.7 مليون طناً من القمح، منها 36.4 مليون طناً من القمح القاسي خلال عام 2018، من مساحة مزروعة قدرها 220 مليون هكتاراً، بمتوسط إنتاجية وصل إلى قرابة 3.4 طن. هكتار⁻¹ (FAO، 2018). وتشير الإحصائيات الحديثة أنّ الاحتياجات من حبوب القمح في الدول النامية تزداد سنوياً بنحو 1% (Anonymous، 2013). ووصل إنتاج الحبوب عالمياً نحو 2965.92 مليون طناً لغاية 20 آذار 2020، وتتصدر الصين قائمة الدول المنتجة عالمياً للقمح بالرغم من أنّها تمتلك فقط 15% من أصل المساحة المزروعة، إلّا أنّها تُنتج ما يقارب 20% من الإنتاج العالمي، حيث يصل إنتاجها إلى نحو 125 مليون طناً سنوياً (International Grain Council، 2020).

بلغ إنتاج الوطن العربي وشرق آسيا من الحبوب قرابة 51.88 مليون طناً، تمثل نحو 1.75% من الإنتاج العالمي، وشكّلت مجموعة الحبوب ما نسبته 42.8% من إجمالي المتاح للاستهلاك من سلع الغذاء الرئيسية، وبلغ معدّل الاكتفاء الذاتي من مجموعة الحبوب نحو 37.8%، وساهمت خمس دول عربية (مصر، والمغرب، والجزائر، والسودان، والعراق) بنسبة 87.28% من إجمالي إنتاج المنطقة العربية من الحبوب عام 2018. ويُلاحظ أنّ مصر لوحدها ساهمت بنسبة 41.18% من إجمالي إنتاج الحبوب في المنطقة العربية، تلتها المغرب بنسبة 19.41%. وكان متوسط إنتاجية الحبوب تحت ظروف الزراعة المروية نحو 3.6 طن. هكتار⁻¹، بينما لم يزد عن قرابة 1.3 طن. هكتار⁻¹ تحت ظروف الزراعة المطرية. وكان إنتاج مصر من الحبوب لوحدها نحو 21.36 مليون طناً، تليها المغرب نحو 10.07 مليون طناً، أما العراق فقد أعطت نحو 4.8 مليون طناً، بينما أعطت سورية فقط 1.4 مليون طناً، ويُعزى تدني الإنتاج الإجمالي من الحبوب عامةً في سورية إلى ظروف الأزمة التي عصفت بالقطر العربي السوري خلال السنوات التسع الماضية، التي حالت دون استثمار كامل المساحات الزراعية، بسبب الارتفاع الكبير الذي طرأ على أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي، ووقوع مساحات كبيرة ضمن مناطق النزاع، بالإضافة إلى ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي Agricultural inputs، وبخاصة الوقود، والأسمدة المعدنية، والمبيدات، وندرتها في الأسواق

المحلية، الأمر الذي حال دون تمكن المزارعين من تقديم عمليات الخدمة المناسبة، بالإضافة إلى توقف عجلة برامج التربية والتحسين الوراثي Genetic improvement (غياب الأصناف المحسنة)، ما أدى إلى تراجع متوسط الإنتاجية في وحدة المساحة من الأرض، وانخفاض الإنتاج الكلي. وللأسف، يُعد الوطن العربي أكبر تجمع سكاني مُستهلك للقمح، حيثُ بلغ الاستهلاك قرابة 42.8 مليون طناً عام 2018، فيما كان الإنتاج فقط 26.30 مليون طناً، وتم الاعتماد على الاستيراد لسد العجز بين الإنتاج والاستهلاك، وكانت السعودية أكبر مستورد للقمح بنحو 15.3 مليون طناً. وتقدر المساحة المزروعة بمحصول القمح على مستوى الوطن العربي بنحو 10.77 مليون هكتاراً بمتوسط إنتاجية 2671 kg Productivity¹ هكتار⁻¹، وتُقدر نسبة المساحة المزروعة بالقمح عربياً بنحو 30.54% من إجمالي المساحة المزروعة بالحبوب، وتُقدر الإنتاجية بنحو 50.70% من إنتاجية الحبوب كاملةً. واتجهت الدول العربية بهدف زيادة الإنتاج الكلي وتقليص الفجوة الغذائية Food gap إلى زيادة رقعة المساحات المزروعة بمحاصيل الحبوب (التوسع الأفقي)، حيث ازدادت هذه المساحات بنسبة 32% في الوقت الذي انخفضت فيه المساحة العالمية بنحو 4%، ولكن محدودية الأراضي الصالحة للزراعة، والتملح الثانوي للأراضي الزراعية، وعدم كفاية الهطولات المطرية، وسوء توزيعها خلال موسم النمو، حال دون تحقيق الهدف المنشود في العديد من الدول العربية. عموماً، تتركز زراعة القمح في الوطن العربي في دول مصر، والمغرب، والعراق، والجزائر، وسورية، وتونس، وتحتل مصر المرتبة الأولى من حيث الإنتاج والانتاجية، تليها المغرب ثم الجزائر (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2019).

يُعد محصول القمح الطري مصدراً مهماً للدقيق اللازم لتصنيع الخبز، الذي يُعد بمنزلة الغذاء الأساسي Staple food لمعظم شعوب دول منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، ولكن عادةً ما تكون إنتاجية محصول القمح الطري في مثل هذه المناطق البيئية، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية متدنية نسبياً، نظراً لتعرض النباتات خلال مرحلة أو أكثر من مراحل النمو للاجهادات اللاأحيائية Abiotic stresses (الجفاف، والحرارة المرتفعة، والملوحة). ويُعد محصول القمح الطري من مصادر الطاقة الرئيسية في الغذاء في الدول النامية، حيثُ يُشكل الخبز قرابة 70% من مصدر الطاقة اليومي، ويُزرع ضمن مدى واسع من البيئات التي يمكن أن تؤثر سلباً في الأداء العام لنباتات المحصول، وبشكل خاص غلة المحصول الحبية (GY) Grain yield، ونوعية الحبوب Grain quality. وتعتمد بشكل عام غلة محصول القمح الحبية ونوعيتها على العوامل البيئية السائدة خلال موسم النمو ضمن منطقة بيئية محددة، والطرز الوراثي المزروع، والتفاعل المتبادل بين العوامل الوراثية والبيئة (G×E) Genotype × Environment interaction (Bergman وزملاؤه، 1998). ويمكن تحسين إنتاجية محصول القمح من خلال تطوير طرز ذات كفاءة إنتاجية مرتفعة (HYG) High yielding genotypes، مع المحافظة على الخصائص النوعية للحبوب والصفات

التصنيعية، وتكون ذات كفاءة مرتفعة في استعمال مُدخلات الانتاج الزراعي عامةً والأسمدة الآزوتية Nitrogen fertilizers خاصةً، بما يضمن زيادة الغلة الحبية (GY) باستعمال كميات أقل من المياه والأسمدة المعدنية، وبخاصة في ظل التغيرات المناخية Climate changes، وما تمخض عنها من شح في حجم الموارد المائية العذبة Fresh water، بسبب تراجع معدلات الهطل المطري السنوية Rainfall، وسوء توزيعها خلال موسم النمو Erratic، إضافةً إلى ازدياد معدلات فقد المياه بالتبخر (E) Evaporation، والنتح (T) Transpiration، نتيجة ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي، بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري، الأمر الذي يُعرض النباتات للإجهاد المائي Water stress المؤقت الذي يمكن أن يحدث خلال أية مرحلة من دورة حياة المحصول Intermittent water stress، أو الإجهاد المائي المتزامن مع الحرارة المرتفعة Heat stress، الذي عادةً ما يحدث خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة المحصول (الإزهار Anthesis، وامتلاء الحبوب Grain filling)، الأمر الذي يؤثر سلباً في إنتاجية المحصول، حسب شدة Intensity الإجهاد المائي، ومدته، وتوقيت حدوثه (الشحادة العودة وزملاؤه، 2016). ويُعزى عامةً تراجع الإنتاجية في مناطق إنتاج القمح الرئيسة إلى مجموعة معقدة من العوامل أهمها بطء وتيرة التحسين الوراثي في برامج التربية التقليدية، وتراجع خصوبة التربة Soil fertility، وتناقص كفاءة استعمال Utilization efficiency مدخلات الإنتاج الزراعي عامةً، والمياه، والأسمدة الآزوتية خاصةً، بالإضافة إلى ازدياد وطأة الإجهاد المائي (Shiferaw وزملاؤه، 2013).

يُعد عنصر الآزوت (N) من العناصر المغذية الضرورية An essential macronutrient لنمو النباتات وإعطاء غلة حبية جيدة، حيث يؤثر بشكل مباشر في معدل إنتاج المادة الجافة وتراكمها لنمو النباتات وإعطاء غلة حبية جيدة، حيث يؤثر بشكل مباشر في معدل إنتاج المادة الجافة وتراكمها (DMA) Dry matter accumulation، من خلال تأثيره في كفاءة الأوراق التمثيلية (Gaju وزملاؤه، 2011، 2014). وأسهمت إضافة الأسمدة الآزوتية بشكل كبير في زيادة غلة محصول القمح الحبية، وتأمين الاحتياجات الغذائية المتزايدة للنمو السكاني المتزايد عالمياً (Erisman وزملاؤه، 2008). ولكن سبب الاستعمال المفرط من الأسمدة الآزوتية مشاكل بيئية خطيرة، تمثلت بتدهور الأراضي الزراعية، والاحتباس الحراري Climate warming، وتلوث الهواء Air pollution، وتلوث المياه السطحية والجوفية بالنترات (NO₃) pollution (Cameron وزملاؤه، 2013). بالإضافة إلى ذلك، تؤدي إضافة كميات زائدة من السماد الآزوتي إلى زيادة تكاليف الإنتاج الزراعي Production costs، ومن ثمّ تقليص هامش الربح الاقتصادي للمزرعة والمزارع على حدٍ سواء (Wang وزملاؤه، 2001). وتبعاً لذلك، لا بدّ من ضبط معدلات التسميد الآزوتي، وتحسين كفاءة استعمال الآزوت لتخفيف المشاكل البيئية، وتحسين الوضع المعيشي للمزارعين، وضمان استدامة إنتاجية النظم البيئية الزراعية (Delin وزملاؤه، 2008).

Stevens وزملاؤه، 2005). وللأسف خلال العقود الأخيرة، تطلب تحقيق زيادة في غلة محصول قمح الحبية، ضرورة زيادة معدل التسميد الآزوتي (ضمن مفهوم تكثيف الإنتاج الزراعي)، ولكن تراجعت بالمقابل كفاءة استعمال الآزوت (Nitrogen use efficiency (NUE) (Duan وزملاؤه، 2018؛ Zheng وزملاؤه، 2017). ويمكن زيادة قيمة كفاءة استعمال الآزوت (NUE) من خلال تحسين نوعية الأسمدة المضافة، وتطبيق الممارسات الزراعية المناسبة، وزراعة الأصناف الكفوءة في استعمال الآزوت وذات الكفاءة الإنتاجية المرتفعة (Tian وزملاؤه، 2016).

تُفدّث العديد من الدراسات السابقة الخاصة بتحسين صفة كفاءة استعمال الآزوت (NUE)، (التي تُعرف بأنها نسبة كمية الحبوب المحصودة إلى كمية السماد الآزوتي المُضافة في وحدة المساحة من الأرض) (Moll وزملاؤه، 1982)، في محصول القمح في العديد من دول العالم، مثل أوروبا (Cormier وزملاؤه، 2013)، وأمريكا الوسطى (Ortiz-Monasterio وزملاؤه، 1997)، والولايات المتحدة الأمريكية (Guttieri وزملاؤه، 2017)، بهدف انتخاب الطرز الوراثية الأكثر كفاءة في استعمال الآزوت عند معدل محدد من التسميد الآزوتي (الكمية الموصى بها لكل صنف ومنطقة بيئية)، ولكن نادرة هي الدراسات الحقلية التي تعتمد على تحديد الطرز الوراثية الأكثر كفاءة في استعمال الآزوت عند معدلات تسميد متباينة، ومواعيد مختلفة لإضافة السماد الآزوتي، حيثُ يسمح هذا النمط من البحوث في تسريع الكسب الوراثي Genetic gains في صفة كفاءة استعمال الآزوت (NUE). وما يدعم هذه الفرضية هو اكتشاف وجود تفاعل معنوي بين الطرز الوراثية من القمح ومعدلات التسميد الآزوتي (Buchi) genotype by N rate ($G \times N$) interactions (Kubota وزملاؤه، 2016؛ Kubota وزملاؤه، 2018).

الجدول رقم (1): مساحة وإنتاج وغلة محصول القمح القاسي والطري حسب المحافظات لعام 2018.

المحافظة	القمح القاسي						القمح الطري					
	سقياً			بعلاً			سقياً			بعلاً		
	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	الغلة (كغ.هكتار ⁻¹)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	الغلة (كغ.هكتار ⁻¹)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	الغلة (كغ.هكتار ⁻¹)	المساحة (هكتار)	الإنتاج (طن)	الغلة (كغ.هكتار ⁻¹)
الحسكة	71059	169246	2382	127596	120370	943	102825	251501	2446	196166	181706	926
الرقعة	42700	124977	2927	47	-	-	79300	251325	3169	63953	-	-
دير الزور	40215	104449	2597	-	-	-	42519	105249	2475	-	-	-
الغاب	41608	98051	2357	3466	3823	1103	6100	4894	802	63	-	-
حلب	37544	112632	3000	46624	26250	563	67821	203463	3000	109632	37773	345
إدلب	16168	30599	1893	11567	-	-	13352	18927	1418	21749	-	-
حماة	17111	39142	2288	8377	6837	816	287	701	2442	-	-	-
حمص	10440	28118	2693	13381	9392	702	2102	4835	2300	520	383	736

(المجموعة الإحصائية الزراعية، 2018).

مبررات البحث Research justifications

إنّ تدني إنتاجية محصول القمح بنوعيه الطري والقاسي، في معظم مناطق زراعة القمح في سورية، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية، يمكن أن يُعزى إلى زراعة السلالات والأصناف ذات الكفاءة الإنتاجية المنخفضة (LYG) Low yielding genotypes، وتدني خصوبة التربة Low soil fertility، وانتشار الأعشاب الضارة Weeds، والإصابة بالمسببات المرضية Diseases، والآفات الحشرية Insect pests، بالإضافة إلى زيادة تكرار دورات الجفاف Drought frequency خلال السنوات الأخيرة، بسبب التبدلات المناخية، وتراجع معدّلات الهطل المطري السنوي بنسبة 20 – 30%، وسوء توزيع الهطولات، وتذبذبها من موسم زراعي لآخر. وأدت عمليات التكتيف الزراعي إلى تدهور التربة Soil degradation، واستنزاف محتواها من العناصر المعدنية المغذية، وبخاصة في ظل ارتفاع أسعار الأسمدة المعدنية، وعزوف المزارعين عن إضافة الأسمدة المعدنية وفق المعدّلات الموصى بها من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لكل صنف ومنطقة بيئية، الأمر الذي هدّد في الآونة الأخيرة استدامة إنتاجية محاصيل الحبوب الصغيرة، وبخاصة تحت نظم الزراعة الجافة (DFS) Dry farming systems. وتراجعت إنتاجية محصول القمح حتى تحت ظروف الزراعة المروية، بسبب التملح الثانوي الناجم عن استعمال مياه ذات نوعية سيئة، واتباع الطرائق الخاطئة بالري (الري السطحي بالغمر)، وغياب الصرف العميق، ما أدّى إلى تغدق الترب الزراعية ذات القوام الطيني الثقيل (Vertisols) Heavy clayey soils.

تراجعت في الآونة الأخيرة في سورية كميات الأسمدة الآزوتية المُضافة لمحصول القمح تحت ظروف الزراعتين المروية والبعلية، بسبب ارتفاع أسعار الأسمدة الآزوتية وبخاصة اليوريا وندرتها في الأسواق المحلية، بالإضافة إلى التوجه العام من قبل الحكومات إلى تقليل كميات الأسمدة المعدنية المُضافة، وبخاصة الأسمدة الآزوتية للحد من انبعاث أكاسيد الآزوت وتلوث التربة والمياه الجوفية بها، الأمر الذي أثر سلباً في إنتاجية محصول القمح المزروع بنوعيه الطري والقاسي والخصائص النوعية للحبوب.

تنقسم معظم أراضي مناطق بيئات حوض المتوسط بأنّها فقيرة بالمادة العضوية Organic matter (OM) وكمية الآزوت المتاح Available N، الأمر الذي يحول دون نمو نباتات محصول القمح بالشكل الأمثل وإعطاء غلّة حبيّة مرتفعة، وذات مواصفات نوعية جيدة ما لم تتمّ عملية التسميد الآزوتي من خلال إضافة الأسمدة المعدنية بكميات كافية ووفق مراحل الطلب الأعظمي على الآزوت، التي تختلف باختلاف النوع المحصولي (قمح طري، قمح قاسي)، والظروف البيئية السائدة، وكمية المياه المتاحة في التربة خلال مختلف مراحل النمو، وكفاءة استعمال الآزوت للأصناف المزروعة التي لا تزال في معظمها غير معروفة للمزارعين، لذلك تُعدّ عملية تحسين عوامل إدارة التسميد الآزوتي Nitrogen fertilizer management من أهم الممارسات الزراعية التي تضمن زيادة الإنتاجية

وتحسين الخصائص النوعية، وتُعد حقيقةً مسألة نقص الآزوت Nitrogen deficiency تحت ظروف الزراعة الجافة لبيئات حوض المتوسط من أهم المعوقات بعد مشكلة الجفاف التي يمكن أن تؤثر سلباً في نمو نباتات محصول القمح وتطورها وإنتاجيتها (Ryan وزملاؤه، 2009).

تتزايد احتياجات النباتات للعناصر المعدنية المغذية الكبرى (NPK)، فقد بلغت الاحتياجات على مستوى العالم في عام 2015 قرابة 186,625 ألف طناً، ووصلت هذه الاحتياجات في عام 2019 إلى قرابة 199,006 ألف طناً (FAO، 2018)، وفي ظل ارتفاع أسعار الأسمدة المعدنية عالمياً، وندرتها محلياً، كان لا بدّ من العمل على ضبط معدّلات الإضافة، وزيادة كفاءة استعمالها من خلال إضافة الكميات المناسبة، في الوقت المناسب من دورة حياة النبات، بما يضمن زيادة إنتاجية محصول القمح وتحسين نوعية المنتجات (الحبوب). ويوجد تباين كبير في معدّل امتصاص واستعمال العناصر المعدنية الكبرى (NPK) بين الأنواع النباتية، وحتى بين الطرز الوراثية التابعة للأنواع النباتية نفسها (Ali وزملاؤه، 2018؛ Gill وزملاؤه، 1994).

قلّة المعلومات المتوافرة حول التأثير المشترك لمعدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها في غلّة أصناف القمح الطري والقاسي المحلية المزروعة، تحت ظروف الزراعتين المروية والمطرية، وكفاءة تلك الأصناف في استعمال الآزوت، والخصائص النوعية للحبوب، وبخاصة في بيئات حوض المتوسط عامة، وسورية خاصة.

عموماً، نظراً لأهمية ضبط معدّل التسميد الآزوتي ونوعية الأسمدة الآزوتية المضافة وتوقيت إضافتها ضمن ظروف بيئية محددة لضمان الحصول على أعلى غلّة حبية وأفضل نوعية حبوب مع تحسين كفاءة استعمال الآزوت (NUE)، وبخاصة في ظل ارتفاع أسعار الأسمدة الآزوتية وندرتها في الأسواق المحلية كان لا بدّ من إجراء مثل هذه الدراسة بهدف تحسين عوامل إدارة التسميد الآزوتي لبلوغ الطاقة الإنتاجية الوراثية الكامنة Potential yield لأصناف القمح الطري والقاسي المزروعة محلياً.

عموماً، لا بدّ من البحث عن الطرائق الأكثر كفاءة في تسميد القمح، من خلال التوفيق بين زيادة معدّلات التسميد الآزوتي للحصول على أعلى غلّة حبية وأفضل خصائص نوعية للحبوب، مع درء المخاطر الناجمة عن فقد الآزوت بالتطاير، والرشح العميق لحماية مصادر المياه الجوفية من التلوث، ضمن مفهوم التنمية المستدامة، دون نسيان تحسين كفاءة عملية الإنتاج الزراعي الاقتصادية، من خلال زيادة المخرجات بأقل كلفة ممكنة للمدخلات.

أهداف البحث Research objectives

- 1- دراسة تأثير معدلات السماد الآزوتي، وتوقيت إضافته في الغلة الحبية ومكوناتها، ونوعية الحبوب، والخصائص الفيزيائية والحيوية للحبوب، لدى بعض أصناف القمح الطري والقاسي المعتمدة والمزروعة محلياً تحت ظروف الزراعة المروية والمطرية.
- 2- دراسة تأثير ضبط معدل التسميد الآزوتي والتوقيت الأمثل لإضافته في تحسين كفاءة استعمال الآزوت تحت ظروف الزراعتين المروية والمطرية.
- 3- دراسة طبيعة علاقة الارتباط البسيط بين الصفات الشكلية والكمية والنوعية، وصفة الغلة الحبية ومكوناتها، بهدف تطوير أنموذج Models مناسب لتحديد معايير انتخاب غير مباشرة لصفة الغلة الحبية.
- 4- تحديد ترتيب العوامل الأكثر أهمية المحددة للغلة الحبية، وتطوير أنموذج رياضي يسمح بالتنبؤ بالكفاءة الإنتاجية لكل من القمح الطري والقاسي.

الفصل الثاني
الدراسة المرجعية
Literature Review

الدراسة المرجعية Literature review

يتحدد معدّل نمو الأنواع النباتية وإنتاجيتها بمدى إتاحة العناصر المعدنية المغذية بكميات كافية، خلال مراحل الطلب الأعظمي عليها، وتؤدي إضافة العناصر المعدنية المغذية الأساسية على شكل أسمدة عضوية أو معدنية إلى المحافظة على إنتاجية محصول القمح بشكل مستدام، والمحافظة على خصوبة التربة (Shaharoon و زملاؤه، 2008). وتُعد إضافة الأسمدة المعدنية Fertilizers (NPK) مهمة جداً للمحافظة على خصوبة التربة وتقليل الفجوة الإنتاجية Yield gap ضمن ظروف بيئية معينة (Brummer و زملاؤه، 2011). وأصبح ازدياد الطلب على الغذاء من التحديات الكبيرة التي تواجه مربي النبات (Glenn و زملاؤه، 2008). ويمكن تحقيق هذا الهدف باستعمال عوامل الإدارة المناسبة للمحصول Crop management practices التي تضمن المحافظة على الإنتاجية لمحصول القمح بنوعيه القاسي والطري على أسس مستدامة، من خلال تجاوز العوامل الأرضية Edaphic factors المحددة للغلة الحبية (Galloway و زملاؤه، 2008؛ Hoang و Alauddin، 2010). ومن أهم عوامل الإدارة المثلى Best management practices (BMPs)، إضافة الكميات المناسبة من العناصر المعدنية المغذية في الوقت المناسب (Bruulsema و زملاؤه، 2009).

أهمية عنصر الآزوت للنبات Importance of N for plants: يُعد عنصر الآزوت (N) المادة الأولية الأساسية اللازمة لنمو النباتات، لأنه مكون أساسي في جميع البروتينات. وإنّ وجود كمية كافية من عنصر الآزوت في الأنسجة النباتية أمراً ضرورياً لامتصاص العناصر المعدنية المغذية الأخرى. ويدخل الآزوت بشكل عام في عمليات انقسام واستطالة الخلايا النباتية، ما يؤدي إلى زيادة مساحة الأوراق، وطول السوق، ومحور السنبلة والسنيبلات، ويزيد من محتوى الأوراق من الأصبغة اليخضورية Chlorophyll، ما يعطي الأوراق لونها الأخضر الداكن، ويؤدي دوراً مهماً في تصنيع البروتينات بما في ذلك الأنزيمات في النباتات، لذلك يجد نقص الآزوت في التربة N deficiency من انقسام الخلايا النباتية Cell division واستطالتها Cell expansion وتشكل جزيئات اليخضور، ونشاط العديد من الأنزيمات المهمة. وتتمثل أعراض نقص الآزوت بتقرم عام للنباتات، واصفرار الأوراق، وبخاصة الأوراق القديمة. ويؤثر نقص الآزوت في محصول القمح في استطالة الأوراق، الأمر الذي يؤثر سلباً في عدد الأوراق المتشكلة ومساحتها، ما يؤدي إلى تراجع دليل المساحة الورقية Leaf area index (LAI)، الأمر الذي يؤثر سلباً في كمية الأشعة الضوئية الفعالة في عملية التمثيل الضوئي Photo-synthetically active radiation (PAR) المعارضة Light interception، والممتصة Absorbed، وتراجع أيضاً محتوى الأوراق من جزيئات اليخضور (اللواقط الضوئية)، الأمر الذي يؤثر سلباً في كفاءة النباتات في استعمال الضوء (RUE) Radiation use efficiency، ومن ثمّ كفاءة النباتات التمثيلية، وكمية المادة الجافة الكلية

المُصنَّعة Dry matter accumulation (Ortiz-Monasterio وزملاؤه، 1997). ويؤدي الآزوت دوراً حيوياً في عمليات نمو النباتات، وهو مكون حيوي للبروتينات، والأحماض النووية Nucleic acids، وجزيئات اليخضور، ويسهم الآزوت بنحو 1.5 - 5% من تركيب المادة الجافة في النباتات الراقية (Jabbar وزملاؤه، 2009).

تأثير التسميد الآزوتي في الصفات الشكلية Effect of N fertilization on morphological traits

traits: يؤثر الآزوت بشكلٍ معنوي في صفات النمو Growth attributes، مثل ارتفاع النبات، وعدد الإسطوانات، وعدد الأوراق، والوزن الجاف للنباتات، وتؤدي إضافة الآزوت بكميات كافية إلى زيادة ارتفاع النبات، ومساحة الأوراق، الأمر الذي يزيد من دليل المساحة الورقية (LAI) (حجم المصدر)، وكفاءة النباتات التمثيلية Photosynthetic capacity، ومن ثم كمية المادة الجافة المتاحة لمرحلة النمو الثمري Reproductive stage، ما يؤدي إلى زيادة الغلة الاقتصادية (Mandal وزملاؤه، 1992). ولوحظ في القطع التجريبية المزروعة بمحصول القمح والمسمدة بشكل جيد Well-fertilized plots، زيادة عدد الأوراق الخضراء الفعالة في عملية التمثيل الضوئي، بسبب إتاحة العناصر المعدنية المغذية بكميات كافية، الأمر الذي أدى إلى تحسين معدل تراكم المادة الجافة، وكفاءة نقل السكريات Carbohydrates translocation من المصدر Source إلى المصب Sink (مراكز النمو) growing points (Agarwal، 2001). ويؤدي الآزوت دوراً حيوياً في عملية امتلاء الحبوب، حيث يسهم في زيادة المساحة الورقية في النبات، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كمية المادة الجافة الكلية المُصنَّعة نتيجة زيادة كمية الأشعة الضوئية الفعالة في عملية التمثيل الضوئي الممتصة والمُحوَّلة إلى طاقة كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية المُصنَّعة (السكريات) (Wilhelm، 1998). عموماً، يسهم التسميد المتوازن من خلال إضافة الكميات المناسبة من الآزوت (N) Nitrogen، والفوسفور (P) Phosphorus، والبوتاسيوم (K) Potassium، في تحسين تحمل نباتات القمح للإجهادات اللاحيائية Abiotic stresses، والأحيائية Biotic stresses (Shabala و Pottosin، 2014). بين كل من Tisdale و Nelson (1984) أن إنتاج المادة الجافة في الحبوب الصغيرة يعتمد على العلاقة بين المصدر والمصب Source-Sink relationship، حيث يُعد المصدر (المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي) الأساس في إنتاج المادة الجافة (السكريات)، في حين يُعد المصب (الحبوب) بمنزلة نقاط التصريف/الاستهلاك لتلك المادة الجافة. وبيننا أن كلاً من عملية ضبط التغذية المعدنية عامةً والتسميد الآزوتي خاصةً من العوامل المهمة جداً في ضبط العلاقة بين المصدر والمصب، كما تُعد عملية إضافة كمية كافية من الآزوت إلى نباتات المحصول المزروع خلال فترة النمو الأولي مهمة جداً في تشكل الأوراق والبداءات الزهرية Florets primordial. وبين الباحث Sobh وزملاؤه (2000)، أن

إضافة معدلاتٍ متزايدة من السماد الآزوتي أدت إلى زيادة عدد الإشطاعات الكلية، وزيادة ارتفاع النبات، وطول السنبلة في محصول محصول القمح. وأشار الباحث Zahran وزملاؤه (1997) أن ارتفاع النبات، ومساحة الورقة العلمية Flag leaf area، وعدد الإشطاعات Tillers number، والوزن الجاف للنباتات في وحدة المساحة من الأرض، ازدادت بشكلٍ معنوي بزيادة معدل التسميد الآزوتي. وبين Lemon (2007) أن التسميد الآزوتي سبب زيادةً معنوية في طول السنبلة في محصول القمح. عموماً، فإنَّ الغلَّة الحبية والصفات الشكلية المرتبطة بها تستجيب بشكلٍ متزايد للتسميد الآزوتي، وبخاصة في أصناف القمح القاسي ذات الكفاءة الإنتاجية المرتفعة High yielding varieties (Behera وزملاؤه، 2000). تؤدي ظروف نقص الآزوت إلى انخفاض معدلات التمثيل الضوئي التي تُعزى غالباً إلى تراجع دليل المساحة الورقية (LAI)، ومحتوى الأوراق من الأصبغة الخضراء، وكمية الأنزيم روبيسكو Rubisco، الذي يتوسط تفاعل إضافة غاز الفحم (CO₂) إلى المستقبل الأولي المركب خماسي الكربون RUBP في حلقة إرجاع الكربون الثلاثية (حلقة كالفن) (العودة، وزملاؤه، 2016).

وبيّنت نتائج إحدى الدراسات التي أجريت في مدينة بوخارست لتقييم تأثير السماد الآزوتي وفق المعدلات المثلّى الموصى بها (80، 110، 140، 165 كغ N . هكتار⁻¹) بالمقارنة مع الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، لدى صنف القمح (AN-1124، NM-15)، أن معاملة التسميد الآزوتي قد حسّنت من معدل تراكم المادة الجافة Dry matter accumulation، من خلال تحسين نمو النباتات، ومن ثمَّ حجم المصدر في محصول القمح. وتُعزى الزيادة في معدل تصنيع المادة الجافة وتراكمها، وغلَّة المحصول الحبية بازدياد معدل التسميد الآزوتي بالمقارنة مع الشاهد، لدى صنف القمح المدروسين (AN-1124، NM-15)، إلى زيادة معدل التمثيل الضوئي Photosynthetic activity، ومعدل نمو الجذور، ما يؤدي إلى تشكيل مجموع جذري كبير قادر على استخلاص كمية أكبر من المياه والعناصر المعدنية المغذية اللازمة لنمو النباتات وتطورها (Ata-Ul-Karim وزملاؤه، 2019).

تأثير التسميد الآزوتي في مكونات الغلَّة الحبية في القمح Effects of nitrogen fertilization on wheat yield components: تباطأت في الآونة الأخيرة وتيرة التحسين الوراثي في غلَّة محصول القمح الحبية بشكلٍ ملحوظ بسبب غياب المادة الوراثية المناسبة وطرائق التربية السليمة (Jia وزملاؤه، 2013). ومن المعروف أنَّ صفة الغلَّة الحبية هي صفة كمية معقدة Complex quantitative trait يتحكم بها عدد كبير من المورثات وذات قابلية توريث منخفضة Low heritability، وتتأثر بشكلٍ معنوي بالعوامل البيئية، الأمر الذي يجعل مسألة التحسين من القضايا الصعبة جداً في برامج التربية التقليدية (Deng وزملاؤه، 2000؛ Koebner و Snape، 1999). ويمكن تُجزئ غلَّة محصول القمح الحبية (GY) إلى عدة مكونات Components، أهمها

عدد السنابل في وحدة المساحة من الأرض، وعدد الحبوب في السنبل، ومتوسط وزن الألف حبة (Wang وزملاؤه، 2012؛ Fuller وزملاؤه، 2011). عموماً، عندما تُزرع الأنواع المحصولية ضمن المناطق البيئية التي تكون فيها العوامل المناخية والأرضية مناسبة جداً، وتُقدّم للمحصول عمليات الخدمة المثلى، فيمكن عندئذٍ بلوغ الطاقة الإنتاجية الكامنة الكاملة Full genetic yield potential (Conry، 1995). وتُعزى الزيادة في مكونات الغلة الحبية إلى زيادة كفاءة نباتات القمح في امتصاص الآزوت N uptake، ما يؤدي إلى زيادة معدل نمو الأجزاء الهوائية Shoots (حجم المصدر)، ومن ثم كمية المادة الجافة الكلية المصنعة والمُسخرة باتجاه الحبوب Partitioning to the grains (Araus وزملاؤه، 2001).

تختلف أصناف القمح بالصفات المرتبطة بالغلة الحبية Yield related traits، والغلة الحبية ومكوناتها (Hassanin، 2001). وتتكون الصفات المرتبطة بالغلة الحبية في القمح من عدد السنابل في المتر المربع Spikes m^{-2} ، وعدد الحبوب في السنبل Seeds spike^{-1} ، ووزن الألف حبة 1000-grain weight كمكوناتٍ عديدة، في حين تتحدد أيضاً الغلة الحبية في القمح ببعض المكونات الفيزيولوجية، مثل الغلة الحيوية عند النضج (BY) Biological yield، ودليل الحصاد (HI) Harvest index (العودة، 2005). وتتأثر الصفات المرتبطة بالغلة الحبية في محصول القمح بالعديد من العوامل، ويُعد التسميد الآزوتي N fertilization العامل الأكثر أهمية على الإطلاق (Guarda وزملاؤه، 2004). وتؤدي إضافة الأسمدة الآزوتية بكميات مناسبة إلى تحسين العديد من مكونات الغلة الحبية، مثل وزن الألف حبة، وعدد السنابل في وحدة المساحة من الأرض، وعدد الحبوب في السنبل، والغلة الحيوية، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الغلة الحبية (Warraich وزملاؤه، 2002).

تُعد صفة وزن الألف حبة ضمن مكونات الغلة الحبية العددية ذات قابلية توريث أعلى من صفة الغلة الحبية ذاتها (Huang وزملاؤه، 2006؛ Bezant وزملاؤه، 1997). وترتبط صفة وزن الألف حبة بشكلٍ موجب ومعنوي مع صفة الغلة الحبية (Baril، 2007؛ Maccaferri وزملاؤه، 2011)، وغلة الطحين (Chasten وزملاؤه، 1995). وتُعد هذه الصفة أيضاً من أكثر الصفات ثباتاً (Patil وزملاؤه، 2013؛ Tsilo وزملاؤه، 2010)، لذلك تُعد عملية تحسين صفتي وزن الألف حبة، وعدد الحبوب في وحدة المساحة من الأرض من مقومات برامج التربية التقليدية الهادفة إلى تحسين غلة محصول القمح الحبية، علماً أنّ صفة وزن الألف حبة من الصفات المعقدة التي يؤثر فيها عدد كبير من صفات الحبة الأخرى، مثل حجم الحبة وشكلها Grain size and shape، وتعتمد غلة محصول القمح الحبية (GY) في وحدة المساحة من الأرض على عدد الحبوب في وحدة المساحة $\text{No. of grains per m}^2$ ، ومتوسط وزن الحبة الواحدة Individual grain weight (Gifford وزملاؤه، 1984). عموماً، يمتلك الآزوت (N) تأثيراً محدداً في غلة العديد من الأنواع

المحصولية، في النظم البيئية الزراعية، ويتحدد هامش الربح الاقتصادي الناتج عن زراعة محصول القمح بشكل رئيس بمحتوى البروتين في الحبوب، ووزن الألف حبة، والوزن النوعي للحبوب Grain test weight (وزن الهيكوليتير). وتُستعمل صفة وزن الألف حبة من قبل مربي النبات وأصحاب المطاحن للدلالة على التركيب الكيميائي وكفاءة استخلاص الطحين الناتج. ويؤثر عنصر الآزوت بشكل معنوي في عدد الحبوب في السنبلة، نظراً للدور المهم الذي يؤديه الآزوت في الإزهار، والعقد وتطور الحبوب (Guo وزملاؤه، 2016). أن إضافة كمية كافية من الأسمدة الآزوتية تؤدي أيضاً إلى زيادة معدل صافي التمثيل الضوئي (Net Assimilation rate (NAR)، بالإضافة إلى زيادة عدد الإشطاعات المثمرة (Wilhelm، 1998)، وزيادة عدد السنابل في وحدة المساحة من الأرض وعدد الحبوب في السنبلة، والغلة الحيوية (BY)، والغلة الحبية (GY) (Al-Abdulsalam، 1997). بين Ehdiae وزملاؤه (2001) أن إضافة كميات كافية من الأسمدة الآزوتية تؤدي عادةً إلى زيادة الكتلة الحية للأجزاء الهوائية بنحو 28%، والغلة الحبية بنحو 16%، ومحتوى الحبوب من البروتين بنحو 5%، ولكن انخفض دليل الحصاد بنحو 10%. وبين الباحثة Sobh وزملاؤه (2000)، أن إضافة معدلات متزايدة من السماد الآزوتي أدت إلى زيادة عدد الإشطاعات وعدد السنابل في المتر المربع، وعدد السنبيلات في السنبلة، وعدد الحبوب في السنبلة في محصول القمح.

نُفذت تجربة حقلية في محطة البحوث الزراعية في المكسيك، على مدار موسمين زراعيين متتاليين لتقييم استجابة ستة طرز وراثية من القمح (ثلاثة أصناف تركيبية Synthetic hexaploid wheat-derived cultivars (SDCs)، وثلاثة أصناف غير تركيبية: تقليدية)، تم استنباطها من خلال برامج التربية التقليدية، للتسميد الآزوتي، اعتماداً على مكونات الغلة الحبية، حيث سبب نقص الآزوت انخفاضاً معنوياً في متوسط عدد السنابل في المتر المربع، ومتوسط عدد الحبوب في المتر المربع، في حين كان متوسط وزن الألف حبة أعلى تحت ظروف نقص الآزوت. وكان أيضاً محتوى الأوراق الثلاثة العلوية من الأصبغة اليخضورية أعلى في نباتات الأصناف التركيبية بالمقارنة مع الأصناف غير التركيبية، والذي ارتبط بشكل موجب ومعنوي مع الغلة الحبية، ولكن أبدت الأصناف التركيبية محتوى أدنى من البروتين في الحبوب بالمقارنة مع الأصناف غير التركيبية تحت معاملتي التسميد الآزوتي (بوجود (160) أو بغياب الآزوت (الشاهد))، وارتبط محتوى البروتين في الحبوب سلباً مع الغلة الحبية (GY) (Liua وزملاؤه، 2020).

يمثل دليل الحصاد نسبة الغلة الحبية (GY) إلى الوزن الجاف الكلي للأجزاء الهوائية (حبوب + تبن) (Marschener، 1995). وارتفعت قيمة دليل الحصاد خلال القرن الماضي من قرابة 34 إلى 51% (Austin، 1999). وخلال الثورة الزراعية والسنوات التي تلتها، فقد كان الهدف الرئيس في جميع برامج التربية والتحسين الوراثي التقليدية هو انتخاب السلالات التي تستجيب بشكل أفضل للتسميد الآزوتي بإنتاج كمية أكبر من الحبوب، وقيمة دليل حصاد (HI%) أعلى (Sinclair،

(1998). وكان الانتخاب الوراثي Genetic selection لقيم مرتفعة من دليل الحصاد يتم عند معدّلات متوسطة إلى مرتفعة من الأسمدة الآزوتية، في حين أنّ دليل الحصاد ودليل حصاد الآزوت Nitrogen harvest index (NHI) تستجيب بشكل مختلف للسماد الآزوتي، وذلك تبعاً لكمية السماد الآزوتي المُضافة، وتوقيت الإضافة وفق المراحل التطورية المختلفة (Ortiz-Monasterio وزملاؤه، 1997). وبين الباحثان Ehdaie و Waines (2001) أنّ معدّلات التسميد الآزوتي المرتفعة خفّضت من قيمة دليل الحصاد، وبخاصةً عندما أُضيف السماد الآزوتي بعد الزراعة بوقت قصير، ويمكن أن تزداد قيمة دليل الحصاد عندما تُضاف الأسمدة الآزوتية بشكل متأخر. وتراوحت قيم دليل الحصاد التي تمّ الحصول عليها من قبل هذين الباحثين في محصول القمح القاسي بين 38.5 إلى 45.5%. ومن ناحية أخرى، ذكر الباحثان Papakosta و Gagianas (1991) أنّ قيمة دليل الحصاد قد ازدادت بزيادة معدّل التسميد الآزوتي لكل من القمح الطري والقاسي، ولكن تباينت من صنفٍ لآخر. وبين Brancourt-Hulmel وزملاؤه (2003) عند دراسة 14 صنفاً من القمح الشتوي المسجلة خلال الفترة من عام 1946 وحتى عام 1992 في فرنسا، وجود تباين وراثي في قيمة دليل الحصاد بين الأصناف عند معدّلين من السماد الآزوتي، علماً أنّه لم تك هناك اختلافات معنوية في الكتلة الحيوية، ما يُشير إلى أنّ التباين كان نتيجة التباين في الغلّة الحبية. وتُعزى بشكل عام الاختلافات في قيمة دليل الحصاد إلى التباين في طريقة توزيع نواتج التمثيل الضوئي بين أجزاء النبات المختلفة، حيث تزداد بزيادة كمية نواتج التمثيل الضوئي المُسخّرة للنمو الثمري، ما يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة ومتوسط وزن الحبة الواحدة، ومن ثمّ الغلّة الحبية (Martin وزملاؤه، 1989).

تأثير التسميد الآزوتي في الغلّة الحبية في محصول القمح Effects of nitrogen fertilization on grain yield and yield components of wheat تُعد الإدارة الجيدة للتسميد ضمن العوامل الأكثر أهمية المحددة لغلّة الأنواع المحصولية الاقتصادية. وأشارت الدراسات إلى أنّه على الأقل 30 – 50% من غلّة محصول القمح إنّما تُعزى لإضافة الأسمدة الآزوتية المعدنية (Stewart وزملاؤه، 2005). عموماً، يؤثر نقص عنصر الآزوت (N) في التربة سلباً في معدّل نمو نباتات القمح، ويمكن أن يؤدي إلى تراجع كبير في الغلّة الحبية (GY) (Mugendi وزملاؤه، 2000). ويُعد عنصر الآزوت (N) من العناصر المغذية الأكثر أهمية للنبات للحصول على غلّة حبية مرتفعة ضمن منطقة بيئية معينة. وهو مكون أساسي للعديد من العمليات البيوكيميائية المحددة لغلّة الأنواع المحصولية المختلفة، وإنّ من أهم العوامل المسؤولة عن تراجع غلّة محصول القمح تحت ظروف الزراعة الحقلية، هو نقص عنصر الآزوت، عندما يكون معدّل تحول هذا العنصر إلى الأشكال القابلة للامتصاص من قبل النباتات (NH_4 ، NO_3) غير كافٍ لتأمين احتياجات نباتات القمح من عنصر الآزوت. ويؤدي في مثل هذه الظروف التسميد الآزوتي N fertilization دوراً

حيوياً في زيادة الغلّة الحبية لمحصول القمح ضمن ظروف بيئية معينة (Salvagiotti وزملاؤه، 2009). وتؤدي عادةً زيادة معدّل التسميد الآزوتي حتى مستوى معين (المعدّل الأمثل) إلى زيادة الغلّة الحبية (GY)، نتيجة زيادة عدد الإشطاءات الخضرية والمثمرة، وعدد الحبوب في السنبلّة، ولكن عادةً ما يترافق ذلك مع تراجع ملحوظ في وزن الألف حبة 1000-kernel weight. وذكرت بالمقابل العديد من الدراسات تراجع الغلّة الحبية في محصول القمح عند زيادة معدّل التسميد الآزوتي بشكل كبير Excessive N fertilisation، بسبب زيادة حساسية النباتات للرقاد Lodging، وزيادة النمو الخضري، ما يزيد من تعرّض النباتات لظروف الإجهاد المائي Water stress، وبخاصّة تحت ظروف الزراعة المطرية Rainfed conditions، نتيجة زيادة كمية المياه الكلية المنتوحة، بالإضافة إلى زيادة شدّة الإصابة بالأمراض (Varga وزملاؤه، 2000). عموماً، تتحدد غلّة محصول لقمح الحبية بالعديد من العوامل، أهمها العوامل الوراثية (الصنف)، والتسميد الآزوتي Nitrogen fertilization (Alam وزملاؤه، 2007). وتوجد علاقة كمية Quantitative relationship بين غلّة محصول القمح الحبية وتراكم الآزوت في النباتات N accumulation، بمعنى آخر عندما لا تستطيع التربة أن تؤمن كمية كافية من عنصر الآزوت (N) سوف يؤثر ذلك سلباً في إنتاجية المحصول Crop productivity (Sinclair و Vadez، 2002)، ما يُشير إلى أنّ الغلّة الحبية يمكن أن تُعتبر كمؤشر جيد لتأثير العوامل البيئية والأرضية مجتمعةً في نمو النباتات وتطورها. وتبعاً لذلك، فإنّ الإضافة المناسبة للسماد الآزوتي (الكمية، وتوقيت الإضافة) لها تأثير إيجابي في زيادة الغلّة الحبية لمحصول القمح بنوعيه الطري والقاسي (Haile Deressa وزملاؤه، 2012). وتتأثر الغلّة الحبية لمحصول القمح بمعدّل التسميد الآزوتي خلال السنوات التي يكون فيها معدّل الهطول المطري يتجاوز 450 مم خلال كامل موسم النمو تحت ظروف الزراعة المطرية، حيث تؤدي إلى زيادة معدّل امتصاص عنصر الآزوت N uptake، وأثبت ذلك أهمية توافر كمية كافية من المياه في منطقة انتشار الجذور خلال مختلف مراحل النمو لزيادة معدّل امتصاص الآزوت. ويُعد عنصر الآزوت عاملاً مهماً A key factor في تحديد الخصائص الكمية والنوعية للحبوب، وهو الوسيلة الأكثر أهمية بالنسبة للمزارعين لتحسين الكفاءة الإنتاجية للمحاصيل النجيلية، والمواصفات النوعية للحبوب (Lopez-Bellido وزملاؤه، 1998).

بيّن Amsal وزملاؤه (2000) أنّ نقص العناصر المعدنية المغذية الكبرى، هي من أهم العوامل التي أدّت إلى تراجع غلّة محصول القمح الحبية والحيوية، وبالمقابل أدّت إضافة الأسمدة الفوسفورية والأزوتية بكميات مناسبة إلى زيادة الغلّتين الحبية (GY) والحيوية (BY) بنسبة 163، و 149% على التوالي بالمقارنة مع المعاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي). نُفذت دراسة حقلية من قبل Ierna وزملاؤه (2015) على مدار ثلاث مواسم زراعية متتالية في جنوب إيطاليا، بهدف دراسة تأثير ثلاثة معدّلات مختلفة من السماد الآزوتي (اليوريا 46%) (0، 80، 160 كغ.هكتار⁻¹) في

الغلة الحبية (GY) لثلاثة طرز وراثية من القمح القاسي (Creso, Trinakria and Line 25). وبيّنت نتائج الدراسة أنّ التسميد الآزوتي بمعدل 80 كغ.هكتار⁻¹ كانت كافية للحصول على أعلى غلة حبية (2.1 طن.هكتار⁻¹)، وضمن الطرز المدروسة أبدى الطراز Trinakria أعلى كفاءة في استعمال الآزوت التي أدت بدورها إلى تحسين الغلة الحبية وصفة كفاءة استعمال الآزوت عند مستوى تسميد آزوتي 80 كغ.هكتار⁻¹، وأفضل نوعية حبوب عند معدل تسميد آزوتي 160 كغ.هكتار⁻¹، واستعملت بالمقابل السلالة Line 25 الآزوت بشكل جيد عند معدل تسميد آزوتي 80 كغ.هكتار⁻¹ لكل من الغلة الحبية ونوعية الحبوب، في حين لم يستجب الطراز الوراثي Creso للتسميد الآزوتي. عموماً، يعتمد تأثير التسميد الآزوتي في غلة محصول القمح الحبية وكفاءة استعمال الآزوت على معدل الهطل المطري السنوي وطبيعة توزيع الهطولات المطرية، حيث تمّ الحصول على أفضل النتائج عندما هطول 80% من إجمالي معدل الهطل المطري السنوي خلال الفترة الممتدة من تاريخ الزراعة وحتى التسنبل.

تُعد إضافة الآزوت سواءً من مصادر عضوية أم معدنية من العوامل الأساسية للمحافظة على إنتاجية النظم الزراعية بشكل مستدام (Hassan وزملاؤه، 1998). عموماً، يُسهم القمح بنحو 40% من احتياج العالم من الغذاء، وهو مصدر مهم للبروتينات والسكريات (Ayala-Zavala وزملاؤه، 2011). وسيكون تبعاً لذلك هناك حاجة ماسة لزيادة إنتاج حبوب القمح بنحو 40% مع حلول عام 2030، ولتأمين مثل هذه الاحتياجات الغذائية المتزايدة، لا بدّ من تحسين إنتاج محصول القمح بنحو 20% سنوياً، ولكن لم يكن مقدار الزيادة في الإنتاج في الماضي أكثر من 0.9% (Dixon وزملاؤه، 2009). عموماً، رغم حقيقة أنّ الغلة الحبية هي من أهم العوامل المحددة لدخل المزارع، بيد أنّ الصفات النوعية، مثل محتوى الحبوب من البروتين من الصفات المهمة المحددة لنوعية الخبز. وبيّنت العديد من الدراسات وجود علاقة ارتباط سلبية بين غلة محصول القمح الحبية ومحتوى الحبوب من البروتين، وعادةً ما يتعارض تحسين محتوى الحبوب من البروتين في القمح الطري مع إمكانية تحقيق غلة حبية مرتفعة (Blanco وزملاؤه، 2016). وبالرغم من علاقة الارتباط السلبية الشائعة بين محتوى الحبوب من البروتين والغلة الحبية، إلّا أنّ بعض الدراسات والبحوث ذكرت وجود أصناف من القمح الطري والقاسي ذات غلة حبية مرتفعة ومحتوى عالٍ من البروتين في الحبوب (Oury وزملاؤه، 2003، Clarke وزملاؤه، 2005). وبيّن الباحث Alam وزملاؤه (2007) أنّ إضافة معدلات مختلفة من السماد الآزوتي، قد أدت إلى زيادة الغلة الحبية (GY) ومكوناتها في محصول القمح القاسي بشكل معنوي، وازدادت بازدياد معدل التسميد الآزوتي، وكانت أعلى زيادة عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹.

Effects of Nitrogen Fertilization on Grain Quality Parameters: يتحدد التركيب الكيميائي لحبوب القمح الناضجة بشكل رئيس بكمية النشاء الذي يُشكّل قرابة 72% من الوزن الجاف الكلي للحبوب، وأيضاً بكمية البروتين الذي يتراوح من 6 إلى 16%. يتواجد النشاء حصراً في خلايا السويداء Endosperm، في حين يتوزع البروتين في كامل أجزاء الحبة (Souza وزملاؤه، 2004). ويُعدّ الآزوت Nitrogen (N) من أهم العوامل المؤثرة في محتوى البروتين في الحبوب وتركيب البروتين، وتُمثّل عملية إدارة التسميد الآزوتي جزءاً مهماً ضمن حزمة الممارسات الزراعية المطبقة التي تهدف إلى زيادة غلّة محصول القمح الحبية مع المحافظة على الخصائص النوعية للحبوب. ويؤثر التسميد الآزوتي بشكل قوي في نوعية البروتين في دقيق القمح الناتج. ويُعدّ محتوى الحبوب من البروتين Grain protein content مهماً في تحديد الخصائص التصنيعية للخبز ومن ثمّ نوعية الخبز الناتج، لأنّه يحدد العديد من الخصائص التصنيعية مثل امتصاص الماء، وقوة الغلوتين (Grausgruber وزملاؤه، 2000). ويُعدّ التباين في نوعية حبوب القمح الطري من أهم العوامل التي تؤخذ بعين الاعتبار من قبل المزارعين والخبازين. ومن أهم العوامل المحددة لنوعية الحبوب هي: تركيز البروتين في الحبوب Grain protein concentration، ونوعية البروتين Protein quality، ومحتوى الحبوب من الرماد والسكريات Ash content and carbohydrates. وهناك العديد من الصفات النوعية Quality traits المهمة المحددة لنوعية حبوب القمح الطري، مثل استخلاص الدقيق (غلّة الطحن) Milling yield، وتركيز البروتين في الدقيق، بالإضافة إلى الخصائص الكيميائية الأخرى. وتتأثر عادةً مثل هذه الخصائص بالصنف المزروع Cultivar، والتفاعل بين الطراز الوراثي والعوامل interaction (G × E)، وحزمة الممارسات الزراعية المطبقة عامةً، ومعدّل التسميد الآزوتي خاصةً (Souza وزملاؤه، 2004).

أشارَ Sing و Skerritt (2001) إلى أنّ حبوب القمح المكتملة النضج تحتوي على قرابة 8-20% بروتين، الذي يُقسّم بدوره إلى مجموعتين رئيسيتين، هما البرولامينات Prolamins، التي تتضمن دورها الجليادين Gliadins والغلوتين Glutenins، والمجموعة الثانية هي الألبومينات الذّابة في الماء Water-soluble albumins، والجلوبيولينات الذّابة في الملح Salt-soluble globulins. وتُعدّ صفة نوعية الحبوب Grain quality من الصفات الكمية المعقدة Intricate quantitative trait التي تنشأ من تفاعل عدد كبير من مكونات البروتين Protein components (Daniel و Triboi، 2000). ويُعدّ بروتين الحبوب من المكونات المهمة المحددة لنوعية الخبز (Johansson وزملاؤه، 2001). وتؤدي بروتينات الغلوتين التي تتكون بشكل رئيس من معقد كبير من الغلوتينات والجليادينات دوراً مهماً في تحديد نوعية الخبز الناتج بسبب تأثيرها في كفاءة العجين على امتصاص الماء، ومطاطية العجين ومرونته، التي يمكن أن تؤثر في نوعية الخبز الناتج

(Torbica وزملاؤه، 2007). ويمكن أن لا تؤدي الألبومينات والغلوبيينات دوراً حيوياً في تحديد نوعية الطحين، ولكن يُمكن أن يكون لها دوراً كمصادر غذائية Food supplies لنبات الجنين (Gupta وزملاؤه، 1991)، وكمثبطات للحشرات والمسببات الممرضة Pathogens، التي يمكن أن تُهاجم الحبوب أثناء عملية الإنبات، بالإضافة إلى تأثيرها في قساوة الحبة في بعض أنواع الحبوب (Morris، 2002). ونادراً ما يتأثر محتوى الألبومينات والغلوبيولينات بالتغذية الآزوتية (Fuertes-Mendizábal وزملاؤه، 2010). ويؤدي الغلوتين دوراً حيوياً في تحديد كفاءة امتصاص الماء وتماسك العجين ولزوجته، إضافة إلى مطاطية العجين، ويُشكل الغلوتين تقريباً 78-85% من البروتين الموجود في سويداء Endosperm حبة القمح الطري، ويُعد من المركبات الكبيرة المعقدة التي تتكون بشكل رئيس من ببتيدات عديدة متعددة السلاسل وببتيدات عديدة أحادية السلسلة، تُسمى غلوتينين Glutenins وجليادين Gliadins على التوالي، حيث يكون الغلوتينين عادةً مسؤول عن مرونة العجين Elasticity، بينما يكون الجليادين مسؤول عن لزوجة ومطاطية العجين Extensibility (Wieser وزملاؤه، 2006). ويمكن أن يعرف الغلوتين Gluten بأنه الكتلة المطاطية التي تبقى عندما يُغسل عجين القمح لإزالة حبيبات النشاء والمكونات الذوابة في الماء، واعتماداً على عملية الغسل العام، فعادةً ما تحتوي المادة الصلبة الجافة على قرابة 75-85% بروتين، ونحو 5-10% مواد دهنية، أما النسبة المتبقية فتتمثل بقايا حبيبات النشاء Starch granules أو سكريات غير نشوية (Preston وزملاؤه، 1995؛ Wall وزملاؤه، 1979). وتُعد بروتينات الغلوتين من أهم المكونات المحددة لنوعية حبوب القمح بنوعية الطري والقاسي (Shewry وزملاؤه، 2016). وتُعد نسبة الغلوتين في الدقيق مؤشر على محتوى البروتين والخصائص الفيزيائية المحددة لقوة الدقيق Flour strength. وتُعد نسبة الغلوتين الرطب والجاف من المعايير المعتمدة عالمياً المحددة لخصائص الدقيق ونوعيته في العديد من دول العالم. ويُعزى ذلك إلى بساطة الاختبار والمعلومات المهمة التي يمكن الحصول عليها المرتبطة بكل من محتوى الغلوتين ونوعيته (Tekdal وزملاؤه، 2014). وذكر (Grausgruber وزملاؤه، 2000) أن الغلوتين الرطب هو ثاني أهم اختبار محدد لنوعية الحبوب والدقيق، لأنه مرتبط بشكل كبير بمحتوى الحبوب من البروتين، الذي يتأثر بشكل كبير بالعوامل البيئية السائدة خلال موسم النمو. ولكن يُعد تأثير العامل الوراثي Genotype influence أكثر أهمية من العوامل البيئية في تحديد الخصائص النوعية لغلوتين القمح. عموماً، يُعد محتوى البروتين في الحبوب من معايير التسويق والشراء المهمة في محصول القمح، ويؤخذ أيضاً بعين الاعتبار كمؤشر لتحديد مواصفات الدقيق. وبين Sadowska وزملاؤه (2001) أن نوعية الحبوب في محصول القمح بنوعيه الطري والقاسي تتأثر بشكل كبير بالصنف، ونوع القمح (طري، أم قاسي)، في حين لم يكن للتسميد الآزوتي تأثير ثابت ومحدد، أي يمكن أن يُزيد أو يُقلل من محتوى الحبوب من البروتين، حسب المعدل المُضاف، وتوقيت الإضافة، لذلك تُعد عملية الإدارة السليمة

للتسميد الآزوتي من القضايا المهمة لزيادة محتوى البروتين وتحسين نوعيته (Gauer وزملاؤه، 1992).

يُعد القمح القاسي (*Triticum turagidum* L. var. durum) Durum Wheat المحصول الاستراتيجي الأهم بعد القمح الطري Bread wheat على مستوى العالم، ويُستعمل بشكل خاص في تصنيع منتجات المعكرونة Pasta ووجبات الكسكوسي Couscous، بسبب قوة الغلوتين واللون العنبري المميز لحبوبة (Abaye وزملاؤه، 1997؛ Pitz، 1992). وبين Gooding وDevis (1997) أنّ نوعية القمح القاسي تتوقف بشكل رئيس على محتوى البروتين في الحبوب، الذي يعتمد بشكل رئيس على الطراز الوراثي، ويتأثر بالعوامل البيئية السائدة، وبخاصة كمية الآزوت المتاحة في التربة. وتُعد تبعاً لذلك عوامل إدارة التسميد الآزوتي مهماً جداً أيضاً في زيادة محتوى حبوب القمح القاسي من البروتين وتحسين الصفات النوعية الأخرى، ويتوقف محتوى الحبوب من البروتين على كمية الآزوت الكلية الممتصة، وكمية الآزوت والمادة الجافة المُسخّرة باتجاه الأجزاء الإقتصادية خلال مرحلة النمو الثمري (Motzo وزملاؤه، 2004). وأشار الباحثان Goos وFranzen (1997) إلى أنه إذا ما كان محتوى الحبوب من البروتين أقل من 12% أو محتوى الحبوب من النشاء Starch أقل من 20% فهذا مؤشر على ضرورة استعمال أو إضافة كمية أكبر من الأسمدة الآزوتية، أو تحسين كفاءة استعمال الآزوت المُضاف (Hadjichristoudoulou، 1979).

أشار Galterio وزملاؤه (2016) إلى أنّه عندما ينخفض محتوى حبوب القمح القاسي من البروتين إلى أقل من 11% تكون نوعية المعكرونة الناتجة عنها سيئة جداً. وذكر Lamacchia وزملاؤه (2011) أنّ حبوب القمح القاسي ذات محتوى بروتيني 13% يمكن أن تُعطي منتجات ممتازة، في حين أنّ انخفاض محتوى الحبوب من البروتين إلى أقل من 11% تعطي منتجات ذات نوعية سيئة Inferior quality products. ما يعني أنّ نوعية حبوب القمح بنوعيه الطري والقاسي، تتحدد بمحتوى الحبوب من البروتين، الذي يتحدد بشكل كبير بالصفة، الذي يتأثر بدوره بالعوامل البيئية السائدة في منطقة الزراعة خلال كامل موسم النمو، ومحتوى التربة من الآزوت متاح.

لاحظ Tea وزملاؤه (2004) أنّ محتوى البروتين في حبوب القمح يعتمد على الطراز الوراثي، ولكنّه يتأثر أيضاً بالتغيرات البيئية، مثل إضافة الأسمدة الآزوتية، ومدى إتاحة المياه ودرجة الحرارة السائدة خلال موسم النمو، وبخاصة خلال فترة امتلاء الحبوب Grain filling stage، حيثُ تؤثر هذه العوامل في معدّل تطور حبوب القمح، ومعدّل تراكم البروتينات Protein accumulation وإدخال النشاء Starch deposition في الحبوب خلال مرحلة النضج الفيزيولوجي (Jamieson، 2001؛ Dupont وAltenbach، 2003). وأكدَ الباحثة López-Bellido وزملاؤه (2001) أنّ التسميد الآزوتي يُعد من أكثر العوامل البيئية المؤثرة في نوعية حبوب القمح، وتتحدد

درجة التأثير بشكل رئيس بالظروف المناخية السائدة خلال موسم النمو، بالإضافة إلى كمية الآزوت المتبقية في التربة Residual soil N، وتبعاً لذلك تُعد عملية إدارة التسميد الآزوتي المناسبة ضرورية جداً لضمان الحصول على أعلى غلة حبية وأفضل خصائص نوعية، حيث يُسهم التسميد الآزوتي في زيادة الكمية الكلية من بروتينات الدقيق، ما يؤدي إلى زيادة كل من الجليادينات والغلوتينات (Luo وزملاؤه، 2000). وبيّنت نتائج دراسة تفصيلية للتركيب الكيميائي للبروتين تمت من قبل Wieser و Seilmeier (2000) على ثلاثة عشر صنفاً من القمح المزروعة تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي، أنّ زيادة معدّل التسميد الآزوتي قد أدت إلى تخفيض نسبة البروتينات الكارهة للماء Hydrophobic proteins، وزيادة نسبة البروتينات المحبة للماء Hydrophilic proteins. ودرس Borkowska وزملاؤه (1998) تأثير التسميد الآزوتي في جودة ونوعية الغلوتين الناتج في القمح الطري، ووجد علاقة ارتباط سلبية بين معدّل التسميد الآزوتي ومحتوى البروتين وكمية الغلوتين الرطب، في حين لم تظهر أية اختلافات معنوية في قيم معامل الغلوتين بين الأصناف المدروسة. وتزيد الأسمدة الآزوتية أيضاً محتوى الحبوب من البروتين Protein content الذي يُعد مؤشراً جيداً لنوعية الحبوب وحيويتها Seed viability (Plessis وزملاؤه، 2013).

لوحظ وجود تباين وراثي معنوي في محتوى الحبوب من الغلوتين الجاف، والقساوة Hardness، والبللورية Vitreousness ضمن أصناف القمح القاسي السوري (El-Khayat وزملاؤه، 2003). ويعطي دليل الغلوتين معلومات عن كل من الخصائص الكمية والنوعية للغلوتين. وإنّ قيمة دليل الغلوتين Gluten index value هي من المعايير المحددة فيما إذا كانت نوعية الغلوتين ضعيفة، أو قوية أو عادية (Graybosch وزملاؤه، 1995). وبناءً على قيمة دليل الغلوتين، يقترح الباحث Gibson وزملاؤه (2017) سبع درجات من القمح القاسي، حيث تُعتبر القيمة ما بين 65 – 80 جيدة، بينما تُعد القيم بين 80 فما فوق ممتازة.

بيّن Araus وزملاؤه (2001) أنّ زيادة معدّل التسميد الآزوتي من 50 – 150 كغ. N. هكتار⁻¹ سبّب تحسناً في نوعية الحبوب، من خلال زيادة محتوى الحبوب من البروتين (GPC)، والغلوتين الرطب Wet gluten، ودليل الغلوتين (GI) Gluten index، الذي عادةً ما يكون مرتبطاً مع التسميد المتوازن. ولاحظ Chwil (2004) أنّ التباين في مستويات الآزوت سبّب اختلافات معنوية في الصفات النوعية لحبوب القمح، مثل وزن الألف حبة 1000-grain weight، ومحتوى البروتين.

في دراسة أجريت في محطة بحوث العلمية الزراعية الأمريكية لتأثير خمسة معدّلات من التسميد الآزوتي (0، 60، 120، 180، 240 كغ. هكتار⁻¹) في صفات جودة الحبوب لدى أربعة أصناف من القمح القاسي، أظهرت النتائج استجابة كبيرة في محتوى الحبوب من البروتين، وكمية الغلوتين الرطب، ووزن الألف حبة لمعدّل التسميد الآزوتي 120 كغ. هكتار⁻¹ (Gerba وزملاؤه،

(2013). نُفذت دراسة حقلية من قبل Ierna وزملاؤه (2015) على مدار ثلاث مواسم زراعية متتالية في جنوب إيطاليا بهدف دراسة تأثير ثلاثة معدلات من التسميد الآزوتي (0، 80، 160 كغ.هكتار⁻¹)¹ في نوعية الحبوب، لثلاثة طرز وراثية من القمح القاسي (Creso, Trinakria and Line 25)، حيثُ لاحظوا أنَّ التسميد الآزوتي بمعدل 160 كغ.هكتار⁻¹ قد حسّن نوعية الحبوب من خلال زيادة محتواها من البروتين حتى 14.03%، وتركيز الغلوتين الجاف حتى 12.8%، ولكن كان له تأثيراً سلبياً في غلة محصول القمح الحبية وكفاءة استعمال الآزوت. وضمن الطرز المدروسة، أبدى الطراز Trinakria أفضل نوعية حبوب عند معدل تسميد آزوتي 160 كغ.هكتار⁻¹، واستعملت بالمقابل السلالة Line 25 الآزوت بشكل جيد عند معدل تسميد آزوتي 80 كغ.هكتار⁻¹ لكل من الغلة الحبية ونوعية الحبوب، في حين لم يستجب الطراز الوراثي Creso للتسميد الآزوتي. عموماً، يعتمد تأثير التسميد الآزوتي في غلة محصول القمح الحبية وكفاءة استعمال الآزوت على معدل الهطل المطري السنوي وطبيعة توزيع الهطولات المطرية، حيث تمّ الحصول على أفضل النتائج عندما هطول 80% من إجمالي معدل الهطول المطري السنوي خلال الفترة الممتدة من تاريخ الزراعة وحتى التسنبل.

.Heading

يُعد وزن الهكتولتر Hectolitre weight (الوزن الاختباري أو النوعي) للحبوب من الخصائص المتعارف عليها عالمياً المحددة لرتبة (جودة) حبوب القمح، لأنّه مرتبط بدرجة حجم الحبوب، ودرجة امتلائها، ووزنها، وسلامتها، حيث تُشير القيم المنخفضة لوزن الهكتولتر إلى ازدياد نسبة الحبوب الصغيرة، والضامرة والمجعدة، والمكسورة (Atwell، 2001). وتتراوح قيمته من قرابة 82.4 kg hl⁻¹ (كيلوغرام بالهكتولتر) للحبوب ذات النوعية الجيدة إلى نحو 57.9 kg hl⁻¹ في الحبوب ذات النوعية السيئة (Atwell، 2001).

تأثير التسميد الآزوتي في كفاءة استعمال الآزوت Effects of nitrogen fertilization on

NUE: تُعرف كفاءة استعمال الآزوت Nitrogen use efficiency (NUE) بأنّها نسبة الغلة الحبية إلى كمية الآزوت المُضافة في وحدة المساحة من الأرض. وتُعرف كفاءة استعمال الآزوت أيضاً بأنّها النسبة بين كمية السماد الآزوتي المُضافة والغلة الحبية (Cormier وزملاؤه، 2013؛ Dai وزملاؤه، 2013؛ Moll وزملاؤه، 1982). علماً أنّ الاستعمال المفرط للسماد الآزوتي يُسبب العديد من المشاكل البيئية الخطيرة (Cui وزملاؤه، 2014). ويمكن تحسين كفاءة استعمال الآزوت من خلال تطوير أصناف أكثر كفاءة في استعمال الآزوت من خلال برامج التربية التقليدية، أو من خلال تحسين عوامل إدارة الأرض والمحصول (الممارسات الزراعية). وقسم الباحث Moll وزملاؤه (1982) كفاءة استعمال الآزوت إلى مكونين: الأول هو كفاءة امتصاص الآزوت uptake N efficiency، وهو عبارة عن نسبة محتوى الآزوت الكلي في النبات إلى كمية الآزوت المُضافة،

ويعكس هذا المفهوم مقدرة نباتات المحصول على استخلاص عنصر الآزوت من التربة، والثاني هو كفاءة الاستهلاك Utilization efficiency، الذي يُعبر عن نسبة الغلة الحبية إلى كمية الآزوت الكلية في النبات، وهو يقيس كفاءة النباتات في تحويل الآزوت الممتص من قبل النباتات إلى غلة حبية (GY). وتوجد العديد من السبل لزيادة كفاءة استعمال الآزوت (NUE)، حيث تُساعد الممارسات الزراعية المناسبة في زيادة إتاحة الآزوت N availability، وتزيد من كفاءة امتصاصه Uptake efficiency، ويُحسن من مقدرة النباتات في امتصاص العناصر المعدنية المغذية من التربة واستعمالها بكفاءة عالية (Ranjan وزملاؤه، 2019). ولكن بشكل عام من الصعب قياس هذا المؤشر بشكل دقيق، بسبب صعوبة تقدير كمية الآزوت المتاح في التربة بشكل دقيق (Tilahun وزملاؤه، 1996). وتُعد صفة كفاءة استعمال الآزوت (NUE) من الصفات المعقدة، لأنها تنتج من تفاعل عدة مكونات (Dawson وزملاؤه، 2008).

بيّنت بعض الدراسات وجود تباين وراثي في القمح في صفة كفاءة استعمال الآزوت (NUE) ومكوناته، مثل امتصاص الآزوت Nitrogen uptake، واستعماله Nitrogen utilization (Le Gouis وزملاؤه، 2000). وبيّنت نتائج إحدى الدراسات وجود تباين وراثي بين أصناف القمح التركيبية (SDCs) المستنبطة حديثاً والأصناف التقليدية في صفة كفاءة استعمال الآزوت (NUE)، التي ارتبطت بشكل أكبر بكفاءة امتصاص الآزوت (NUPE) بالمقارنة مع كفاءة استهلاك الآزوت (NUE)، تحت ظروف كلٍ من توافر الآزوت وغيابه (Liua وزملاؤه، 2020). وتتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه العديد من الباحثين (Barraclough وزملاؤه، 2010؛ Brancourt-Hulmel وزملاؤه، 2003؛ Gaju وزملاؤه، 2011). وبيّن الباحث Gaju وزملاؤه (2016) وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين صفة الغلة الحبية وكفاءة امتصاص الآزوت، عند مختلف معدلات التسميد الآزوتي. وبيّنت العديد من الدراسات وجود تباين وراثي بين أصناف القمح في كفاءة استعمال الآزوت (NUE)، في نظم بيئية مختلفة وعند مستويات متباينة من التسميد الآزوتي، واتسمت الأصناف الأكثر كفاءة في استعمال الآزوت بارتفاع معدل تراكم الآزوت قبل الإزهار Pre-anthesis N accumulation، وارتفاع معدل انتقال الآزوت بعد الإزهار Post-anthesis N translocation، الأمر الذي أدّى إلى زيادة دليل حصاد الآزوت N harvest index والغلة الحبية (Barraclough وزملاؤه، 2010).

تراجعت كفاءة استعمال الأسمدة المعدنية عامةً بسبب فقد المياه بالجريان السطحي Surface runoff، والصرف العميق Leaching، لذلك لا بدّ من تطبيق الممارسات الزراعية المناسبة لتحسين كفاءة استعمال العناصر المغذية، وزيادة إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة (Bali و Sharma، 2017؛ Zoubek و Nygren، 2008). وتتسم النباتات التي تُعاني من نقص الآزوت N deficient crops، بتراجع محتوى الأوراق من اليخضور، وانخفاض المساحة الورقية، وتراجع معدل

التمثيل الضوئي، ما يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة الكلية المُصنَّعة والمتاحة لنمو النباتات وتطورها وإنتاجيتها (Monneveux وزملاؤه، 2005). وبيّنت الدراسات الحديثة أنّ كفاءة استعمال الآزوت (NUE) ارتبطت بشكل موجب ومعنوي بكفاءة امتصاص واستهلاك عنصر الآزوت (Barracclough وزملاؤه، 2010؛ Haile وزملاؤه، 2012؛ Yin وزملاؤه، 2018). وتُعد عملية مقارنة استجابة طرز القمح بنوعيه الطري والقاسي لمعدّلات التسميد الآزوتي المرتفعة والمنخفضة مفيدة جداً لمقارنة كفاءة امتصاص الآزوت وكفاءة استعماله (Yildirim وزملاؤه، 2007).

ازداد خلال العقود الخمسة الماضية استعمال الأسمدة المعدنية Inorganic fertilizers، وبخاصةً السماد الآزوتي بكمياتٍ أكبر بكثير من الزيادة التي تمّ تحقيقها في غلّة محصول القمح الحبية (Hinsinger وزملاؤه، 2011). وانخفضت قيمة كفاءة استعمال الآزوت في كلٍّ من أوروبا، وآسيا، وأمريكا (Vitousek وزملاؤه، 2009؛ Ott وRechberger، 2012). ويُعد التسميد المعدني بشكلٍ عام من متطلبات الحصول على إنتاجٍ مرتفع من محصول القمح، ويُعد السماد الآزوتي بشكلٍ خاص من أهم العوامل المحددة لغلّة محصول القمح الحبية في ظل تراجع خصوبة التربة، في العديد من المناطق البيئية (Ivanova وزملاؤه، 2007). ويمكن أن يؤثر نقص عنصر الآزوت N deficiency في التربة في معدّل نمو النباتات، وإنتاجيتها، وبالعكس، تؤثر أيضاً إضافة كميات زائدة من الأسمدة الآزوتية سلباً في كفاءة نباتات القمح في استعمالها، وستؤدي إلى تلوث التربة Soil pollution (Dogan و Bilgili، 2010؛ Liu و Shi، 2013). وتؤدي إضافة كميات مناسبة من السماد الآزوتي إلى زيادة محتوى الأجزاء الهوائية Shoots والأجزاء الاقتصادية (الحبوب) من البروتين (Sanchez-Bragado وزملاؤه، 2017). وتؤدي زراعة أصناف القمح ذات الطاقة الإنتاجية المرتفعة في الأرض نفسها عاماً بعد آخر (غياب الدورة الزراعية) إلى استنفاد محتوى التربة من العناصر المعدنية المغذية الكبرى، ما يؤدي إلى تراجع خصوبة التربة Poor soil fertility، الأمر الذي يؤثر سلباً في أداء نباتات محصول القمح المزروعة، ما لم يتم تعويض تلك العناصر من خلال التسميد العضوي أو المعدني بشكلٍ سنوي (Atiq وزملاؤه، 2017؛ Leghari وزملاؤه، 2016).

في تجربةٍ لدراسة تأثير المعدّلات المثلى الموصى بها من السماد الآزوتي في كفاءة استعمال الآزوت، لدى صنفَي القمح المدروسين (AN-1124، NM-15)، تبين وجود تباين معنوي في معدّل تراكم المادة الجافة بين الصنفين المدروسين، ويُعزى التباين ذلك إلى التباين في كفاءة استعمال الآزوت، حيث كانت الأعلى معنوياً لدى نباتات الصنف AN-1124 بالمقارنة مع الصنف NM-15، وهذا ما أكّدته العديد من الدراسات (Zhao وزملاؤه، 2014). عموماً، تؤدي زراعة الأصناف التي تتسم بكفاءةٍ مرتفعة في استعمال الأسمدة المعدنية عامةً، والسماد الآزوتي خاصةً بتقليل تكاليف الإنتاج الزراعي، ما يُحسن من دخل المزارعين ومن ثمّ مستوى معيشتهم (Baligar وزملاؤه، 2001)،

وزيادة إنتاج محصول القمح على أسس مستدامة (Asplund) Sustainable yield production (وزملاؤه، 2014).

تأثر التسميد الآزوتي في الصفات الفيزيائية والحيوية للحبوب في القمح Effect of N fertilization on bio-physical properties: يتحدد حجم الحبة بشكل رئيس بوزن الحبة ومساحتها، في حين يتحدد شكل الحبة بشكل نسبي بمحاور النمو الرئيسية في الحبة، حيث يُقدر شكل الحبة عموماً بالطول، والعرض، والارتفاع، والاستدارة، والمحاور الأفقية Horizontal axes (Gegas وزملاؤه، 2010). وبيّنت العديد من الدراسات أنّ حجم الحبة وشكلها يرتبط بشكل موجب ومعنوي مع وزن الألف حبة، ويمكن أن تؤثر في غلة الدقيق ونوعية الحبوب والقيمة التسويقية للحبوب (Rasheed وزملاؤه، 2014؛ Williams وزملاؤه، 2013). وأشار Evers وزملاؤه (1990) أنّ غلة الطحين يمكن أن تزداد من خلال ضبط حجم الحبة وشكلها ضمن المعدلات المثلى، حيثُ لاحظوا أنّ الحبوب الكبيرة والكروية الشكل تُعد من الموصفات الشكلية المثلى للحبوب الجيدة. أظهرت أنواع القمح البدائية Primitive wheat species تبايناً كبيراً في حجم الحبة وشكلها ونوعيتها على خلاف أصناف القمح المستنبطة حديثاً، ما يعني أنّ المادة الوراثية الحديثة قد فقدت التباين في الخصائص النوعية والصفات الشكلية في الحبة على مرّ السنين، ويمكن أن يُعزى ذلك إلى عمليات الانتخاب لحبوب أكثر تجانساً في الشكل وذات مواصفات نوعية محددة (Gegas وزملاؤه، 2010)، لذلك تُعد السلالات المحلية Landraces والآباء البرية مادةً وراثيةً مهمة في برامج التربية والتحسين الوراثي بسبب امتلاكها تبايناً وراثياً كبيراً في الصفات الشكلية والتطورية، ودرجة عالية من التحمل للإجهادات اللاأحيائية والمقاومة للإجهادات الأحيائية، بالإضافة إلى الصفات النوعية المميزة (Peleg وزملاؤه، 2008). عموماً، يُعد التوصيف الدقيق لحجم الحبوب وشكلها من التحديات الكبيرة لأنّ مثل هذه التقانات عادةً ما تكون مجّودة وتستغرق وقتاً طويلاً وبخاصة في حال وجود مجموعة كبيرة من العينات، بالإضافة إلى الطبيعة المعقدة لشكل حبة القمح (Patil وزملاؤه، 2013).

درس Heidari وزملاؤه (2013) تأثير إضافة السماد الآزوتي في غلة محصول القمح الطري الحبية وحيوية الحبوب الناتجة حتى في حالة نزع الأوراق (بدون إزالة، إزالة نصف الأوراق، إزالة كاملة للأوراق) بمعدلات سمادية (0، 75، 150 كغ.هكتار⁻¹) في مدينة طهران. وبيّنت النتائج أنّ إضافة الأسمدة الآزوتية قد حافظت على الغلة الحبية حتى تحت الإزالة الكاملة للأوراق، وكانت الحبوب الناتجة ذات نسبة إنبات جيدة، ويُعزى ذلك إلى كون عنصر الآزوت من العناصر الأساسية، ويؤدي دوراً مهماً في النمو السريع للنبات وتشكل الأوراق Leaf formation، لذلك في حال نقص الأوراق يُسهم الآزوت في التقليل من إجهاد نقص الآزوت Nitrogen-deficit stress ويُحسن من حيوية الحبوب.

قيّم Warraich وزملاؤه (2000) تأثير عدّة مستويات من الآزوت في نوعية حبوب القمح الطري وحيويتها، وحُسبت كنسبة مئوية للبروتين والفوسفور، فلاحظوا أنّ إضافة الآزوت ساهمت في تحسين نوعية الحبوب، وقُلّت من النسبة المئوية للفوسفور، ولاحظوا أيضاً أنّ التسميد الآزوتي ساعد في زيادة النسبة المئوية للإنبات النهائي، وقُلّ من متوسط الزمن اللازم للإنبات Mean germination time (MGT) بنحو 50%، وأعطى مستوى التسميد الآزوتي 120 كغ. هكتار⁻¹ حبوباً ذات حيوية أعلى عند تطبيق اختبار التوصيل الكهربائي بالمقارنة مع مستوى التسميد الآزوتي الأعلى (180 كغ. هكتار⁻¹).

أشار Warraich وزملاؤه (2002) أنّ أداء الحبة يتحدد بحيويتها Viability، ونقاوتها Purity، ونسبة الإنبات Germination percentage، والتوصيل الكهربائي Electrical conductivity، والظهور المبكر للبادرات حقلياً Field emergence، والوزن الجاف الأولي للبادرات Seedling dry weight، وعادةً ما تزداد نسبة الإنبات بزيادة التسميد الآزوتي. ويُعزى ذلك إلى زيادة حجم الحبوب الناتجة وكمية المدخرات الغذائية فيها (Ottman وزملاؤه، 2000)، الأمر الذي يؤدي إلى ضمان زيادة نسبة الإنبات والنمو الأولي السريع والقوي للبادرات، ما يضمن التغطية المبكرة لسطح التربة وتقليل مساحة الأرض المكشوفة والمعرّضة بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس ما يُسهم في تقليل كمية المياه المفقودة بالتبخّر من ثمّ المحافظة على محتوى التربة المائي ومن ثمّ كفاءة استعمال المياه. وأضافوا أيضاً أنّ معدّل الإنبات الأعظمي Maximum germination rate من أهم الصفات المحددة للنوعية الجيدة للحبوب. وبينّ الباحث Khan وزملاؤه (2010) أنّ زيادة التوصيل الكهربائي عادةً ما تُعبر عن ضعف حيوية الحبوب، وترتبط مع انخفاض نسبة الإنبات، كما أكّد أنّ القيم المرتفعة من التوصيل الكهربائي تُعبر عن الحيوية المنخفضة للحبوب، ويُعزى ذلك إلى زيادة نفاذية الأغشية السيتوبلازمية في الحبوب ذات الحيوية المنخفضة. وعادةً ما تؤدي عملية إضافة كميات كافية من الأسمدة الآزوتية خلال المراحل المتلى من حياة النبات (أي مراحل الطلب الأعظمي على عنصر الآزوت) إلى إعطاء حبوب كبيرة الحجم وذات حيوية مرتفعة (Gul وزملاؤه، 2012).

تُعد صفة قوة الحبة Seed vigour من الصفات المهمة المحددة للظهور السريع والمتجانس للبادرات بعد الزراعة، ما يضمن الحصول على الكثافة النباتية المثلى Optimum plant density، وزيادة الغلّة الحبية. وتُعد عملية تحسين قوة البذور من أهم الأهداف التي يصبو إليها مربو النباتات. وتحدد قوة البذور بسرعة الإنبات وتجانسه (Finchsavage و Bassel، 2016)، التي تتحدد بدورها بظروف النمو للنباتات الأم، وبخاصةً خلال مرحلة النمو الثمري، والطرز الوراثي، وظروف التخزين بعد الحصاد (Rajjou وزملاؤه، 2012؛ Finchsavage و Bassel، 2016). وبينّت الدراسات أنّ البذور من النباتات الأم التي زرعت تحت ظروف الري والتسميد الآزوتي الأمثل، قد كانت فيها نسبة

الإنبات وسرعته معنوياً أعلى بالمقارنة مع ظروف معدّلات التسميد المنخفضة في نباتات القمح (Naylor، 2010)، والرز (Rice (Hara و Toriyama، 1998). ولوحظ أنّ إضافة النترات من مصادر خارجية قد شجعت الإنبات في العديد من الأنواع النباتية (Hendricks و Taylorson، 1974؛ Alboresi وزملاؤه، 2010). وبيّنوا أنّ تحديد نواقل بروتينية متخصصة بنقل النترات من المصدر إلى الحبوب المتشكلة يؤدي دوراً مهماً في تحسين قوة الحبة، ومن ثمّ نسبة الإنبات وسرعته. ولوحظ في محصول القمح أنّ وجود عامل التشفير NAC transcription factor، الذي يُرمز له بالرمز *TaNAC2*، المسؤول عن زيادة تركيز النترات في الحبوب، يؤدي دوراً مهماً في تحسين قوة الحبة، ومقدرتها على الإنبات، وزيادة كفاءة استعمال الآزوت (NUE). وبيّنت الدراسات أنّ التعبير المورثي للمورثة *TaNAC2-5A*، أدّت إلى زيادة تركيز النترات في حبوب القمح، ومن ثمّ قوة الحبة، من خلال الارتباط المباشر مع العامل المحفز المُسمّى TaNRT2.5-3B الذي يزيد من مستوى التعبير الوراثي Gene expression (Li وزملاؤه، 2020).

يُنظم كل من السكون Dormancy والإنبات Germination بهرمونين أساسيين، هما حمض الأبسيسيك (ABA) Absciscic acid، والجبريلينات (GAs) Gibberellins، حيثُ يزيد حمض الأبسيسيك من قوة السكون، ويثبط الإنبات، في حين تؤدي الجبريلينات دوراً معاكساً (Kucera وزملاؤه، 2005). وبيّنت التجارب أنّ زيادة محتوى الحبوب من النترات سواءً داخلياً أو أضيفت من مصدرٍ خارجي، قد أدّت إلى تقليل تركيز حمض الأبسيسيك (ABA) في الحبوب خلال مرحلة تشرب الماء من قبل البذور Seed imbibition، من خلال زيادة مستوى التعبير المورثي للمورثة المسؤولة عن تحطيم حمض الأبسيسيك ABA gene degradation (*CYP707A2*) (Matakiadis وزملاؤه، 2009؛ Carrillo-Barral وزملاؤه، 2014؛ Yan وزملاؤه، 2016)، وأدّت بالمقابل إلى زيادة تركيز الجبريلينات، من خلال تحريض المورثة المسؤولة عن التصنيع الحيوي للجبريلينات (*GA3ox2*)، ما أدّى إلى تشجيع حدوث عملية الإنبات وكسر طور السكون (Carrillo-Barral وزملاؤه، 2014).

تأثير توافر المياه، والتسميد الآزوتي، وتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية على دفعات، والطرز الوراثية في الصفات الكمية والنوعية لمحصول القمح

يتأثر محتوى الحبوب من البروتين بشكلٍ رئيسٍ بالعوامل المناخية Climatic parameters، والأصناف المزروعة Cultivars، ومعدّل التسميد الآزوتي Nitrogen fertilizer rate، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي Time of nitrogen application، ومحتوى التربة المائي خلال فترة امتلاء الحبوب Grain filling. ويُعدّ معدّل التسميد الآزوتي وتوقيت إضافته من العوامل الحاسمة المحددة للحصول على غلة حبية مرتفعة، وزيادة محتوى البروتين في الحبوب، وتحسين معايير الجودة للحبوب

Quality indices (Borghi وزملاؤه، 1997). ويتمثل التأثير الأكبر للسماد الآزوتي في نوعية حبوب القمح من خلال تأثيره في تركيز البروتين في الحبوب (Davies و Gooding، 1997). ويُعد محتوى الحبوب من البروتين من أهم المعايير المحددة لنوعية حبوب القمح القاسي (Ottman وزملاؤه، 2000). ويتحدد محتوى الحبوب من البروتين بشكلٍ أساسي بمدى خصوبة التربة Soil fertility، فكلما كانت التربة أكثر خصوبة، كلما ازداد محتوى البروتين من الجليادين Gliadins، والغلوتينين (Glutenins) (Dupont و Altenbach، 2003). ولكن عادةً ما يكون محتوى التربة من الآزوت غير كافٍ لتأمين احتياجات نباتات محصول القمح من هذا العنصر المهم، لذلك لا بدّ من التعويض من خلال إضافة الأسمدة المعدنية، حيث يُحسن السماد الآزوتي من محتوى حبوب القمح الطري والقاسي من البروتين (Ottman وزملاؤه، 2000). تُشير بعض الدراسات إلى وجود علاقة ارتباط بين معدّل التسميد الآزوتي ومعدّل تراكم المادة الجافة في الحبوب (Warraich وزملاؤه، 2002)، حيث يمكن تحسين محتوى الحبوب من البروتين من خلال زيادة معدّل نقل نواتج التمثيل الضوئي ومعدّل نقل المركبات الآزوتية من المصدر إلى المصب (الحبوب)، لأنّ الآزوت يُشكّل قرابة 7% من المادّة الجافة الكلية في النباتات، وهو أحد المكونات الأساسية في الأحماض النووية Nucleic acids، والأحماض الأمينية Amino acids، والأنزيمات Enzymes، والأصبغة اليخضورية Photosynthetic pigments (Bundy وزملاؤه، 2004). من المفترض أن يؤثر الآزوت في جميع المؤشرات المرتبطة بالنوعية، مثل الوزن الاختباري للحبوب Test weight، ومحتوى الحبوب من البروتين، ومحتوى الحبوب من الغلوتين والأصبغة البرتقالية Carotenoids pigments، وبخاصّةٍ تحت ظروف الزراعة المطرية في بيئات حوض المتوسط Mediterranean conditions. وتبعاً لذلك، فإنّ بلوغ الطاقة الإنتاجية القصوى من محصول القمح بنوعية القاسي والطري، يتحدد بمعدّل السماد الآزوتي الأمثل Optimum nitrogen fertilizer، وتوقيت إضافته، مع مراعاة زراعة الأصناف المناسبة وتأمين الاحتياجات المائية الكاملة خلال مختلف مراحل النمو (Ahmad وزملاؤه، 2009).

من المعروف أنّ المراحل التطورية المبكرة في محصول القمح قبل تشكل الإسطوانات تعتمد بشكلٍ رئيس على كمية المياه والآزوت المتاحة في التربة خلال المراحل المبكرة من حياة النبات (Simane وزملاؤه، 1993). أشار Jeuffroy و Bouchard (1999) أنّ تعرّض النباتات لظروف نقص الآزوت المترافق مع العجز المائي خلال مرحلة الإزهار عادةً ما يؤدي إلى إجهاض الزهورات وزيادة نسبة الزهورات العقيمة، الأمر الذي يؤثر سلباً في متوسط عدد الحبوب في وحدة المساحة من الأرض. وتحت ظروف الزراعة المطرية في بيئات حوض المتوسط، فإنّ استجابة محصول القمح للتسميد الآزوتي تعتمد على كمية الأمطار الهائلة السنوية وطبيعة توزيع الهطولات المطرية خلال دورة حياة المحصول، بالإضافة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، وتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية

ومحتوى التربة من الآزوت (Lopez-Bellido وزملاؤه، 2012). ولاحظ Pampana وزملاؤه (2013) أنه في السنوات التي يكون فيها معدل الهطول المطري غير كافٍ، فإن معظم السماد الآزوتي لا يُمتص من قبل نباتات المحصول وإنما يبقى متاحاً في التربة على هيئة نترات (NO_3^-) للمحاصيل اللاحقة في الدورة الزراعية، أو يمكن أن يُفقد بالرشح بسبب حركية عنصر الآزوت، الأمر الذي يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية. وجد Zhang وزملاؤه (2018b) أن تقليل معدل إضافة السماد الآزوتي قلل وبشكلٍ فعال من معدل فقد الآزوت (N)، حيث انخفضت على سبيل المثال كمية الآزوت المفقودة بنحو 21 - 45%، عندما تم تخفيض معدل السماد الآزوتي من 74.8 - 112.3 كغ N هكتار⁻¹ إلى نحو 59.1 - 70.4 كغ N هكتار⁻¹. ودرس Zhang وزملاؤه (2017) مقدار فقد الآزوت بالصرف العميق عند مستوياتٍ مختلفة من السماد الآزوتي في النظم الزراعية التي تتأوب فيها الرز مع القمح في الدورة الزراعية، ووجدوا أن مقدار الفاقد من الآزوت بالصرف العميق كان أقل بنحو 30.87% عند تقليل معدل السماد الآزوتي بالمقارنة مع الطريقة التقليدية، وازدادت غلة المحصول بنحو 23.56%.

وأشار Ercoli وزملاؤه (2011) أن عملية إضافة الأسمدة الآزوتية بشكلٍ متأخر وعلى دفعات تُعد من الممارسات الزراعية المهمة للحد من رشح الآزوت وتحسين استعماله، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة محتوى الحبوب من البروتين، وتحسين غلة الحبوب نفسها.

عموماً، إذا كانت معدلات التسميد الآزوتي الواجب إضافتها كبيرة، فلا بدّ لزيادة كفاءة استعمال الآزوت (NUE)، من خلال إضافتها للنباتات على دفعتين أو ثلاث دفعات، خلال مراحل تنموية مختلفة من دورة حياة المحصول (Makowska وزملاؤه، 2008). ولوحظ أن الغلة الحبية لمحصول القمح كانت معنوياً أعلى عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية على دفعتين (خريفية، وربيعية) بالمقارنة مع إضافته دفعةً واحدة (خريفية: وقت الزراعة)، وبخاصةً في حال إتاحة الرطوبة بكمية كافية لامتصاص الآزوت (Sowers وزملاؤه، 1994). وذكر أيضاً Tilahun وزملاؤه (1996) أن إضافة السماد الآزوتي على دفعات Split nitrogen application قد حسّنت الغلة الحبية، وكمية الآزوت الكلية الممتصة، وكفاءة استعمال الآزوت (NUE)، ويؤثر التسميد الآزوتي في الغلة الحبية لمحصول القمح، ونسبة البروتين في الحبوب بدرجاتٍ مختلفة، تبعاً لمعدل التسميد الآزوتي، وتوقيت إضافته Time of N application، وحسب محتوى التربة من الآزوت المتاح، وشكل الآزوت في التربة، وأيضاً تبعاً لكمية المياه المتاحة في التربة. ولوحظ أن تأخير الدفعة الثانية من السماد الآزوتي إلى مرحلة تشكيل العقد الساقية الثانية Second node formation يؤثر بشكلٍ إيجابي في محتوى الحبوب من البروتين (Pena و Hoseneey، 2005).

نفذ Abedi وزملاؤه (2011) دراسة حقلية في طهران لتقييم تأثير إضافة معدلات متباينة من الأسمدة الآزوتية (0، 120، 240، 360 كغ.هكتار⁻¹)، وتوقيت الإضافة، تحت ظروف الزراعة المروية في الغلة الحبية ومكوناتها والخصائص النوعية للحبوب خلال مراحل مختلفة من نمو نباتات محصول القمح الطري (صنف Shiraz)، وبيّنت النتائج أنّ الغلة الحبية كانت الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 240 كغ.هكتار⁻¹ عندما أضيفت الأسمدة الآزوتية خلال مرحلة النمو الخضري النشط (8230 كغ.هكتار⁻¹)، وازدادت مكونات الغلة الحبية بشكلٍ معنوي بزيادة معدّل التسميد الآزوتي وبدون فروقاتٍ معنوية بين مستويي التسميد 240، 360 كغ.هكتار⁻¹. وبيّنت النتائج أنّ عدم إضافة الأسمدة الآزوتية خلال مرحلة الإشتاء Tillering stage قد سببت تراجعاً في عدد السنبال في المتر المربع، وعدد الحبوب في السنبلة، وكانت أقل قيمة لمتوسط وزن الألف حبة في المعاملة التي لم يُضف فيها السماد الآزوتي خلال فترة امتلاء الحبوب، ولم يتأثر محتوى البروتين في الأوراق بمعاملات التسميد الآزوتي. ولوحظ أنّ إضافة 240 كغ.هكتار⁻¹ N خلال مختلف أوقات الإضافة أدت إلى الحصول على أعلى محتوى بروتين في الحبوب (5.5 مغ بروتين. غ⁻¹ حبوب).

عموماً، إنّ إضافة السماد الآزوتي بكمياتٍ زائدة عن حاجة النباتات، وبخاصةٍ خلال مرحلة الإزهار وما بعدها تُسهم في زيادة معدّل انبعاث غازات الدفيئة Greenhouse gas (GHG) emissions، وبخاصةٍ غاز أول أكسيد النيتريت Nitrous oxide (N₂O)، وغاز الميثان Methane (CH₄)، وغاز الأمونيا Ammonia (NH₃)، وتسرب شوارد النترات بشكلٍ كبير إلى طبقات التربة العميقة، نتيجة ارتفاع درجات الحرارة وانخفاض محتوى التربة المائي بعد مرحلة الإزهار، لذلك يُسهم اختيار أصناف ذات كفاءة مرتفعة في استعمال الآزوت في تقليل انبعاث تلك الغازات إلى الغلاف الجوي، حيث تُسهم التربة الزراعية في انبعاث معظم غازات الدفيئة الموجودة في الغلاف الجوي، حيث أسهمت الإضافة دفعة واحدة Single application من الآزوت في زيادة كمية الغازات المنبعثة بنحو 22%، وخفّضت من متوسط كفاءة استعمال الآزوت بنحو 9.1%، بالمقارنة مع إضافتها على دفعات، حيث خفّضت من كمية الغازات المنبعثة من 11.0 إلى 42.7%، وزادت من كفاءة استعمال الآزوت من 5.3 إلى 34.3% (Jiang وزملاؤه، 2020). أشار Kutcher وزملاؤه (2008) إلى ازدياد وزن الحبوب بازدياد معدّل التسميد الآزوتي، حيث يؤدي توافر الآزوت بكمياتٍ كبيرة، إلى ميل النباتات إلى استعمال نواتج التمثيل الضوئي في تصنيع البروتينات على حساب المكونات الأخرى، وبخاصةٍ المواد الدهنية، حيث تُحفّر الأسمدة الآزوتية بادنات البروتين المتوافرة بكثرة في الآزوت، ما يؤدي إلى استعمال نواتج التركيب الضوئي في تكوين البروتين، ما يُبقي كمية أقل منه متاحةً لتصنيع المواد الدهنية.

درس Yildirim وزملاؤه (2016) تأثير التسميد الآزوتي خلال مراحل النمو المختلفة في القمح القاسي تحت ظروف الزراعة المروية في تركيا، حيث استعمل التسميد الآزوتي بمعدل 140 كغ.هكتار⁻¹، وتمت إضافة السماد الآزوتي على دفعة، ودفعتين، و3 دفعات خلال خمس مراحل نمو مختلفة (وقت الزراعة، ونمو البادرة، وبداية الإشتاء، واستطالة الساق، والتسنبل). وتضمنت هذه الدراسة 13 معاملة بما فيها معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، حيث بيّنت نتائج الدراسة أنّ توقيت إضافة السماد الآزوتي بواقع 50% وقت الزراعة + 50% في بداية الإشتاء، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي بواقع 66% وقت الزراعة + 33% في بداية الإشتاء كانتا المعاملتان الأكثر ملائمة للقمح القاسي، كما بيّنت النتائج أنّ توقيت إضافة السماد الآزوتي كان له تأثيراً معنوياً في موعد الإزهار، وبداية مرحلة النضج الحليبي، والكثافة النباتية، ووزن الألف حبة، وطول فترة امتلاء الحبوب، وامتلاء الحبة، ومحتوى الآزوت في الحبوب، والغلة الحبية، ودليل الحصاد، وغلة الآزوت في الحبوب، عموماً كانت أعلى القيم للمؤشرات المدروسة عند المعاملتين السابقتين، ما يُشير إلى أهمية إضافة 50-60% من كامل معدل التسميد الآزوتي الموصى به للقمح القاسي وقت الزراعة، و40-50% مع بداية مرحلة الإشتاء تحت ظروف الزراعة المروية. وعادةً ما يُوصى في سورية بإضافة قرابة 70-90 كغ.هكتار⁻¹ من الآزوت النقي (N) تحت ظروف الزراعة المطرية، وقرابة 140-160 كغ.هكتار⁻¹ تحت ظروف الزراعة المروية. وأشار Boman وزملاؤه (1995) إلى أنّ معدل الأسمدة الآزوتية وتوقيت إضافتها يؤثران بشكلٍ معنوي في الغلة الحبية والكتلة الحيوية عند النضج ونوعية الحبوب، كما يؤثران في تركيز الآزوت وطبيعة توزيعه ضمن قطاع التربة Soil profile. كما يتأثر التوقيت الأمثل لإضافة الآزوت Optimal timing of N application بمعدل فقد الآزوت الذي يتأثر بدوره بالعوامل المناخية Weather conditions وتركيب التربة Soil composition والنوع المحصولي المزروع ونوع السماد الآزوتي المضاف (Atak وزملاؤه، 2005).

بيّن Ayup وزملاؤه (2001) أنّ أعلى غلة حبية لمحصول القمح أمكن الحصول عليها من خلال إضافة السماد الآزوتي على 3 دفعات متساوية: وقت الزراعة، ووقت الإشتاء، ووقت الإزهار. وبالرغم من حقيقة أنّ كامل الأسمدة الفوسفورية تُضاف وقت الزراعة، إلا أنّ الأسمدة الآزوتية يجب أنّ تُضاف فقط وقت الحاجة Demand إليها من قبل نباتات المحصول المزروع (Halaç وYürür، 1999). وبيّن Bly وWoodard (2003) أنّ إضافة الآزوت لاحقاً (خلال الربيع) وقبل الإزهار كان له تأثيراً أفضل في زيادة محتوى البروتين في الحبوب بالمقارنة مع الإضافات الأبعد.

نُفذت تجربة حقلية في محطة بحوث إزرع بمحافظة درعا، خلال الموسمين الزراعيين 2010 - 2011/2011 - 2012، بهدف دراسة تأثير التسميد الآزوتي، ومواعيد الزراعة في الغلة الحبية، وبعض الصفات الشكلية والفيزيولوجية لدى صنفين من القمح القاسي (دوما¹، ودوما³)،

وصنفين من القمح الطري (دوما²، ودوما⁴) تحت ظروف الزراعة المطرية. كانت نسبة الأوراق التي بقيت خضراء، وكفاءة استعمال المياه، والغلة الحبية الأعلى معنوياً خلال الموسم الزراعي الأول الأكثر هطولاً (40 – 50%، 10.3 كغ. هكتار⁻¹ مم⁻¹، 3.28 طن. هكتار⁻¹ على التوالي)، لدى الصنف دوما⁴ (40 – 50%، 10.9 كغ. هكتار⁻¹ مم⁻¹، 3.39 طن. هكتار⁻¹ على التوالي)، وعند معدل التسميد الآزوتي 200 كغ. هكتار⁻¹ (40 – 50%، 10.4 كغ. هكتار⁻¹ مم⁻¹، 3.31 طن. هكتار⁻¹ على التوالي)، وعند إضافة الأسمدة الآزوتية على دفعتين (40 – 50%، 9.111 كغ. هكتار⁻¹ مم⁻¹، 2.88 طن. هكتار⁻¹ على التوالي)، ما يُشير إلى أهمية ضبط حزمة الممارسات الزراعية المطبقة لزيادة المقدرة التكيفية للأصناف، والمحافظة على الكفاءة الإنتاجية (جنود وزملاؤه، 2015). وأشار الباحثة Hitz وزملاؤه (2017)، و Tian وزملاؤه (2016) إلى أن أكثر من 60 – 80% من محتوى الآزوت النهائي في النبات ككل كان عند مرحلتي التسنبل Heading، والإزهار Anthesis، أي أنها من مراحل الطلب الأعظمي لعنصر الآزوت (Papakosta و Gagianas، 1991). فإذا ما تعرّضت نباتات القمح لنقص الآزوت N deficiency خلال مرحلة ما بعد استطالة الساق الرئيس Post-jointing stage، فسيؤدي ذلك إلى تثبيط تطور المساحة الورقية، وتراجع كفاءة النباتات التمثيلية خلال تلك المرحلة الحرجة من حياة النبات، ما يؤثر سلباً في معدل تراكم المادة الجافة، ونسبة المادة الجافة المُسَخَّرَة لمرحلة النمو الثمري، ما يؤدي إلى تراجع الغلة الحبية (GY) (Shahrokhnia و Sepaskhah، 2016؛ Tian وزملاؤه، 2016). لذلك يُساعد تحديد توقيت إضافة السماد الآزوتي من ناحية، والطرز الوراثية التي تنمو بشكل جيد تحت ظروف نقص الآزوت في التربة، وتستجيب لظروف التسميد الآزوتي الأمثل من ناحية أخرى، مسألة في غاية الأهمية.

عموماً، يُساعد تطبيق الممارسات الزراعية المناسبة (BMPs)، من خلال زراعة الأصناف الأكثر تكيفاً وكفاءة في استعمال المياه والآزوت، وإضافة الأسمدة المعدنية بكميات مناسبة لتأمين كامل احتياجات نباتات المحصول خلال مختلف مراحل النمو، في المكان المناسب، وفي الوقت المناسب في الحصول على أعلى كفاءة إنتاجية، وزيادة كفاءة استعمال الأسمدة المعدنية (Kumar وزملاؤه، 2018). وإذا لم تتم إضافة الأسمدة المعدنية عامةً، والسماد الآزوتي خاصةً وفق المعدل الصحيح بما يتناسب مع الهدف من الزراعة، وطبيعة استجابة الصنف المزروع، ومحتوى التربة من العناصر المعدنية، ومحتوى التربة المائي، وطبيعة الزراعة (مروية، أم مطرية)، وخصائص التربة الكيميائية (درجة الحموضة، والناقلية الكهربائية لمحلول عجينة التربة المشبعة)، فإن ذلك سيؤثر سلباً في كفاءة استعمال العناصر المعدنية المغذية، ويُخفض غلة المحصول (Fixen وزملاؤه، 2015؛ Kumar وزملاؤه، 2018).

الفصل الثالث

مواد البحث وطرائقه

Materials and Methods

مواد البحث وطرائقه Materials and methods

المادة النباتية Plant material: نُفذت الدراسة على أربعة أصناف معتمدة محلياً ومزروعة، اثنان منها من القمح الطري [دوما₂ (أكساد885)، ودوما₄ (أكساد901)]، واثنان من القمح القاسي [دوما₁ (أكساد1105)، ودوما₃ (أكساد1229)]. تمّ الحصول على الحبوب من برنامج الحبوب، إدارة الموارد النباتية، في المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) .

موقع تنفيذ التجربة Experimental site: تمّ تنفيذ البحث (التجربة الحقلية) في حقول كلية الزراعة، مزرعة أبي جرش، خلال الموسم الزراعي 2017-2018 م. تقع مزرعة أبي جرش على ارتفاع 743 متراً عن سطح البحر، وعلى خط عرض 33.537 شمالاً، و36.316 غرباً، بمعدل هطول مطري سنوي 212 مم. تتميز التربة فيها بأنها تربة لومية مرتفعة المحتوى من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والمادة العضوية Organic matter، والوسط قلوي ضعيف، والناقلية الكهربائية لمحللول عجينة التربة المشبعة (EC_e) أو ملوحة التربة طبيعية (الجدول، 2). وتمّ إجراء تحليل جديد للتربة قبل بدء التجربة لتقدير محتواها من الآزوت الميسر، والمادة العضوية، لضبط معدلات التسميد الآزوتي بشكلٍ دقيق، وذلك بأخذ على الأقل خمس عينات من مواقع مختلفة من كامل الحقل بشكلٍ عشوائي على عمق (0 - 30 سم)، وتمّ خلطها مع بعضها البعض بشكلٍ متجانس لتشكل عينة مركبة Composite sample، وتمّ إرسال العينة المركبة إلى مختبر تحليل عينات التربة في قسم التربة واستصلاح الأراضي، بكلية الزراعة لتحضيرها وتحديد خصائصها الكيميائية والفيزيائية، وبخاصة نسبة الكربون العضوي، الذي تمّ تقديره بالطريقة الحجمية Volumetric method (Walkley و Black، 1947) والآزوت الكلي بطريقة كداهل باستعمال حمض الكبريت-Micro Kjeldahl digestion method with sulphuric acid (Jones، 1991).

الجدول رقم (2): التحليل الميكانيكي وخصائص التربة الكيميائية في موقع تنفيذ التجربة لعام 2018.

الخصائص الكيميائية						التحلل الميكانيكي			المؤشر
المادة العضوية (%)	EC_e ($dS\ m^{-1}$)	pH	K_2O (ppm)	P_2O_5 (ppm)	N (%)	طين (%)	سلت (%)	رمل (%)	
2.21	0.45	8.10	250	175	0.14	39.25	30.95	29.80	القيمة
مرتفعة	طبيعية	قلوي	مرتفع	مرتفع	مرتفع	تربة لومية طينية			الوصف

المصدر: قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

وحسب FAO (2008)، فإنّ درجة تفاعل التربة (pH)، المناسبة لطيفٍ واسع من الأنواع المحصولية بما فيها محصول القمح بنوعيه الطري والقاسي يتراوح بين 6.5 - 7.5، حيثُ يكون

عنصر الآزوت متاحاً بشكلٍ مثالي ضمن هذا المدى، ما يُشير إلى عدم ملائمة تفاعل التربة في موقع الدراسة (مزرعة أبي جرش) لنمو نباتات القمح بشكلٍ مثالي.

وتمت الدراسة خلال الموسم الزراعي الثاني (2018-2019 م) مخبرياً، حيث تمّ فيها دراسة الصفات الخاصة بتقدير حيوية الحبوب ونوعيتها الناتجة عن الموسم الزراعي الأول، نتيجة تأثير المعاملات المدروسة، حيث تمّت الدراسة المخبرية في مخابر قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، ومخابر قسم المحاصيل الحقلية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بدمشق. عموماً، تُصنّف منطقة أبي جرش كمُنطقة استقرار ثالثة، استناداً إلى العديد من المؤشرات المناخية، وبخاصة معدّل الهطول المطري السنوي Annual rainfall، ومتوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى (الجدول، 6).

الجدول رقم (3): متوسط درجات الحرارة والهطل المطري خلال موسم الزراعة (2017-2018 م) في موقع أبي جرش.

الموسم الزراعي (2017 - 2018م)			أشهر موسم النمو
متوسط الهطول المطري (مم)	متوسط درجات الحرارة (°م)		
	الصغرى	العظمى	
2	13.5	27.4	تشرين1
0	10	21	تشرين2
10	6.7	17.6	كانون1
60	4.6	13.6	كانون2
28	6.6	16	شباط
1	10.3	23	آذار
65	12.5	25	نيسان
55	16.5	29	أيار
00	11.35	29.6	حزيران
221	10.22	22.47	المتوسط/المجموع

المصدر: محطة أرصاد كلية الزراعة، جامعة دمشق.

طريقة الزراعة Planting method: تمت الزراعة بعد تحضير الأرض بشكلٍ جيد (فلاحتين متعامدتين على عمق 25 سم بواسطة المحراث القرصي)، ثم تمّ تنعيم التربة وتسويتها بواسطة الكالتيفاتور. وزُرعت الحبوب بتاريخ 2017/11/28 يدوياً في سطور (طول السطر 2 م)، وتُركت مسافة 20 سم بين السطر والآخر، و 5 سم بين النبات والآخر ضمن السطر نفسه، وبمعدّل ثمانية سطور لكل صنف. وقُدّمت جميع الخدمات الزراعية والإجراءات الوقائية الموصى بها من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لهذين النوعين المحصولين. وتمّت مراعاة وجود كل صنف من الأصناف المدروسة في كل قطعة تجريبية، ووزعت الأصناف في كل قطعة (مكرر) بشكلٍ عشوائي، وبمعدّل

ثلاثة مكررات لكل معاملة، وتم ترك مسافة 1 م بين المكررات لكل طبيعة زراعة (مروية، أو مطرية)، وترك مسافة 6 متر بين القطع التجريبية المروية والمطرية لتجنب رشح المياه إلى القطع المطرية. وسُجلت القراءات المطلوبة من النباتات الموجودة في السطور الستة الداخلية لكل صنف، ضمن كل معاملة، وتم استبعاد السطرين الخارجيين (النطاق Border)، لتجنب تأثير الحافة Edge effect. وسُجلت جميع البيانات المناخية خلال موسم النمو (معدل الهطول المطري الشهري والسنوي ودرجات الحرارة الصغرى والعظمى اليومية والشهرية) (الجدول، 3).

المعاملات Treatments

1. **الأصناف Varieties:** تم تقييم أداء أربعة أصناف معتمدة محلياً ومزروعة، اثنان منها من القمح الطري [دوما² (أكساد885)، ودوما⁴ (أكساد901)]، واثنان من القمح القاسي [دوما¹ (أكساد1105)، ودوما³ (أكساد1229)].
2. **معدلات الأسمدة الآزوتية Nitrogen fertilization rates:** تمت دراسة تأثير أربعة معدلات مختلفة من السماد الآزوتي (اليوريا Urea 46% أزوت نقي N) (100، 120، 140، 160 كغ. N هكتار⁻¹)، بالإضافة إلى الشاهد (بدون تسميد آزوتي) في أداء الأصناف الأربعة المدروسة، بالنسبة لطبيعتي الزراعة (المروية، والمطرية)، وتم ضبط كميات الأسمدة الآزوتية حسب نتائج تحليل التربة.
3. **توقيت إضافة السماد الآزوتي Time of N fertilizer application:** تمت دراسة تأثير توقيت إضافة السماد الآزوتي وفق الآتي:
 - 3-1- أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية بواقع 100% وقت الزراعة.
 - 3-2- أُضيفت 50% من الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة + 50% مع بداية الإشتاء.
 - 3-3- أُضيفت 33% من الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة + 33% مع بداية الإشتاء + 33% مع بداية الإزهار.
 - 3-4- أُضيفت 100% من الأسمدة الآزوتية مع بداية الإشتاء.
 - 3-5- أُضيفت 100% من الأسمدة الآزوتية مع بداية الإزهار.
 - 3-6- أُضيفت 50% من الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة + 50% مع بداية مرحلة الإزهار.
 وتم بالمقابل ترك معاملة بدون إضافة أسمدة آزوتية (شاهد). حيث أُضيفت الكمية الأولى من الأسمدة الآزوتية يدوياً مع الزراعة عند فتح سطور الزراعة، في حين أُضيفت الكميات الثانية والثالثة نثراً فوق سطح التربة بما يتناسب مع المعاملات المدروسة. وتمت إضافة كميات متماثلة من الأسمدة الفوسفورية (السوبر فوسفات الثلاثي 46% P₂O₅ Triple super phosphate) لكل القطع التجريبية قبل الزراعة وفق المعدل الأمثل الموصى به من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي لمنطقة الدراسة (80 P₂O₅ كغ. هكتار⁻¹).

4. **طبيعة الزراعة Growing condition**: تمّ تقييم أداء الأصناف المدروسة من كلا نوعي القمح تحت ظروف الزراعة المروية، والزراعة المطرية (بالاعتماد على مياه الأمطار، مع مراعاة إعطاء ريتين تكميليتين فقط في حال انحباس الأمطار خلال المراحل الحرجة من دورة حياة المحصول، وصولاً إلى 370 مم. سنة⁻¹ كمجموع كلي للمياه المقدّمة خلال موسم النمو).

الصفات المدروسة Investigated traits

أولاً- المؤشرات التطورية Phenological traits:

1-1- **موعد ظهور البادرات Days to emergence (يوم)**: عبارة عن عدد الأيام من تاريخ الزراعة وحتى ظهور 50% من البادرات فوق سطح التربة (IPGRI، 1994).

1-2- **موعد التسنبل Heading date (يوم)**: عبارة عن عدد الأيام من تاريخ الزراعة وحتى ظهور السنابل في 50% من النباتات في القطعة التجريبية (IPGRI، 1994).

1-3- **موعد النضج Maturity date (يوم)**: عبارة عن عدد الأيام من تاريخ الزراعة وحتى وصول 90% من النباتات إلى مرحلة النضج التام (IPGRI، 1994). ويُعدّ النضج تاماً عند اصفرار كافة النباتات دون استثناء وموت الأوراق السفلية، وعدم امكانية خدش الحبوب بالإظفر، ويصل عندئذ الوزن الجاف للحبوب إلى أقصاه، أي لا يتجاوز محتوى الحبوب المائي 13.5 - 15% (نقلاً عن مشنط، 1991).

ثانياً- الصفات الكمية المرتبطة بالغلة Quantitative yield-related traits

1-2- **متوسط عدد السنابل في المتر المربع (سنبله . م⁻²) No. of fertile spikes per m²**: تمّ عدّ السنابل المثمرة في 1 متر طولي بشكل عشوائي من كل مكرّر، وصنف، ومعاملة تسميد.

2-2- **متوسط وزن الحبوب في السنبل الرئيسية (غ) Grains weight of the main spike**: تمّ فرط السنابل الرئيسية من كل مكرّر، ولكل صنف، ومعاملة، وتمّ تسجيل متوسط وزن الحبوب لجميع السنابل المفروطة في كل مكرّر على حدة، ثمّ تمّ تقسيم الوزن الكلي للحبوب على عدد السنابل.

2-3- **متوسط عدد الحبوب في السنبل الرئيسية Grains number per main spike**: تمّ عدّ Counting الحبوب بعد فرط السنابل الرئيسية من خمسة نباتات مأخوذة بشكل عشوائي من كل قطعة تجريبية، من كل مكرّر، ولكل صنف، ومعاملة، وتمّ تسجيل متوسط عدد الحبوب لجميع السنابل المفروطة في كل مكرّر على حدة، وتمّ تقسيم عدد الحبوب الكلي على عدد السنابل الرئيسية.

2-4- **متوسط عدد الحبوب في المتر المربع (حبة . م⁻²)**: تمّ حسابه من خلال حساب متوسط عدد الحبوب الكلي في النبات، ثمّ تقسيم الناتج على متوسط عدد السنابل في النبات الواحد لنحصل

على متوسط عدد الحبوب في السنبل الواحدة، ومن ثم يُضرب الناتج بمتوسط عدد السنابل في المتر المربع.

2-5- **الغلة الحبية Grain yield (غ. م²):** تم حساب متوسط وزن الحبوب (غ) في المتر المربع الواحد (م²)، عند محتوى رطوبي في الحبوب يُعادل 12.5%. وتم تقدير الغلة الحبية بشكل دقيق وفق العلاقة الرياضية الآتية (McMaster، 1997):

$$\text{الغلة الحبية (غ. م}^2\text{) عند 12.5\% = الغلة الحبية التي تم الحصول عليها (غ. م}^2\text{) } \times (100 - \text{محتوى الحبوب المائي عند الحصاد (\%))} / (100 - 12.5\%)$$

2-6- **الغلة الحيوية Biological yield (غ. م²):** ويمثل متوسط وزن الأجزاء الهوائية الجافة للنباتات المجففة بشكل طبيعي في الحقل (بما فيها الحبوب)، للأجزاء الهوائية (فوق الأرضية فقط) في المتر المربع.

2-7- **دليل الحصاد Harvest index (%HI):** يُعبر دليل الحصاد عن النسبة المئوية بين الغلة الحبية إلى الغلة الحيوية (حبوب + تبن). وحُسب وفق المعادلة الرياضية الآتية (Marschener، 1997):

$$\text{دليل الحصاد (\%)} = 100 \times \frac{\text{الغلة الحبية (غ. م}^2\text{)}}{\text{الغلة الحيوية (غ. م}^2\text{)}}$$

ثالثاً- الصفات الفيزيائية القياسية للحبوب: تم تقديرها حسب الباحثان Giura و Saulescu (1996):

3-1- **نسبة طول الحبة/عرضها L/W ratio:** يُعطي هذا المؤشر فكرة عن شكل الحبة Grain shape.

3-2- **حجم الحبة Grain volume (مم³):** وتُحسب وفق العلاقة الرياضية الآتية حسب (Marshall وزملاؤه، 1984):

$$Vol = \frac{3}{4} \pi xyz$$

حيث X: عرض الحبة؛ Y: طول الحبة؛ Z: سماكة الحبة .

حيث تم قياس طول وعرض وسماكة 15 حبة (مم) **Grain length** أُخذت بشكل عشوائي من كل خط نباتي، من كل مكرر، وصنف، ومعاملة، بعد عملية تنظيفها بشكل كامل من الشوائب والحبوب المكسورة وإزالتها مباشرة، وتجفيفها بالحاضنة، وتم قياسها بواسطة جهاز Electronic VerNier Calipers.

رابعاً- الصفات النوعية للحبوب Grain quality traits

4-1- متوسط وزن الألف حبة 1000-kernel weight (TKW): حيثُ تمَّت يدوياً من خلال عدّ 250 حبة، ثمّ تمّ حساب وزنها بواسطة ميزان إلكتروني حسّاس، ومن ثمّ تمّ ضرب الناتج بـ 4 لحساب وزن الألف حبة، وكُررَت العملية 5 مرات. ويُشير وزن الألف حبة المرتفع إلى ارتفاع دليل جودة (QI) Quality index الحبوب الناتجة وفق المقياس المعتمد (مواصفات الدستور الغذائي للقمح القاسي والطري) (CODEX STAN 199-1995) (Huda، 2000) (الجدول، 4).

الجدول رقم (4): العلاقة بين وزن الألف حبة ودليل الجودة (QI).

وزن الألف حبة (غ)	دليل الجودة (QI) Quality Index
25 -15	صغير جداً
35 -26	صغير
45 -36	وسط
55 -46	كبير
أكثر من 55	كبير جداً

4-2- نسبة الآزوت في الحبوب: تمّ تحديد محتوى الحبوب من الآزوت باستخدام طريقة كداهل (micro-Kjeldahal method) (AACC method 46-11) لتحليل محتوى الحبوب من الآزوت، حيث تعتمد طريقة كداهل التقليدية على تقدير الآزوت ومن ثمّ البروتين الخام، من خلال تحويل الآزوت العضوي في المادة إلى آزوت معدني على صورة أملاح أمونيوم (باستثناء النترات والنترت)، وذلك من خلال عملية الهضم بحمض الكبريت المركز (H_2SO_4)، وتنطلق خلال عملية التقطير الأمونيا وتُستقبل في محلول البوريك التي تتحد معه مكونةً بورات الأمونيوم، ثمّ تتم معايرتها بمحلول عياري من حمض كلور الماء (HCl). واعتمد معامل التحويل 5.75 لتحويل الآزوت (%) إلى بروتين (%)، وفق المعادلة الآتية (AACC، 2000):

$$\text{نسبة البروتين (\%)} = \text{نسبة الآزوت في العينة (\%)} \times 5.75$$

4-3- نسبة البروتين في الحبوب Grain protein content (GPC) (%): تمّ تحديد محتوى الحبوب من البروتين بواسطة جهاز Infratec 1241 Grain Analyzer في مخابر قسم تكنولوجيا الحبوب، إدارة بحوث المحاصيل الحقلية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، حيثُ يعتمد مبدأ هذا الجهاز على أطوال موجات معينة متخصصة لكل نوع محصولي، وتمّ قياس محتوى البروتين

في حبوب القمح، من خلال وضع من 300 إلى 500 غ من حبوب القمح في الجهاز، وبعدها نحصل على النتائج المطلوبة. ويُشير محتوى الحبوب من البروتين المرتفع إلى ارتفاع دليل جودة الحبوب الناتجة وفق المقياس المعتمد (الجدول، 5) (GB/T 17320-2013: Quality (Wang) (Classification of Wheat Varieties) وزملاؤه، 2013):

الجدول رقم (5): العلاقة بين محتوى الحبة من البروتين % ودليل الجودة (QI).

دليل الجودة (QI) Quality Index	محتوى الحبة من البروتين (%)
منخفض جداً	9
منخفض	11.5 - 9
متوسط	13.5 - 11.6
عالي	15.5 - 13.6
عالي جداً	17.5 - 15.6
عالي استثنائياً	فوق 17.5

4-4- الوزن النوعي للحبوب (وزن الهكتولتر Test Weight (Hectolitre weight): هو مقياس لكثافة العينة، وقد يكون مؤشراً لمردود الطحن وكذلك الحالة العامة للعينة، حيث أنّ المشاكل التي تحدث أثناء موسم الزراعة أو عند الحصاد كثيراً ما تُقلل من الوزن النوعي، وله أهمية كبيرة في تحديد درجة جودة الحبوب. ويتم تقديره بواسطة وزن حجم معين من الحبوب، ويعكس الوزن النوعي للحبوب تركيبها الفيزيائي والكيميائي ومدى إصابتها بالحشرات ودرجة نقاوتها من الشوائب والأجرام، ويُستخدم لتقدير وزن الهكتولتر جهاز سعة واحد أو ربع لتر من الحبوب (طريقة AACCC55-10) أي الاتحاد الأمريكي لتكنولوجيا علوم الحبوب International Association for Cereal Science and Technology (AACC، 2000)، أو ما يُسمى بجهاز Sinar، وتُفضل الحبوب ذات الوزن النوعي المرتفع. كما تمّ قياس الوزن النوعي أيضاً بجهاز Infratec 1241 Grain Analyzer في مخابر قسم تكنولوجيا الحبوب، إدارة بحوث المحاصيل الحقلية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. ويُشير وزن النوعي المرتفع للحبوب على ارتفاع في دليل جودة الحبوب الناتجة وفق المقياس المعتمد (مواصفات الدستور الغذائي للقمح القاسي والطري CODEX STAN 199-1995) (Huda، 2000) (الجدول، 6):

الجدول رقم (6): العلاقة بين وزن النوعي لحبوب نوعي القمح (قاسي، وطري) ودليل الجودة (QI).

دليل الجودة Quality Index (QI)	وزن النوعي للقمح الطري (كغ. هيكتولتر ⁻¹)	وزن النوعي للقمح القاسي (كغ. هيكتولتر ⁻¹)
ثقل استثنائياً	أكبر من 84	84 - 80
ثقل جداً	84 - 80	80 - 76
ثقل	80 - 76	76 - 72
وسط	76 - 72	72 - 68
خفيف	72 - 68	68 - 64
خفيف جداً	68 - 64	64 - 60
خفيف استثنائياً	64 - 60	60 - 56

4-5- نسبة الغلوتين الرطب (% Wet gluten): هو مقياس لكمية الغلوتين في عينات القمح بنوعيه أو الدقيق الناتج عنهما وذلك بتقديره بطريقة Glumatic System (AACC، 2000)، طريقة 38 – 10، ويتكون الغلوتين عند إضافة الماء للبروتين في القمح، وهو مسؤول عن خاصية المطاطية في العجين، ومن أهم خواص الغلوتين المؤلف من الغليادين والجلوتينين هو عدم ذوبانه بالماء الملحي، لذلك يتم فصله عن بقية مكونات الدقيق كبروتينات الألبومين، والجلوبيولين، والنشاء، والألياف، والعناصر المعدنية الذوابة بمحلول 2.5% من ملح كلوريد الصوديوم (NaCl). وتعطي كمية الغلوتين الناتجة عن عملية الغسيل فكرة عن نوعية الدقيق وكمية البروتين، حيث يكون وزن الغلوتين الرطب ثلاثة أضعاف نسبة البروتين في الدقيق تقريباً، كما تم قياس نسبة الغلوتين الرطب بجهاز Infratec 1241 Grain Analyzer في مخابر قسم تكنولوجيا الحبوب، إدارة بحوث المحاصيل الحقلية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. وتُصنف وفق الجدول (7)، حسب Sissons وزملاؤه (2005):

الجدول رقم (7): العلاقة بين نسبة الغلوتين الرطب في الدقيق ومحتواه البروتيني.

نسبة الغلوتين الرطب في الدقيق (%)	محتوى الدقيق من البروتين (%)
25 - 22	8
32 - 28	10
37 - 34	12
42 - 38	14
50 - 46	16

4-6- معامل الغلوتين (GI) Gluten index: تمّ تقديره بجهاز Infratec 1241 Grain Analyzer في مخابر قسم تكنولوجيا الحبوب، إدارة بحوث المحاصيل الحقلية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. أيضاً بطريقة Glutomatic automatic system (AACC، 2000)، وهو مقياس لقوة الغلوتين ونوعيته بغض النظر عن كمية الغلوتين نفسه، ويُستخدم معامل الغلوتين على النطاق التجاري لاختيار عينات حبوب القمح التي تتميز بقوة الغلوتين، وكلّما كان معامل الغلوتين منخفضاً جداً كان مؤشراً على الأضرار التي لحقت بالبروتين نتيجة تحلله من جراء الأنشطة الحشرية والمرضية، أو نقص في مستوى التغذية الآزوتية.

خامساً- الصفات الفيزيولوجية Physiological traits

5-1- كفاءة استعمال الآزوت (NUE) Nitrogen Use Efficiency: تُعبر عن كفاءة النبات في امتصاص الآزوت، وكفاءة نقل الآزوت من المصدر إلى المصب. وحُسبت من خلال المعادلة الرياضية الآتية (Moll وزملاؤه، 1982):

$$\text{كفاءة استعمال الآزوت (كغ حبوب. كغ } N^{-1} \cdot \text{م}^{-2}) = \frac{\text{الغلة الحبية}}{\text{كمية الآزوت المضافة}}$$

5-2- غلة الآزوت الحبية Grain N yield: وحُسبت وفق المعادلة الآتية (Yildirim وزملاؤه، 2007):

$$\text{غلة الآزوت الحبية} = \frac{\text{الغلة الحبية} \times \text{محتوى الآزوت في الحبوب}}{100}$$

100

سادساً- اختبارات الإنبات المعيارية والحيوية

6-1- اختبار الإنبات المعياري Germination Standard Test: تمّ تعقيم الحبوب من كل نوع وصنف ومعاملة على حده بواسطة محلول هيبو كلوريت الصوديوم (NaOCl) بتركيز 1% مدّة 10 دقائق لتجنب التلوث بالمسببات المرضية، ووضعت في كل طبق بتري قطره 11 سم مفروش بورقتي ترشيح نحو 25 حبة، وأُضيف لكل طبق 10 مل من الماء المقطر، وبواقع 4 مكررات. ووضعت الأطباق ضمن الحاضنة على درجة حرارة 25 ± 1 م، وحُسبت مؤشرات الإنبات الآتية، حسب الجمعية الدولية لاختبار البذور (ISTA) International Seed Testing Association، (2009):

1) النسبة المئوية للإنبات (**Germination Percentage (%)**): {عدد الحبوب المنبئة/العدد الكلي للحبوب المزروعة} $\times 100$
وتُعد الحبوب منبئة بمجرد خروج الجذير Radicle والسويقة الجنينية Coleoptile بطول 2 مم (USEPA، 1996، ISTA، 2009).

2) معدّل الإنبات **Germination rate**: حُسب معدّل الإنبات من العلاقة الرياضية الآتية (Maguire، 1982):

$$GR = [(a/1) + (b-a/2) + (c-b/3) + \dots + (n-n^{1/n}) / N]$$

حيث $a, b, c, \dots, n$: هي عدد الحبوب المنبئة.

$N, 1, 2, 3, \dots, N$: عدد الأيام من تاريخ بداية اكتمال عملية تشرب الماء.

حيثُ بدأت عملية عدّ Counting الحبوب المنبئة عندما أصبحت السويقة الجنينية بطول 5 سم، واستمرت عملية العد بمعدّل مرّة واحدة كل يومين، وكان عدد الأيام التي تمّ خلالها العد هي 7 أيام للقمح. وبعد انقضاء اليوم السابع وتسجيل نسبة الإنبات تمّ حساب بعض المؤشرات الشكلية مثل:

❖ **الوزن الرطب للبادرات (غ):** تمّ حساب الوزن الرطب للبادرات بواسطة ميزان حسّاس.

❖ **الوزن الجاف للبادرات (غ):** تمّ وضع البادرات في أكياس من الورق ونُقلت إلى مجفف مسخن بشكلٍ مسبق على درجة 105 م لقتل الأنسجة النباتية وإيقاف عملية فقد المادة الجافة بالتنفس Respiration (R)، ثم تمّ تخفيض درجة حرارة المجفف إلى 70 م، وتُركت مدّة 3 أيام أو إلى حين الوصول إلى الوزن الجاف الثابت (Gubbins وزملاؤه، 2011).

4) **قوة البذرة اعتماداً على طول البادرة Seed vigor based on seedling length** (%سم): وحُسبت وفق العلاقة الآتية (Vashisth و Nagarajan، 2010):

قوة البذرة **Seed Vigor** = { (طول الجذير (سم) + طول السويقة الجنينية (سم) $\times$ (نسبة الإنبات (%)) }.

5) **قوة البذرة اعتماداً على وزن البادرة Seed vigor based on seedling weight** (%غ): وحُسبت وفق العلاقة الآتية (Vashisth و Nagarajan، 2010):

قوة البذرة = { (وزن الجذير (غ) + وزن السويقة الجنينية (غ) $\times$ (نسبة الإنبات (%)) }.

6) اختبار التترازوليوم (**Tetrazolium test (TZ)**): تمّ تحضير 50 حبة من كل طراز بمعدّل 4 مكررات، حيث تمّ لفّ كل 50 حبة بورق الترشيح ووضعت في الماء مدّة 18 ساعة على درجة حرارة 20 م، بحيث تكون كمية المياه مضاعفة بمقدار 2.5 مرة من وزن اللفافات، وتمّ تقطيع الحبوب طولياً على طول محور الجنين Embryo والسويداء Endosperm دون الفصل بينهما، ثم وضعت في محلول التترازوليوم، حيث تُوضع أنصاف الحبوب عند التركيز التالي (0.15%) على درجة حرارة 30 م مدّة ساعتين،

ومن ثمّ تمّ حساب فعالية التترازوليوم وفق المعادلة الرياضية التالية (Brasil، 2009 ؛
ISTA، 2008).

$$\text{Effectiveness TZn} = [1 - (|G - \text{TZn}|) / G] 100$$

حيثُ

G% : النسبة المئوية للإنبات % ؛ TZn% : النسبة المئوية للحبوب التي تلونت بصبغة
التترازوليوم (viable grains) حسب اختبار التترازوليوم %.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي Experimental design and statistical analysis:
تمّ وضع التجربة الحقلية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized complete block design (RCBD)، بترتيب القطع المنشقة Split block design، حيث شغلت طبيعة الزراعة (مروية، أم مطرية) القطع الرئيسة، والطرز الوراثية في القطع المنشقة من الدرجة الأولى، في حين وضعت معدّلات التسميد الآزوتي في القطع المنشقة من الدرجة الثانية، وتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية في القطع المنشقة من الدرجة الثالثة، وبواقع ثلاثة مكررات لكل قطعة تجريبية. أخذتُ القراءات المطلوبة من السطور الستة الداخلية، وتمّ تبويب البيانات وتحليلها إحصائياً باستعمال برنامج التحليل الإحصائي MSTAT-C (Russel، 1991) لحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) بين المتغيرات المدروسة وتفاعلاتها عند مستوى معنوية 0.05، وقيمة معامل التباين C.V% لكل صفة من الصفات المدروسة. وتمّ حساب معامل الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة باستعمال برنامج SPSS للوقوف على الأهمية النسبية للصفات المدروسة.

مروي																				المكررات
دوما4					دوما2					دوما3					دوما1					
T5	T4	T3	T2	T1	T5	T4	T3	T2	T1	T5	T4	T3	T2	T1	T5	T4	T3	T2	T1	
M1	M1	M1	M1	M0	M1	M1	M1	M1	M0	M1	M1	M1	M1	M0	M1	M1	M1	M1	M0	1
M2	M2	M2	M2	M0	M2	M2	M2	M2	M0	M2	M2	M2	M2	M0	M2	M2	M2	M2	M0	
M3	M3	M3	M3	M0	M3	M3	M3	M3	M0	M3	M3	M3	M3	M0	M3	M3	M3	M3	M0	
M4	M4	M4	M4	M0	M4	M4	M4	M4	M0	M4	M4	M4	M4	M0	M4	M4	M4	M4	M0	
M5	M5	M5	M5	M0	M5	M5	M5	M5	M0	M5	M5	M5	M5	M0	M5	M5	M5	M5	M0	
M6	M6	M6	M6	M0	M6	M6	M6	M6	M0	M6	M6	M6	M6	M0	M6	M6	M6	M6	M0	
دوما2					دوما3					دوما1					دوما4					2
دوما1					دوما4					دوما2					دوما3					3
مسافة فاصلة 6 م																				
مظري																				1
دوما4					دوما2					دوما3					دوما1					
T5	T4	T3	T2	T1	T5	T4	T3	T2	T1	T5	T4	T3	T2	T1	T5	T4	T3	T2	T1	
M1	M1	M1	M1	M0	M1	M1	M1	M1	M0	M1	M1	M1	M1	M0	M1	M1	M1	M1	M0	
M2	M2	M2	M2	M0	M2	M2	M2	M2	M0	M2	M2	M2	M2	M0	M2	M2	M2	M2	M0	

M3	M3	M3	M3	M0	M3	M3	M3	M3	M0	M3	M3	M3	M3	M0	M3	M3	M3	M3	M0	
M4	M4	M4	M4	M0	M4	M4	M4	M4	M0	M4	M4	M4	M4	M0	M4	M4	M4	M4	M0	
M5	M5	M5	M5	M0	M5	M5	M5	M5	M0	M5	M5	M5	M5	M0	M5	M5	M5	M5	M0	
M6	M6	M6	M6	M0	M6	M6	M6	M6	M0	M6	M6	M6	M6	M0	M6	M6	M6	M6	M0	
دوما 2				دوما 3				دوما 1				دوما 4								2
دوما 1				دوما 4				دوما 2				دوما 3								3

T1: شاهد (بدون تسميد)، T2: المعاملة الأولى ، T3: المعاملة الثانية.

T4: المعاملة الثالثة، T5: المعاملة الرابعة.

M1: موعد الإضافة الأول ، M2: موعد الإضافة الثاني

M3: موعد الإضافة الثالث، M4: موعد الإضافة الرابع

M5: موعد الإضافة الخامس، M6: موعد الإضافة السادس.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Results & Discussion

Results and discussion النتائج والمناقشة

أولاً - الصفات التطورية Phenological traits

1 - 1 - متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات (يوم) Days to emergence: بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية في صفة عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات فوق سطح الأرض ($P \leq 0.05$) بين طبيعة الزراعة (المروية، أم المطرية)، ومعدّلات التسميد الآزوتي [شاهد (بدون تسميد آزوتي)، 100، 120، 140، 160 كغ N. هكتار⁻¹] ، وتوقيت إضافتها (100%) وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، والأصناف المدروسة لنوعي القمح القاسي والطرقي (دوما¹، دوما³، دوما²، دوما⁴ على التوالي) والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 8). يُلاحظ أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات فوق سطح الأرض كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية (19.55 يوماً) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المروية (12.83 يوماً)، حيثُ سبّبت الزراعة المطرية زيادة في عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات بنحو 34.73% بالمقارنة مع الزراعة المروية. تُعزى الفروقات المعنوية في صفة متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات بين طبعيتي الزراعة إلى التباين في محتوى التربة المائي في مهد البذور، حيثُ يُساعد توافر المياه بكمياتٍ كافية - تحت ظروف الزراعة المروية - في تسريع إتمام مرحلة تشرب المياه من قبل الحبوب المزروعة Water imbibition، ومن ثُمّ التذكير في بدء عملية الإنبات الفسيولوجي، ما يؤدي إلى تسريع عملية الإنبات Germination، ونمو المحور الجنيني، وظهور البادرات فوق سطح التربة. بالإضافة إلى التباين في قوة النمو الأولي للبادرات، الذي يتحدد بكمية المدخرات الغذائية المتاحة، ومعدّل انقسام خلايا المحور الجنيني النامي واستطالتها، ما يؤكد على أهمية توافر المياه خلال مرحلة الإنبات واسترساء البادرات Seedling establishment، لضمان زيادة نسبة الإنبات وتسريع ظهور البادرات فوق سطح التربة. وبين Xu وزملاؤه (2020) أنّ مرحلة ظهور البادرات واستطالتها هي مرحلة حسّاسة جداً لنقص المياه، ويجب ألاّ يقل عدد الريّات عن ريتين بكمياتٍ كافية من المياه العذبة لضمان تحسين نسبة الإنبات وتقليل عدد الأيام اللازمة لاسترساء البادرات. وتتجلى أهمية الإنبات السريع والظهور المبكر للبادرات فوق سطح التربة في ضمان التغطية المبكرة لسطح التربة، وتقليل مساحة الأرض المكشوفة والمُعرّضة بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، ما يسمح في تقليل معدّل فقد المياه بالتبخّر المباشر من سطح التربة ويُحافظ على مخزون التربة المائي، الأمر الذي يزيد من كفاءة استعمال مياه الأمطار Rainwater use efficiency (RWUE)، بالإضافة إلى أهمية ذلك في ضمان الحصول على الكثافة النباتية

المناسبة. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (18.54 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (14.76 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ (15.39 يوماً). عموماً، أدّت زيادة معدّل التسميد الآزوتي إلى تقليل عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات فوق سطح التربة بالمقارنة مع معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي). ويُلاحظ أنّ معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ قد قلّ من عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات فوق سطح التربة بنحو 20.38% بالمقارنة مع الشاهد، أي بفارق أربعة أيام، وهذا مهم جداً في تأمين التغطية المبكرة لسطح التربة، وبخاصةً تحت ظروف الزراعة المطرية في البيئات الجافة وشبه الجافة. تُشير هذه النتائج إلى أهمية التسميد الآزوتي (N) خلال مرحلة نمو المحور الجنيني، ما يُسهم في ضمان بلوغ الطول الأعظمي للسويقة الجنينية، ومن ثمّ ظهور البادرات فوق سطح التربة، في حين تُؤثر قلّة العناصر المعدنية المغذية Minerales، وبخاصةً عنصر الآزوت (N) خلال مرحلة استرساء البادرات سلباً في معدّل الاسترساء، الأمر الذي يُطيل الفترة الزمنية اللازمة لظهور البادرات فوق سطح التربة، ما يُعرّضها إلى مهاجمة العديد من الآفات الزراعية، وبخاصةً مسببات المرضية Pathogenes، وقد يكون ذلك أحد أسباب تراجع عدد البادرات في وحدة المساحة، الأمر الذي يؤثر سلباً في الكثافة النباتية Plant density، ومن ثمّ غلّة المحصول الاقتصادية. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّل التسميد الآزوتي، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (22 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدّلي التسميد الآزوتي (100، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (19.42، 19.49 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (11.35 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ (12.11 يوماً) ما يُشير إلى أنّ موعد ظهور البادرات فوق سطح التربة عادةً ما يكون أسرع عند معدّلات التسميد الآزوتي الأعلى، وبخاصةً تحت ظروف الزراعة المروية، لأنّ محتوى التربة المائي يُحدد معدّل امتصاص الآزوت Nitrogen uptake، الذي يزداد بزيادة محتوى التربة المائي، ما يؤدي إلى زيادة معدّل انقسام خلايا المحور الجنيني واستطالتها، ما يضمن الظهور المبكر والسريع للبادرات فوق سطح التربة (Ranjan وزملاؤه، 2019). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار فقط (17.27 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإشتاء فقط (16.71 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة +

50% (عند بداية الإزهار) (15.40 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بمعدل 50% عند الزراعة + 50% عند بداية الإشتاء (15.73 يوماً). ما يُشير إلى أهمية إضافة على الأقل نصف كمية الأسمدة الآزوتية أثناء الزراعة، لضمان تأمين احتياجات النمو الأولي للبادرات من عنصر الآزوت. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% (كامل الأسمدة الآزوتية) عند بداية الإزهار فقط (20.75 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإشتاء فقط (20.22 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% عند بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% عند بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (12.25، 12.33 يوماً على التوالي)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المروية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (12.72، 12.70 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (18.54 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار (17.50 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وذلك عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% عند الزراعة؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (13.63، 13.71 يوماً على التوالي)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء)، ومعدل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية عند الزراعة وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (14.17، 14.21 يوماً على التوالي). يُنصح عادةً بإضافة الأسمدة الآزوتية بكميات مناسبة (30 – 50% من المعدل الموصى به) أثناء عملية الزراعة، أي حسب مقياس Zadoks scale من مرحلة الإنبات إلى مرحلة نمو البادرات وتطورها (Z0-Z19)، لأن بادرات القمح بنوعيه القاسي والطري تدخل في مرحلة عوز وحاجة للآزوت N-Starvation في اليوم الثامن من نمو البادرة (Kang وزملاؤه، 2019). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (22 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المطرية عند معدلي التسميد الآزوتي (120، 100 كغ N. هكتار⁻¹)، وعندما أُضيفت

الأسمدة الآزوتية بواقع 100% عند بداية الإزهار فقط، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% عند بداية الإزهار؛ 100% عند بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (20.75، 20.58، 20.42، 20.33 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 50% عند الزراعة + 50% عند بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (10.33، 10.58، 10.75 يوماً على التوالي). تعتمد كفاءة النباتات على استخدام الآزوت المُضاف على عدة عوامل منها موعد الإضافة Application time، ومعدّل الإضافة Rate of N applied، والصنف المزروع، والظروف البيئية السائدة في منطقة الزراعة، حيث تؤدي زيادة معدّل التسميد الآزوتي إلى إعطاء غطاء نباتي وكتلة حيوية أكبر، وبالتالي زيادة معدّل التمثيل الضوئي والإنتاجية، كما يسهم وجود الآزوت بكمياتٍ كافية في تسريع ظهور واسترساء البادرات فوق سطح التربة، وزيادة المقدرة الإشتائية وعدد الحبوب في السنبلة الرئيسة. وتُحسن التغطية النباتية المبكرة لسطح التربة نتيجة الظهور المبكر للبادرات فوق سطح التربة من مخزون التربة المائي، نتيجة تقليل معدّل فقد المياه بالتبخر (E)، ما يسهم في إتاحة المياه خلال المراحل المتقدمة الحرجة من دورة حياة المحصول (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، الأمر الذي يُساعد في إطالة فترة الإزهار، وطول مرحلة امتلاء الحبوب (GFS) Grain filling stage، ما يؤدي إلى زيادة كلٍّ من عدد الحبوب المتشكلة في النبات ومتوسط وزن الحبة الواحدة (IGW) Individual grain weight (Johnston و Bruulsema، 2014). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما³ (18.07 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية صنف القمح القاسي دوما¹ (16.45 يوماً)، ثم وبفروقاتٍ معنوية صنف القمح الطري دوما² (15.56 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما⁴ (14.69 يوماً). ويُعزى ذلك إلى التباين الوراثي Genetic differences بين الأصناف المدروسة (Alam، 2007). ويُلاحظ أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات في القمح الطري كان الأسرع بنحو 14.08% (15.13 يوماً) بالمقارنة مع القمح القاسي المتأخر (17.26 يوماً). ويمكن أن يُعزى ذلك إلى التباين في كمية المياه الواجب امتصاصها من قبل الحبوب على أساس الوزن الجاف لإتمام مرحلة التشرب، والتباين في التركيب الكيميائي للحبوب، الذي يُحدد بدوره احتياجات مرحلة التشرب من المياه لإتمامها، بالإضافة إلى التباين في كمية ونشاط أنزيمات الحلمة، الضرورية لتفكيك المدخّرات الغذائية وتحويلها من الصور المعقدة (النشاء، والبروتينات، والمواد الدهنية)، إلى صورٍ أبسط (جلوكوز، أحماض أمينية، وأحماض دهنية وجليسرول) يمكن أن يستفيد منها المحور الجنيني النامي. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى

معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى صنف القمح القاسي دوما³ (20.42 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المطرية لدى صنف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما⁴) وبدون وجود فروقاتٍ معنوية بينهما (19.59، 19.36 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى صنف القمح الطري دوما⁴ (10.02 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المروية لدى صنف القمح القاسي دوما³ (11.52 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح الطري دوما² (21.33 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح الطري دوما²، وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح القاسي دوما³ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (18.33، 18.17 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح الطري دوما⁴ (13.25 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح القاسي دوما³، وعند معدّلي التسميد الآزوتي (120، 100 كغ N. هكتار⁻¹) لدى صنف القمح الطري دوما⁴ وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (13.89، 14، 14.19 يوماً على التوالي) (الجدول، 11). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح الطري دوما² (24 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح القاسي دوما³ (22.33 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح الطري دوما⁴ (8.33 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّلات التسميد الآزوتي (120، 160، 100 كغ N. هكتار⁻¹) لدى صنف القمح الطري دوما⁴، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح القاسي دوما³ وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (9.5، 9.6، 9.68، 9.72 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار فقط لدى صنف القمح الطري دوما² (19.73 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإشتاء فقط لدى صنف القمح الطري دوما² (19.27 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% عند الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (13.77، 13.97، 14.10 يوماً على التوالي)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% عند الزراعة +

50% بداية الإزهار لدى صنف القمح القاسي دوما³ (14.77 يوماً). ما يُشير إلى دور الآزوت في زيادة سرعة ظهور بادرات القمح فوق سطح التربة، بالإضافة إلى أهميته في زيادة الوزن الجاف للجذور والسويقات، ودليل حيوية البادرات (SVI) Seedling vigor index، لأنّ عملية الإنبات من المراحل الحرجة جداً، لأنّها تحدث في طبقات التربة السطحية الأكثر تعرّضاً لخطر ضياع المياه بعملية التبخر، وتتعرض لخطر تراكم الأملاح الذوّابة Soluble salts في منطقة انتشار البذور. ويؤثر الآزوت في طول كلّ من جذور وسويقات القمح، التي تُعد مؤشرات قياسية مهمة في حالة سُح المياه، حيثُ في حال عدم توافر كميات كافية من المياه يتناقص الوزن الجاف للبادرة نتيجة تناقص نقل نواتج تحلل المدخرات الغذائية Reserve mobilization إلى خلايا المحور الجنيني، وبالتالي يُسهم توافر عنصر الآزوت بكميات مناسبة في زيادة معدّل النمو الأولي للبادرات، ومن ثمّ كفاءة نقل المدخرات الغذائية من المصدر (الأنسجة الخازنة: السويداء) إلى المصب (المحور الجنيني)، ما يؤدي إلى زيادة طول البادرات ووزنها، الذي يُترجم ظهوراً مبكراً للبادرات فوق سطح التربة (Ibrahim وزملاؤه، 2016). يُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار فقط لدى صنف القمح الطري دوما² (23 يوماً)، تلاه وبفروقات معنوية تحت ظروف الزراعة المطرية عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإشتاء فقط لدى صنف القمح الطري دوما² (22.40 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% عند الزراعة؛ 33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية فيما بينها (9.4، 9.4، 9.8 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافته والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون إضافة لدى صنف القمح الطري دوما²، وعند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح الطري دوما² وذلك عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار، وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% عند بداية الإزهار فقط وبدون فروقات معنوية فيما بينها (21.33، 20.50، 20.52 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وذلك عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% عند الزراعة؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينها (11.67، 11.67، 12.50 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت

إضافتها والأصناف، أن متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح الطري دوما² وذلك عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار، وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح الطري دوما²، وبدون فروقات معنوية بينهما (25، 24 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وذلك عندما أضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% عند الزراعة؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% عند الزراعة؛ 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (7، 7، 7 يوماً على التوالي). ويُعزى تأخر ظهور البادرات تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى صنف القمح الطري دوما² وذلك عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار إلى انخفاض حيوية الحبوب ودليل إنباتها في هذه المرحلة، وإلى زيادة الوقت اللازم للإنبات اليومي، وقوة الحبة اعتماداً على وزنها (19.67% غ). ويُعزى ذلك أيضاً إلى زيادة معدل الإنبات لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (3.582 يوم.حبة⁻¹). ولا تتوافق زيادة معدل النمو الأولي خلال المراحل المبكرة من حياة النبات مع زيادة فقد المياه بالنتج (T)، بسبب انخفاض الحرارة، والشدة الضوئية Light intensity، وارتفاع معدل الهطول المطري، والرطوبة النسبية الجوية Relative humidity (RH%) خلال هذه المرحلة من حياة النبات (كانون الأول - شباط)، حيث تقل هذه العوامل مجتمعة من فرق ضغط بخار الماء بين الأجزاء الهوائية والوسط المحيط (VPD) Leaf to air Vapour Pressure Difference، ما يسهم في تقليل معدل فقد المياه بالنتج. وتؤدي بالمقابل التغطية المبكرة لسطح التربة إلى زيادة كفاءة استعمال المياه، حيث يُفقد الماء عن طريق النبات عبر المسامات Stomata أثناء عملية التبادل الغازي Gas exchange ما يؤدي إلى زيادة انتشار غاز الفحم (CO₂) وإتاحته بكمية كبيرة في مراكز التثبيت (Stroma) ضمن الصّانعات الخضراء Chloroplasts، فيزداد تبعاً لذلك معدل التمثيل الضوئي Assimilation rate (A)، وتصنيع المادة الجافة. ويمكن أن يُعزى التباين بين أصناف القمح القاسي والطري المدروسة إلى التباين في حجم الحبوب المزروعة، حيث تمتلك أصناف القمح الطري حبوب كبيرة الحجم (متوسط وزن الألف حبة 48.34 غ) بالمقارنة مع حبوب أصناف القمح القاسي (متوسط وزن الألف حبة 37.22 غ)، وكمية المدخرات الغذائية في الحبة، ومعدل الإنبات الفسيولوجي Physiological germination، الذي يتحدد بدوره بمحتوى الحبوب من أنزيمات الحلمة، ونشاط تلك الأنزيمات (α -amylase, β -amylase, protease)، التي تُحدد بدورها معدل تحلل المدخرات المعقدة إلى مركبات بسيطة قابلة للامتصاص من قبل خلايا المحور الجنيني النامي (العودة، 2005). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Xu وزملاؤه (2020)، Ranjan وزملاؤه (2019)، Wang وزملاؤه (2017)، Kang وزملاؤه (2019)، جنود (2015)، Ibrahim وزملاؤه (2016)، والتمو (2013).

الجدول رقم (8): متوسط عدد الأيام اللازمة للإنبات (يوم) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السميكية (كغ . هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
18.54 ^E	17	21	18	17	22	21	24	22	20	15	13	19	14	15	T ₀	
16	14	17	16	17	19	19	18	20	20	13	9	16	13	14	T ₁	
16	13	18	16	16	19	17	19	20	19	13	9	16	12	14	T ₂	
16	15	19	16	17	20	20	20	21	19	13	9	17	11	14	T ₃	
17	14	20	18	16	20	18	22	21	19	14	11	18	14	14	T ₄	
18	16	20	17	17	21	20	22	21	20	14	11	18	14	15	T ₅	
15	14	17	15	16	18	18	18	18	19	12	9	16	11	13	T ₆	
15.39 ^D	14	18	16	17	19	19	20	20	19	13	10	17	12	14	المتوسط	
15	13	16	14	15	17	16	18	17	18	12	9	14	12	13	T ₁	
15	13	17	14	16	18	17	19	19	18	12	9	15	10	13	T ₂	
15	15	17	14	16	19	21	19	19	17	12	9	15	9	14	T ₃	
16	16	19	15	16	20	21	22	18	18	13	10	16	11	14	T ₄	
17	15	20	15	17	21	20	25	19	19	13	11	16	11	14	T ₅	
14	13	16	13	15	17	16	17	18	17	11	9	14	9	13	T ₆	
15 ^B	14	17	14	16	19	18	20	18	18	12	9	15	10	14	المتوسط	
14	12	15	13	15	17	16	17	17	17	11	7	13	9	13	T ₁	
14	12	15	14	15	18	18	18	18	18	10	7	12	9	13	T ₂	
15	15	16	14	17	19	21	18	18	19	12	9	14	9	15	T ₃	
15	13	18	15	15	19	17	22	19	17	12	9	14	11	14	T ₄	
16	16	18	15	17	20	20	22	19	19	13	11	14	11	15	T ₅	
14	12	15	13	15	17	16	17	17	16	11	7	13	9	14	T ₆	
14.76 ^A	13	16	14	16	18	18	19	18	17	11	8	13	10	14	المتوسط	
16	15	17	16	16	19	21	18	19	18	13	9	15	12	14	T ₁	
15	14	16	15	17	19	19	19	19	19	12	9	12	10	15	T ₂	
16	15	17	15	17	19	21	18	20	19	12	9	15	9	15	T ₃	
16	16	18	15	16	20	21	22	20	19	12	11	15	11	13	T ₄	

17	16	19	16	17	20	20	22	20	19	14	11	16	13	15	T ₅	
15	14	16	15	16	18	19	17	18	19	12	9	15	11	13	T ₆	
16 ^C	15	17	15	17	19	20	19	19	19	12	10	15	11	14	المتوسط	
16 ^b	14	17	16	16	19	19	19	19	19	13	9	15	12	14	T ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمواضيع
15.73 ^b	14	17	15	16	19	19	20	20	19	12	9	15	11	14	T ₂	
16 ^c	15	18	15	17	20	21	20	20	19	13	10	16	10	15	T ₃	
16.71 ^d	15	19	16	16	20	20	22	20	19	13	11	16	12	14	T ₄	
17.27 ^e	16	20	16	17	21	20	23	20	19	14	11	16	13	15	T ₅	
15.40 ^a	14	17	15	16	18	18	19	19	18	12	9	15	11	14	T ₆	
16	14.69 ^D	18.07 ^A	15.56 ^C	16.45 ^B	19.55 ^a	19	20	20	19	12.83 ^b	10	16	12	14	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (T₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (T₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (T₃)، 100% بداية الإشتاء (T₄)، 100% بداية الإزهار (T₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (T₆) .

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
1.2	0.8	0.5	0.4	0.5	0.3	0.2	0.2	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	LSD (0.05)
%4.6															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

1 - 2 - متوسط موعد التسنبل (يوم) Heading date: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل (الجدول، 9)، حيثُ كان متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (146 يوماً)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (136 يوماً)، حيثُ سببت الزراعة المروية زيادةً في عدد الأيام اللازمة للتسنبل بنحو 6.84% بالمقارنة مع الزراعة المطرية، ما يُشير إلى أهمية إتاحة المياه لزيادة طول مرحلة النمو الخضري Vegetative growth stage، ومن ثمّ زيادة حجم المصدر Source size، الأمر الذي يزيد من كمية الأشعة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي المُعترضة، والمُحوّلة إلى طاقةٍ كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية (السكريات) المُصنّعة، الأمر الذي يضمن زيادة كمية المادة الجافة المتاحة خلال مرحلة النمو الثمري (Wilhelm، 1998)، ما قد يؤدي إلى زيادة طول فترة الإزهار وعدد الزهيرات الخصبة في السنبلة، ومن ثمّ عدد الحبوب المتشكلة في السنبلة الواحدة/في النبات (الشحاذه العوده وزملاؤه، 2016). وكان متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (143.1 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدّلي التسميد الآزوتي (160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (142.6، 142.5 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (138.2 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ (140.7 يوماً). يُلاحظ أنّ زيادة معدّل التسميد الآزوتي حتى 140 كغ N. هكتار⁻¹ سببت زيادةً طردية في عدد الأيام اللازمة للتسنبل بالمقارنة مع الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وبلغت نسبة الزيادة قرابة 3.42%، أي بنحو خمسة أيام، ويُعزى ذلك إلى دور عنصر الآزوت في إطالة فترة النمو الخضري النشط Active vegetative growth، ما يؤدي إلى تأخير موعد التسنبل. تتوافق هذه النتيجة مع ما توصل إليه Hassanein (2001). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّل التسميد الآزوتي، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (149 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ (148 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (134.7 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% عند الزراعة؛ 33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (142.1، 142، 141.9 يوماً على التوالي)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء) (141.3 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 100% بداية

الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (140.5، 140.7 يوماً على التوالي). وتُعزى زيادة عدد الأيام اللازمة للتسنبل تحت ظروف الزراعة المروية وعند إضافة كامل كمية الأسمدة الآزوتية، أو 50% منها، أو حتى 33% منها عند الزراعة إلى أهمية الأسمدة الآزوتية في إطالة فترة النمو الخضري النشط وتشكيل كتلة حية أكبر، الأمر الذي يؤخر حدوث التسنبل، ويؤدي بالمقابل إلى زيادة حجم المصدر والكتلة الحية عند النضج، التي تُعد من الصفات الفيزيولوجية المهمة المحددة لغلّة محصول القمح الحبية (Gifford وزملاؤه، 1984). ولاحظ Ercoli وزملاؤه (2011)، و Pampana وزملاؤه (2013) أنّه في السنوات التي يكون فيها معدّل الهطول المطري غير كافٍ، فإنّ معظم السماد الآزوتي لا يُمتص من قبل نباتات المحصول وإنّما يبقى متاحاً في التربة على هيئة نترات (NO_3^-) للمحاصيل اللاحقة في الدورة الزراعية Crop rotation، أو يُمكن أن يُفقد بالرشح العميق بسبب حركية عنصر الآزوت، الأمر الذي يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية (Stanford و Legg، 1984)، ويؤثر سلباً في معدّل نمو الأجزاء الهوائية، ما يؤدي إلى تقصير طول مرحلة النمو الخضري، والتبكير بموعد التسنبل. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% عند الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (147.7، 147.4 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% عند بداية الإزهار (136 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% عند الزراعة؛ 33% عند الزراعة + 33% بداية الإشطاء + 33% بداية الإزهار)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% عند الزراعة، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشطاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% عند الزراعة)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإشطاء، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار، وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (143.5، 143.8، 143.5، 143.5، 143.4، 143.3، 143.3 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (138.2 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان

الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% عند الزراعة؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% عند الزراعة + 33% بداية الإشطاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (150.7، 150.3، 150.2 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار، وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (134.3، 134.7 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسبيل كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (148.6 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (147.7 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (133.3 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (136.1 يوماً)، ويُلاحظ أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسبيل كان أطول بنحو 9.08% (148.15 يوماً) في القمح القاسي بالمقارنة مع القمح الطري (134.7 يوماً). ويُعزى ذلك إلى التباين الوراثي في استجابة الأصناف للري والتسميد وتوقيت الإضافة، حيث كانت استجابة أصناف القمح القاسي أفضل، ما أدى إلى زيادة طول فترة النمو الخضري، وتأخير التسبيل، لأنّ التوصيف الشكلي يبين تقارب كبير بين الأصناف من حيث موعد التسبيل وموعد النضج التام. عموماً، تؤدي زيادة طول مرحلة النمو الخضري (تأخير موعد التسبيل) إلى زيادة الكتلة الحيوية، حيثُ كان متوسط الغلّة الحيوية في القمح القاسي (2307 غ. م⁻²) أعلى معنوياً من متوسط الغلّة الحيوية في القمح الطري (1573 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسبيل كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ ودوما³ وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (153.1، 153.0 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (127.0 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسبيل كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (151.6 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح الطري دوما² (129.8 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسبيل الأعلى معنوياً كان لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% عند الزراعة + 33% بداية الإشطاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (149.2، 149.1، 148.8 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100%

بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (131.2، 131.6 يوماً على التوالي). ما يُشير إلى أهمية إضافة السماد الآزوتي خلال المراحل التطورية الأولى (من مرحلة الإنبات وحتى اكتمال مرحلة النمو الخضري)، حيثُ يضمن ذلك تأمين احتياجات النباتات من عنصر الآزوت الضروري للنمو الخضري (زيادة عدد الأوراق ومساحة الورقة الواحدة)، وتشكيل الأصبغة اليخضورية في الصّانعات الخضراء، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كفاءة النباتات التمثيلية، وكمية المادة الجافة المتاحة خلال المراحل التطورية اللاحقة، وبخاصةً مرحلة النمو الثمري Reproductive stage (Wilhelm, 1998). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³، وعند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (156.1، 155.7 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (123.7 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المطرية عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح الطري دوما² (126.0 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ و دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (154.4، 154.1 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% عند الزراعة؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (126.3، 126.6، 126.7، 126.7 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار (151.3 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (129.8 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة ومعدّل التسميد الآزوتي وتوقيت إضافته مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون

فروقاتٍ معنويةٍ بينها (157، 157 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار لدى صنف القمح الطري دوما² وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (124، 125 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى التأثير التجميعي، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل كان أطول بنسبة 21.02% تحت المعاملات المناسبة بالمقارنة مع المعاملات غير المناسبة. عموماً، يؤدي تأخير موعد التسنبل بشكلٍ كبير وبخاصةٍ تحت ظروف الزراعة المطرية إلى تراجع غلّة المحصول الحبية نتيجة تراجع كلاً من عدد الحبوب في وحدة المساحة من الأرض، حيث يؤدي ذلك إلى احتمال زيادة طول مرحلة النمو الخضري ومن ثمّ زيادة مساحة المسطح الورقي المُعرّض بشكلٍ مباشرٍ لأشعة الشمس، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة معدّل فقد المياه بالنتج (T)، ما قد يؤدي، وبخاصةٍ تحت ظروف الزراعة الجافة إلى تراجع محتوى التربة المائي بشكلٍ كبير، وتعرّض النباتات إلى مستوياتٍ متطرفةٍ من الجفاف المتزامن مع الحرارة المرتفعة خلال مرحلتَي الإزهار وامتلاء الحبوب، ما يؤثر سلباً في طول مرحلة الإزهار Anthesis stage، وعدد الزهيرات الكلية الخصبة Fertile florets المتشكلة في السنبل. ويؤدي أيضاً إلى تقصير طول مرحلة امتلاء الحبوب، ما يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة الواصلة إلى الحبوب، وبخاصةٍ الحبوب الطرفية (نهائيتي السنبل)، الأمر الذي سيؤدي إلى تراجع متوسط وزن الحبة الواحدة (Van Herwaarden وزملاؤه، 2005). وتؤدي زيادة طول فترة النمو الخضري إلى استهلاك كمياتٍ أكبر من نواتج التمثيل الضوئي، الأمر الذي يؤثر سلباً في كمية المادة الجافة المُسخرة لمرحلة النمو الثمري (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، ما يؤدي إلى زيادة نسبة البدئات الزهرية الميتة، ونسبة الزهيرات العقيمة والمُجهضة، وبالتالي تراجع متوسط عدد الحبوب المتشكلة في السنبل، بالإضافة إلى تراجع درجة امتلاء الحبوب المتشكلة، بسبب عدم كفاية كمية نواتج التمثيل الضوئي المتاحة خلال مرحلة امتلاء الحبوب لمليّ جميع الحبوب المتشكلة بشكلٍ كامل، إضافةً إلى تراجع معدّل نقل نواتج التمثيل الضوئي Translocation efficiency من المصدر (وبخاصةٍ الأوراق) إلى المصب (الحبوب) نتيجة استنفاد محتوى التربة المائي، حيث يُعد الماء الناقل الوحيد لنواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب (الشحاذة العود وزملاؤه، 2016). ويؤدي تراجع كلّ من متوسط عدد الحبوب في وحدة المساحة من الأرض، ومتوسط وزن الحبة الواحدة إلى تراجع غلّة المحصول الاقتصادية، لأنّ هذين المكونين من أهم مكونات الغلّة الحبية العددية Numerical yield components (العودة، 2005). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Slafer و Eeuwijk (2019)، و Grogan وزملاؤه (2016)، ونتائج Yildirim وزملاؤه (2016)، وجنود (2016)، و Takayama وزملاؤه (2006).

الجدول رقم (9): متوسط موعد التسنبل (يوم) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السميكية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
138 ^E	135	130	145	144	135	135	124	141	139	142	134	136	148	148	T ₀	
141	137	133	147	147	136	135	126	142	142	146	138	141	153	152	T ₁	
140	134	134	146	147	135	133	126	142	144	144	134	141	150	150	T ₂	
142	137	134	148	148	135	133	128	143	142	147	141	140	152	154	T ₃	
140	133	131	148	147	135	131	126	144	144	143	134	136	151	151	T ₄	
140	135	132	145	146	135	131	125	141	141	145	140	139	150	152	T ₅	
142	137	134	149	149	137	133	126	144	144	148	141	141	154	155	T ₆	
141 ^C	135	133	147	147	136	133	126	143	143	145	138	140	152	152	المتوسط	
144	140	135	150	150	138	135	128	144	144	149	144	142	156	156	T ₁	
142	136	134	149	151	137	130	128	143	145	148	141	140	155	156	T ₂	
143	136	136	150	150	137	130	129	144	143	149	141	142	155	157	T ₃	
141	135	132	149	150	137	131	127	144	145	146	139	137	155	154	T ₄	
142	139	132	148	149	137	136	128	142	142	146	141	135	154	155	T ₅	
143	136	137	150	150	137	130	130	144	142	150	141	144	156	157	T ₆	
142 ^B	137	134	149	150	137	132	128	144	144	148	141	140	155	156	المتوسط	
144	137	138	151	150	137	130	129	144	144	151	144	146	157	156	T ₁	
143	134	136	152	151	138	127	129	149	146	149	141	144	155	156	T ₂	
144	136	137	152	149	137	127	131	147	143	150	144	144	157	156	T ₃	
142	136	132	152	149	138	131	129	149	143	147	141	136	155	154	T ₄	
142	138	133	150	149	137	131	129	145	143	147	144	136	155	154	T ₅	
144	136	137	152	149	137	127	130	147	142	150	144	144	157	156	T ₆	
143 ^A	136	136	152	149	137	129	129	147	143	149	143	142	156	155	المتوسط	
143	140	136	150	148	137	135	127	145	142	149	144	144	155	155	T ₁	
142	137	134	150	149	138	133	127	148	144	147	141	141	152	153	T ₂	
143	139	136	151	148	138	133	128	149	142	149	144	144	154	154	T ₃	
141	135	131	151	148	137	131	127	147	144	145	139	136	154	152	T ₄	

142	139	132	149	147	137	134	128	144	140	147	144	136	153	153	T ₅	
143	138	136	150	150	138	133	128	145	144	149	142	144	155	156	T ₆	
143 ^B	138	134	150	148	137	133	127	146	143	148	142	141	154	154	المتوسط	
142 ^a	137	134	148	148	137	134	127	143	142	147	141	142	154	153	T ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمواضيع
141 ^b	135	134	149	148	137	132	127	145	144	146	138	140	152	153	T ₂	
142 ^a	136	135	149	148	136	132	128	145	142	147	141	141	153	154	T ₃	
141 ^c	135	131	149	147	136	132	126	145	143	145	138	136	153	152	T ₄	
141 ^c	137	132	147	147	136	133	127	143	141	145	141	136	152	152	T ₅	
142 ^a	136	135	149	148	136	132	128	144	142	148	140	142	154	154	T ₆	
-	136 ^C	133 ^D	149 ^A	148 ^B	136 ^b	132	127	144	142	146 ^a	140	140	153	153	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (T₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (T₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (T₃)، 100% بداية الإشتاء (T₄)، 100% بداية الإزهار (T₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (T₆) .

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
1.4	1.0	0.6	0.5	0.6	0.4	0.3	0.2	0.7	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	LSD (0.05)
% 0.6															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

1 - 3 - متوسط موعد النضج التام (يوم) Harvest maturity date: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 10). كان متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (203 يوماً) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (199 يوماً)، حيثُ سببت الزراعة المروية زيادةً في متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام بنحو 1.97% بالمقارنة مع طبيعة الزراعة المطرية. عموماً، تؤدي قلة معدل الهطل المطري (221 مم. سنة⁻¹) (الجدول، 3)، وسوء توزيع الأمطار خلال موسم النمو، وانحباسها خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات، إلى دفع النبات للنضج القسري (التبكير بالنضج)، الأمر الذي يمكن أن يؤثر سلباً في طول فترة الإزهار وفترة امتلاء الحبوب، ما يؤدي إلى تراجع متوسط عدد الحبوب المتشكلة، ومتوسط وزن الألف حبة، لذلك تُعد صفة الباكورية من الصفات التكيفية المهمة المرتبطة بالهروب من الجفاف المتزامن مع الحرارة المرتفعة تحت ظروف الزراعة المطرية في بيئات حوض المتوسط. ويرتبط بالمقابل تأخير موعد النضج تحت ظروف الزراعة المروية بزيادة أطوال المراحل التطورية المختلفة، ما يؤدي إلى زيادة الغلة الحبية. ويؤكد ذلك، أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (776.8 غ. م⁻²)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (382.3 غ. م⁻²)، حيثُ سببت الزراعة المروية زيادةً في متوسط الغلة الحبية يُقدّر بنحو 50.78% بالمقارنة مع الزراعة المطرية، أي أنّ كل تأخير بموعد النضج تحت ظروف الري الكامل والتسميد الآزوتي الأمل مقدار 1% يؤدي إلى زيادة الغلة الحبية بنحو 25.77%. وكان متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام الأعلى معنوياً عند معدلي التسميد الآزوتي (140، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (203.9، 203.8 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (197.2 يوماً). ويُلاحظ أنّ معدل التسميد الآزوتي الأمل (140، 120 كغ N. هكتار⁻¹)، قد أدى إلى تأخير موعد النضج التام بنحو 6.7 يوماً، أي بنسبة 2.28% بالمقارنة مع الشاهد. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدل التسميد الآزوتي، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (206.3 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (195.1 يوماً). ويُعزى ازدياد عدد الأيام من تاريخ الزراعة حتى النضج التام تحت ظروف الزراعة المروية إلى زيادة طول الأطوار الفينولوجية (التطورية) المختلفة، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية، التي تُقصر من طول المراحل التطورية المختلفة من حياة النبات، وتتناسب هذه الزيادة في موعد النضج التام طردياً مع محتوى التربة المائي، وكمية الآزوت المتاحة في التربة، ومتوسط درجة حرارة الوسط المحيط خلال المراحل المتقدمة من حياة النبات، وتُعد صفة التبكير بالنضج Earliness من الصفات التكيفية المهمة للهروب من الإجهادات

اللائحيائية (الجفاف، والحرارة المرتفعة) التي يُمكن أن تحدث خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات (Iqbal وزملاؤه، 1999). ويُلاحظ بالنسبة لتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (201.8، 201.6 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار (199.9 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% عند الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (204.2، 204.1، 204 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار (197.8 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإشتاء (198.3 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% عند الزراعة؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (204.9، 204.8، 204.5، 204.3 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (197.2 يوماً). ما يُشير إلى أهمية إضافة الأسمدة الآزوتية على دفعات، لأنها تؤدي إلى زيادة كمية المادة الجافة الكلية المُصنَّعة بعملية التمثيل الضوئي Total dry matter (TDM)، لأنَّ معدل تراكم المادة الجافة بعد مرحلة الإزهار Post-anthesis كان الأعلى عند إضافة السماد الآزوتي على دفعاتٍ بالمقارنة مع إضافة كمية الآزوت دفعةً واحدة عند الزراعة، أو في بداية الإزهار أو الإشتاء، لأنَّ الأسمدة الآزوتية ذوابة بشكلٍ كبير في الماء، وحالما تُضاف إلى التربة يمكن أن تُفقد، أو تُصبح غير متاحة للنباتات بسبب عمليات الغسيل والرشح Leaching، والتطاير على شكل نشادر NH₃ volatilization، أو النترتة Denitrification، أو تصبح غير قابلة للحركة Immobilization (Lewis وزملاؤه، 2008). وتُسبب أيضاً إضافة السماد الآزوتي على دفعاتٍ في زيادة في محتوى الأصبغة اليخضورية (الكلوروفيل) Chlorophyll pigments (اللوافظ الضوئية) في الصَّانعات الخضراء، ما يسمح في المحافظة على استمرار اخضرار الأوراق Stay green، وتبقى الأوراق فعالة في عملية التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة، الأمر الذي يضمن إتاحة كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي Photo-assimilates خلال

مرحلة ما بعد الإزهار، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كمية المادة الجافة الواصلة إلى الحبوب، ومن ثم زيادة متوسط وزن الحبة الواحدة (Liu وزملاؤه، 2020). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% عند الزراعة؛ 33% عند الزراعة+33% بداية الإشطاء+33% بداية الإزهار؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (207.9، 207.4، 207.3 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (195.1 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أن متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (205.1 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² ودوما⁴ وبدون فروقات معنوية بينهما (197.9، 198.0 يوماً على التوالي). ويُلاحظ أن متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان أعلى في القمح القاسي (متأخراً بالنضج) بنحو 3.39% (204.9 يوماً)، بالمقارنة مع القمح الطري (الأبكر بالنضج) (197.95 يوماً). ويُعزى ذلك إلى التباين الوراثي بين نوعي القمح القاسي والطري، حيثُ تميزت نباتات صنف القمح القاسي بتأخر مرحلتي الإنبال والإزهار، ما يؤدي إلى تأخير مرحلة النمو الثمري (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، ومن ثمّ النضج التام. عموماً، يرتبط عادةً تأخير موعد النضج، وبخاصةً في ظل إتاحة المياه بكميات كافية خلال المراحل المتقدمة الحرجة مع زيادة الغلة الحبية، ويؤكد ذلك، أن متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي (687.2 غ. م⁻²)، بالمقارنة مع متوسط الغلة الحبية لدى صنف القمح الطري (471.5 غ. م⁻²)، حيثُ انخفض متوسط الغلة الحبية لدى نباتات صنف القمح الطري بنحو 45.75% بالمقارنة مع نباتات صنف القمح القاسي، أي أن كل تأخير مقداره 1% في موعد النضج لدى أصناف القمح القاسي سبب زيادةً في الغلة الحبية مقدارها 16.00%، في حين أن كل تأخير مقداره 1% في موعد النضج لدى أصناف القمح الطري سبب زيادةً في الغلة الحبية مقدارها 10.30%، ما يُشير إلى أهمية تطوير أصناف من القمح متأخرة بالنضج، وبخاصةً في البيئات التي يتزامن فيها هطول الأمطار بكميات كافية مع المراحل التطورية الحرجة، لضمان رطب الفجوة الإنتاجية تحت نظم الزراعة الجافة، وتحقيق الأمن الغذائي Food security، ولكن الكفاءة الإنتاجية أكبر لدى أصناف القمح القاسي المدروسة المتأخرة بالنضج بالمقارنة مع أصناف القمح الطري. تتوافق هذه النتيجة مع ما توصل إليه Alam (2007)، الذي بيّن أن الاختلافات في موعد النضج بين أصناف القمح إنما مردها إلى التباين الوراثي. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أن متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى صنف القمح القاسي دوما¹ (208.8 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى

نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (194.9 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ و دوما¹ وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (208.2، 207.8 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) نباتات صنف القمح الطري دوما² (192.2 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100%) عند الزراعة؛ 50% عند الزراعة + 50% عند بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (206.2، 205.9 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% عند بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (195.1، 195.5 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (211.9، 211.4 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴، وتحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (190.3، 190.7 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% عند الزراعة + 50% عند بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (210.3، 210.1 يوماً على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴، وتحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (193.1، 193.3 يوماً على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% عند الزراعة (210.3 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح الطري دوما² (192.2 يوماً). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها والأصناف، أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج التام

كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ وعند معدل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 33% عند الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (214يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (190يوماً). عموماً، أدى تعرّض نباتات جميع أصناف القمح المدروسة لظروف نقص المياه تحت ظروف الزراعة المطرية إلى تقليل متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل والنضج التام. ولكن لا يُنصح بزراعة الأصناف المتأخرة بالتسنبل والإزهار والنضج تحت ظروف الزراعة المطرية، لأنّ التأخير في الإنبال والإزهار غالباً ما يؤدي إلى تزامن مرحلة الإزهار مع انحباس الأمطار (اعتباراً من شهر آذار) وارتفاع درجات الحرارة في الوسط المحيط خلال تلك المرحلة الحرجة (23 م°)، الأمر الذي قد يؤثر سلباً في حيوية حبوب اللقاح Pollen Viability، ويزيد من جفاف المياسم، ومن ثمّ فرص تثبيت حبوب اللقاح عليها، ما يؤدي إلى ترجع نسبة التلقيح Pollination، والإخصاب Fertilization، والعقد Setting، فتزداد نسبة الزهيرات المجهضة Aborted florets، ويتراجع عدد الحبوب المتشكلة في السنبل الواحدة/ النبات/ وحدة المساحة من الأرض (Wardlaw، 1971). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Liu وزملاؤه (2020)، جنود(2015).

الجدول رقم (10): متوسط موعد النضج (يوم) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السميكية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
197 ^D	194	192	201	201	195	190	194	198	198	199	199	191	204	204	T ₀	
200	197	196	204	205	203	195	196	200	203	203	200	196	208	207	T ₁	100
199	197	194	203	203	201	195	195	200	201	201	200	193	207	205	T ₂	
201	199	196	204	205	204	196	198	201	200	204	203	194	208	210	T ₃	
199	196	194	204	203	201	192	195	201	201	201	200	193	206	206	T ₄	
199	196	193	202	204	201	191	196	200	201	201	201	191	205	207	T ₅	
201	198	195	204	206	199	196	196	201	203	203	201	194	208	209	T ₆	
200 ^C	197	195	204	204	198	194	196	200	202	202	201	193	207	207	المتوسط	
203	200	198	205	208	200	198	198	200	205	206	202	199	210	212	T ₁	120
202	198	198	205	205	199	197	197	202	201	204	200	198	208	210	T ₂	
204	202	199	206	208	201	200	200	202	202	207	204	199	210	214	T ₃	
202	199	197	206	206	199	197	197	202	201	205	202	196	209	210	T ₄	
201	198	196	204	206	199	194	198	200	203	204	203	194	208	210	T ₅	
204	200	199	207	208	201	198	200	203	202	206	202	199	211	213	T ₆	
202 ^A	200	198	206	207	200	197	198	201	202	205	202	197	210	211	المتوسط	
205	200	199	209	210	202	197	199	204	207	208	204	200	214	214	T ₁	140
204	201	199	208	210	203	198	199	206	207	206	204	199	210	212	T ₂	
205	202	200	209	208	202	201	200	206	202	207	204	201	212	214	T ₃	
203	198	199	208	206	201	196	199	207	202	204	200	199	209	210	T ₄	
202	199	198	206	206	200	196	199	202	202	204	202	196	209	210	T ₅	
204	201	200	210	207	201	198	199	206	202	207	204	200	213	213	T ₆	
204 ^A	198	196	206	208	201	198	199	205	204	206	203	199	211	212	المتوسط	
202	199	196	205	206	199	195	196	202	203	204	203	196	209	210	T ₁	160
201	197	195	206	205	200	195	197	205	201	202	200	193	208	208	T ₂	
202	199	197	207	205	199	196	198	205	199	204	202	196	209	210	T ₃	
201	197	196	206	205	199	194	196	205	201	203	200	196	207	209	T ₄	

200	197	196	203	205	198	193	197	200	201	202	201	194	206	209	T ₅	
202	198	197	206	207	200	195	197	203	203	205	201	197	209	211	T ₆	
201 ^B	198	196	206	205	199	195	197	203	201	203	201	195	208	210	المتوسط	
201 ^b	198	196	205	206	199	195	196	201	203	204	202	196	209	209	T ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمواضيع
201 ^c	198	196	205	205	199	195	196	202	202	203	200	195	207	208	T ₂	
202 ^a	199	197	205	205	199	197	198	202	200	204	202	196	208	210	T ₃	
200 ^d	197	196	205	204	198	194	196	203	201	202	200	195	207	208	T ₄	
200 ^e	197	195	203	204	198	193	197	200	201	202	201	193	206	208	T ₅	
202 ^{ab}	198	196	206	206	199	195	197	202	202	204	201	196	209	210	T ₆	
201	198 ^C	196 ^{CD}	205 ^B	205 ^A	199 ^b	195	197	202	201	203 ^a	201	195	208	209	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (T₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (T₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (T₃)، 100% بداية الإشتاء (T₄)، 100% بداية الإزهار (T₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (T₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
1.7	1.2	0.7	0.5	0.7	0.5	0.3	0.2	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	LSD (0.05)
% 0.5															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

ثانياً- الصفات الكمية المرتبطة بالغلة Quantitative Yield- related traits

2-1- متوسط عدد السنابل في المتر المربع (سنبله . م⁻²) No. of spikes per m²: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط عدد السنابل في المتر المربع بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 11). كان متوسط عدد السنابل في المتر المربع الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (571.59 سنبله. م⁻²)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (339.52 سنبله. م⁻²)، ويُلاحظ أنَّ الزراعة المروية سبَّبت زيادةً في متوسط عدد السنابل في المتر المربع بنحو 40.6% بالمقارنة مع الزراعة المطرية، ما يُشير إلى أهمية توافر المياه والمادة الجافة لتحويل الإشطاءات الخضرية إلى إشطاءاتٍ مثمرة (سنابل). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي 140 و 160 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (507.2، 494.8 سنبله. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (351.0 سنبله. م⁻²). يُلاحظ أنَّ عدد السنابل في وحدة المساحة من الأرض يزداد طردياً مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي حتى 140 كغ N. هكتار⁻¹، وسبَّبت إضافة معدّل التسميد الآزوتي الأمثل (140 كغ N. هكتار⁻¹) زيادةً في متوسط عدد السنابل في المتر المربع مقدارها 30.79% بالمقارنة مع معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Liua وزملاؤه (2020)، الذين لاحظوا انخفاضاً معنوياً في متوسط عدد السنابل في المتر المربع، تحت ظروف نقص الآزوت في التربة. وتتمثل أعراض نقص الآزوت بنقزم عام للنباتات، واصفرار الأوراق، وبخاصة الأوراق القديمة، الأمر الذي يؤثر سلباً في عدد الأوراق المتشكلة ومساحتها، ما يؤدي إلى تراجع دليل المساحة الورقية Leaf area index (LAI)، الأمر الذي يؤثر سلباً في كمية الأشعة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي Photo-synthetically active radiation (PAR) المعترضة (I) Light interception، والممتصة Absorbed، وتراجع أيضاً محتوى الأوراق من جزيئات اليخضور (اللواقط الضوئية)، الأمر الذي يؤثر سلباً في كفاءة النباتات في استعمال الضوء Radiation use efficiency (RUE)، ومن ثمَّ كفاءة النباتات التمثيلية، وكمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة Dry matter accumulation، ما يُسبب اراجعاً معنوياً في عدد الإشطاءات المثمرة (السنابل)، والغلة الحبية لمحصول القمح (Ortiz-Monasterio وزملاؤه، 1997). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Warraich وزملاؤه، (2002)، الذين بيّنوا أنَّ إضافة الأسمدة الآزوتية بكميات مناسبة تؤدي إلى تحسين العديد من مكونات الغلة الحبية، مثل عدد السنابل في وحدة المساحة من الأرض، وعدد الحبوب في السنبله، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة الغلة الحبية. وأشار الباحث Zahran وزملاؤه (1997) أنَّ صفة عدد الإشطاءات Tillers number، والوزن الجاف لنباتات القمح في وحدة المساحة من الأرض، ازدادت بشكلٍ معنوي بزيادة معدّل التسميد الآزوتي. وبيّن الباحث Sobh وزملاؤه (2000)، أنَّ إضافة معدّلات

متزايدة من السماد الآزوتي أدت إلى زيادة عدد الإشطاعات وعدد السنابل في المتر المربع، والغلتين الحبية والحبوية في محصول القمح. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (651.1 سنبله. م⁻²)، في حين كان متوسط عدد السنابل في المتر المربع الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (288.3 سنبله. م⁻²) (الجدول، 14). ويُعزى ذلك إلى أنَّ وجود الآزوت بكميات مناسبة مع وجود كميات كافية من المياه، التي تزيد من معدّل امتصاص الآزوت، يؤدي إلى زيادة دليل المساحة الورقية، وكفاءة النبات التمثيلية، ما يضمن توافر كمية أكبر من المادة الجافة اللازمة لتحول الإشطاعات الخضرية إلى سنابل. ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإشطاء؛ 100% بداية الإشطاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (476.9، 469.5 سنبله. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (419.4 سنبله. م⁻²). ما يُشير إلى أهمية إضافة السماد الآزوتي بكمياتٍ كافية مع بداية مرحلة الإشطاء، لزيادة معدّل تشكل الإشطاعات الثانوية، وتحول أكبر عدد ممكن من الإشطاعات الربيعية المتأخرة إلى سنابل، حيث يتحدد الأخير بكمية المادة الجافة المتاحة وكمية المياه، ولكن يمكن أن تؤدي زيادة الطاقة الإشطائية Tilling capacity في محصول القمح إلى تراجع غلة المحصول الحبية، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية، بسبب استهلاك كمية كبيرة من المادة الجافة في نمو الإشطاعات الربيعية (التي تتشكل بعد مرحلة 4 – 6 أوراق حقيقية)، وتؤدي زيادة النمو الخضري إلى زيادة كمية المياه الكلية المفقودة بالنتح، الأمر الذي يؤثر سلباً في محتوى التربة المائي، ما يُعزّض النباتات، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية للجفاف المتزامن مع الحرارة المرتفعة خلال مرحلتَي الإزهار وامتلاء الحبوب، ما يؤدي إلى تراجع مكونات الغلة الحبية العددية، ومن ثمّ غلة المحصول الحبية. ويؤكد ذلك أنَّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء) (815.6 غ. م⁻²)، في حين كانت الغلة الحبية الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء؛ 100% بداية الإشطاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (374.5، 375.7 غ. م⁻² على التوالي) (الجدول، 15). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء؛ 100% بداية الإشطاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (604.8، 594.3 سنبله. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما

أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (316.6 سنبله. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشطاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء) وبدون فروقات معنوية بينها (537.8، 529.5 سنبله. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (351.0 سنبله. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشطاء؛ 50% الزراعة + 50% بداية الإشطاء) وبدون فروقات معنوية بينها (704.0، 687.5 سنبله. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار وبدون فروقات معنوية بينها (288.3، 299.1 سنبله. م⁻² على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أن متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (504.2 سنبله. م⁻²)، تلاه وبفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (476.2 سنبله. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (374.4 سنبله. م⁻²)، تلاه وبفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (467.5 سنبله. م⁻²). عموماً، كان متوسط عدد السنابل في المتر المربع الأعلى لدى نباتات القمح الطري (471.85 سنبله. م⁻²)، بالمقارنة مع متوسط عدد السنابل لدى نباتات القمح القاسي (439.3 سنبله. م⁻²)، أي بانخفاضٍ قدره نحو 7.41% لدى نباتات القمح القاسي. ويُعزى ذلك إلى التباين الوراثي في الطاقة الإشطائية، التي عادةً ما تكون أعلى في القمح الطري بالمقارنة مع القمح القاسي. ويُعزى ذلك إلى الاختلاف في الطبيعة الوراثية لأصناف القمح المدروسة واختلافهما في القابلية على إنتاج الإشطاءات ومن ثم عدد السنابل. عموماً، عادةً ما تكون الطاقة الإشطائية أعلى في القمح الطري بالمقارنة مع القمح القاسي، لذلك يتم تقليل معدل البذار عند زراعة الأصناف ذات الطاقة الإشطائية المرتفعة، وعريضة الأوراق، ويكون تبعاً لذلك معدل البذار لأصناف القمح القاسي أعلى من القمح الطري، لأن الطاقة الإشطائية في القمح الطري أكبر بالمقارنة مع القمح القاسي (Behera وزملاؤه، 2000). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أن متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وبدون فروقات معنوية بينها (624.4، 613.5 سنبله. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (275.7 سنبله. م⁻²).

م²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّلي التسميد الآزوتي (160، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (563.0، 559.4، سنبله. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (297.5 سنبله. م²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (530.3، 514.5 سنبله. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (349.2 سنبله. م²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (738.0، 723.2 سنبله. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (224.7 سنبله. م²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أنّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإشتاء، ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² ودوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (664.4، 646.8، 642.0 سنبله. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ وعندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (256.3 سنبله. م²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أنّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإشتاء، (618.0 سنبله. م²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما¹ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (297.5، 338.9 سنبله. م² على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما²) عند معدّل التسميد الآزوتي 140

كغ N. هكتار¹ عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإشطاء وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (804، 800 سنبله. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى صنف القمح القاسي دوما¹ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (224.67 سنبله. م²). عموماً، يكون عادةً أعلى معدّل لامتناس الآزوت خلال الفترة من بداية شهر آذار (بدء الاستطالة) وحتى الأسبوع الثاني من شهر أيار (الإزهار). ويسمح تأمين احتياجات النباتات من السماد الآزوتي خلال هذه المرحلة في إعطاء مساحة ورقية كافية، لتصنيع كمية كافية من السكريات اللازمة لتحويل جميع الإشطاءات الخضرية المتشكلة خلال المراحل المبكرة من حياة النبات (4-6 أوراق حقيقية) إلى إشطاءات مثمرة Fertile tillers (Alley وزملاؤه، 1999). وعادةً ما تكون كمية الآزوت المفقود بالصرف العميق خلال هذه المرحلة قليلة جداً، أو معدومة، بسبب امتلاك النباتات لمجموع جذري كثيف، وارتفاع معدّل امتناس الآزوت خلال هذه المرحلة من حياة النبات، في حين يكون امتناس الآزوت خلال مرحلة امتلاء الحبوب (منتصف أيار وحتى منتصف شهر حزيران) نسبياً متدنياً بالمقارنة مع امتناسه خلال مرحلة استطالة الساق. ويتم خلال هذه المرحلة نقل Mobilization الآزوت الموجود في الأنسجة النباتية إلى الحبوب، مع إضافاتٍ قليلة جداً من الآزوت المتاح في التربة Available soil N (Large، 1954). عموماً، يتحدد عدد السنابل في النبات الواحد ووحدة المساحة من الأرض، بعدد النباتات في وحدة المساحة (الكثافة النباتية)، وكفاءة نباتات الصنف الإشطائية Tilling capacity، ونسبة تحول الإشطاءات الخضرية إلى نظيراتها المثمرة (السنابل)، ويتحدد الأخير بكمية المياه والمادة الجافة المتاحة خلال فترة تطور الإشطاءات الخضرية إلى سنابل، وهذا ما يُفسر تراجع متوسط عدد السنابل في المتر المربع تحت ظروف الإجهاد المائي في نظم الزراعة المطرية، حيث يؤثر الإجهاد المائي سلباً في معدّل التمثيل الضوئي، ويؤدي بالمقابل إلى زيادة معدّل فقد المادة الجافة بالتنفس الظلامي Dark respiration، والتنفس الضوئي Photorespiration، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع معدّل صافي التمثيل الضوئي، ومن ثمّ كمية الجافة المتاحة خلال فترة تحول الإشطاءات الخضرية إلى سنابل، بالإضافة إلى دور المياه في نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر (الأوراق، والسوق) إلى المصب (السنابل المتطورة) (Kalaii و Pietkiewicz، 1993). ويُمكن أن يُعزى التباين الوراثي في متوسط عدد السنابل في المتر المربع إلى التباين في الكفاءة الإشطائية، وتوقيت تشكل الإشطاءات Tilling timing، وكفاءة تحويل الإشطاءات الخضرية إلى سنابل، بالإضافة إلى وجود أو غياب المورث المثبط لتشكيل الإشطاءات الخضرية خلال المراحل المتأخرة (tin)، أي بعد مرحلة 4-6 أوراق حقيقية (Slafer وزملاؤه، 1996). كما تتحدد بحجم المصدر وإتاحة المياه (العودة، 2005). تتوافق هذه النتائج مع Slafer و Eeuwijk (2019)، Admassu و Hunduma (2017)، Tian وزملاؤه (2016).

الجدول رقم (11): متوسط عدد السنابل في المتر المربع (سنبله. م⁻²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الأزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مروية					طبيعة الزراعة مطرية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
350.96 ^D	377.00	361.67	367.67	297.50	288.33	294.00	309.33	325.33	224.67	413.58	460.00	414.00	410.00	370.33		T ₀
436.21	448.33	436.67	480.00	379.83	332.17	363.00	314.67	368.00	283.00	540.25	533.67	558.67	592.00	476.67	M ₁	100
468.04	509.67	455.50	505.33	401.67	331.67	354.33	330.67	370.67	271.00	604.42	665.00	580.33	640.00	532.33	M ₂	
440.48	484.67	436.00	478.67	362.58	332.25	374.33	336.00	365.33	253.33	548.71	595.00	536.00	592.00	471.83	M ₃	
456.00	471.58	447.67	522.00	382.75	344.50	351.67	360.00	392.00	274.33	567.50	591.50	535.33	652.00	491.17	M ₄	
397.94	410.67	393.50	448.67	338.92	299.08	315.50	304.00	349.33	227.50	496.79	505.83	483.00	548.00	450.33	M ₅	
446.12	474.33	427.33	516.00	366.83	341.54	406.33	322.67	376.00	261.17	550.71	542.33	532.00	656.00	472.50	M ₆	
440.80 ^C	466.54	432.78	491.78	372.10	330.20	360.86	328.00	370.22	261.72	551.40	572.22	537.56	613.33	482.47	المتوسط	
473.12	503.75	461.50	540.00	387.25	345.87	386.67	341.33	376.00	279.50	600.37	620.83	581.67	704.00	495.00	M ₁	120
509.00	505.50	532.75	562.00	435.75	375.33	386.67	368.00	416.00	330.67	642.67	624.33	697.50	708.00	540.83	M ₂	
473.04	479.58	479.83	525.33	407.42	349.87	379.17	344.00	378.67	297.67	596.21	580.00	615.67	672.00	517.17	M ₃	
506.06	501.00	531.00	559.33	432.92	358.75	361.67	349.33	402.67	321.33	653.37	640.33	712.67	716.00	544.50	M ₄	
440.76	430.83	469.20	501.33	361.67	322.62	321.67	333.33	370.67	264.83	558.89	540.00	605.07	632.00	458.50	M ₅	
502.19	526.42	545.83	546.67	389.83	369.33	423.00	376.00	397.33	281.00	635.04	629.83	715.67	696.00	498.67	M ₆	
484.03 ^B	491.18	503.35	539.11	402.47	353.63	376.47	352.00	390.22	295.83	614.43	605.89	654.71	688.00	509.11	المتوسط	
506.67	522.00	533.12	566.00	405.58	361.42	387.00	357.33	400.00	301.33	651.93	657.00	708.90	732.00	509.83	M ₁	140
529.54	586.42	573.33	533.33	425.08	371.54	400.33	352.00	299.17	299.17	687.54	772.50	794.67	632.00	551.00	M ₂	
516.17	493.25	582.33	578.00	411.08	371.00	400.17	370.67	416.00	297.17	661.33	586.33	794.00	740.00	525.00	M ₃	
537.79	543.92	578.67	618.00	410.58	371.54	389.33	357.33	432.00	307.50	704.04	698.50	800.00	804.00	513.67	M ₄	
451.02	443.17	456.83	532.00	372.08	335.88	342.33	338.67	384.00	278.50	566.17	544.00	575.00	680.00	465.67	M ₅	
506.06	525.33	553.67	529.33	415.92	376.67	437.33	352.00	402.67	314.67	635.46	613.33	755.33	656.00	517.17	M ₆	
507.88 ^A	519.01	546.33	559.44	406.72	364.67	392.75	354.67	411.56	299.72	651.08	645.28	737.98	707.33	513.72	المتوسط	
482.77	470.33	524.67	541.33	394.75	357.54	388.33	344.00	402.67	295.17	608.00	552.33	705.33	680.00	494.33	M ₁	160
526.88	527.00	556.50	604.00	420.00	377.83	366.00	365.33	464.00	316.00	675.92	688.00	747.67	744.00	524.00	M ₂	
493.90	482.50	538.00	560.67	394.42	357.67	375.83	336.00	421.33	297.50	630.12	589.17	740.00	700.00	491.33	M ₃	
496.60	494.75	521.83	584.67	385.17	360.29	379.50	338.67	429.33	293.67	632.92	610.00	705.00	740.00	476.67	M ₄	

456.48	432.58	498.67	518.67	376.00	337.21	332.00	341.33	389.33	286.17	575.75	533.17	656.00	648.00	465.83	M ₅	
508.08	495.42	580.75	568.67	387.50	373.96	399.50	376.00	429.33	291.00	642.21	591.33	785.50	708.00	484.00	M ₆	
494.12 ^{AB}	483.76	536.74	563.00	392.97	360.75	373.53	350.22	422.67	296.58	627.49	594.00	723.25	703.33	489.36	المتوسط	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والموايد
449.95 ^d	464.28	463.52	499.00	372.98	337.07	363.80	333.33	374.40	276.73	562.83	564.77	593.71	623.60	469.23	M ₁	
476.88 ^a	501.12	495.95	514.47	396.00	348.94	360.27	345.07	402.13	288.30	604.82	641.97	646.83	626.80	503.70	M ₂	
454.91 ^{cd}	463.40	479.57	502.07	374.60	339.83	364.70	339.20	381.33	274.07	569.99	562.10	619.93	622.80	475.13	M ₃	
469.48 ^{ab}	477.65	488.17	530.33	381.78	344.68	355.23	342.93	396.27	284.30	594.28	600.07	633.40	664.40	479.27	M ₄	
419.43 ^e	418.85	435.97	473.67	349.23	316.63	321.10	325.33	363.73	256.33	522.24	516.60	546.61	583.60	442.13	M ₅	
462.68 ^{bc}	479.70	493.85	505.67	371.52	349.97	392.03	347.20	386.13	274.50	575.40	567.37	640.50	625.20	468.53	M ₆	المتوسط العام
455.56	467.50 ^C	476.17 ^B	504.20 ^A	374.35 ^D	339.52 ^b	359.52	338.84	384.00	275.71	571.59 ^a	575.48	613.50	624.40	473.00		

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆) .

المتغير	(A)	(B)	AB	(C)	AC	BC	ABC	(D)	AD	BD	ABD	CD	ACD	BCD	ABCD
LSD (0.05)	5.560	12.471	12.432	9.630	13.618	21.533	30.452	7.863	11.119	17.581	24.864	19.259	27.237	43.065	60.904
C.V (%)	%8.3														

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

2-2- متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة (غ) Grains weight of the main spike:

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 12). كان متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (1.08 غ) بالمقارنة مع الزراعة المطرية (0.70 غ)، حيثُ سبّبَت الزراعة المطرية انخفاضاً في متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة بنسبة 35.18% بالمقارنة مع الزراعة المروية، ما يُشير إلى أهمية توافر المياه بكميات كافية لزيادة عدد الحبوب المتشكّلة في السنبلّة ومتوسط وزن الحبة الواحدة. ويُعزى التباين في وزن الحبوب بين ظروف الزراعتين المروية والمطرية إلى التباين في صفة متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة، حيث كان متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (54.47 حبة. سنبلّة⁻¹)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (48.79 حبة. سنبلّة⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (1.085 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (0.654 غ)، ويُلاحظ أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة يزداد طردياً مع زيادة معدّل السماد الآزوتي. ويُعزى ذلك إلى التباين في متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة، حيث كان متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (56.22 حبة. سنبلّة⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (45.30 حبة. سنبلّة⁻¹). ويمكن أن يُعزى ذلك إلى دور الآزوت في تحسين النمو الخضري (دليل المساحة الورقية)، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل، الأمر الذي يُسهم في زيادة معدّل صافي التمثيل الضوئي Net assimilation rate (NAR)، ومنه زيادة الكتلة الحية، وزيادة كمية الجافة المُصنّعة، والمتاحة خلال مرحلة الإزهار وامتلاء الحبوب، بالإضافة إلى زيادة معدّل نمو حامل السنبلّة (طول السنبلّة)، ما يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكّلة في السنبلّة الرئيسيّة، ومتوسط وزن الحبة الواحدة Individual grain weight (Eck، 1988). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (1.365 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (0.54 غ). يُسهم توافر كمية كافية من المياه خلال مرحلة الإزهار في زيادة نسبة التلقيح والإخصاب والعقد، ما يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكّلة في السنبلّة، وتضمن إتاحة المياه خلال فترة امتلاء الحبوب Grain filling stage في زيادة كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب (الحبوب)، ما يؤدي إلى زيادة معدّل تراكم البروتينات Proteins accumulation، وإدخال النشاء Starch deposition في الحبوب خلال مرحلة النضج

الفيزيولوجي، ما يُسهم في زيادة درجة امتلاء الحبوب المتشكلة ووزنها (Jamieson وزملاؤه، 2001؛ Dupont و Altenbach، 2003؛ العودة، 2005). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (0.929، 0.924 غ على التوالي)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (0.898 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية 100% في بداية الإزهار (0.845 غ)، تلاه عند موعدي الإضافة (100% وقت الزراعة؛ 100% بداية الإشتاء) دون فروقاتٍ معنوية بينهما (0.871، 0.8708 غ على التوالي). ويُعزى التباين في متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة إلى التباين في صفة متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة، حيث لوحظ أنَّ متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (52.75، 52.44 حبة. سنبلّة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (50.40، 50.77 حبة. سنبلّة⁻¹ على التوالي). ويُعزى انخفاض وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار أو في بداية الإشتاء إلى انخفاض الكتلة الحيوية، نتيجة تراجع معدّل النمو الخضري، الأمر الذي يؤدي إلى اختلال التوازن بين المصدر والمصب Source-sink relationship، فيفشل حجم المصدر الصغير في تأمين احتياجات النمو الكامل لجميع الحبوب المتشكلة، ما يؤدي إلى زيادة نسبة الزهيرات المجهضة، وتراجع حجم الحبوب المتشكلة، وتكون عادةً صغيرة وضامرة، ما يؤدي إلى تراجع وزن الحبوب المتشكلة في السنبلّة الرئيسيّة. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط وزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (1.147، 1.134 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (0.674، 0.681 غ على التوالي)، ما يؤكد على أهمية إتاحة المياه والسماذ الآزوتي خلال مرحلة النمو الخضري النشط، لزيادة حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمّ زيادة كمية المادة الجافة خلال مرحلة ما بعد الإزهار والعقد Post-anthesis، حيث يتحدد خلال تلك المرحلة العدد النهائي للحبوب، وحجم الحبوب، ودرجة امتلائها، وبخاصةً تحت ظروف الري الكامل Full irrigation

والتسميد (Gifford وزملاؤه، 1984). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (1.169، 1.158 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (0.654 غ). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (1.525، 1.484 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (0.54 غ). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (1.452 غ)، تلاه وبفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (0.448 غ)، دوما¹ (0.882 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (0.448 غ)، تلاه وبفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (0.776 غ). ويمكن أن يُعزى التباين في وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة بين الأصناف المختلفة إلى التباين في طول السنبلة، وعدد السنبيلات في السنبلة، ومتوسط وزن الحبة الواحدة (Sobh وزملاؤه، 2000). ويُلاحظ أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى لدى نباتات القمح القاسي (1.17 غ)، بالمقارنة مع القمح الطري (0.62 غ)، بزيادة مقدارها 47.00%. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (1.755 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (0.419 غ). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (1.933 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقات معنوية بينهما (0.399، 0.421 غ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (1.571 غ)، في حين لم تُظهر أيّة فروقات معنوية بين مواعيد إضافة الأسمدة الآزوتية (100%)

بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية
 الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة
 + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (0.434،
 0.442، 0.448، 0.449، 0.453، 0.464 غ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة
 الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان
 الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّل
 التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (2.441 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف
 الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)
 (0.379 غ). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية
 والأصناف، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة
 المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت
 الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية
 بينهما (1.899، 1.922 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية
 ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية
 الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (0.409،
 0.412 غ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة
 والأصناف، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح
 القاسي دوما³ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية
 بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (2.233 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى
 نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعند معدّل التسميد
 الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛
 100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها
 (0.399، 0.408، 0.409 غ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها
 ببعض، أنّ متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية
 لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما
 أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة +
 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2.84، 2.91 غ على التوالي)، في حين كان
 الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدّل التسميد
 الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛
 100% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50%

وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (0.36، 0.37، 0.37، 0.37 غ على التوالي). يمكن أن تؤدي الزيادة المفرطة في معدل النمو الخضري تحت ظروف التسميد الآزوتي المرتفع والري الكامل، إلى زيادة حساسية النباتات للرقاد Lodging، بسبب اختلال التوازن بين حجم الأجزاء الهوائية والأرضية، وتتأخر النباتات بالنضج، وتُصبح أكثر حساسية للإصابة بالأمراض، إضافةً إلى زيادة مساحة المسطح الورقي الأخضر المعرض بشكلٍ مباشر لأشعة الشمس، الأمر الذي يزيد من معدل فقد المياه بالنتح (T)، ما يؤدي إلى استهلاك كمياتٍ كبيرة من المياه المتاحة بشكلٍ محدود في التربة (تتراجع كفاءة استعمال مياه الأمطار)، ومن ثَمَّ استنفاد Depletion محتوى التربة المائي خلال المراحل الحرجة من حياة النبات (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، وتقلل النباتات جزءاً ذلك في تأمين كمية كافية من المادة الجافة خلال مرحلتَي الإزهار وامتلاء الحبوب، الأمر الذي يؤثر سلباً في عدد الحبوب المتشكلة في السنبلَة/النبات، ومتوسط وزن الحبة الواحدة، وبالتالي تقلل النباتات في إعطاء غلّة حبيّة مجزية، وبخاصةً تحت ظروف الزراعة المطرية (McDonald، 2006). ويؤدي بالمقابل تقصير طول مرحلة النمو الثمري (مرحلة الإزهار، ومرحلة نمو الحبوب، ومرحلة امتلاء الحبوب) إلى تراجع عدد الحبوب المتشكلة في السنبلَة الواحدة/النبات/وحدة المساحة، وتراجع حجم الحبوب المتشكلة، وتراجع درجة امتلاء الحبوب، ومن ثَمَّ متوسط وزن الحبة الواحدة، الأمر الذي يؤثر سلباً في غلّة المحصول الاقتصادية (Gifford وزملاؤه، 1984). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Sobh وزملاؤه (2000)، Gaju وزملاؤه (2016)، Acreche و Slafer (2006). وتوافقت أيضاً مع ما توصل إليه Lemon (2007) الذي بيّن أنّ التسميد الآزوتي والري الجيد سببا زيادةً معنوية في طول السنبلَة، ووزن الحبوب فيها في محصول القمح.

الجدول رقم (12): متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسية (غ) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ . هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
0.65 ^E	0.61	0.40	0.84	0.77	0.54	0.51	0.38	0.71	0.56	0.77	0.71	0.42	0.97	0.97		T ₀
0.74	0.71	0.42	1.06	0.78	0.62	0.59	0.40	0.91	0.59	0.87	0.83	0.45	1.22	0.97	M ₁	100
0.79	0.74	0.42	1.21	0.81	0.63	0.60	0.37	0.92	0.62	0.96	0.88	0.46	1.50	1.00	M ₂	
0.78	0.71	0.42	1.20	0.78	0.63	0.62	0.37	0.94	0.58	0.93	0.81	0.47	1.45	0.98	M ₃	
0.78	0.71	0.41	1.16	0.83	0.61	0.60	0.37	0.88	0.58	0.95	0.82	0.45	1.45	1.07	M ₄	
0.76	0.69	0.41	1.15	0.78	0.60	0.56	0.36	0.90	0.57	0.92	0.82	0.46	1.41	0.99	M ₅	
0.82	0.78	0.44	1.24	0.80	0.66	0.66	0.42	1.00	0.56	0.97	0.91	0.47	1.48	1.04	M ₆	
0.78 ^D	0.72	0.42	1.17	0.80	0.62	0.60	0.38	0.92	0.59	0.93	0.84	0.46	1.42	1.01	المتوسط	
0.89	0.81	0.46	1.39	0.88	0.72	0.66	0.41	1.20	0.62	1.05	0.96	0.51	1.59	1.14	M ₁	120
0.96	0.81	0.46	1.56	1.00	0.71	0.63	0.41	1.16	0.64	1.21	1.00	0.52	1.96	1.37	M ₂	
0.95	0.85	0.46	1.55	0.95	0.71	0.68	0.42	1.14	0.60	1.20	1.02	0.50	1.97	1.30	M ₃	
0.91	0.81	0.45	1.50	0.89	0.69	0.65	0.41	1.09	0.60	1.14	0.98	0.49	1.91	1.18	M ₄	
0.89	0.80	0.45	1.50	0.80	0.70	0.67	0.41	1.12	0.58	1.08	0.94	0.49	1.88	1.02	M ₅	
0.97	0.87	0.49	1.61	0.90	0.75	0.72	0.46	1.21	0.60	1.19	1.03	0.51	2.00	1.21	M ₆	
0.93 ^C	0.83	0.46	1.52	0.90	0.71	0.67	0.42	1.15	0.60	1.14	0.99	0.50	1.89	1.20	المتوسط	
1.06	0.97	0.49	1.81	0.96	0.84	0.74	0.47	1.52	0.63	1.28	1.21	0.52	2.11	1.29	M ₁	140
1.16	1.00	0.49	2.12	1.03	0.79	0.64	0.46	1.41	0.66	1.52	1.35	0.51	2.84	1.40	M ₂	
1.11	1.05	0.47	1.91	1.00	0.79	0.70	0.46	1.38	0.64	1.42	1.40	0.48	2.44	1.37	M ₃	
1.03	0.85	0.47	1.78	1.00	0.78	0.73	0.46	1.30	0.63	1.27	0.96	0.48	2.27	1.38	M ₄	
0.99	0.87	0.45	1.73	0.91	0.78	0.69	0.44	1.39	0.59	1.21	1.04	0.46	2.08	1.24	M ₅	
1.17	0.96	0.50	2.23	0.98	0.85	0.77	0.48	1.56	0.61	1.48	1.16	0.52	2.91	1.35	M ₆	
1.09 ^A	0.95	0.48	1.93	0.98	0.81	0.71	0.46	1.42	0.63	1.37	1.19	0.50	2.44	1.34	المتوسط	
1.08	0.78	0.49	1.77	0.97	0.83	0.64	0.45	1.60	0.63	1.18	0.92	0.53	1.94	1.32	M ₁	160
1.05	0.81	0.48	1.93	1.00	0.84	0.64	0.44	1.63	0.65	1.27	0.98	0.52	2.23	1.35	M ₂	
1.00	0.77	0.49	1.77	0.95	0.80	0.63	0.47	1.50	0.61	1.19	0.91	0.51	2.05	1.30	M ₃	
0.98	0.75	0.48	1.74	0.97	0.79	0.59	0.46	1.48	0.61	1.18	0.92	0.50	1.99	1.32	M ₄	

0.94	0.73	0.46	1.65	0.91	0.76	0.62	0.46	1.38	0.59	1.11	0.84	0.47	1.92	1.22	M ₅	
1.04	0.76	0.49	1.93	0.97	0.82	0.61	0.44	1.61	0.62	1.25	0.91	0.53	2.25	1.32	M ₆	
1.00 ^B	0.77	0.48	1.80	0.96	0.81	0.62	0.45	1.53	0.62	1.20	0.91	0.51	2.07	1.31	المتوسط	
0.87 ^c	0.78	0.45	1.38	0.87	0.71	0.63	0.42	1.19	0.61	1.03	0.93	0.48	1.57	1.14	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والموايد
0.92 ^a	0.79	0.45	1.53	0.92	0.70	0.60	0.41	1.16	0.63	1.15	0.98	0.49	1.90	1.22	M ₂	
0.90 ^b	0.80	0.45	1.46	0.89	0.69	0.63	0.42	1.13	0.60	1.10	0.97	0.48	1.78	1.18	M ₃	
0.87 ^c	0.75	0.44	1.40	0.89	0.68	0.62	0.42	1.09	0.60	1.06	0.88	0.47	1.72	1.18	M ₄	
0.85 ^d	0.74	0.43	1.37	0.83	0.67	0.61	0.41	1.10	0.58	1.02	0.87	0.46	1.65	1.09	M ₅	
0.93 ^a	0.80	0.46	1.57	0.88	0.72	0.65	0.44	1.22	0.59	1.13	0.94	0.49	1.92	1.18	M ₆	
0.89	0.78 ^C	0.45 ^D	1.45 ^A	0.88 ^B	0.70 ^b	0.62	0.42	1.15	0.60	1.08 ^a	0.93	0.48	1.76	1.16	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆) .

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
0.086	0.061	0.038	0.027	0.035	0.025	0.016	0.011	0.043	0.030	0.019	0.014	0.017	0.012	0.008	LSD (0.05)
%6.0															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

3-2- متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة **Grains number per main spike**: بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة (الجدول، 13). يُلاحظ أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (54.47 حبة. سنبلّة⁻¹)، بالمقارنة مع الزراعة المطرية (48.79 حبة. سنبلّة⁻¹)، حيث سبّبت الزراعة المروية زيادة في عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة مقدارها 10.43% بالمقارنة مع الزراعة المطرية، ما يُشير إلى أهمية توافر المياه بكميات كافية وبخاصة خلال مرحلة الإزهار لزيادة عدد الزهيرات الخصبة، ومن ثمّ زيادة عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة، حيث يُؤثر الجفاف سلباً في حيوية حبوب اللقاح، ويؤدي إلى جفاف المياسم، الأمر الذي يؤثر سلباً في نسبة التلقيح والاختصاب، وعقد الحبوب (الشحاذه العوده وزملاؤه، 2016). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (56.22 حبة. سنبلّة⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (45.30 حبة. سنبلّة⁻¹). أي سبّبت إضافة السماد الآزوتي وفق المعدّل الأمثل (140 كغ N. هكتار⁻¹) زيادة في عدد الحبوب المتشكلة في السنبلّة الرئيسيّة مقدارها 19.42% بالمقارنة مع معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي). توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Liua وزملاؤه (2020). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (59.58 حبة. سنبلّة⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (41.98 حبة. سنبلّة⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (52.75، 52.44 حبة. سنبلّة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (50.77، 50.40 حبة. سنبلّة⁻¹ على التوالي)، ما يؤكد على أهمية إضافة كمية كافية من السماد الآزوتي خلال مرحلة النمو الأولى (اكتمال الإنبات وحتى اكتمال النمو الخضري النشط)، لزيادة حجم المصدر وكفاءة النباتات التمثيلية، وإنتاج كمية أكبر من المادة الجافة الضرورية لنمو الزهيرات المخصبة وتطورها. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (56.03، 55.83 حبة. سنبلّة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف

الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (48.14، 48.16 حبة. سنبله⁻¹ على التوالي). ما يُشير إلى أنّ الإجهاد المائي يُسهم في زيادة اجهاض الزهيرات المخصبة، أو تشكل زهيرات عقيمة، حيث يحدث انخفاض كبير في مخزون التربة المائي خلال مرحلة الإزهار وما بعدها، وبخاصة تحت ظروف الزراعة الجافة نتيجة زيادة معدّل فقد المياه بالنتح والتبخر المباشر من سطح التربة، بسبب ارتفاع درجات الحرارة بشكلٍ ملحوظ خلال هذه المرحلة من دورة حياة المحصول (آذار - نيسان)، الأمر الذي يؤثر سلباً في مخزون التربة المائي، فيتراجع معدّل امتصاص الآزوت، ويزداد معدّل انتقال المركبات الآزوتية من الأوراق إلى الحبوب، ما يؤدي إلى اصفرار الأوراق القديمة بشكلٍ مبكر، وتراجع كفاءة النباتات التمثيلية، نتيجة التأثير المتداخل للمياه والآزوت Water-nitrogen co-limitation، التي تُسهم في عملية تنظيم نمو وتطور النبات ضمن البيئات المجهدّة مائياً (Zhao وزملاؤه، 2020). وارتبط عدد الحبوب المتشكل في المتر المربع بشكلٍ موجب ومعنوي جداً مع الغلّة الحبية تحت ظروف نقص الآزوت وإتاحته على التوالي ($r = 0.887$ ، $r = 0.889$ على التوالي) حسب جدول علاقات الارتباط (الجدول، 33) وتتوافق هذه النتائج مع (Liua وزملاؤه، 2020). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبله الرئيسة كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (58.68 حبة. سنبله⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (45.30 حبة. سنبله⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبله الرئيسة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (63.09، 62.59 حبة. سنبله⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (41.98 حبة. سنبله⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبله الرئيسة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (62.25 حبة. سنبله⁻¹)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما² (58.58 حبة. سنبله⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (30.45 حبة. سنبله⁻¹)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (55.23 حبة. سنبله⁻¹). وكان متوسط عدد الحبوب في السنبله الرئيسة الأعلى لدى القمح القاسي (60.42 حبة. سنبله⁻¹)، بالمقارنة مع القمح الطري (42.04 حبة. سنبله⁻¹)، وبفارق قرابة 18.38 حبة في السنبله الرئيسة، أيّ بنسبة زيادة مقدارها 30.42%. ويمكن أن يُعزى ذلك إلى التباين في طول السنبله، وعدد

السنبيلات، والزهورات الخصبة في السنبلة الرئيسية. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أن متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (64.69 حبة. سنبلة⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (24.72 حبة. سنبلة⁻¹). ويُعزى انخفاض عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² إلى انخفاض متوسط الكتلة الحيوية لدى الصنف تحت ظروف الزراعة المطرية، ما ينعكس سلباً على كمية المادة الجافة المتاحة خلال مرحلة نمو الحبوب Grain growth period وتطورها، ما يؤثر سلباً في عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية ومقدرتها على استرجار المواد الغذائية إليها (Dan وزملاؤه، 2012). عموماً، تتباين الأصناف في عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية نتيجة للتباين الوراثي، حيث تتميز النباتات التي تمتلك عدداً أكبر من الحبوب في السنبلة الرئيسية بصفات شكلية Agronomic characters معينة، مثل عدم تشكل السنبيلات العلوية والظرافية، وساق رئيس أثن Thicker culm، وعدد الإشطاعات الكلية قليل، وفترة النضج متأخرة Late maturity على مستوى النبات الواحد (Yen وزملاؤه، 1995). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أن متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (68.30 حبة. سنبلة⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (24.97 حبة. سنبلة⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أن متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (64.63، 64.07 حبة. سنبلة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (29.52 حبة. سنبلة⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أن متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (72.87 حبة. سنبلة⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (21.40، 22.01 حبة. سنبلة⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أن متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعندما

أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (68.22، 67.99 حبة. سنبله¹ على التوالي)، بينما كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (23.79، 24.25 حبة. سنبله¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبله الرئيسة كان الأعلى معنوياً كان لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (74.72، 72.85 حبة. سنبله¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، (24.97 حبة. سنبله¹). ويُلاحظ أنّ هناك استجابة من قبل النباتات لمواعيد إضافة الأسمدة الآزوتية على دفعات بمعدّل أعلى بالمقارنة مع إضافتها على دفعة واحدة، وهذا مهم لتأمين احتياجات النباتات من عنصر الآزوت بكمياتٍ كافية خلال مختلف مراحل النمو، من خلال الحد من ضياعه. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنّ متوسط عدد الحبوب في السنبله الرئيسة الأعلى معنوياً كان تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (83.83، 82.8 حبة. سنبله¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (20.83 حبة. سنبله¹). عموماً، يمكن أن يُعزى التباين في متوسط عدد الحبوب ووزن الحبوب في السنبله الرئيسة إلى التباين في الوزن الجاف للسنبله وقت الإزهار، حيث يؤدي زيادة الوزن الجاف للسنبله وقت الإزهار إلى زيادة كفاءتها في استرجار نواتج التمثيل (زيادة قوة المصب)، ما يؤدي إلى زيادة عدد الزهيرات الخصبة، ويُحسّن من معدّل تطورها إلى حبوب كبيرة. وتتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Lemaire وزملاؤه، (2019)، Gaju وزملاؤه (2016)، Yen وزملاؤه (1993)، Dan وزملاؤه (2012)، Zhao وزملاؤه، (2020)، Juraniec وزملاؤه (2017).

الجدول رقم (13): متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسية (حبة . سنبلّة¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الأزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
45.30 ^E	49.25	24.97	54.87	52.13	41.98	46.97	21.40	51.57	48.00	48.63	51.53	28.53	58.17	56.27		T ₀
48.83	54.13	27.18	58.55	55.43	45.88	50.17	22.37	56.93	54.07	51.77	58.10	32.00	60.17	56.80	M ₁	100
50.14	55.18	27.32	59.78	58.28	47.05	50.80	21.17	57.40	58.83	53.23	59.57	33.47	62.17	57.73	M ₂	
49.53	54.72	27.60	58.50	57.28	47.19	52.50	22.03	56.47	57.77	51.86	56.93	33.17	60.53	56.80	M ₃	
48.88	52.97	26.85	58.22	57.50	46.45	49.90	21.87	55.97	58.07	51.32	56.03	31.83	60.47	56.93	M ₄	
48.80	53.37	27.30	58.05	56.47	46.38	51.63	20.83	56.30	56.73	51.22	55.10	33.77	59.80	56.20	M ₅	
50.26	56.25	28.32	59.83	56.63	48.25	54.03	23.77	58.77	56.43	52.27	58.47	32.87	60.90	56.83	M ₆	
49.40 ^D	54.44	27.43	58.82	56.93	46.87	51.51	22.01	56.97	56.98	51.94	57.37	32.85	60.67	56.88	المتوسط	
52.95	58.57	31.08	62.63	59.53	50.88	55.50	25.40	62.70	59.90	55.03	61.63	36.77	62.57	59.17	M ₁	120
53.56	56.70	32.07	64.73	60.73	50.09	52.37	24.53	61.77	61.70	57.03	61.03	39.60	67.70	59.77	M ₂	
53.59	58.90	31.62	64.10	59.75	51.06	56.30	26.07	61.27	60.60	56.13	61.50	37.17	66.93	58.90	M ₃	
51.77	56.22	29.85	61.72	59.30	49.23	52.97	24.40	59.67	59.87	54.32	59.47	35.30	63.77	58.73	M ₄	
51.83	56.28	30.38	61.57	59.07	50.10	54.87	24.23	60.73	60.57	53.55	57.70	36.53	62.40	57.57	M ₅	
54.18	59.18	33.05	64.83	59.63	51.83	56.67	27.20	62.77	60.70	56.52	61.70	38.90	66.90	58.57	M ₆	
52.98 ^C	57.64	31.34	63.26	59.67	50.53	54.78	25.31	61.48	60.56	55.43	60.51	37.38	65.04	58.78	المتوسط	
55.91	60.90	34.87	66.42	61.45	53.06	55.97	28.67	64.67	62.93	58.76	65.83	41.07	68.17	59.97	M ₁	140
57.64	58.85	34.70	72.85	64.17	52.69	53.67	28.07	62.90	66.13	62.59	64.03	41.33	82.80	62.20	M ₂	
56.43	64.15	32.83	66.15	62.57	52.75	57.40	27.40	62.10	64.10	60.10	70.90	38.27	70.20	61.03	M ₃	
55.03	57.88	32.60	65.22	64.43	52.88	55.90	26.77	63.53	65.30	57.19	59.87	38.43	66.90	63.57	M ₄	
53.63	57.85	31.48	64.47	60.73	51.53	55.47	26.00	63.60	61.03	55.74	60.23	36.97	65.33	60.43	M ₅	
58.68	62.08	35.85	74.72	62.07	54.27	58.23	29.73	65.60	63.50	63.09	65.93	41.97	83.83	60.63	M ₆	
56.22 ^A	60.29	33.72	68.30	62.57	52.86	56.11	27.77	63.73	63.83	59.58	64.47	39.67	72.87	61.31	المتوسط	
54.18	55.28	35.00	64.47	61.95	52.13	52.33	27.77	65.27	63.13	56.23	58.23	42.23	63.67	60.77	M ₁	160
55.57	56.70	34.55	68.12	62.92	52.48	51.43	26.50	67.13	64.83	58.67	61.97	42.60	69.10	61.00	M ₂	
55.02	55.98	35.33	67.37	61.38	52.51	52.83	28.33	65.90	62.97	57.53	59.13	42.33	68.83	59.80	M ₃	
52.88	51.97	34.18	63.80	61.57	50.16	47.37	26.80	63.53	62.93	55.60	56.57	41.57	64.07	60.20	M ₄	

52.44	52.90	33.47	63.43	59.95	50.82	50.90	26.50	63.73	62.13	54.06	54.90	40.43	63.13	57.77	M ₅	
55.35	54.38	36.17	68.92	61.93	52.03	50.63	26.73	66.53	64.23	58.67	58.13	45.60	71.30	59.63	M ₆	
54.24 ^B	54.54	34.78	66.02	61.62	51.69	50.92	27.11	65.35	63.37	56.79	58.16	42.46	66.68	59.86	المتوسط	
51.43 ^c	55.63	30.62	61.39	58.10	48.79	52.19	25.12	60.23	57.61	54.08	59.07	36.12	62.55	58.59	M ₁	متوسط طبيعية الزراعة مع الأصناف والمواضيع
52.44 ^{ab}	55.34	30.72	64.07	59.65	48.86	51.05	24.33	60.15	59.90	56.03	59.63	37.11	67.99	59.39	M ₂	
51.97 ^b	56.60	30.47	62.20	58.62	49.10	53.20	25.05	59.46	58.69	54.85	60.00	35.89	64.93	58.56	M ₃	
50.77 ^d	53.66	29.69	60.76	58.99	48.14	50.62	24.25	58.85	58.83	53.41	56.69	35.13	62.67	59.14	M ₄	
50.40 ^d	53.93	29.52	60.48	57.67	48.16	51.97	23.79	59.19	57.69	52.64	55.89	35.25	61.77	57.65	M ₅	
52.75 ^a	56.23	31.67	64.63	58.48	49.67	53.31	25.77	61.05	58.57	55.83	59.15	37.57	68.22	58.39	M ₆	
51.63	55.23 ^C	30.45 ^D	62.25 ^A	58.58 ^B	48.79 ^b	52.05	24.72	59.82	58.55	54.47 ^a	58.41	36.18	64.69	58.62	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆) .

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
3.068	2.169	1.372	0.970	1.252	0.886	0.560	0.396	1.534	1.085	0.686	0.485	0.626	0.443	0.280	LSD (0.05)
3.7%															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

4-2- متوسط عدد الحبوب في المتر المربع (حبة . م⁻²) Number of grains per m²: بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط عدد الحبوب في المتر المربع بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 14). ويُلاحظ أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (16070 حبة.م⁻²)، بالمقارنة مع الزراعة المطرية (9523 حبة. م⁻²)، حيثُ سبّبت الزراعة المطرية انخفاضاً في صفة متوسط عدد الحبوب في المتر المربع بنحو 68.75% بالمقارنة مع المروية، ما يُشير إلى أهمية توافر المياه والمادة الجافة لتحول الإشطاءات الخضرية إلى إسطاءات مثمرة، وتطور السنابل، وزيادة عدد السنبيلات في السنبلة، حيثُ يؤدي الجفاف إلى زيادة نسبة الزهيرات العقيمة في السنبلة، ومن ثمّ تراجع متوسط عدد الحبوب المتشكلة في السنبلة/النبات/وحدة المساحة من الأرض. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي 160 و 140 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (14730، 14410 حبة. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (9633 حبة. م⁻²)، ما يُشير إلى أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع يزداد طردياً بازدياد معدّل التسميد الآزوتي. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّلات التسميد الآزوتي (140، 160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (18610، 17710، 16890 حبة. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (7487 حبة. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإسطاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (12983، 12923 حبة. م⁻² على التوالي)، في حين كان متوسط عدد الحبوب في المتر المربع الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (12023 حبة. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإسطاء) (16679 حبة. م⁻²)، في حين كان متوسط عدد الحبوب في المتر المربع الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (8730 حبة. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (14841 حبة. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً عند

معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (9632 حبة. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء (19410 حبة. م⁻²))، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (7487 حبة. م⁻²). تؤكد هذه النتائج أهمية إتاحة المياه في منطقة انتشار الجذور لزيادة معدل امتصاص الآزوت، وأهمية إضافة السماد الآزوتي على دفعات، بحيث تُضاف نصف الكمية عند الزراعة لتأمين كامل احتياجات النباتات من الآزوت خلال مرحلة النمو الخضري النشط، لضمان زيادة النمو الخضري (دليل المساحة الورقية) (حجم المصدر) بشكلٍ مثالي لتأمين كمية كافية من المادة الجافة لتلبية احتياجات النمو للأجزاء الأرضية (الجذور)، ومرحلة النمو الثمري (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، مع مراعاة إضافة النصف الآخر قبل مرحلة الإشتاء، أو قبل مرحلة الإزهار، أو إضافة الأسمدة الآزوتية على ثلاث دفعات متساوية (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار)، (التي تُشكل مراحل الطلب الأعظمي على عنصر الآزوت، بما يضمن التوازن بين حجم المصدر والمصب)، ما يسمح بزيادة عدد الحبوب المتشكلة في النباتات أو وحدة المساحة من الأرض. ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (15872 حبة. م⁻²)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (13600 حبة. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (8332 حبة. م⁻²)، تلاه لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (12713 حبة. م⁻²). عموماً، يُعزى التباين بين الأصناف في صفة متوسط عدد الحبوب في المتر المربع إلى التباين في عدد الإشتاءات المثمرة في المتر المربع، والتباين في متوسط عدد الحبوب في السنبلة كما هو الحال بالنسبة إلى صنف القمح القاسي المدروسين، حيث كان متوسط عدد السنايل في المتر المربع، ومتوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسة الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (504.2 سنبلة. م⁻²)؛ 62.25 حبة. سنبلة⁻¹)، في حين كان متوسط عدد السنايل في المتر المربع، ومتوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسة الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (374.4 سنبلة. م⁻²)؛ 58.58 حبة. سنبلة⁻¹)، أو إلى التباين في متوسط عدد الحبوب في السنبلة، كما هو الحال بالنسبة إلى صنف القمح الطري، حيث كان متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسة الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (55.23 حبة. سنبلة⁻¹)، علماً أنّ متوسط عدد السنايل في المتر المربع لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ كان معنوياً أدنى بالمقارنة مع الصنف دوما² (467.5 سنبلة. م⁻²)، في حين كان عدد الحبوب في السنبلة الرئيسة الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (30.45 حبة. سنبلة⁻¹) بالمقارنة صنف القمح الطري دوما⁴، ولكّنه شكّل معنوياً عدد أكبر من السنايل

في المتر المربع (476.2 سنبله. م⁻²). عموماً، كان متوسط عدد الحبوب في المتر المربع الأعلى لدى نباتات القمح القاسي (14292.4 حبة. م⁻²) بالمقارنة مع متوسط عدد الحبوب لدى نباتات القمح الطري (10966 حبة. م⁻²)، أي بانخفاضٍ نحو 30.33% لدى نباتات صنف القمح الطري، علماً أنَّ متوسط عدد السنابل في المتر المربع كان الأعلى لدى نباتات القمح الطري (متوسط الصنفين) (471.85 سنبله. م⁻²)، بالمقارنة مع متوسط عدد السنابل لدى نباتات القمح القاسي (439.3 سنبله. م⁻²)، أي بانخفاضٍ قدره نحو 7.41% لدى نباتات القمح القاسي. ويُعزى ذلك بشكلٍ عام إلى وجود علاقة ارتباط عكسية بين عدد السنابل في النبات وعدد الحبوب في السنبله، حيث يؤدي ازدياد عدد السنابل إلى تراجع متوسط عدد الحبوب في السنبله الواحدة (العودة، 2005). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (20415 حبة. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (5463 حبة. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنَّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدل التسميد الآزوتي 160 و 140 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (17968، 17968 حبة. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (12133 حبة. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنَّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (16017، 16177 حبة. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (7917، 8211 حبة. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنَّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (23225 حبة. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ تحت ظروف الزراعة المطرية وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (4893، 5112 حبة. م⁻² على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أنَّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت

الزراعة + 50% بداية الإشتاء (20859 حبة. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (5288 حبة. م⁻² على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أنَّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (18496، 18129 حبة. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (6233 حبة. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات المدروسة بعضها ببعض، أنَّ متوسط عدد الحبوب في المتر المربع كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء (23880 حبة. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (4866.67 حبة. م⁻²). عموماً، يُعزى التباين في متوسط عدد الحبوب في المتر المربع بين المتغيرات المدروسة بشكلٍ رئيس إلى التباين أولاً في عدد السنابل في المتر المربع، وثانياً إلى التباين في متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسة. ويُعزى أيضاً إلى التباين في الكتلة الحية عند النضج، حيث تؤدي زيادة الغلة الحيوية إلى زيادة كمية نواتج التمثيل الضوئي المتاحة خلال تلك المرحلة الحرجة جداً من حياة النبات (20 – 30 يوماً قبل الإزهار)، والتي يتحدد خلالها العدد النهائي للحبوب (العودة، 2005)، حيث يُسهم الجفاف وعدم كفاية نواتج التمثيل الضوئي في موت البداءات الزهرية، وزيادة نسبة الزهيرات العقيمة والمجهضة، الأمر الذي يؤثر سلباً في عدد الحبوب المتشكلة في السنبلة الواحدة/النبات. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Warraich وزملاؤه (2002)، ونتائج Zahran وزملاؤه (1997) في محصول القمح. وبين الباحث Alam وزملاؤه (2007) أنَّ إضافة معدلاتٍ مختلفة من السماد الآزوتي، على دفعات خلال مراحل الطلب الأعظمي، قد أدت إلى زيادة الغلة الحبية ومكوناتها في محصول القمح القاسي بشكلٍ معنوي، وازدادت بازدياد معدّل التسميد، وكانت أعلى زيادة عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹. وبين الباحث Sobh وزملاؤه (2000)، أنَّ إضافة معدلاتٍ متزايدة من السماد الآزوتي أدت إلى زيادة عدد الإشتاءات وعدد السنابل في المتر المربع، وزيادة ارتفاع النبات، وطول السنبلة، وعدد السنيبلات في السنبلة، وعدد الحبوب في السنبلة، والغلتين الحبية والحيوية في محصول القمح.

الجدول رقم (14): متوسط عدد الحبوب في المتر المربع (حبة . م⁻²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										وقت الحصاد	المتوسط العام
					مروية					مطرية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
9632.50 ^E	10464.83	6233.17	12099.33	9732.67	7486.58	7623.00	4893.33	9645.33	7784.67	11778.42	13306.67	7573.00	14553.33	11680.67		T ₀
11864.75	13100.33	7490.50	14994.00	11874.17	8865.58	10139.33	5130.67	10480.00	9712.33	14863.92	16061.33	9850.33	19508.00	14036.00	M ₁	10
12400.00	13661.33	7794.83	15358.00	12785.83	8572.58	9529.00	4973.33	10256.00	9532.00	16227.42	17793.67	10616.33	20460.00	16039.67	M ₂	
12118.38	13489.50	7563.17	15307.33	12113.50	8739.42	10344.67	5170.67	10274.67	9167.67	15497.33	16634.33	9955.67	20340.00	15059.33	M ₃	
11997.90	12932.25	7414.25	15310.00	12335.08	8684.38	9408.00	5277.33	10432.00	9620.17	15311.42	16456.50	9551.17	20188.00	15050.00	M ₄	
11356.02	12215.83	7080.33	14675.33	11452.58	8060.88	9005.33	4866.67	10106.67	8264.83	14651.17	15426.33	9294.00	19244.00	14640.33	M ₅	
12446.17	14029.33	7840.67	15676.00	12238.67	9182.88	11396.67	5253.33	10752.00	9329.50	15709.46	16662.00	10428.00	20600.00	15147.83	M ₆	
12030.53 ^D	13238.10	7530.63	15220.11	12133.31	8684.28	9970.50	5112.00	10383.56	9271.08	15376.78	16505.69	9949.25	20056.67	14995.53	المتوسط	
12968.77	14302.17	8397.67	16266.67	12908.58	9642.13	11683.33	5720.00	11149.33	10015.83	16295.42	16921.00	11075.33	21384.00	15801.33	M ₁	12
13523.67	14456.67	9108.50	16671.33	13858.17	9500.42	10767.00	5592.00	11058.67	10584.00	17546.92	18146.33	12625.00	22284.00	17132.33	M ₂	
13280.15	14403.75	8557.83	16425.33	13733.67	9517.71	11171.50	5765.33	11018.67	10115.33	17042.58	17636.00	11350.33	21832.00	17352.00	M ₃	
13212.03	13878.83	8612.30	16461.33	13895.67	9354.58	10172.50	5445.33	11146.67	10653.83	17069.48	17585.17	11779.27	21776.00	17137.50	M ₄	
12497.26	13191.67	8300.72	15968.00	12528.67	8893.42	9787.00	5309.33	10704.00	9773.33	16101.11	16596.33	11292.10	21232.00	15284.00	M ₅	
13656.48	15518.25	9161.33	16619.33	13327.00	10050.17	12741.00	5992.00	11474.67	9993.00	17262.79	18295.50	12330.67	21764.00	16661.00	M ₆	
13189.73 ^C	14291.89	8689.73	16402.00	13375.29	9493.07	11053.72	5637.33	11092.00	10189.22	16886.38	17530.06	11742.12	21712.00	16561.36	المتوسط	
14168.55	15838.00	9475.60	17473.33	13887.25	10444.25	12489.00	6141.33	12218.67	10928.00	17892.84	19187.00	12809.87	22728.00	16846.50	M ₁	14
14801.54	17029.83	9453.42	17866.67	14856.25	10193.42	11634.33	5858.67	11853.33	11427.33	19409.67	22425.33	13048.17	23880.00	18285.17	M ₂	
14698.21	16753.00	9733.50	17814.67	14491.67	10131.25	12167.33	5896.00	12101.33	10360.33	19265.17	21338.67	13571.00	23528.00	18623.00	M ₃	
14586.71	15693.58	9841.17	17520.00	15292.08	10171.75	11493.33	5832.00	12080.00	11281.67	19001.67	19893.83	13850.33	22960.00	19302.50	M ₄	
13353.10	14209.00	8479.67	17344.00	13379.75	9498.46	10652.33	5642.67	11872.00	9826.83	17207.75	17765.67	11316.67	22816.00	16932.67	M ₅	
14841.33	16521.83	9867.33	17992.67	14983.50	10773.54	13447.67	5917.33	12549.33	11179.83	18909.13	19596.00	13817.33	23436.00	18787.17	M ₆	
14408.24 ^A	16007.54	9475.11	17668.56	14481.75	10202.11	11980.67	5881.33	12112.44	10834.00	18614.37	20034.42	13068.89	23224.67	18129.50	المتوسط	
13823.79	14546.42	9460.50	17606.00	13682.25	10217.96	11532.00	5757.33	13136.00	10446.50	17429.63	17560.83	13163.67	22076.00	16918.00	M ₁	16
14256.65	14813.67	9877.50	18088.00	14247.42	10081.46	10535.33	5693.33	13056.00	11041.17	18431.83	19092.00	14061.67	23120.00	17453.67	M ₂	
13866.31	13883.00	9820.92	18063.33	13698.00	10205.96	10929.50	5941.33	13610.67	10342.33	17526.67	16836.50	13700.50	22516.00	17053.67	M ₃	
13742.69	13407.83	9454.92	18128.67	13979.33	9820.21	9789.00	5629.33	13461.33	10401.17	17665.17	17026.67	13280.50	22796.00	17557.50	M ₄	

13276.90	12930.00	9489.00	17425.33	13263.25	9708.17	9588.33	5728.00	12962.67	10553.67	16845.63	16271.67	13250.00	21888.00	15972.83	M ₅	المتوسط في الأصناف والعوامل في الوسط العام
14339.98	14396.83	10283.33	18496.00	14183.75	10461.00	10885.67	5994.67	14216.00	10747.67	18218.96	17908.00	14572.00	22776.00	17619.83	M ₆	
13884.39 ^B	13996.29	9731.03	17967.89	13842.33	10082.46	10543.31	5790.67	13407.11	10588.75	17686.31	17449.28	13671.39	22528.67	17095.92	المتوسط	
12491.67 ^c	13650.35	8211.49	15687.87	12416.98	9331.30	10693.33	5528.53	11325.87	9777.47	15652.04	16607.37	10894.44	20049.87	15056.50	M ₁	
12922.87 ^a	14085.27	8493.48	16016.67	13096.07	9166.89	10017.73	5402.13	11173.87	10073.83	16678.85	18152.80	11584.83	20859.47	16118.30	M ₂	
12719.11 ^b	13798.82	8381.72	15942.00	12753.90	9216.18	10447.20	5533.33	11330.13	9554.07	16222.03	17150.43	11230.10	20553.87	15953.73	M ₃	
12634.36 ^{bc}	13275.47	8311.16	15903.87	13046.97	9103.50	9697.17	5415.47	11353.07	9948.30	16165.23	16853.77	11206.85	20454.67	16145.63	M ₄	
12023.16 ^d	12602.27	7916.58	15502.40	12071.38	8729.50	9331.20	5288.00	11058.13	9240.67	15316.81	15873.33	10545.15	19946.67	14902.10	M ₅	
12983.29 ^a	14186.22	8677.17	16176.67	12893.12	9590.83	11218.80	5610.13	11727.47	9806.93	16375.75	17153.63	11744.20	20625.87	15979.30	M ₆	
-	13599.73 ^B	8331.93 ^D	15871.58 ^A	12713.07 ^C	9189.70 ^b	10234.24	5462.93	11328.09	9733.54	16068.45 ^a	16965.22	11200.93	20415.07	15692.59	وسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
1119.063	791.297	500.460	353.879	456.856	323.046	204.312	144.470	559.532	395.649	250.230	176.939	228.428	161.523	102.156	LSD (0.05)
%5.5															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

2-5- متوسط الغلة الحبية **Grain yield** (غ. م²): يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط الغلة الحبية بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 15). كان متوسط الغلة الحبية الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (776.8 غ. م²)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (382.3 غ. م²)، حيثُ سببت الزراعة المروية زيادة في متوسط الغلة الحبية بنحو 50.78% بالمقارنة مع الزراعة المطرية. ويُعزى ذلك إلى زيادة كلٍ من عدد السنابل في المتر المربع، وعدد الحبوب المتشكلة في السنبلة الرئيسة ووزنها، ووزن الألف حبة، والغلة الحبيوية. تتأثر الغلة الحبية لمحصول القمح بمعدل التسميد الآزوتي خلال السنوات التي كان فيها معدل الهطل المطري يتجاوز 450 مم خلال كامل موسم النمو للمحصول تحت ظروف الزراعة المطرية Rain-fed conditions، حيث أدت إلى زيادة معدل امتصاص عنصر الآزوت، وأثبت ذلك أهمية توافر كمية كافية من المياه في منطقة انتشار الجذور خلال مختلف مراحل النمو لزيادة معدل امتصاص الآزوت (Lopez-Bellido وزملاؤه، 1998). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدلات التسميد الآزوتي، أن متوسط الغلة الحبية (GY) كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (708.2 غ. م²)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (391.2 غ. م²)، ويُلاحظ أن الغلة الحبية تزداد طردياً مع زيادة معدل التسميد الآزوتي حتى 140 كغ N. هكتار⁻¹، ويُعزى ذلك أيضاً إلى دور الآزوت في زيادة كلٍ من عدد السنابل في المتر المربع، وعدد الحبوب المتشكلة في السنبلة الرئيسة ووزنها، ووزن الألف حبة، والغلة الحبيوية. توافقت هذه النتائج مع نتائج Stewart وزملاؤه (2005)، الذين بيّنوا أن الإدارة الجيدة للتسميد تُعد ضمن العوامل الأكثر أهمية المحددة لغلة الأنواع المحصولية الاقتصادية. وأشارت الدراسات إلى أنه على الأقل 30 – 50% من غلة محصول القمح إنما تُعزى إلى إضافة الأسمدة الآزوتية المعدنية بكميات مناسبة. عموماً، يؤثر نقص عنصر الآزوت في التربة سلباً في معدل نمو نباتات القمح، ويمكن أن يؤدي إلى تراجع كبير في الغلة الحبية (Mugendi وزملاؤه، 2000). وبين Amsal وزملاؤه (2000) أن نقص العناصر المعدنية المغذية الكبرى، هي من أهم العوامل التي أدت إلى تراجع غلة محصول القمح الحبية والحبيوية، وبالمقابل أدت إضافة الأسمدة الفوسفورية والآزوتية بكميات مناسبة إلى زيادة الغلتين الحبية والحبيوية بنسبة 163، و149% على التوالي بالمقارنة مع المعاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي). وتُعد إضافة الآزوت سواءً من مصادر عضوية أم معدنية من العوامل الأساسية للمحافظة على إنتاجية النظم الزراعية بشكلٍ مستدام (Hassan وزملاؤه، 1998). تؤكد هذه النتائج، أن عنصر الآزوت عامل مهم A key factor في تحديد الخصائص الكمية والنوعية للحبوب، وهو الوسيلة الأكثر أهمية بالنسبة للمزارعين لتحسين الإنتاجية Productivity، والموصفات النوعية للحبوب (Lopez-Bellido وزملاؤه، 1998). ويُلاحظ أن معدل التسميد الآزوتي الأمثل هنا (140 كغ N. هكتار⁻¹) قد أدى إلى زيادة الغلة الحبية بنحو 44.76% بالمقارنة

مع معاملة الشاهد بدون تسميد آزوتي، ولكن يُلاحظ بالمقابل أنّ زيادة معدّل التسميد الآزوتي حتى 160 كغ N. هكتار⁻¹، قد خفّضت الغلّة الحبية بنحو 7.07%، ما يُشير إلى أهمية ضبط معدّل التسميد الآزوتي لبلوغ الطاقة الإنتاجية الكامنة، حيث تؤدي زيادة معدّل التسميد الآزوتي إلى دفع النباتات نحو النمو الخضري الزائد، ما يؤدي إلى استهلاك كميات أكبر من المادّة الجافة على حساب كمية نواتج التمثيل الضوئي المُستخّرة لمرحلة النمو الثمري، ناهيك عن تلوث المياه الجوفية بالنترات، وتملح الترب الزراعية. عموماً، يُعزى ازدياد الغلّة الحبية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي إلى أهمية عنصر الآزوت في نمو النباتات وتطورها، حيث يُعد الآزوت المادّة الأساسية لتصنيع البروتينات البنائية، ما يؤدي إلى زيادة عدد الخلايا النباتية المتشكّلة وحجمها، ومن ثمّ مساحة المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي. توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Liua وزملاؤه (2020)، الذين لاحظوا وجود تأثير سلبي ومعنوي لنقص عنصر الآزوت في الغلّة الحبية ومكوناتها، حيث كانت الغلّة الحبية قرابة 7344 كغ. هكتار⁻¹ بغياب الآزوت، في حين وصلت إلى 9067 كغ. هكتار⁻¹ بوجود الآزوت. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط الغلّة الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (966.0 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (274.1 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط الغلّة الحبية كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإزهار) (607.4 غ. م⁻²)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (595.0، 589.2 غ. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (539.0 غ. م⁻²)، تلاه عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% وقت الزراعة؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (571.4، 574.1 غ. م⁻² على التوالي)، ما يُشير إلى أهمية إضافة الأسمدة الآزوتية على دفعات للحصول على أعلى غلّة حبية ضمن منطقة بيئية محددة، لأنّ أكثر من 60 إلى 80% من محتوى الآزوت الكلي في النبات يتشكّل خلال مرحلتي الإنبال Heading، والإزهار Anthesis، لذلك يؤدي انخفاض كمية الآزوت المُضافة خلال مراحل الطلب الأعظمي، أي خلال منتصف أو آخر مرحلة ما بعد الإستطالة Post-jointing stage، إلى تثبيط نمو الإشتاءات، وتراجع كفاءة تحويلها إلى سنابل، واصفرار الأوراق القديمة، ما يؤدي إلى تراجع المساحة الورقية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي Leaf area duration (LAD)، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كفاءة عملية التمثيل الضوئي وبالتالي معدّل نمو الأجزاء الخضرية والتراكيب الثمرية وتطورها، فتتراجع الغلّة الحبية (GY) (Liua وزملاؤه، 2020). بالإضافة إلى حقيقة أنّ عدد النباتات

في المتر المربع، وعدد السنبال في المتر المربع، وعدد الحبوب في السنبلة الرئيسة ووزنها كان الأعلى عندما عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار)، وهي من أهم مكونات الغلة الحبية. عموماً، إذا كانت معدلات التسميد الآزوتي الواجب إضافتها كبيرة نسبياً (140 – 160 كغ N. هكتار⁻¹)، فلا بدّ لزيادة كفاءة استعمال الآزوت من إضافتها للنباتات على دفعتين أو ثلاث دفعات، خلال مراحل تطورية مختلفة من دورة حياة المحصول للحصول على أعلى غلة حبية (Makowska وزملاؤه، 2008؛ Haile Deressa وزملاؤه، 2012). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (815.6 غ. م⁻²)، في حين كان متوسط الغلة الحبية الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (353.2 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (747.7 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (391.2 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء (1028.9 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (274.1 غ. م⁻²). عموماً، لوحظ أنّ الغلة الحبية لمحصول القمح كانت معنوياً أعلى عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية على دفعتين (خريفية، وربيعية) بالمقارنة مع إضافته دفعةً واحدة (خريفية: وقت الزراعة)، وبخاصة في حال إتاحة الرطوبة بكمية كافية لامتصاص الآزوت (Sowers وزملاؤه، 1994). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (825.7 غ. م⁻²)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (643.7 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (548.7 غ. م⁻²). ويُعزى التباين بين الأصناف بشكلٍ رئيس إلى التباين في عدد السنبال في المتر المربع، إضافةً إلى التباين في وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة. ويُلاحظ بشكلٍ عام، أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى لدى نباتات القمح القاسي (687.2 غ. م⁻²)، بالمقارنة مع متوسط الغلة الحبية لدى نباتات القمح الطري (471.5 غ. م⁻²)، حيثُ انخفض متوسط الغلة الحبية لدى نباتات القمح الطري بنحو 45.75%

بالمقارنة مع نباتات القمح القاسي. ويُعزى ذلك إلى تفوق أصناف القمح القاسي في عدد الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة، ووزن الحبوب في السنبلّة الرئيسيّة، ووزن الألف حبة، والكتلة حيوية، بالمقارنة مع القمح الطري. توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Liua وزملاؤه (2020)، الذين عزوا الزيادة في الغلّة الحبيبة إلى تفوق الأصناف التركيبيّة في كمية المادة الجافة الكلية المصنّعة Total dry matter (DM)، وتوقعها في معدّل تراكم المادة الجافة خلال مرحلة ما بعد الإزهار Post-anthesis DM accumulation تحت معاملي التسميد الآزوتي. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط الغلّة الحبيبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (1118.9 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (149.8 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنّ متوسط الغلّة الحبيبة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّلي التسميد الآزوتي 140 و160 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقات معنوية بينهما (1005.0، 992.4 غ. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (198.5 غ. م⁻²). عموماً، تؤدي عادةً زيادة معدّل التسميد الآزوتي حتى مستوى معين (المعدّل الأمثل: 140 كغ N. هكتار⁻¹) إلى زيادة الغلّة الحبيبة، نتيجة زيادة عدد الإشطاعات الخضريّة والمثمرة، وعدد الحبوب في السنبلّة، ولكن عادةً ما يترافق ذلك مع تراجع وزن الألف حبة. ويؤكد ذلك، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (45.92 غ)، ولكن انخفض بشكلٍ معنوي عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (44.52 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (38.79 غ). وذكرت بالمقابل العديد من الدراسات تراجع الغلّة الحبيبة في محصول القمح عند زيادة التسميد الآزوتي بشكلٍ كبير Excessive N fertilisation، بسبب زيادة حساسية النباتات للرقاد، وزيادة النمو الخضري، ما يزيد من تعرض النباتات لظروف الإجهاد المائي الشديد، وبخاصّةٍ تحت ظروف الزراعة المطرية، نتيجة زيادة كمية المياه الكلية المنتوكة، بالإضافة إلى زيادة شدّة الإصابة بالأمراض (Varga Diseases) وزملاؤه، (2000). تتوافق هذه النتائج مع نتائج Alam وزملاؤه (2007). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنّ متوسط الغلّة الحبيبة كان الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما³ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (866.5 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة؛ 100% بداية الإشطاع) وبدون فروقات معنوية بينها (279.2، 291.7، 295.6 غ. م⁻² على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط الغلّة الحبيبة كان الأعلى معنوياً

تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (1395.7 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (126.6، 134.4 غ. م⁻² على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنّ متوسط الغلّة الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1165.5، 1156.8، 1140.0 غ. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع % بداية الإزهار (143.5 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أنّ متوسط الغلّة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّلي التسميد الآزوتي 140 و 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1061.5، 1042.0 غ. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (198.5 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنّ متوسط الغلّة الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (1451.36 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى صنف القمح الطري دوما² عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار، وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (125.25، 126.57 غ. م⁻² على التوالي). عموماً، إنّ من أهم العوامل المسؤولة عن تراجع غلّة محصول القمح تحت ظروف الزراعة الحقلية، هو نقص عنصر الآزوت N deficiency، عندما يكون معدّل تحول هذا العنصر إلى الأشكال القابلة للامتصاص من قبل النباتات (NH₄، NO₃) غير كافٍ لتأمين احتياجات نباتات القمح من عنصر الآزوت. ويؤدي في مثل هذه الظروف التسميد الآزوتي دوراً حيوياً في زيادة الغلّة الحبية لمحصول القمح ضمن ظروف بيئية معينة (Salvagiotti وزملاؤه، 2009). عموماً، توجد علاقة كمية Quantitative relationship بين غلّة محصول القمح الحبية وتراكم الآزوت في النباتات، بمعنى آخر عندما لا تستطيع التربة أن تؤمن كمية كافية من عنصر الآزوت سوف يؤثر ذلك سلباً في إنتاجية المحصول (Sinclair و Vadez، 2002)،

ما يُشير إلى أنّ الغلّة الحبية يمكن أن تُعتبر كمؤشر جيد لتأثير العوامل البيئية والأرضية مجتمعةً في نمو النباتات وتطورها. وتبعاً لذلك، فإنّ الإضافة المناسبة للسماذ الآزوتي (الكمية وتوقيت الإضافة) لها تأثير إيجابي في زيادة غلّة محصول القمح. تتوافق هذه النتائج مع ما توصلت إليه جنود وزملائها (2015)، ومع ما توصل إليه Shi وزملاؤه (2020)، Habbib وزملاؤه (2020)، Li وزملاؤه (2020)، Ibrahim وزملاؤه (2016)، Prey وزملاؤه (2019)، Lynch وزملاؤه (2017)، Zhu وزملاؤه (2019).

الجدول رقم (15): متوسط الغلة الحبية (غ . م⁻²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت الحصاد	السمات المسمية
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
391.17 ^E	444.64	198.52	531.05	390.48	274.07	306.48	126.57	381.10	282.13	508.27	582.80	270.46	681.00	498.82		T ₀
512.96	581.82	250.67	728.42	490.90	346.56	428.36	137.98	448.03	371.87	679.35	735.27	363.37	1008.82	609.94	M ₁	100
544.85	623.81	264.21	746.74	544.63	328.34	411.63	128.84	415.80	357.09	761.36	836.00	399.58	1077.69	732.16	M ₂	
534.08	611.50	257.39	743.92	523.51	344.53	460.41	133.50	423.02	361.19	723.63	762.60	381.28	1064.81	685.83	M ₃	
525.41	587.17	242.96	735.53	535.98	334.96	411.24	137.80	420.66	370.15	715.86	763.11	348.12	1050.39	701.81	M ₄	
487.95	551.87	235.27	677.38	487.28	311.60	389.87	125.25	405.12	326.16	664.30	713.87	345.28	949.63	648.40	M ₅	
560.14	654.91	278.25	783.73	523.68	373.60	522.03	142.95	474.79	354.63	746.68	787.78	413.55	1092.66	692.72	M ₆	
527.56 ^D	601.85	254.79	735.95	517.66	339.93	437.26	134.39	431.24	356.85	715.19	766.44	375.20	1040.67	678.48	المتوسط	
600.28	688.88	301.17	853.52	557.55	408.20	552.95	160.08	529.70	390.05	792.37	824.82	442.26	1177.33	725.05	M ₁	120
625.15	688.06	333.54	877.08	601.93	383.85	486.48	154.35	482.77	411.79	866.46	889.65	512.73	1271.39	792.06	M ₂	
618.39	710.45	310.13	868.01	584.98	396.03	534.99	160.85	492.10	396.16	840.76	885.90	459.41	1243.92	773.79	M ₃	
606.12	658.13	310.13	868.68	587.53	379.52	464.31	142.95	494.14	416.69	832.71	851.95	477.30	1243.21	758.37	M ₄	
567.74	619.93	297.51	802.18	551.33	357.46	451.05	143.82	457.60	377.37	778.02	788.81	451.21	1146.77	725.29	M ₅	
653.02	779.85	342.68	914.40	575.16	431.88	615.77	168.71	553.00	390.06	874.17	943.94	516.66	1275.80	760.27	M ₆	
611.78 ^C	690.89	315.86	863.98	576.41	392.82	517.59	155.13	501.55	397.02	830.75	864.18	476.60	1226.40	755.81	المتوسط	
691.59	802.62	356.67	980.26	626.82	462.20	608.96	174.40	631.79	433.62	920.99	996.28	538.94	1328.72	820.03	M ₁	140
732.99	888.59	364.61	1028.47	650.27	437.05	548.01	166.66	586.94	446.59	1028.92	1229.17	562.56	1470.00	853.95	M ₂	
740.24	901.27	376.83	1040.48	642.37	454.80	595.71	169.79	629.59	424.10	1025.68	1206.83	583.87	1451.36	860.64	M ₃	
697.80	775.63	374.90	978.65	662.03	445.43	561.20	166.78	597.19	456.56	950.17	990.05	583.02	1360.10	867.49	M ₄	
638.55	698.25	313.11	940.41	602.43	408.39	511.87	160.59	565.57	395.52	868.71	884.62	465.62	1315.25	809.33	M ₅	
747.74	880.91	389.51	1061.54	659.01	494.21	680.48	174.78	674.24	447.36	1001.27	1081.33	604.24	1448.85	870.67	M ₆	
708.15 ^A	824.54	362.61	1004.97	640.49	450.35	584.37	168.84	614.22	433.96	965.96	1064.71	556.38	1395.72	847.02	المتوسط	
660.91	706.79	351.50	973.87	611.47	465.48	537.91	166.14	720.39	437.48	856.33	875.67	536.86	1227.35	785.46	M ₁	160
681.03	701.54	370.67	1020.00	631.89	448.95	474.58	157.93	712.46	450.82	913.10	928.49	583.42	1327.54	812.97	M ₂	
662.29	644.34	371.58	1009.93	623.29	470.52	512.10	170.80	760.82	438.38	854.05	776.58	572.36	1259.05	808.20	M ₃	
649.99	623.04	351.30	1004.65	620.96	444.71	432.39	159.29	748.00	439.17	855.26	813.69	543.30	1261.29	802.75	M ₄	

609.41	585.05	351.71	903.79	597.09	414.61	424.15	161.26	663.01	410.03	804.21	745.96	542.17	1144.58	784.16	M ₅	
684.87	679.09	392.03	1041.98	626.38	478.54	500.33	169.58	798.39	445.84	891.21	857.84	614.48	1285.58	806.92	M ₆	
658.08 ^B	656.64	364.80	992.37	618.51	453.80	480.24	164.17	733.84	436.95	862.36	833.04	565.43	1250.90	800.08	المتوسط	
571.38 ^c	644.95	291.71	813.42	535.45	391.30	486.94	153.03	542.20	383.03	751.46	802.97	430.38	1084.64	687.86	M ₁	متوسط طبيعية الزراعة مع السماد
595.04 ^b	669.33	306.31	840.67	563.84	374.45	445.44	146.87	515.81	389.69	815.62	893.22	465.75	1165.52	737.99	M ₂	
589.23 ^b	662.44	302.89	838.68	552.92	387.99	481.94	152.30	537.33	380.39	790.48	842.94	453.48	1140.03	725.46	M ₃	
574.10 ^c	617.72	295.56	823.71	559.40	375.74	435.12	146.68	528.22	392.94	772.45	800.32	444.44	1119.20	725.85	M ₄	
538.96 ^d	579.95	279.22	770.96	525.72	353.23	416.68	143.50	494.48	358.24	724.70	743.21	414.95	1047.45	693.20	M ₅	
607.39 ^a	687.88	320.20	866.54	554.94	410.46	525.02	156.52	576.30	384.01	804.32	850.74	483.88	1156.78	725.88	M ₆	
579.35	643.71 ^B	299.31 ^D	825.66 ^A	548.71 ^C	382.19 ^b	465.19	149.82	532.39	381.38	776.51 ^a	822.23	448.81	1118.94	716.04	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100%

بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆) .

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
64.572	45.659	28.877	20.419	26.361	18.640	11.789	8.336	32.286	22.830	14.439	10.210	13.181	9.320	5.895	LSD (0.05)
% 6.9															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الأزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية (C)، الأصناف (D).

2-6- متوسط الغلة الحيوية **Biological yield** (غ. م²): بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط الغلة الحيوية بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 16). يُلاحظ أنّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (2472.64 غ. م²)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (1400.31 غ. م²). وسببت الزراعة المطرية انخفاضاً في الغلة الحيوية مقداره 43.36% بالمقارنة مع الزراعة المروية، ما يؤكد على أهمية إتاحة المياه العذبة بكميات كافية خلال مختلف مراحل النمو والتطور للحصول على أكبر كتلة حيّة Biomass عند النضج. ويُعزى انخفاض الغلة الحيوية تحت ظروف الزراعة المطرية إلى التراجع الكبير الحاصل في نمو الأجزاء الهوائية المختلفة نتيجة تراجع محتوى التربة المائي، وأيضاً يُعزى إلى أنّ عدم توافر المياه بكميات كافية ستؤدي إلى إخلال التوازن في نسبة الأجزاء الهوائية إلى الأجزاء الأرضية Root/Shoot ratio، حيث تُسخر النباتات في البيئات المجهدّة مائياً كمية أكبر من المادة الجافة نحو المجموعة الأرضية لتشكيل مجموع جذري متعمق ومتشعب Deep well-extensive root system كأحد الآليات التكيفية المهمة لزيادة كمية المياه المُستخلصة من التربة، ومن ثم المحافظة على ميزان العلاقات المائية داخل الخلايا النباتية (الشحاذة العوده وزملاؤه، 2016). كان متوسط الغلة الحيوية الأعلى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (2165.53، 2141.98 غ. م²)، وانخفض متوسط الغلة الحيوية وبشكل معنوي مع انخفاض معدّل التسميد الآزوتي، حيث كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (1521.01 غ. م²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّل التسميد الآزوتي، أنّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) تحت ظروف الزراعة المروية وبدون فروقات معنوية بينهما (2790.26، 2733.46 غ. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (1164.13 غ. م²). وتُعزى زيادة الغلة الحيوية تحت ظروف الزراعة المروية مع زيادة معدّلات التسميد الآزوتي إلى زيادة كفاءة استعمال المياه (WUE) من الطبقات السطحية من التربة وانخفاض معدّل المياه المتسربة إلى الطبقات الأعظم Water deep percolation (Xu وزملاؤه، 2020). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (1993.77، 1992.16 غ. م² على التوالي)، تلاهما إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإشتاء؛ وعند إضافة الأسمدة الآزوتية بواقع (33% عند الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقات معنوية بينهما (1939.78، 1932.20 غ. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية

عند بداية الإزهار فقط (1837 غ. م²). وتُعزى زيادة الكتلة الحيوية عندما إضافة الأسمدة الآزوتية على دفتين إلى دور الآزوت في تشجيع النمو الخضري، ما يؤدي إلى زيادة ارتفاع النبات، وعدد الأوراق ومساحتها، وعدد الإسطاءات الكلية، ويمكن أن يعود ذلك إلى زيادة نشاط أنزيم ارجاع النترات Nitrate reductase (NR)، الذي يُعد بمنزلة المفتاح الرئيس في تصنيع الأحماض الأمينية، التي تُعد بمنزلة الوحدات البنائية الأساسية لتصنيع البروتينات البنائية، ما يؤدي إلى زيادة معدل الانقسام الخلوي، وتشكيل أنسجة نباتية جديدة لدى نباتات محصول القمح، وتظهر فعاليته بشكل أعلى عندما يُضاف الآزوت على دفعات بالمقارنة مع إضافته دفعة واحدة، حيث تُعد إضافة الآزوت بمثابة إشارة مُحَرِّضة لعمل الإنزيم وزيادة نشاطه، حيث توجد علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين الكتلة الحيوية للأجزاء فوق الأرضية (الهوائية) Aboveground biomass (AGBM) خلال مرحلة الإزهار والنشاط الأنزيمي ($r = 0.93$)، ما ينعكس إيجاباً على الغلة الحبية (Brasier وزملاؤه، 2019). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط الغلة الحبيوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% عند بداية الإسطاء) (2585.12 غ. م²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإسطاء؛ 33% عند الزراعة + 33% بداية الإسطاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (1340.95، 1393.69، 1396.59 غ. م² على التوالي)، ما يُشير إلى أهمية الماء ودوره الحيوي في زيادة كفاءة عملية الامتصاص للأزوت Efficiency of N uptake في مرحلة الإسطاء الخامس (Five-tiller stage (GS25)، حيث يحدث نمو سريع للنبات، ومنه إعطاء كمية أعلى للغلة الحبيوية (Cormier وزملاؤه، 2013). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط الغلة الحبيوية كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وذلك عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإسطاء؛ 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (2250.34، 2244.71 غ. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (1521.01 غ. م²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط الغلة الحبيوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% بداية الإسطاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (2956، 2879 غ. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (1164 غ. م²). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أن متوسط الغلة الحبيوية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح

القاسي دوما³ (2416.64 غ. م⁻²)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (2185.47 غ. م⁻²)، ثم وبفروقاتٍ معنوية صنف القمح الطري دوما⁴ (1873.79 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما² (1269.99 غ. م⁻²). ويُعزى التباين بين الأصناف في الكتلة الحيوية بشكلٍ رئيس إلى التباين في عدد السنبال في وحدة المساحة من الأرض. ويُلاحظ أنَّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى بنحو 31.81% في القمح القاسي (2307 غ. م⁻²)، بالمقارنة مع متوسط الغلة الحيوية في القمح الطري (1573 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (3005 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى صنف القمح الطري دوما² (940 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنَّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدلي التسميد الآزوتي (160، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2735، 2691 غ. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (928.4 غ. م⁻²). ما يُشير إلى أنَّ صنف القمح القاسي المدروسين أكثر استجابةً لزيادة معدلات التسميد الآزوتي بالمقارنة مع صنف القمح الطري، علماً أنَّ صنف القمح الطري دوما⁴ كان الأكثر استجابةً لزيادة معدل التسميد الآزوتي بالمقارنة مع دوما²، ويُعزى ذلك إلى التباين الوراثي بين الأصناف المزروعة، حيث تُشير الدراسات السابقة إلى امتلاك أغلب أصناف القمح القاسي مورثات *Ppd* و *Rht* المسؤولة عن زيادة كفاءة استعمال الآزوت، وبخاصةً في الترب الفقيرة بالآزوت (Frels وزملاؤه، 2018). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنَّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدلي التسميد (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3364، 3304 غ. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح الطري دوما² (747.2 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنَّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وذلك عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2493، 2483 غ. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (1184 غ. م⁻²). عموماً تضمن إضافة على الأقل 50% من الأسمدة الآزوتية عند الزراعة تأمين احتياجات النمو الخضري الأولي النشط (من مرحلة اكتمال الإنبات وظهور البادرات فوق سطح التربة وحتى بداية الإشتاء)، وتؤدي بالمقابل إضافة النصف

الثاني من الأسمدة الآزوتية عند بداية الإشطاء إلى زيادة طول فترة النمو الخضري وضمان احتياجات النمو السريع للنباتات خلال فترة استطالة الساق ما يضمن زيادة حجم المسطح الورقي الفعال في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمَّ زيادة كفاءة النبات التمثيلية وكمية المادة الجافة الكلية المُصنَّعة والمتاحة لنمو أجزاء النباتات المختلفة وتطورها، ما يؤدي إلى زيادة كمية الكتلة الحيوية عند النضج، وتؤدي أيضاً إضافة النصف الآخر من الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار إلى المحافظة على استدامة اخضرار الأوراق وضمان احتياجات النمو الخضري، حيثُ يبلغ دليل المساحة الورقية أعلى قيمة عند بداية الإزهار، التي تُشكل مرحلة الطلب الأعظمي على نواتج التمثيل الضوئي ما يضمن المحافظة على حجم المصدر Source size الفعال في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمَّ تأمين احتياجات النمو الخضري خلال مرحلة النمو الثمري Reproductive stage (Hitz وزملاؤه، 2017). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أنَّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما₃ وذلك عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% عند الزراعة + 50% عند بداية الإشطاء؛ 50% الزراعة + 50% عند بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3124، 3108 غ. م⁻² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى صنف القمح الطري دوما₂ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (896 غ. م⁻²). ما يُشير إلى أنَّ صنف القمح الطري دوما₂ أقل الأصناف استجابةً لتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية. ويُعزى الاختلاف لدى الأصناف Genotypic variation في استجابتها للآزوت إلى كفاءتها في تمثيل الآزوت في مرحلة ما قبل الإزهار وبعدها Pre- and postanthesis N assimilation، ما ينعكس إيجاباً على الكتلة الحيوية النهائية (Dhugga و Waines، 1989). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافته والأصناف، أنَّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما₃ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار (2864 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما₂ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (928.41 غ. م⁻²). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها والأصناف، أنَّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما₁ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإشطاء) (3809.41 غ. م⁻²)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما₂ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (747.17 غ. م⁻²). عموماً، تؤدي زيادة الغلة الحيوية عند النضج إلى زيادة الغلة الحبية نتيجة زيادة كمية المادة الجافة المُصنَّعة والمتاحة لنباتات المحصول خلال المراحل

المتقدمة الحرجة من حياة النبات، وبخاصة لدى الطرز الوراثية التي تكون فيها كفاءة توزيع Partitioning efficiency، ونقل Transilocation efficiency، نواتج التمثيل الضوئي باتجاه الأجزاء الاقتصادية نسبياً أكبر، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة ودرجة إمتلاء الحبوب ومن ثم الغلة الحبية، وبخاصة في حال توافر المياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب (العودة، 2005). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Xu وزملاؤه (2020)، Brasier وزملاؤه (2019)، Frels وزملاؤه (2018)، Hitz وزملاؤه (2017)، Cormier وزملاؤه (2013)، جنود (2016)، والعودة (2005).

الجدول رقم (16): متوسط الغلة الحيوية (غ . م⁻²) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الأزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الإزوتية (كغ. هكتار ⁻¹)	المعاملات السميائية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
1521.01 ^E	1541.84	928.41	1924.81	1688.97	1164.13	1069.32	747.17	1488.72	1351.32	1877.88	2014.36	1109.65	2360.90	2026.61		T ₀
1848.96	1873.54	1160.33	2247.70	2114.26	1354.03	1323.02	899.06	1597.84	1596.19	2343.88	2424.047	1421.590	2897.56	2632.34	M ₁	100
1930.13	1965.11	1204.42	2348.51	2202.47	1308.50	1204.19	844.42	1665.06	1520.32	2551.75	2726.030	1564.423	3031.96	2884.60	M ₂	
1857.36	1860.85	1157.07	2272.74	2138.76	1327.00	1279.22	878.32	1612.64	1537.80	2387.72	2442.477	1435.823	2932.84	2739.72	M ₃	
1840.38	1813.31	1178.70	2278.20	2091.32	1290.27	1199.84	894.56	1645.84	1420.83	2390.49	2426.777	1596.180	2910.56	2761.79	M ₄	
1747.00	1720.37	1045.65	2225.33	1996.64	1245.20	1192.85	799.94	1579.81	1441.53	2248.79	2281.217	1324.683	2870.84	2551.74	M ₅	
1906.94	1982.40	1256.70	2301.83	2086.81	1391.33	1399.89	973.60	1694.29	1497.52	2422.54	2565.093	1539.800	2909.36	2676.10	M ₆	
1855.13 ^D	1869.26	1167.15	2279.05	2105.04	1319.39	1260.95	881.65	1632.58	1502.37	2390.86	2477.58	1452.64	2925.52	2707.72	المتوسط	
1975.38	1964.28	1314.75	2419.80	2202.70	1432.30	1389.18	1006.93	1837.84	1525.22	2518.47	2569.150	1690.800	3001.76	2880.17	M ₁	120
2054.32	2040.99	1361.46	2479.41	2335.42	1424.22	1328.02	993.14	1830.21	1578.82	2684.42	2787.197	1728.767	3128.60	3092.01	M ₂	
2003.92	2017.73	1305.34	2452.87	2239.74	1423.91	1361.51	1007.06	1813.38	1547.01	2583.93	2707.280	1588.917	3092.36	2932.48	M ₃	
2004.72	1942.12	1318.95	2452.55	2305.26	1429.35	1245.07	996.74	1844.93	1630.64	2580.09	2639.160	1641.147	3060.16	2980.87	M ₄	
1894.51	1770.91	1260.00	2382.01	2165.13	1358.90	1191.24	939.65	1795.22	1518.43	2430.12	2283.907	1580.310	2968.80	2820.81	M ₅	
2059.47	2051.81	1401.33	2534.48	2250.27	1491.65	1471.19	1086.53	1891.28	1517.57	2627.29	2632.383	1716.137	3177.68	2982.96	M ₆	
1998.72 ^C	1964.64	1326.97	2453.52	2249.75	1426.72	1314.93	1005.02	1835.48	1551.45	2570.72	2614.34	1648.92	3071.56	2948.05	المتوسط	
2150.16	2119.63	1477.81	2619.89	2383.30	1560.76	1504.63	1075.65	2039.25	1656.83	2739.55	2767.957	1879.970	3200.52	3109.76	M ₁	140
2250.34	2191.27	1505.79	2808.96	2495.33	1545.09	1343.33	1063.92	2017.60	1755.51	2955.59	3039.217	1947.667	3600.32	3235.14	M ₂	
2149.92	2103.02	1391.79	2656.83	2448.04	1526.46	1394.23	1059.70	1972.50	1679.39	2773.38	2811.800	1723.880	3341.16	3216.68	M ₃	
2189.11	2200.38	1439.02	2685.53	2431.51	1549.20	1399.28	1054.48	2008.05	1734.97	2829.02	3001.493	1823.563	3363.00	3128.03	M ₄	
2008.94	1878.90	1315.94	2531.59	2309.34	1453.01	1260.33	995.06	1990.62	1566.01	2564.88	2497.470	1636.813	3072.56	3052.67	M ₅	
2244.71	2247.49	1460.32	2842.11	2428.90	1610.30	1361.24	1066.42	2078.98	1711.22	2627.29	2910.423	1854.207	3605.25	3146.57	M ₆	
2165.53 ^A	2123.45	1431.78	2690.82	2416.07	1540.80	1408.84	1052.54	2017.84	1683.99	2790.26	2838.06	1811.02	3363.80	3148.15	المتوسط	
2122.25	1941.33	1468.43	2627.27	2451.98	1568.83	1361.24	1015.09	2113.73	1785.24	2675.68	2521.423	1921.767	3140.80	3118.73	M ₁	160
2213.03	1950.13	1535.92	2853.51	2512.59	1570.11	1164.53	1022.29	2211.17	1882.43	2855.96	2735.720	2049.547	3495.84	3809.41	M ₂	
2128.79	1816.01	1478.91	2732.61	2487.65	1541.43	1187.11	1003.70	2121.89	1853.01	2716.16	2444.907	1954.120	3343.32	3122.28	M ₃	
2143.67	1836.87	1511.91	2739.51	2486.38	1535.48	1134.46	1004.82	2179.41	1823.22	2751.85	2539.287	2018.987	3299.60	3149.53	M ₄	

2015.46	1719.63	1372.06	2593.29	2376.88	1483.50	1114.80	998.98	2131.87	1688.33	2547.43	2324.450	1745.130	3054.72	3065.42	M ₅	
2228.66	1954.46	1606.74	2863.75	2489.68	1603.65	1322.34	1037.44	2238.45	1816.37	2853.66	2653.237	2176.043	3489.04	3162.98	M ₆	
2141.98 ^B	1869.74	1495.66	2734.99	2467.53	1550.50	1214.08	1013.72	2166.09	1808.10	2733.46	2525.39	1977.60	3303.89	3126.95	المتوسط	
1923.55 ^b	1888.12	1269.95	2367.89	2168.24	1416.01	1316.82	948.78	1815.48	1582.96	2431.09	2459.43	1591.11	2920.31	2753.52	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمواقع
1993.77 ^a	1937.87	1307.20	2483.04	2246.95	1402.41	1215.21	934.19	1842.55	1617.69	2585.12	2660.52	1680.21	3123.52	2876.22	M ₂	
1932.20 ^b	1867.89	1252.31	2407.97	2200.63	1396.59	1251.61	939.19	1801.83	1593.71	2467.81	2484.17	1565.42	3014.12	2807.56	M ₃	
1939.78 ^b	1866.91	1275.40	2416.12	2200.69	1393.69	1209.60	939.56	1833.39	1592.20	2485.87	2524.22	1611.24	2998.84	2809.17	M ₄	
1837.38 ^c	1726.33	1184.41	2331.41	2107.39	1340.95	1159.04	896.17	1797.25	1511.33	2333.82	2293.61	1472.65	2865.56	2703.45	M ₅	
1992.16 ^a	1955.60	1330.70	2493.40	2188.93	1452.21	1369.47	982.23	1878.35	1578.80	2532.10	2541.73	1679.17	3108.44	2799.05	M ₆	
-	1873.79 ^C	1269.99 ^D	2416.64 ^A	2185.47 ^B	1400.31 ^b	1253.63	940.02	1828.14	1579.45	2472.64 ^a	2493.95	1599.97	3005.13	2791.49	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)،

100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
197.6	139.7	94.16	66.58	87.86	62.13	57.39	40.58	103.0	72.85	56.78	40.15	55.98	39.58	114.6	LSD (0.05)
%6.24															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

7-2- متوسط دليل الحصاد **Harvest Index (HI%)**: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة متوسط دليل الحصاد بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 17). كان متوسط دليل الحصاد الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (30.68%)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (26.36%)، حيثُ سببت الزراعة المروية زيادةً في متوسط دليل الحصاد بنحو 14.08% بالمقارنة مع طبيعة الزراعة المطرية. ويُعزى ذلك إلى ارتفاع الغلة الحبية ومكوناتها تحت ظروف الزراعة المروية بالمقارنة مع متوسط الغلة الحبية تحت ظروف الزراعة المطرية. ويُلاحظ بالنسبة لمعدلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (31.28%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (24.85%). ويُلاحظ أنَّ إضافة المعدل الأمثل من السماد الآزوتي (140 كغ N. هكتار⁻¹) قد أدت إلى زيادة دليل الحصاد بنحو 20.55% بالمقارنة مع معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، ولكن بالمقابل خفّضت زيادة معدل التسميد الآزوتي حتى 160 كغ N. هكتار⁻¹ قيمة دليل الحصاد بنحو 3.64%، ما يُشير إلى أهمية الإدارة السليمة للتسميد الآزوتي، لتجنب جنوح النباتات للنمو الخضري الزائد، واستهلاك كمية من المادة الجافة أكبر على حساب كمية المادة الجافة المُسخّرة للنمو لثمري، وزيادة حساسية النباتات للرقاد، نتيجة اختلال التوازن بين حجم الأجزاء الهوائية والأرضية، بالإضافة إلى مخاطر تعرّض النباتات للجفاف، في البيئات الشحيحة بالمياه، أو الإصابة بالمسببات المرضية تحت ظروف الزراعة المروية. توافقت هذه النتائج مع نتائج الباحثين Ehdaie و Waines (2001)، اللذين بيّنا أنَّ معدلات التسميد الآزوتي المرتفعة خفّضت من قيمة دليل الحصاد. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (34.16%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (23.01%). ويُلاحظ بالنسبة لتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (29.07، 29.03% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% وقت الزراعة (28.39%). ويُعزى ذلك بشكلٍ رئيس إلى التباين في الغلة الحبية، ما يُشير إلى أهمية إضافة الأسمدة الآزوتية على دفعات نظراً لكونها تُسهم في زيادة الغلة الحبية والحيوية في وقتٍ واحد، ولكن تكون الزيادة في الغلة الحبية نسبياً أكبر. بيّن الباحثان Ehdaie و Waines (2001) أنَّ معدلات التسميد الآزوتي المرتفعة خفّضت من قيمة دليل الحصاد، وبخاصةً عندما أُضيف السماد الآزوتي بعد الزراعة بوقتٍ قصير، ويمكن أن تزداد قيمة دليل الحصاد عندما تُضاف الأسمدة الآزوتية بشكلٍ متأخر، وتراوحت قيم دليل

الحصاد التي تم الحصول عليها من قبل هذين الباحثين في محصول القمح القاسي بين 38.5 إلى 45.5%. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار (31.26%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (25.62%). ما يُشير إلى أهمية الماء ودوره في عملية حصاد أكبر كمية من الآزوت من خلال زيادة معدّل الامتصاص للآزوت، وانتقاله إلى داخل النبات، وزيادة كلاً من عدد السنبال في المتر المربع، وعدد الحبوب في السنبلة/النبات/وحدة المساحة من الأرض، ومنه زيادة الغلّة الحبية، وبالتالي ارتفاع متوسط دليل الحصاد، الذي يتناسب طردياً مع الغلّة الحبية. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار (32.83%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (24.85%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار (36.70%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (23.01%). يُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (34.67%)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (32.75%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (21.84%)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (24.81%) (الجدول، 20). ويُعزى تراجع قيمة دليل الحصاد لدى صنف القمح القاسي دوما³ (32.75%) إلى تفوقه في صفة الغلّة الحيوية، حيث كان متوسط الغلّة الحيوية الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (2416.64 غ. م⁻²)، الأمر الذي قلّل من قيمة دليل الحصاد بالرغم من تفوقه أيضاً في صفة الغلّة الحبية، حيث كان متوسط الغلّة الحبية الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (825.7 غ. م⁻²)، وبالمقابل، فإنّ تفوق صنف القمح الطري دوما⁴ في قيمة دليل الحصاد إنّما يُعزى إلى تفوقه على باقي الأصناف الأخرى (باستثناء الصنف دوما³) في صفة الغلّة الحبية (643.7 غ. م⁻²)، ولكن كانت الغلّة الحيوية فيه أقلّ بكثير بالمقارنة مع الغلّة الحيوية في الصنف دوما³ (1873.79 غ. م⁻²)، في حين يُعزى تدني قيمة دليل الحصاد لدى صنف القمح الطري دوما² ، إلى حقيقة أنّ الغلّة الحبية لديه كانت الأدنى معنوياً (299.3 غ. م⁻²)، وكذلك الغلّة الحيوية

(1269.99 غ. م⁻²)، ولكن كانت نسبة الانخفاض في الغلة الحبية أكبر بكثير جداً من الغلة الحبيوية. عموماً، كان متوسط دليل الحصاد أعلى بقليل لدى نباتات القمح القاسي (28.78%)، بالمقارنة مع القمح الطري (28.26%)، أي بانخفاض قدره 1.84% لدى نباتات القمح الطري. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³، وتحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ دون فروقاتٍ معنوية بينهما (36.66، 36.76) على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (15.98%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (39.39%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ ومعاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (20.56، 20.66% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (35.81، 35.43% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإشتاء (21.46%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³، وتحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (41.56، 41.32% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدلات التسميد الآزوتي (100، 120، 140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (15.26، 15.45، 16.05، 16.19% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (38.12، 37.67% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية

بينها (15.67، 15.78% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أن متوسط دليل الحصاد الأعلى معنوياً كان عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (42.78%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة)، وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقات معنوية بينها (19.62، 20.43، 20.49، 20.66% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أن متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار)، (43.46%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإشتاء (14.36%). عموماً، لا تزال قيمة دليل الحصاد منخفضة تحت ظروف الزراعتين المروية والمطرية لدى جميع الأصناف المدروسة، وهي أقل بكثير من العتبة الحرجة (60%) (العودة، 2005). ويمكن اعتمادها كمعيار انتخاب مهم لتحسين صفة الغلة الحبية في البيئة المستهدفة، تحت ظروف الزراعتين المروية والمطرية. تُعزى بشكل عام الاختلافات في قيمة دليل الحصاد إلى التباين في طريقة توزيع نواتج التمثيل الضوئي بين أجزاء النبات المختلفة، حيث تزداد بزيادة كمية نواتج التمثيل الضوئي المُسَخَّرة للنمو الثمري، ما يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة ومتوسط وزن الحبة الواحدة، ومن ثم زيادة الغلة الحبية (Martin وزملاؤه، 1989). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه جنود (2015)، Hitz وزملاؤه (2017)، و Frels وزملاؤه (2018).

الجدول رقم (17): متوسط دليل الحصاد (%) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
24.85 ^E	28.78	20.66	27.22	22.73	23.01	28.64	16.94	25.60	20.87	26.68	28.93	24.38	28.83	24.59		T ₀
26.63	31.33	20.49	31.43	23.25	24.76	32.31	15.38	28.04	23.32	28.49	30.35	25.60	34.83	23.18	M ₁	100
26.88	32.37	20.43	30.27	24.45	24.46	34.05	15.30	25.00	23.49	29.30	30.69	25.56	35.54	25.42	M ₂	
27.51	33.57	20.88	31.29	24.31	25.23	35.96	15.19	26.23	23.55	29.78	31.17	26.56	36.34	25.06	M ₃	
27.29	32.92	19.62	30.86	25.74	25.36	34.39	15.42	25.58	26.05	29.22	31.46	23.83	36.15	25.43	M ₄	
26.75	32.40	21.21	29.37	24.00	24.35	33.49	15.66	25.64	22.60	29.15	31.31	26.76	33.11	25.41	M ₅	
28.07	33.96	20.74	32.78	24.80	25.91	37.28	14.64	28.00	23.71	30.23	30.64	26.84	37.56	25.88	M ₆	
27.19 ^D	32.76	20.56	31.00	24.42	25.01	34.58	15.26	26.42	23.79	29.36	30.94	25.86	35.59	25.06	المتوسط	
29.36	36.49	21.55	34.01	25.40	27.80	40.85	15.91	28.83	25.60	30.93	32.14	27.19	39.20	25.20	M ₁	120
29.16	34.68	22.59	33.52	25.85	26.37	37.46	15.57	26.38	26.08	31.94	31.90	29.60	40.66	25.61	M ₂	
29.62	36.47	22.32	33.68	26.03	27.25	40.23	15.99	27.14	25.65	32.00	32.70	28.65	40.22	26.41	M ₃	
28.95	34.87	21.68	33.73	25.50	26.03	37.41	14.36	26.79	25.55	31.87	32.33	29.01	40.67	25.45	M ₄	
28.76	35.64	21.93	32.09	25.35	25.86	37.61	15.33	25.51	25.00	31.65	33.68	28.53	38.67	25.70	M ₅	
30.51	38.88	22.89	34.68	25.60	28.08	41.86	15.53	29.23	25.71	32.94	35.89	30.24	40.14	25.48	M ₆	
29.39 ^C	36.17	22.16	33.62	25.62	26.90	39.24	15.45	27.31	25.60	31.89	33.11	28.87	39.93	25.64	المتوسط	
30.94	38.62	22.54	36.28	26.31	28.72	41.35	16.24	31.04	26.26	33.15	35.90	28.84	41.52	26.36	M ₁	140
30.96	40.63	22.28	34.97	25.95	27.78	40.83	15.67	29.10	25.50	34.14	40.43	28.90	40.84	26.40	M ₂	
32.83	42.78	24.85	37.71	25.99	28.96	42.66	16.03	31.95	25.21	36.70	42.90	33.67	43.46	26.76	M ₃	
30.64	36.49	23.92	35.10	27.02	28.01	40.13	15.82	29.77	26.32	33.26	32.86	32.02	40.44	27.73	M ₄	
30.38	37.78	22.24	35.61	25.90	27.50	40.15	16.15	28.41	25.29	33.27	35.42	28.33	42.80	26.51	M ₅	
31.94	40.01	24.48	36.35	26.91	29.45	42.84	16.37	32.43	26.14	34.43	37.17	32.59	40.27	27.68	M ₆	
31.28 ^A	39.39	23.38	36.00	26.35	28.40	41.32	16.05	30.45	25.79	34.16	37.45	30.72	41.56	26.91	المتوسط	
30.17	37.06	22.17	36.59	24.88	28.62	39.40	16.35	34.13	24.58	31.73	34.71	27.99	39.05	25.18	M ₁	160
29.86	37.40	21.98	35.11	24.93	28.13	40.86	15.44	32.24	24.00	31.58	33.94	28.52	37.97	25.87	M ₂	
30.56	37.43	23.16	36.82	24.82	29.95	43.09	17.01	35.97	23.74	31.16	31.77	29.30	37.68	25.89	M ₃	
29.40	35.13	21.39	36.29	24.80	28.11	38.18	15.84	34.32	24.11	30.69	32.08	26.95	38.25	25.50	M ₄	

29.46	35.00	23.61	34.30	24.94	27.38	37.94	16.15	31.14	24.29	31.55	32.07	31.07	37.47	25.60	M ₅	
29.79	35.52	22.31	36.26	25.05	28.58	37.74	16.34	35.67	24.58	30.99	33.31	28.28	36.85	25.52	M ₆	
29.87 ^B	36.26	22.44	35.89	24.90	28.46	39.53	16.19	33.91	24.22	31.28	32.98	28.68	37.88	25.59	المتوسط	
28.39 ^b	34.46	21.48	33.11	24.51	26.58	36.51	16.16	29.53	24.13	30.20	32.41	26.80	36.69	24.90	M ₁	متوسط طبيعية الزراعة مع الأصناف والمواضيع
28.34 ^b	34.77	21.59	32.22	24.78	25.95	36.37	15.78	27.66	23.99	30.73	33.18	27.39	36.77	25.58	M ₂	
29.07 ^a	35.81	22.37	33.34	24.77	26.88	38.12	16.23	29.38	23.80	31.26	33.50	28.51	37.31	25.74	M ₃	
28.22 ^b	33.64	21.46	32.64	25.16	26.10	35.75	15.67	28.41	24.58	30.34	31.53	27.24	36.87	25.74	M ₄	
28.04 ^b	33.92	21.93	31.72	24.59	25.62	35.56	16.04	27.26	23.61	30.46	32.28	27.81	36.18	25.56	M ₅	
29.03 ^a	35.43	22.22	33.46	25.02	27.01	37.67	15.97	30.19	24.20	31.05	33.19	28.47	36.73	25.83	M ₆	
28.52	34.67 ^A	21.84 ^D	32.75 ^B	24.81 ^C	26.36 ^b	36.66	15.98	28.74	24.05	30.68 ^a	32.68	27.70	36.76	25.56	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
2.319	1.640	1.037	0.733	0.947	0.669	0.423	0.299	1.160	0.820	0.519	0.367	0.473	0.335	0.212	LSD (0.05)
% 5.1															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

ثالثاً- الصفات الفيزيائية القياسية للحبوب

3-1- متوسط نسبة طول الحبة/عرضها L/W ratio أو شكل الحبة Grain shape: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة نسبة طول الحبة إلى عرضها بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 18). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنَّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية (2.14)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المروية (1.97)، حيثُ سبَّبَت الزراعة المروية انخفاضاً في هذه الصفة بنحو 8.62% بالمقارنة مع الزراعة المطرية. ويُعزى ذلك إلى أنَّه تحت ظروف الزراعة المروية كانت الحبوب كروية الشكل، وأعرض، حيثُ وصل عرض الحبة تحت ظروف الزراعة المروية إلى قرابة 3.38 مم، ما انعكس سلباً على النسبة بين طول الحبة وعرضها، حيثُ توجد علاقة عكسية بين شكل الحبة وعرضها، وذلك لأنَّ زيادة العرض تؤدي إلى زيادة وزن الحبة (حجم الاندوسبيرم، ووزن الجنين embryo weight)، وبالتالي زيادة الحيوية، وتحسين الجودة النهائية، وهذا ما تمَّت ملاحظته تحت ظروف الزراعة المروية. ويُعبَّر عن النسبة بين طول الحبة/عرضها بمفهوم شكل الحبة Grain shape، الذي يحدد فيما بعد صفات الحبة الناتجة، ودرجة امتلائها، ووزنها Grain weight. وتُعد صفة وزن الحبة، من الصفات الكمية، التي تتأثر بعدد كبير من العوامل، أهمها العوامل البيئية السائدة خلال مرحلة تشكل الحبوب وتطورها، ومعدّل التغذية من النبات الأم (كمية المادة الجافة المتاحة خلال مرحلة تشكل الحبوب ونموها وامتلائها)، ومدى توافر المياه المتاحة، وبخاصة خلال مرحلة ما بعد الإزهار وحتى اكتمال النضج الفيزيولوجي)، حيث يُعد الماء الناقل الوحيد لنواتج عملية التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب، بالإضافة إلى العامل الوراثي، حيث تُعد الصفات الوراثية Genetic characters الدعامة الأساسية للصفات الشكلية أو المظهرية Morphological traits، مثل طول الحبة (GL) Grain length، وعرض الحبة Grain width (GW)، وثخانة الحبة (GT) Grain thickness، ونسبة طولها إلى عرضها (W/L ratio)، ونسبة عرض الحبة إلى ثخانتها (GW/GT ratio)، ونسبة طول الحبة إلى ثخانتها (GL/GT ratio). عموماً، يُعزى ازدياد طول الحبة وتراجع عرضها تحت ظروف الزراعة المطرية إلى تراجع درجة امتلاء الحبوب، بسبب تراجع محتوى التربة المائي خلال فترة امتلاء الحبوب بالمقارنة مع ظروف الزراعة المروية، الأمر الذي يؤثر سلباً في كمية نواتج التمثيل الضوئي الواصلة إلى الحبوب خلال فترة امتلاء الحبوب، أي تراجع كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي، فيتراجع عرض الحبة. بالإضافة إلى حقيقة أنَّ المورثات المسؤولة عن طول الحبة لا تتأثر بظروف الجفاف Drought stress، عكس المورثات المسؤولة عن عرض الحبة، مثل المورثة qKW-6A (Chen وزملاؤه، 2019). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً عند معدّل لتسميد الآزوتي الأدنى (100 كغ N هكتار⁻¹)، وعند معاملة الشاهد

(بدون تسميد آزوتي) وعند معدّل التسميد الآزوتي المرتفع جداً (160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.083، 2.072، 2.058)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2.026، 2.049). تُسهم زيادة معدّل التسميد الآزوتي حتى 140 كغ N. هكتار⁻¹ في زيادة وزن الحبة الواحدة ومن ثمّ عرضها، حيثُ يُلاحظ أنّ أعلى متوسط لوزن الألف حبة كان عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (45.92 غ)، ما يُسهم في زيادة عرض الحبة، ومنه انخفاض نسبة طول الحبة إلى عرضها، حيثُ أثبتت الدراسات وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية ($r=0.85^{**}$) بين عرض الحبة ووزن الألف حبة (Wang وزملاؤه، 2012). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدّلات التسميد الآزوتي (100، 160، 120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.169، 2.167، 2.157، 2.143)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّلات التسميد الآزوتي (140، 120، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.909، 1.942، 1.950). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (2.103)، تلاه عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% وقت الزراعة؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.061، 2.060، 2.056، 2.056)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (2.011) (الجدول، 21). تميزت الحبوب الناتجة عن إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار بأنّها الأكثر طولاً (6.566 مم)، ما يُسهم في زيادة نسبة طول الحبة إلى عرضها، حيثُ توجد علاقة موجبة وطرديّة ما بين طول الحبة، ومعدّل طول الحبة إلى عرضها، كما تميزت بأقل وزن ألف حبة (41.81 غ)، ويُشير ذلك إلى أنّ عرض الحبة قليل. عموماً، تُسهم زيادة طول الحبة في زيادة مساحة الجنين فقط Big embryos area، ولكن دون وزنه Heavy embryos وهو الأهم في زيادة وزن الحبة الواحدة، ومنه زيادة وزن الألف حبة (Golan وزملاؤه، 2015). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة وتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.183، 2.162، 2.160، 2.153، 2.146)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة

+ 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.952، 1.957، 1.959، 1.975، 1.978). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.135، 2.127 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدّلات التسميد الآزوتي (120، 140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.967، 1.971، 2.001 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدّلي التسميد الآزوتي (100، 160 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.245، 2.238 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.880، 1.885، 1.887 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (2.303)، تلاه لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (2.042)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (1.911)، تلاه صنف القمح الطري دوما⁴ (1.980). تميّزت حبوب نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ بأنّها الأعرض (3.46 مم)، ما انعكس على انخفاض معدّل الشكل، كما تميّزت بأنّها الأعلى في وزن الألف حبة (50.22 غ)، وهذا يؤكد على دور عرض الحبة في زيادة وزن الحبة الواحدة، حيث تُسهم زيادة العرض في زيادة مساحة الحبة Grain area، أي زيادة سطوح امتصاص الماء، ما يُمكن أن يُسرّع من إتمام مرحلة التشرب، ومن ثمّ الإنبات وظهور البادرات فوق سطح التربة، ويؤكد ذلك حقيقة أنّ متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما⁴ (14.69 يوماً)، في حين كان الأعلى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما³ (18.07 يوماً)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية صنف القمح القاسي دوما¹ (16.45 يوماً)، ثمّ وبفروقاتٍ معنوية صنف القمح الطري دوما² (15.56 يوماً). ويؤدي أيضاً زيادة عرض الحبة إلى زيادة قوة المصب، وبالتالي كفاءة الحبة في استرجار نواتج التمثيل الضوئي Photo-assimilates، ومن ثمّ وزن الحبة (Zhang، 2014). عموماً، كان متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها الأعلى لدى القمح

القاسي (2.107)، بالمقارنة مع القمح الطري (2.01)، بانخفاض قدره 4.82% في القمح الطري بالمقارنة مع القاسي. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (2.323)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (1.676)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (1.879). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ وعند معدلات التسميد الآزوتي (100، 160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) ومعاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.339، 2.295، 2.276 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) ومعاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) ومعدلي التسميد الآزوتي (120، 100 كغ N. هكتار⁻¹)، ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.893، 1.902، 1.903، 1.909، 1.948، 1.957 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.375، 2.312، 2.308 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما⁴) عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.896، 1.897 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ ومعاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وتحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما¹، دوما⁴) عند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (2.410، 2.399، 2.362، 2.327 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدلي التسميد الآزوتي (140، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.614، 1.652 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة وتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة +

50% بداية الإزهار)، وتحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة، ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار دون فروقاتٍ معنوية بينها (2.352، 2.358، 2.426، 2.329 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1.639، 1.639، 1.660، 1.686، 1.705، 1.728 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافتها والأصناف المدروسة، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار، وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.459، 2.435، 2.396 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (1.856). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنّ متوسط نسبة طول الحبة إلى عرضها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار، وتحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% وقت الزراعة، ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.55، 2.53، 2.51 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء دون فروقاتٍ معنوية بينها (1.55، 1.57، 1.57 على التوالي). عموماً، يُعد معامل الشكل أو (معدّل طول الحبة/عرضها) من أهم العوامل التي تؤثر في جودة العمليات التصنيعية، حيث يُفضل دائماً القيم المنخفضة من معامل الشكل، لأنّه يعكس درجة امتلاء أكبر للحبة

الواحدة (عدد وحجم خلايا الاندوسبيرم، ووزن الجنين عادةً أكبر)، حيث كلما ازدادت نسبة وزن الجنين إلى وزن الحبة، ازدادت حيوية الحبوب، وقوة النمو الأولي (Finchsavage و Bassel، 2016). كما تسهم القيم المنخفضة من معامل الشكل في إعطاء حبوب متجانسة أكثر وكروية تناسب المطاحن ودرجة الطحن، ومنه الحصول على نسبة استخراج مرتفعة من الدقيق (Cabral وزملاؤه، 2018)، حيث كلما ازداد عرض الحبة ازداد متوسط الوزن النوعي للحبوب، ويتجلى ذلك بوضوح في صنف القمح الطري دوما 4 الذي أبدى أعلى قيمة في متوسط الوزن النوعي (85.21 كغ. هيكتولتر⁻¹)، حيث تسهم زيادة عرض الحبوب في زيادة حجم الأنندوسبيرم وانخفاض نسبة القشرة من مركز الحبة باتجاه خارجها، ما يُعطي نسبة استخلاص مرتفعة للدقيق، وغلة طحين عالية (Cabral Flour yeild و زملاؤه، 2018). وتميزت معظم الأصناف الحديثة بانخفاض معامل الشكل بسبب زيادة عرض الحبة على حساب طولها الذي كانت تتمتع به الأصناف القديمة، والتي تغيرت كثيراً نتيجة عمليات التهجين Hybridization والظروف البيئية (Evers وزملاؤه، 1990). وأشارت بعض الدراسات إلى أنه توجد علاقة ارتباط معنوية وموجبة بين طول الحبة، ومحتوى الحبة من البروتين، حيث كلما ازداد طول الحبة يزداد محتوى الحبوب من البروتينات ذات الوزن الجزيئي المرتفع High-molecular weight glutenin subunits (HMW-GSs)، التي تُعد مصبات جيدة للآزوت، وهذا ما تجلى لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما 1 الذي كان الأعلى في محتوى حبوبه من البروتين، وبخاصةً عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة غلة البروتين في الدقيق الناتج (Wang وزملاؤه، 2017). كما يُعزى التباين بين الأصناف في معامل الشكل تحت تأثير التسميد الآزوتي إلى وجود مورثات تؤثر في طول الحبة وعرضها، والنسبة ما بين طولها /عرضها نتيجة تأثيرها في وزن الحبة الواحدة منها، مثل المورثات AX-110556510-1D، AX-109775854-2D، AX-110468887-4A، وارتبطت هذه المورثات بزيادة كفاءة استعمال الآزوت (Zhang وزملاؤه، 2020). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Zhang وزملاؤه (2020)، Cabral وزملاؤه (2018)، Zhang (2013)، وChen وزملاؤه (2019).

الجدول رقم (18): متوسط نسبة طول الحبة إلى العرض لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ . هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
2.07 ^{AB}	1.96	2.15	1.90	2.28	2.07	2.15	2.14	1.84	2.15	2.07	1.76	2.16	1.97	2.40		T ₀
2.07	1.99	2.02	1.96	2.29	2.13	2.24	2.03	2.02	2.24	2.00	1.75	2.00	1.90	2.35	M ₁	100
2.06	1.99	2.02	1.94	2.30	2.16	2.29	2.07	2.01	2.29	1.96	1.69	1.96	1.87	2.32	M ₂	
2.13	2.02	2.13	1.93	2.44	2.25	2.39	2.23	1.97	2.39	2.01	1.64	2.02	1.89	2.48	M ₃	
2.07	1.94	2.06	1.93	2.33	2.17	2.29	2.12	1.99	2.29	1.96	1.59	1.99	1.88	2.38	M ₄	
2.13	2.03	2.13	1.98	2.40	2.23	2.33	2.24	2.03	2.33	2.04	1.73	2.02	1.92	2.46	M ₅	
2.04	1.91	2.05	1.94	2.28	2.06	2.08	2.11	1.99	2.08	2.02	1.74	1.99	1.89	2.48	M ₆	
2.08 ^A	1.98	2.07	1.95	2.34	2.17	2.27	2.13	2.00	2.27	2.00	1.69	2.00	1.89	2.41	المتوسط	
2.07	2.09	1.97	1.90	2.34	2.19	2.43	1.97	1.94	2.43	1.96	1.74	1.98	1.86	2.24	M ₁	120
2.05	1.96	2.01	1.89	2.34	2.18	2.35	2.03	1.97	2.35	1.92	1.57	1.99	1.81	2.32	M ₂	
2.02	1.94	1.98	1.91	2.25	2.12	2.27	2.02	1.94	2.27	1.92	1.62	1.93	1.88	2.24	M ₃	
2.06	1.96	2.04	1.95	2.31	2.19	2.33	2.04	2.07	2.33	1.93	1.59	2.03	1.83	2.29	M ₄	
2.12	2.07	2.09	1.93	2.38	2.23	2.41	2.17	1.94	2.41	2.00	1.72	2.02	1.91	2.36	M ₅	
1.97	1.87	1.97	1.87	2.15	2.02	2.08	2.02	1.86	2.12	1.92	1.66	1.92	1.89	2.18	M ₆	
2.05 ^{BC}	1.98	2.01	1.91	2.29	2.16	2.31	2.04	1.95	2.32	1.94	1.65	1.98	1.86	2.27	المتوسط	
2.03	2.02	1.94	1.88	2.30	2.16	2.35	1.92	1.94	2.43	1.91	1.68	1.96	1.81	2.17	M ₁	140
2.03	1.96	1.98	1.90	2.29	2.18	2.36	1.98	2.03	2.34	1.89	1.55	1.98	1.78	2.24	M ₂	
2.01	1.92	2.00	1.90	2.21	2.13	2.25	2.02	1.99	2.27	1.88	1.60	1.99	1.80	2.15	M ₃	
2.01	1.95	2.02	1.87	2.22	2.15	2.34	2.02	1.90	2.33	1.88	1.57	2.01	1.83	2.11	M ₄	
2.10	2.04	2.03	1.96	2.36	2.21	2.43	2.06	1.98	2.36	1.99	1.66	2.01	1.94	2.36	M ₅	
1.97	1.89	1.93	1.86	2.21	2.03	2.16	1.93	1.92	2.13	1.91	1.62	1.93	1.79	2.30	M ₆	
2.03 ^C	1.96	1.98	1.89	2.27	2.14	2.31	1.99	1.96	2.31	1.91	1.61	1.98	1.82	2.22	المتوسط	
2.06	1.97	2.01	1.90	2.36	2.18	2.25	2.05	1.91	2.51	1.94	1.70	1.97	1.89	2.20	M ₁	160
2.06	2.03	2.00	1.89	2.33	2.21	2.44	2.04	1.98	2.38	1.92	1.62	1.96	1.81	2.29	M ₂	
2.07	2.10	2.02	1.90	2.26	2.24	2.53	2.06	2.01	2.35	1.90	1.68	1.98	1.79	2.17	M ₃	

2.06	2.01	1.99	1.92	2.32	2.17	2.35	1.99	1.95	2.40	1.95	1.68	2.00	1.89	2.24	M ₄	
2.09	1.99	2.02	1.90	2.46	2.17	2.32	2.00	1.99	2.37	2.01	1.65	2.05	1.81	2.55	M ₅	
2.00	1.86	1.94	1.90	2.30	2.03	2.07	1.97	1.91	2.17	1.97	1.65	1.91	1.89	2.43	M ₆	
2.06 ^{AB}	1.99	2.00	1.90	2.34	2.17	2.33	2.02	1.96	2.36	1.95	1.66	1.98	1.84	2.31	المتوسط	
2.06 ^b	2.01	2.02	1.91	2.31	2.15	2.28	2.02	1.93	2.35	1.98	1.73	2.02	1.89	2.27	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة الأصناف والمواقع مع
2.06 ^b	1.98	2.03	1.91	2.31	2.16	2.32	2.05	1.97	2.30	1.95	1.64	2.01	1.85	2.31	M ₂	
2.06 ^b	1.99	2.06	1.91	2.29	2.16	2.32	2.10	1.95	2.29	1.96	1.66	2.02	1.87	2.29	M ₃	
2.06 ^b	1.97	2.05	1.91	2.29	2.15	2.29	2.06	1.95	2.30	1.96	1.64	2.04	1.88	2.28	M ₄	
2.10 ^a	2.02	2.09	1.93	2.37	2.18	2.33	2.12	1.96	2.32	2.02	1.71	2.05	1.91	2.43	M ₅	
2.01 ^c	1.90	2.01	1.90	2.24	2.04	2.11	2.03	1.91	2.13	1.98	1.69	1.98	1.89	2.36	M ₆	
2.06	1.98 ^C	2.04 ^B	1.91 ^D	2.30 ^A	2.14 ^a	2.27	2.06	1.94	2.28	1.97 ^b	1.68	2.02	1.88	2.32	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100%

بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
0.202	0.143	0.090	0.064	0.083	0.058	0.037	0.026	0.101	0.071	0.045	0.032	0.041	0.029	0.018	LSD (0.01)
%6.1															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

2-3- متوسط حجم الحبة Grain volume (مم³): يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة متوسط حجم الحبة بين جميع المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 19). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنّ متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (52.65 مم³)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (45.71 مم³)، حيثُ سبّبت الزراعة المروية زيادة في متوسط حجم الحبة بنحو 15.18% بالمقارنة مع الزراعة المطرية، حيثُ يسمح توافر المياه بزيادة طول فترة نمو الحبوب، ما يؤدي إلى زيادة حجم الحبوب المتشكلة (حجم المصب)، ويؤدي ذلك إلى زيادة متوسط وزن الألف حبة، في حال توافرت كمية كافية من المادة الجافة والمياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب (Wu وزملاؤه، 2015). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (50.55 مم³)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (47.54 مم³). عموماً، تؤدي زيادة كمية السماد الآزوتي المُضافة للتربة إلى زيادة معدّل نمو النباتات وتطورها، ما يؤدي إلى زيادة معدّل نمو الأجزاء الهوائية (حجم المصدر)، ومن ثمّ كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة والمُسخرة خلال مرحلة النمو الثمري، ما يؤدي إلى زيادة معدّل نمو الحبوب Grain growth rate، ومن ثمّ حجمها (Araus وزملاؤه، 2001). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (54.84، 54.26 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ (44.60 مم³). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (49.97، 49.95، 49.49، 49.42 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية 100% عند بداية الإزهار (47.76 مم³). ما يُشير إلى أهمية إضافة الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة وعند بداية الإزهار مناصفةً في إعطاء حبوب كبيرة الحجم، نتيجة زيادة عرض الحبة وطولها، ما ينعكس إيجاباً في زيادة حيوية الحبة، حيثُ كلّما ازداد العرض (طول المحور الثانوي minor axis) كلّما ازداد مقدار الطول (طول المحور الرئيس main axis)، فالحبوب الأكبر بالحجم تُعطي عادةً بادرات أقوى وأكثر حيوية، ما يزيد من سرعة ظهور البادرات فوق سطح التربة، وتضمن التغطية المبكرة لسطح التربة، الأمر الذي يُقلل من مساحة الأرض المكشوفة والمُعَرّضة بشكلٍ مباشرٍ للأشعة الشمسية، ما يُقلل من معدّل فقد المياه بالتبخر (E)، ويحافظ على مخزون التربة المائي لأطول فترة زمنية خلال موسم النمو، وبالتالي يزيد من كفاءة

استعمال المياه والآزوت، ومقدرة النباتات التكيفية، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية. عموماً، فإن حجم الحبة لا يؤثر فقط في عدد البادرات الناتجة، وإنما يؤثر أيضاً في مكونات الغلة، ما يؤدي إلى زيادة الغلة الحبية. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) (54.35 مم³)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (44.39، 45.12 مم³ على التوالي). ويمكن أن يُعزى ارتفاع حجم الحبة الفيزيائي عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) إلى زيادة معدل نمو السنبله وتطورها Ear development ومقدرتها على استرجار كمية أكبر من المواد الغذائية المُصنَّعة خلال هذه المرحلة، ما يؤدي إلى زيادة معدل نمو الحبوب في السنبله، وزيادة حجم الأندوسبيرم Volume of endosperm المتشكل، ومنه زيادة وزن الحبة الواحدة وحيويتها (Zörb وزملاؤه، 2018). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافتها، أن متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (51.26، 51.16 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (46.22، 46.74 مم³ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط حجم الحبة في السنبله كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 57.30، 56.44 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدلي التسميد الآزوتي (100، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينها (42.65، 42.90 مم³ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أن متوسط حجم الحبة في السنبله كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴، ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ وبدون فروقات معنوية بينهما (54.58، 54.29 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما² (39.70 مم³)، تلاه وبفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (48.13 مم³). إن متوسط حجم الحبة في السنبله كان الأعلى

لدى نباتات القمح القاسي (51.21 مم³)، بالمقارنة مع نباتات القمح الطري (47.14 مم³)، أي زيادة بنحو 8.63% بالمقارنة مع القمح الطري. وهذا ما يُفسّر تفوق صنف القمح الطري دوما⁴ في صفة وزن الألف حبة، حيث كان الأعلى معنوياً (50.22 غ)، بالمقارنة مع باقي الأصناف. عموماً، أشارت الدراسات إلى وجود مورثات تُسهم في زيادة العرض على حساب الطول مثل المورثة (*TaGW2*)، حيث تُسهم زيادة العرض في زيادة مساحة الحبة، أي زيادة في سطوح امتصاص المياه، ما يؤدي إلى تسريع إتمام مرحلة التشرب، وبدء الإنبات الفيزيولوجي (Zhang، 2015)، بينما تميزت نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ بحبوب طويلة، ما انعكس إيجاباً في زيادة الحجم الفيزيائي، حيث وصل متوسط طول الحبة الواحدة فيه إلى 8.4 سم. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (59.77 مم³)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (58.91)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (38.51 مم³). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع الأصناف، أنّ متوسط حجم الحبة في كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح الطري والقاسي (دوما⁴، دوما¹)، وعند معدّلي التسميد الآزوتي (120، 160 كغ N. هكتار⁻¹) لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (55.89، 55.88، 55.87، 55.47 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (37.50 مم³). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف، أنّ متوسط حجم الحبة في السنبلة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء (56.37 مم³)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية 100% بداية الإزهار (38.34 مم³). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (63.44، 62.83 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وتحت ظروف الزراعة المروية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (37.03، 37.28، 37.71 مم³ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف، أنّ متوسط حجم الحبة في السنبلة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة

الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) (63.65 مم³)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (36.93، 38.06 مم³ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أنّ متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح الطري دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (58.20، 57.93 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (37.50 مم³). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنّ متوسط حجم الحبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ لدى صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (67.92، 66.80 مم³ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (34.71 مم³). عموماً، تمتلك الطرز الوراثية من القمح القاسي والطري ذات الحبوب الأكبر حجماً أجنةً أكبر، ما يُسهم في زيادة المقدرة الإنباتية، ويُقلل من طول فترة الإنبات (زيادة سرعة الإنبات)، وتعطي سويقة جنينية أطول، وأكثر حيوية للبادرات، ما يُسهم لاحقاً في زيادة عدد الإشتاءات المثمرة، وبالتالي زيادة الغلّة الحبية. ونُعطي مثل هذه الحبوب بادرّات طبيعية حتى لو زرعت على أعماق كبيرة، وهذا مهم من الناحية التكيفية وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية، في حال تأخر موعد بدء هطول الأمطار، حيث يمكن وضع الحبوب على أعماقٍ أكبر ضمن طبقات التربة العميقة الرطبة، مع ضمان ظهور البادرّات فوق سطح التربة، لأنّ الحبوب الكبيرة تحتوي على كمية أكبر من المدخّرات الغذائية بالمقارنة مع الحبوب الصغيرة، وبالتالي تُساعد في تغذية المحور الجنيني بشكلٍ أفضل (Willenborg وزملاؤه، 2005). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Zhang وزملاؤه (2020)، Abdipour وزملاؤه (2016)، Wu وزملاؤه (2015)، Zörb وزملاؤه (2018)، وDong وزملاؤه (2015).

الجدول رقم (19): متوسط حجم الحبة (مم³) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ . هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
47.54 ^D	51.53	37.50	46.57	54.56	46.31	52.13	37.28	43.72	52.13	48.76	50.93	37.71	49.41	56.99		T ₀
49.87	57.20	39.35	48.16	54.77	47.06	52.17	37.67	46.22	52.17	52.68	62.22	41.03	50.10	57.37	M ₁	100
49.76	55.19	39.77	48.42	55.67	45.38	49.00	39.63	43.89	49.00	54.15	61.39	39.91	52.94	62.35	M ₂	
48.06	55.07	37.97	47.23	51.99	45.41	50.21	35.65	45.57	50.21	50.72	59.92	40.30	48.88	53.76	M ₃	
46.74	51.71	38.20	47.10	49.95	42.90	45.65	36.24	44.06	45.65	50.59	57.78	40.17	50.15	54.25	M ₄	
46.22	50.91	37.74	44.89	51.33	42.65	47.19	34.71	41.48	47.19	49.79	54.64	40.76	48.29	55.47	M ₅	
48.40	54.91	40.23	47.80	50.67	44.21	46.62	38.30	45.29	46.62	52.60	63.20	42.16	50.31	54.72	M ₆	
48.18 ^C	54.17	38.88	47.27	52.40	44.60	48.47	37.03	44.42	48.47	51.75	59.86	40.72	50.11	56.32	المتوسط	
50.43	57.21	39.91	49.25	55.35	45.51	48.45	38.58	46.56	48.45	55.35	65.96	41.25	51.93	62.24	M ₁	120
50.03	55.27	40.59	47.65	56.60	44.97	48.23	38.53	44.88	48.23	55.09	62.31	42.66	50.41	64.97	M ₂	
50.03	56.43	39.90	48.74	55.06	47.08	51.57	38.52	46.64	51.57	52.99	61.28	41.28	50.84	58.54	M ₃	
48.95	54.53	40.26	47.92	53.09	45.66	49.88	39.47	43.42	49.88	52.24	59.18	41.06	52.41	56.29	M ₄	
48.03	52.91	38.12	48.24	52.85	43.91	47.69	35.71	44.54	47.69	52.15	58.12	40.53	51.94	58.00	M ₅	
50.21	56.46	41.23	49.29	53.85	46.48	49.13	40.19	48.21	48.40	53.93	63.80	42.26	50.37	59.30	M ₆	
49.61 ^B	55.47	40.00	48.51	54.47	45.60	49.16	38.50	45.71	49.04	53.62	61.78	41.51	51.32	59.89	المتوسط	
51.26	56.79	42.09	49.41	56.75	47.10	48.64	42.26	47.83	49.67	55.42	64.93	41.92	50.98	63.84	M ₁	140
51.29	56.16	41.97	49.10	57.93	45.29	47.71	41.07	44.42	47.95	57.30	64.61	42.87	53.79	67.92	M ₂	
51.12	57.70	41.57	47.96	57.23	47.53	52.76	40.21	44.18	52.98	54.70	62.65	42.92	51.75	61.48	M ₃	
50.05	53.63	40.33	49.82	56.42	45.95	48.09	39.03	46.96	49.73	54.15	59.18	41.63	52.67	63.11	M ₄	
48.43	53.52	38.97	48.65	52.59	44.24	46.21	37.18	45.09	48.48	52.63	60.84	40.76	52.21	56.71	M ₅	
51.16	57.54	41.87	50.90	54.35	47.46	50.28	40.59	48.61	50.37	54.86	64.79	43.14	53.19	58.32	M ₆	
50.55 ^A	55.89	41.13	49.31	55.88	46.26	48.95	40.06	46.18	49.86	54.84	62.83	42.21	52.43	61.90	المتوسط	
50.76	58.20	41.04	48.75	55.04	46.66	52.42	39.44	46.72	48.07	54.85	63.99	42.63	50.78	62.01	M ₁	160
51.11	56.77	41.36	49.21	57.09	45.77	51.05	38.95	44.91	48.18	56.44	62.49	43.77	53.50	66.01	M ₂	
50.33	56.55	40.58	48.91	55.27	46.76	51.45	38.66	45.38	51.55	53.89	61.64	42.50	52.44	58.98	M ₃	

49.10	53.27	41.16	48.08	53.88	44.75	43.81	40.47	46.06	48.67	53.44	62.73	41.86	50.10	59.08	M ₄	
48.58	54.62	39.40	48.85	51.46	44.85	46.26	39.75	45.36	48.04	52.31	62.99	39.05	52.33	54.88	M ₅	
50.14	55.81	42.29	50.32	52.15	45.67	44.82	40.72	48.66	48.49	54.61	66.80	43.86	51.97	55.82	M ₆	
50.00 ^B	55.87	40.97	49.02	54.15	45.75	48.30	39.67	46.18	48.83	54.26	63.44	42.28	51.85	59.46	المتوسط	
49.97 ^a	56.18	39.98	48.43	55.29	46.53	50.76	39.05	46.21	50.10	53.41	61.61	40.91	50.64	60.49	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والموايد
49.95 ^a	54.98	40.24	48.19	56.37	45.54	49.62	39.09	44.36	49.10	54.35	60.34	41.38	52.01	63.65	M ₂	
49.42 ^a	55.45	39.50	47.88	54.82	46.62	51.63	38.06	45.10	51.69	52.21	59.28	40.94	50.67	57.95	M ₃	
48.48 ^b	52.94	39.49	47.90	53.58	45.12	47.91	38.50	44.84	49.21	51.83	57.96	40.48	50.95	57.95	M ₄	
47.76 ^c	52.70	38.34	47.44	52.56	44.39	47.90	36.93	44.04	48.71	51.13	57.50	39.76	50.84	56.41	M ₅	
49.49 ^a	55.25	40.62	48.97	53.12	46.03	48.60	39.42	46.90	49.20	52.95	61.91	41.83	51.05	57.03	M ₆	
49.18	54.58 ^A	39.70 ^C	48.13 ^B	54.29 ^A	45.71 ^b	49.40	38.51	45.24	49.67	52.65 ^a	59.77	40.88	51.03	58.91	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆) .

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
3.299	2.333	1.475	1.043	1.347	0.952	0.602	0.426	1.650	1.166	0.738	0.522	0.673	0.476	0.301	LSD (0.01)
% 4.2															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

رابعاً- الصفات النوعية للحبوب Grain quality traits

4-1- متوسط وزن الألف حبة 1000-kernel weight: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.05$) في صفة وزن الألف حبة بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 20). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (46.35 غ)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (39.21 غ)، حيث سببت الزراعة المروية ازدياداً في متوسط وزن الألف حبة مقداره 15.40%، ما يُشير إلى أهمية توافر المياه خلال فترة إمتلاء الحبوب Grain filling stage، لزيادة درجة إمتلاء الحبوب، لأنّ الماء هو الناقل الوحيد لنواتج التمثيل الضوئي من المصدر (الأوراق والسوق) إلى المصب (الحبوب). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (45.92 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (38.79 غ). ويُلاحظ ارتفاع متوسط وزن الألف حبة طرداً مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي حتى 140 كغ N. هكتار⁻¹، في حين تؤدي زيادة معدّل التسميد الآزوتي إلى تراجع معنوي في متوسط وزن الألف حبة. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (49.91 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (35.35 غ). ويُعزى تراجع متوسط وزن الألف حبة تحت ظروف الإجهاد المائي إلى تأثير الجفاف سلباً في كلّ من حجم المصدر والمصب، حيث يؤدي تعرض النباتات لظروف الإجهاد المائي إلى تقصير أطوال المراحل التطورية (الفينولوجية) المختلفة، وبالتالي تقصير طول مرحلة النمو الخضري، الأمر الذي يؤدي إلى تراجع حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمّ كفاءة النباتات التمثيلية وكمية المادة الجافة المُصنّعة والمتاحة خلال فترة إمتلاء الحبوب. ويؤدي أيضاً تراجع محتوى التربة المائي، أو غياب المياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب إلى تراجع معدّل نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر (أوراق وسوق) إلى المصب (الحبوب)، لأنّ الماء هو الناقل الوحيد لنواتج عملية التمثيل الضوئي، وبخاصّة من الأوراق إلى الحبوب (العودة، 2005؛ علي، 2006؛ الزنتاني، 2012). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (43.70 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (41.81 غ)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإشتاء (42.45 غ). ويُعزى ذلك إلى انخفاض متوسط الكتلة الحيوية (المصدر) عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار، ما يُسهم في انخفاض كمية المادة المُصنّعة والمتاحة خلال فترة

امتلاء الحبوب، ما يؤثر سلباً في معدل تراكم المادة الجافة في الحبوب المتشكلة، سواءً خلال فترة النضج اللبني (تجمع البروتين)، أو فترة النضج الشمعي (تجمع النشاء)، وهي الفترة الحرجة من مرحلة امتلاء الحبوب. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (47.23 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (38.36، 38.74 غ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (47.35، 46.90 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (38.79 غ). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (51.35 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (35.35 غ). إنّ صفة متوسط وزن الألف حبة أكثر تأثراً بظروف الجفاف، حيث يؤدي تعرّض النباتات للإجهاد المائي خلال المراحل المتقدمة من حياة النبات إلى تسريع معدل نقل المركبات الآزوتية والسكريات من الأوراق إلى الحبوب، الأمر الذي يؤدي إلى اصفرار الأوراق القديمة وشيخوختها بشكلٍ مبكر، ما يؤثر سلباً في استدامة اخضرار الأوراق وكفاءتها التمثيلية، وبخاصة الورقة العلمية وما دونها التي عادةً ما تؤدي دوراً مهماً في مدّ الحبوب بنواتج عملية التمثيل الضوئي خلال فترة امتلاء الحبوب بنسبةٍ تتراوح بين 40-90% (Slafer و Andrade، 1993). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (50.22 غ)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (46.46 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (33.37 غ)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (41.07 غ). ويُعد متوسط وزن الألف حبة حسب المقياس المعتمد للجودة (Chinese standard, GB/T 17320-2013) كبير، لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وصنف القمح القاسي دوما¹ (50.22، 46.46 غ على التوالي)، ويُعتبر صغير لدى الصنف دوما² (33.37 غ)، ويُعتبر وسط لدى صنف القمح القاسي دوما³ (41.07 غ) (Wang وزملاؤه، 2013). ولكن يُلاحظ أنّ متوسط وزن الألف

حبة كان الأعلى لدى أصناف القمح القاسي (43.77 غ) بالمقارنة مع وزن الألف حبة لدى أصناف القمح الطري (41.79 غ)، بزيادة مقدارها 4.52%. ويُعزى ذلك إلى زيادة عدد الإشطاعات المثمرة (عدد السنابل)/النبات/وحدة المساحة، وعدد الحبوب في وحدة المساحة من الأرض لدى أصناف القمح الطري (دوما²، ودوما⁴) بالمقارنة مع أصناف القمح القاسي، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حدة المنافسة على نواتج التمثيل الضوئي بين الحبوب المتشكلة خلال فترة امتلاء الحبوب، بسبب عدم كفاية نواتج التمثيل الضوئي لملي جميع الحبوب المتشكلة، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية، أو بسبب زيادة نسبة الحبوب الطرفية الصغيرة Terminal grains على طول محور السنبل (Gifford وزملاؤه، 1984). كما تميزت أصناف القمح الطري بأنها الأسرع في مرحلة النضج، ما يسهم في انخفاض معدل تراكم المادة الجافة ومن ثم تراجع متوسط وزن الألف حبة، بالمقارنة مع نباتات أصناف القمح القاسي. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أن متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (54.13 غ)، تلاه تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (48.01 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (27.19 غ). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط بين متوسط حجم الحبة الفيزيائي ومتوسط وزن الألف حبة لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴، حيث كان متوسط حجم الحبة الفيزيائي الأعلى معنوياً لديه، ما انعكس بشكل إيجابي في زيادة كمية المدخرات الغذائية المتراكمة وزيادة متوسط وزن الألف حبة. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أن متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (55.36، 55.08 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (30.59 غ). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أن متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (51.83 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (32.90 غ). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أن متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (60.05 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقات معنوية بينها (25.48، 26.07 غ على التوالي).

ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (55.33 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (26.87، 26.88 غ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ بينها (57.76، 56.86 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (30.59 غ). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنَّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (61.79، 61.69، 61.52 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار، وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (25.35، 25.48 غ على التوالي). عموماً، يُمكن أنَّ يُعزى التباين بين الأصناف في متوسط وزن الألف حبة إلى التباين في مساحة الورقة العلمية والأوراق ما دون العلمية، وكفاءة تلك الأوراق التمثيلية، وكفاءة استعمال المياه فيها، بالإضافة إلى التباين في كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب، والتباين في سماكة الساق وكمية المدخرات الغذائية المخزونة فيها، لأنَّ عملية نقل نواتج التمثيل الضوئي من السوق إلى الحبوب من أكثر العمليات الفسيولوجية تحملاً لظروف العجز المائي الشديد، كما تُشير النتائج إلى أهمية المحافظة على حجم المصدر (دليل المساحة الورقية) لزيادة كمية الأشعة الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي الممتصة (I)، ومن ثَمَّ زيادة كمية المادة الجافة المُصنَّعة، وبخاصةٍ خلال مرحلة ما بعد الإزهار Post-anthesis، حيثُ يُساعد ذلك في زيادة نسبة الزهيرات الخصبة المتشكلة Fertile florets، ومن ثَمَّ متوسط عدد الحبوب المتشكلة في السنبله/النبات، بالإضافة إلى زيادة درجة امتلاء الحبوب، ومن ثَمَّ متوسط وزن الألف حبة، وبخاصةٍ في حال توافر المياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب لزيادة كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي

من المصدر، وبخاصة الأوراق إلى المصب (الحبوب) (الشحاذة العوده وزملاؤه، 2016). ويؤدي أيضاً تأخر موعد النضج إلى زيادة طول فترة إمتلاء الحبوب، ما يؤدي إلى زيادة متوسط وزن الألف حبة. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Ding وزملاؤه (2020)، Karaman (2020)، جنود وزملائها (2015)، Wang وزملاؤه (2019)، Simmonds وزملاؤه (2016)، والعودة (2005).

الجدول رقم (20): متوسط وزن الألف حبة (غ) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الأزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السميائية (كغ . هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
38.79 ^E	43.15	30.59	39.47	41.97	35.35	39.51	25.48	36.24	40.17	42.24	46.79	35.69	42.69	43.78		T ₀
40.96	47.22	31.79	40.87	43.94	37.46	42.73	26.68	38.29	42.13	44.45	51.72	36.89	43.45	45.75	M ₁	100
40.99	46.60	31.69	40.63	45.02	36.71	40.54	25.76	37.47	43.07	45.26	52.67	37.61	43.79	46.98	M ₂	
41.15	46.76	32.03	40.69	45.12	37.29	41.17	25.76	37.76	44.48	45.01	52.35	38.29	43.61	45.77	M ₃	
40.72	46.17	31.13	40.54	45.05	36.90	40.32	25.88	37.68	43.71	44.55	52.01	36.39	43.40	46.39	M ₄	
40.25	44.71	31.22	40.39	44.69	36.57	40.08	25.35	37.73	43.12	43.93	49.34	37.09	43.04	46.25	M ₅	
42.32	48.58	33.31	40.93	46.46	38.71	44.12	26.99	38.01	45.73	45.93	53.04	39.64	43.85	47.20	M ₆	
41.06 ^D	46.67	31.86	40.67	45.05	37.27	41.49	26.07	37.82	43.71	44.86	51.85	37.65	43.52	46.39	المتوسط	
43.66	51.27	33.85	41.47	48.03	40.39	47.51	27.79	38.95	47.31	46.92	55.03	39.92	43.99	48.75	M ₁	120
43.31	50.34	34.27	41.63	47.00	38.75	43.66	27.43	38.91	45.02	47.87	57.03	41.11	44.35	48.99	M ₂	
43.96	50.81	34.11	41.87	49.03	39.86	44.66	27.76	39.16	47.85	48.06	56.97	40.47	44.59	50.21	M ₃	
43.17	50.70	33.26	41.67	47.05	38.80	44.30	26.13	39.11	45.66	47.54	57.09	40.39	44.24	48.45	M ₄	
42.45	48.38	33.42	41.33	46.68	38.54	42.75	26.95	38.60	45.84	46.37	54.01	39.88	44.07	47.51	M ₅	
45.00	53.39	34.96	41.70	49.93	40.89	48.19	28.03	39.03	48.30	49.11	58.60	41.89	44.37	51.56	M ₆	
43.59 ^C	50.82	33.98	41.61	47.95	39.54	45.18	27.35	38.96	46.67	47.64	56.45	40.61	44.27	49.24	المتوسط	
45.67	55.07	35.23	42.15	50.22	42.10	51.69	28.39	39.68	48.65	49.24	58.45	42.08	44.63	51.79	M ₁	140
46.05	55.51	35.76	42.01	50.93	41.24	49.51	28.45	39.89	47.09	50.87	61.52	43.08	44.12	54.76	M ₂	
46.90	56.86	35.83	42.16	52.74	42.44	52.03	28.80	40.04	48.89	51.35	61.69	42.85	44.28	56.58	M ₃	
45.15	54.32	35.36	41.69	49.22	41.63	49.43	28.60	39.67	48.83	48.66	59.22	42.12	43.71	49.60	M ₄	
44.42	52.64	34.76	41.61	48.67	40.76	47.64	28.48	39.40	47.53	48.07	57.64	41.04	43.81	49.81	M ₅	
47.35	57.76	36.61	42.21	52.83	43.43	53.73	29.51	40.01	50.47	51.28	61.79	43.71	44.41	55.20	M ₆	
45.92 ^A	55.36	35.59	41.97	50.77	41.93	50.67	28.70	39.78	48.58	49.91	60.05	42.48	44.16	52.96	المتوسط	
44.93	55.20	34.80	41.53	48.20	42.37	54.84	28.82	39.27	46.56	47.49	55.55	40.77	43.79	49.85	M ₁	160
44.74	55.98	34.59	41.55	46.85	41.63	54.55	27.72	39.16	45.08	47.86	57.42	41.47	43.93	48.63	M ₂	
44.88	55.91	35.28	41.90	46.43	42.79	55.90	28.73	39.75	46.78	46.97	55.91	41.83	44.05	46.08	M ₃	

44.42	55.45	34.58	41.69	45.98	41.89	55.56	28.27	39.56	44.16	46.96	55.33	40.89	43.81	47.80	M ₄	
43.11	51.70	34.53	41.25	44.97	40.56	51.11	28.14	38.85	44.13	45.67	52.29	40.92	43.64	45.81	M ₅	
45.04	56.27	35.21	41.84	46.86	42.48	56.10	28.26	39.76	45.81	47.61	56.43	42.16	43.92	47.91	M ₆	
44.52 ^B	55.08	34.83	41.62	46.55	41.95	54.68	28.32	39.39	45.42	47.09	55.49	41.34	43.86	47.68	المتوسط	
42.80 ^c	50.38	33.25	41.10	46.47	39.53	47.25	27.43	38.49	44.97	46.07	53.51	39.07	43.71	47.98	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والموايد
42.78 ^c	50.32	33.38	41.05	46.36	38.74	45.55	26.97	38.33	44.09	46.82	55.08	39.79	43.78	48.63	M ₂	
43.14 ^b	50.70	33.57	41.22	47.06	39.55	46.65	27.31	38.59	45.63	46.72	54.74	39.83	43.85	48.48	M ₃	
42.45 ^d	49.96	32.98	41.01	45.85	38.91	45.82	26.87	38.45	44.51	45.99	54.09	39.10	43.57	47.20	M ₄	
41.81 ^e	48.12	32.90	40.81	45.40	38.36	44.22	26.88	38.17	44.16	45.26	52.01	38.93	43.45	46.63	M ₅	
43.70 ^a	51.83	34.14	41.23	47.61	40.17	48.33	27.65	38.61	46.10	47.23	55.33	40.62	43.85	49.13	M ₆	
42.78	50.22 ^A	33.37 ^D	41.07 ^C	46.46 ^B	39.21 ^b	46.30	27.19	38.44	44.91	46.35 ^a	54.13	39.56	43.70	48.01	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100%

بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
1.767	1.250	0.790	0.559	0.721	0.510	0.323	0.228	0.884	0.625	0.395	0.279	0.361	0.255	0.161	LSD (0.05)
%2.6															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

4-2- متوسط محتوى البروتين في الحبوب Grain protein content (GPC) (%): يُلاحظ

من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة محتوى البروتين في الحبوب بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 21). يُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية (14.04%)، بالمقارنة مع الزراعة المروية (12.34%)، حيثُ سبّبت الزراعة المطرية ارتفاعاً في متوسط محتوى الحبوب من البروتين بنحو 11.97%، ويُعزى ذلك إلى أنّ تحت ظروف الزراعة المطرية انخفض بشكل كبير حجم الأجزاء الخضرية الهوائية (الكتلة الحيوية)، ما يؤدي إلى تراجع معدّل تصنيع المادّة الجافة، ويطرافق أيضاً الجفاف مع زيادة معدّل انتقال الآزوت وتراكمه في الحبوب N translocation، ومنه زيادة متوسط محتوى الحبوب من البروتين أثناء عملية امتلاء الحبوب، ما يؤكد على حساسية معامل حصاد الآزوت (NHI) Nitrogen harvest index لظروف الإجهاد المائي والحرارة المرتفعة التي تتعرض لها النباتات خلال فترة امتلاء الحبوب (Liang وزملاؤه، 2019). ولكن سبّبت الزراعة المطرية ارتفاعاً في دليل جودة (QI) الحبوب الناتجة، حيثُ كلّما ازداد محتوى الحبوب من البروتين ازداد دليل الجودة ودليل الدقيق الناتج عنه، ويُعد تبعاً لذلك محتوى الحبوب من البروتين من أهم المعايير المحددة لنوعية حبوب القمح القاسي (Ottman وزملاؤه، 2000). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي (120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (13.68، 13.58% على التوالي)، تلاه وبفروقات معنوية عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (13.47%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (12.30%). تُشير بعض الدراسات إلى وجود علاقة ارتباط موجبة بين معدّل التسميد الآزوتي ومعدّل تراكم المادّة الجافة في الحبوب، حيث يمكن تحسين محتوى الحبوب من البروتين من خلال زيادة معدّل نقل نواتج التمثيل الضوئي ومعدّل نقل المركبات الآزوتية من المصدر إلى المصب (الحبوب)، لأنّ الآزوت يُشكّل قرابة 7% من المادّة الجافة الكلية في النباتات (Bogard وزملاؤه، 2010). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدّلات التسميد الآزوتي (120، 140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينها (14.31، 14.40، 14.49% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (11.44%). ويمكن أن يُعزى ذلك إلى زيادة فعالية أنزيم تصنيع الغلوتامين (GS) Glutamine synthetase تحت ظروف الإجهاد المائي، الذي يؤدي دوراً فعالاً في زيادة محتوى البروتين في الحبوب بزيادة معدّلات التسميد الآزوتي، حيثُ يُعد هذا الأنزيم المفتاح الرئيس في زيادة تمثيل الآزوت Nitrogen assimilation، والتخلص من سمية الأمونيوم Ammonium

detoxification في جذور نباتات محصول القمح القاسي، وبالتالي الحصول على حبوب ذات محتوى مرتفع من البروتين (High grain protein content (HGPG وزيادة كفاءة استعمال الآزوت، بينما يحدث انخفاض في نشاطه في الأوراق، وبخاصة عند مرحلة تشكل الورقة الأولى عند زيادة معدلات التسميد الآزوتي، كما أن الارتباط بين وزن الورقة العلمية Flag leaf weight ومحتوى البروتينات الذوابة فيها Soluble protein content، ونشاط الأنزيم GS activity يسهم في التحكم في حجم الورقة المتشكلة Leaf size ومعدل العمليات الاستقلابية فيها Metabolic capacity خلال مرحلة امتلاء الحبوب وبالتالي استجرار كمية أكبر من المركبات الآزوتية إلى داخل الحبوب (Nigro وزملاؤه، 2016). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (13.89%)، تلاه وفروقات معنوية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (13.45%)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقات معنوية بينها (12.86، 12.94، 12.96، 13.05% على التوالي). ويُعزى ارتفاع متوسط محتوى البروتين عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار إلى انخفاض الكتلة الحيوية والحيية في هذا التوقيت، حيث تسهم زيادة النمو الخضري إلى زيادة حجم الجهاز التمثيلي (المسطح الأخضر والصّانعات الخضراء)، الأمر الذي يستدعي زيادة كمية الأنزيمات المهمة في عملية التمثيل الضوئي، مثل أنزيم RuBisco، الذي يُشكل أكثر من 40% من كمية البروتينات الذوابة الكلية في الأوراق، ما يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك المركبات الآزوتية في الأوراق، وبالتالي يؤثر سلباً في كمية المركبات الآزوتية (البروتين) المتاحة خلال فترة امتلاء الحبوب، إضافة إلى زيادة معدل تراكم النشاء على حساب البروتين (عبد الحميد، وديب، 2004). ووجد الباحثون أن إضافة السماد الآزوتي على دفعات Split application، قد أدّى إلى زيادة محتوى الحبوب من البروتين، وحسّن من خصائص الدقيق التصنيعية Flour baking quality، ولوحظ أن تأخير الدفعة الثانية من السماد الآزوتي إلى مرحلة تشكيل العقدة الساقية الثانية يؤثر بشكل إيجابي في محتوى الحبوب من البروتين (Hoseney وPena، 2005). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (14.83%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينها (12.00، 12.00% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط محتوى الحبوب من

البروتين كان الأعلى معنوياً عند معدلات التسميد الآزوتي (160، 120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار دون فروقات معنوية بينها (14.61، 14.49، 14.45% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (12.30%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معدلات التسميد الآزوتي (160، 120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار وبدون فروقات معنوية بينها (15.74، 15.50، 15.21% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإشطاء، وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقات معنوية بينهما (11.42، 11.44% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (15.04%)، تلاه وبفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (13.07%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (11.98%)، تلاه وبفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (12.67%). وكان متوسط محتوى الحبوب من البروتين الأعلى لدى نباتات القمح القاسي (14.06%)، بالمقارنة مع متوسط محتوى الحبوب من البروتين لدى نباتات القمح الطري (12.33%)، بارتفاع مقداره 12.30%. ويُعد ارتفاع محتوى الحبوب من البروتين مؤشراً ودليلاً على جودة الحبوب Quality index، وتتميز حبوب القمح القاسي تحت ظروف الدراسة بأنها ذات دليل جودة مرتفع، بالمقارنة مع حبوب القمح الطري، التي تُصنّف بأنها ذات دليل جودة متوسط (الجدول، 5). ويُعزى ارتفاع محتوى الحبوب من البروتين لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ إلى زيادة حجمها الفيزيائي Grain volume (54.29 مم³)، حيثُ تميزت نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ بامتلاكها حبوب طويلة نوعاً ما، ما يُسهم في زيادة أبعاد الحبة، حيثُ أنّه كلما ازدادت أبعاد الحبة كلما أدّى ذلك إلى زيادة مساحة الحبة وحجمها الداخلي، وبالتالي زيادة كمية المادة الجافة المتراكمة عامةً وزيادة نسبة البروتين المتراكمة خاصةً، وبالتالي ارتفعت قيمتها التصنيعية. وهذا يتفق مع Williams وزملاؤه (2013). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (15.91%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (10.44%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلات التسميد الآزوتي (160، 120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينها

(15.56، 15.29، 15.24% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (10.76%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (15.96%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإشتاء (11.58%). ويُعزى تراجع محتوى البروتين في الحبوب لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما إضافتها على دفعتين إلى إعطائها غلة حيوية وحبية مرتفعة عند هذه المواعيد، بالمقارنة مع نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ الذي أعطى أدنى قيمة للغلة الحبيوية والحبية عندما أُضيفت كامل الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار، وهذا يؤكد على العلاقة السلبية والمعنوية بين الغلة الحبيوية ومحتوى الحبوب من البروتين. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Conry (1995)، الذي بينَّ أنه يمكن أن تؤدي زيادة معدل التسميد الآزوتي إلى زيادة الغلة الحبيوية لمحصول القمح بنوعيه الطري والقاسي، ولكن يمكن بالمقابل أن تؤثر سلباً في نوعية الحبوب. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلي التسميد الآزوتي 120 و 140 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقات معنوية بينهما (16.54، 16.27% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (9.10%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (17.17%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (10.12، 10.19، 10.23% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلي التسميد الآزوتي 120 و 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار دون فروقات معنوية بينهما (17.06، 16.53% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (10.76%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين كان الأعلى معنوياً تحت

ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلي التسميد الآزوتي 120 و 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (18.77، 17.85% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (9.10%). عموماً، يتأثر محتوى الحبوب من البروتين بشكلٍ رئيس بالعوامل المناخية Climatic parameters، والأصناف المزروعة Cultivars، ومعدل التسميد الآزوتي Nitrogen fertilizer rate، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي Time of nitrogen application، ومحتوى التربة المائي خلال فترة امتلاء الحبوب Grain filling. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Karman (2020)، Ding وزملاؤه (2020)، Liang وزملاؤه (2019)، Zhang وزملاؤه (2017)، Nigro وزملاؤه (2016)، وجنود (2015).

الجدول رقم (21): متوسط محتوى البروتين في الحبوب (%) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الأزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
12.30 ^D	10.76	11.61	12.67	14.16	13.15	12.41	12.02	13.26	14.93	11.44	9.10	11.20	12.08	13.38	T ₀	
12.95	11.51	12.52	12.99	14.76	13.74	13.06	12.80	13.65	15.47	12.15	9.96	12.24	12.33	14.05	M ₁	100
12.67	11.36	12.09	12.99	14.26	13.61	12.94	12.61	13.91	14.97	11.74	9.77	11.57	12.07	13.55	M ₂	
13.16	11.56	12.69	13.28	15.13	13.91	13.06	13.03	13.36	16.21	12.42	10.06	12.35	13.19	14.06	M ₃	
12.58	11.27	12.34	11.72	14.99	13.74	12.64	13.17	13.29	15.84	11.42	9.89	11.51	10.14	14.13	M ₄	
13.62	11.99	12.57	13.98	15.95	14.56	13.69	13.28	14.24	17.04	12.68	10.28	11.85	13.72	14.85	M ₅	
12.63	11.37	12.21	12.26	14.67	13.64	12.87	12.50	13.73	15.43	11.62	9.87	11.91	10.79	13.90	M ₆	
12.93 ^C	11.51	12.40	12.87	14.96	13.87	13.04	12.90	13.70	15.83	12.00	9.97	11.91	12.04	14.09	المتوسط	120
13.34	12.02	12.95	13.32	15.07	14.18	13.77	13.21	14.09	15.66	12.50	10.27	12.68	12.54	14.49	M ₁	
13.13	11.81	12.70	13.41	14.60	14.13	13.40	13.19	14.10	15.84	12.13	10.23	12.21	12.71	13.36	M ₂	
14.05	12.57	13.56	14.15	15.92	14.55	14.10	13.95	13.53	16.62	13.55	11.04	13.17	14.77	15.23	M ₃	
13.13	11.58	12.93	12.51	15.49	14.04	12.71	13.32	13.73	16.39	12.22	10.45	12.54	11.29	14.59	M ₄	
14.49	12.74	13.46	14.72	17.06	15.50	14.36	13.82	15.04	18.77	13.49	11.11	13.11	14.39	15.34	M ₅	
13.32	11.84	12.90	13.35	15.21	14.02	13.17	13.06	13.89	15.98	12.62	10.50	12.73	12.82	14.44	M ₆	
13.58 ^{AB}	12.09	13.08	13.58	15.56	14.40	13.58	13.43	14.06	16.54	12.75	10.60	12.74	13.09	14.57	المتوسط	140
13.36	12.54	13.42	12.39	15.09	14.45	14.02	13.65	13.42	16.69	12.28	11.06	13.18	11.36	13.49	M ₁	
13.29	12.41	13.17	12.95	14.62	14.45	13.87	13.45	13.32	15.22	12.61	10.96	12.90	12.58	14.02	M ₂	
14.09	13.65	13.99	13.69	15.01	14.63	14.80	14.12	13.91	15.67	13.55	12.50	13.87	13.47	14.34	M ₃	
13.57	12.25	13.49	12.78	15.75	14.42	13.52	13.87	13.52	16.75	12.72	10.99	13.10	12.03	14.76	M ₄	
14.45	13.39	14.02	14.26	16.13	15.21	14.95	14.47	14.16	17.27	13.69	11.84	13.58	14.36	14.98	M ₅	
13.32	12.58	13.32	12.57	14.82	14.25	14.09	13.73	13.17	16.01	12.39	11.07	12.91	11.97	13.62	M ₆	
13.68 ^A	12.81	13.57	13.11	15.24	14.49	14.21	13.88	13.58	16.27	12.87	11.40	13.26	12.63	14.20	المتوسط	160
13.30	12.97	12.46	13.00	14.76	14.07	14.50	12.87	13.95	14.95	12.52	11.43	12.06	12.04	14.57	M ₁	
12.89	12.52	12.12	12.70	14.22	13.72	14.17	12.69	12.75	15.26	12.06	10.88	11.54	12.64	13.17	M ₂	
13.67	13.14	12.76	13.69	15.09	14.23	14.65	12.92	14.03	15.31	13.11	11.63	12.60	13.34	14.87	M ₃	

13.25	12.04	12.68	12.41	15.89	14.27	13.91	12.89	13.73	16.56	12.23	10.17	12.46	11.08	15.21	M ₄	
14.61	13.66	13.62	14.62	16.53	15.74	15.33	14.39	15.41	17.85	13.47	11.98	12.85	13.83	15.21	M ₅	
13.13	12.18	12.53	12.53	15.29	13.85	13.72	12.69	12.91	16.08	12.42	10.64	12.38	12.14	14.51	M ₆	
13.47 ^B	12.75	12.69	13.15	15.29	14.31	14.38	13.07	13.80	16.00	12.63	11.12	12.32	12.51	14.59	المتوسط	
13.05 ^c	11.96	12.59	12.87	14.77	13.92	13.55	12.91	13.67	15.54	12.18	10.36	12.27	12.07	14.00	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمواقع
12.86 ^c	11.77	12.34	12.94	14.37	13.72	13.36	12.79	13.47	15.24	12.00	10.19	11.88	12.42	13.50	M ₂	
13.45 ^b	12.34	12.92	13.49	15.06	14.09	13.80	13.21	13.62	15.75	12.81	10.87	12.64	13.37	14.38	M ₃	
12.96 ^c	12.61	11.58	12.41	15.25	13.92	13.04	13.05	13.50	16.09	12.00	10.12	12.16	11.33	14.41	M ₄	
13.89 ^a	12.50	13.06	14.05	15.96	14.83	14.15	13.59	14.42	17.17	12.95	10.86	12.52	13.68	14.75	M ₅	
12.94 ^c	11.74	12.51	12.68	14.83	13.78	13.25	12.80	13.39	15.69	12.10	10.23	12.23	11.96	13.97	M ₆	
13.19	11.98 ^D	12.67 ^C	13.07 ^B	15.04 ^A	14.04 ^a	13.53	13.06	13.68	15.91	12.34 ^b	10.44	12.28	12.47	14.17	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)،

100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆) .

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
1.147	0.811	0.513	0.363	0.468	0.331	0.209	0.148	0.573	0.406	0.256	0.181	0.234	0.166	0.105	LSD (0.01)
5.4%															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

3-4- الوزن النوعي للحبوب (وزن الهكتوليتتر) Test Weight: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة الوزن النوعي للحبوب (وزن الهكتوليتتر) بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 22). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (80.22 كغ.هكتوليتتر¹)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (77.39 كغ.هكتوليتتر¹)، حيثُ سببت الزراعة المطرية انخفاضاً في متوسط الوزن النوعي للحبوب بنحو 3.65%. ويُعزى ذلك إلى أنَّ الإجهاد المائي خلال مرحلة تشكل الحبوب يؤثر سلباً في معدل نمو الحبوب، ما يؤثر سلباً في حجم المصب Sink size، ويؤدي إذا ما استمر إلى تراجع معدل انتقال نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب، الأمر الذي يؤثر سلباً في درجة امتلاء الحبوب، ما يُفضي إلى تشكيل حبوب صغيرة وضامرة، فيتراجع الوزن النوعي ونسبة استخراج الطحين من الحبوب (ألفين، 2000). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (81.08 كغ.هكتوليتتر¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (75.92 كغ.هكتوليتتر¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (82.17 كغ.هكتوليتتر¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (73.87 كغ.هكتوليتتر¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (79.49، 79.46 كغ.هكتوليتتر¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (77.70 كغ.هكتوليتتر¹). ويُعزى انخفاض متوسط الوزن النوعي للحبوب عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار إلى انخفاض متوسط الكتلة الحيوية المتشكلة عند النضج (1837 غ. م⁻²)، وانخفاض المدة اللازمة للنضج (199.9 يوماً)، ما يُسهم في انخفاض كمية المادة الجافة المنقلة من المصدر إلى المصب خلال فترة امتلاء الحبوب. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (80.98، 80.64 كغ.هكتوليتتر¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% في بداية مرحلة الإزهار (75.92 كغ.هكتوليتتر¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين معدلات

التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء (82.11 كغ.هكتوليتراً⁻¹)، في حين كان الأدنى عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (75.92 كغ.هكتوليتراً⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء (83.29 كغ.هكتوليتراً⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (73.87 كغ.هكتوليتراً⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف، أن متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً لدى صنف القمح الطري دوما⁴ (83.69 كغ.هكتوليتراً⁻¹)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى صنف القمح الطري دوما² (81.86 كغ.هكتوليتراً⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنف القمح القاسي دوما¹ (74.28 كغ.هكتوليتراً⁻¹)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (75.40 كغ.هكتوليتراً⁻¹). وكان متوسط الوزن النوعي للحبوب الأعلى لدى القمح الطري (82.78 كغ.هكتوليتراً⁻¹) بالمقارنة مع متوسط الوزن النوعي للحبوب لدى القمح القاسي (74.84 كغ.هكتوليتراً⁻¹)، بارتفاع مقداره 9.59%. ويُعزى ذلك إلى العلاقة العكسية والسلبية ما بين الوزن النوعي (الذي يُعبر عن معدل تراكم النشاء، وحجم الاندوسبيرم النهائي، ونسبة استخراج الطحين منه)، وبين معامل حصاد الآزوت والمحتوى البروتيني داخل الحبة (ألفين، 2000)، حيث تفوقت أصناف القمح القاسي بمتوسط محتوى الحبوب من البروتين (14.06%)، بارتفاع مقداره 12.30% بالمقارنة مع نباتات أصناف القمح الطري (12.33%). كما يُلاحظ أن متوسط دليل الجودة للقمح الطري كان ثقيل جداً، في حين كان متوسط بالنسبة إلى القمح القاسي (الجدول، 6). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أن متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (85.21 كغ.هكتوليتراً⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (71.94 كغ.هكتوليتراً⁻¹). عموماً، تتميز الأقماح الطرية بارتفاع محتوى النشاء فيها، الذي يزداد بزيادة المحتوى المائي في التربة والنبات، باعتبار الماء الناقل الوحيد لنواتج التمثيل الضوئي، حيث يُقدر محتوى الحبوب من النشاء في القمح الطري بنحو 54.5-70% بالمقارنة مع القمح القاسي 54% (مصطفى، 1999). كما يُلاحظ أن نباتات صنف القمح الطري تميزت بإعطاء حبوب ذات حجم فيزيائي كان الأعلى (54.58 مم³)، نتيجة زيادة عرض الحبة، ما يؤدي إلى زيادة عدد خلايا الإندوسبيرم التخزينية ومنه زيادة قوة المصب، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة وزن الحبة الواحدة، فيزداد الوزن النوعي للحبوب (Zhang، 2013). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين معدلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أن متوسط الوزن

النوعي للحبوب (وزن الهكتولتر) كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (85.80 كغ.هكتولتر⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى صنف القمح القاسي (دوما¹، ودوما³) وبدون فروقات معنوية بينهما (71.38، 72.05 كغ.هكتولتر⁻¹ على التوالي) (الجدول، 25). ويُلاحظ أنَّ دليل الجودة بالنسبة لصنف القمح القاسي (دوما¹، دوما³) كان متوسط حسب المقياس المعتمد (الجدول، 6)، وهذا يؤكد على العلاقة العكسية ما بين الكربون والآزوت. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء) (84.39 كغ.هكتولتر⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (72.98 كغ.هكتولتر⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل ما بين طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى حبوب نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (87.93 كغ.هكتولتر⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (68.00 كغ.هكتولتر⁻¹). ما يُشير إلى أنَّ معامل حصاد البروتين أكثر حساسية للجفاف بالمقارنة مع معامل حصاد النشاء (جنود وزملاؤها، 2015). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (85.97، 85.77 كغ.هكتولتر⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (69.86 كغ.هكتولتر⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (86.91، 86.74 كغ.هكتولتر⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (71.38 كغ.هكتولتر⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح

الطري دوما⁴ عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (89.25، 88.91، 88.48 كغ.هكتوليتراً⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح القاسي (دوما¹، ودوما³)، ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلي التسميد الآزوتي (160، 100 كغ N. هكتار⁻¹) وعندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار دون فروقاتٍ معنوية بينها (68.00، 69.36، 69.4، 69.47 كغ.هكتوليتراً⁻¹ على التوالي). عموماً، يُعد وزن الهكتوليتراً Hectolitre weight من الخصائص المتعارف عليها عالمياً المحددة لرتبة (جودة) حبوب القمح، لأنه مرتبط بشكلٍ موجب بدرجة حجم الحبوب، ودرجة امتلائها، ووزنها، وسلامتها، حيث تُشير القيم المنخفضة لوزن الهكتوليتراً إلى ازدياد نسبة الحبوب الصغيرة، والضمارة والمجعدة، والمكسورة، وتتراوح قيمته من قرابة 82.4 كيلوغرام بالهكتوليتراً⁻¹ للحبوب ذات النوعية الجيدة وإلى نحو 57.9 كيلوغرام بالهكتوليتراً⁻¹ في الحبوب ذات النوعية السيئة (Atwell، 2001). عموماً، يُسهم توافر كميات كافية من محتوى التربة المائي في زيادة معامل حصاد النشاء، الذي يتألف من النشاء مركب كيميائي مضاعف الأصل (Polymer) يتألف من جزئين رئيسيين هما: الأميلوز بنسبة 20-25 %، والأميلوبكتين بنحو 75-80 % ويتركز في أندوسبرم الحبة ويُشكل 85% من وزن الحبة، حيثُ تشكل الكربوهيدرات الذائبة والنشاء نحو 74.1-78.6 %، وتتغير هذه النسبة استناداً إلى صنف القمح، والظروف المناخية السائدة خلال فترة امتلاء الحبوب (Kent وزملاؤه، 1994). وتُسهم إضافة السماد الآزوتي في زيادة كمية المادة الجافة المُصنَّعة في المصدر، ومن ثمّ انتقالها وتراكمها في المصب، وتُسهم أيضاً إضافته في مراحل متأخرة (منتصف التسنبل، الإزهار وما بعدها) في إطالة فترة حياة النبات (تأخير موعد النضج التام)، ما يسمح بتراكم كمية أكبر من المادة الجافة، ما يؤدي إلى زيادة الوزن النوعي للحبوب (الصالح، 2008). كما يُسهم في تنظيم عملية انقسام خلايا حبيبات النشاء، وانتظامها داخل الاندوسبيرم، وزيادة عددها، وتُسهم إضافة السماد الآزوتي بكمياتٍ مناسبة (140 كغ N. هكتار⁻¹)، على دفعات، في تقليل التعرض للإصابات الفطرية، وبالتالي عدم تعرّض الحبوب للضرر، ما يُحافظ على حجم المصدر (كفاءة نباتات المحصول التمثيلية)، وبالتالي زيادة الوزن النوعي للحبوب (El-Khayat، 2006). ويرتبط الوزن النوعي بعلاقة موجبة ومعنوية مع متوسط وزن الألف حبة، ويُلاحظ ذلك من نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ الذي تميز بأعلى متوسط وزن الألف حبة (50.22 غ)، ويُعد الوزن النوعي من أهم الخصائص النوعية للقمح، لأنه يؤثر في جودة الطحين، ونوعية المنتج النهائي، ويرتبط بحجم وشكل الحبة، ويتأثر بدرجة امتلاء الحبة، وكثافتها، وحجم وشكل الحبة وتجانسها. وبشكل عام تتميز أصناف القمح الطري في بيئات حوض البحر الأبيض المتوسط بأنها ذات وزن نوعي أكبر من حبوب القمح القاسي

(ألفين، 2000). ويؤثر في نسبة استخراج الطحين، حيث لوحظ وجود علاقة موجبة بين الوزن النوعي للحبوب ومردود الطحين. ويتأثر أيضاً بوزن الألف حبة، حيث تتميز الأصناف ذات الوزن المرتفع بزيادة الوزن النوعي، لأنَّ نسبة حجم الاندوسبيرم إلى بقية أقسام الحبة في الحبوب الكبيرة أكبر من نسبته في الحبوب الصغيرة الحجم (ألفين، 2000). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Taneva وزملاؤه (2019)، الصالح (2008)، El-Khayat (2006)، Simo'n وزملاؤه (2003)، وألفين (2000).

الجدول رقم (22): متوسط الوزن النوعي للحبوب (كغ. هيكتولتر⁻¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الأزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
75.92 ^E	80.98	79.29	72.05	71.38	73.87	79.56	78.59	69.36	68.00	77.97	82.39	79.98	74.75	74.76		T ₀
77.58	82.95	81.04	73.20	73.12	76.18	81.73	80.99	71.05	70.96	78.97	84.17	81.10	75.35	75.27	M ₁	100
78.51	83.62	81.02	75.04	74.38	76.79	81.99	80.16	73.00	72.02	80.23	85.25	81.88	77.08	76.73	M ₂	
77.82	83.19	80.66	73.60	73.84	76.40	81.99	80.46	71.33	71.80	79.24	84.38	80.85	75.86	75.88	M ₃	
77.96	82.61	81.67	74.44	73.11	76.35	81.14	81.16	73.00	70.10	79.56	84.07	82.18	75.88	76.12	M ₄	
76.81	82.03	79.86	72.96	72.39	75.25	80.69	80.17	70.67	69.47	78.37	83.36	79.55	75.25	75.31	M ₅	
78.97	83.67	81.85	76.35	74.03	77.75	82.05	81.63	76.00	71.29	80.20	85.28	82.07	76.69	76.76	M ₆	
77.94 ^D	83.01	81.02	74.26	73.48	76.45	81.60	80.76	72.51	70.94	79.43	84.42	81.27	76.02	76.01	المتوسط	
79.51	84.77	82.10	76.14	75.02	78.48	83.32	81.99	75.67	72.93	80.54	86.21	82.22	76.61	77.11	M ₁	120
80.63	85.38	83.37	78.07	75.71	79.28	83.45	82.50	77.00	74.18	81.98	87.31	84.23	79.13	77.24	M ₂	
79.51	84.43	81.54	77.00	75.09	78.30	82.42	80.79	76.67	73.30	80.73	86.44	82.29	77.33	76.87	M ₃	
79.63	84.35	82.44	77.35	74.37	78.68	83.21	81.76	77.33	72.42	80.58	85.49	83.12	77.37	76.32	M ₄	
78.74	83.79	80.65	76.63	73.90	77.38	81.93	79.90	76.00	71.69	80.10	85.65	81.39	77.26	76.11	M ₅	
80.65	85.54	83.18	77.91	75.96	79.96	84.21	83.06	78.00	74.56	81.34	86.87	83.29	77.82	77.36	M ₆	
79.78 ^B	84.71	82.21	77.18	75.01	78.68	83.09	81.67	76.78	73.18	80.88	86.33	82.76	77.59	76.84	المتوسط	
81.19	86.29	83.71	77.45	77.31	80.33	84.09	83.62	77.33	76.29	82.04	88.48	83.80	77.57	78.32	M ₁	140
82.11	86.91	84.01	78.21	79.29	80.93	84.57	82.62	77.67	78.85	83.29	89.25	85.40	78.76	79.73	M ₂	
80.83	85.48	82.66	76.72	78.46	79.89	83.53	81.97	76.00	78.07	81.76	87.43	83.35	77.43	78.85	M ₃	
81.19	85.17	84.16	77.76	77.68	80.29	83.72	82.57	78.00	76.86	82.09	86.61	85.74	77.52	78.50	M ₄	
79.19	84.24	81.59	76.54	74.40	77.21	81.60	80.50	76.00	70.74	81.17	86.88	82.68	77.08	78.05	M ₅	
81.95	86.74	84.37	78.44	78.27	81.22	84.58	84.07	78.33	77.91	82.68	88.91	84.66	78.54	78.63	M ₆	
81.08 ^A	85.80	83.42	77.52	77.57	79.98	83.68	82.56	77.22	76.45	82.17	87.93	84.27	77.82	78.68	المتوسط	
79.50	83.31	84.36	76.52	73.81	78.62	83.07	84.50	76.00	70.92	80.37	83.55	84.21	77.03	76.69	M ₁	160
80.28	85.07	84.09	76.98	74.99	79.11	84.50	83.27	76.33	72.36	81.45	85.65	84.92	77.63	77.61	M ₂	
79.41	83.56	83.43	76.46	74.20	78.36	82.46	83.00	76.33	71.65	80.46	84.65	83.85	76.59	76.74	M ₃	

79.09	84.05	83.10	75.63	73.58	77.38	82.63	81.83	74.33	70.73	80.79	85.46	84.36	76.92	76.43	M ₄	
77.81	83.41	81.53	73.49	72.83	75.88	81.60	81.51	71.00	69.40	79.75	85.21	81.55	75.98	76.26	M ₅	
79.78	84.19	83.71	76.81	74.42	78.56	82.99	83.82	75.67	71.74	81.01	85.38	83.59	77.95	77.10	M ₆	
79.31 ^C	83.93	83.37	75.98	73.97	77.99	82.88	82.99	74.94	71.14	80.64	84.98	83.75	77.02	76.81	المتوسط	
78.74 ^b	83.66	82.10	75.07	74.12	77.50	82.35	81.94	73.88	71.82	79.98	84.96	82.26	76.26	76.43	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمواقع
79.49 ^a	84.39	82.35	76.07	75.15	78.00	82.81	81.43	74.67	73.08	80.98	85.97	83.28	77.47	77.22	M ₂	
78.70 ^b	83.53	81.51	75.16	74.59	77.36	81.99	80.96	73.94	72.56	80.03	85.06	82.06	76.39	76.62	M ₃	
78.76 ^b	83.43	82.13	75.45	74.02	77.32	82.05	81.18	74.40	71.62	80.20	84.81	83.08	76.49	76.43	M ₄	
77.70 ^c	82.89	80.58	74.33	72.98	75.92	81.08	80.14	72.60	69.86	79.47	84.70	81.03	76.06	76.10	M ₅	
79.46 ^a	84.22	82.48	76.31	74.81	78.27	82.68	82.24	75.47	72.70	80.64	85.77	82.72	77.15	76.92	M ₆	
78.81	83.69 ^A	81.86 ^B	75.40 ^C	74.28 ^D	77.39 ^b	82.16	81.31	74.16	71.94	80.22 ^a	85.21	82.41	76.64	76.62	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100%

بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (M₆).

المتغير	(A)	(B)	AB	(C)	AC	BC	ABC	(D)	AD	BD	ABD	CD	ACD	BCD	ABCD
LSD (0.05)	0.247	0.391	0.553	0.428	0.606	0.958	1.355	0.350	0.495	0.782	1.106	0.857	1.212	1.916	2.710
C.V (%)	2.1%														

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

4-4- متوسط نسبة الغلوتين الرطب (Wet Gluten %): يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة نسبة الغلوتين الرطب بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 23). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية (34.98%)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المروية (31.49%)، حيثُ سبَّبت الزراعة المطرية ارتفاعاً في متوسط محتوى الحبوب من الغلوتين الرطب بنحو 9.98%. ويُعزى ذلك إلى أنَّ متوسط محتوى الحبوب من البروتين تحت ظروف الزراعة المطرية كان الأعلى معنوياً (14.04%)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المروية (12.34%)، ما انعكس ذلك على زيادة محتوى الغلوتين الرطب، حيثُ توجد علاقة ارتباط موجبة بين محتوى البروتين ونسبة الغلوتين الرطب (ألفين، 2000). كما يُلاحظ وجود علاقة بين نسب البروتين والغلوتين الرطب ونسبتها في الطحين الناتج، ما يُسهم في تحسين حجم الرغيف الناتج Loaf volume، حيثُ كان متوسط نسبة الغلوتين الرطب تحت الزراعة المطرية نحو (34.98%)، ما يُشير إلى أنَّ محتوى الدقيق من البروتين يمكن أن يصل إلى 16%، بالمقارنة مع نسبته تحت ظروف الزراعة المروية، الذي يمكن أن يصل إلى 10%. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي (120، 140) كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (34.33، 33.99% على التوالي)، تلاه وبفروقات معنوية عند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (33.76%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (31.37%). ما يُشير إلى دور زيادة معدّلات التسميد الآزوتي حتى 140 كغ N. هكتار⁻¹، حيثُ تُسهم في زيادة كمية وجودة البروتين الناتج، حيثُ تتميز الغليادينات (ω -gliadins) بأنها غنية بالغلوتامين Glutamine والبرولين Proline التي تُعد مصبات جيدة للأزوت Good sinks for N، والتي تزداد بزيادة معدّلات التسميد الآزوتي (Dupont و Altenbach، 2003). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدّلي التسميد الآزوتي (120، 140) كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (36.05، 35.84% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (29.72%). ويُلاحظ أنَّ نسبة البروتين في الدقيق عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 120) كغ N. هكتار⁻¹) يمكن أن تصل إلى 12% بالمقارنة مع الشاهد (بدون تسميد آزوتي) الذي يصل إلى 10%، حيثُ سبَّبت زيادة معدّلات التسميد الآزوتي حتى حدٍ معين زيادة في محتوى الدقيق من البروتين بنحو 16%، ويُعد هذا مؤشراً مهماً على تحسين جودة الخبز الناتج Baking quality (Grausgruber وزملاؤه، 2000). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار

(34.20%)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء (32.71%). ويُعزى ذلك إلى ارتفاع متوسط الغلة الحيوية، ما يضمن إتاحة كمية أكبر من نواتج التثيل الضوئي خلال فترة امتلاء الحبوب، بالمقارنة مع انخفاضها عند إضافة كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار، ما انعكس على زيادة محتوى الحبوب من البروتين وانخفاض نسبة المادة الجافة المتراكمة، ومنه زيادة محتوى الغلوتين الرطب. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (35.41%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (31.01، 31.07، 31.32% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً عند معدلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (35.64، 35.54% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (31.37%). ويُعزى ذلك إلى أنَّ متوسط الغلة الحيوية والحيية كان الأعلى عند موعد إضافتها بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، ما سبب انخفاضاً في محتوى البروتين المتراكم في الحبوب، نتيجة زيادة كمية الكربوهيدرات (النشاء)، ما أدّى إلى انخفاض محتوى الغلوتين الناتج. ويُعزى انخفاض نسبة الغلوتين الرطب عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإشتاء، لأنَّ محتوى البروتين في الحبوب كان الأدنى معنوياً (11.42%). ويُلاحظ أنَّ نسبة البروتين في الدقيق الناتج يُمكن أن تصل إلى 10%، بالمقارنة إضافة كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار، الذي يُمكن أن تصل إلى 12%. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً كان تحت ظروف الزراعة المطرية عند معدلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (37.91، 37.52% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (29.72، 30.51% على التوالي). ما يُشير إلى أنَّ معامل حصاد الآزوت يزداد تحت ظروف الجفاف، وارتفاع درجة الحرارة، التي تؤثر إيجاباً في زيادة تراكم المركبات الآزوتية على حساب المركبات السكرية. ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً كان لدى نباتات صنف

القمح القاسي دوما¹ (43.10%)، ويُعزى ذلك إلى أنه كان الأعلى معنوياً في محتوى الحبوب من البروتين (15.04%)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (32.53%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (26.89%)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (30.41%). كان متوسط نسبة الغلوتين الرطب الأعلى لدى نباتات القمح القاسي (37.82%)، بالمقارنة مع متوسط نسبة الغلوتين الرطب لدى نباتات القمح الطري (28.65%)، بارتفاع مقداره 24.25%. ويُعزى ذلك إلى أن متوسط محتوى الحبوب من البروتين لدى نباتات القمح القاسي (متوسط الصنفين) كان الأعلى (14.06%)، بالمقارنة مع متوسط نباتات القمح الطري (12.33%). ولوحظ وجود تباين وراثي معنوي في محتوى الحبوب من الغلوتين الجاف، والقساوة Hardness، والبللورية Vitreousness ضمن أصناف القمح القاسي السورية (El-Khayat وزملاؤه، 2006). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أن متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (45.56%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (23.63%). ويُعزى ذلك إلى أنه كان الأدنى في محتوى الحبوب من البروتين (11.98%)، كما تميز بأنه الأعلى في متوسط الوزن النوعي للحبوب، الذي يعكس درجة امتلاء الحبة ومحتواها من النشاء، وبالتالي انخفاض نسبة المركبات الآزوتية فيه. ويُعزى أيضاً ارتفاع نسبة الغلوتين الرطب لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ إلى التباين في عدد الأيام اللازمة للنضج، حيث كان الأعلى معنوياً في عدد الأيام اللازمة للنضج (205.1 يوماً)، ما يسهم في زيادة طول فترة امتلاء الحبوب، وبخاصة عند فترة النضج اللبني (Z₇₀-Z₇₇)، التي يحدث فيها تراكم المركبات الآزوتية (Barneix، 2007). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أن متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّلات التسميد الآزوتي (140، 160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (43.90، 44.24، 43.75% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (24.98%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أن متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشطاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (44.19، 43.72% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء (26.38%). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أن متوسط نسبة الغلوتين الرطب

كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلات التسميد الآزوتي 120 و 140 و 160 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقات معنوية بينها (46.54، 46.56، 45.73% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقات معنوية بينهما (22.20، 22.85% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (46.77، 46.16% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينها (23.26، 23.36% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلي التسميد الآزوتي 160 و 140 عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار وبدون فروقات معنوية بينهما (45.71، 45.47% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (24.98، 25.33% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنَّ متوسط نسبة الغلوتين الرطب كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدلي التسميد الآزوتي 120 و 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار وبدون فروقات معنوية بينها (48.15، 47.81% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (22.20%). تتوافق هذه النتائج مع Zörb وزملاؤه (2018)، Makowska وزملاؤه (2008)، الصالح (2008)، El-Khayat وزملاؤه (2006)، وألفين (2000). عموماً، يؤدي الغلوتين دوراً حيوياً في تحديد كفاءة امتصاص الماء وتماسك العجين ولزوجته، إضافةً إلى مطاطية العجين، ويُشكل الغلوتين تقريباً 78-85% من البروتين الموجود في سويداء حبة القمح الطري، ويُعد من المركبات الكبيرة المعقدة التي تتكون بشكل رئيس من بيبتيديات عديدة متعددة السلاسل وبيبتيديات عديدة أحادية السلسلة، تُسمى غلوتينين Glutenins وجليادين Gliadins على التوالي، حيث يكون الغلوتينين عادةً مسؤول عن

مرونة العجين، بينما الجليادين مسؤول عن لزوجة ومطاطية العجين Extensibility. ويمكن أن يُعرّف الغلوتين Gluten بأنه الكتلة المطاطية التي تبقى عندما يُغسل عجين القمح لإزالة حبيبات النشاء والمكونات الذوّابة في الماء، واعتماداً على عملية الغسل العام، فعادةً ما تحتوي المادة الصلبة الجافة على قرابة 75-85% بروتين ونحو 5-10% مواد دهنية، أما بالنسبة المتبقية فتتمثل بقايا حبيبات النشاء أو سكريات غير نشوية. ويعتمد محتوى البروتين في حبوب القمح على الطراز الوراثي، ولكنه يتأثر أيضاً بالعوامل البيئية، مثل إضافة الأسمدة الآزوتية، ومدى إتاحة المياه ودرجة الحرارة السائدة خلال موسم النمو، وبخاصة خلال فترة امتلاء الحبوب، حيث تؤثر هذه العوامل في معدّل تطور حبوب القمح، ومعدّل تراكم البروتينات Protein accumulation، وإدخال النشاء Starch deposition في الحبوب خلال مرحلة النضج الفيزيولوجي (Jamieson وزملاؤه، 2001؛ Dupont و Altenbach، 2003).

الجدول رقم (23): متوسط محتوى الغلوتين الرطب (%) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
31.37 ^D	24.98	27.90	31.54	41.07	33.03	27.77	28.16	32.35	43.84	29.72	22.20	27.64	30.73	38.29		T ₀
32.29	25.52	29.06	32.80	41.78	34.07	28.10	29.98	33.64	44.58	30.51	22.95	28.13	31.97	38.99	M ₁	100
32.16	25.33	29.00	32.55	41.76	33.65	27.98	29.58	33.02	44.02	30.67	22.67	28.43	32.09	39.51	M ₂	
33.16	26.28	30.21	32.86	43.29	34.97	29.42	31.46	32.91	46.10	31.35	23.14	28.96	32.82	40.47	M ₃	
32.55	26.06	29.56	32.05	42.52	34.32	29.51	30.54	32.15	45.10	30.77	22.61	28.58	31.96	39.94	M ₄	
33.81	27.15	30.90	33.49	43.71	35.81	31.09	31.96	33.55	46.66	31.81	23.20	29.84	33.44	40.76	M ₅	
32.36	25.68	29.32	32.18	42.25	33.93	28.83	29.82	32.74	44.33	30.78	22.52	28.82	31.61	40.17	M ₆	
32.72 ^C	26.00	29.68	32.66	42.55	34.46	29.16	30.56	33.00	45.13	30.98	22.85	28.79	32.32	39.97	المتوسط	
33.98	27.24	31.05	33.99	43.66	35.74	30.95	31.64	34.19	46.17	32.23	23.53	30.45	33.78	41.16	M ₁	120
33.55	26.68	31.12	33.76	42.64	35.36	30.10	32.14	33.99	45.23	31.74	23.27	30.10	33.53	40.06	M ₂	
34.68	27.11	32.36	34.44	44.81	36.41	30.47	33.70	34.09	47.40	32.95	23.75	31.02	34.80	42.23	M ₃	
33.70	26.81	30.77	33.73	43.48	35.41	30.35	30.82	34.19	46.30	31.98	23.28	30.72	33.27	40.65	M ₄	
34.65	27.65	32.20	33.76	44.97	36.83	31.30	33.01	34.87	48.15	32.46	24.01	31.39	32.64	41.80	M ₅	
33.38	26.90	30.73	32.94	42.94	35.26	30.20	30.87	33.87	46.12	31.50	23.61	30.60	32.02	39.76	M ₆	
33.99 ^{AB}	27.07	31.37	33.77	43.75	35.84	30.56	32.03	34.20	46.56	32.14	23.57	30.71	33.34	40.94	المتوسط	
34.12	27.51	32.47	32.40	44.10	35.86	30.87	32.75	32.68	47.14	32.39	24.16	32.19	32.13	41.06	M ₁	140
33.72	27.35	31.78	31.69	44.04	35.40	30.50	32.70	32.12	46.28	32.03	24.21	30.85	31.26	41.80	M ₂	
35.07	28.74	33.66	32.95	44.92	36.83	32.42	34.63	33.30	46.99	33.30	25.06	32.68	32.61	42.86	M ₃	
33.92	27.68	31.63	32.54	43.81	35.42	30.55	31.67	33.16	46.30	32.41	24.80	31.60	31.93	41.31	M ₄	
35.64	29.63	34.11	33.33	45.47	37.52	33.76	34.85	34.09	47.38	33.75	25.50	33.38	32.58	43.56	M ₅	
33.51	27.72	31.43	31.81	43.07	35.26	31.26	32.08	32.59	45.12	31.76	24.19	30.79	31.03	41.02	M ₆	
34.33 ^A	28.11	32.51	32.46	44.24	36.05	31.56	33.11	32.99	46.54	32.61	24.65	31.91	31.92	41.94	المتوسط	
33.59	28.48	30.04	32.41	43.45	35.02	32.15	30.61	32.84	44.46	32.17	24.81	29.46	31.98	42.43	M ₁	160
32.74	27.53	29.62	31.16	42.67	34.60	31.09	30.68	31.74	44.88	30.89	23.97	28.55	30.58	40.46	M ₂	
34.15	29.08	30.73	32.28	44.49	35.80	32.52	31.08	33.12	46.47	32.49	25.64	30.39	31.44	42.51	M ₃	

33.33	27.60	29.94	32.19	43.60	34.97	31.31	30.21	32.98	45.38	31.70	23.90	29.68	31.41	41.81	M ₄	
35.54	29.42	32.99	34.04	45.71	37.91	33.04	35.58	35.22	47.81	33.16	25.80	30.40	32.86	43.60	M ₅	
33.18	27.66	30.26	31.30	43.49	34.74	30.30	31.05	32.25	45.36	31.62	25.03	29.46	30.35	41.62	M ₆	
33.76 ^B	28.30	30.60	32.23	43.90	35.51	31.74	31.54	33.03	45.73	32.01	24.86	29.66	31.44	42.07	المتوسط	
33.07 ^c	26.75	30.10	32.63	42.81	34.74	29.97	30.63	33.14	45.24	31.40	23.53	29.58	32.12	40.39	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمراعي
32.71 ^c	26.38	29.88	32.14	42.44	34.41	29.49	30.65	32.64	44.85	31.01	23.26	29.11	31.64	40.03	M ₂	
33.69 ^b	27.24	30.97	32.82	43.72	35.41	30.52	31.81	33.15	46.16	31.96	23.96	30.14	32.48	41.27	M ₃	
32.97 ^c	26.63	29.96	32.41	42.89	34.63	29.90	30.28	32.97	45.38	31.32	23.36	29.65	31.86	40.40	M ₄	
34.20 ^a	27.77	31.62	33.23	44.19	36.22	31.39	32.71	34.01	46.77	32.18	24.14	30.53	32.45	41.60	M ₅	
32.76 ^c	26.59	29.93	31.96	42.56	34.45	29.67	30.40	32.76	44.95	31.07	23.51	29.46	31.15	40.17	M ₆	
33.23	26.89 ^D	30.41 ^C	32.53 ^B	43.10 ^A	34.98 ^b	30.16	31.08	33.11	45.56	31.49 ^b	23.63	29.74	31.95	40.64	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)،

100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
2.523	1.784	1.128	0.798	1.030	0.728	0.461	0.326	1.261	0.892	0.564	0.399	0.515	0.364	0.230	LSD (0.01)
%3.6															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

4-5- متوسط معامل الغلوتين Gluten index: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة معامل الغلوتين بين المتغيرات والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 24). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية (75.91)، بالمقارنة مع الزراعة المروية (71.48)، حيثُ سبَّبت الزراعة المطرية ارتفاعاً في متوسط معامل الغلوتين بنحو 5.84%. ويُعزى ذلك إلى التباين في محتوى الحبوب من الغلوتين، حيثُ يزداد معامل الغلوتين بزيادة محتوى الحبوب من الغلوتين. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (75.28)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدّلي التسميد الآزوتي (160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (74.81، 74.60 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (71.00). يُعد معامل الغلوتين، مؤشراً دقيقاً على كفاءة عملية التسميد الآزوتي في تحسين جودة الحبوب الناتجة، ونوعية الطحين الناتج، حيثُ انخفض معامل الغلوتين عند معاملة الشاهد بنحو 5.68% بالمقارنة مع معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (77.32، 77.11 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (68.83). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (74.80)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (73.08، 73.12، 73.31، 73.54 على التوالي). ويُعزى ارتفاع معامل الغلوتين عند إضافة كامل كمية السماد الآزوتي في بداية مرحلة الإزهار إلى ارتفاع محتوى الحبوب من البروتين (13.89%)، والغلوتين الرطب أيضاً (34.20%)، أما فيما يتعلق بموعد الإضافة على ثلاث دفعات، فيُعزى إلى دور إضافة السماد الآزوتي في المراحل المتأخرة Late application of N من حياة نباتات محصول القمح الطري (من مرحلة الحبل، والتسنبل، أو الإزهار وما بعدها) بأنّها ضرورية لتحسين جودة الخبز الناتج، حيثُ تُسهم الدفعة الأخيرة في زيادة كفاءة توزيع الآزوت ضمن النبات N partitioning، ولكي يتم الحصول على حبوب ذات محتوى مرتفع من البروتين، يجب إضافة دفعة من الآزوت خلال المراحل المتأخرة من حياة المحصول، حتى يُصبح معدّل بناء جزيئات البروتين أعلى وأسرع من بناء النشاء خلال مرحلة امتلاء الحبوب، كما تُسهم إضافتها في هذه المرحلة في إطالة فترة امتلاء الحبوب (Xue وزملاؤه، 2016). ويُلاحظ

بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (77.27)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 71.00، 70.95، 70.87 بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (71.00، 70.95، 70.87). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (76.75، 76.71 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (71.00). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معدّلي التسميد الآزوتي (160، 140 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (79.58، 79.08، 78.75 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإشتاء وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (69.92، 68.83 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما¹ (86.98)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما³ (70.87)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (67.52)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (69.42). وكان متوسط معامل الغلوتين الأعلى لدى حبوب القمح القاسي (78.93)، بالمقارنة مع متوسط معامل الغلوتين لدى حبوب القمح الطري (68.47)، بارتفاع مقداره 13.25%. ويُعزى ذلك إلى انخفاض متوسط محتوى الحبوب من البروتين الكلي، والغلوتين لدى حبوب القمح الطري. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما¹ (90.02)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (65.99). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً لدى حبوب نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّلات التسميد الآزوتي (140، 160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (87.53، 87.69، 88.22 على

التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (64.17). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (87.80، 87.47 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى حبوب نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (66.93، 66.70، 66.93، 67.40 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّلات التسميد الآزوتي (140، 160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (91.50، 91.11، 90.50 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (62.00). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (91.07، 90.53، 89.87 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (65.07، 65.27 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً لدى حبوب نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (89.50، 89.33 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (64.17، 64.67 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنَّ متوسط معامل الغلوتين كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معدّل التسميد

الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (93.67)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (62.00). عموماً، يُعطي دليل الغلوتين معلوماتٍ عن كلٍّ من الخصائص الكمية والنوعية للغلوتين. وإنَّ قيمة دليل الغلوتين Gluten index value هي من المعايير المحددة فيما إذا كانت نوعية الغلوتين ضعيفة، أو قوية أو عادية (Ames وزملاؤه، 2003). وبناءً على قيمة دليل الغلوتين، اقترح الباحثة Metho وزملاؤه (1997) سبع درجات من القمح القاسي، حيث تُعتبر القيمة ما بين 65 – 80 جيدة، بينما تُعد القيم بين 80 فما فوق ممتازة. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه الصالح (2008)، الخياط (2006)، Johansson وزملاؤه (2002)، وألفين (2000).

الجدول رقم (24): متوسط معامل الغلوتين لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السحابية (كغ. هكتار ⁻¹)	
					مطرية					مروية							
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁			
71.00 ^D	64.17	66.33	68.67	84.83	73.17	66.33	68.67	70.33	87.33	68.83	62.00	64.00	67.00	82.33	M ₁	100	T ₀
72.33	65.50	68.00	70.00	85.83	74.42	67.67	70.00	71.67	88.33	70.25	63.33	66.00	68.33	83.33	M ₂		
72.29	64.67	68.17	70.33	86.00	74.58	66.33	70.33	72.67	89.00	70.00	63.00	66.00	68.00	83.00	M ₃		
72.92	65.33	69.00	70.67	86.67	75.33	67.33	71.67	72.67	89.67	70.50	63.33	66.33	68.67	83.67	M ₄		
72.92	65.50	68.17	70.33	87.67	75.92	68.00	70.67	73.33	91.67	69.92	63.00	65.67	67.33	83.67	M ₅		
73.96	66.83	69.83	72.00	87.17	76.50	69.33	72.33	74.33	90.00	71.42	64.33	67.33	69.67	84.33	M ₆		
72.33	65.00	67.33	70.50	86.50	74.67	67.00	69.00	73.33	89.33	70.00	63.00	65.67	67.67	83.67	M ₆		
72.79 ^C	65.47	68.42	70.64	86.64	75.24	67.61	70.67	73.00	89.67	70.35	63.33	66.17	68.28	83.61	المتوسط		
74.68	67.67	69.83	73.55	87.67	76.58	69.00	71.33	75.33	90.67	72.77	66.33	68.33	71.76	84.67	M ₁	120	
74.08	67.33	69.50	72.50	87.00	76.25	70.00	71.00	74.33	89.67	71.92	64.67	68.00	70.67	84.33	M ₂		
75.79	68.50	71.67	74.33	88.67	77.67	69.67	73.67	75.67	91.67	73.92	67.33	69.67	73.00	85.67	M ₃		
73.79	67.17	69.33	72.00	86.67	75.92	69.33	70.33	74.67	89.33	71.67	65.00	68.33	69.33	84.00	M ₄		
75.58	68.83	72.50	72.50	88.50	78.00	70.33	74.67	75.33	91.67	73.17	67.33	70.33	69.67	85.33	M ₅		
73.67	67.50	68.83	71.67	86.67	76.00	68.67	70.67	74.67	90.00	71.33	66.33	67.00	68.67	83.33	M ₆		
74.60 ^B	67.83	70.28	72.76	87.53	76.74	69.50	71.94	75.00	90.50	72.46	66.17	68.61	70.52	84.56	المتوسط		
75.08	69.33	71.83	71.50	87.67	76.92	70.00	72.67	74.00	91.00	73.25	68.67	71.00	69.00	84.33	M ₁	140	
74.71	68.83	71.33	70.17	88.50	76.58	69.67	73.33	72.67	90.67	72.83	68.00	69.33	67.67	86.33	M ₂		
76.46	71.00	73.00	72.50	89.33	78.75	72.33	74.33	75.33	93.00	74.17	69.67	71.67	69.67	85.67	M ₃		
74.54	69.00	70.67	71.33	87.17	76.50	69.67	71.67	74.67	90.00	72.58	68.33	69.67	68.00	84.33	M ₄		
76.75	71.67	74.00	71.83	89.50	79.08	72.33	75.33	75.00	93.67	74.42	71.00	72.67	68.67	85.33	M ₅		
74.17	68.50	70.67	70.33	87.17	76.08	69.00	71.67	73.00	90.67	72.25	68.00	69.67	67.67	83.67	M ₆		
75.28 ^A	69.72	71.92	71.28	88.22	77.32	70.50	73.17	74.11	91.50	73.25	68.94	70.67	68.44	84.94	المتوسط		
74.59	70.33	68.83	71.69	87.50	76.58	71.00	70.33	73.67	91.33	72.60	69.67	67.33	69.72	83.67	M ₁	160	
73.50	68.50	69.50	69.67	86.33	75.83	69.33	71.33	73.33	89.33	71.17	67.67	67.67	66.00	83.33	M ₂		
75.50	72.33	70.50	71.33	87.83	77.50	73.33	71.33	74.33	91.00	73.50	71.33	69.67	68.33	84.67	M ₃		

74.29	68.83	70.17	70.50	87.67	76.58	69.67	71.67	74.00	91.00	72.00	68.00	68.67	67.00	84.33	M ₄	
76.71	72.83	72.17	72.83	89.00	79.58	74.33	75.33	76.00	92.67	73.83	71.33	69.00	69.67	85.33	M ₅	
74.25	69.50	69.67	70.00	87.83	76.58	70.00	70.67	74.33	91.33	70.00	69.00	68.67	65.67	84.33	M ₆	
74.81 ^B	70.39	70.14	71.00	87.69	77.11	71.28	71.78	74.28	91.11	72.50	69.50	68.50	67.73	84.28	المتوسط	
73.54 ^c	67.40	68.97	71.08	86.70	75.53	68.80	70.60	73.00	89.73	71.54	66.00	67.33	69.16	83.67	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمراعي
73.12 ^c	66.70	68.97	70.27	86.53	75.28	68.33	70.93	72.67	89.20	70.95	65.07	67.00	67.87	83.87	M ₂	
74.33 ^b	68.27	70.10	71.50	87.47	76.48	69.80	71.93	73.67	90.53	72.18	66.73	68.27	69.33	84.40	M ₃	
73.31 ^c	66.93	68.93	70.57	86.80	75.62	68.60	70.60	73.40	89.87	71.00	65.27	67.27	67.73	83.73	M ₄	
74.80 ^a	68.87	70.97	71.57	87.80	77.27	70.53	73.27	74.20	91.07	72.33	67.20	68.67	68.93	84.53	M ₅	
73.08 ^c	66.93	68.57	70.23	86.60	75.30	68.20	70.13	73.13	89.73	70.87	65.67	67.00	67.33	83.47	M ₆	
73.70	67.52 ^D	69.42 ^C	70.87 ^B	86.98 ^A	75.91 ^b	69.04	71.24	73.34	90.02	71.48 ^b	65.99	67.59	68.39	83.94	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
2.640	1.867	1.181	0.835	1.078	0.762	0.482	0.341	1.320	0.933	0.590	0.417	0.539	0.381	0.241	LSD (0.01)
2.2%															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

خامساً- الصفات الفيزيولوجية Physiological traits

5-1- كفاءة استعمال الآزوت (NUE) Nitrogen Use Efficiency: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة كفاءة استعمال الآزوت بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 25). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (52.93 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. هكتار⁻¹)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (26.30 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. هكتار⁻¹)، حيثُ سبَّبت الزراعة المروية ارتفاعاً في متوسط كفاءة استعمال الآزوت بنحو 50.31%. ويُعزى ذلك إلى أنَّ متوسط الغلَّة الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية، بالمقارنة مع متوسط الغلَّة الحبية تحت ظروف الزراعة المطرية، ما انعكس على متوسط كفاءة استعمال الآزوت. وتؤكد هذه النتائج على أهمية توافر المياه لزيادة معدَّل امتصاص الآزوت وتمثيله من قبل النباتات. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدَّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً عند معدَّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ (52.76 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. هكتار⁻¹)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدَّلي التسميد الآزوتي (120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) (50.98، 50.92 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. هكتار⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدَّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (41.92 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. هكتار⁻¹). ويُلاحظ وجود علاقة عكسية بين كفاءة استعمال الآزوت ومعدَّل التسميد الآزوتي المرتفع جداً (160 كغ N. هكتار⁻¹)، حيثُ تُسهم زيادة معدَّلات التسميد الآزوتي في زيادة النمو الخضري، الأمر الذي يمكن أن يُقلل من كفاءة تحويل الآزوت الممتص والمستعمل من قبل النبات من المصدر إلى المصب (الحبوب)، ما يؤدي إلى تراجع كفاءة استعمال الآزوت (NUE) (Ata-Ul-Karim وزملاؤه، 2019). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدَّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدَّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ (71.52 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. هكتار⁻¹)، تلاه تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدَّلي التسميد الآزوتي (120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (69.00، 69.23 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معدَّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (29.94 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. هكتار⁻¹)، ما يُشير إلى أنَّ كفاءة استعمال الآزوت تزداد بازدياد محتوى التربة المائي، عند معدَّل التسميد الآزوتي الأمثل، بما يضمن ضبط التوازن بين حجم المصدر والمصب. ويُعزى ذلك إلى حقيقة أنَّ معدَّل إمتصاص الآزوت يزداد بازدياد رطوبة التربة، لأنَّه من العناصر غير القابلة للحركة في التربة Immobile element، عموماً، يمكن أن يؤثر نقص عنصر الآزوت في التربة في معدَّل نمو النباتات، وإنتاجيتها، وبالعكس، يؤثر أيضاً إضافة كميات زائدة من الأسمدة الآزوتية سلباً في كفاءة نباتات القمح في استعمالها للآزوت، وستؤدي إلى تلوث التربة

(Dogan و Bilgili، 2010؛ Liu و Shi، 2013). وتؤدي بالمقابل إضافة كميات مناسبة من السماد الآزوتي (100 – 140 كغ N. هكتار⁻¹) إلى زيادة محتوى الأجزاء الهوائية والأجزاء الاقتصادية (الحبوب) من البروتين (Sanchez-Bragado وزملاؤه، 2017). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (42.01 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹)، تلاه وبفروقات معنوية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشطاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (40.76، 40.30 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (36.60 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹)، تلاه وبفروقات معنوية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% وقت الزراعة؛ 100% بداية الإشطاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (38.86، 39.16 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹ على التوالي). وتُلاحظ استجابة مرتفعة لكفاءة استعمال عنصر الآزوت مع تجزئة معدلات التسميد الآزوت بالمقارنة مع إضافتها دفعةً واحدة. وكانت نسبة الزيادة في كفاءة استعمال الآزوت على دفعات أعلى (41.02 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹)، بالمقارنة مع إضافتها دفعةً واحدة (38.21 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹) بارتفاع نحو 6.85%. ويُعزى انخفاض متوسط كفاءة استعمال الآزوت عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار إلى التراجع في متوسط الغلة الحبية، ما انعكس سلباً على كفاءة استعمال الآزوت، الذي يتناسب طردياً مع الغلة الحبية. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشطاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينهما (55.98، 55.15 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (24.29 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً عند معدلي التسميد الآزوتي (100، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (56.01، 54.50 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (38.83 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه-¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت

الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (76.14، 74.67 كغ حبوب. كغ N^{-1} . ه⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (27.39، 29.38 كغ حبوب. كغ N^{-1} . ه⁻¹ على التوالي). عموماً، يؤثر الآزوت بشكلٍ معنوي في صفات النمو، مثل ارتفاع النبات، وعدد الإشتاءات، وعدد الأوراق، والوزن الجاف للنباتات، وتؤدي إضافة الآزوت بكمياتٍ كافية خلال المراحل المناسبة إلى زيادة ارتفاع النبات، ومساحة الأوراق، الأمر الذي يزيد من دليل المساحة الورقية (حجم المصدر)، وكفاءة النباتات التمثيلية، ومن ثم كمية المادة الجافة المتاحة لمرحلة النمو الثمري، ما يؤدي بالضرورة إلى زيادة الغلة الاقتصادية (Mandal وزملاؤه، 1992). عموماً، إنّ كفاءة استعمال الآزوت تتأثر بشدّة الإجهاد المائي المتزامن مع الحرارة المرتفعة، وبخاصة تحت ظروف منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية، بسبب انحباس الأمطار خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات، وازدياد معدّل فقد المياه بالتبخر والنتح، ما يؤدي إلى تراجع محتوى التربة المائي، فيتراجع معدّل امتصاص الآزوت من قبل النباتات، فيضيع قسم كبير من الآزوت بالتسرب والرشح العميق. ويؤثر ارتفاع الحرارة في عملية المعدنة الآزوتية التي تضعف في مرحلة ما بعد الإزهار بسبب ارتفاع درجات الحرارة، ما يؤثر سلباً في كمية الآزوت المتاحة للنباتات، ما يحول دون بلوغ الطاقة الإنتاجية الكامنة للمحصول، ويُقل بشكلٍ معنوي من غلة محصول القمح الحبية، وهذا ما يُفسّر انخفاض كفاءة استعمال الآزوت تحت ظروف الإجهاد المائي (الزراعة المطرية) (Raza و Salim، 2019). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (56.18 كغ حبوب. كغ N^{-1} . ه⁻¹)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (43.84 كغ حبوب. كغ N^{-1} . ه⁻¹)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (38.05 كغ حبوب. كغ N^{-1} . ه⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (20.40 كغ حبوب. كغ N^{-1} . ه⁻¹). ويُعزى ذلك بشكلٍ رئيس إلى التباين في صفة الغلة الحبية بين الأصناف المدروسة. توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Liua وزملاؤه (2020)، الذين لاحظوا أنّ أصناف القمح التركيبية قد أبدت كفاءة أعلى في استعمال الآزوت بالمقارنة مع الأصناف التقليدية، وارتبطت صفة كفاءة استعمال الآزوت بشكلٍ موجب ومعنوي مع صفة الغلة الحبية. وتبعاً لذلك، استنتجوا أنّ زراعة أصناف القمح التركيبية يمكن أن يُقلل من ضياع الآزوت، ويحد من تلوث المياه الجوفية والهواء. ويمكن أن يُعزى التباين بين الأصناف، إلى امتلاك بعض الأصناف مورثات تُسهم في زيادة كفاءة استعمال الآزوت، مثل مورثة *Ppd-D1*، الموجودة على الصبغي (chromosome 2D)، التي تزيد من كفاءة استعمال الآزوت من خلال زيادة الإنتاجية،

وتظهر فعاليتها عند المعدلات المنخفضة من الأسمدة الآزوتية، ما يؤدي أيضاً إلى تقليل الضرر البيئي (Brasier وزملاؤه، 2020). ويُلاحظ أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى لدى نباتات القمح القاسي (47.12 كغ حبوب. كغ N^{-1} هـ¹) بالمقارنة مع كفاءة استعمال الآزوت لدى نباتات القمح الطري (متوسط الصنفين) (32.12 كغ حبوب. كغ N^{-1} هـ¹)، بزيادة مقدارها. 31.83%. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (77.03 كغ حبوب. كغ N^{-1} هـ¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (10.14 كغ حبوب. كغ N^{-1} هـ¹). حيثُ يؤثر انخفاض المحتوى المائي، وبخاصة خلال المراحل الحرجة من حياة النبات (الإزهار، وامتلاء الحبوب)، سلباً في طول مرحلة النمو الثمري بالمقارنة مع فترة النمو الخضري، ما يؤثر سلباً في عدد الحبوب المتشكلة، ووزن الحبة الواحدة، ومعدل تراكم المركبات الآزوتية والسكريات فيها، ما يؤدي إلى انخفاض الوزن النوعي للحبوب، وبالتالي تتراجع الغلة الحبية، ما يؤدي إلى انخفاض قيمة كفاءة استعمال الآزوت (Barraclough وزملاؤه، 2010). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ (73.60 كغ حبوب. كغ N^{-1} هـ¹)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (22.80 كغ حبوب. كغ N^{-1} هـ¹). عموماً، لوحظ في القطع التجريبية المزروعة بمحصول القمح والمسمدة بشكلٍ جيد Well-fertilized plots، زيادة عدد الأوراق الخضراء الفعالة في عملية التمثيل الضوئي، بسبب إتاحة العناصر المعدنية المغذية بكميات كافية، الأمر الذي أدّى إلى تحسين معدل تراكم المادة الجافة، وكفاءة نقل السكريات Carbohydrates translocation من المصدر إلى المصب (مراكز النمو growing points) (Agarwal، 2001). ويؤثر عنصر الآزوت بشكلٍ معنوي في عدد الحبوب في السنبلة، نظراً للدور المهم الذي يؤديه الآزوت في الإزهار، والعقد وتطور الحبوب (Guo وزملاؤه، 2016). وتُحسن إضافة الآزوت من محتوى الحبوب من البروتين، الذي يؤدي إلى زيادة وزن الحبوب وتحسين نوعية الدقيق، وخصائصه التصنيعية (Warraich وزملاؤه، 2002)، ويؤدي إلى زيادة وزن الألف حبة (Kirrilov و Pavlov، 1989)، وعدد الإشطاعات، ما يؤدي بالمحصلة إلى زيادة الغلة الحبية (Pan وزملاؤه، 2006؛ Raha و Verma، 2011). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (59.40 كغ حبوب. كغ N^{-1} م²)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري

دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (18.83 كغ حبوب. كغ N⁻¹).
 ه⁻¹). عموماً، يُساعد تطبيق الممارسات الزراعية المناسبة (BMPs)، من خلال إضافة الأسمدة المعدنية بكميات مناسبة لتأمين كامل احتياجات نباتات المحصول خلال مختلف مراحل النمو، في المكان المناسب، وفي الوقت المناسب في الحصول على أعلى كفاءة إنتاجية، وزيادة كفاءة استعمال الأسمدة المعدنية عامةً (Kumar وزملاؤه، 2018). وإذا لم تتم إضافة الأسمدة المعدنية عامةً، والسماح الآزوتي خاصةً وفق المعدل الصحيح بما يتناسب مع الهدف من الزراعة، وطبيعة استجابة الصنف المزروع، ومحتوى التربة من العناصر المعدنية، ومحتوى التربة المائي، وطبيعة الزراعة (مروية، أم مطرية)، وخصائص التربة الكيميائية (درجة الحموضة، والناقلية الكهربائية لمحلول عجينة التربة المشبعة)، فإن ذلك سيؤثر سلباً في كفاءة استعمال العناصر المعدنية المغذية، ويُخفض غلة المحصول (Fixen وزملاؤه، 2015؛ Kumar وزملاؤه، 2018). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أن متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدلي التسميد الآزوتي (100، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (104.07، 102.20 كغ حبوب. كغ N⁻¹. م² على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعند معدلي التسميد الآزوتي (160، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (10.26، 12.06 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه⁻¹ على التوالي). يُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أن متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (80.54، 80.08، 78.70 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (9.61، 9.90، 9.91، 10.31، 10.40، 10.69 كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أن متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدلات التسميد الآزوتي (100، 120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار)، ولدى نباتات صنف القمح

القاسي دوما³ عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (76.20، 75.82، 74.67 كغ حبوب. كغ N⁻¹ ه⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (21.96، 21.97، 21.98 كغ حبوب. كغ N⁻¹ ه⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنَّ متوسط كفاءة استعمال الآزوت كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (106.48، 107.77، 109.27 كغ حبوب. كغ N⁻¹ ه⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (9.87، 9.96، 10.08 كغ حبوب. كغ N⁻¹ ه⁻¹ على التوالي). عموماً، تزداد كفاءة استعمال الآزوت بزيادة محتوى التربة المائي خلال مختلف مراحل النمو، وبخاصةً إذا ما تزامنت مع مواعيد إضافة الدفعات اللاحقة من الأسمدة الآزوتية، حيث بيّن Meena وزملاؤه (2015) أنَّ قيمة كفاءة استعمال الآزوت انخفضت بمقدار النصف تقريباً تحت ظروف شح المياه بالمقارنة مع ظروف الري الكامل. ويمكن أن يُعزى جزء من انخفاض كفاءة استعمال الآزوت إلى تراجع الشدّة الضوئية Light intensity، وزيادة معدل فقد المياه بالتبخر النتح Evapo-transpiration، الذي ينجم عادةً عن زيادة معدل النمو الخضري Vegetative growth، وذلك عند معدلات التسميد الآزوتي المرتفعة جداً (Pearman وزملاؤه، 1979). عموماً، لا يُنصح بزيادة معدل التسميد الآزوتي تحت ظروف الزراعة المطرية (العجز المائي)، لأنَّ زيادة كمية الأسمدة الآزوتية يؤدي إلى تسريع النمو الخضري، ما يؤدي إلى زيادة معدل فقد المياه بالنتح، واستنفاد محتوى التربة المائي خلال المراحل المبكرة من حياة النبات، ما يُعرّض نباتات محاصيل الحبوب الشتوية الصغيرة (القمح بنوعيه) إلى مستوياتٍ متطرفة من الجفاف، وقد تقشل نباتات المحصول في إعطاء أية غلّة حبية (Asplund وزملاؤه، 2014). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Habbib وزملاؤه (2020)، Salim و Raza (2019)، Walsh وزملاؤه (2019)، وجنود (2015).

الجدول رقم (25): متوسط كفاءة استخدام الآزوت (كغ حبوب. كغ N⁻¹. ه⁻¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السملائية (كغ. هكتار ⁻¹)	
					مطرية					مروية							
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	T ₀		
51.30	58.18	25.07	72.84	49.09	34.66	42.84	13.80	44.80	37.19	67.93	73.53	36.34	100.88	60.99	M ₁	100	
54.48	62.38	26.42	74.67	54.46	32.83	41.16	12.88	41.58	35.71	76.14	83.60	39.96	107.77	73.53	M ₂		
53.41	61.15	25.74	74.39	52.35	34.45	46.04	13.35	42.30	36.12	72.36	76.26	38.13	106.48	68.58	M ₃		
52.54	58.72	24.30	73.55	53.60	33.50	41.12	13.78	42.07	37.01	71.59	76.31	34.81	105.04	70.18	M ₄		
48.79	55.19	23.53	67.74	48.73	31.16	38.99	12.53	40.51	32.62	66.43	71.39	34.53	94.96	64.84	M ₅		
56.01	65.49	27.82	78.37	52.37	37.36	52.20	14.29	47.48	35.46	74.67	78.78	41.35	109.27	69.27	M ₆		
52.76 _A	60.18	25.48	73.60	51.77	33.99	43.73	13.44	43.12	35.68	71.52	76.64	37.52	104.07	67.85	المتوسط		
50.02	57.41	25.10	71.13	46.46	34.02	46.08	13.34	44.14	32.50	66.03	68.73	36.86	98.11	60.42	M ₁	120	
52.10	57.34	27.79	73.09	50.16	31.99	40.54	12.86	40.23	34.32	72.20	74.14	42.73	105.95	66.00	M ₂		
51.53	59.20	25.84	72.33	48.75	33.00	44.58	13.40	41.01	33.01	70.06	73.83	38.28	103.66	64.48	M ₃		
50.51	54.84	25.84	72.39	48.96	31.63	38.69	11.91	41.18	34.72	69.39	71.00	39.78	103.60	63.20	M ₄		
47.31	51.66	24.79	66.85	45.94	29.79	37.59	11.98	38.13	31.45	64.83	65.73	37.60	95.56	60.44	M ₅		
54.42	64.99	28.56	76.20	47.93	35.99	51.31	14.06	46.08	32.50	72.85	78.66	43.06	106.32	63.36	M ₆		
50.98 ^B	57.57	26.32	72.00	48.03	32.74	43.13	12.93	41.80	33.09	69.23	72.01	39.72	102.20	62.98	المتوسط		
49.40	57.33	25.48	70.02	44.77	33.01	43.50	12.46	45.13	30.97	65.79	71.16	38.50	94.91	58.57	M ₁	140	
52.36	63.47	26.04	73.46	46.45	31.22	39.14	11.90	41.92	31.90	73.49	87.80	40.18	105.00	61.00	M ₂		
52.87	64.38	26.92	74.32	45.88	32.49	42.55	12.13	44.97	30.29	73.26	86.20	41.70	103.67	61.47	M ₃		
49.84	55.40	26.78	69.90	47.29	31.82	40.09	11.91	42.66	32.61	67.87	70.72	41.64	97.15	61.96	M ₄		
46.57	49.87	22.36	67.17	46.88	31.10	36.56	11.47	40.40	35.96	62.05	63.19	33.26	93.95	57.81	M ₅		
54.50	62.92	27.82	75.82	51.43	37.48	48.61	12.48	48.16	40.67	71.52	77.24	43.16	103.49	62.19	M ₆		
50.92 _B	58.90	25.90	71.78	47.12	32.85	41.74	12.06	43.87	33.73	69.00	76.05	39.74	99.69	60.50	المتوسط		
42.10	44.17	21.97	60.87	41.37	30.67	33.62	10.38	45.02	33.65	53.52	54.73	33.55	76.71	49.09	M ₁	160	

43.38	43.85	23.17	63.75	42.74	29.68	29.66	9.87	44.53	34.68	57.07	58.03	36.46	82.97	50.81	M ₂	
42.18	40.27	23.22	63.12	42.12	30.99	32.01	10.68	47.55	33.72	53.38	48.54	35.77	78.69	50.51	M ₃	
41.42	38.94	21.96	62.79	41.98	29.38	27.02	9.96	46.75	33.78	53.45	50.86	33.96	78.83	50.17	M ₄	
38.83	36.57	21.98	56.49	40.28	27.39	26.51	10.08	41.44	31.54	50.26	46.62	33.89	71.54	49.01	M ₅	
43.61	42.44	24.50	65.12	42.36	31.52	31.27	10.60	49.90	34.30	55.70	53.62	38.40	80.35	50.43	M ₆	
41.92 ^C	41.04	22.80	62.02	41.81	29.94	30.02	10.26	45.87	33.61	53.90	52.06	35.34	78.18	50.00	المتوسط	
38.86 ^c	43.72	19.82	55.27	36.64	26.87	33.61	10.40	36.22	27.26	50.85	53.83	29.25	74.32	46.02	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمراعي
40.76 ^b	45.71	20.99	57.30	39.06	25.54	30.50	9.90	34.05	27.72	55.98	60.91	32.07	80.54	50.41	M ₂	
40.30 ^b	45.30	20.64	57.13	38.12	26.59	33.44	10.31	35.57	27.03	54.01	57.16	30.98	78.70	49.21	M ₃	
39.16 ^c	41.88	20.07	56.03	38.66	25.66	29.79	9.91	34.93	28.03	52.66	53.98	30.24	77.12	49.30	M ₄	
36.60 ^d	38.96	18.83	51.95	36.67	24.29	28.33	9.61	32.50	26.71	48.92	49.59	28.05	71.40	46.62	M ₅	
42.01 ^a	47.47	22.04	59.40	39.12	28.87	37.08	10.69	38.72	28.99	55.15	57.86	33.40	80.08	49.25	M ₆	
39.62	43.84 ^B	20.40 ^D	56.18 ^A	38.05 ^C	26.30 ^b	32.12	10.14	35.33	27.62	52.93 ^a	55.55	30.66	77.03	48.47	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)،

100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
4.916	3.476	2.198	1.555	2.007	1.419	0.898	0.635	2.458	1.738	1.099	0.777	1.003	0.710	0.449	LSD (0.05)
%7.7															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

5-2- غلة الآزوت الحبية Grain N yield: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة غلة الآزوت الحبية بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 26). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أن متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (15.66 كغ.هكتار⁻¹)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (8.62 كغ.هكتار⁻¹)، حيثُ سببت الزراعة المروية ازدياداً في متوسط غلة الآزوت الحبية بنحو 44.96%. ترتبط غلة الآزوت الحبية بكلٍ من الغلة الحبية، والنسبة المئوية لمحتوى الحبوب من الآزوت، ويزداد كلا العاملين بزيادة كمية المياه المتاحة خلال موسم النمو، حيثُ تزداد كفاءة عملية امتصاص الآزوت، وكفاءة استهلاك الآزوت بزيادة محتوى التربة المائي. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدلات التسميد الآزوتي، أن متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (15.20 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (7.68 كغ.هكتار⁻¹). ويُعزى ذلك إلى انخفاض كلٍ من متوسط الغلة الحبية (527.6 غ. م⁻²)، وانخفاض النسبة المئوية للآزوت في الحبوب (1.35 ملغ)، عند معاملة الشاهد بالمقارنة مع متوسط الغلة الحبية عند معدل التسميد الآزوتي الأمثل (140 كغ N. هكتار⁻¹) (708.2 غ. م⁻²)، حيثُ يُلاحظ أن متوسط غلة الآزوت الحبية تتناسب طردياً مع زيادة معدلات التسميد الآزوتي. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدلات التسميد الآزوتي، أن متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (20.05 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (5.81 كغ.هكتار⁻¹). عموماً، يُسهم انخفاض محتوى التربة المائي، وقلة معدل الهطول المطري، وسوء توزيعها خلال موسم النمو، بانخفاض محتوى التربة من الآزوت في إحداث إجهاد مضاعف على نمو المحصول، حيثُ ينخفض معدل التمثيل الضوئي، وتقل الناقلية المسامية Stomatal conductance (gs)، ومعدل فقد المياه بالنتح (T)، ودليل محتوى الكلورفيل Chlorophyll content index (CCI)، ودليل المساحة الورقية، ما يُسهم في انخفاض كفاءة استعمال الآزوت، نتيجة تراجع معدل تراكم المادة الجافة (Habbib وزملاؤه، 2020). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (12.74 كغ.هكتار⁻¹)، تلاه عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (12.44 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (11.75، 11.80، 11.99 كغ.هكتار⁻¹ على التوالي). ويُعزى ارتفاع متوسط غلة الآزوت الحبية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء

+ 33% بداية الإزهار) إلى أنها حققت التوازن في الحصول على غلة حبية معنوياً أعلى، ومحتوى مرتفع من البروتين (13.45%)، حيث تُسهم إضافة الدفعتين الأولى والثانية في ضمان نمو نباتات المحصول وتطورها، بينما تُسهم الدفعة الثالثة في زيادة معدل تراكم المركبات الآزوتية، والسكريات وبخاصة من الورقة العلمية، ما يُسهم في زيادة درجة امتلاء الحبوب، وتحسين الغلة الحبية ونوعية الحبوب (Yang وزملاؤه، 2017). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (16.71 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينها (8.23، 8.46، 8.47 كغ.هكتار⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي الأنسب (140 كغ N. هكتار⁻¹) وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (16.45 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (7.68 كغ.هكتار⁻¹). ما يُشير إلى أهمية زيادة معدلات التسميد الآزوتي، وتطبيقه في الموعد الأمثل لزيادة متوسط غلة الآزوت الحبية، حيث تُسهم في زيادة دليل حصاد الآزوت Nitrogen Harvest Index (NHI) سواءً في النبات، أو الحبوب (Raun وزملاؤه، 2002). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أن متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (22.36 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (5.81 كغ.هكتار⁻¹). ما يُشير إلى أهمية الدور المنظم والمشارك لكل من محتوى التربة المائي، ومحتوى التربة من الآزوت Soil N content، والتوقيت الأمثل للإضافة في زيادة كفاءة التمثيل الضوئي، وكفاءة استعمال الآزوت التمثيلية Photosynthetic nitrogen use efficiency (PNUE) وكفاءة استعمال المياه في عملية التمثيل الضوئي Photosynthetic water use efficiency (PWUE)، ما ينعكس إيجاباً في زيادة الغلة الحبية (GY)، ومحتوى الآزوت المتراكم في الحبوب، فيُسهم في زيادة غلة الآزوت الحبية (Cossani وزملاؤه، 2012). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أن متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما₃ (17.03 كغ.هكتار⁻¹)، تلاه وبفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح الطري والقاسي (دوما₄، دوما₁) وبدون فروقات معنوية بينهما (13.07، 13.02 كغ.هكتار⁻¹).

¹على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما₂ (5.45 كغ.هكتار⁻¹). ويُلاحظ أنَّ متوسط غلَّة الآزوت الحبية كان الأعلى لدى القمح القاسي (15.03 كغ.هكتار⁻¹) بالمقارنة مع غلَّة الآزوت الحبية لدى القمح الطري (9.05 كغ.هكتار⁻¹)، بارتفاع مقداره 39.79%. ويُعزى ذلك إلى أنَّ متوسط الغلَّة الحبية ومتوسط محتوى الحبوب من الآزوت كان الأدنى لدى نباتات صنف القمح الطري (471.5 غ.م⁻²، 12.33% على التوالي)، بالمقارنة مع نباتات صنف القمح القاسي (687.2 غ.م⁻²، 14.06% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط غلَّة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما₃ (22.40 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما₂ (3.26 كغ.هكتار⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط غلَّة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما₃ وعند معدلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (20.77، 20.58 كغ.هكتار⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما₂ وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (3.22 كغ.هكتار⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط غلَّة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما₃ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (18.20 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما₂ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (5.19، 5.30، 5.32 كغ.هكتار⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنَّ متوسط غلَّة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما₃ وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (28.20 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما₂ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (2.51 كغ.هكتار⁻¹). ويُعزى التباين بين الأصناف إلى التباين الوراثي في كفاءة امتصاص الآزوت ونقله وتمثيله، حيثُ تتسم أصناف القمح الكفوءة، بكفاءة امتصاص مرتفعة للأزوت N uptake efficiency (NUPE) نتيجة امتلاكها مجموعاً جذرياً أكبر نسبياً بالمقارنة مع غيرها من الأصناف، وتخزينه في المجموع الخضري للنبات، ومن ثَمَّ فإنَّ كفاءة نقل الآزوت (NTE) Nitrogen Translocation efficiency الممتص والمخزن في السوق والأوراق إلى الحبوب (المصب) ستكون أعلى (Ortiz-Monastero وزملاؤه، 1997). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط غلَّة الآزوت الحبية كان

الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) (24.63 كغ.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3.07، 3.19 كغ.هكتار⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار (22.64 كغ.هكتار⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (3.22 كغ.هكتار⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات المدروسة بعضها ببعض، أنَّ متوسط غلة الآزوت الحبية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³، عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (31.27، 30.25 كغ.هكتار⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.51، 2.67، 2.74 كغ.هكتار⁻¹ على التوالي). تتوافق هذه النتائج مع نتائج Valkama وزملاؤه (2013)، Habbib وزملاؤه (2020).

الجدول رقم (26): متوسط غلة الآزوت الحبية (كغ .N.هكتار⁻¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ . هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
7.68 ^E	8.18	3.22	10.62	8.70	5.81	5.90	2.51	8.08	6.74	9.56	10.47	3.93	13.16	10.67		T ₀
10.55	11.57	4.34	14.84	11.45	7.65	8.76	2.88	9.78	9.19	13.45	14.39	5.79	19.90	13.71	M ₁	100
10.89	11.89	4.45	15.03	12.20	7.20	8.32	2.67	9.26	8.55	14.59	15.46	6.22	20.81	15.86	M ₂	
11.24	12.34	4.46	15.76	12.39	7.70	9.61	2.78	9.05	9.37	14.78	15.08	6.14	22.47	15.42	M ₃	
10.28	11.35	4.14	12.99	12.62	7.45	8.66	2.78	8.96	9.38	13.11	14.04	5.50	17.02	15.86	M ₄	
10.58	10.91	4.22	15.03	12.15	7.30	8.31	2.74	9.24	8.90	13.86	13.52	5.69	20.83	15.41	M ₅	
11.06	12.75	4.73	14.66	12.09	8.14	10.44	2.94	10.44	8.75	13.97	15.06	6.53	18.89	15.42	M ₆	
10.77 ^D	11.80	4.39	14.72	12.15	7.57	9.02	2.80	9.45	9.02	13.96	14.59	5.98	19.99	15.28	المتوسط	
12.67	14.22	5.41	17.79	13.28	9.23	11.70	3.53	11.94	9.76	16.12	16.74	7.29	23.63	16.80	M ₁	120
12.92	13.77	5.85	18.38	13.69	8.72	10.23	3.31	10.89	10.44	17.13	17.31	8.38	25.87	16.94	M ₂	
13.98	15.31	5.87	20.03	14.70	9.18	11.95	3.61	10.66	10.52	18.77	18.67	8.13	29.40	18.87	M ₃	
12.48	13.48	5.46	16.66	14.32	8.65	9.87	2.91	10.86	10.94	16.32	17.08	8.02	22.46	17.71	M ₄	
13.06	13.27	5.67	18.71	14.58	8.93	10.01	3.31	11.02	11.36	17.19	16.53	8.02	26.40	17.80	M ₅	
13.78	16.04	6.12	19.19	13.78	9.68	12.87	3.56	12.28	10.01	17.89	19.20	8.69	26.10	17.56	M ₆	
13.15 ^C	14.35	5.73	18.46	14.06	9.06	11.11	3.37	11.28	10.50	17.23	17.59	8.09	25.64	17.61	المتوسط	
14.35	17.18	6.72	18.86	14.64	10.59	13.30	3.92	13.58	11.58	18.11	21.07	9.53	24.14	17.70	M ₁	140
15.37	18.58	6.79	21.09	15.01	9.72	11.79	3.70	12.52	10.87	21.02	25.37	9.88	29.66	19.16	M ₂	
16.45	20.14	7.82	22.64	15.18	10.53	13.47	4.02	14.02	10.63	22.36	26.82	11.62	31.27	19.74	M ₃	
14.87	16.64	6.92	19.55	16.35	10.31	12.47	3.60	12.92	12.23	19.43	20.81	10.24	26.17	20.48	M ₄	
14.63	15.49	6.33	21.54	15.16	9.84	11.78	3.84	12.83	10.92	19.42	19.21	8.82	30.25	19.39	M ₅	
15.54	18.67	7.33	20.97	15.20	11.14	14.98	3.94	14.20	11.44	19.94	22.35	10.72	27.74	18.97	M ₆	
15.20 ^A	17.79	6.99	20.77	15.26	10.36	12.96	3.84	13.34	11.28	20.05	22.61	10.14	28.20	19.24	المتوسط	
13.77	14.00	6.83	19.85	14.38	10.36	11.07	3.86	16.05	10.46	17.17	16.93	9.81	23.64	18.30	M ₁	160
13.76	13.39	6.88	20.69	14.07	9.69	9.64	3.59	14.52	11.00	17.83	17.15	10.18	26.86	17.13	M ₂	
14.36	13.17	7.32	21.97	14.98	10.62	10.63	4.00	17.08	10.74	18.11	15.71	10.65	26.86	19.21	M ₃	

13.44	12.56	6.20	19.40	15.58	10.14	8.92	3.54	16.45	11.64	16.74	16.20	8.86	22.36	19.53	M ₄	
13.99	12.54	7.18	20.84	15.38	10.44	9.75	3.95	16.35	11.70	17.54	15.33	10.41	25.33	19.07	M ₅	
14.12	13.56	7.08	20.74	15.10	10.44	10.14	3.71	16.47	11.47	17.80	16.98	10.45	25.02	18.74	M ₆	
13.91 ^B	13.21	6.92	20.58	14.92	10.28	10.03	3.77	16.15	11.17	17.53	16.38	10.06	25.01	18.66	المتوسط	
11.80 ^d	13.03	5.30	16.39	12.49	8.73	10.15	3.34	11.88	9.55	14.88	15.92	7.27	20.90	15.44	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمراعي
12.12 ^c	13.16	5.44	17.16	12.74	8.23	9.17	3.16	11.05	9.52	16.02	17.15	7.72	23.27	15.95	M ₂	
12.74 ^a	13.83	5.74	18.20	13.19	8.77	10.31	3.38	11.78	9.60	16.71	17.35	8.09	24.63	16.78	M ₃	
11.75 ^d	12.44	5.19	15.84	13.52	8.47	9.17	3.07	11.45	10.18	15.03	15.72	7.31	20.24	16.85	M ₄	
11.99 ^{cd}	12.08	5.32	17.35	13.20	8.46	9.15	3.27	11.50	9.92	15.51	15.01	7.37	23.20	16.47	M ₅	
12.44 ^b	13.84	5.70	17.24	12.98	9.04	10.87	3.33	12.29	9.68	15.83	16.81	8.06	22.18	16.27	M ₆	
12.14	13.07 ^B	5.45 ^C	17.03 ^A	13.02 ^B	8.62 ^b	9.80	3.26	11.66	9.74	15.66 ^a	16.33	7.64	22.40	16.29	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
1.736	1.228	0.777	0.549	0.709	0.501	0.317	0.224	0.868	0.614	0.388	0.275	0.354	0.251	0.159	LSD (0.05)
8.9%															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

سادساً- اختبارات الإنبات المعيارية والحيوية

تُفذت هذه الاختبارات على الحبوب من كل معاملة من المعاملات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية، للوقوف على تأثير تلك المعاملات منفردةً أو مجتمعةً في بعض اختبارات الإنبات المعيارية، لمعرفة تأثير تلك المعاملات في حيوية الحبوب، ومدى صلاحيتها كتقاوي للموسم الزراعي القادم.

1-6- متوسط النسبة المئوية للإنبات (Germination percentage (%): بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة نسبة الإنبات بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 28). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنَّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً في الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت تحت ظروف الزراعة المروية (96.40%)، بالمقارنة مع الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت تحت ظروف الزراعة المطرية (94.09%)، حيثُ سبّبت الزراعة المطرية انخفاضاً في متوسط النسبة المئوية للإنبات بنحو 2.46% فقط، ويُسبب الإجهاد المائي تراجعاً في حجم الحبة الذي ينعكس سلباً على تركيبها الكيميائي من النشاء Starch والبروتينات Protiens، ما يؤدي إلى انخفاض طاقتها الإنباتية. ويُعزى التباين في نسبة الإنبات إلى التباين في الوزن النوعي للحبوب، وحجم الحبوب، ووزن الحبوب في السنبلة الرئيسة، حيثُ لوحظ أنَّ متوسط الوزن النوعي للحبوب، وحجم الحبوب، ووزن الحبوب في السنبلة الرئيسة، كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (80.22 كغ. هيكتولتر⁻¹، 1.08 غ، 52.65 على التوالي) بالمقارنة مع الزراعة المطرية (77.39 كغ. هيكتولتر⁻¹، 0.70 غ، 45.71 مم³ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً في الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت عند معدّلات التسميد الآزوتي (140، 160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (98.58، 98.50، 97.14 % على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً في الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (88%). وهذا يُشير إلى أنَّ النسبة المئوية للإنبات تتناسب طردياً مع زيادة معدّلات التسميد، حيثُ يُسهم وجود النترات (NO_3^-) في تنظيم عملية الإنبات من خلال التحكم بالنسبة ما بين كلٍّ من حمض الأبسيسك (Absciscic acid (ABA)، والجبريلينات Gibberellins (GAs) الموجودة في جنين الحبة، فتسهم زيادة النترات كمُحرّض لزيادة حمض الجبريليك (GA_3)، الذي يؤدي دوراً مهماً في السيطرة على عملية السكون وكسرها على عكس حمض الأبسيسك، ومنه زيادة في تحرير الجنين ومنحه القوة اللازمة على النمو وكسر غلاف الحبة الصلب (Li وزملاؤه، 2020). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹)، وتحت ظروف الزراعة المطرية عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹)، وتحت ظروف الزراعتين (المروية، المطرية) عند معدّل التسميد الآزوتي

120 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (97.89، 98.39، 98.44، 98.61، 98.72) ، 96.39 % (على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (84.67%). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، لم تظهر نتائج التحليل الإحصائي أي فروقات معنوية في متوسط النسبة المئوية للإنبات عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإزهار) (94.97، 95.47، 95.53، 95.77، 96.67 % على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية 100% بداية الإزهار (93.07%). ويُعزى ذلك إلى التباين في الوزن النوعي للحبوب (وزن الهكتولتر)، حيث كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (77.70 كغ. هيكتولتر⁻¹)، والتباين في حجم الحبوب، حيث كان حجم الحبوب الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية عند بداية الإزهار (47.76 مم³)، والتباين في متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة، حيث كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية في بداية الإزهار (0.845 غ)، ما ينعكس سلباً على كمية المدخرات الغذائية، وبالتالي انخفاض في متوسط النسبة المئوية للإنبات. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أن متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (97.40، 97.73 % على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (91.60، 93.20 % على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة، أن متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً عند معدلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (99.83، 99.83 % على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (88، 90.50 % على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت الإضافة، أن متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدلي التسميد الآزوتي (120، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (100، 100 % على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية

عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (84.67%). ما يُشير إلى أهمية التفاعل ما بين المياه، وزيادة معدلات التسميد الآزوتي، والموعد الأمثل للإضافة، حيث يُسهم الآزوت المُضاف خارجياً في زيادة تحفيز عملية الإنبات، من خلال زيادة معدل الامتصاص الحبة للماء، وبالتالي تراكُم أعلى للمواد الآزوتية، ومنه زيادة في معدل تطور الجنين ونموه، كما أنَّ وجود النترات والآزوت يُسهم في إنتاج مركب أول أوكسيد النترات (Nitric oxide (NO)، الذي يُعد المحفز الأول في عملية الإنبات (Osuna وزملاؤه، 2015). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (96.87%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات أصناف القمح بنوعيه الطري والقاسي المتبقية (دوما²، دوما¹، دوما⁴) وبدون فروقات معنوية بينها (94.16، 94.96، 95.00% على التوالي). وكان متوسط النسبة المئوية للإنبات الأعلى لدى حبوب القمح القاسي (95.92%)، بالمقارنة مع حبوب القمح الطري (94.58%)، أيّ بانخفاضٍ قدره 1.42%. ويُعزى ذلك إلى أنَّ حجم الحبوب ووزنها وحيويتها لدى نباتات القمح القاسي كان الأعلى بالمقارنة مع متوسط نباتات القمح الطري. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما⁴، دوما¹)، وتحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وبدون فروقات معنوية بينها (96.69، 96.84، 96.40، 96.04% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات أصناف القمح الطري والقاسي (دوما⁴، دوما¹، دوما²)، وتحت ظروف الزراعة المروية لدى حبوب نباتات صنف القمح الطري دوما² وبدون فروقات معنوية بينها (93.16، 93.51، 93.64، 94.67% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ لدى نباتات صنف القمح الطري دوما²، ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدلي التسميد الآزوتي (160، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينها (98.89، 99.11، 98.67% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى حبوب نباتات صنف القمح الطري دوما² (84%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً لدى حبوب نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (97.60%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (91.33%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند

معدّلي التسميد الآزوتي (120، 140 كغ N. هكتار⁻¹) لدى حبوب نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما²) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (99.33، 99.33% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى حبوب نباتات صنف القمح الطري (دوما²، دوما⁴) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (81.33، 82.67% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنّ متوسط نسبة الإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) لدى نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما⁴) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (99.67، 99.67% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار لدى نباتات صنف القمح الطري والقاسي (دوما⁴، دوما¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (88.80، 91.47% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً لدى حبوب نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإشتاء، ولدى حبوب نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) دون فروقاتٍ معنوية بينها (100، 100، 100% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما³ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (84%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنّ متوسط النسبة المئوية للإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعتين المروية، والمطرية وعند معدّلات التسميد الآزوتي (100، 120، 140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) عند مختلف مواعيد الإضافة الآزوتية لدى نباتات أصناف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما⁴، دوما¹، دوما²) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (100% للجميع)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب نباتات أصناف القمح الطري والقاسي (دوما²، دوما⁴، دوما¹) عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (81.33، 82.67، 84% على التوالي) (الجدول، 31). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Li وزملاؤه (2020)، Mahmoud وزملاؤه (2020) و Wen (2016) و Bassel و Finchsavage (2020).

الجدول رقم (28): متوسط النسبة المئوية للإنبات (%) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السماعية (كغ. هكتار-1)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
88.00 ^C	88.67	84.00	92.00	87.33	84.67	82.67	81.33	90.67	84.00	91.33	94.67	86.67	93.33	90.67	T ₀	
93.83	95.33	90.67	96.67	92.67	94.33	96.00	93.33	96.00	92.00	93.33	94.67	88.00	97.33	93.33	M ₁	
95.00	96.00	94.00	96.00	94.00	92.33	93.33	93.33	92.00	90.67	97.67	98.67	94.67	100.00	97.33	M ₂	
94.83	92.67	94.00	97.33	95.33	91.67	89.33	92.00	94.67	90.67	98.00	96.00	96.00	100.00	100.00	M ₃	
93.33	94.67	89.33	97.33	92.00	92.33	94.67	89.33	94.67	90.67	94.33	94.67	89.33	100.00	93.33	M ₄	
90.50	88.67	88.00	93.33	92.00	88.67	86.67	88.00	92.00	88.00	92.33	90.67	88.00	94.67	96.00	M ₅	
96.50	96.00	94.67	97.33	98.00	96.00	94.67	96.00	97.33	96.00	97.00	97.33	93.33	97.33	100.00	M ₆	
94.00 ^B	93.89	91.78	96.33	94.00	92.56	92.44	92.00	94.44	91.33	95.44	95.33	91.56	98.22	96.67	المتوسط	
98.33	97.33	98.00	99.33	98.67	99.00	97.33	100.00	98.67	100.00	97.67	97.33	96.00	100.00	97.33	M ₁	
97.17	96.67	97.33	97.33	97.33	94.33	93.33	94.67	94.67	94.67	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	M ₂	
97.83	95.33	99.33	98.67	98.00	96.67	92.00	100.00	98.67	96.00	99.00	98.67	98.67	98.67	100.00	M ₃	
96.67	96.00	95.33	100.00	95.33	96.67	96.00	96.00	100.00	94.67	96.67	96.00	94.67	100.00	96.00	M ₄	
93.67	91.33	94.00	96.67	92.67	92.00	90.67	93.33	93.33	90.67	95.33	92.00	94.67	100.00	94.67	M ₅	
99.17	98.00	100.00	98.67	100.00	96.00	98.67	100.00	100.00	100.00	98.67	97.33	100.00	97.33	100.00	M ₆	
97.14 ^A	95.78	97.33	98.44	97.00	96.39	94.67	97.33	97.56	96.00	97.89	96.89	97.33	99.33	98.00	المتوسط	
99.83	99.33	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.67	98.67	100.00	100.00	100.00	M ₁	
98.33	99.33	98.00	98.67	97.33	97.00	98.67	96.00	97.33	96.00	99.67	100.00	100.00	100.00	98.67	M ₂	
99.17	98.67	100.00	100.00	98.00	99.33	97.33	100.00	100.00	100.00	99.00	100.00	100.00	100.00	96.00	M ₃	
97.83	99.33	97.33	96.67	98.00	98.33	100.00	97.33	98.67	97.33	97.33	98.67	97.33	94.67	98.67	M ₄	
96.50	93.33	99.33	96.67	96.67	96.00	92.00	100.00	96.00	96.00	97.00	94.67	98.67	97.33	97.33	M ₅	
99.83	99.33	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.67	98.67	100.00	100.00	100.00	M ₆	
98.58 ^A	98.22	99.11	98.67	98.33	98.44	98.00	98.89	98.67	98.22	98.72	98.44	99.33	98.67	98.44	المتوسط	
97.67	96.67	98.67	98.67	96.67	98.67	97.33	100.00	100.00	97.33	96.67	96.00	97.33	97.33	96.00	M ₁	
98.83	100.00	98.67	98.67	98.00	97.67	100.00	97.33	97.33	96.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	M ₂	
99.00	99.33	98.00	99.33	99.33	98.33	98.67	96.00	100.00	98.67	99.67	100.00	100.00	98.67	100.00	M ₃	

99.00	100.00	99.33	100.00	96.67	99.00	100.00	98.67	100.00	97.33	99.00	100.00	100.00	100.00	96.00	M ₄	
96.67	94.67	97.33	96.67	98.00	96.67	100.00	98.67	100.00	97.33	96.67	97.33	94.67	97.33	97.33	M ₅	
99.83	100.00	99.33	100.00	100.00	100.00	92.00	100.00	96.00	98.67	99.67	100.00	98.67	100.00	100.00	M ₆	
98.50 ^A	98.44	98.56	98.89	98.11	98.39	98.00	98.67	98.89	98.00	98.61	98.89	98.44	98.89	98.22	المتوسط	
95.53 ^a	95.47	94.27	97.33	95.07	95.33	94.67	94.93	97.07	94.67	95.73	96.27	93.60	97.60	95.47	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمواقع
95.47 ^a	96.13	94.40	96.53	94.80	93.20	93.60	92.53	94.40	92.27	97.73	98.67	96.27	98.67	97.33	M ₂	
95.77 ^a	94.93	95.07	97.47	95.60	94.13	92.00	93.87	96.80	93.87	97.40	97.87	96.27	98.13	97.33	M ₃	
94.97 ^a	95.73	93.07	97.20	93.87	94.20	94.67	92.53	96.80	92.80	95.73	96.80	93.60	97.60	94.93	M ₄	
93.07 ^b	91.33	92.53	95.07	93.33	91.60	88.80	92.53	93.60	91.47	94.53	93.87	92.53	96.53	95.20	M ₅	
96.67 ^a	96.40	95.60	97.60	97.07	96.07	95.20	95.47	97.60	96.00	97.27	97.60	95.73	97.60	98.13	M ₆	
95.24	95.00 ^B	94.16 ^B	96.87 ^A	94.96 ^B	94.09 ^b	93.16	93.64	96.04	93.51	96.40 ^a	96.84	94.67	97.69	96.40	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)،

100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
11.071	7.828	4.951	3.501	4.520	3.196	2.021	1.429	5.535	3.914	2.475	1.750	2.260	1.598	1.011	LSD (0.01)
5.5%															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

2-6- متوسط معدل الإنبات (يوم.حبة⁻¹) (GR) Germination rate): يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة متوسط معدل الإنبات بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 29). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنّ متوسط معدل الإنبات كان الأعلى معنوياً في الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت تحت ظروف الزراعة المروية (3.21 يوم.حبة⁻¹)، بالمقارنة مع الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت تحت ظروف الزراعة المطرية (2.92 يوم.حبة⁻¹)، حيثُ سبّبت الزراعة المروية ارتفاعاً في متوسط معدل الإنبات نحو 9.03%. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط معدل الإنبات كان الأعلى معنوياً عند معدلات التسميد الآزوتي (140، 160، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينها (3.243، 3.211، 3.131 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (2.703 يوم.حبة⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط معدل الإنبات كان الأعلى معنوياً في الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدلات التسميد الآزوتي (140، 120، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينها (3.390، 3.381، 3.369 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان متوسط معدل الإنبات الأدنى معنوياً في الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت تحت ظروف الزراعتين (المطرية، والمروية) عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقات معنوية بينهما (2.627، 2.778 يوم.حبة⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط معدل الإنبات كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقات معنوية بينها (3.117، 3.115، 3.110 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (2.882 يوم.حبة⁻¹). ويُعزى ذلك إلى انخفاض متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة، وحجم الحبوب، والوزن النوعي للحبوب، ووزن الألف حبة عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار، حيثُ يوجد علاقة ارتباط موجبة بين هذه الصفات ودليل الإنبات، وسرعة الإنبات، لأنّها من الصفات المحددة لحيوية الحبوب ونوعيتها، حيثُ أنّ هناك علاقة ارتباط بين جودة الحبوب المستخدمة في الزراعة والغلة الناتجة عنها، وبشكلٍ عام، تُعدّ كلاً من المقدرة الانباتية Germination capability وحيوية البذرة المفاتيح الرئيسة لتحقيق إنبات سريع Rapid germination، ومتجانس، ونسبة إنبات مرتفعة تضمن الحصول على الكثافة النباتية المطلوبة Optimum plant density، ونمو جيد خلال المراحل التطورية اللاحقة من دورة حياة المحصول (Yari وزملاؤه، 2011). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط معدل الإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة +

50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3.313، 3.374، 3.313 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2.760، 2.857 يوم.حبة⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافتها، أنَّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3.373، 3.361 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2.703، 2.790 يوم.حبة⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدلات التسميد الآزوتي (120، 160، 140 كغ N. هكتار⁻¹) عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (3.660، 3.638، 3.637 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2.627، 2.657، 2.664 يوم.حبة⁻¹ على التوالي). ويمكن أن يُعزى ذلك إلى التباين في معدّل التشرب نتيجة التباين في حجم الحبوب، ونسبة الطول إلى العرض للحبوب، أو يمكن أن يُعزى إلى التباين في النشاط الأنزيمي Enzyme activity، ومن ثمّ معدّل تحلل المدخرات الغذائية وتحولها إلى مركباتٍ بسيطة يمكن أن تستفيد منها خلايا المحور الجنيني النامي، ومن ثمّ سرعة إنقسام الخلايا واستطالتها، وبالتالي ظهور الجذير والسويقة الجنينية من غلاف الحبة. ويُساعد امتصاص كمية أكبر من المياه خلال فترة زمنية أقصر (إتمام مرحلة التشرب بوقتٍ قصير) في تمديد مثبطات الإنبات (المركبات الفينولية، وحمض الأبسيسيك)، وحدوث انتفاخ الجنين بشكلٍ أبكر وأسرع، ما يُسرّع من معدّل تصنيع مشجعات الإنبات (GA₃، والسيتوكسينات، والأكسينات... الخ)، التي تزيد من النشاط الأنزيمي ومن ثمّ معدّل تحلل المدخرات الغذائية إلى مركباتٍ بسيطة يستفيد منها المحور الجنيني النامي (Isely, 1957). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً في الحبوب المأخوذة من نباتات صنف القمح الطري والقاسي (دوما⁴، دوما³) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3.318، 3.239 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، تلاه ويفروقاتٍ معنوية حبوب صنف القمح الطري دوما² (2.900 يوم.حبة⁻¹

¹)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (2.787 يوم.حبة⁻¹)، حيث كان متوسط معدّل الإنبات الأعلى لدى حبوب القمح الطري (متوسط الصنفين) (3.109 يوم.حبة⁻¹) بالمقارنة مع حبوب القمح القاسي (3.013 يوم.حبة⁻¹)، بزيادة مقدارها 3.09%. ويُعزى ذلك إلى التباين في حجم الحبوب ووزن الألف حبة، حيث لوحظ أنّ حجم الحبة، ومتوسط وزن الألف حبة كانا الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴، ما يؤدي إلى زيادة متوسط وزن الجنين، وكمية المدخرات الغذائية، المحددة بشكل رئيس لحيوية الحبوب وكفاءتها الإنباتية. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (3.582 يوم.حبة⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (2.628 يوم.حبة⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أنّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّلي التسميد الآزوتي (160، 140 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3.567، 3.564 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى صنفَي القمح القاسي والطري (دوما¹، دوما²) عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2.487، 2.627 يوم.حبة⁻¹ على التوالي). ما يُشير إلى دور الآزوت في زيادة متوسط معدّل الإنبات، حيث لا تُعد بروتينات التخزين Storage proteins مصدر تغذية مهم فقط لأجل الإنبات ونمو البادرات، وإنّما تُعد خط الدفاع الأوّل في الخلية الي يُكسبها مقدرة أكبر على التحمل والمقاومة، وزيادة نسبة الحيوية فيها، التي تزداد بزيادة معدّلات التسميد الآزوتي، حيث يؤثر التسميد الآزوتي في زيادة حجم الحبة، ومحتوى الحبة من البروتينات، ما يزيد من قدرتها على امتصاص كمية أكبر من المياه، التي تتناسب طردياً مع حجم الحبة، وكمية المدخرات الغذائية، وبخاصة البروتينات، ما يزيد من معدّل انقسام واستطالة خلايا المحور الجنيني، ويُبكر من انبثاق الجذير من غلاف البذرة (Wen وزملاؤه، 2017). يُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3.468، 3.396 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2.587، 2.729 يوم.حبة⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّلات التسميد الآزوتي (160، 140 كغ N. هكتار⁻¹)، ولدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ وعند معدّلي التسميد الآزوتي

(140، 120 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (3.961، 3.834، 3.729، 3.660، 3.653 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى صنف القمح بنوعيه القاسي والطري (دوما¹، دوما⁴) عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (2.275، 2.554 يوم.حبة⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإشتاء، ولدى حبوب صنف القمح القاسي والطري (دوما³، دوما⁴) عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (3.744، 3.704، 3.702 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (2.465 يوم.حبة⁻¹). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹، ولدى حبوب صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية وقت الزراعة عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (3.779، 3.763 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار عند معدّل التسميد الآزوتي 120 كغ N. هكتار⁻¹، وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينهما (2.452، 2.487 يوم.حبة⁻¹ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنَّ متوسط معدّل الإنبات كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% وقت الزراعة؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنويةٍ بينها (4.65، 4.54، 4.16 يوم.حبة⁻¹ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% وقت الزراعة عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ (2.44 يوم.حبة⁻¹). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Wen وزملاؤه (2017)، Marcos-Filho (2015)، Yari وزملاؤه (2011).

الجدول رقم (29): متوسط معدل الإنبات (يوم.حبة⁻¹) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
2.70 ^C	2.73	2.63	2.97	2.49	2.63	2.55	2.60	3.08	2.28	2.78	2.91	2.66	2.85	2.70	T ₀	
2.99	3.62	2.67	3.09	2.59	3.08	3.72	3.01	3.12	2.46	2.91	3.52	2.33	3.06	2.72	M ₁	100
3.06	3.62	2.70	3.36	2.57	2.97	3.79	2.65	3.01	2.42	3.16	3.45	2.75	3.70	2.72	M ₂	
2.99	3.17	2.69	3.12	2.97	2.80	2.90	2.47	3.00	2.82	3.18	3.43	2.92	3.24	3.12	M ₃	
3.09	3.37	2.87	3.42	2.71	2.82	2.98	2.88	2.99	2.42	3.37	3.76	2.86	3.85	3.00	M ₄	
2.79	2.83	2.60	3.11	2.62	2.70	2.73	2.52	3.13	2.43	2.88	2.93	2.68	3.08	2.81	M ₅	
3.17	3.46	3.12	3.18	2.93	3.17	3.15	3.41	3.19	2.92	3.18	3.76	2.84	3.17	2.95	M ₆	
3.02 ^B	3.34	2.78	3.21	2.73	2.92	3.21	2.82	3.08	2.58	3.11	3.48	2.73	3.35	2.89	المتوسط	
3.17	3.44	3.12	3.20	2.93	2.96	2.97	3.35	2.83	2.68	3.39	3.92	2.89	3.57	3.18	M ₁	120
3.16	3.53	2.87	3.43	2.81	2.66	2.84	2.58	2.73	2.52	3.66	4.23	3.16	4.14	3.11	M ₂	
3.19	3.38	2.80	3.62	2.97	3.06	3.26	2.78	3.29	2.90	3.33	3.50	2.82	3.95	3.04	M ₃	
3.26	3.58	3.03	3.36	3.05	2.94	3.32	2.99	2.87	2.58	3.57	3.85	3.08	3.85	3.52	M ₄	
2.92	3.39	2.79	3.04	2.45	2.66	2.94	2.57	2.72	2.40	3.18	3.84	3.02	3.36	2.51	M ₅	
3.09	2.98	2.94	3.14	3.28	3.02	2.93	2.92	3.23	2.98	3.15	3.03	2.96	3.05	3.58	M ₆	
3.13 ^{AB}	3.39	2.93	3.30	2.92	2.88	3.04	2.86	2.94	2.68	3.38	3.73	2.99	3.65	3.15	المتوسط	
3.33	3.50	3.29	3.60	2.95	3.28	3.19	3.52	3.40	3.02	3.38	3.81	3.05	3.79	2.88	M ₁	140
3.36	3.68	3.10	3.50	3.17	3.09	3.74	3.04	2.72	2.84	3.64	3.62	3.16	4.28	3.49	M ₂	
3.28	3.71	3.15	3.37	2.89	3.18	3.32	3.04	3.33	3.02	3.38	4.11	3.26	3.40	2.76	M ₃	
3.20	3.54	3.05	3.47	2.75	3.02	3.11	3.12	3.27	2.58	3.39	3.96	2.98	3.68	2.92	M ₄	
3.00	3.29	2.89	3.25	2.57	2.89	2.99	2.90	3.10	2.55	3.12	3.58	2.89	3.40	2.59	M ₅	
3.28	3.67	3.33	3.29	2.84	3.12	3.41	3.21	3.18	2.69	3.44	3.93	3.44	3.41	2.98	M ₆	
3.24 ^A	3.56	3.13	3.41	2.86	3.10	3.29	3.14	3.17	2.78	3.39	3.83	3.13	3.66	2.94	المتوسط	
3.37	3.69	3.35	3.76	2.69	3.26	3.27	3.67	3.38	2.72	3.49	4.11	3.03	4.15	2.67	M ₁	160
3.30	3.78	3.03	3.23	3.16	2.96	3.26	2.76	2.91	2.91	3.64	4.30	3.30	3.55	3.40	M ₂	
3.12	3.38	3.08	2.99	3.05	3.04	2.91	3.24	2.98	3.02	3.21	3.84	2.91	3.00	3.08	M ₃	

3.17	3.64	2.75	3.38	2.90	2.88	3.05	2.65	3.22	2.62	3.46	4.23	2.86	3.55	3.19	M ₄	
3.00	3.30	2.94	2.96	2.80	2.93	3.14	2.95	2.95	2.66	3.07	3.45	2.92	2.97	2.94	M ₅	
3.31	3.62	3.08	3.49	3.03	3.26	3.41	3.14	3.47	3.03	3.35	3.83	3.03	3.51	3.03	M ₆	
3.21 ^A	3.57	3.04	3.30	2.94	3.05	3.17	3.07	3.15	2.83	3.37	3.96	3.01	3.46	3.05	المتوسط	
3.11 ^a	3.40	3.01	3.32	2.73	3.04	3.14	3.23	3.16	2.63	3.19	3.65	2.79	3.48	2.83	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمراعي
3.12 ^a	3.47	2.86	3.30	2.84	2.86	3.23	2.72	2.89	2.59	3.37	3.70	3.00	3.70	3.08	M ₂	
3.06 ^a	3.27	2.87	3.21	2.87	2.94	2.99	2.83	3.14	2.81	3.17	3.56	2.91	3.29	2.94	M ₃	
3.09 ^a	3.37	2.87	3.32	2.78	2.86	3.00	2.85	3.08	2.49	3.31	3.74	2.89	3.55	3.07	M ₄	
2.88 ^b	3.11	2.77	3.06	2.59	2.76	2.87	2.71	3.00	2.46	3.00	3.34	2.83	3.13	2.71	M ₅	
3.11 ^a	3.29	3.02	3.22	2.91	3.04	3.09	3.05	3.23	2.78	3.18	3.49	2.98	3.20	3.05	M ₆	
3.06	3.32 ^A	2.90 ^B	3.24 ^A	2.79 ^C	2.92 ^b	3.06	2.90	3.08	2.63	3.21 ^a	3.58	2.90	3.39	2.95	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
0.616	0.435	0.275	0.195	0.251	0.178	0.112	0.079	0.308	0.218	0.138	0.097	0.126	0.089	0.056	LSD (0.05)
%12.5															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

7-6- متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة (% سم) Grain vigor based on seedling length: يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 30). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنَّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة كان الأعلى معنوياً في الحبوب المأخوذة من نباتات كانت تحت ظروف الزراعة المروية (3061.34 % سم) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (2360.31 % سم)، حيثُ سبَّبت الزراعة المطرية انخفاضاً بنحو 29.70% في متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة بالمقارنة مع الزراعة المروية. ويُعزى ذلك إلى انخفاض متوسط نسبة الإنبات، ودليل الحيوية، ومتوسط وقت الإنبات اليومي، ووزن الحبوب في السنبلة الرئيسة، وحجم الحبة، حيثُ توجد علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين هذه الصفات ودليل حيوية البادرات. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة كان الأعلى معنوياً عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2961، 2924 % سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (2285 % سم). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي، أنَّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3319، 3289 % سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (1936 % سم). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (2790، 2756، 2745 % سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (2580 % سم). ويُعزى انخفاض قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة إلى انخفاض حجم الحبة، ووزنها، ما يُسهم في انخفاض حجم الجنين Embryo size الناتج الذي يُعد المعيار الأول على زيادة دليل الحيوية والظهور المبكر للبادرات فزق سطح التربة (Moore و Rebetzke، 2015). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنَّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) (3183 % سم)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (2220 % سم). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافتها، أنَّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى

معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (3014، 3074، 3013، 2982، 2980% سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (2285% سم). ما يُشير إلى أهمية التسميد الآزوتي وإضافته في الموعد/المواعيد المناسبة، وبخاصة في المراحل الأولى للزراعة، حيث أشارت الدراسات الحديثة أنّ بادرّات القمح القاسي تدخل في مرحلة العوز والحاجة للآزوت بدءاً من اليوم الثالث للإنبات، كما تُسهم زيادة معدّل التسميد الآزوتي خلال الموسم السابق، في تحسين نوعية الحبوب الناتجة، ومن ثمّ مقدرتها على الإنبات والنمو الأولي القوي. تتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه Kang وزملاؤه (2019) أنّ زيادة معدّل التسميد الآزوتي تؤدي إلى إنتاج حبوب ذات خصائص نوعية ممتازة، ما يؤدي عند زراعتها في الموسم الزراعي اللاحق إلى زيادة نسبة الإنبات، ودليل الإنبات، وطول البادرة (طول الجذر + طول السويقة)، وطول السويقة الجنينية Coleoptile length، والوزن الرطب للسويقة Fresh shoot weight، والوزن الجاف للسويقة Dry shoot weight، والوزن الرطب للجذور، والوزن الجاف للجذر، ونسبة الوزن الجاف للجذور إلى الأجزاء الهوائية Root/shoot ratio، ما ينعكس إيجاباً على زيادة دليل الحيوية. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة ومعدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافتها، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (3385، 3389، 3404، 3430% سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (1936، 2074% سم على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى

معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ (3123 % سم)، تلاه ويفروقات معنوية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (2955 % سم)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (2308 % سم)، تلاه لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (2457 % سم). وإن متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى لدى حبوب القمح الطري (2716 % سم) بالمقارنة مع حبوب القمح القاسي (2706 % سم)، بزيادة مقدارها 0.36%. ويُعزى ذلك إلى التباين في خصائص الحبوب الفيزيائية والنوعية (Moore و Rebetzke، 2015). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ (3644 % سم)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى حبوب صنف القمح الطري دوما² (2021 % سم). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات السماد الآزوتي مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى معنوياً لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (3347، 3311 % سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (1791 % سم). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينها (3102، 3105، 3182، 3195، 3215 % سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى حبوب صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقات معنوية بينهما (2207، 2240 % سم على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ وعند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقات معنوية بينهما (3895، 3943 % سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (1502 % سم). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة التسميد الآزوتي والأصناف، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛

33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (3772، 3665، 3643، 3631، 3615% سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع 100% بداية الإزهار (1935% سم). عموماً، يؤدي التسميد الآزوتي دوراً حيوياً في عملية امتلاء الحبوب، حيث يُسهم في زيادة دليل المساحة الورقية، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كمية المادة الجافة الكلية المُصنَّعة نتيجة زيادة كمية الأشعة الضوئية الفعالة في التمثيل الضوئي الممتصة والمحولة إلى طاقة كيميائية مخزونة في روابط المركبات العضوية المُصنَّعة (السكريات)، وتؤدي أيضاً إلى زيادة معدل صافي التمثيل الضوئي Net Assimilation rate (NAR)، وزيادة عدد الإشتاءات المثمرة Productive tillers، وزيادة عدد السنابل في وحدة المساحة من الأرض وعدد الحبوب في السنبل، والغلة الحبوبية (BY)، والغلة الحبيبة (GY) (Wilhelm، 1998). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت الإضافة والأصناف، أنَّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى معنوياً لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار)، وعند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (3529، 3433، 3431، 3414، 3386% سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (1791% سم). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنَّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (4116.95، 4049.9% سم على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى حبوب صنف القمح الطري والقاسي (دوما²، دوما¹) عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (1501.69، 1770.85% سم على التوالي). عموماً، تمتلك الحبوب الأكبر حجماً أجنةً أكبر، فتسهم في زيادة المقدرة الإنباتية، وتقلل من طول فترة الإنبات (زيادة سرعة الإنبات)، وتُعطي سويقة جنينية أطول، ونمو أولي أقوى، ما يُسهم في زيادة عدد الإشتاءات الخضرية المتشكلة خلال المراحل المبكرة من حياة النبات (4 – 6 أوراق حقيقية)، ومن ثمَّ عدد الإشتاءات المثمرة، وبالتالي زيادة الغلة الحبيبة، كما أنَّها تُعطي بادرات طبيعية حتى لو زرعت على أعماقٍ مختلفة، وبالتالي يمكن للمربي أن يختار

الطراز وفقاً لحجم الحبوب وحجم الجنين (Willenborg وزملاؤه، 2005). ويمكن أن يُعزى التباين بين الأصناف إلى التباين الوراثي، حيث يُمكن وجود مورثات مثل (*Rht14*) التي يؤدي وجودها في الصنف إلى إعطاء بادرات طويلة، وسويقة جنينية طويلة، ما يضمن النمو الأولي القوي والظهور المبكر للبادرات فوق سطح التربة (Vikhe وزملاؤه، 2019). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Khan وزملاؤه (2010)، Verma وزملاؤه (2017)، Ali وزملاؤه (2018).

الجدول رقم (30): متوسط قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة (%سم) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الآزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت الحصاد
					مطرية					مروية					
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	
2285.1 ^D	2739.45	1791.04	2561.46	2048.37	1935.79	2198.10	1501.69	2272.53	1770.85	2634.36	3280.79	2080.39	2850.39	2325.89	
2621.15	3160.49	2196.38	2868.33	2259.42	2359.43	2815.88	2032.98	2542.32	2046.55	2882.87	3505.10	2359.77	3194.34	2472.29	M ₁
2701.72	3235.68	2341.06	2899.81	2330.33	2243.09	2641.83	1966.10	2402.34	1962.11	3160.35	3829.53	2716.03	3397.29	2698.56	M ₂
2610.43	2954.22	2312.67	2868.68	2306.14	2185.63	2432.63	1938.53	2434.42	1936.94	3035.23	3475.82	2686.80	3302.95	2675.33	M ₃
2519.04	2957.37	2117.15	2787.86	2213.80	2196.35	2613.29	1832.79	2387.66	1951.65	2841.74	3301.46	2401.51	3188.05	2475.95	M ₄
2420.13	2860.19	2070.68	2577.54	2172.13	2074.17	2272.34	1808.89	2329.68	1885.78	2766.09	3448.03	2332.46	2825.39	2458.48	M ₅
2697.49	3113.26	2360.02	2915.11	2401.58	2419.51	2780.91	2083.10	2669.23	2144.82	2975.47	3445.62	2636.94	3160.98	2658.33	M ₆
2595 ^C	3046.87	2232.99	2819.55	2280.57	2246.37	2592.81	1943.73	2460.94	1987.97	2943.63	3500.93	2522.25	3178.17	2573.16	وسط
2884.20	3329.87	2463.30	3169.60	2574.03	2598.10	2898.35	2235.33	2929.34	2329.39	3170.30	3761.40	2691.27	3409.86	2818.67	M ₁
2830.59	3227.61	2484.84	3053.98	2555.95	2374.53	2656.84	2074.54	2611.15	2155.61	3286.65	3798.38	2895.14	3496.81	2956.29	M ₂
2774.31	3119.09	2470.46	3038.17	2469.52	2448.05	2688.85	2220.10	2710.26	2172.98	3100.58	3549.34	2720.83	3366.09	2766.05	M ₃
2753.20	3135.88	2356.50	3099.83	2420.59	2436.89	2671.22	2098.35	2815.24	2162.78	3069.51	3600.55	2614.66	3384.43	2678.40	M ₄
2610.12	2953.26	2256.66	2895.51	2335.07	2247.08	2500.72	1935.00	2527.06	2025.54	2973.17	3405.80	2578.32	3263.95	2644.60	M ₅
2881.95	3264.31	2524.79	3155.82	2582.88	2637.31	3045.11	2239.57	2921.38	2343.19	3126.59	3483.50	2810.00	3390.27	2822.57	M ₆
2789.1 ^B	3171.67	2426.09	3068.82	2489.67	2457.00	2743.51	2133.81	2752.41	2198.25	3121.13	3599.83	2718.37	3385.23	2781.09	وسط
3013.83	3377.98	2608.90	3269.50	2798.95	2726.11	2972.76	2355.43	3042.81	2533.43	3301.56	3783.20	2862.38	3496.19	3064.48	M ₁
2982.47	3359.96	2560.97	3232.12	2776.84	2534.66	2758.01	2225.99	2855.44	2299.20	3430.29	3961.90	2895.95	3608.81	3254.49	M ₂
3013.33	3433.43	2601.66	3244.88	2773.36	2637.87	2816.95	2334.51	2932.95	2467.05	3388.80	4049.90	2868.81	3556.81	3079.68	M ₃
2875.03	3290.73	2437.08	3035.14	2737.16	2510.97	2697.10	2146.38	2838.90	2361.51	3239.08	3884.37	2727.77	3231.38	3112.80	M ₄
2804.77	3089.64	2473.70	3019.36	2636.36	2442.86	2485.06	2181.48	2767.99	2336.91	3166.68	3694.23	2765.93	3270.74	2935.81	M ₅
3074.03	3529.02	2641.00	3252.52	2873.60	2763.24	3061.43	2412.43	3006.62	2572.48	3384.83	3996.60	2869.57	3498.43	3174.71	M ₆
2960.58 ^A	3346.79	2553.89	3175.59	2766.05	2602.62	2798.55	2276.04	2907.45	2428.43	3318.54	3895.03	2831.74	3443.73	3103.66	وسط
2922.98	3302.71	2540.53	3204.76	2643.91	2623.03	2781.33	2276.95	3015.62	2418.20	3222.93	3824.09	2804.10	3393.91	2869.62	M ₁
2979.72	3414.19	2566.51	3197.95	2740.22	2555.91	2840.67	2219.31	2876.18	2287.49	3403.52	3987.71	2913.71	3519.71	3192.95	M ₂
2928.88	3277.48	2551.54	3156.80	2729.69	2552.26	2695.00	2206.22	2916.52	2391.29	3305.50	3859.95	2896.86	3397.08	3068.10	M ₃
2922.51	3386.31	2500.51	3171.67	2631.54	2566.02	2764.33	2225.45	2939.57	2334.71	3279.00	4008.29	2775.57	3403.76	2928.37	M ₄

2781.69	3056.91	2442.48	2986.61	2640.76	2400.77	2253.00	2249.81	2735.58	2364.70	3162.61	3860.82	2635.16	3237.63	2916.82	M ₅
3010.80	3430.67	2620.91	3170.69	2820.93	2660.79	2744.38	2333.19	3028.95	2536.62	3360.81	4116.95	2908.63	3312.43	3105.24	M ₆
2924.4 ^A	3311.38	2537.08	3148.08	2701.17	2559.79	2679.79	2251.82	2918.74	2388.83	3289.06	3942.97	2822.34	3377.42	3013.51	وسط
2745 ^{ab}	3182.10	2320.03	3014.73	2464.93	2448.49	2733.29	2080.48	2760.52	2219.68	3042.41	3630.92	2559.58	3268.94	2710.19	M ₁
2756 ^{ab}	3195.38	2348.89	2989.06	2490.34	2328.80	2619.09	1997.52	2603.53	2095.05	3183.04	3771.66	2700.25	3374.60	2885.63	M ₂
2722 ^{bc}	3104.73	2345.47	2974.00	2465.42	2351.92	2566.31	2040.21	2653.34	2147.82	3092.89	3643.16	2650.74	3294.66	2783.01	M ₃
2671 ^c	3101.95	2240.46	2931.19	2410.29	2329.20	2588.81	1960.93	2650.78	2116.30	3012.74	3615.09	2519.98	3211.60	2704.28	M ₄
2580 ^d	2939.89	2206.91	2808.09	2366.54	2220.14	2341.84	1935.37	2526.57	2076.76	2940.58	3537.93	2478.45	3089.62	2656.32	M ₅
2790 ^a	3215.34	2387.55	3011.12	2545.47	2483.33	2765.99	2114.00	2779.74	2273.59	3096.41	3664.69	2661.11	3242.50	2817.35	M ₆
2710.83	3123 ^A	2308 ^D	2955 ^B	2457 ^C	2360 ^b	2602.55	2021.42	2662.41	2154.87	3061.3 ^a	3643.91	2595.02	3246.99	2759.46	مط العام

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)، 100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
331.999	234.759	148.475	104.987	135.538	95.840	60.615	42.861	166.000	117.380	74.237	52.494	67.769	47.920	30.307	LSD (0.01)
%7.6															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الأزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية (C)، الأصناف (D).

8-6- متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة (% غ) Grain vigor based on

seedling weight: بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) في صفة متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة كان الأعلى معنوياً في الحبوب المأخوذة من النباتات التي كانت تحت ظروف الزراعة المروية (57.23% غ) بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (30.75% غ)، حيثُ سبّبت الزراعة المطرية انخفاضاً في متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن بادرتها بنحو 86.11% بالمقارنة مع الزراعة المروية. ويُعزى ذلك إلى التباين في جميع خصائص الحبوب الفيزيائية والنوعية والحيوية. ويُلاحظ بالنسبة إلى معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (51.11% غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (33.93% غ) (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ (66.32% غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (23.30% غ) (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (45.37، 45.35، 44.71 % غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل الأسمدة الآزوتية 100% بداية الإزهار (41.50% غ) (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) (60.49% غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (28.84، 30.21، 30.21 % غ على التوالي) (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافتها، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن بادرتها كان الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء؛ 100% وقت الزراعة؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإزهار)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت

الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (51.78، 52.49، 52.52، 53.24)، 51.60% غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (33.93% غ) (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدّلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن بادرتها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 140 كغ N. هكتار⁻¹ وعندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (70.20، 68.84، 67.99، 67.57، 67.37% غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وعند معدّل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (23.30، 25.15، 26.32، 26.53% غ على التوالي) (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن بادرتها كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (57.31% غ)، تلاه ويفروقاتٍ معنوية لدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ (53.02% غ)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى حبوب صنف القمح الطري دوما² (26.92% غ)، تلاه ويفروقاتٍ معنوية لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما¹ (38.70% غ) (الجدول، 37). وكان متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن بادرتها الأعلى لدى حبوب القمح القاسي (48.01% غ)، بالمقارنة مع حبوب القمح الطري (39.97% غ). بانخفاضٍ مقداره 20.12% بالمقارنة مع القمح القاسي. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن بادرتها كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية ولدى حبوب صنف القمح الطري دوما⁴ (75.32% غ)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية ولدى حبوب صنف القمح الطري دوما² (20.20% غ) (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدّلات السماد الآزوتي مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة كان الأعلى معنوياً لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّلي التسميد الآزوتي (140، 160 كغ N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (63.38، 64.39% غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى حبوب صنف القمح الطري دوما² عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (19.07% غ) (الجدول، 37). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية مع الأصناف المدروسة، أنّ متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة كان الأعلى معنوياً لدى حبوب صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛

(بدون تسميد آزوتي) وعند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (13.59، 15.8، 16.08، 16.85 % غ على التوالي) (الجدول، 37). تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Ibrahim وزملاؤه (2016)، Osuna وزملاؤه (2015)، Wen وزملاؤه (2018).

الجدول رقم (32): متوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة (% غ) لدى أصناف القمح الطري والقاسي المدروسة.

المتوسط العام	متوسط كميات الأزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ. هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
33.93 ^E	43.83	19.07	45.73	27.08	23.30	25.25	13.59	33.66	20.69	44.56	62.41	24.54	57.80	33.47	T ₀	
39.80	54.26	23.06	51.97	29.90	28.87	33.90	17.31	39.72	24.53	50.73	74.62	28.81	64.22	35.27	M ₁	
41.23	53.50	24.36	54.37	32.70	27.42	32.10	16.85	36.98	23.78	55.04	74.91	31.88	71.76	41.62	M ₂	
39.71	50.04	24.75	52.48	31.56	26.32	27.87	17.53	36.86	23.03	53.09	72.21	31.97	68.10	40.10	M ₃	
38.22	48.92	21.98	52.09	29.90	26.53	29.65	16.08	37.03	23.37	49.91	68.18	27.87	67.14	36.43	M ₄	
36.84	48.63	21.70	47.66	29.38	25.15	27.14	15.80	35.14	22.52	48.54	70.13	27.61	60.17	36.24	M ₅	
41.81	52.23	25.13	56.47	33.40	30.33	32.53	18.04	44.71	26.04	53.29	71.93	32.23	68.23	40.76	M ₆	
39.60 ^D	51.26	23.50	52.51	31.14	27.44	30.53	16.93	38.41	23.88	51.77	72.00	30.06	66.60	38.40	المتوسط	
46.79	56.56	28.00	62.21	40.40	33.76	34.05	21.63	49.28	30.09	59.82	79.08	34.37	75.14	50.70	M ₁	
47.48	56.49	28.70	62.29	42.44	31.15	33.55	19.46	44.10	27.49	63.81	79.43	37.94	80.48	57.38	M ₂	
44.79	53.19	27.91	59.76	38.30	31.72	31.58	21.32	46.05	27.94	57.86	74.81	34.51	73.47	48.67	M ₃	
44.11	53.42	26.43	60.52	36.06	31.77	31.64	19.85	47.90	27.69	56.45	75.20	33.02	73.14	44.44	M ₄	
42.19	50.39	25.31	55.82	37.24	29.26	28.70	18.34	43.68	26.33	55.12	72.08	32.29	67.95	48.15	M ₅	
47.12	56.27	28.97	62.70	40.52	35.63	38.90	22.33	51.00	30.29	58.60	73.63	35.60	74.40	50.76	M ₆	
45.41 ^C	54.39	27.56	60.55	39.16	32.22	33.07	20.49	47.00	28.30	58.61	75.70	34.62	74.10	50.02	المتوسط	
52.49	59.08	32.28	67.95	50.66	37.62	35.04	26.00	54.48	34.94	67.37	83.13	38.55	81.43	66.38	M ₁	
52.52	60.31	31.93	66.46	51.37	34.83	33.90	24.51	49.45	31.47	70.20	86.71	39.35	83.48	71.27	M ₂	
51.78	58.27	32.37	66.36	50.15	35.58	31.77	24.95	51.24	34.37	67.99	84.76	39.79	81.48	65.92	M ₃	
49.46	57.57	30.27	61.43	48.58	34.71	31.27	23.93	50.74	32.91	64.22	83.87	36.61	72.12	64.26	M ₄	
47.13	52.62	30.35	58.37	47.19	33.66	28.32	24.65	49.32	32.35	60.60	76.92	36.05	67.41	62.03	M ₅	
53.24	61.51	34.28	65.76	51.40	38.91	37.57	28.08	53.38	36.62	67.57	85.45	40.49	78.14	66.19	M ₆	
51.11 ^A	58.23	31.91	64.39	49.89	35.89	32.98	25.35	51.43	33.78	66.32	83.47	38.47	77.34	66.01	المتوسط	
50.52	57.17	33.43	65.22	46.26	36.30	34.16	25.42	54.38	31.22	64.74	80.18	41.44	76.05	61.30	M ₁	
51.60	58.97	33.57	64.83	49.03	34.36	32.99	23.93	50.33	30.20	68.84	84.95	43.21	79.33	67.86	M ₂	
49.73	56.95	31.66	63.38	46.92	34.83	31.61	23.30	52.00	32.41	64.62	82.29	40.02	74.75	61.43	M ₃	

49.30	58.61	31.48	63.88	43.22	34.71	33.02	24.11	51.90	29.81	63.88	84.19	38.84	75.86	56.64	M ₄	
47.43	54.05	31.36	59.67	44.64	32.82	26.50	25.52	47.78	31.49	62.04	81.61	37.21	71.56	57.79	M ₅	
50.78	58.72	33.80	63.29	47.31	36.37	32.45	25.64	55.00	32.38	65.19	85.00	41.97	71.57	62.24	M ₆	
49.89 ^B	57.41	32.55	63.38	46.23	34.90	31.79	24.65	51.90	31.25	64.89	83.04	40.45	74.85	61.21	المتوسط	
44.71 ^{ab}	54.18	27.17	58.62	38.86	31.97	32.48	20.79	46.30	28.30	57.45	75.88	33.54	70.93	49.43	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف و المراعي
45.35 ^a	54.62	27.53	58.74	40.52	30.21	31.56	19.67	42.90	26.73	60.49	77.68	35.38	74.57	54.32	M ₂	
43.99 ^b	52.46	27.15	57.54	38.80	30.35	29.62	20.14	43.96	27.69	57.62	75.29	34.17	71.12	49.92	M ₃	
43.00 ^c	52.47	25.84	56.73	36.97	30.21	30.17	19.51	44.25	26.89	55.80	74.77	32.18	69.21	47.05	M ₄	
41.50 ^d	49.90	25.56	53.45	37.11	28.84	27.18	19.58	41.92	26.68	54.17	72.63	31.54	64.98	47.53	M ₅	
45.37 ^a	54.51	28.25	58.79	39.94	32.91	33.34	21.54	47.55	29.20	57.84	75.68	34.96	70.03	50.68	M ₆	
43.99	53.02 ^B	26.92 ^D	57.31 ^A	38.70 ^C	30.75 ^b	30.72	20.20	44.48	27.58	57.23 ^a	75.32	33.63	70.14	49.82	المتوسط العام	

شاهد (بدون تسميد آزوتي) (T₀)، 100% وقت الزراعة (M₁)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإشتاء (M₂)، 33% وقت الزراعة+33% بداية الإشتاء+33% بداية الإزهار (M₃)، 100% بداية الإشتاء (M₄)،

100% بداية الإزهار (M₅)، 50% وقت الزراعة+50% بداية الإزهار (M₆).

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
5.990	4.235	2.679	1.894	2.445	1.729	1.094	0.773	2.995	2.118	1.339	0.947	1.223	0.865	0.547	LSD (0.01)
8.5%														C.V (%)	

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

6-9-متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% (TZ) Tetrazolium test (TZ): بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($P \leq 0.01$) بين طبيعة الزراعة (المروية أم المطرية) ومعدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها والأصناف المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها (الجدول، 38). يُلاحظ بالنسبة إلى طبيعة الزراعة، أنّ متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (87.11%)، بالمقارنة مع الزراعة المطرية (84.57%)، حيثُ سبّبت الزراعة المطرية انخفاضاً في متوسط النسبة المئوية للانبات بنحو 3.01%. ويُعزى ذلك إلى أنّ النسبة المئوية للانبات ودليل الانبات تحت ظروف الزراعة المروية أعلى بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية، بالإضافة إلى حجم ووزن السنبل الأعلى، ما يؤدي إلى حيوية أعلى ومنه فعالية أكبر للتترازوليوم. يُلاحظ بالنسبة إلى معدلات التسميد الآزوتي، كان متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% الأعلى معنوياً عند معدلات التسميد الآزوتي (160، 140، 120 كغ. N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (90.02، 89.82، 88.03% على التوالي)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية عند معدل التسميد الآزوتي 100 كغ. N. هكتار⁻¹ (85.84%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (75.49%). ويُلاحظ أنّه كلّما ازداد التسميد الآزوتي زادت نسبة الانبات وطاقتها الحبوب الإنباتية ووزن الحبوب وحجمها، ومنه حيوية وفعالية أكبر للتترازوليوم. ويُلاحظ بالنسبة إلى التفاعل بين طبيعة الزراعة ومعدلات التسميد الآزوتي، كان متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية وعند معدّلي التسميد الآزوتي (160، 140 كغ. N. هكتار⁻¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (91.76، 91.57% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف طبيعتي الزراعة (المطرية، المروية) عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (75.57، 75.42% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء؛ 100% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (85.78، 86.30، 86.67، 87.80% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإزهار؛ 100% وقت الزراعة) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (84.87، 83.60% على التوالي). ويُعزى انخفاض فعالية التترازوليوم عند أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار إلى انخفاض قوة الحبة (حيويتها) اعتماداً على طول البادرة ووزنها، ونسبة الانبات ودليل الانبات، ما أدّى إلى انخفاض فعالية التترازوليوم (Brasil، 2009). يُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية، أنّ متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار (89.07%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (81.78%). يُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي مع توقيت إضافتها، أنّ متوسط النسبة

المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً عند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ. N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (91.96%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (74.83%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي وتوقيت إضافتها، أنَّ متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معدل التسميد الآزوتي 140 كغ. N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، وعند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ. N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (94.25، 93.75% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي)، وتحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (74.25، 75.42% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (89.27%)، تلاه لدى نباتات صنف القمح الطري والقاسي (دوما⁴، دوما¹) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (85.99، 84.59% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما² (83.51%)، حيثُ كان متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% الأعلى لدى نباتات صنف القمح القاسي (86.93%)، بالمقارنة مع نباتات صنف القمح الطري (84.75%) بزيادةٍ مقدارها 2.51%. ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع الأصناف المدروسة، أنَّ متوسط النسبة المئوية لاختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ (90.14%)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما¹، دوما²) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (82.53، 83.03% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل معدلات التسميد الآزوتي والأصناف المدروسة، أنَّ متوسط اختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار) (91.33%)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات صنف القمح الطري دوما⁴ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار (81.73%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع معدلات التسميد الآزوتي والأصناف، أنَّ متوسط اختبار التترازوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عند معدل التسميد الآزوتي 160 كغ. N. هكتار⁻¹ (94.06%)، في حين كان الأدنى معنوياً

تحت ظروف الزراعة المطرية عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ (69.33%). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل طبيعة الزراعة مع توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية والأصناف المدروسة، أنّ متوسط اختبار التترزوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما³ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار؛ 33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) وبدون فروقاتٍ معنوية بينها (91.93، 91.67، 91.07% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإزهار لدى نباتات صنف القمح القاسي والطري (دوما¹، دوما⁴) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (79.87، 80.07% على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة إلى تفاعل جميع المتغيرات بعضها ببعض، أنّ متوسط اختبار التترزوليوم تركيز 0.15% كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية لدى صنف القمح القاسي دوما³ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ. N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت الأسمدة الآزوتية بواقع (50% وقت الزراعة + 50% بداية الإزهار)، ولدى صنف القمح الطري دوما⁴ عند معدّل التسميد الآزوتي 160 كغ. N. هكتار⁻¹ عندما أُضيفت كامل كمية الأسمدة الآزوتية في بداية مرحلة الإشتاء وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (97، 97% على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً تحت ظروف الزراعة المطرية لدى نباتات صنف القمح القاسي دوما¹ عند معاملة الشاهد (بدون تسميد آزوتي) (69.33%). ويُلاحظ وجود علاقة طردية بين شدة التلوين وتركيزه ومدى الحيوية، حيثُ كلّما ازدادت حيوية الحبة كانت شدة التلوين أكبر، وهذا يعتمد على نشاط أنزيمات الـ هيدروجيناز الموجودة في الجنين. تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Brasil 2009)، و ISTA (2008).

الجدول رقم (32): متوسط النسبة المئوية لاختبار التترزوليوم تركيز 0.15% (%) لدى أصناف القمح خلال موسم الزراعة.

المتوسط العام	متوسط كميات الأزوت والدفعات والأصناف				طبيعة الزراعة										توقيت إضافة الأسمدة الأزوتية	المعاملات السمادية (كغ . هكتار ⁻¹)
					مطرية					مروية						
	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	المتوسط	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁		
75.49 ^C	74.67	72.67	80.67	71.33	75.42	73.00	74.67	84.67	69.33	75.57	76.33	70.67	76.67	73.33		T ₀
83.58	88.17	80.83	86.50	84.50	83.83	85.00	79.67	86.33	84.33	83.33	85.67	76.33	86.67	84.67	M ₁	100
85.58	88.17	80.83	89.67	83.67	83.00	85.67	83.00	84.33	79.00	88.17	90.67	78.67	95.00	88.33	M ₂	
87.62	88.17	84.00	93.33	85.00	84.00	83.67	81.33	90.33	80.67	91.25	92.67	86.67	96.33	89.33	M ₃	
85.62	87.00	78.67	92.67	84.17	83.75	87.33	76.67	88.33	82.67	87.50	86.67	80.67	97.00	85.67	M ₄	
83.29	78.50	80.83	89.33	84.50	81.00	76.33	79.67	85.67	82.33	85.58	80.67	82.00	93.00	86.67	M ₅	
89.33	90.50	86.33	92.67	87.83	88.75	87.33	86.33	92.33	89.00	89.92	93.67	86.33	93.00	86.67	M ₆	
85.84 ^B	86.28	81.44	90.69	84.94	84.06	84.22	81.11	87.89	83.00	87.62	88.33	81.78	93.50	86.89	المتوسط	
88.46	89.17	86.83	87.17	90.67	89.08	88.67	88.67	87.67	91.33	87.83	89.67	85.00	86.67	90.00	M ₁	120
90.04	90.67	89.83	90.67	89.00	89.17	89.33	91.00	90.00	86.33	90.92	92.00	88.67	91.33	91.67	M ₂	
88.87	84.50	88.33	91.17	91.50	88.67	81.33	89.67	92.67	91.00	89.08	87.67	87.00	89.67	92.00	M ₃	
86.17	86.17	85.00	90.00	83.50	85.17	83.67	83.67	90.67	82.67	87.17	88.67	86.33	89.33	84.33	M ₄	
83.83	83.00	85.17	82.83	84.33	80.83	79.67	84.67	78.33	80.67	86.83	86.33	85.67	87.33	88.00	M ₅	
90.79	88.67	90.67	91.67	92.17	89.33	87.00	87.67	93.33	89.33	92.25	90.33	93.67	90.00	95.00	M ₆	
88.03 ^{AB}	87.03	87.64	88.92	88.53	87.04	84.94	87.56	88.78	86.89	89.01	89.11	87.72	89.06	90.17	المتوسط	
89.75	91.50	87.50	91.17	88.83	89.42	90.67	86.67	89.00	91.33	90.08	92.33	88.33	93.33	86.33	M ₁	140
89.17	91.50	87.17	89.17	88.83	85.75	90.33	80.00	87.33	85.33	92.58	92.67	94.33	91.00	92.33	M ₂	
89.88	91.67	87.50	92.00	88.33	88.00	87.67	83.67	90.67	90.00	91.75	95.67	91.33	93.33	86.67	M ₃	
90.04	93.17	87.00	88.83	91.17	89.58	92.67	88.00	91.33	86.33	90.50	93.67	86.00	86.33	96.00	M ₄	
88.79	86.33	90.83	90.00	88.00	87.33	85.67	89.67	87.67	86.33	90.25	87.00	92.00	92.33	89.67	M ₅	
91.29	93.33	87.00	94.00	90.83	88.33	94.67	81.33	91.33	86.00	94.25	92.00	92.67	96.67	95.67	M ₆	
89.82 ^A	91.25	87.83	90.86	89.33	88.07	90.28	84.89	89.56	87.56	91.57	92.22	90.78	92.17	91.11	المتوسط	
87.71	87.50	86.00	92.17	85.17	86.25	87.00	83.00	94.00	81.00	89.17	88.00	89.00	90.33	89.33	M ₁	160
91.08	92.50	90.17	92.50	89.17	89.42	91.67	90.00	90.00	86.00	92.75	93.33	90.33	95.00	92.33	M ₂	
91.33	89.83	90.50	93.50	91.50	88.92	84.67	89.00	91.00	91.00	93.75	95.00	92.00	96.00	92.00	M ₃	
91.46	95.67	89.33	91.83	89.00	89.92	94.33	88.33	90.33	86.67	93.00	97.00	90.33	93.33	91.33	M ₄	

86.58	86.17	83.00	91.00	86.17	84.33	85.67	81.67	89.33	80.67	88.83	86.67	84.33	92.67	91.67	M ₅	
91.96	92.67	88.67	94.50	92.00	90.83	91.67	89.67	92.00	90.00	93.08	93.67	87.67	97.00	94.00	M ₆	
90.02 ^A	90.72	87.94	92.58	88.83	88.28	89.17	86.94	91.11	85.89	91.76	92.28	88.94	94.06	91.78	المتوسط	
84.87 ^{bc}	85.63	82.20	87.53	84.10	84.80	84.87	82.53	88.33	83.47	84.93	86.40	81.87	86.73	84.73	M ₁	متوسط طبيعة الزراعة مع الأصناف والمواقع
86.30 ^{abc}	87.50	84.13	89.17	84.40	84.55	86.00	83.73	87.27	81.20	88.05	89.00	84.53	91.07	87.60	M ₂	
86.67 ^{ab}	85.77	84.60	90.77	85.53	85.00	82.07	83.67	89.87	84.40	88.33	89.47	85.53	91.67	86.67	M ₃	
85.78 ^{abc}	87.33	82.53	89.43	83.83	84.77	86.20	82.27	89.07	81.53	86.80	88.47	82.80	89.80	86.13	M ₄	
83.62 ^c	81.73	82.50	87.40	82.87	81.78	80.07	82.07	85.13	79.87	85.47	83.40	82.93	89.67	85.87	M ₅	
87.80 ^a	87.97	85.07	91.33	86.83	86.53	86.73	83.93	90.73	84.73	89.07	89.20	86.20	91.93	88.93	M ₆	
85.84	85.99 ^B	83.51 ^C	89.27 ^A	84.59 ^{BC}	84.57 ^b	84.32	83.03	88.40	82.53	87.11 ^a	87.66	83.98	90.14	86.66	المتوسط العام	

تشير الأحرف المتماثلة إلى عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى معنوية 0.01.

ABCD	BCD	ACD	CD	ABD	BD	AD	(D)	ABC	BC	AC	(C)	AB	(B)	(A)	المتغير
11.686	8.263	5.226	3.695	4.771	3.373	2.133	1.509	5.843	4.131	2.613	1.848	2.385	1.687	1.067	LSD (0.01)
3.5															C.V (%)

طبيعة الزراعة (A)، معدلات التسميد الآزوتي (B)، توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية (C)، الأصناف (D).

أهمية الممارسات الزراعية المطبقة

يمكن بناءً على نتائج الغلة الحبية الجدول رقم (15)، تطوير الأنموذج الرياضي الآتي المُحدد لغلة محصول القمح بنوعيه الطري والقاسي:

الغلة الحبية في محصول القمح = 0.70 (الكسب الوراثي) + 0.55 (الري الكامل) + 0.49 (معدل التسميد الآزوتي حتى 140 كغ . هكتار⁻¹) + 0.12 (توقيت الإضافة الأمثل) + 0.09 (عمليات الخدمة المتبقية: التعشيب، عمق الزراعة) × معامل الاستجابة فقط في حال القمح الطري (0.04)، وذلك عند تقديم كل الإجراءات الوقائية الموصى بها، والزراعة والحصاد في الموعد الأمثل لكل صنف ومنطقة بيئية.

تتوافق هذه النتائج مع نتائج Alam وزملاؤه (2007)، الذين بيّنوا أنّ غلة محصول لقمح الحبية تتحدد بالعديد من العوامل، أهمها العوامل الوراثية Genetic factors (الصنف)، والتسميد الآزوتي Nitrogen fertilization. ويُلاحظ أنّ هذه الممارسات مسؤولة عن 91.37% من الغلة الحبية في محصول القمح ضمن المنطقة البيئية المدروسة، ويمكن أن تُعزى النسبة المتبقية إلى محددات أخرى، مثل موعد الزراعة، وموعد الحصاد، وعمق الزراعة، والتعشيب، وغيرها. لذلك لا بدّ من تطبيق كل تلك الممارسات الزراعية المثلى بشكلٍ متكامل وتجميعي لبلوغ طاقة الصنف المزروع الإنتاجية الكامنة. وتُعزى الزيادة في الغلة الحبية عند تطبيق حزمة الممارسات الزراعية المثلى بالمقارنة مع غير المناسبة (بنحو 58.04% في أصناف القمح الطري، ونحو 54.86% في أصناف القمح القاسي) إلى تقليل عدد الأيام اللازمة للإنبات (الاسترس المبكر للبادرات) بنحو 72% (18 يوماً)، وتأخير موعد التسنبل بنحو 21% (33 يوماً)، وتأخير موعد النضج التام بنحو 11.21% ، وزيادة عدد السنابل في المتر المربع بنحو 67.51% ، وزيادة وزن الحبوب في السنبل الرئيسية بنحو 87.62% ، وزيادة عدد الحبوب في السنبل الرئيسية بنحو 75.15% ، وزيادة متوسط عدد الحبوب في المتر المربع بنحو 79.50% ، وزيادة الغلة الحيوية بنحو 80.38% ، وزيادة دليل الحصاد بنحو 66.95% ، وزيادة وزن الألف حبة بنحو 58.76% ، وكفاءة استعمال الآزوت بنحو 90.96% . ويُلاحظ بشكلٍ عام، أنّ أصناف القمح الطري كانت أكثر استجابة للممارسات الزراعية المثلى المطبقة بالمقارنة مع أصناف القمح القاسي، لأنّ نسبة الزيادة فيها كانت أعلى كما هو موضح في الجداول (34) و(35).

الجدول رقم (33): التأثير التجميعي المناسب وغير المناسب في صفة الغلة الحبية في نوعي القمح المدروسين تحت ظروف الزراعة الحقلية.

المتغير	الغلة الحبية عند المعاملة المثلثي (غ. م ⁻²)	الغلة الحبية عند المعاملة غير المثلثي (غ. م ⁻²)	نسبة الزيادة في الغلة الحبية (%)	ترتيب الأولوية	نسبة التأثير (%)
طبيعة الزراعة (مروية أم مطرية)	776.8	382.3	50.78	2	55.57
معدل التسميد الآزوتي	708.2	391.2	44.76	3	48.98
توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية	607.4	539.0	11.26	4	12.32
الأصناف	825.7	299.3	63.75	1	69.77
التأثير التجميعي	1451.36	125.25	91.37		—
التأثير التجميعي	القمح الطري	القمح الطري	58.04		—
	667.31	279.98			—
التأثير التجميعي	القمح القاسي	القمح القاسي	54.86		—
	941.33	424.86			—

طبيعة المعاملة المدروسة	المثلثي	غير المثلثي
طبيعة الزراعة	مروية	مطرية
معدل التسميد الآزوتي	140 كغ N. هكتار ¹	بدون تسميد آزوتي
توقيت إضافة الأسمدة الآزوتية	(50% الزراعة + 50% بداية الإزهار/الإشطاء)	100% بداية الإزهار
الأصناف	صنف القمح القاسي دوما 3 غالباً، وقد يختلف باختلاف الصفة	صنف القمح الطري دوما 2، وقد يختلف أحياناً باختلاف الصفة

الجدول رقم (34): تأثير الممارسات الزراعية المطبقة في الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية.

التأثير التجميعي		الأصناف				توقيت الإضافة		معدل التسميد الأزوتي		طبيعة الزراعة		الصفة
الأسوأ	الأمثل	دوما ₄	دوما ₂	دوما ₃	دوما ₁	%100 عند بداية الإزهار	(50% وقت الزراعة + 50% عند بداية الإزهار/الإشطاء)	بدون تسميد أزوتي	140 (كغ . هكتار ⁻¹)	مطرية	مروية	
25	7	14.69	15.56	18.07	16.45	17.27	15.40	18.54	14.76	19.55	12.83	متوسط عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات (يوم)
72		-	5.59	18.70	10.69	10.82		20.38		34.37		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
124	157	136.1	133.3	148.6	147.7	140.7	142.1	138.2	143.1	136	146	متوسط عدد الأيام اللازمة للتسبيل (يوم)
21.02		8.41	10.29	-	0.61	0.98		3.42		6.84		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
190	214	198.0	197.9	204.7	205.1	199.9	201.6	197.2	203.8	199	203	متوسط عدد الأيام اللازمة للتضج التام (يوم)
11.21		3.46	3.51	0.19	-	0.84		3.23		1.97		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
261.17	804	467.5	476.2	504.2	374.4	419.4	476.9	351.0	507.2	339.52	571.59	متوسط عدد السنابل في المتري المربع (سنبلة . م ⁻²)
67.51		7.28	5.55	-	25.74	12.06		30.79		40.6		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
0.36	2.91	0.776	0.448	1.452	0.882	0.845	0.929	0.654	1.085	0.70	1.08	متوسط وزن الحبوب في السنبلة الرئيسة
87.62		46.55	69.14	-	39.25	9.04		39.72		54.28		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
20.83	83.83	55.23	30.45	62.25	58.58	50.40	52.75	45.30	56.22	48.79	54.47	متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسة
75.15		11.27	51.08	-	5.89	4.45		19.42		10.43		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)

4893.33	23880	13600	8332	15872	12713	12023	12983	9633	14410	9523	16070	متوسط عدد الحبوب في المتري المربع
79.50		14.31	47.50	-	19.90	7.39		33.15		68.75		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
125.25	1451.36	643.7	299.3	825.7	548.7	539.0	607.4	391.2	708.2	382.3	776.8	متوسط الغلة الحبية (غ . م ²)
91.37		22.04	63.75	-	33.55	11.26		44.76		50.78		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
747.17	3809.41	1873.79	1269.99	2416.64	2185.47	1837.0	1993.77	1521.01	2165.53	1400.31	2472.64	متوسط الغلة الحيوية (غ . م ²)
80.38		22.46	47.45	-	9.58	7.86		29.72		43.36		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
14.36	43.46	34.67	21.84	32.75	24.81	28.04	29.03	24.85	31.28	26.36	30.68	متوسط دليل الحصاد (%)
66.95		-	37.00	5.54	28.44	3.41		20.55		14.08		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
9.87	109.27	43.84	20.40	56.18	38.05	36.60	42.01	41.92 عند معدل التسميد 160	50.92	26.30	52.93	كفاءة استعمال الأزوت
90.96		21.96	63.68	-	32.27	12.87		17.67		50.31		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
2.51	31.27	13.07	5.45	17.03	13.02	11.99	12.44	7.68	15.20	8.62	15.66	غلة الأزوت الحبية
91.97		23.25	67.99	-	23.54	3.62		49.47		44.96		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
23.39	276.43	121.8	50.8	158.7	121.3	111.7	118.7	71.6	141.7	80.30	146.00	كمية الأزوت الممتص
91.53		23.25	67.98	-	23.56	5.89		49.47		45		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)

ويمكن بناء على نتائج الجدول (42)، ترتيب الأصناف من حيث الاستجابة (المقدرة التكيفية)، والكفاءة الإنتاجية في المنطقة البيئية المستهدفة على النحو الآتي:

الأفضل ← الأسوأ			
دوما ₃	دوما ₄	دوما ₁	دوما ₂

الجدول رقم (35): تأثير الممارسات الزراعية المطبقة حقلياً في الصفات الفيزيائية والحيوية للحبوب المقاسة مخبرياً.

طبيعة الزراعة		معدل التسميد الأزوتي		توقيت الإضافة		الأصناف		التأثير التجميعي		الصفة
مروية	مطرية	140 (كغ . هكتار ⁻¹)	بدون تسميد أزوتي	(50% وقت الزراعة + 50% عند بداية الإزهار/الإشطاء)	100% عند بداية الإزهار	دوما ₁	دوما ₃	دوما ₂	دوما ₄	
1.97	2.14	2.026	2.072	2.011	2.103	2.303	1.911	2.042	1.980	نسبة طول الحبة/عرضها
8.62	2.22	4.37	-	14.02	11.33	17.02	39.21	2.55	1.55	نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
52.65	45.71	50.55	47.54	49.97	47.76	54.29	48.13	39.70	54.58	متوسط حجم الحبة
15.18	5.95	4.42	0.53	11.81	27.26	-	48.90	67.92	34.71	نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
46.35	39.21	45.92	38.79	43.70	41.81	46.46	41.07	33.37	50.22	وزن الألف حبة
15.40	15.52	4.32	7.48	18.21	33.55	-	58.76	61.79	25.48	نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
12.34	14.04	13.68	12.30	12.94	13.89	15.04	13.07	12.67	11.98	نسبة البروتين في الحبوب
11.97	10.08	6.83	-	13.09	15.75	20.34	47.94	9.77	18.77	نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
80.22	77.39	81.08	75.92	79.49	77.70	74.28	75.40	81.86	83.69	الوزن النوعي للحبوب
3.65	6.36	2.25	11.24	9.90	2.18	-	23.81	89.25	68.00	نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
31.49	34.98	34.33	31.37	32.71	34.20	43.10	32.53	30.41	26.89	نسبة الغلوتين الرطب
9.98	8.62	4.35	-	24.52	29.44	37.61	45.35	24.98	45.71	نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
71.48	75.91	75.28	71.00	73.08	74.80	86.98	70.87	69.42	67.52	معامل الغلوتين
62.00	93.67	67.52	69.42	70.87	74.80	86.98	70.87	69.42	67.52	

33.81		22.37	20.18	18.52	-	2.29		5.68		5.84		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
81.33	100	95.00	94.16	96.87	94.96	93.07	96.67	88	98.58	94.09	96.40	النسبة المئوية للإنبات
18.67		1.93	2.79	-	1.97	3.72		10.73		2.46		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
4.65	2.44	3.318	2.900	3.239	2.787	2.882	3.117	2.703	3.243	2.92	3.21	معدل الإنبات
47.52		-	12.59	2.38	16.00	7.53		16.65		9.03		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
0.46	0.76	0.630	0.615	0.666	0.650	0.599	0.666	0.585	0.672	0.62	0.66	دليل الإنبات
39.47		5.41	7.65	-	2.40	10.06		12.94		6.06		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
4.30	2.28	3.327	3.429	3.196	3.244	3.502	3.182	3.248	3.195	3.42	3.18	وقت الإنبات
46.97		2.97	-	6.79	5.39	9.13		1.63		7.02		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
12.00	24.44	17.89	15.41	17.67	15.11	15.24	16.94	14.47	17.60	15.55	17.49	وقت الإنبات اليومي
										12.48		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
1770.85	3996.6	3123	2308	2955	2457	2580	2790	2285	2961	2360.31	3061.34	قوة الحبة اعتماداً على طول البادرة
55.69		-	26.09	5.37	21.32	7.52		22.83		29.70		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
13.59	86.71	53.02	26.92	57.31	38.70	41.50	45.37	33.93	51.11	30.75	57.23	قوة الحبة اعتماداً على وزن البادرة
84.32		7.48	53.02	-	32.47	8.53		33.61		86.11		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)
69.33	97	85.99	83.51	89.27	84.59	83.60	87.80	75.49	89.82	84.57	87.11	متوسط فعالية التترزوليوم تركيز 15%
28.53		3.67	6.45	-	5.24	5.023		15.93		3.01		نسبة الزيادة/الانخفاض (%)

علاقات الارتباط البسيط Simple Correlation

يُعد إيجاد قيم معامل الارتباط بين الصفات المدروسة إحدى المؤشرات الإحصائية المهمة التي تُمكن من تحديد المعايير الانتخابية Selection indexes، والصفات الأكثر ارتباطاً بالغلة الحبية من أجل تسهيل عمل مربّي النبات لتحسين الغلة الحبية، والمقدرة التكيفية، وإمكانية تحسين أكثر من صفة في آنٍ واحد، بما يضمن تحقيق كسب وراثي حقيقي، وتطوير أصناف ذات كفاءة إنتاجية مرتفعة (Golan وزملاؤه، 2015). يُعد الانتخاب لمكونات الغلة الحبية أكثر جدوى وفاعلية من الانتخاب المباشر لصفة الغلة الحبية (Gooding وزملاؤه، 1997)، وبخاصة إذا ما ارتبطت تلك الصفة/الصفات بشكلٍ موجب ومعنوي جداً بصفة الغلة الحبية. يُلاحظ من (الجدول، 36) وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفتي وزن الحبوب، وعدد الحبوب في السنبلة الرئيسة والغلة الحيوية ($r=0.830^{**}$ ؛ $r=0.725^{**}$ على التوالي). حيث تؤدي زيادة الكتلة الحية عند النضج إلى زيادة كمية الجافة المتاحة خلال مرحلتي الإزهار وامتلاء الحبوب، ما يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة في السنبلة الرئيسة، ومتوسط وزن الحبة الواحدة (Eck، 1988). وتُعد الغلة الحيوية عند النضج من أهم مكونات الغلة الحبية الفيزيولوجية Physiological yield components في محصول القمح (Gifford وزملاؤه، 1984). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفة عدد الحبوب في السنبلة الرئيسة ووزن الحبوب في السنبلة الرئيسة ($r=0.725^{**}$ على التوالي) (الجدول، 42). حيث يُسهم توافر كمية كافية من المياه خلال مرحلة الإزهار في زيادة نسبة التلقيح والإخصاب والعقد، ما يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة في السنبلة، وتضمن إتاحة المادة الجافة من جهة، وكمية كافية من المياه خلال فترة امتلاء الحبوب Grain filling stage زيادة كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب (الحبوب)، ما يؤدي إلى زيادة معدل تراكم البروتينات Proteins accumulation، وإدخال النشاء Starch deposition في الحبوب خلال مرحلة النضج الفيزيولوجي، ما يُسهم في زيادة درجة امتلاء الحبوب المتشكلة ووزنها (Jamieson وزملاؤه، 2001؛ Dupont و Altenbach، 2003؛ العودة، 2005). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفة عدد السنابل في المتر المربع والغلة الحيوية ($r=0.674^{**}$). ويُعزى ذلك إلى أنّ وجود الآزوت المتاح بكميات مناسبة مع وجود كميات كافية من المياه في منطقة انتشار الجذور، يؤدي إلى زيادة معدل امتصاص الآزوت من بل خلايا المجموعة الجذرية، ما يؤدي إلى زيادة دليل المساحة الورقية، وكفاءة النبات التمثيلية، ما يضمن توافر كمية أكبر من المادة الجافة اللازمة لتحويل الإسطوانات الخضرية إلى سنابل (Alley وزملاؤه، 1999). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفة عدد الحبوب في المتر المربع وكل من الغلة الحيوية، ووزن الحبوب في السنبلة الرئيسة، وعدد الحبوب في السنبلة الرئيسة، وعدد السنابل في المتر المربع ($r=0.952^{**}$ ، $r=0.821^{**}$ ، $r=0.730^{**}$ ، $r=0.764^{**}$ على التوالي). يُعزى التباين في متوسط عدد الحبوب في المتر المربع بين المتغيرات المدروسة بشكل رئيس إلى التباين أولاً في عدد السنابل في المتر المربع، وثانياً إلى التباين في متوسط عدد الحبوب في السنبلة الرئيسة والسنابل الثانوية؛ حيث يزداد متوسط عدد الحبوب في وحدة المساحة من الأرض بزيادة عدد النباتات أو

بزيادة عدد السنابل في النبات الواحد، أو بزيادة عدد الحبوب في السنبل، علماً أنَّ هناك علاقة ارتباط عكسية بين تلك المكونات، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كل من الغلّة الحيوية والغلّة الحبية. وتؤدي بالمقابل زيادة الكتلة الحية عند النضج، إلى زيادة كمية نواتج التمثيل الضوئي المتاحة خلال المرحلة الحرجة جداً من حياة النبات (20 - 30 يوماً قبل الإزهار)، التي يتحدد خلالها العدد النهائي للحبوب (العودة، 2005). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفة الغلّة الحبية والغلّة الحيوية، ووزن الحبوب في السنبل الرئيسية، وعدد الحبوب في السنبل الرئيسية، وعدد السنابل في المتر المربع، وعدد الحبوب في المتر المربع ($r=0.922^{**}$, $r=0.877^{**}$, $r=0.740^{**}$, $r=0.732^{**}$, $r=0.984^{**}$ على التوالي). لذلك تُعد تلك الصفات من معايير الانتخاب المهمة في برامج التربية والتحسين الوراثي لزيادة غلّة محصول القمح الحبية. عموماً، تؤدي زيادة الغلّة الحيوية عند النضج إلى زيادة الغلّة الحبية، نتيجة زيادة كمية المادة الجافة المُصنّعة والمتاحة لنباتات المحصول خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات، وبخاصة لدى الطرز الوراثية التي تكون فيها كفاءة توزيع Partitioning efficiency، ونقل Translocation efficiency، نواتج التمثيل الضوئي باتجاه الأجزاء الاقتصادية نسبياً أكبر، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة ودرجة إمتلاء الحبوب، ومن ثمّ الغلّة الحبية، وبخاصة في حال توافر المياه بكميات كافية خلال مرحلة إمتلاء الحبوب (العودة، 2005). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفة دليل الحصاد ووزن الحبوب وعددها في السنبل الرئيسية، وعدد السنابل في المتر المربع، وعدد الحبوب في المتر المربع، وصفة الغلّة الحبية ($r=0.559^{**}$, $r=0.646^{**}$, $r=0.517^{**}$, $r=0.698^{**}$, $r=0.744^{**}$ على التوالي). ما يُشير إلى أنّ قيمة دليل الحصاد تتحدد بشكل رئيس بالغلّة الحبية ومكوناتها العددية والفيزيولوجية، حيث يُعبر دليل الحصاد عن نسبة المادّة الجافة من كامل الكتلة الحية المُسَخَّرَة للنمو الثمري. ويمكن اعتماده كمعيار انتخاب مهم لتحسين صفة الغلّة الحبية في البيئة المستهدفة، تحت ظروف الزراعتين المروية والمطرية. تُعزى بشكل عام الاختلافات في قيمة دليل الحصاد إلى التباين في الغلّتين الحيوية والحبية، ويُعزى الأخير إلى التباين في كفاءة توزيع نواتج التمثيل الضوئي بين أجزاء النبات المختلفة، حيث تزداد بزيادة كمية نواتج التمثيل الضوئي المُسَخَّرَة للنمو الثمري، وكفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب خلال مرحلة إمتلاء الحبوب، ما يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة في النبات/وحدة المساحة، ومتوسط وزن الحبة الواحدة، ومن ثمّ الغلّة الحبية (Martin وزملاؤه، 1989). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفة وزن الألف حبة والغلّة الحيوية، وعدد الحبوب في السنبل الرئيسية، وعدد الحبوب في المتر المربع، والغلّة الحبية، ودليل الحصاد ($r=0.763^{**}$, $r=0.839^{**}$, $r=0.859^{**}$, $r=0.898^{**}$, $r=0.886^{**}$ على التوالي). تُشير النتائج إلى أهمية المحافظة على حجم المصدر (دليل المساحة الورقية) لزيادة كمية الأشعة الضوئي الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي المعترضة (I)، ومن ثمّ زيادة كمية المادة الجافة المُصنّعة، وبخاصة خلال مرحلة ما بعد الإزهار Post-anthesis، حيث يُساعد ذلك في زيادة نسبة الزهيرات الخصبة المتشكلة Fertile florets، ومن ثمّ متوسط عدد الحبوب المتشكلة في السنبل/النبات، بالإضافة إلى زيادة درجة إمتلاء الحبوب، ومن ثمّ متوسط وزن الألف حبة، وبخاصة في حال توافر المياه خلال مرحلة إمتلاء الحبوب لزيادة كفاءة نقل نواتج

التمثيل الضوئي من المصدر، وبخاصة الأوراق إلى المصب (الحبوب) (الشحاذة العودة وزملاؤه، 2016). عموماً، يتأثر دليل الحصاد بقوة المصب (حجم الحبوب $\times$ عدد الحبوب)، وأيضاً بمعدل توزيع نواتج التمثيل الضوئي بين الأجزاء المختلفة في النبات، وكفاءة نقلها من المصدر إلى المصب. وقد أشارت بحوث عديدة إلى أن معظم الزيادة في الغلة الحبية للقمح تعود إلى عوامل وراثية تؤدي دوراً مهماً في زيادة مقدرة الطرز الوراثية المتفوقة على إيصال المادة الجافة إلى الحبوب، أي بزيادة دليل الحصاد الذي يُعد الصفة الرئيسية المرتبطة بزيادة الغلة الحبية في محاصيل الحبوب، ويمكن زيادة كمية المادة الجافة المتاحة لنمو السنابل وتطورها عن طريق تقليل عدد الإشطاءات الكلية المتشكلة، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية، حيث يسمح تشكل عدد أقل من الإشطاءات بتوفير كمية كافية من المادة الجافة لاستمرار نمو الإشطاءات الخضرية وتحولها إلى إشطاءات مثمرة، ما يسمح بإعطاء عدد أكبر من السنابل والحبوب في المتر المربع، وزيادة قيمة دليل الحصاد والغلة الحبية النهائية (Richards، 1996). يُلاحظ وجود علاقة ارتباط سلبية ومعنوية جداً بين صفة وزن الألف حبة ووزن الحبوب في السنبل الرئيسية، وعدد السنابل في المتر المربع ($r = -0.804^{**}$ ، $r = -0.568^{**}$ على التوالي). حيث تؤدي زيادة عدد الإشطاءات المثمرة (عدد السنابل)/النبات/وحدة المساحة إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة في وحدة المساحة من الأرض، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حدة المنافسة على نواتج التمثيل الضوئي بين الحبوب المتشكلة خلال فترة امتلاء الحبوب، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية، بسبب عدم كفاية نواتج التمثيل الضوئي لملي جميع الحبوب المتشكلة، في حين تُعزى تحت ظروف الزراعة المروية إلى زيادة نسبة الحبوب الطرفية الصغيرة Terminal grains على طول محور السنبل؛ حيث تكون في مثل هذه الحالة المشكلة في حجم الصب وليس حجم المصدر (Gifford وزملاؤه، 1984). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط سلبية ومعنوية جداً بين صفة موعد ظهور البادرات فوق سطح التربة والغلة الحبيوية (BY)، ووزن الحبوب في السنبل الرئيسية، وعدد السنابل في المتر المربع، وعدد الحبوب في المتر المربع، والغلة الحبية (GY)، ووزن الألف حبة ($r = -0.803^{**}$ ، $r = -0.559^{**}$ ، $r = -0.765^{**}$ ، $r = 0.836^{**}$ ، $r = -0.796^{**}$ ، $r = -0.637^{**}$ على التوالي). عموماً، يؤثر تأخير ظهور البادرات فوق سطح التربة سلباً في حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي على مبدأ الفائدة المركبة، ويؤدي على تقصير أطوال المراحل التطورية المختلفة، ما يؤدي إلى تراجع كل من عدد الحبوب المتشكلة ووزن الألف حبة، ومن ثم الغلة الحبية. ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفة موعد التسنبل والغلة الحبيوية، ووزن الحبوب في السنبل الرئيسية، وعددها في السنبل الرئيسية، وعدد الحبوب في المتر المربع، والغلة الحبية، ووزن الألف حبة ($r = 0.849^{**}$ ، $r = 0.754^{**}$ ، $r = 0.728^{**}$ ، $r = 0.760^{**}$ ، $r = 0.733^{**}$ ، $r = 0.663^{**}$ على التوالي)، حيث يؤدي تأخير موعد التسنبل إلى زيادة طول مرحلة النمو الخضرية، ومن ثم حجم المصدرة وكفاءة النباتات التمثيلية، ما يؤدي إلى تصنيع كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي، ومن ثم كمية المادة الجافة المُسخّرة لمرحلة النمو الثمري Reproductive stage (Wilhelm، 1998). ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط سلبية ومعنوية جداً بين صفة موعد التسنبل وموعد ظهور البادرات ($r = -0.555^{**}$)، ولوحظ وجود علاقة ارتباط سلبية ومعنوية جداً بين صفة موعد النضج التام وموعد ظهور البادرات ($r = -0.546^{**}$). حيث يؤدي

تأخر ظهور البادرات فوق سطح التربة إلى تأخير جميع المراحل التطورية اللاحقة. ويُلاحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين صفة موعد النضج التام والغلة الحبيوية، ووزن الحبوب وعددها في السنبل الرئيسية، وعدد الحبوب في المتر المربع، والغلة الحبيوية، ووزن الألف حبة، وموعد التسنبل ($r=0.823^{**}$ ، $r=0.765^{**}$ ، $r=0.670^{**}$ ، $r=0.716^{**}$ ، $r=0.704^{**}$ ، $r=0.556^{**}$ ، $r=0.826^{**}$ على التوالي). حيث يرتبط تأخير موعد النضج وبخاصة تحت ظروف الزراعة المروية بزيادة أطوال المراحل التطورية المختلفة، ما يؤدي إلى زيادة الغلة الحبيوية ومكوناتها العددية والفيزيولوجية، في حين يؤدي تأخير النضج تحت ظروف الزراعة المطرية إلى إمكانية تعرض نباتات القمح -بخاصة في حال انحباس الأمطار خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات- إلى مستويات شديدة من الجفاف، الأمر الذي يؤثر سلباً في غلة المحصول الحبيوية. ويؤكد ذلك، أن متوسط الغلة الحبيوية كان الأعلى معنوياً تحت ظروف الزراعة المروية (776.8 غ. م⁻²)، بالمقارنة مع ظروف الزراعة المطرية (382.3 غ. م⁻²)، حيث سببت الزراعة المروية زيادة في متوسط الغلة الحبيوية يُقدّر بنحو 50.78% بالمقارنة مع الزراعة المطرية، أي أن كل تأخير بموعد النضج تحت ظروف الري الكامل والتسميد الآزوتي الأمثل مقداره 1% يؤدي إلى زيادة الغلة الحبيوية بنحو 25.77%. عموماً، تؤدي قلة معدل الهطول المطري وسوء توزيع الأمطار خلال موسم النمو، وانحباسها خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات، إلى دفع النبات للنضج القسري (التبكير بالنضج)، الأمر الذي يمكن أن يؤثر سلباً في طول فترة الإزهار وفترة امتلاء الحبوب، ما يؤدي إلى تراجع عدد الحبوب المتشكلة، ومتوسط وزن الألف حبة، لذلك تُعد صفة الباكورية من الصفات التكيفية المهمة المرتبطة بالهروب من الجفاف المترافق مع الحرارة المرتفعة تحت ظروف الزراعة المطرية في بيئات حوض المتوسط. عموماً، أدى تعرض نباتات جميع أصناف القمح المدروسة لظروف نقص المياه تحت ظروف الزراعة المطرية إلى تقليل متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل والنضج التام. ولكن لا ينصح بزراعة الأصناف المتأخرة بالتسنبل والإزهار والنضج تحت ظروف الزراعة المطرية، لأن التأخير في الإنبال والإزهار غالباً ما يؤدي إلى تزامن مرحلة الإزهار مع انحباس الأمطار (اعتباراً من شهر آذار) وارتفاع درجات الحرارة في الوسط المحيط خلال تلك المرحلة الحرجة (23 م°)، الأمر الذي قد يؤثر سلباً في حيوية حبوب اللقاح Pollen Viability، ويزيد من جفاف المياسم، ومن ثم فرص تثبيت حبوب اللقاح عليها، ما يؤدي إلى تراجع نسبة التلقيح Pollination، والإخصاب Fertilization، والعقد Setting، فتزداد نسبة الزهيرات المجهضة Aborted florets، ويتراجع عدد الحبوب المتشكلة في السنبل الواحدة/ النبات/ وحدة المساحة من الأرض (Wardlaw، 1971).

الجدول رقم (36): قيم معامل الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية.

الصفة	BY	WGS	NO.GS	NS/m2	NG/m2	GY	HI	KW1000	D.E	HD	MD
BY	1										
WGS	0.830**	1									
NO.GS	0.725**	0.725**	1								
NS/m2	0.674**	0.493**	0.235**	1							
NG/m2	0.952**	0.821**	0.730**	0.764**	1						
GY	0.922**	0.877**	0.740**	0.732**	0.984**	1					
HI	0.491**	0.559**	0.646**	0.517**	0.698**	0.744**	1				
KW1000	0.763**	-0.804**	0.839**	-0.568**	0.859**	0.898**	0.886**	1			
D.E	-0.803**	-0.559**	-0.481**	-0.765**	-0.836**	-0.796**	-0.489**	-0.637**	1		
HD	0.849**	0.754**	0.728**	0.449**	0.760**	0.733**	0.358**	0.663**	-0.555**	1	
MD	0.823**	0.765**	0.670**	0.354**	0.716**	0.704**	0.258**	0.556**	-0.546**	0.826**	1

BY: لفة الحبوب. WGS: وزن الحبوب في السنبلة الرئيسية. NO.GS: عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية. NS/m2: عدد السنايل بالمتر المربع. NG/m2: عدد الحبوب بالمتر المربع.

GY: اللة الحبية. HI: معامل الحصاد. KW1000: وزن الألف حبة. D.E: موعد ظهور البادرات. HD: موعد التسنبل. MD: موعد النضج التام.

الاستنتاجات Conclusions

1. تؤدي زيادة محتوى التربة المائي، وكمية السماد الآزوتي المتاحة في مهد الزراعة إلى تسريع ظهور البادرات فوق سطح التربة، ويُعد الظهور المبكر للبادرات من الصفات التكيفية المرتبطة بتحسين تحمل الإجهاد المائي، وزيادة كفاءة استعمال المياه، وبخاصة تحت ظروف الزراعة المطرية.
2. تؤدي إتاحة المياه والسماد الآزوتي بكميات كافية، وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين (50% عند الزراعة + 50% بداية الإزهار) إلى تأخير موعد التسنبل، والنضج التام، بسبب إطالة فترة النمو الخضري النشط. وكان متوسط عدد الأيام اللازمة للتسنبل أطول بنحو 9.08% في القمح القاسي (148.15 يوماً) بالمقارنة مع القمح الطري (134.7 يوماً).
3. يُسبب كل تأخير مقداره يوماً واحداً في موعد النضج، زيادةً في الغلة الحبيبة مقدارها 16.00%، لدى أصناف القمح القاسي، ونحو 10.30%، لدى أصناف القمح الطري.
4. تتسم نباتات أصناف القمح الطري بكفاءة إشطائية أكبر (471.85 سنبله. م⁻²)، بالمقارنة مع نباتات أصناف القمح القاسي (439.3 سنبله. م⁻²). وتضمن إتاحة المياه والتسميد الآزوتي الأمثل، وإضافة الأسمدة الآزوتية بواقع (100% بداية الإشتاء؛ 50% وقت الزراعة + 50% بداية الإشتاء) زيادة متوسط عدد السنابل في المتر المربع بنحو 67.50%.
5. تفوقت أصناف القمح القاسي في متوسط وزن الحبوب، وعدد الحبوب في السنبل الرئيسية، وعدد الحبوب في المتر المربع، والغلة الحبيبة، والغلة الحيوية على أصناف القمح الطري (1.17، 0.62 غ على التوالي؛ 60.42، 42.04 حبة. سنبله⁻¹ على التوالي؛ 14292.4، 10966 حبة. م⁻²؛ 687.2، 471.5؛ 2307، 1573 لكل من القمح القاسي والطري على التوالي).
6. كان متوسط محتوى الحبوب من البروتين، ونسبة الغلوتين الرطب، ومعامل الغلوتين، وكفاءة استعمال الآزوت، وغلة الآزوت الحبيبة، كمية الآزوت الممتص، دليل الإنبات، ومتوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن بادرتها الأعلى لدى نباتات القمح القاسي (14.06، 37.82%، 78.93، 12 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. م⁻²، 15.03 كغ.هكتار⁻¹، 140 كغ.هكتار⁻¹، 0.656%، 48.01% غ على التوالي)، بالمقارنة مع متوسط محتوى الحبوب من البروتين ونسبة الغلوتين الرطب، ومعامل الغلوتين، وكفاءة استعمال الآزوت، وغلة الآزوت الحبيبة، وكمية الآزوت الممتص، ودليل الإنبات، ومتوسط قوة الحبة اعتماداً على وزن بادرتها لدى نباتات القمح الطري (12.33، 28.65%، 68.47، 32.12 كغ حبوب. كغ⁻¹ N. م⁻²، 9.05 كغ.هكتار⁻¹، 86.3 كغ.هكتار⁻¹، 0.625%، 39.97% غ على التوالي)، بارتفاع مقداره 12.30%، و 24.25%، و 13.25%، و 31.83%، و 39.79%، و 9.59%، و 38.36%، و 4.71%، و 20.12% على التوالي، ولكن كان متوسط الوزن النوعي للحبوب، ومعدل الإنبات، ومتوسط وقت الإنبات، ومتوسط دليل الإنبات، ومتوسط قوة الحبة اعتماداً على طول بادرتها الأعلى لدى

- القمح الطري (82.78 كغ. هيكتولتر⁻¹، 3.109 يوم. حبة⁻¹، 3.378 يوم. حبة⁻¹، 16.65 حبة. يوم⁻¹، 2716% سم) بالمقارنة مع القمح القاسي (74.84 كغ. هيكتولتر⁻¹، 3.013 يوم. حبة⁻¹، 3.22 حبة. يوم⁻¹، 16.39 حبة. يوم⁻¹، 2706% سم).
7. يُعد صنف القمح دوما³ ودوما⁴ الأكثر تكيفاً مع ظروف المنطقة البيئية المستهدفة، وأكثر استجابة لظروف الري الكامل والتسميد بالمقارنة مع الصنفين الآخرين المدروسين، بسبب تفوقهما في الغلة الحبية، وكفاءة استعمال الآزوت.
8. تُعد الغلة الحبية مؤشراً لتأثير العوامل البيئية والأرضية مجتمعة في نمو النباتات وتطورها.
9. إذا كانت معدلات التسميد الآزوتي الواجب إضافتها كبيرة نسبياً (140 – 160 كغ N. هكتار⁻¹)، فلا بدّ من إضافتها على دفعتين أو ثلاث دفعات، خلال مراحل تطورية مختلفة من دورة حياة المحصول لزيادة كفاءة استعمال الآزوت والحصول على أعلى غلة حبية، وغلة حيوية.
10. كانت أصناف القمح الطري أكثر استجابة للممارسات الزراعية المثلى المطبقة بالمقارنة مع أصناف القمح القاسي، لأنّ نسبة الزيادة فيها كانت أعلى (58.04%)، بالمقارنة مع أصناف القمح القاسي (54.86%).
11. يُعد صنف القمح الطري دوما² أقلّ الأصناف المدروسة استجابة لتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية.
12. يتأثر محتوى الحبوب من البروتين بشكل رئيس بطبيعة الزراعة، والأصناف المزروعة، ومعدل التسميد الآزوتي، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي، ومحتوى التربة المائي خلال فترة امتلاء الحبوب. ويُعد معدل التسميد الآزوتي وتوقيت إضافته من العوامل الحاسمة المحددة للحصول على غلة حبية مرتفعة، وزيادة محتوى البروتين في الحبوب، وتحسين معايير الجودة للحبوب.
13. يُعد وزن الهكتولتر Hectolitre weight من الخصائص المحددة لرتبة (جودة) حبوب القمح، لأنّه مرتبط بشكلٍ موجب بدرجة حجم الحبوب، ودرجة امتلائها، ووزنها، وسلامتها، حيث تُشير القيم المنخفضة إلى ازدياد نسبة الحبوب الصغيرة، والضامرة والمجعدة، والمكسورة.
14. يرتبط الوزن النوعي بعلاقة موجبة ومعنوية مع متوسط وزن الألف حبة، حيث تميز صنف القمح الطري دوما⁴ بأعلى متوسط للوزن النوعي، وأيضاً لوزن الألف حبة (50.22 غ)، ويُعد الوزن النوعي من أهم الخصائص النوعية للقمح، لأنه يؤثر في جودة الطحين، ونوعية المنتج النهائي.
15. تتناسب غلة الآزوت الحبية، وكفاءة امتصاص الآزوت طرداً مع زيادة معدلات التسميد الآزوتي حتى 140 كغ N هكتار⁻¹، ومحتوى التربة المائي، وعندما تُضاف الأسمدة الآزوتية على ثلاث دفعات (33% وقت الزراعة + 33% بداية الإشتاء + 33% بداية الإزهار).
16. يُساعد وجود كميات كافية من المياه، وعنصر الآزوت المُضاف خلال المرحلة/المراحل التطورية المناسبة في زيادة حجم الحبوب الناتجة، ووزنها، وحيويتها، ما يؤدي إلى زيادة طاقة الإنبات، ومقدرتها على الإنبات السريع والظهور المبكر فوق سطح التربة.

التوصيات والمقترحات

- ✓ يُوصى بإضافة الأسمدة الآزوتية بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإزهار) أو بواقع (50% الزراعة + 50% بداية الإشطاء)، لزيادة جميع الصفات الشكلية والكمية، والحصول على أعلى غلة حبية، وغلة حيوية، ودليل حصاد.
- ✓ يُوصى بزراعة صنفَي القمح دوما 3 ودوما 4، لأنهما الأكثر تكيفاً مع ظروف المنطقة البيئية المستهدفة، وأكثر استجابةً لظروف الري الكامل والتسميد بالمقارنة مع الصنفين الآخرين المدروسين، بسبب تفوقهما في الغلة الحبية (825.7، 643.7 على التوالي)، وكفاءة استعمال الآزوت (56.18، 43.84 كغ حبوب. كغ N^{-1} . م² على التوالي).
- ✓ يُوصى بزراعة الطرز الوراثية من القمح القاسي والطري ذات الحبوب الأكبر حجماً على أعماق أكبر تحت نظم الزراعة الجافة، لأنها تتسم بزيادة المقدرة الإنباتية، وسرعة الإنبات، وتكون فيها حيوية البادرات أعلى، وطول السويقة الجنينية أكبر.
- ✓ لا يُنصح بزيادة معدل التسميد الآزوتي تحت ظروف الزراعة المطرية (العجز المائي)، لأنَّ زيادة كمية الأسمدة الآزوتية يؤدي إلى تسريع النمو الخضري، ما يؤدي إلى زيادة معدل فقد المياه بالنتح، واستنفاد محتوى التربة المائي خلال المراحل المبكرة من حياة النبات، ما يُعرض نباتات محاصيل الحبوب الشتوية الصغيرة (القمح بنوعيه) إلى مستوياتٍ متطرفة من الجفاف، وقد تفشل نباتات المحصول في إعطاء أية غلة حبية.
- ✓ نقترح بضرورة التعمق في دراسة استقلال الآزوت في الأنسجة النباتية، ودراسة طبيعة علاقة الارتباط بين كفاءة امتصاص الآزوت، وكفاءة استهلاكه مع كفاءة استعمال الآزوت، وتحديد المورثات المسؤولة عن كفاءة استعمال الآزوت ومكوناتها، والعمل على نقلها من خلال برامج التربية التقليدية والحديثة المعتمدة على الواسمات الجزيئية.
- ✓ نقترح تحديد مواقع المورثات (Quantitative trait loci (QTL للصفة المرتبطة بزيادة قيمة كفاءة استعمال الآزوت لزيادة كفاءة الانتخاب لهذه الصفة من قبل مربّي النبات، حيث سيتمكن المربون بفضل هذا التوجه من إجراء غرلة فعّالة للمادة الوراثية المتاحة، اعتماداً على المعلمات الجزيئية المرتبطة بتحسين استجابة النباتات للآزوت، ما يُساعد في تطوير واستنباط أصناف من القمح أكثر كفاءة في استعمال الآزوت.

الفصل الخامس

المراجع العربية والإنكليزية

References

المراجع References

- التومي، عمر طاهر. 2012. تقويم أهم الآليات التكيفية الموفوفسيولوجية المحددة لكفاءة محصول القمح (*Triticum Spp*) الإنتاجية في نظم الزراعة الجافة. أطروحة دكتوراهس - كلية الزراعة- جامعة دمشق.
- التمو، منور طلال. 2013. التباين الوراثي في استجابة بعض طرز الشعير (*Hordeum spp.*) لتحمل الجفاف: تقييم الصفات الفسيولوجية والبيوكيميائية والجزيئية. رسالة دكتوراه قدمت إلى قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية لسورية.
- ألفين، فرحان. 2000. تحديد مواصفات الطحن وجودة الطحين لبعض أصناف القمح الطري والقاسي من سوريا وتركيا. أطروحة دكتوراه، جامعة ايجه، معهد العلوم العلمية.
- الصالح، خالد حمد، حمادة الخياط، غسان، غنيم، عفيف. 2008. دراسة تأثير مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي في الخصائص النوعية للقمح القاسي المدروسة. ماجستير، قسم علوم الأغذية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.
- العودة، أيمن (2005). بعض الرؤى الفيزيولوجية لتحسين غلة محصول القمح الحبية ضمن الظروف البيئية المناسبة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (21)، العدد (2)، الصفحات: 37- 50.
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية. 2019. الكتاب السنوي للإحصائيات الزراعية العربية، المجلد (38).
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2018. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. سورية.
- الشحادة العودة، أيمن؛ مأمون خيتي؛ ريماء رباح نصر. 2016. فسيولوجيا المحاصيل الحقلية، منشورات جامعة دمشق. 306 صفحة.
- جنود، غادة ضامن، الشحادة العودة، أيمن، المحاسنة، حسين. 2015. تأثير التسميد النيتروجيني ومواعيد الزراعة في الغلة الحبية وبعض الصفات الشكلية والفسيولوجية في أربعة أصناف من القمح تحت ظروف الزراعة المطرية. المجلة الأردنية في العلوم الزراعية، المجلد (11)، العدد (1)، الصفحات: 211 - 227.
- ديب، علي، وعبد الحميد عماد. 2004. إنتاج محاصيل الحبوب وتكنولوجياها، منشورات جامعة تشرين، ص 54-51.
- مشنط، أحمد (1991). بيئة المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، منشورات جامعة حلب، الصفحات 27-32.
- مصطفى، جمال مصطفى، خليل إبراهيم خليل. 1999. تكنولوجيا النشاء والسكريات والمنتجات الخاصة. المكتبة الأكاديمية، القاهرة .

- **Abad, A. J.; Lloveras, A.; Michelena and Ferrgn, J. 1998.** Nitrogen fertilization effects on yield and quality of durum wheat in the Ebro Valley (Spain) University of Lleida-IRTA (UdL-IRTA), Av. Rovira Roure 177, 25198 Lleida, Spain.
- **Abaye, A.O., Brann, D.E., Alley, M.M. and Griffey, C.A. (1997)** Winter durum wheat: Do we have all the answers? Knowledge for the Common Wealth, Virginia State University, Publication No. 424-802.
- **Abd-El-Haleem, S. H. M., Reham M. A., and Mohamad S. M. S. 2009.** Genetic Analysis and RAPD Polymorphism in Some Durum Wheat Genotypes, Global Journal of Biotechnology And Biochemistry. 4(1): 01-09.
- **Abdipour. M., Ebrahimi. M., Darbandi. A., Maria. A., Najafian. G., Arshad., Y., and Mirniyam. G. 2016.** Association between Grain Size and Shape and Quality Traits, and Path Analysis of Thousand Grain Weight in Iranian Bread Wheat Landraces from Different Geographic Regions. Not Bot Horti Agrobo, 44(1):228-236. DOI:10.15835/nbha44110256.
- **Abedi. T., A. Alemzadeh., and S. A. Kazemeini. 2011.** Wheat yield and grain protein response to nitrogen amount and timing. AJCS 5(3):330-336.
- **Acreche, J.L., Slafer, G.A. 2006.** Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? Ann. Bot. 89,925–940.
- **AACC International. 2000.** Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed. Methods 22-05, 38-12A, 46-12, 54- 30A, 54-40A, 56-11, and 56-70. The Association: St. Paul, MN.
- **Agarwal, S. 2001.** Growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by levels of farmyard manure and nitrogen. Indian Journal of Agronomy 46:462–7.
- **Ahmad, M., A. Riaz, M. Ishaque, and A. Malik. 2009.** Response of maize hybrids to varying potassium application in Pakistan. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 46:179–84.
- **Al-Abdulsalam, M.A., 1997.** Influence of nitrogen fertilization rates and analysis using elliptic Fourier descriptors and major dimensions to and legumes. Z Pflanzenzucht 65:293-306.
- **Alam, M.S., Nesa, M.N., Khan, S.K., Hossain, M.B. and Hoque, A. 2007.** Varietal differences on yield and yield contributing characters of wheat under different levels of nitrogen and planting methods. Journal of Applied Sciences Research, 3(11) : 1388-1392.
- **Alboresi A, Gestin C, Leydecker MT, Bedu M, Meyer C, Truong HN. 2010.** Nitrate, a signal relieving seed dormancy in Arabidopsis. Plant, Cell & Environment 28: 500–512.
- **Al-Hadary, K. M. H., and Baker, H. R. 2006.** Yield and Yield Components of Bread Wheat as affected by application timing of nitrogen and seeding rates. The Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 37(4): 55-66.
- **Ali. K. A., Shi. X., Manzueta. L., Marhaba. T., and Zhang. W. 2018.** Influences of Air, Oxygen, Nitrogen, and Carbon dioxide Nanobubbles on Seeds Germination and Plants Growth. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 5, No. 20.
- **Alley, M.; Brann, M.; Hammons, D. E.; Peter Scharf, J. L. and Baethgen, W. E. (1999).** Nitrogen Management for Winter Wheat: Principles and Recommendations. Crop and Soil Environmental Sciences, PUBLICATION 424-026.
- **Ames, N.P., Clarke, J.M., Dexter, J.E., Woods, S.M., Selles, F. and Marchylo, B. 2003.** Effects of nitrogen fertilizer on protein quantity and gluten strength parameters in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) cultivars of variable Gluten strength. Cereal Chemistry, 80, 203-211. doi:10.1094/CCHEM.2003.80.2.203.
- **Amsal, T., Tanner, D. G., Tesfaye T., and Chanyalew, M. 2000.** Agronomic and economic evaluation of the on farm N and P response of bread wheat grown on two contrasting soil types in Central Ethiopia.
- **Angelovici, R.; Galili, G.; Fernie, A.R.; Fait, A. 2010.** Seed desiccation: A bridge between maturation and germination. Trends Plant Sci. 15, 211–218.

- **Anne. L, Mckendry. P.B, Cvetty. E.M, Evans LE .1995.** Selection criteria for combining high grain yield and high grain protein concentration in bread wheat. *Crop Sci.* 25: 1597-1602.
- **Anonymous. 2013.** International Grains Council, Five-year Global Supply and Demand Projections. 10 December 2013, p. 2.
- **Araus, J. L., Casadesus, J. and Bort, J. 2001.** Recent tools for the screening of physiological traits determining yield. In: Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio J. I. and McNab (eds), *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico, D.F. CIMMYT.
- **Aravind, N., Sissons, M., and Fellows, C. 2011.** Can variation in durum wheat pasta protein and starch composition affect in vitro starch hydrolysis? *Food Chem.*, 124: 816–821.
- **Asplund, L., G. Bergkvist, and M. Weih. 2014.** Proof of concept: Nitrogen use efficiency of contrasting spring wheat varieties grown in greenhouse and field. *Plant and Soil* 374 (1-2):829–42.
- **Atak, M., Kaya, M. & Çiftçi, C.Y. 2005.** Kızıltan-91 makarnalık buğday çeşidinde farklı azotlu gübreler ile uygulama şekillerinin verim ve bazı verim özelliklerine etkileri. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül 2005, Cilt I, 121-126, Antalya.
- **Ata-Ul-Karim, S.T., Cang, L., Wang, Y., Zhou, D., 2019.** Effects of soil properties, nitrogen application and plant phenology and their interactions on plant uptake of cadmium in wheat. *Journal of Hazardous Materials*, (19)31406-2.
- **Atiq, M., N. Javed, S. Urooj, A. Bukhari, Y. Ali, A. Zeeshan, and A. Jabbar. 2017.** Management of leaf rust of wheat through different levels of NPK and sowing times. *Advances in Zoology and Botany* 5:39–44.
- **Atwell, A. W. 2001.** *Wheat Flour*. Eagan Press Ingredient Handbook Series. Eagan Press, p: 134.
- **Austin, R.H. 1999.** Effect of varying nitrogen supply at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and on grain nitrogen in wheat. *Australian J. Agric. Res.*, 24: 647–56.
- **Autran, J.C., Abecassis, J. and Feillet, P. 1987.** Statistical evaluation of different technological and biochemical tests for quality assessment in durum wheats. *Cereal Chemistry*, 63:390-394.
- **Ayala-Zavala, J. F., V. Vega-Vega, C. Rosas-Dominguez, H. Palafox-Carlos, J. A. Villa-Rodriguez, Md. Wasim Siddiqui, J. E. Davila-Avila, and G. A. Gonzalez-Aguilar. 2011.** Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International* 44 (7):1866–74. doi: 10.1016/j.foodres.2011.02.021.
- **Ayup, M., Sharar, M.S., Tanveer, A. & Khaliq, M. 2001.** Growth and yield response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to nitrogen application at different growth stages. *Journal of Biological Sciences* 1: 92-94.
- **Baligar, V., N. Fageria, and Z. He. 2001.** Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32 (7–8):921–50.
- **Baril. C.P. 1992.** Factor regression for interpreting genotype-environment interaction in bread-wheat trials. *Theoretical and Applied Genetics*. 83:1022-1026.
- **Barneix, A. 2007** Leaf regulation of the nitrogen concentration in the grain of wheat plants. *J. Exp. Bot.* 44, 1607–1612.
- **Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., Hawkesford, M.J., 2010.** Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *Eur. J. Agron.* 33, 1–11.
- **Behera, U.K., Chougule, B.A., Thakur, R. S., Ruwali, K.N., Bhawsar R.C. and Pandey, H.N. 2000.** Influence of planting dates and nitrogen levels on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum*). *Indian Journal of Agricultural Science*, 70: 434-436

- **Bergman, C.J, Gualberto, D.G, Campbell, K.G, Sorrells, M.E and Finney, P.L .1998.** Genotype and environment effects on wheat quality traits in a population derived from a soft by hard cross. *Cereal Chem.* 75: 729–737.
- **Bezant. J, Laurie .D, Pratchett. N, Chojecki .J, Kearsey. M. 1997.** Mapping Bhatia CR (1975). Criteria for early generation selection in wheat breeding *Biology* 14:128.
- **Blanco, A. V., and G. M. Bryson. 2016.** Nitrogen. In: Handbook of plant nutrition, (eds.) Allen V. Barker and David J. Pilbeam, 37–66. Boca Raton: CRC Press.
- **Bly. A.G., and Woodard, H.J. 2003.** Foliar nitrogen application timing influence on grain yield and protein concentration of hard red winter and spring wheat. *Agron J* 95: 335–338.
- **Bogard, M., Allard, V., Brancourt-Hulmel, M., Heumez, E., MacHet, J. M., Jeuffroy, M. H., et al. 2010.** Deviation from the grain protein concentration-grain yield negative relationship is highly correlated to post-anthesis N uptake in winter wheat. *J. Exp. Bot.* 61, 4303–4312. doi: 10.1093/jxb/erq238
- **Bojović B., Stojanovic J., and Järvan M. 2005.** Chlorophyll and carotenoid content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition. *Arch. Biol. Sci.*, 57(4): 283-290.
- **Boman, R.K., Westerman, R.L., Raun, W.R. & Jojola, M.E.(1995).** Time of nitrogen application: Effects on winter wheat and residual soil nitrate. *Soil Science Society of America Journal* 59: 1364-1369.
- **Borghi, B., Corbellini, M., Minoia, C., Palumbo, M., Di Fonzo N. and Perenzin, M. 1997.** Effects of Mediterranean climate on wheat bread-making quality. *European Journal of Agronomy*. 6:145-154.
- **Borkowska. H., S. Grundas., and B. Styke. 1998.** Influence of nitrogen fertilization of winter wheat on its gluten quality. *Int. Agrophysics*. vol 13; 333- 335.
- **Borrell, A.K., Garside, A.L., Fukai, S. and Reid, D.J. 1998.** Season, nitrogen rate, and plant type affect nitrogen uptake and nitrogen use efficiency in rice. *Aust. J. Agric. Res.* 49, 829–843.
- **Brancourt-Hulmel, M., Doussinault, G., Lecomte, C., Berard, P., Le Buanec, B., Trottet, M., 2003.** Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Sci.* 43, 37–45.
- **Brasier, K., Ward, B., Smith, J., Thomason, W., and Griffey, C. 2020.** Identification of quantitative trait loci associated with nitrogen use efficiency in winter wheat. *PLoS ONE* 15(2): e0228775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228775>.
- **Brasier. K., Oakes. J., Balota.M., Thomason. W., and Griffey. C. 2019.** Greater Biomass Accumulation at Anthesis Increases Nitrogen Use Efficiency in Winter Wheat. *Agronomy Journal Agron.* Volume 111, Issue 5. doi:10.2134/agronj2018.10.0693.
- **Bruckner, P.L. and R.C. Froberg. 1987.** Rate and duration of grain filling C4 plants. *Plant Physiol.*, 84: 954–8.
- **Brasil, F. 2009.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p. http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/
- **Brummer, E Charles, Wesley T. Barber, Sarah M. Collier, Thomas S. Cox, Randy Johnson, Seth C. Murray, Richard T. Olsen, Richard C. Pratt, and Ann Marie Thro. 2011.** Plant breeding for harmony between agriculture and the environment. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9 (10):561–8.
- **Bruulsema, T., J. Lemunyon, and B. Herz. 2009.** Know your fertilizer rights. *Crops and Soils* 42:13–8.
- **Buchi, L.; Charles, R.; Schneider, D.; Sinaj, S.; Maltas, A. and Fossati, D. 2016.** Performance of eleven winter wheat varieties in a long term experiment on mineral nitrogen and organic fertilisation. *Field Crops Res.* 191: 111–122.

- **Bulman, P.; and Smith, D.L. 1999.** Barley: physiology of yield. In: Smith, D. L., Hamel, C. (Eds.), *Crop Yield, Physiology and Processes*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 67–107.
- **Bundy, L. G., and T. W. Andraski. 2004.** Diagnostic tests for site-specific nitrogen recommendations for winter wheat. *Agronomy Journal* 96 (3):608–14. doi:10.2134/agronj2004.0608.
- **Cabral, A. L., Jordan, M. C., Larson, G. 2018.** Relationship between QTL for grain shape, grain weight, test weight, milling yield, and plant height in the spring wheat cross RL4452/‘AC Domain’. *PLoS ONE* 13(1):e0190681.
- **Cameron, F.; Faure, S.; Dubreuil, P.; Heumez, E.; Beauchêne, K. and Lafarge, S. 2013.** A multi-environmental study of recent breeding progress on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 126: 3035–3048.
- **Carrillo-Barral, N., Matilla, A.J., Rodriguez-Gacio, M.C., Iglesias-Fernandez, R. 2014.** Nitrate affects sensu-stricto germination of after-ripened *Sisymbrium officinale* seeds by modifying expression of SoNCED5, SoCYP707A2 and SoGA3ox2 genes. *Plant Science* 217–218: 99–108.
- **Chasten. T.G., Ward, K.J., Wysocki, D.J. 1995.** Stand establishment responses responses of soft white winter wheat to seedbed residue and seed size. *Crop Science* 35:213–218.
- **Chen, G., Zhang, H., Deng, Z., Wu, R., Li, D., Wang, M., and Tian. J. 2019.** Genome-wide association study for kernel weight-related traits using SNPs in a Chinese winter wheat population. *Euphytica* 212:173–185.
- **Chinnaswamy, R., Kao, C. , Norden, T. and Johnson, A. 2005.** Role of rheology in determining wheat gluten quality. In *Proceedings of the 3rd International Wheat Quality Conference*, May 22–26, Manhattan, KS.
- **Chwil, D. B. 2004.** *Seed Biology and the Yield of Grain Crops*. New York, NY: CAB International, 178.
- **CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center). 2009.** *Wheat facts and futures 2009*. Dixon, J., H.-J. Braun, P. Kosina & J. Crouch, eds. Mexico D.F., CIMMYT.
- **Clarke, J.M., Caig, M.c., DePauw, T.N., Knox, R.M., and Clarke, R. E. 2005.** components through quantitative trait locus analyses in a recombinant concentration and selected traits in hard red winter wheat population concentration to protein composition. *Asp Appl Biol* 64: 111–126.
- **Colla, L., Wang, A., Li, X., Dong, K., Appels, R., Ma, W., Yan, Y., 2015.** Wheat quality related differential expressions of albumins and globulins revealed by two dimensional difference gel electrophoresis (2-D DIGE). *Journal of Proteomics* 73, 279–296.
- **Conry, M. 1995.** Comparison of early, normal and late sowing at three rates of nitrogen on the yield, grain nitrogen and screenings content of Blenheim spring malting barley in Ireland. *The Journal of Agricultural Science* 125 (2):183–8.
- **Cormier, F.; Faure, S.; Dubreuil, P.; Heumez, E.; Beauchêne, K. and Lafarge, S. 2013.** A multi-environmental study of recent breeding progress on nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 126: 3035–3048.
- **Cossani, C. M., Slafer, G.A., and Savin, R. 2012.** Nitrogen- and water-use efficiencies of wheat and barley under a Mediterranean environment in Catalonia. *Field Crop. Res.* 128: 109–118.
- **Costa, J.M., and Kronstad, W.E. 1994.** Association of grain protein concentration and selected traits in hard red winter wheat population in Pacific Northwest. *Crop Sci.* 34: 1234–1239.
- **Cui, Z., Z. Dou, X. Chen, X. Ju, and F. Zhang. 2014.** Managing agricultural nutrients for food security in China: Past, present, and future. *Agronomy Journal* 106 (1):191–8.

- **Dai, X., X. Zhou, D. Jia, L. Xiao, H. Kong, and M. He. 2013.** Managing the seeding rate to improve nitrogen-use efficiency of winter wheat. *Field Crops Research* 154:100–9.
- **Dan, C., Jin-peng, Z., Jian-sheng, W., Ai-nong, G., Xiu-quan, L., and Li-hui, L. 2012.** Inheritance and Availability of High Grain Number Per Spike in Two Wheat Germplasm Lines. *Journal of Integrative Agriculture*. 11(9): 1409-1416.
- **Daniel .C., and Triboi, E. 2000.** Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. *J Cereal Sci* 32: 45–56.
- **Daniel, C., Triboi, E., and Zhang. X. 2008.** Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. *J Cereal Sci* 32: 45–56.
- **Dawson, J.C., Huggins, D.R., Jones, S.S., 2008.** Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crop Res.* 107, 89–101.
- **Dencic. S., Kastori, R., Kobiljski, B., and Duggan, B. 2000.** Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*. 113: 43–52.
- **Deng, X.p.; Shan, L.; Ma, Y. and Inanga, S. 2000.** Diurnal oscillation in the intercellular CO₂ concentration of spring Wheat under the Semiarid Condition. *Photosynthetic* 38: 178-192.
- **Dexter, J.E., and Matsuo, R.R. 1977.** The spaghetti making quality of developing durum wheats. *Candian Journal Plant Science*, 57: 7-16.
- **Dhugga, K.S., and Waines, J.G. 1989.** Analysis of nitrogen accumulation and use in bread and durum wheat. *Crop Sci.* 29, 1232-1239.
- **Ding. J.; Li. F.; Wu. P. and Guo, W. 2020.** Nitrogen Management Strategies of Tillage and No-Tillage Wheat Following Rice in the Yangtze River Basin, China: Grain Yield, Grain Protein, Nitrogen Efciciency, and Economics. *Agronomy*. 10, 155.
- **Dixon, J., H. Braun, and J. Crouch. 2009.** Overview: Transitioning wheat research to serve the future needs of the developing world. In *Wheat facts and futures 2009*, (eds.) Dixon, J., H. J. Braun, P. Kosina, and J. Crouch.1–25. Mexico: CIMMYT.
- **Dogan, R., and U. Bilgili. 2010.** Effects of previous crop and N-fertilization on seed yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under rain-fed Mediterranean conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 16:733–9.
- **Dong, H.Z., Li, W.J., Eneji, A.E., Zhang, D.M., 2015.** Nitrogen rate and plant density effects on yield and late-season leaf senescence of cotton raised on a saline field. *Field Crop Res.* 126, 137–144.
- **Dong, K., Zhen, S., Cheng, Z., Cao, H., Ge, P., and Yan, Y. 2015.** Proteomic Analysis Reveals Key Proteins and Phosphoproteins upon Seed Germination of Wheat (*Triticumaestivum*L.). *Front.PlantSci.*6:1017.
- **Duan, J.Z., Wu, Y.P., Zhou, Y., Ren, X.X., Shao, Y.H., Feng, W., Zhu, Y.J., Wang, Y.H., Guo, T.C., 2018.** Grain number responses to pre-anthesis dry matter and nitrogen in improving wheat yield in the Huang-Huai Plain. *Sci. Rep.* 8, 7126–7135.
- **Dupont, F.M., and Altenbach ,S.B. 2003.** .Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *J Cereal Sci* 38: 133–146.
- **Eck, H.V. 1988.** Winter wheat response to nitrogen and irrigation. *Agronomy J.* 80: 902-908.
- **Ehdaie, B., and Waines, J. G. 2001.** Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat. *Field Crops Research*, 73:47-61.

- **Ehdaie, B., M.R Shakibe ., and J.G. Waines. 2001.** Sowing date and nitrogen input influence nitrogen use efficiency in spring bread and durum wheat genotypes. .PI. Nutr., 24:899-919.
- **Eichenauer, J., C. Natt, and W. Hoefner. 1986.** Variability of the yieldstructures of spring wheat ears caused by nitrogen supply, thermoperiod and growth regulators. Z. Pflanzen., 149: 147–56.
- **El-Khayat, H.G., Samaan, J. and Brennan, C. S.2003.** Evaluation of vitreous and starchy Syrian durum (*Triticum durum*) wheat grains: the effect of amylose content on starch characteristics and flour pasting properties. Starch/ Staerke, 55:358-365. filling in durum wheat cultivars. Crop Sci., 22: 337–40. Funct. Plant Biol. 20, 197–209.
- **El-Khayat, H.G., Samaan, J. and Brennan, C. S.2006.** distributions among hard red winter wheat varieties as related to environment and baking quality. Cereal Chem. 74: 123–128. Arable Farming, 11: 26–30.
- **Ercolie. L., L. Lulli, I.Arduini., M. Mariotti., and A. Masonni. 2011.** Durum wheat grain yield and quality as affected by S rate under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy 35:63-70.
- **Erisman. O. G., Yau S. K., Assad M. 2008.** Identification of Agronomic Traits Associated with Yield under Stress Conditions. in Physiology–Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments , Pp. 273–306 Eds. E. Acevedu, A.P. Coneasa, P. Monneveux and J. P. Srivastova. INAR, Paris.
- **Evers. A.D, Cox. R.I, Shaheedullah. M.Z, and Withey .R.P. 1990.** Predicting evidence of selection during breeding. PLoS ONE 7(2): e29432.
- **Fageria, N.K., Baligar V.C. and Li Y.C., 2008.** The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. *J. Plant Nutrition*, 31: 1121-1157.
- **FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016.** FAO fertilizer and plant nutrition bulletin: Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis. FAO, Rome, Italy. 203p.
- **FAO, 2018.** FAOSTAT. Online statistical database: Production (available at <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>).
- **FAO. 2018.** and Water Resources for Food and Agriculture. Managing systems at risk. Rome.
- **FAO. 2008.** Management of gypsiferous soils. Soils Bull. No. 62, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- **Feil, B. 1992.** Breeding progress in small grain cereals- a comparison of old and modern cultivars. Plant Breeding. 108, 1-11.
- **Feillet, P. 1988.** Protein and enzyme composition of durum wheat. pp.93-119. In: G. Fabriani and C. Lintas (eds.), Durum wheat Chemistry and technology. AACC, St. paul, MN.
- **Finchsavage, W.E. and Bassel, G.W. 2016.** Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. Journal of Experimental Botany 67: 567–591.
- **Fixen, P., F. Brentrup, T. Bruulsema, F. Garcia, R. Norton, and S. Zingore. 2015.** Nutrient/fertilizer use efficiency: Measurement, current situation and trends. In Managing water and fertilizer for sustainable agricultural intensification, (eds.) P. Drechsel, P. Heffer, H. Magen, R. Mikkelsen, and D. Wichelns, 8–38. Paris, France: IFA, IWMI,
- **Franzen, D.W., and Goos, R.J. 1997.** Fertilizing hard red spring wheat, durum, winter and rye. North Dakota State University Extension Service, SF-712.
- **Frels, K., M. Guttieri, B. Joyce, B. Leavitt, and P.S. Baenziger. 2018.** Evaluating canopy spectral reflectance vegetation indices to estimate nitrogen use traits in hard winter wheat. Field Crops Res. 217:82–92. doi:10.1016/j.fcr.2017.12.004.
- **Fuertes-Mendizábal .T, Aizpurua .A, González-Moro M.B, Estavillo, J.M. 2010.** Improving wheat bread making quality by splitting the N fertilizer rate. Europ J Agron 33: 52- 61.

- **Fuller, F., Jorgensen, A.D., Li, H., Sondergaard, I., Finnie, C., Svensson, B., Jiang, D., Wollenweber, B., Jacobsen, S., 2011.** Implications of high-temperature events and water deficits on protein profiles in wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Vinjett) grain. *Proteomics* 11, 1684e1695.
- **Gaju, O., Allard, V., Martre, P., Le Gouis, J., Moreau, D., Bogard, M., Hubbard, S., Foulkes, M.J., 2014.** Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and grain nitrogen concentration in wheat cultivars. *Field Crop Res.* 155, 213–223.
- **Gaju, O., Allard, V., Martre, P., Snape, J.W., Heumez, E., Le Gouis, J., Moreau, D., Bogard, M., Griffiths, S., Orford, S., Hubbard, S., Foulkes, M.J., 2011.** Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes. *Field Crop Res.* 123, 139–152.
- **Gaju, O., DeSilva, J., Carvalho, P., Hawkesford, M.J., Griffiths, S., Greenland, A., Foulkes, M.J., 2016.** Leaf photosynthesis and associations with grain yield, biomass and nitrogen-use efficiency in landraces, synthetic-derived lines and cultivars in wheat. *Field Crop Res.* 193, 1–15.
- **Galloway J.N., Dentener F.J., Capone D.G., Boyer E.W., Howarth R.W., Seitzinger S.P., 2004.** Nitrogen Cycles: Past, Present, and Future. *Biogeochemistry* 70: 153–226.
- **Galloway, J. N., A. R. Townsend, J. W. Erisman, M. Bekunda, Z. Cai, J. R. Freney, L. A. Martinelli, S. P. Seitzinger, and M. A. Sutton. 2008.** Transformation of the nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science* 320 (5878):889–92.
- **Galterio, I.; Lucas, L.; Jekle, M.; Becker, T. 2016.** Protein network analysis – a new approach for quantifying wheat dough microstructure. *Food Res. Int.*, 89, 812–819.
- **Ganbalani A.N; Nouri-Ganbalani G. and Hassanpanah D. 2010.** Comparison of drought tolerance indices of 15 advanced einter and intermediate cold hardly wheat Genotypes in Ardabil, Iran. *Research Journal of Environmental Science.* 4, 180-186.
- **Gauer, L.E., Grant, C.A., Bailey, L.D., Gehl, D.T., 1992.** Effects of nitrogen fertilization on grain protein content, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of six spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, in relation to estimated moisture supply. *Can. J. Plant Sci.* 72, 235–241.
- **Gebeyehou, G., D.R. Knott and R.J. Baker. 1982.** Rate and duration of grain in the committed pathway of starch synthesis in developing wheat endosperm. nutrient use efficiency, *Better Crops* 81 3–5 <http://ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf>.
- **Gegas. C. V., A. Nazari., S. Griffiths., J. Simmonds., L. Fish., S. Orford., L. Sayers., J. H. Doonan., and J.W. Snape. 2011.** A Genetic Framework for Grain Size and Shape Variation in Wheat. *www.plantcell.org*. Vol. 22: 1046–1056.
- **Gerba. L., B. Getachew., and W. Walelign. 2013.** Nitrogen fertilization effects on grain quality of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) varieties in central Ethiopia. *Agricultural Sciences.* Vol.4, No.3.
- **Gibson, P. R., Skodje, G. I., and Lundin, K. E. 2017.** Non-coeliac gluten sensitivity. *J. Gastroenterol. Hepatol.* 32, 86–89. doi: 10.1111/jgh.13705.
- **Gifford, R.M.; Thorne, J.H.; Hitz, W.D. and Giaquinta, R.D. 1984.** Crop productivity and photo assimilates partitioning. *Science.*, 225, 801-808.
- **Gill , F., R. Mortzo., and M. Deielda. 1994.** Effect of Drought on Yield and Yield Components of Durum Wheat and Triticale in Mediterranean Environment. *Field Crops Research* 33:399-409.
- **Glenn, E., A. Huete, P. Nagler, and S. Nelson. 2008.** Relationship between remotely-sensed vegetation indices, canopy attributes and plant physiological processes: What vegetation indices can and cannot tell us about the landscape. *Sensors* 8 (4):2136–60.

- **Golan, G., A. Oksenberg, and Z. Peleg. 2015.** Genetic evidence for differential selection of grain and embryo weight during wheat evolution under domestication. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 66, No. 19 pp. 5703–5711.
- **Gooding, M. J. and Davies, W. P. 1997.** *Wheat Production and Utilization*. Wallingford, UK: CAB International.
- **Grant, C.A., Grant, K.R., Brown, G.J. and Racz L.D. 2001.** Bailey, Influence of source, timing and placement of nitrogen on grain yield and nitrogen removal of durum wheat under reduced and conventional tillage management. *Canadian Journal of Plant Science*, 81, p.17–27.
- **Grausgruber, H., Oberfoster, M., Werteker, M., Ruckebauer P. and Vollman, J. 2000.** Stability of quality traits in Austrian-grown winter wheats, *Field Crops Research*, 66: 257-267.
- **Grausgruber, M., Budak, N., and Tosun, M. 2000.** Relationships between yield and quality properties in bread wheat. *Journal of Ege University Faculty of Agriculture*. 37, 2-3, 150-154.
- **Graybosch, R. A., Peterson, C., Baenziger, P. S., and Shelton, D. 1995.** Environmental modification of hard red winter wheat flour protein composition. *J. Cereal Sci.* 22, 45–51. doi: 10.1016/s0733-5210(05)80006-2.
- **Grogan SM, Brown-Guedira G, Haley SD, McMaster GS, Reid SD, Smith J, Byrne PF (2016)** Allelic variation in 123 128 Page 16 of 18 *Euphytica* (2018) 214:128 developmental genes and effects on winter wheat heading date in the US Great Plains. *PLoS ONE* 11:e0152852.
- **Guarda G, Padovan S. and Delogu, G. 2004.** Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *European Journal of Agronomy*. 21: 181-192.
- **Gul, H., A. Z. Khan., B. Saeed., S. Nigar., A. Said., and S. K. Khalil. 2012.** Determination of seed quality tests of wheat varieties under the response of different sowing dates and nitrogen fertilization. *Pakistan Journal of Nutrition.*, 11(1): 34-37.
- **Guo, Z., G. A. Slafer, and T. Schnurbusch. 2016.** Genetic variation for spike fertility traits and ovary size in distal florets affects floret and grain survival rate of wheat. *Journal of Experimental Botany* 67 (14):4221–30.
- **Gupta, R.B., Shepherd, K.W., and Macritchie, F. 1991.** Genetic control and biochemical properties of some high molecular weight albumins in bread wheat. *J Cereal Sci* 13: 221–35.
- **Guttieri, M.J.; Frels, K.; Regassa, T.; Waters, B.M. and Baenziger, P.S. 2017.** Variation for nitrogen use efficiency traits in current and historical great plains hard winter wheat. *Euphytica* 213: 87.
- **Giura, A. and Saulescu, N.N. 1996.** Chromosomal location of genes controlling grain size in a large-grained selection of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 89:77-80.
- **Gubbins, E., L. C. Batty., and J. R. Lead. (2011).** Phyto – toxicity of silver NPs to *Lemna minor* L. *Environ Pollution*. Pp: 159-162.
- **Habbib, H., Hirel, B., Spicher, F., Dubois, F., and Tétu, T. 2020.** In Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.), No-Till Improves Photosynthetic Nitrogen and Water-Use Efficiency. *Korean Society of Crop Science and Springer* 2020. 23 (1) : 39 ~ 46.
- **Hadjichristoudoulou, A. 1979.** Genetic and environmental effects of vitreousness of durum wheat. *Euphytica*, 28, 711-716.
- **Haile, D., D. Nigussie, and A. Ayana. 2012.** Nitrogen use efficiency of bread wheat: Effects of nitrogen rate and time of application. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12:389–410.
- **Halaç, İ., and Yürür, N. 1999.** Azotlu gübre verme zamanlarının buğdayın verim ve kalitesine etkisi. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, 15-18 Kasım 1999, 145-150, Adana.

- **Hamilton D.P., Salmaso N. and Paerl H.W. 2016.** Mitigating harmful cyanobacterial blooms: strategies for control of nitrogen and phosphorus loads. *Aquatic Ecology* 50: 351–366.
- **Hara, Y. and Toriyama, K. 1998.** Seed nitrogen accelerates the rates of germination, emergence, and establishment of rice plants. *Soil Science and Plant Nutrition* 44: 359–366.
- **Hassan M. A., Kamal, A. M. A. and Islam, M. R. 1998.** A study on the management system of organic and inorganic fertilizers on the yield and yield components in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Thailand Journal of Agricultural Science*, 31 : 196-201.
- **Hassanein, M. S. 2001.** Effect of variety and nitrogen levels on growth, yield and yield components of wheat in Newly Cultivated land. *Egypt Journal of Agronomy*, 23:111-131.
- **Heap, I. 2014 .** Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science*. Special issue: Global herbicide resistance challenge. Vol. 70, Issue 9, pp.1306–1315.
- **Hartmaan .H., D.Kester., F. Davies., and R. Geneve. (1990).** Plant propagation : principles and practices Prentice Hall Englewood Cliffs New Jersey. P: 647.
- **Heidari. L., Getachew. B., and Waleling. W. 2013.** Nitrogen fertilization on grain quality of durum wheat (*Triticum turgidum* L. Var. durum) varieties in central Ethiopia. *Agricultural Sciences*. Vol.4, No.3, 123-130.
- **Hendricks, S.B. and Taylorson, R.B. 1974.** Promotion of seed germination by nitrate, nitrite, hydroxylamine, and ammonium salts. *Plant Physiology* 54: 304–309.
- **Hinsinger, Philippe, Alain Brauman, Nicolas Devau, Fr_ed_eric G_erard, Christophe Jourdan, Jean-Paul Laclau, Edith Le Cadre, Benoit Jaillard, and Claude Plassard. 2011.** Acquisition of phosphorus and other poorly mobile nutrients by roots. Where do plant nutrition models fail? *Plant and Soil* 348 (1–2):29.
- **Hitz, K., A.J. Clark, and D.A. Van Sanford. 2017.** Identifying nitrogen-use efficient soft red winter wheat lines in high and low nitrogen environments. *Field Crops Res.* 200:1–9. doi:10.1016/j. fcr.2016.10.001.
- **Hoang, V.-N., and M. Alauddin. 2010.** Assessing the eco-environmental performance of agricultural production in OECD countries: The use of nitrogen flows and balance. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 87 (3):353–68.
- **Hoseney, J., and Pena, C. 2005.** The use of grain protein deviation for identifying wheat cultivars with high grain protein concentration and yield. *Euphytica*, 122, 309–317.
- **Huang XQ, Cloutier S, Lycar L, Radovanovic N, Humphreys DG, Noll JS, Somers DJ, Brown PD. 2006.** Molecular detection of QTL for agronomic and quality traits in a doubled haploid population derived from two Canadian wheats (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics* 113:753-766.
- **Huebner, F.R., Nelsen, T.C., Chung, O.K., Bietz, J.A. 1997.** Protein folding, stability, and assembly: a thorough assessment of complex behavior. Diss., wheat University. <http://hdl.handle.net/1911/18993>.
- **Ibrahim. H. E. M., Zhu.X., Abidallhaa. A.M. H. E. 2016.** Effects of Nitrogen on Seedling Growth of Wheat Varieties under Salt Stress. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 8, No. 10.
- **Huda, R. 2000.** Equivalence between Metric and U.S. Units for the grain industry. *Cereal Food World* 55, 32.
- **Ierna, A., G.M. Lombardo., and G. Mauromicale. 2015.** Yield, nitrogen use efficiency and grain quality in durum wheat as affected by nitrogen fertilization under a Mediterranean environment. *Expl Agric.*: page 1 of 16.
- **IGC. International Grain Council. 2020.**
- **Iqpal, M.; Ahmad, I.M. and Ashraf, M.Y. 1999.** Yield and yield components of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) as influenced by water stress at various growth stages. *Pakistan. J. of Biological Science*, Vol. 2 (4), P. 1438-1440.

- **Isely, D. 1957.** Vigor tests. Proceedings of Association of Official Seed Analysts 47: 176-182.
- **ISTA. International Seed Testing Association.(2008).** Biochemical test for viability: the topographical tetrazolium test. In: International rules for seed testing. Zurich: Eds. Bassersdorf. p.1-30.
- **International Seed Testing Association (ISTA). 2009.** Ista rules. Zurich, Switzerland.
- **Ivanova, A., M. Nankova, and N. Tsenov. 2007.** Effect of previous crop, mineral fertilization and environment on the characters of some wheat varieties. Bulgarian Journal of Agricultural Science 13:55.
- **IPGRI, (1994).** Descriptors for barley (*Hordeum vulgare* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- **Jabbar, S., J. Siopongco, W. Cosico, P. Sanchez, S. Amarante, and S. Haefele. 2009.** Genotypic differences in grain yield and nitrogen uptake of lowland rice (*Oryza sativa* L.) under irrigated and rainfed conditions. Philippine Journal of Crop Science 34:22–37.
- **Jamieson PD, Stone PJ, Semenov MA .2001.** Towards modelling quality in wheat: from grain nitrogen concentration to protein composition. *Asp Appl Biol* 64: 111–126.
- **Jeuffroy, M. H. and Bouchard, C. 1999.** Intensity and duration of nitrogen deficiency on wheat grain number. *CropScience* 39:1385–1393.
- **Jia, B. F., Khalil, I., Krenzer, E. G., and Mackown, C. T. 2013.** Breeding winter wheat for a dual-purpose management system. *Euphytica* 119, 231–234. doi: 10.1023/A:1017543800311.
- **Jiang, J., S. Jiang, J. Xu, J. Wu, and Zhang, J. 2020.** Lowering nitrogen inputs and optimizing fertilizer types can reduce direct and indirect greenhouse gas emissions from rice-wheat rotation systems. *European Journal of Soil Biology* 97 : 103152.
- **Johansson, E., Nilsson, H., Mazhar, H., Skerritt, J., and Svensson, G. 2002.** Seasonal effects on storage proteins and gluten strength in four Swedish Wheat cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 1305-1311.
- **Johansson, E., Prieto-Linde, M.L., and Jönsson, J.Ö .2001.** Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chem* 78:19–25.
- **Johnston, A.M. & Bruuslema, T.W. 2014.** 4R nutrient stewardship for improved nutrient use efficiency. *Precedia Engineering*, 83, 365-370.
- **Jones, J. 1991.** Kjeldahl method for nitrogen determination. Micro-Macro Publishing Inc., Athens, GA, USA.
- **Juraniec. M., Hermans. C., Salis. P., Geelen. D., and Verbruggen. N. 2017.** Impact of post-flowering nitrate availability on nitrogen remobilization in hydroponically grown durum wheat. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 000, 1–6. DOI: 10.1002/jpln.201600540.
- **Kalaji, M.H. and Pietkiewicz, S. 1993.** Salinity effect on plant growth and other physiological processes. *Acta Physiologiae Plantarum*, Vol. 15. No. 2. 89-124.
- **Kang, G., Dongyun, M., Yingxin, X., and Lifang, W. 2019.** Determining the Optimal N Input to Improve Grain Yield and Quality in Winter Wheat With Reduced Apparent N Loss in the North China Plain. *Front. Plant Sci.* 10:181. doi: 10.3389/fpls.2019.00181.
- **Karaman, M. 2020.** Evaluation of yield and quality performance of some spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under rainfall conditions. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences. Int J Agric Environ Food Sci* 4 (1): 19-26.
- **Karaman, M. 2020.** Evaluation of yield and quality performance of some spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under rainfall conditions. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences. Int J Agric Environ Food Sci* 4 (1): 19-26.
- **Kassam, A. H. 1981.** Climate, soil and land resources in north use in crop production. American Society of Agronomy, Africa and West Asia. *Plant Soil* 58:1–29.
- **Kelley, K.W. 1995.** Rate and time of N application for wheat following different crops. *J. Prod. Agric.*, 8: 339–45.

- **Kent, N.L. and Evers, A.D. 1994.** Bread made with gluten substitutes. In: Technology of Cereals, pp 215. Oxford, Pergamon Press.
- **Khan. A. Z., P. Shah., F. Mohd., H. Khan., and M. Zubair. 2010.** Vigor test used to rank seed lot quality and predict field emergence in wheat Pak. J. Bot., 42: 3147-3155.
- **Kirrilov, Y., and V. Pavlov. 1989.** Effect of fertilizer on yield and protein contents in wheat grain. Agrochimiya 1: 49–51.
- **Knödler, N.; Kaur, A.; Katyal, M.; Bhinder, S.; Ahlawat, A.K.; Singh, A.M.2010.** Diversity in quality traits amongst Indian wheat varieties II: Paste, dough and mu n making properties. Food Chem., 197, 316–324.
- **Koebner. R.M.D, Snape. J.W. 1999.** Wheat ecology, physiology of yield determination. In: Satorre EH, Slafer GA (Eds). Food Products Press, New York pp 441-460.
- **Krapp, A., Saliba-Colombani, V. and Daniel-Vedele, F. 2005.** Analysis of C and N metabolisms and of C/N interactions using quantitative genetics. Photosynth. Res. 83, 251–263.
- **Kubota, H.; Iqbal, M.; Dyck, M.; Quideau, S.; Yang, R.C. and Spaner, D. 2018.** Investigating Genetic Progress and Variation for Nitrogen Use Efficiency in Spring Wheat. Crop Sci. 58: 1542–1557.
- **Kucera B, Cohn MA, Leubnermetzger G. 2005.** Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. Seed Science Research 15: 281–307.
- **Kumar, V., R. K. Naresh, S. Kumar, S. Kumar, A. Kumar, R. K. Gupta, R. S. Rathore, S. P. Singh, A. Dwivedi, S. Tyagi, and N. C. Mahajan. 2018.** Efficient nutrient management practices for sustaining soil health and improving rice-wheat productivity: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 7:585–97.
- **Kutcher, H.R., Malhi, S.S., Gill, K.S. 2008.** Topography and management of nitrogen and fungicide affects diseases and productivity of canola. Agron. J., 97(2):533-541.
- **Lamacchia, C.; Baiano, A.; Lamparelli, S.; Terracone, C.; Trani, A.; Luccia, A.D. 2011.** Polymeric protein formation during pasta-making with barley and semolina mixtures, and prediction of its e ect on cooking behavior and acceptability. Food Chem., 129, 319–328.
- **Landon. A.J. 2008.** The "How" of the Three Sisters: The Origins of Agriculture in Mesoamerica and the Human Niche. Ne-braska Anthropologist 23. Paper 40.Lincoln (USA), University of Nebraska-Lincoln.
- **Laperche, A., Brancourt-Hulmel, M., Heumez, E., Gardet, O. and Le Gouis, J. 2006.** Estimation of genetic parameters of a DH wheat population grown at different N stress levels characterized with probe genotypes. Theor. Appl. Genet. 112, 797–807.
- **Large, E.C. 1954.** Growth scales in cereals. Illustrations of the Feekes Scale. Plant Pathol., 3: 128-129.
- **Le Gouis, J., Be´ghin, D., Heumez, E. and Pluchard, P. 2000.** Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. Eur. J. Agron. 12, 163–173.
- **Leghari, A., G. M. Laghari, M. A. Ansari, M. A. Mirjat, U. A. Laghari, S. J. Leghari, A. H. Laghari, and Z. A. Abbasi. 2016.** Effect of NPK and boron on growth and yield of wheat variety TJ-83 at Tandojam soil. Advances in Environmental Biology 10:209–16.
- **Lemaire, G., Sinclair, T., Sadras, V., Bélanger, G., 2019.** Allometric approach to crop nutrition and implications for crop diagnosis and phenotyping. A review. Agron.
- **Lemon, J. 2007.** Nitrogen management for wheat protein and yield in the Esperance port zone. *Department of Agriculture and Food*. State of Western Australia.
- **Lewis S, Faricelli ME, Appendino ML, Vala´rik M, Dubcovsky J.(2008).** The chromosome region including the earliness perse locus Eps-Am 1 affects the duration of early developmental phases and spikelet number in diploid wheat. J Exp Bot 59:3595–3607.

- **Li, W.; He, X. ; Chen, Y.; Jing, Y.; Shen, C.; Yang, J.; Teng, W.; Zhao, X.; Hu, W.; Hu5, Hui Li, M.; Miller, A. J. and Tong, Y. 2020.** A wheat transcription factor positively sets seed vigour by regulating the grain nitrate signal. *New Phytologist* 225: 1667–1680.
- **Li, Y., Xu, C., Wang, S., Wang, Y., 2018b.** Modelling N transport and transformation in a transplanted rice field experiment with reduced irrigation. *Acta Agric. Scand. B-S P* 68 (5), 457–470.
- **Liang, Q.; Liu, J.; Li, J.; Ma, Y. and Jia, Y. 2019.** Apparent accumulated nitrogen fertilizer recovery in long-term wheat–maize cropping systems in China. *Agron.* 8, 293.
- **Liu S., Xie Z., Zeng Y., Liu B., Li R., Wang Y., et al. 2019.** Effects of anthropogenic nitrogen discharge on dissolved inorganic nitrogen transport in global rivers. *Global Change Biol.*
- **Liu, D., and Y. Shi. 2013.** Effects of different nitrogen fertilizer on quality and yield in winter wheat. *Advance Journal of Food Science and Technology* 5 (5):646–9.
- **Liu, J., Li, J., Ma, Y., Jia, Y., Liang, Q., 2018.** Apparent accumulated nitrogen fertilizer recovery in long-term wheat–maize cropping systems in China. *Agron.* 8, 293.
- **Liu, M., Wu, X., Xiong, T., and Tang, Y. 2020.** Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and translocation in synthetic-derived wheat cultivars under nitrogen deficiency at the postjointing stage. *Field Crops Research* 248 , 107720.
- **Liua, M., Wua, X., Lia, C., Lia, M., Xionga, T., and Tanga, Y. 2020.** Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and translocation in synthetic-derived wheat cultivars under nitrogen deficiency at the postjointing stage. *Field Crops Research*, 26(3): 63-66.
- **Lo´Pez-Bellido, L., Fuentes,M., Castillo J.E. and Lo´Pez-Garrido, F.J. 1998.** Effects of tillage,crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crop Research*, 57:265-276.
- **Lobell D.B., Schlenker, W.S. & Costa-Roberts, J. 2011.** Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333:616–620.
- **López-Bellido L, López-Bellido RJ, Castill JE, López- Bellido FJ .2001.** Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crops Res* 72: 197–210.
- **López-Bellido, L., Muñoz-Romero, V., Benítez-Vega, J., Fernández-García, P., Redondo, R. and López-Bellido, R. J. 2012.**Wheat response to nitrogen splitting applied to a vertisols in different tillage systems and cropping rotations under typical Mediterranean climatic conditions. *European Journal of Agronomy* 43:24–32.
- **Luo, C.; Branlard, G.; Grin, W.B.; Mcneil, D.L. 2000.** The effect of nitrogen and sulphur fertilisation and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. *J. Cereal Sci.*, 31, 185–194.
- **Lynch, P. J., Doyle, D., McAuley, S., Danneels, Q., Black, C. L., and Spink, J. 2017.** The impact of variation in grain number and individual grain weight on winter wheat yield in the high yield potential environment of Ireland. *European Journal of Agronomy* 87 (2017) 40–49.
- **Maccaferri M, Sanguineti MC, Demontis A, El-Ahmed A, del Moral LG, Maalouf F, Nachit M, Nserallah N, Ouabbou H, Rhouma S, Villegas D, Tuberosa R 2011.** Association mapping in durum wheat grown across a broad range of water regimes. *Journal of Experimental Botany* 62:409-438.
- **Mahmoud, D., Pandey, R., Sathee, L., Singh, P. M., and Chinnusamy, V. 2020.** Regulation of expression of genes associated with nitrate response by osmotic stress and combined osmotic and nitrogen deficiency stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 104, 99–113.

- **Makowska A., Obuchowski, W. Sulewska, H. Koziara W. and Paschke, H. 2008.** Effect of nitrogen fertilization of durum wheat varieties on some characteristics important for pasta production. *Acta Science Pol., Technologia Alimentaria*, 7(1): 29-39.
- **Mandal, N., P. Chaudhry, and D. Sinha. 1992.** Nitrogen, phosphorus and potash uptake of wheat (var. Sonalika). *Environment and Ecology* 10:297.
- **Marcos-Filho, J. 2015.** Seed Physiology of Cultivated Plants = Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas. 2 ed. ABRATES, Londrina, PR, Brazil (in Portuguese).
- **Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic press, London. 783p.
- **Martin, P. Gent, N. and Kiyomoto, R. K. 1989.** Assimilation and distribution of photosynthate in winter wheat cultivars differing in harvest index. *Crop Science*, 29:120-125.
- **Matakiadis T, Alboresi A, Jikumaru Y, Tatematsu K, Pichon O, Renou JP, Kamiya Y, Nambara E, Truong HN. 2009.** The Arabidopsis abscisic acid catabolic gene *CYP707A2* plays a key role in nitrate control of seed dormancy. *Plant Physiology* 149: 949–960.
- **McDonald, C.K. 2006.** Effect of soil properties on variation in growth, grain yield and nutrient concentration of wheat and barley. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46: 93-105.
- **Meena, V., B. Maurya, and R. Meena. 2015.** Residual impact of wellgrow formulation and NPK on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bangladesh Journal of Botany* 44 (1):143–6. doi: 10.3329/bjb.v44i1.22738.
- **Metho, A.L., Hammes, P.S. and De Beer, J.M. (1997).** Effect of cultivars and soil fertility on grain yield, yield components and grain nitrogen content of wheat. *African Crop Science Journal*, 3, 695-709.
- **Mikhaylenko. G.G, Czuchajowska .Z, Baik. B.K, Kidwell. K.K. 2000.** Environmental influences on flour composition, dough rheology, and baking quality of spring wheat. *Cereal Chem.* 77: 507–511.
- **Moll, R., E. Kamprath, and W. Jackson. 1982.** Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization 1. *Agronomy Journal* 74 (3):562–564.
- **Moll, R.H.; Kamprath, E.J. and Jackson, W.A. 1982.** Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Argon. J.*, 74: 562-564. Mexico, D. F., CIMMYT. Pp.71-77.
- **Monneveux, P., M. P. Reynolds, R. Trethowan, H. Gonzalez-Santoyo, R. J. Pena, and F. Zapata. 2005.** Relationship between grain yield and carbon isotope discrimination in bread wheat under four water regimes. *European Journal of Agronomy* 22 (2):231–42. doi: 10.1016/j.eja.2004.03.001.
- **Moore, J., and Rebetzke, J. 2015.** The role of plants in the effects of global change on nutrient availability and stoichiometry in the plant-soil system. *Plant physiology*, 160(4), 1741–1761.
- **Morris, C.F .2002.** Puroindolines: the molecular genetic basis of wheat grain hardness. *Plant Mol Biol* 48: 633–647.
- **Motozo, R., Fosi, S. and Giunta, F. 2004.** Relationship between grain yield and quality of durum wheats from different eras of breeding. *Euphytica*, 140: 147-158.
- **Mugendi, M. I., Lyamchai, C. Mariki W. and Insarel, L. 2000.** Timing nitrogen application to enhance wheat grain yields in northern Tanzania. pp 360-365. *In: The 11th regional wheat workshop for eastern, central and southern Africa.* Addis Ababa, Ethiopia CIMMYT.
- **Maguire. J. 1982.** Speed of germination Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science.* 22: 176-177.

- **Matthews, S., and K. Hosseini. (2007).** Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigor differences in seed lots of mize (Zea mays). *Seed Science and Technology*. (35): 212-200.
- **Murphy, J. 2007.** A modified single solution method for determination of phosphate in natural water. *Analytic Chimica Acta*. 27: 31-36.
- **McMaster, G.S. 1997.** Phonology, development and growth of wheat (Triticum aestivum L.) shoot apex: A review. *Adv. Agron.* 59: 63-118.
- **Nachit, M.M. and Eloufi, I. 2004.** Durum wheat adaptation in the Mediterranean dryland: Breeding, stress physiology and Molecular markers. *Crop Science Society*, 32: 203-218.
- **Nass, H.G. and B. Resier. 1975.** Grain filling period and grain yield nitrogen fertilization management in Central Italy. *European Journal of Agronomy* 44:38–45.
- **Naylor, R.E.L. 2010.** The effect of parent plant nutrition on seed size, viability and vigour and on germination of wheat and triticale at different temperatures. *Annals of Applied Biology* 123: 379–390.
- **Nigro, D., Fortunato, S., Blanco, A., and Gadaleta, A. 2016.** Glutamine synthetase in Durum Wheat: Genotypic Variation and Relationship with Grain Protein Content. *Content. Front. Plant Sci.* 7:971. doi: 10.3389/fpls.2016.00971.
- **OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) & FAO. 2018.** *Agricultural Outlook 2018–2027- special focus: Middle East and North Africa* .Paris and Rome.
- **Olesn, S. R. 1954.** Estimation of available Phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dep. Agric. Circ. 939, USA.
- **Ortiz-Monasterio R.; Sayre, J.I.; Fuentes Davila, K.D.; Rajaram, S. and McMahon, M. 1997.** Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four N rates. *Crop Sci.*, 37(3): 898-904.
- **Osuna, D., Prieto, P., and Aguilar, M. 2015.** Control of Seed Germination and Plant Development by Carbon and Nitrogen Availability. *Front. Plant Sci.* 6:1023. doi: 10.3389/fpls.2015.01023.
- **Ott, C., and H. Rechberger. 2012.** The European phosphorus balance. *Resources, Conservation and Recycling* 60: 159–72.
- **Ottman, M.J., T.A. Doergeand., and E.C. Martin. 2000.** Durum grain quality as affected by nitrogen fertilization near anthesis and irrigation during grain fill. *Agron. J.*, 92: 1035-1041.
- **Oury, F.X., Berard, P., Brancourt-Hulmel, M. 2003.** Yield and grain protein concentration in bread wheat: a review and a study of multi-annual data from a French breeding program. *J. Genet. Breed.* 57, 59–68.
- **Pala H., J. Ryana, A. Mazida, O. Abdallaha and M. Nachita. 2004.** Wheat farming in Syria: An approach to economic transformation and sustainability. *Renewable Agriculture and Food Systems*.
- **Pampana, S., Masoni, A., Ercoli, L., Mariotti, M., and Arduini, I. 2013.** Effects of nitrogen splitting and source on durum wheat. *Cereal Research Communication* 41:338–347.
- **Pan, J., Y. Zhu, D. Jiang, T. Dai, Y. Li, and W. Cao. 2006.** Modeling plant nitrogen uptake and grain nitrogen accumulation in wheat. *Field Crops Research* 97 (2–3):322–36.
- **Papakosta, D. K. and Gagianas, A. A. 1991.** Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and loss for Mediterranean wheat during grain filling. *Agronomy Journal*, 83 :864-870.
- **Patil, R.M., Tamhankar, SA, Oak, MD, Raut, AL, Honrao, BK, Rao VS and Misra, SC. 2013.** Mapping of QTL for agronomic traits and kernel characters in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Euphytica* 190:117-129.

- **Pearman, I. S., Thomas, M., and Thorne, G. N. 1979.** Effect of nitrogen fertilizer on photosynthesis of several varieties of winter wheat. *Annals of Botany*, 43, 613-621.
- **Peleg, Z., T. Fahima, A. B. Korol, S. Abbo, and Y. Saranga. 2011.** Genetic analysis of wheat domestication and evolution under domestication. *Journal of Experimental Botany* 62 (14):5051–61.
- **Pitz, W. 1992.** Durum wheat/semolina/farina/pasta quality. North Dakota State University. *Agron. J.* 105: 215-221.
- **Plessis, A.; Ravel, C.; Bordes, J.; Francois, B.; Martre, P. 2013.** Association study of wheat grain protein composition reveals that gliadin and glutenin composition are trans-regulated by different chromosome regions. *J. Exp.Bot.*, 64, 3627–3644.
- **Preston, K.R., Morgan, B.C., and Dexter, J.E. 1995.** Influence of protein segregation on the quality characteristics of Biggar and Genesis Canada Prairie Spring Wheat. *Plant Sci.* 75: 599-604.
- **Prey, L., Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2019.** Temporal Dynamics and the Contribution of Plant Organs in a Phenotypically Diverse Population of High-Yielding Winter Wheat: Evaluating Concepts for Disentangling Yield Formation and Nitrogen Use Efficiency. *Front. Plant Sci.* 10:1295.
- **Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C. and Job, D. 2012.** Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology* 63: 507–533.
- **Ranjan, R., R. Yadav, A. Kumar, and S. N. Mandal. 2019.** Contributing traits for nitrogen use efficiency in selected wheat genotypes and corollary between screening methodologies. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 69:588–95.
- **Rasheed A, X Xia, F Ogbonnaya, T Mahmood, Z Zhang, A Kazi, Z He, 2014.** Genome-wide association for grain morphology in synthetic hexaploid wheats using digital imaging analysis. Rasheed et al. *BMC Plant Biology* 2014, 14:128. <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/14/128>.
- **Raun, W. R., J. B. Solie, G. V. Johnson, M. L. Stone, R. W. Mullen, K. W. Freeman, W. E. Thomason, and E. V. Lukina. 2002.** Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. *Agronomy Journal* 94 (4):815–20. doi:10.2134/agronj2002.8150.
- **Raza, A., A. Razzaq, S. S. Mehmood, X. Zou, X. Zhang, Y. Lv, and J. Xu. 2019b.** Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: A review. *Plants* 8 (2):34.
- **Ryan, J.; Maheshwari, M. and Nagarjan, S. 2009.** Effect of pre-anthesis water stress on growth, photosynthesis and Yield of six Wheat genotypes defferinig in drought tolerance. *Indian J. of plant physiology*, Vol. 6(1), pp.53-60.
- **Russell, D.F. 1991.** MSTAT, Director Crop and Soil Science Department (Varsion 2. 10), Michigan State Uni. U.S.A.
- **Sadowska, E., Pacucci, G., Perrino, P., Gatta, CD. , Maellaro, I. (2001).**Protein content and seed characteristics in populations of *Triticum durum* grown at three different locations. pp. 217-222. *Proc. of the Symp. on Genetics and Breeding Durum Wheat*, University, di Bari, 14-18 Maggio.
- **Sage, R.F. and R.W. Pearcy. 1987.** The nitrogen use efficiency of C3 and Sains Malaysiana 45(2): 221–228.
- **Salim, N., and Raza, A. 2019.** Nutrient use efficiency (NUE) for sustainable wheat production: a review. *Journal of Plant Nutrition*. DOI: 10.1080/01904167.2019.1676907.
- **Salvagiotti, F., Castellarm, J.M., Miralles, D.J. and Pedrol, H.M. 2009.** Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. *Field Crops Res.*, 113: 170–177.

- **Sanchez-Bragado, R., M. D. Serret, and J. L. Araus. 2017.** The nitrogen contribution of different plant parts to wheat grains: Exploring genotype, water, and nitrogen effects. *Frontiers in Plant Science* 7:1986.
- **Shabala, S., and I. Pottosin. 2014.** Regulation of potassium transport in plants under hostile conditions: Implications for abiotic and biotic stress tolerance. *Physiologia Plantarum* 151 (3):257–79. doi: 10.1111/ppl.12165.
- **Shaharoon, B., M. Naveed, M. Arshad, and Z. A. Zahir. 2008.** Fertilizer-dependent efficiency of Pseudomonads for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Applied Microbiology and Biotechnology* 79 (1):147–55.
- **Shahrokhnia, H., and A. R. Sepaskhah. 2016.** Effects of irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization on yield, water and nitrogen efficiencies of safflower. *Agricultural Water Management* 172:18-30.
- **Shangguan, Z., Shao, M., and Dyckmans, J. 2000b.** Effects of Nitrogen Nutrition and Water Deficit on Net Photosynthetic Rate and Chlorophyll Fluorescence in Winter Wheat. *Journal of Plant Physiology*. 156(1):46-51.
- **Sharma, L., and S. Bali. 2017.** A review of methods to improve nitrogen use efficiency in agriculture. *Sustainability* 10 (2):51.
- **Shewry, M., Göçmen Akçacık, A., Aydoğan, S., Yakışır, E. (2016).** Determination of yield and quality performance of winter wheat genotypes in rainfed conditions of central anatolian. *Journal of central research institute for field Crops*, 25, Özel Sayı, 1,
- **Shi, X., Hu, K., Batchelor, D. W., Fu, J., Cui, X., and Zhou, F. 2020.** Exploring optimal nitrogen management strategies to mitigate nitrogen losses from paddy soil in the middle reaches of the Yangtze River. *Agricultural Water Management* 228 (2020) 105877.
- **Shiferaw, B.; Smale, M.; Braun, H.J.; Duveiller, E.; Reynolds, M. and Muricho, G. 2013.** Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security* 5: 291–317.
- **Simane, B., Struik, P. C., Nachit, M. M. and Peacock, J. M. 1993.** Ontogenic analysis of field components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica* 71:211–219.
- **Simmonds, J., Scott, P., Brinton, J., Mestre, C. T., Dubcovsky, J., and Uauy, C. 2016.** A splice acceptor site mutation in TaGW2-A1 increases thousand grain weight in tetraploid and hexaploid wheat through wider and longer grains. *Theor Appl Genet* (2016) 129:1099–1112.
- **Simmonds, N.W. 1995.** The relation between yield and protein in cereal grain. *J. Sci. Food Agric.* 67, 309–315.
- **Simo' n, R. M., Perello', E. A., Cordo, A. C., and Struik, C. P. 2003.** Influence of *Septoria tritici* on Yield, Yield Components, and Test Weight of Wheat under Two Nitrogen Fertilization Conditions. *Crop Sci.* 42:1974–1981.
- **Sinclair, B.Q. 1998.** Duration and rate of grain filling in selected winter wheat populations: I. Inheritance. *Crop Sci.*, 34: 833–7.
- **Sinclair, K., and H.-Y. Vadez. 2002.** Gram-negative bacterial flora on the root surface of wheat (*Triticum aestivum*) grown under different soil conditions. *Biology and Fertility of Soils* 23 (3):273–81. doi: 10.1007/BF00335955.
- **Singh, J., and Skerritt, J.H. 2001.** Chromosomal control of albumins and globulins in wheat grain assessed using different fractionation procedures. *J Cereal Sci* 33: 163–181.
- **Sinha, E., Michalak, A.M., and Balaji, V. 2017.** Eutrophication will increase during the 21st century as a result of precipitation changes. *Science* 357: 405–408.
- **Slafer, G.A., and Andrade, F. H. 1993.** Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different eras. *Field Crop Research*, 31: 351-356.

- **Slafer, G.A.; Calderini, D.F. and Miralles, D.J. 1996.** Yield components and compensation in wheat: Opportunities for further increasing yield potential. In *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*, pp. 101-133 (CIMMYT: Mexico, DF).
- **Slafer, A. G., and Eeuwijk, V. F. 2019.** Differences in the genetic control of pre-heading phases in Barley and Wheat, and relationships with agronomic traits. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 70, No. 1 pp. 1–6. doi:10.1093/jxb/ery408.
- **Sobh, M.M., Sharshar M.S. and El-Said, S. 2000.** Response of wheat to nitrogen and potassium application in a salt affected soil. *Journal of Product and Development*, 5(1): 83-98.
- **Souza, J.M.; Martin, M.J.; Guttieri, K.M.; O'Brien, D.K.; Habernicht, S.P.; Lanning, R.; McLean, G.R. and Talbert, L.E. 2004.** Influence of Genotype, Environment, and Nitrogen Management on Spring Wheat Quality. *Crop Sci.* 44(2): 425-432.
- **Sowers K. E., Miller B.C. and. Pan, W.L. 1994.** Optimizing grain yield in soft white winter wheat with split nitrogen applications. *Agronomy Journal*, 86:1020-1025.
- **Stanford, N., and Legg, L. 1984.** Response of split nitrogen application of wheat grown for 3 years under Semi-arid conditions of sheloy plants. *Field Crop Absts*, 45 (8): 165 – 177.
- **Sissons, M. J., Ovenden, B., Adorada, D., and Milgate, A. 2005.** Durum wheat quality in high input irrigation systems in south-eastern Australia. *Crop and Pasture Science*, 65, 411-422.
- **Stevens, A.D.; Nielsen, D.C. and Reule, C.A. 2005.** Nitrogen fertilization and rotation effects on no-till dryland wheat production. *Agronomy Journal* 96:1196-1201.
- **Stewart W.M., Dibb, D.W., Johnston A.E. and Smyth, T.J. 2005.** The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. *Agronomy Journal*, 97 : 1-6.
- **Takayama, T., Ishikawa, N., and Shozo, T. 2006.** The Effect to the Protein Concentration and Flour Quality of Nitrogen Fertilization at 10 Days after Heading in Wheat. *JARQ* 40(4), 291-297.
- **Taneva, K.; Bozhanova, V. and Petrova, I. 2019.** Variability, heritability and genetic advance of some grain quality traits and grain yield in durum wheat genotypes. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 25 (No 2), 288–295.
- **Tea I, Genter T, Naulet N, Boyer V, Lummerzheim M, Kleiber D. 2004.** Effect of foliar sulfur and nitrogen fertilization on wheat storage protein composition and dough mixing properties. *Cereal Chem* 81: 759–766.
- **Tekdal, S., Kendal, E., and Ayana, B. 2014.** Evaluation of yield and some quality traits of advanced durum wheat lines with biplot analysis method. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1, 3, 322-330.
- **Tian, H; Xu, R; and Pan, S. 2016.** Half-degree gridded manure and fertilizer nitrogen inputs in global grassland systems during 1860-2016. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.892940>.
- **Tian, Z.W. ; Li, Y. ; Liang, Z.H. ; Guo, H. ; Cai, J. ; Jiang, D. ; Cao, W.X. ; Dai, T.B. 2016.** Genetic improvement of nitrogen uptake and utilization of winter wheat in the Yangtze River Basin of China. *Field Crop Res.* 196, 251–260.
- **Tilahun, G., Tanner, D.G., Tekalegn, M., and Getenet, G. 1996.** Response of rainfed bread and durum wheat to source, level and timing of nitrogen fertilizer on two Ethiopian vertisols: II. N uptake, recovery and efficiency. *Fertilizer Research*, 44, 195-204.
- **Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R. and Polasky S. 2002.** Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671.
- **Tisdale, D. F., and Nelson, M. F. 1984.** Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the latest trends. *Plant Breed.* 114, 108–112. doi: 10.1111/j.1439-0523. 1995.tb00772.x.

- **Torbica, A., Antov, M., Mastilović, J., and Knežević, D. 2007.** The influence of changes in gluten complex structure on technological quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Food Res Int* 40: 1038–1045.
- **Tsilo, V.R. Meszkaros, I., Veres, S., and Nagy, J. 2010.** Effects of the available nitrogen on the photosynthetic activity and xanthophylls cycle pool of maize in field. *J. Plant Physiol.*, 159: 627-634.
- **United States Department of Agriculture. 2015.** World agricultural supply and demand estimates, *January 2015*. Washington, DC.
- **U. S. Environmental Protection Agency (USEPA). (1996).** Ecological effects test guidelines; Seed germination / root elongation toxicity test. OPPTS. Washington Dc; p 96-145.
- **Van Herwaarden, J., Mohler, V., Lukman, R., van Ginkel, M., William, M., Crossa, J., and Worland, A.J. 2005.** Analysis of genetic factors influencing the developmental rate of globally important CIMMYT wheat cultivars. *Crop Sci* 45:2113–2119.
- **Varga, B., Svecnjak Z. and Pospisil, A. 2000.** Grain yield and yield components of winter wheat grown in two management systems. *Die Bodenkultur*, 51(3): 145-150.
- **Verma, R., and P. Raha. 2011.** Impact of integrated nutrient management on growth, yield and nutrient uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Agricultural Research* 5:76–82.
- **Vashish. A., and S. Nagarajan. (2010).** Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field. *Journal of Plant Physiology*. Pp: 149- 156.
- **Vikhe, P., Venkatesan, S., Chavan, A., and Patil, R. 2019.** Mapping of dwarfing gene Rht14 in durum wheat and its effect on seedling vigor, internode length and plant height. *The Cop Journal*. CJ-00335; No of Pages 11.
- **Vitousek, P. M., R. Naylor, T. Crews, M. B. David, L. E. Drinkwater, E. Holland, P. J. Johnes, J. Katzenberger, L. A. and Martinelli, P. A. 2009.** Nutrient imbalances in agricultural development. *Science* 324 (5934): 1519–20.
- **Valkama. E., T. Salo., M. Esala., and E. Turtola. (2013).** Grain quality and N uptake of spring cereals as affected by nitrogen fertilization under Nordic conditions: a meta-analysis. *Agricultural and Food Science*. 22: 208-222.
- **Walkley, A., and Black, S. 1947.** A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and constituents. *Soil Sci*. 63: 251-263.
- **Wall, J. S. 1979.** The role of wheat proteins in determining baking quality. In: *Recent Advances in the biochemistry of cereals*, ed. D. L. Laidman & R. G. W. Jones. Academic Press. pp. 275-3311.
- **Walsh. S. O., and Walsh. L. W. 2019.** Seeding rate and nitrogen fertilizer rate effect on dryland no-till hard red spring wheat yield and quality. *Crop Sci. Biotech*. 23 (1) : 39 ~ 46.
- **Wang, L.F., Ge, H.M., Hao, C.Y., Dong, Y.S., and Zhang, X.Y. 2012.** Identifying loci influencing 1,000-kernel weight in wheat by microsatellite screening for evidence of selection during breeding. *PLoS ONE* 7:10.
- **Wang, S., W, K., Yuan, Q., Liu, X., Liu, Z., Lin, X., Zeng, R., Zhu, H., Dong, G., and Qian, Q. 2017.** Control of grain size, shape and quality by OsSPL16 in rice. *Nature Genetics* 44: 950–954.
- **Wang, D., Ren, T., Lu, J. W., Ming, R., Li, P. F., and Hussain, S. 2017.** Water use efficiency and optimal supplemental irrigation in a high yield wheat field. *Field Crops Res*. 213, 213–220.
- **Wang, W., B. Vinocur, and A. Altman. 2012.** Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* 218 (1):1–14. doi: [10.1007/s00425-003-1105-5](https://doi.org/10.1007/s00425-003-1105-5).

- **Wang, Y.X.; Xu, D.C.; Hebelstrup, K.H.; Yang, D.L.; Cai, J.; Wang, X.; Jiang, D. 2019.** Nitrogen topdressing timing modifies free amino acids profiles and storage protein gene expression in wheat grain. *BMC Plant Biol.*,18, 353–366.
- **Wang, Z., Sadras, V. O., Yang, X., Han, X., Huang, F., and Zhang, S. 2001.** Synergy between breeding for yield in winter wheat and high-input agriculture in North-West China. *Field Crops Res.* 209, 136–143.
- **Wang, L.; Chen, A.; Lin, Z.; Zhao, R.; Lan, J.; Dai, C. GB/T 17320-2013: Quality Classification of Wheat Varieties; General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of P.R.C.: Beijing, China, 2013.**
- **Wardlaw, I.F. 1971.** The early stages of grain development in wheat: response to water stress in a single variety. *Australian Journal of Biological Science* 24, 1047-1055.
- **Warraich, E. A., S. Basra, N. Ahmad, R. Ahmed, and M. Aftab. 2002.** Effect of nitrogen on grain quality and vigour in wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology* 4:517–520.
- **Wilhelm, W.W. 1998.** Dry matter partitioning and leaf area of winter wheat grown in a long term fallow tillage comparisons in US central great plains. *Soil and Tillage Res.*, 49: 49–56.
- **Willenborg, C.J., J.C. Wildeman, A.K. Miller, B.G. Rossnaged and S.J. Shirtliffe, 2005.** Oat Germination Characteristics Differ among Genotypes, Seed Sizes and Osmotic Potentials. *Crop Sci.*, 45: 2023-2029.
- **Williams, M.D.; Schaller, C.W.; Qualset, C.O. and Epstein, E. 1984.** Correlation among laboratory, greenhouse, and field measurement of salt tolerance in barley and wheat. *Agronomy Abstract.* Madison, Wisconsin. P 88.
- **Williams, K.; Munkvold, J.; Sorrells, M. 2013.** Comparison of digital image analysis using elliptic Fourier descriptors and major dimensions to phenotype seed shape in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, 190:99–116.
- **Wu, H. Q., Chen, X. Y., Xiao, Y., Wang, R. J., Wang, X. L., Luo, C. M., and Han, J. 2015.** High-Density Genetic Linkage Map Construction and QTL Mapping of Grain. *Trends in Plant Sciences*,12:433-436.
- **Wuest, S.B. and Cassman, K.G. 1992.** Fertilizer-nitrogen use efficiency of irrigated wheat: I. Uptake efficiency of preplan versus late-season application. *Argon. J.*, 84 (4): 682-688.
- **Xu, J., Cai, H., Wang, X., Ma, C., Lu, Y., Ding, Y., Wang, X., Chen, H., Wang, Y., and Saddique, Q. 2020.** Exploring optimal irrigation and nitrogen fertilization in a winter wheat/summer maize rotation system for improving crop yield and reducing water and nitrogen leaching. *Agricultural Water Management*.
- **Xue, C. Huang, C., Feng, F.-X., Yu, A. 2016.** Split nitrogen application improves wheat baking quality by influencing protein composition rather than concentration. *Front. Plant Sci.* 7, 738.
- **Yan, D., Vanathy, E., Vivian, C., Masanori, O., Matthew, I., Mitsuhiro, K., Akira, E., Ryoichi, Y., Asher, P. and Gong, Y. 2016.** NIN-like protein 8 is a master regulator of nitrate-promoted seed germination in Arabidopsis. *Nature Communications* 7: 13179.
- **Yang, X.L., Lu, Y.L., Ding, Y., Yin, X.F., Raza, S., Tong, Y.A., 2017.** Optimising nitrogen fertilisation: A key to improving nitrogen-use efficiency and minimising nitrate leaching losses in an intensive wheat/maize rotation (2008–2014). *Field Crop Res.* 206, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.02.016>.
- **Yari, L., Khazaei, F., Sadeghi, H., Sheidaei, S. 2011.** Effect of seed priming on grain yield and yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). – *Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6: 1-5.

- **Yen, C., Zheng, Y. L., and Yang, J. L. 1995.** An ideotype for high yield breeding in theory and practice. In: Li Z S, Xin Z Y, eds., Proceedings of 8th International Wheat Genetic Symposium. China Agricultural Sciencetech Press, Beijing, China. pp. 1113-1117.
- **Yildirim, M., Bahar, B., Genç, İ., Korkmaz, K. & Karnez, E. 2007.** Diallel analysis of wheat parents and their F2 progenies under medium and low level of available n in soil. *Journal of Plant Nutrition* 30: 937-945.
- **Yildirim, M, Z. Yakut, C. Akinci, F. Kurt, and F. Kizilgeci. 2016.** Nitrogen Rate and Timing Implementation on Durum Wheat in a Bed Planting System. *Sains Malaysiana* 45(2): 221–228.
- **Yin, L., X. Dai, and M. He. 2018.** Delayed sowing improves nitrogen utilization efficiency in winter wheat without impacting yield. *Field Crops Research* 221:90–7.
- **Zahran, M., Mosalem, M. E., El-Menofi M.M. and Moussa, A. M. 1997.** Effect of sowing date, seeding rate and nitrogen level on wheat production: growth and growth attributes. First Annual Conference. September 1-3, NRC, Egypt.
- **Zhang, X., Deng, Z., Wang, Y., Li, J., and Tian, J. 2014.** Unconditional and conditional QTL analysis of kernel weight related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) in multiple genetic backgrounds. *Genetica* 142:371-379.
- **Zhang, D., Wang, H.Y., Pan, J.T., Luo, J., Liu, J.F., Gu, B.J., Liu, S., Zhai, L.M., Lindsey, S., Zhang, Y.T., Lei, Q.L., Wu, S.X., Smith, P., Liu, H.B., 2018b.** Nitrogen application rates need to be reduced for half of the rice paddy fields in China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 265, 8–14.
- **Zhang, G., Y. Wang, Y. Guo, Y. Zhao, F. Kong, and S. Li. 2015.** Characterization and mapping of QTLs on chromosome 2D for grain size and yield traits using a mutant line induced by EMS in wheat. *The Crop Journal*. Pages 135–144.
- **Zhang, G.; Wang, Y.; Guo, Y.; Zhao, Y.; Kong, F. and Li, S. 2013.** Interspecific difference in the photosynthesis nitrogen relationship: patterns, physiological causes, and ecological importance. *J. Plant Res.* 117: 481-94.
- **Zhang, M., Tian, Y., Zhao, M., Yin, B., Zhu, Z., 2017.** The assessment of nitrate leaching in a rice–wheat rotation system using an improved agronomic practice aimed to increase rice crop yields. *Agric. Ecosyst. Environ.* 241, 100–109.
- **Zhang, N.; Song, L.; Ji, J.; Qiao, W.; He, M. and Li, J. 2020.** Identification and validation of the superior alleles for wheat kernel traits detected by genome-wide association study under different nitrogen environments. *Euphytica* (2020) 216:52.
- **Zhao, B.; Yao, X.; Tian, Y.; Liu, X.; Ata-Ul-Karim, S.T.; Ni, J.; Cao, W. and Zhu, Y. 2016.** New critical nitrogen curve based on leaf area index for winter wheat, *Agron J*, 106 (2014) 379-389.
- **Zhao, B.; Yao, X.; Tian, Y.; Liu, X.; Ata-Ul-Karim, S.T.; Ni, J.; Cao, W. and Zhu, Y. 2014.** Effect of tillage practices on water consumption, water use efficiency and grain yield in wheat field. *J. Integr. Agric.* 13: 2378-2388.
- **Zhao.B., Niu. X., Karim. S., Wang. L., Duan. A., Liu. Z. and Lemaire . G. 2020.** Determination of the post-anthesis nitrogen status using ear critical nitrogen dilution curve and its implications for nitrogen management in maize and wheat. *European Journal of Agronomy* 113 - 125967.
- **Zhaq, Q. 1986.** A preliminary study on physiological characteristics of spring wheat grown in summer. II. Dry matter accumulation in ears during the grain filling period. *J. Shaanxi. Agric.Univ.*, 6: 99–108.
- **Zheng, W., Zhiguang, L., Min, Z., Yuefeng, S., and Jibiao G. 2017.** Improving crop yields, nitrogen use efficiencies, and profits by using mixtures of coated controlled-released and uncoated urea in a wheat-maize system. *Field Crops Research* 205: 106–15. doi: 10.1016/j.fcr.2017.02.009.

Study the Effect of Nitrogen Fertilization Rates and the Time of Application on the Quantity, Quality and Physical Properties of Wheat Grains

Abstract

The field study was carried out in the fields of the Faculty of Agriculture, Abi Jarash Farm, during the growing season 2017-2018, with the aim of studying the effect of four rates of nitrogen fertilizer (Urea 46% pure nitrogen N) (100, 120, 140, 160 kg N ha⁻¹), in addition to the control (without nitrogen fertilization), which were added during different developmental stages, under the conditions of irrigated and rain-fed, on four locally cultivated varieties, two of which are soft wheat [Doma₂ (ACSAD₈₈₅) and Duma₄ (ACSAD₉₀₁)], and two durum wheat varieties [Duma₁ (ACSAD₁₁₀₅) and Duma₃ (ACSAD₁₂₂₉)]. The laboratory study was carried out during the growing season 2018-2019, in order to studying the physical, biological, and qualitative characteristics of the grains resulting from the first agricultural season, as a result of the effect of the studied variables. The field experiment was laid out according to the Randomized Complete Block Design (RCBD), with the arrangement of split block design, while the laboratory experiment was designed according to the Complete Randomized Design (CRD), with four replications for each of the two experiments. It is noted with respect to the interaction of the nature of cultivation with nitrogen fertilization rates, the timing of their application and the varieties, that the average number of days required for the emergence of seedlings was significantly higher under rainfed conditions and at the rate of nitrogen fertilization 120 kg N hectare⁻¹ and the control treatment (without nitrogen fertilization) in bread wheat cultivar Douma₂ when the whole amount of nitrogenous fertilizers was applied at the beginning of flowering, and without significant differences between them (25 and 24 days respectively), while it was significantly the lowest under irrigated conditions bread wheat variety Douma₄ and at a nitrogen fertilization rate of 140 kg N hectare⁻¹ when that was added at (50% at planting + 50% at the beginning of flowering; 50% at planting + 50% at the beginning of tillering) without significant differences between them (7, 7 days, respectively). The average number of days required for heading and harvest maturity was significantly higher under irrigated conditions in the durum wheat cultivar, Douma₃ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N ha⁻¹ when it was applied at (50% at planting + 50% at the beginning of flowering) (157, 213 days respectively), while it was significantly the lowest under rainfed conditions in the control treatment (without nitrogen fertilization), in the bread wheat variety Douma₂ (124, 190 days respectively). The mean number of spikes per square meter was significantly higher under irrigated cultivation conditions for the bread wheat variety Douma₂ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N hectare⁻¹ when nitrogen fertilizers were added at (50% at the time of planting + 50% at the beginning of tillering) (794.67 spike m⁻²), while it was significantly the lowest under rainfed conditions in the durum wheat cultivar Douma₁ in the control treatment (without nitrogen fertilization) (224.67 spike m⁻²). The average grain weight, number of

grains in the main spike, number of grains per square meter, grain yield, nitrogen use efficiency, nitrogen grain yield, and the average amount of nitrogen absorbed by the plants were significantly higher under irrigated cultivation conditions for durum wheat variety Douma₃ at the nitrogen fertilization rate 140 kg N hectare⁻¹, and at nitrogen fertilization rate 120 kg N hectare⁻¹ in terms of nitrogen use efficiency, when nitrogen fertilizers were applied at (50% planting time + 50% at the beginning of flowering; 50% at planting time + 50 % at the beginning of tillering) without significant differences among them (2.91, 2.84 g; 83.83, 82.8 grains Spike⁻¹; 23436, 23880 grains m⁻²; 1451.36, 1470.00 g m⁻²; 106.48, 106.32 kg grains N¹. m⁻², 31.27 kg ha⁻¹, 276.43 kg ha⁻¹ Respectively), whereas, they were significantly the lowest under the conditions of rainfed in the bread wheat cultivar Douma₂ at the nitrogen fertilization rate of 100 kg N hectare⁻¹, and at the nitrogen fertilization rate of 160 kg N hectare⁻¹ in relation to the efficiency of nitrogen use, and when nitrogen fertilizers were added at (100% at the beginning of flowering) (0.36; 20.83 grains spike⁻¹; 4866.67 grains m⁻²; 125.25 g m⁻²; 10.08 kg grains N¹. m⁻², 2.51 kg ha⁻¹, 23.39 kg ha⁻¹ respectively). The mean biological yield was significantly higher under irrigated cultivation conditions for durum wheat cultivar Douma₁ at the nitrogen fertilization rate of 160 kg N hectare⁻¹ and when nitrogen fertilizers were added at (50% at planting + 50% at the beginning of tillering) (3809.41 gm⁻²) , Whereas it was significantly the lowest under rainfed conditions bread wheat variety Douma₂ at the control treatment (without nitrogen fertilization) (747.17 g m⁻²). The mean harvest index was significantly higher under irrigated conditions for durum wheat cultivar Douma₃ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N hectare⁻¹ and when nitrogen fertilizers were added at (33% at the time of planting + 33% at the beginning of tillering + 33% at the beginning of flowering) (43.46%) , whereas, it was significantly the lowest under rainfed conditions for the bread wheat variety Douma₂ at the nitrogen fertilization rate of 120 kg N hectare⁻¹ and when the whole quantity of nitrogen fertilizers were added at the beginning of tillering stage (14.36%). Regarding to the physical, biological and qualitative characteristics of grains, which were measured in the laboratory, it is noted that the average ratio of the length of the grain to its width was significantly higher under rainfed conditions for the durum wheat cultivar Douma₁ at the nitrogen fertilization rate of 160 kg N ha⁻¹ when the whole amount of nitrogen fertilizers were added at the planting time (2.55), while it was significantly the lowest under irrigated conditions for the bread wheat variety Douma₄ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N ha⁻¹ when nitrogenous fertilizers were added at (50% at the time of planting + 50% at the beginning of the tillering; 100% the beginning of tillering (1.55, 1.57 respectively). The mean seed size was significantly higher under irrigated conditions for the durum wheat cultivar plants alwaDouma₁ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N ha⁻¹ when nitrogen fertilizers were added at (50% at planting time + 50% at the beginning of flowering), and at the nitrogen fertilization rate of 160 kg N ha⁻¹ the bread wheat variety Douma₄ when nitrogenous fertilizers were added at (50% at the time of planting + 50% at the beginning of flowering) (67.92 and 66.80 respectively), while it was significantly the lowest under rainfed conditions for the bread wheat variety Douma₂ at the nitrogenous fertilizer rate of

100 kg N ha⁻¹ when the whole quantity of nitrogen fertilizers were added at the beginning of flowering (34.71). The mean 1000-kernel weight was significantly higher under irrigated conditions for the bread wheat variety Douma₄ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N ha⁻¹ when nitrogenous fertilizers were added at (50% at the time of planting + 50% at the beginning of flowering) (61.79 g), while it was significantly the lowest under rainfed conditions for the bread wheat variety Douma₂ in the control treatment (without nitrogen fertilization) (25.48 g). The mean grain content of protein, wet gluten, and gluten coefficient were significantly higher under rainfed conditions for the durum wheat variety Douma₁ at the nitrogen fertilization rates 120 and 160 kg N ha⁻¹ for the first two traits, and at nitrogen fertilization rates of 140 and 160 kg N ha⁻¹ for the gluten coefficient trait, when the whole amount of nitrogen fertilizers were added at the beginning of flowering without significant differences among them (18.77, 17.85%; 48.15, 47.81%; 93.67, 93.00 respectively), while they were significantly lower under irrigated conditions for the bread wheat cultivar Douma₄ in the control treatment (without nitrogen fertilization) (9.10%; 22.20%; 62.00, respectively). The mean specific weight of the grains was significantly higher under irrigated conditions for the bread wheat variety Douma₄ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N ha⁻¹ and when nitrogen fertilizers were added at (50% at the time of planting + 50% at the beginning of the tillering; 50% at the time of planting + 50 % at the beginning of flowering) without significant differences between them (89.25 and 88.91 kg Hectoliters⁻¹ respectively), whereas it was significantly the lowest under rainfed conditions in the control treatment (without nitrogen fertilization) for the durum wheat varieties Douma₁ and Douma₃ (68.00, 69.36 kg Hectoliters⁻¹ respectively) without significant differences between them. The mean daily germination time was significantly higher under irrigated conditions for the bread wheat cultivar Douma₄ at the nitrogen fertilization rate of 120 kg N ha⁻¹ and when nitrogen fertilizers were added (50% at planting time + 50% at the beginning of tillering), and for durum wheat variety Douma₃ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N ha⁻¹ when nitrogenous fertilizers were added (50% at the time of planting + 50% at the beginning of tillering) without significant differences between them (25.00 and 24.44 grains per day⁻¹ respectively), while it was significantly the lowest under rainfed conditions for the durum wheat cultivar Douma₁ when in the control treatment (without nitrogen fertilization) (12.00 grains day⁻¹ respectively). The average seed strength dependent on the length of its seedlings, and the average strength of the seed depending on the weight were significantly higher under irrigated conditions for the bread wheat variety Douma₄ at the nitrogen fertilization rate of 140 kg N ha⁻¹ and when nitrogenous fertilizers were added at (33% at the time of planting + 33% the beginning of tillering + 33% the beginning of flowering; 50% at the time of planting + 50% the beginning of flowering) without significant differences among them (4008.29, 3996.6% cm; 86.71, 85.45% g respectively), while they were significantly the lowest under rainfed conditions for the bread wheat variety Douma₂ in the control treatment (without nitrogen fertilization), and when nitrogen fertilizers were added at (100% at the beginning of tillering; 100% initiation of flowering) without significant differences between them (1501.69,

1770.85, % cm; 13.59, 15.8% g respectively). Generally, it is recommended to add nitrogenous fertilizers at the rate of 140 kg ha⁻¹, applied at the following developmental stages (50% at the time of planting + 50% at the beginning of flowering) or (50% at the time of planting + 50% of beginning of tillering), to increase all morphological and quantitative characteristics, obtaining the highest grain yield, biological yield and harvest index. It is recommended to cultivate the two wheat varieties Duma₃ and Duma₄ in the targeted environment, because they are more adapted to the conditions of the targeted environmental area, and more responsive to the conditions of full irrigation and nitrogen fertilization compared to the other studied varieties, because they were superior in the grain yield (825.7 and 643.7 respectively), and the nitrogen use efficiency (56.18, 43.84 kg grains) Kg grains N¹-m⁻² respectively)

