



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم المحاصيل الحقلية

تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في الغلة الحبية ومكوناتها في
محصول الذرة البيضاء تحت ظروف الزراعة المروية

**Effect of Plant Density and Application Time of Nitrogen Fertilizer on
Grain Yield and Yield Components of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under
Irrigated Conditions**

رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في علوم المحاصيل الحقلية

(قسم المحاصيل الحقلية)

إعداد

فريال علي محمد العيسى

إشراف

الدكتور يوسف نمر

أستاذ مساعد _ قسم المحاصيل الحقلية

كلية الزراعة _ جامعة دمشق

2023-2022

قُدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في علوم المحاصيل الحقلية، في كلية الزراعة بجامعة دمشق.

This Thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirements for Master Degree in Field crops Sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University.

لجنة الحكم:

الأستاذ الدكتور مأمون خيتي، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

الدكتور يوسف نمر، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً ومشرفاً)

الدكتورة لمى اليوسف، كلية الزراعة، جامعة دمشق. (عضواً)

نُوقشت وأُجيزت هذه الرسالة بتاريخ: 2022/11/30 م

شهادة

نشهد بأنّ العمل الموصوف في هذه الرسالة؛ نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة **فريال علي محمد العيسى** ، بإشراف الدكتور **يوسف نمر** الأستاذ المساعد في قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة في جامعة دمشق ، وأنّ أي مرجع ورد في هذه الرسالة موثق في النص.

المشرف

د. يوسف نمر

المرشحة

فريال محمد العيسى

CERTIFICATON

It is hereby certified that, the work described in this thesis " Effect of Plant Density and Application Time of Nitrogen Fertilizer on Grain Yield and Yield Components of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under Irrigated Conditions ." is the results of **Mis. Ferial AlMohammed AlIssa** own investigations under the supervision of **Dr. Youssef Nemer** (Faculty of Agriculture, Damascus University, Damascus, Syria), and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

Candidate

Ferial AlMohammed AlIssa

Supervisors

Dr. Youssef Nemer

تصريح

أُصِرَّحَ بأنَّ هذا البحث الموصوف في هذه الرسالة تحت عنوان " تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في الغلة الحبية ومكوناتها في محصول الذرة البيضاء تحت ظروف الزراعة المروية".
لم يسبق أن قُدم للحصول على أية درجة جامعية أخرى، وغير مقدم حالياً لذلك، وأن جميع الأعمال والنتائج المذكورة هي جهودي الشخصية وبتوجيه من المشرف العلمي الدكتور يوسف نمر، وأن أية معلومات أو نتائج أخرى ذكرت في الرسالة قد نُسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المُرشحة

فريال المحمد العيسى

DECLARATION

I hereby declared that, this work " Effect of Plant Density and Application Time of Nitrogen Fertilizer on Grain Yield and Yield Components of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under Irrigated Conditions " has not been used previously or submitted now for any other degree.

Candidate

Ferial AlMohammed AlIssa

كلمة شكر Acknowledgment

بعد أيام من التعب والجهد حان للسفينة أن تحط رحالها وفي نهاية المطاف لا يسعني إلا أن أقدم بالامتنان والشكر الجزيل لكل من قدم لي

يد العون لإنجاز هذا البحث، وأخص بالشكر الدكتور يوسف نمر لتفضله بالإشراف على هذا البحث ولما قدمه لي من توجيه ورعاية

ومتابعة، فلولاً لجهوده لما أبصر هذا العمل النور.

كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى كلية الزراعة في جامعة دمشق بجميع كوادرها، (هيئاتها/ إداريتها) وخاصة أعضاء الهيئة التدريسية في

قسم المحاصيل الحقلية.

وأتوجه بالشكر لأهلي وجميع الأصدقاء على ما قدموه لي من دعم، لهم مني كل المحبة والتقدير. وأخص بالشكر من كانت معي في كل

خطوة (أختي الغالية)، وختامها مسك توعم الروح ورفيق الدرب الذي كان سنداً لي في جميع مراحل هذا العمل.

فريال محمد العيسى

المحتويات

TABLE OF CONTENTS

X	المخلص باللغة العربية
1	المقدمة Introduction
2	مشكلة البحث
3	تساؤلات البحث
3	فرضيات البحث
4	أهداف البحث
4	أهمية البحث
4	مبررات البحث
7	الفصل الأول - الدراسة المرجعية Review of Literature
7	1.2 التصنيف العلمي لمحصول الذرة البيضاء والاحتياجات البيئية
8	2.2 الموطن الأصلي والمساحة المزروعة بالذرة البيضاء
12	3.2 أهمية ضبط الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي
25	4.2 أهمية ضبط توقيت إضافة السماد الأزوتي
38	الفصل الثاني - مواد البحث وطرائقه Materials and Methods
38	1.3 المادة النباتية Plant material
38	2.3 موقع تنفيذ التجربة Site of experimentation
39	3.3 المعاملات المدروسة Treatments
39	1.3.3 معاملات الكثافة النباتية المدروسة
40	2.3.3 معاملات توقيت إضافة السماد الأزوتي
40	4.3 طريقة الزراعة Planting method
41	5.3 الصفات المدروسة Investigated traits
41	1.5.3 عدد الأيام اللازمة للإنبات (يوم)
41	2.5.3 عدد الأيام اللازمة للإزهار (يوم)
41	3.5.3 عدد الأيام اللازمة للنضج (يوم)
41	4.5.3 ارتفاع النبات (سم)
41	5.5.3 المساحة الورقية (سم ²)
41	6.5.3 دليل المساحة الورقية
41	7.5.3 طول العتكل (سم)
41	8.5.3 وزن النبات الجاف (غ)
41	9.5.3 وزن العتكل (غ)

41	10.5.3 وزن المئة حبة (غ)
42	11.5.3 الغلة الحبية (كغ.هكتار ⁻¹)
42	12.5.3 الغلة الحيوية (طن.هكتار ⁻¹)
42	13.5.3 دليل الحصاد(%)
42	6.3 التصميم، والتحليل الإحصائي للتجربة
44	الفصل الثالث - النتائج والمناقشة Results and Discussion
44	1.4 الصفات التطورية والشكلية
44	1.1.4 عدد الأيام اللازمة للإنبات (يوم)
44	2.1.4 عدد الأيام اللازمة للإزهار (يوم)
44	3.1.4 عدد الأيام اللازمة للنضج (يوم)
44	4.1.4 ارتفاع النبات (سم)
46	5.1.4 المساحة الورقية (سم ²)
50	6.1.4 دليل المساحة الورقية
51	7.1.4 طول العنكول (سم)
53	2.4 الصفات الكمية
53	1.2.4 وزن النبات الجاف (غ)
57	2.2.4 وزن العنكول (غ)
58	3.2.4 وزن المئة حبة (غ)
62	4.2.4 الغلة الحبية (كغ.هكتار ⁻¹)
63	5.2.4 الغلة الحيوية (طن.هكتار ⁻¹)
66	6.2.4 دليل الحصاد(%)
70	3.4 علاقات الارتباط البسيط Simple Correlation بين الصفات المدروسة
72	الخاتمة
72	الاستنتاجات
73	التوصيات
74	المراجع العربية
76	المراجع الأجنبية
-	الملخص باللغة الإنكليزية

فهرس الجداول

LIST OF TABLES

الصفحة	الموضوع	رقم الجدول
10	مساحة الذرة البيضاء على مستوى الوطن العربي وإنتاجها.	1
11	مساحة الذرة البيضاء على مستوى القطر العربي السوري في الفترة (2011 _ 2020) وإنتاجها وغلتها.	2
38	مواصفات الصنف عماني محلي.	3
39	خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة.	4
39	متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى ($^{\circ}\text{C}$) والهطول المطري لأشهر موسم 2021 تبعاً لمزرعة أبي جرش.	5
42	مخطط توزيع المعاملات المدروسة.	6
46	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة ارتفاع النبات (سم).	7
48	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في المساحة الورقية للنبات (سم ²).	8
51	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في دليل المساحة الورقية للنبات.	9
53	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة طول العتكل (سم).	10
55	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الوزن الجاف للنبات (غ).	11
58	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في متوسط وزن العتكل (غ).	12
60	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة وزن 100 حبة (غ).	13
63	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الغلة الحبية (كغ.هكتار ⁻¹).	14

66	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الغلة الحبيوية (طن.هكتار ⁻¹).	15
68	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة دليل الحصاد (%).	16
71	قيم معامل الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية.	17

فهرس الأشكال

LIST OF FIGURES

الصفحة	الموضوع	رقم الشكل
47	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة ارتفاع النبات (سم).	1
49	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في المساحة الورقية للنبات (سم ²).	2
52	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في دليل المساحة الورقية للنبات.	3
54	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة طول العتكل (سم).	4
56	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الوزن الجاف للنبات (غ).	5
59	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في متوسط وزن العتكل (غ).	6
61	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة وزن 100 حبة (غ).	7
64	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الغلة الحبية (كغ.هكتار ⁻¹).	8
67	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الغلة الحبيوية (طن. هكتار ⁻¹).	9
69	تأثير الكثافة النباتية، وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة دليل الحصاد (%).	10

قائمة الاختصارات والمصطلحات List of Abbreviations and Terms

الاختصار	المعنى باللغة الإنكليزية	المعنى باللغة العربية
L. S. D	Least Significant Difference	أقل فرق معنوي
% C.V	Coefficient of Variation	معامل الاختلاف
LDW	Leaf Dry Weight	الوزن الجاف للورقة
TDW	Total Dry Weight	الوزن الجاف الكلي
LA	Leaf Area	المساحة الورقية
NAR	Net Assimilation Rate	معدل صافي التمثيل الضوئي
LAD	Leaf Area Duration	المساحة الورقية الفعالة
LAI	Leaf Area Index	دليل المساحة الورقية
NUE	Nitrogen Use Efficiency	كفاءة استعمال الأزوت
RGR	Relative Growth Rate	معدل النمو النسبي
CSA	Central Statistical Agency	الجهاز المركزي للإحصاء

الملخص العربي

أُجري البحث في مزرعة أبي جرش بكلية الزراعة بجامعة دمشق، في الموسم الزراعي 2021؛ لدراسة استجابة محصول الذرة البيضاء لثلاث كثافات نباتية (50، 66.67، 100) ألف نبات.هكتار⁻¹ وثلاثة مواعيد مختلفة لإضافة السماد الأزوتي (كامل كمية السماد الأزوتي عند الإنبات، إضافة نصف كمية السماد الأزوتي عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي، إضافة ثلث كمية السماد الأزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري الأعظمي والثلث الأخير عند الإزهار)؛ اعتماداً على بعض الصفات الشكلية والإنتاجية: عدد الأيام اللازمة للإنبات، وعدد الأيام اللازمة للإزهار، وعدد الأيام اللازمة للنضج، وارتفاع النبات، وطول العتكل، والمساحة الورقية، ودليل المساحة الورقية، ووزن النبات الجاف، ووزن العتكل، ووزن المئة حبة، والغلة الحبية، والغلة الحيوية، ودليل الحصاد. وضعت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة المنشقة Split-RCBD، بثلاثة تكرارات لكل معاملة. بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية في الصفات المدروسة بين معاملات الكثافة النباتية، حيث أدت الزراعة بالكثافة (100) ألف نبات.هكتار⁻¹ إلى الحصول على أعلى ارتفاع للنبات (250.3) سم، ودليل المساحة الورقية (3.259)، والغلة الحيوية (68) طن.هكتار⁻¹، والغلة الحبية (2.248) طن.هكتار⁻¹. كما تبين النتائج وجود فروق معنوية بين مواعيد إضافة السماد الأزوتي، فقد أدت إضافة السماد الأزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات وبدون فروق معنوية بينهما إلى الحصول على أعلى القيم لوزن للعتكل (31.6، 31.71) غ، ودليل الحصاد (4.5، 4.149) %، والغلة الحبية (2.231، 2.282) طن.هكتار⁻¹؛ مقارنة بإضافة السماد الأزوتي على دفعة واحدة. أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي، فقد بينت النتائج وجود فروق معنوية في معظم الصفات المدروسة، وقد تم الحصول على أعلى غلة حيوية (75.89) طن.هكتار⁻¹ عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الأزوتي على دفعتين، أما الغلة الحبية الأعلى فقد كانت عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الأزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات (2.772، 3.072) طن.هكتار⁻¹ وبدون فروق معنوية بينهما، بينما كان أعلى وزن للعتكل (33.92) غ عند الزراعة بالكثافة المتوسطة (66.67) ألف نبات.هكتار⁻¹ وإضافة السماد الأزوتي على ثلاث دفعات، في حين لم تكن هنالك فروق معنوية للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في كل من عدد الأيام اللازمة للإنبات، وعدد الأيام اللازمة للإزهار، وعدد الأيام اللازمة للنضج.

الكلمات المفتاحية: الذرة البيضاء - توقيت إضافة السماد الأزوتي - الكثافة النباتية.

الجزء التمهيدي

1- المقدمة Introduction:

تُعدُّ محاصيل الحبوب الأهمّ زراعياً على مستوى العالم؛ إذ تُؤمن 70% من غذاء سكان العالم، وتضم محاصيل الحبوب المزروعة على نطاق واسع عالمياً محاصيل عدة، منها: القمح Wheat، والذرة الصفراء Zea mais، والرز Rice، والشعير Barley، والذرة البيضاء Sorghum، والشوفان Oats، يزرع منها في القطر بصورة اقتصادية كل من محصولي القمح والشعير فقط، أما المحاصيل الأخرى، كالذرة البيضاء فإنها تزرع هامشياً رغم أنّ هناك أبحاثاً عديدة في العالم تشير إلى أهميتها؛ خاصة في البيئات الجافة.

تحتل الذرة البيضاء (*Sorghum bicolor* L.) المرتبة الخامسة ضمن لائحة المحاصيل الحبية في العالم، بعد كل من المحاصيل الآتية: القمح (*Triticum spp.*)، والرز (*Oryza sativa* L.)، والذرة الصفراء (*Zea mays* L.)، والشعير (*Hordeum vulgare* L.) (العاني، 2011).

تتميز الذرة البيضاء بمقدرتها الكبيرة على تحمل الظروف القاسية؛ كدرجات الحرارة المرتفعة والملوحة والجفاف؛ لذلك لُقبت الذرة البيضاء بـ (Crop camel) وذلك لامتلاكها بعض صفات التحمل الفيزيولوجية والمورفولوجية، مثل ارتفاع نسبة التمثيل الضوئي إلى التنفس، والمقاومة المسامية الأعلى، وسرعة النتج الأقل، وكبر حجم المجموع الجذري، وقابلية الأوراق للالتفاف عند الجفاف، وغيرها من الصفات التي تجعلها محصولاً مؤهلاً للنمو والإنتاج في ظروف النمو المعاكسة (Wiedenfeld وزملاؤه، 2010)؛ فضلاً عن تميزها بالنمو السريع ولاسيما بعد الحشّ حتى ولو تم حشها مراتٍ عدة، وإنتاجها الوفير من الحبوب والعلف الجيد، ولذلك من الممكن استثمار زراعة محصول الذرة البيضاء لسد النقص الحاصل في بعض المحاصيل العلفية التي من الصعب زراعتها وإنتاجها تحت ظروف النمو غير الملائمة خصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة (EL-Naim وزملاؤه، 2012).

تحتوي حبوب الذرة البيضاء على نسبةٍ تقدر بنحو 65% من النشاء، ونحو 10-12% من البروتين، و3% من الدهون؛ فضلاً عن احتوائها على الفيتامينات والأملاح والمعادن الضرورية لنمو الجسم

(Dambiwal وزملاؤه، 2017)، وتتجلى أهميتها الاقتصادية الكبرى أنها الغذاء الرئيس لمئات الملايين من البشر في دول افريقيا والهند، فهي محصول غذائي لنحو 750 مليون إنسان في المناطق شبه الجافة من العالم (Ryan و Oppen، 1982) فضلاً عن استعمال الحبوب علفاً للحيوان كاملةً أو مجروشة، لكونها مصدر جيد للطاقة؛ إذ تستعمل في تغذية الدواجن أو تخلط مع أعلاف أخرى، كالذرة الصفراء كخلطة علفية تقدم إلى الماشية الحلوب؛ نظراً لتقارب التركيب الغذائي لها مع التركيب الغذائي للذرة الصفراء، كما تستعمل أوراق النباتات وسوقها وهي خضراء علفاً أخضر للماشية؛ شريطة ألا يقل عمر النباتات عن 55 يوماً وأن تُجفّف الأوراق اثنتا عشرة ساعة قبل استعمالها، وذلك نظراً لسمية الأوراق وهي صغيرة بسبب احتوائها على مركب غلكوسيد السيانونجين (Cyangine) أو الدورين (Durrhine) السامة، وهي مولد لحمض البروسيك السام أو الهيدروسيانيك (HCN)، كما يدخل محصول الذرة البيضاء في عديد من المجالات الصناعية؛ كصناعة النشاء والكحول وسكر الغلوكوز، وتصنع المكناس من نورة أصناف ذرة المكناس كما وجد أن زراعة الذرة البيضاء تحدّ من انتشار طفيل الهالوك؛ حيث أن جذور نباتات الذرة البيضاء تفرز مادة تشجع على إنبات طفيل الهالوك في غياب النبات العائل، ما يؤدي إلى موت نموات طفيل الهالوك (Promkhambut وزملاؤه، 2012).

1-1- مشكلة البحث Research Problem:

يعد محصول الذرة البيضاء في سورية من المحاصيل المهملة، وذلك لمنافسة محصول الذرة الصفراء له، فضلاً عن قلة الدراسات والأبحاث حول هذا المحصول، كما وتعاني زراعته في القطر العربي السوري من مشاكل عديدة، لاسيما فيما يتعلق بمشاكل تدهور التربة وسوء إدارة الأراضي الزراعية. تتأثر غلة الحبوب من المحاصيل عامةً و الذرة البيضاء خاصةً بكل من العوامل الوراثية المحددة للصنف، والظروف البيئة السائدة في منطقة الزراعة، وحزمة الممارسات الزراعية المقدمة للمحصول (Mantai وزملاؤه، 2015).

ويعدّ التوسع العمودي في زراعة الذرة البيضاء من الوسائل المهمة لزيادة الإنتاج وتأمين الكميات المطلوبة من هذا المحصول؛ وذلك من خلال الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة والاعتماد على الأساليب التكنولوجية الحديثة في زراعة هذا المحصول؛ للوصول إلى زيادة الإنتاجية من وحدة المساحة لتغطية الطلب المتزايد على هذا المحصول في الأسواق المحلية والعالمية كماً ونوعاً مع المحافظة على استدامة النظم البيئية الزراعية. هذا ويعد ضبط الكثافة النباتية وتوقيت إضافة الأسمدة الآزوتية من الممارسات الزراعية التي تؤثر مباشرة على غلة الحبوب في هذا المحصول.

2-1- تساؤلات البحث :Research question

- 1- هل زيادة الكثافة النباتية في وحدة المساحة يساعد على زيادة الغلة الحبية في محصول الذرة البيضاء؟
- 2- ما الكثافة النباتية المثلى لزراعة محصول الذرة البيضاء؟
- 3- هل تتأثر زيادة إنتاجية الذرة البيضاء بتوقيت إضافة السماد الآزوتي؟
- 4- ما التوقيت الأمثل لإضافة السماد الآزوتي الذي يضمن الحصول على إنتاجية عالية من محصول الذرة البيضاء مع المحافظة على النظم البيئية؟

3-1- فرضيات البحث :Research Hypothesis

يفترض أن تتجح الزراعة بالكثافة العالية في الحصول على أعلى القيم لمؤشرات الغلة في محصول الذرة البيضاء، كما يفترض أن تقسيم كمية السماد الآزوتي المضافة سيؤدي إلى الحصول على زيادة معنوية في الصفات الإنتاجية ومكونات الغلة جميعاً ضمن هذا المحصول، هذه المعطيات سوف تؤدي إلى معرفة الكثافة النباتية المثلى وتوقيت إضافة السماد الآزوتي الأمثل؛ الأمر الذي يؤدي إلى إعطاء الفلاح الطريقة الأنجح في التقليل من مدخلات الإنتاج والتي بانت ذات أسعار مرتفعة جداً؛ وخاصةً (الأسمدة الكيميائية وكمية البذار)؛ ومن ثمّ زيادة هامش الربح عند الفلاح من خلال استثمار الأراضي الزراعية ضمن العروة التكتيفية بمحاصيل ذات قيمة غذائية ومادية عالية.

4-1- أهداف البحث Objectives Research:

دراسة تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في نمو نباتات الذرة البيضاء والغلة الحبية ومكوناتها.

5-1- أهمية البحث Research Relevance:

تؤثر الكثافة النباتية في إنتاجية محصول الذرة البيضاء؛ إذ تزداد الغلة من الذرة البيضاء بصورة طردية مع زيادة الكثافة النباتية حتى حد معين تبدأ بعدها الغلة بالتناقص، وهناك العديد من العوامل التي تحدد معدل البذار المناسب للحصول على الكثافة النباتية المثلى، أهمها موعد الزراعة وطريقتها وطبيعة الأرض وجودة البذار ودرجة وجود الأعشاب الضارة في الحقل؛ فضلاً عن وجود عوامل أخرى، مثل طبيعة نمو المحصول وحجم البذور وعمق الزراعة وغيرها. ولذلك فإن تحديد الكثافة النباتية المثلى التي تؤمن الحصول على أعلى غلة ممكنة يعد أمراً بالغ الأهمية؛ إذ تكون الكثافة النباتية مثالية عندما تضمن تأمين متطلبات النمو الأرضية (المياه والعناصر المعدنية المغذية) والجوية (الضوء وCO₂) في أثناء كامل فترة النمو، كما وتعد إضافة العناصر المغذية؛ عاملاً محدداً للإنتاجية من وحدة المساحة وتزداد أهميتها في ظروف التربة الفقيرة بالعناصر المغذية وذلك لأن محصول الذرة البيضاء يُعد من المحاصيل المجهدة للتربة؛ لأنها تحتاج لكميات كبيرة من العناصر المعدنية في أثناء كامل فترة النمو؛ وخاصةً عنصر الآزوت؛ لذلك فإن الإدارة الجيدة لعملية التسميد (معدل السماد الآزوتي وتوقيت إضافته) من الأمور المهمة للحصول على أعلى غلة من المحصول مع المحافظة على خصوبة التربة.

6-1- مبررات البحث Justifications Research:

تُعدّ الذرة البيضاء من المحاصيل ثنائية الغرض، وهما الحبوب والعلف الأخضر، وهي أحد المحاصيل الاستراتيجية ذات الأهمية المتزايدة سواء في الغذاء أو الصناعة أو ما توفره من أعلاف لمشاريع الثروة الحيوانية، وعلى الرغم من الأهمية الكبيرة لهذا المحصول إلا أنّ زراعته تواجه مشاكل عدة مثل تقلص

المساحات المزروعة عام بعد عام؛ وذلك لارتباط زراعة الذرة البيضاء بالهطولات المطرية وتوزيعها حسب مناطق الاستقرار و حسب سنوات الجفاف والقحط ، كما تعتمد زراعة الذرة البيضاء على الزراعة البعلية بنسبة كبيرة تصل إلى 95% وهذا بدوره يؤدي إلى تدني معدل الإنتاجية في وحدة المساحة وهذا التدني في إنتاجية وحدة المساحة يشجع على البحث بجدية عن جميع الوسائل الممكنة لزيادة الإنتاج باستعمال الأساليب الحديثة في الزراعة للارتفاع بواقع الإنتاج، وذلك من خلال زراعة الأصناف المتأقلمة مع ظروف منطقة الزراعة، كما يُعدّ تحديد الكثافات النباتية والتسميد من أهم العوامل المؤثرة في نمو المحاصيل وإنتاجيتها، ونظراً لقلة متطلبات المحصول المائية؛ مقارنةً بمحصول الذرة الصفراء وفي ظل محدودية مياه الري، وقلة احتياجه المائي الذي يبلغ 3924 م³. هكتار⁻¹؛ مقارنةً بمحاصيل حقلية أخرى، تبرز إمكانات التوسع في زراعة الذرة البيضاء محصولاً بديلاً؛ إذ يحتاج إلى نصف عدد الريات اللازمة لمحصول الذرة الصفراء، مما يتيح لنا إمكانية الاستثمار الأمثل للمياه المتاحة بصورة محدودة في التربة. وتأتي أهمية هذه الدراسة في ظل الطلب المتزايد على المحاصيل الحبية عالمياً ومحلياً سواء للاستعمالات التقليدية أو للاستعمالات الجديدة وظهور مصطلحات المحصول البديل والطاقة البديلة. من هنا تأتي أهمية تحديد الكثافة النباتية المثلى ومواعيد الإضافات المناسبة للسماد الآزوتي للحصول على أعلى غلة حبية في وحدة المساحة، بهدف تقليل تكاليف الإنتاج الزراعي لاسيما في ظل ارتفاع أسعار مدخلات الإنتاج الزراعي عامةً والأسمدة الآزوتية خاصةً؛ فضلاً عن الحد من الضرر بالنظم البيئية الزراعية نتيجة الإضافات السمادية، كما ويُعد تحديد الكثافة النباتية المثلى من أهم عوامل زيادة الغلة في وحدة المساحة، ومن ثم وبالتالي زيادة الإنتاج الكلي، كما وأن ضبط الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي أمر مهم جداً لتحسين كفاءة استعمال المياه والأزوت؛ وبخاصة في ظل التغيرات المناخية.

الفصل الأول

2- الدراسة المرجعية: Literatrue Review

1-2- التصنيف العلمي لمحصول الذرة البيضاء والاحتياجات البيئية:

تُعد الذرة البيضاء من المحاصيل الحيوية المهمة في العالم، وتمتلك خصائص زراعية متميزة، مثل تحمل الجفاف والملوحة ودرجات الحرارة المرتفعة (Olsen و Ottman، 2009)؛ إذ أنها ذات قدرة على إعطاء غلة مقبولة حتى في ظروف الرطوبة الدنيا ودرجات الحرارة المرتفعة، فهي تزرع بهدف الحبوب غالباً في تلك المناطق التي تكون فيها كمية الأمطار غير كافية لنبات الذرة الصفراء، وفي تلك المناطق ذات الهطول المطري غير المتجانس في أثناء فترة النمو.

تتبع الذرة البيضاء للعائلة النجيلية (Graminae) Poaceae، والجنس *Sorghum*، والنوع *Bicolor*. تضم العائلة النجيلية أكثر من 4500 نوعاً ونحو 450 جنساً، وتُعدّ من أهم العائلات النباتية من حيث القيمة الاقتصادية وأوسعها انتشاراً، أما في سورية فيصادف من العائلة النجيلية 90 جنساً وقرابة 267 نوعاً، وتؤدي الأعشاب التي تتبع للعائلة النجيلية دوراً مهماً في تشكيل التجمعات النباتية العشبية، وترعى الماشية الأغلبية العظمى من النجيليات بصورة جيدة في المرعى، أو عندما تُقدّم لها بصورة دريس (نقلاً عن شهاب، 2005).

يعد نبات الذرة البيضاء ذو أصول استوائية، واحتياجاته الحرارية الكلية تفوق احتياجات نبات الذرة الصفراء. يبلغ صفر الإنبات نحو 10 م° وتتراوح درجة الحرارة الدنيا بين 7-12 م° والحرارة المثلى بين 26-34 م° من أجل النمو الخضري، وهو من نباتات النهار القصير، غير أن معظم الأصناف المعروفة في الوقت الحاضر لا تتأثر نسبياً بطول فترة الإضاءة.

تتجح زراعة الذرة البيضاء في كل أنواع الأراضي التي تحوي درجة مناسبة من الخصوبة والرطوبة، كما أنها تقاوم الملوحة بدرجة كبيرة.

2-2- الموطن الأصلي والمساحة المزروعة بالذرة البيضاء:

أدت التغيرات المناخية إلى تراجع معدل الهطل المطري السنوي، وتغيير نمط هطول الأمطار، وشح المياه؛ نتيجة ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط، وازدياد معدل فقد المياه بالتبخر والنتح؛ الأمر الذي أدى إلى زيادة وطأة الجفاف، ووتيرة تكراره أكثر من ذي قبل، وهذا أثر سلباً في إنتاجية العديد من الأنواع النباتية في النظم البيئية الزراعية والطبيعية (Wanger، 2006).

تُعد الذرة البيضاء واحدة من محاصيل الحبوب الأساسية التي تزرع في المناطق شبه القاحلة في أفريقية وآسيا (Borrell وزملائه، 2014) وعلى الرغم من أهمية هذا المحصول لا يزال العائد في وحدة المساحة منخفضاً ويعزى ذلك إلى التغيرات في الهطولات المطرية من عام لآخر وانخفاض خصوبة التربة؛ فضلاً عن الضعف بالممارسات الزراعية الحديثة والعمل بممارسات زراعية تقليدية على نطاق واسع حتى الآن (Leibman وزملائه، 2014).

أوضح Paterson وزملائه (2008) أن الذرة البيضاء ستستمر في إطعام سكان العالم المتزايدين؛ وذلك بسبب قدرتها على التأقلم في ظروف نمو غير مثالية، علاوة على ذلك ، سوف تكون محصول المستقبل بسبب المناخ العالمي المتغير والزيادة في استعمال الأراضي الهامشية للزراعة.

يعد متوسط الغلة من الذرة البيضاء في إثيوبيا منخفضاً ويعزى انخفاض إنتاجية الذرة الرفيعة في البلدان النامية بما في ذلك إثيوبيا إلى العديد من العوامل الإحيائية واللاإحيائية، مثل عدم انتظام كميات الهطول المطري، والأمراض والآفات التي تصيب النبات وانخفاض خصوبة التربة (CSA، 2017).

تجمع الآراء على أن المناطق الحارة من آسيا وأفريقيا الاستوائية هي موطنها الأصلي؛ إذ عرفت قبل الميلاد بنحو 3 آلاف سنة في الهند والصين، وبحوالي 2500 سنة قبل الميلاد في آسيا الوسطى، وانتقلت مع الهجرة البشرية إلى المناطق المعتدلة (خط عرض 40 في مصر وأوروبا)، وفي بلاد ما بين النهرين قبل الميلاد بحوالي 750 سنة (نقلاً عن يعقوب وزملائه، 2010).

تنتشر زراعة الذرة البيضاء في بيئات مختلفة؛ إذ تمتد من خط الاستواء على أطراف الغابات، حيث المساحات الهامشية إلى المناطق المدارية الجافة، ومن المناطق الساحلية الحارة إلى المناطق المرتفعة الباردة والتي يزيد ارتفاعها على (2000) م فوق سطح البحر (Doggett، 1988)؛ لذا توجد زراعتها في الأقاليم الحارة، حيث تظهر البادرات بعد 12 يوماً من الزراعة، وتزداد سرعة الإنبات مع الارتفاع في درجات الحرارة، كما أنها تتحمل البرد، ولكنها لا تتحمل الصقيع (نقلاً عن يعقوب وزملائه، 2010).

تصنف الذرة البيضاء خامس المحاصيل الحبية النجيلية بعد القمح Wheat، والرز Rice، والذرة الصفراء Zea mais، والشعير Barley، من حيث المساحة العالمية والإنتاج؛ إذ بلغت المساحة المزروعة عالمياً في أثناء موسم 2020 نحو 40.25 مليون هكتار، وأعطت 58.71 مليون طناً بمردود وسطي قدره 1458 كغ. هكتار⁻¹، وتأتي القارة الإفريقية في المركز الأول في المساحة المزروعة بالذرة البيضاء، تليها آسيا ومن ثم القارة الأمريكية (27.29 و 6.95 و 5.48 مليون هكتار على التوالي) وبلغ الإنتاج فيها (27.47 و 9.20 و 20.32 مليون طن على التوالي) بمردود وسطي (1006 و 1325 و 3705 كغ. هكتار⁻¹ على التوالي) (FAO, 2021). عموماً، تعد إفريقيا أكبر القارات إنتاجاً للذرة البيضاء، بنحو 35.9% من الإنتاج العالمي، وبذلك تعد الذرة البيضاء ثاني أهم المحاصيل الحبية بعد الذرة الصفراء في القارة الإفريقية؛ إذ تتركز المساحة في بوركينا فاسو وتشاد.

أما على مستوى الوطن العربي، بلغت المساحة المزروعة بالذرة البيضاء 11393 ألف هكتار والإنتاج 6552 ألف طن والإنتاجية 575 كغ. هكتار⁻¹، ويحتل السودان المرتبة الأولى من حيث المساحة المزروعة (7136220) هكتاراً، يليه اليمن (503508) هكتاراً، ومن ثم الصومال (270144) هكتاراً، ويأتي أيضاً السودان في المرتبة الأولى إنتاجاً (68000) طناً، (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2020) .

الجدول (1)؛ مساحة الذرة البيضاء وإنتاجها على مستوى الوطن العربي:

الدولة العربية	المساحة بالهكتار	الغلة من الحبوب طن
السودان	7136220	68000
اليمن	503508	12588
الصومال	270144	5403
موريتانيا	200000	4000
مصر	141200	3100
المملكة العربية السعودية	85000	2083
العراق	23000	851
المغرب العربي	4550	91
تونس	2350	47
الجمهورية العربية السورية	800	16
لبنان	250	5

المنظمة العربية للتنمية الزراعية، 2020 .

تُعد الذرة البيضاء حالياً في سورية من المحاصيل الثانوية؛ مع أنَّ زراعتها قد ازدهرت في الماضي القريب، وبلغت الأوج في عام (1952) بمساحة مقدارها (115) ألف هكتاراً، ومردود مقداره 922 كغ.هكتار⁻¹ (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 1960)، ومن ثمَّ بدأت المساحة بالانحدار بتأثير منافسة المحاصيل الاقتصادية الأخرى حتى وصلت إلى نحو (5322) هكتارٍ في عام (2000)، وكذلك تدنى المردود إلى (673.4) كغ.هكتار⁻¹ في العام نفسه، ولا بد من الإشارة هنا إلى أنه في عام 2003 بلغت المساحات المزروعة بالذرة البيضاء 5133 هكتاراً وهي أكبر مساحة سجلت في السنوات العشر الأخيرة، وسجل أعلى إنتاج للذرة البيضاء في عام 2006 قدره 445 طناً وتراجعت المساحة المزروعة لتصل إلى 903 هكتار في عام 2011 بإنتاج قدره 1251 طناً. ويبين الجدول (2) تطور المساحة المزروعة والإنتاج والإنتاجية لمحصول الذرة البيضاء خلال الأعوام من 2011 إلى 2020.

الجدول(2)؛ مساحة الذرة البيضاء وإنتاجها وإنتاجيتها على مستوى القطر العربي السوري خلال الفترة (2011 _ 2020):

السنوات										الذرة البيضاء في سورية
2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	
702	1364	535	713	385	1014	717	931	881	903	المساحة المزروعة (هكتار)
893	2589	1001	1402	584	1860	1850	2206	1518	1251	الإنتاج (طن)
1272	1989	1871	1966	1516	1834	2582	2368	1723	1385	الإنتاجية(كغ/هكتار ¹)

المصدر: المجموعة الإحصائية السورية 2020

ووفقاً لإحصائيات وزارة الزراعة في سورية لعام 2021 فقد تركزت زراعة الذرة البيضاء في محافظة حلب، ومنطقة الغاب، ودرعا، والقنيطرة، وحمص، وحماة تبعاً للمساحة المزروعة، وتصدرت محافظة حلب المركز الأول من حيث المساحة المزروعة (350) هكتاراً بإنتاج قدره (525) طناً وإنتاجية (1500) كغ.هكتار¹.

يُعزى التباين في المساحات المزروعة بالذرة البيضاء في سورية من سنة لأخرى إلى أن نحو 95% من المساحات المزروعة بهذا المحصول تقع في الأراضي البعلية، ذات الهطولات المطرية المحدودة وغير المستقرة، وتتأثر بكميات الأمطار الهائلة خاصة في فصل الربيع، ومنافسة المحاصيل الصيفية المروية الأخرى، وضعف مردودية وحدة المساحة، وعدم وجود أصناف هجينة عالية الإنتاجية.

يعاني محصول الذرة البيضاء من العديد من الضغوطات البيئية؛ إذ يتأثر بالجفاف؛ وخاصة في مرحلة ما قبل الإزهار (Tomar وزملاؤه، 2013). ويرجع الانخفاض في غلة الذرة البيضاء إلى عدم وجود أنماط وراثية عالية الإنتاجية وغيرها من الأسباب المتعلقة بعمليات خدمة التربة والمحاصيل منها الكثافة النباتية والتي هي واحدة من أهم العمليات الزراعية التي تؤثر في غلة الحبوب، وتزيدها عند توافر الشروط المناسبة للنمو الأخرى (AlBadrani وزملاؤه 2012).

انخفض إنتاج الأعلاف مؤخراً في بعض البلدان الجافة وشبه الجافة؛ بسبب الرعي المكثف والجفاف،

وأصبحت ندرة مياه الري لاسيما في بيئات تلك البلدان من المشكلات المهمة التي تواجه إنتاج الأعلاف (Ayub وزملاؤه، 2010).

2-3- أهمية ضبط الكثافة النباتية:

تعد الكثافة النباتية أحد العوامل المهمة في تحديد قابلية المحصول على استثمار الموارد المتاحة لنمو النباتات، ويعتمد تحديد المسافات الزراعية بين النباتات والتي تحقق الكثافة المثلى على عدة عوامل، منها: طبيعة نمو المحصول، وموعد الزراعة، وخصوبة التربة؛ فضلاً عن الظروف البيئية التي يزرع فيها المحصول (Abdul Rehman، 2009). تُعد الكثافة النباتية أحد العوامل المهمة التي تؤثر بصورة كبيرة في نمو النباتات وتطورها ومن ثمّ العائد من الغلة (McMurray، 2004، McRae؛ وزملاؤه، 2008)؛ إذ إن الكثافة النباتية المثلى تعطي أقصى غلة حبية من خلال تأثيرها الإيجابي في مكونات هذه الغلة، بيد أن تحقيق الكثافة النباتية المثالية والمحافظة عليها حتى الحصاد يُعد مشكلة كبيرة بالنسبة للمزارعين في الواقع (Widdicombe و Matocha، 2002). لذا فإن ضبط الكثافة النباتية تؤدي دوراً محورياً في إدارة المحصول وحزمة التقانات الواجب تقديمها (Hiltbrunner وزملاؤه، 2007)؛ لأنها تؤثر في حجم الغلة النهائية والتي بدورها تختلف تبعاً للعوامل الآتية: نسبة الرطوبة، ومدى توفرها بالتربة، وكمية الأمطار في أثناء فترة النمو، ودرجة خصوبة التربة؛ وخصوصاً الآزوت، والهدف من الزراعة، وباكورية الصنف؛ إذ تؤدي قلة الكثافة إلى عدم الاستخدام الأمثل للعناصر الغذائية والماء في التربة؛ ومن ثمّ انخفاض الغلة من وحدة المساحة وارتفاعها من النبات الواحد، في حين تؤدي زيادة الكثافة إلى زيادة الغلة من الوزن الأخضر والحبوب لكن لحدود معينة؛ إذ تنخفض الغلة عند تجاوز هذه الحدود؛ لأن الكثافة العالية جداً تسبب تظليل النباتات لبعضها وتطاولها، وعدم نمو المجموع الجذري وتطوره بصورة جيدة، وتباطؤ النمو، وانخفاض شدة التمثيل الضوئي، ومن ثمّ انخفاض متوسط وزن العتكل، وعدد الحبوب في العتكل، ووزن الألف الحبة، وعادةً ما تصاب مثل هذه النباتات بأمراض مختلفة (نقلاً عن يعقوب وزملائه، 2010).

ويظهر دور الكثافة النباتية المناسبة من خلال تأمين البيئة المناسبة للنبات ومقدرته على التمثيل الضوئي، ودورها أيضاً في تأخير شيخوخة الأوراق أو تبكيرها (Dong وزملاؤه، 2012؛ Yang وزملاؤه، 2014)، كما وتحسن من كفاءة استعمال الضوء، ومن ثم العمليات الفسيولوجية في النبات وهذا كله ينعكس إيجاباً على حجم الكتلة الحيوية (Yao وزملاؤه، 2015).

درس Faci و Berenguer (2001) تأثير كثافات نباتية تتراوح بين 14.6-30 نبات.م⁻² في محصول الذرة الرفيعة المزروعة ضمن تربة رملية لومية في المناطق الجافة وشبه الجافة من إسبانيا، ووجدوا أن الغلة الحبية والحيوية لم تتأثر كثيراً ضمن هذا المجال من الكثافة النباتية.

أشار Wondimu وزملاؤه (2004) من خلال التجارب في إثيوبيا أن زيادة الكثافة النباتية في محصول الذرة البيضاء من 29629 إلى 166666 نبات.هكتار⁻¹ أدت الى زيادة معامل المساحة الورقية، ومعدل نمو المحصول، وعدد الأوراق، وقطر الساق، وطول العتكل، والعائد من القش والغلة الحبية والتي كانت الأعلى معنوياً (3817 كغ.هكتار⁻¹) عند الزراعة بكثافة 166666 نبات.هكتار⁻¹ في حين كانت (2504 كغ.هكتار⁻¹) عند الكثافة 29629 نبات.هكتار⁻¹.

وجد حسين وظاهر (2005) في دراسة نُفذت في جنوب العراق لدراسة تأثير المسافات الزراعية (30، 50، 70 سم) في صفات النمو والغلة الحبية والغلة الحيوية في محصول الذرة البيضاء أن زراعة الذرة البيضاء على مسافة 30 سم بين السطور قد تفوقت معنوياً في كل من صفتي ارتفاع النبات (141.68) سم، والغلة الحيوية (52.15 طن.هكتار⁻¹) في حين تفوقت المسافة 70 سم بين النباتات في صفة عدد الأيام اللازمة للإزهار، ووزن الألف حبة، وعدد الحبوب ضمن العتكل (1446 حبة.عتكل⁻¹)، والغلة الحبية (4.51 طن.هكتار⁻¹).

تعد الكثافة النباتية أحد العوامل المهمة التي تحدد النمو والتطور والإنتاجية كما ويسهم تشكل الإشطاء في محصول الذرة البيضاء في زيادة كمية الأشعة الضوئية الممتصة، وكمية المياه؛ ومن ثم زيادة

الغلة الحبية؛ مع الإشارة هنا إلى احتمال المنافسة النباتية العالية من الإشطاءات على النبات من جهة، وبين النباتات نفسها من جهة أخرى (Krishnareddy وزملاؤه، 2006).

أشار حسن وزملاؤه (2007) في تجربة نُفذت في العراق خلال الموسم الخريفي لعامي (2001 و2002) إلى أن زيادة الكثافة النباتية من 53333 إلى 133333 نبات.هكتار⁻¹ في محصول الذرة البيضاء أدت إلى زيادة معنوية في عدد الأيام من الزراعة حتى الإزهار والغلة الحبية؛ حيث أعطت الكثافة 133333 نبات.هكتار⁻¹ أعلى متوسط لعدد الأيام اللازمة للإزهار (97.7 يوماً)، وأعلى غلة حبية (7.53 طن.هكتار⁻¹)، في حين كانت الغلة الأدنى معنوياً (5.46 طن.هكتار⁻¹) عند الزراعة بالكثافة 53333 نبات.هكتار⁻¹ والتي تفوقت في صفة ارتفاع النبات (133.4 سم) ، وطول العنكول (30.8) سم، ووزن الألف حبة (36.6 غ).

أوضحت النتائج التي توصل إليها Guler وزملائه، (2008) عند دراسة تأثير ثلاث مسافات زراعية (70*30، 70*70، 20*10) سم على محصول الذرة البيضاء في تركيا خلال عامي (2001 و2002) أن الكثافة النباتية المستعملة لم يكن لها تأثير معنوي في طول النبات، وسماكة الساق، في حين أثرت إيجاباً في الغلة الحبية في وحدة مساحة واستنتجوا أن زيادة الكثافة النباتية تؤثر في الغلة الحبية ومكوناتها في محصول الذرة البيضاء.

درس Mwinkaara وزملاؤه (2009) تأثير الكثافات النباتية (88800، 66600، 53300) ، 133300 نبات.هكتار⁻¹ في محصول الذرة البيضاء في غانا خلال عامي (2007 و2008) ووجدوا أن النباتات المزروعة بالكثافة النباتية العالية تميل إلى زيادة ارتفاع النبات، ودليل المساحة الورقية، كما أدت الزراعة بكثافة 133300 نبات.هكتار⁻¹ إلى إعطاء زيادة في الغلة الحيوية بنسبة 30% مقارنة بالكثافة النباتية 66600 نبات.هكتار⁻¹.

وجد Wortmann وزملاؤه (2010) أن الكثافة النباتية 17.5 نبات. م² كانت كافية لتحقيق الغلة المثلى من الإيثانول في الذرة الرفيعة الحلوة ضمن الأراضي الجافة في نبراسكا، وتبين هذه الدراسات اختلاف تأثير الكثافة النباتية تبعاً للظروف السائدة في منطقة تنفيذ الدراسة.

وجد Shihab وزملاؤه (2011) في تجربة نُفذت في العراق خلال الموسم الربيعي والخريفي لعام 2009 لدراسة تأثير أربع كثافات زراعية في محصول الذرة البيضاء (27600، 53300، 100600، 213300 نبات.هكتار⁻¹) ووجدوا أن الغلة الحبية الأعلى كانت عند الزراعة بكثافة 213300 نبات.هكتار⁻¹ (8 و 9) طن.هكتار⁻¹ وفي كلا موسمي الزراعة؛ مقارنة بالكثافة 27600 نبات.هكتار⁻¹ والتي أعطت أعلى قيمة لوزن الحبوب في النبات الواحد (88.32، 92.38) غ. نبات⁻¹ على التوالي في كلا موسمي الزراعة، ولعدد الإشطاءات على النبات، وبينوا وجود اختلاف كبير بين مساهمة كل من الساق الرئيسة والإشطاءات في النبات في الغلة الحيوية والحبية لمحصول الذرة البيضاء، وأوصوا بالعمل على استنباط أصناف بدون إشطاء أو زراعة الذرة البيضاء بكثافة عالية للحد من تكوين الإشطاء. وقد بين Mousavia وزملاؤه (2012) أن عدد الإشطاءات على النبات قد انخفض مع ازدياد الكثافة النباتية.

أوضح Soleymani وزملاؤه، (2011) من خلال دراسة لتأثير الكثافة النباتية (100000، 180000، 200000، 280000 نبات.هكتار⁻¹) في محصول الذرة البيضاء في إيران خلال الموسم 2009 أن الكثافة النباتية قد أثرت في عدد العتاكيل الخصبة، ووزن الألف حبة، والغلة الحيوية، والغلة الحبية؛ فضلاً عن محتوى الحبوب من البروتين؛ إذ أعطت الكثافة النباتية 100000 نبات. هكتار⁻¹ أعلى القيم لكل من عدد العتاكيل الخصبة (81.92%)، ووزن الألف حبة (28.46 غ)، ومحتوى الحبوب من البروتين (12.91%)، أما أعلى غلة حيوية (17.98) طن.هكتار⁻¹، وأعلى غلة حبية (5.6) طن.هكتار⁻¹ فقد كانت عند الكثافة النباتية 280000 نبات.هكتار⁻¹.

تعد الكثافة النباتية من المعاملات المهمة التي تؤثر في غلة محصول الذرة البيضاء؛ إذ تتطلب زيادة غلة الذرة البيضاء العمل على العديد من العوامل في المناطق شبه القاحلة منها التسميد، واختيار الأصناف المحسنة فضلاً عن تحديد الكثافة النباتية المثلى (Snider وزملاؤه، 2012).

درس Fernandez وزملاؤه (2012) تأثير ثلاث كثافات نباتية ضمن الحدود الآتية (160000-124000 ، 161000 - 198000 ، 199000 - 235000 نبات. هكتار⁻¹) في مؤشرات نمو محصول الذرة البيضاء ومكونات الغلة في ولاية تكساس في الولايات المتحدة الأمريكية، ووجدوا أن زيادة الكثافة النباتية أدت إلى زيادة الغلة الحيوية والوزن الرطب للنباتات، وأعطت الكثافة النباتية (161000 - 198000) أعلى قيمة لمتوسط وزن الألف حبة (24 غ) ، والغلة الحبية (6840 كغ.هكتار⁻¹). لكن وعلى الرغم من أن الدراسات أظهرت أن زيادة الكثافة النباتية في وحدة المساحة تزيد الغلة الحبية والحيوية، إلا أن أي زيادة في الكثافة النباتية عن الحد المثالي لمحصول ما ولظروف منطقة بيئية محددة ستعكس سلباً بسبب المنافسة بين النباتات على الموارد المتاحة في التربة (Leskovsek وزملاؤه، 2012).

وجد يونس وزملاؤه (2012) في تجربة لدراسة تأثير الكثافة النباتية في صفات النمو لصنفين من الذرة الصفراء في العراق خلال الموسم الربيعي لعام (2008) أن الكثافة النباتية قد أثرت وبشكل معنوي في جميع مؤشرات النمو باستثناء معدل التمثيل الضوئي (NAR) ومعدل النمو النسبي (RGR).

لاحظ Jahanzad وزملاؤه (2013) من خلال دراسة أجريت في إيران في موقع يتسم بالمناخ شبه الجاف إلى الجاف أن المادة الجافة في الذرة البيضاء العلفية وخصائصها تأثرت بصورة كبيرة مع زيادة الكثافة النباتية من 15 إلى 25 نبات.م⁻².

درس الزبيدي وزملاؤه (2013) تأثير ست كثافات نباتية (13.3، 16.6، 22.2، 26.6، 33.3، 44.4 نبات.م⁻²) في نمو العلف الأخضر وغلته ونوعيته في محصول الذرة البيضاء في العراق خلال الموسم الخريفي لعام (2011) واستنتجوا أن زيادة الكثافة النباتية أدت إلى زيادة معنوية في متوسط ارتفاع النبات،

والغلة الحيوية، والغلة الحبية؛ إذ أعطت الكثافة 44.4 نبات.م² أعلى القيم لارتفاع النبات (155.6 سم)، والغلة الحيوية (57.2) طن.هكتار¹، والغلة الحبية (12.26) طن.هكتار مقارنة بالكثافة 13.3 نبات.م² والتي تفوقت في صفة متوسط المساحة الورقية (4250) سم².نبات¹ وقطر الساق (20.49) ملم.

وجد Mahmood وزملاؤه (2013) عند دراسة تأثير الكثافات النباتية (24، 32، 48 نبات.م²) في نمو غلة الذرة البيضاء ومكوناتها في مصر أنّ الزراعة بكثافة 24 نبات.م² قد أعطت أعلى قيمة لمعامل المساحة الورقية (2.4) في حين كانت أدنى قيمة لهذا المعامل عند الكثافة النباتية 32 نبات.م² التي تميزت بإعطاء أكبر عدد للإشطاءات في النبات؛ مقارنةً بالكثافات النباتية الأخرى، وقد تأثرت الغلة بزيادة الكثافة النباتية، فكانت أدنى قيمة للغلة (11.6 طن.هكتار¹) عند معاملة الكثافة النباتية 16 نبات.م² وأعلى قيمة للغلة (13.3 طن.هكتار¹) عند الكثافة النباتية 24 نبات.م² كما تأثر محتوى البروتين والليغنين في الحبوب بزيادة الكثافة النباتية، ولكن لم يتأثر عدد الأيام اللازمة للإزهار بزيادة الكثافة النباتية من 16-32 نبات.م².

بينت نتائج دراسة نفذها Narges وزملاؤه (2013) في إيران على محصول الذرة البيضاء خلال موسم 2010 أنّ زيادة الكثافة النباتية من 8 إلى 20 نبات.م² أدّى إلى انخفاض عدد الأيام اللازمة للإزهار، وعدد الإشطاءات في النبات، وقطر الساق؛ إذ أعطت الكثافة 8 نبات.م² أعلى القيم لعدد الإشطاءات (3.5 إشطاء. نبات)، وقطر الساق (26.7 مم) مقارنةً بالزراعة بالكثافة 20 نبات.م² والتي تفوقت بصفة الغلة الحبية (7503 كغ.هكتار¹)، ولكنها لم تؤثر في ارتفاع النبات.

بينت نتائج دراسة قام بها Ferreira وزملاؤه (2014) عند الزراعة بأربع كثافات زراعية (60000، 70000، 80000، 90000 نبات.هكتار¹) وذلك لتحديد الكثافة المثالية لمحصول الذرة الصفراء في الأرجنتين أنّ زيادة الكثافة النباتية في وحدة المساحة أدت إلى زيادة كلّ من ودليل المساحة الورقية (LAI)، والمساحة الورقية الفعالة في عملية التمثيل الضوئي (LAD)، والغلة الحيوية؛ إذ أعطت الزراعة بكثافة 90000 نبات.هكتار¹ أعلى غلة حيوية (22225 كغ.هكتار¹).

درس الدليمي وزملاؤه، (2014) تأثير أربع مسافات زراعية بين النباتات (3، 6، 9، 12 سم) في محصول الذرة البيضاء في العراق حيث أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً للمسافات الزراعية في الغلة الحبية ومكوناتها؛ إذ أدت الزراعة على مسافات متقاربة بين النباتات ضمن الخط (3 سم بين النبات والآخر) إلى الحصول على أعلى غلة من القش (34.06 طن.هكتار⁻¹)، وغلة حبية (8.58 طن.هكتار⁻¹)؛ مقارنةً بالزراعة على مسافات متباعدة 12 سم والتي تفوقت بكل من صفتي متوسط المساحة الورقية للنبات (3422 سم²) ومتوسط عدد الأوراق الخضراء على النبات (8.3 ورقة.نبات⁻¹).

تُعَدُّ العوامل الزراعية والتغذية السليمة للمحاصيل والممارسات الزراعية الحديثة العناصر الأهم في الحصول على أعلى غلة من الحبوب والكتلة الحيوية وبأفضل نوعية، وبصورة عامة فإن المحافظة على المسافات الزراعية المثلى هو شرط أساسي لتحسين استعمال المياه والمواد المغذية والطاقة الشمسية في الذرة البيضاء؛ إذ أدى استعمال الكثافة النباتية 123500 نبات.هكتار⁻¹ إلى الحصول على أعلى غلة من الحبوب والقش (Adams وزملاؤه، 2015).

أوضح Emad (2015) في تجربة نُفذت في مصر لدراسة تأثير الكثافة النباتية والتسميد الآزوتي والري استمرت لموسمين (2010 و 2011) على محصول الذرة البيضاء أن زيادة الكثافة النباتية (من 73500 إلى 147000 نبات. هكتار⁻¹) أدت إلى زيادة معنوية في الغلة وصفاتها وكفاءة استعمال المياه ونسبة البروتين في الحبوب؛ إذ تفوقت الزراعة بالكثافة النباتية 147000 نبات.هكتار⁻¹ معنوياً وأعطت أعلى غلة حبية (5.8 طن.هكتار⁻¹)، وأعلى غلة حيوية (28.8 طن.هكتار⁻¹)، وأعلى ارتفاع للنبات (126.5 سم، وأعلى متوسط لطول العتكل (21.67 سم)، في حين أعطت الكثافة 73500 نبات. هكتار⁻¹ أعلى قيمة لوزن العتكل (61.33 غ)، ووزن الحبوب ضمن العتكل (44.6 غ)، ووزن الألف حبة (23.33 غ)، وأكد أهمية اختيار الممارسات الزراعية المناسبة بعناية؛ بغية تحسين إنتاجية الذرة البيضاء لاسيما في ظل البيئات محدودة الموارد.

تعد العوامل البيئية المحيطة بالذرة البيضاء في مختلف مراحل دورة حياته ذات تأثير مهم ورئيس في الإنتاجية والغلة النهائية لهذا النبات، ويمكن أن يتم التحكم بهذه العوامل بطرق مختلفة، مثل ضبط الكثافة النباتية، وإضافة السماد الآزوتي؛ إذ تؤثر الكثافة النباتية في المقدار المتاح للنبات من الماء والعناصر المعدنية وكذلك نفاذ الضوء (Arunakumari وزملاؤه، 2016).

بينت نتائج الدراسة التي نفذها Mekdad وزملاؤه (2016) في مصر خلال الموسمين (2013 و 2014) أن موعد الإزهار والغلة ازدادت مع زيادة الكثافات النباتية من 111000 إلى 166000 نبات.هكتار⁻¹؛ إذ أعطت الكثافة 166000 نبات.هكتار⁻¹ أعلى غلة حبية (2.38 طن.هكتار⁻¹)، وأعلى ارتفاع للنبات (2.28 م) وأعلى متوسط لعدد الأيام اللازمة للإزهار (83.2) يوم؛ مقارنةً بالزراعة بالكثافة 111000 نبات.هكتار⁻¹ والتي أعطت أعلى قيمة لمتوسط طول العنكول (37.87 سم)، ووزنه (0.15 كغ)، ووزن الألف حبة (26.64 غ).

أظهرت نتائج الدراسة التي نفذها Andre وزملاؤه (2016) في البرتغال أن زيادة الكثافة النباتية في محصول الذرة البيضاء من 80000 إلى 140000 نبات. هكتار⁻¹ أدت إلى انخفاض عدد الأوراق، وارتفاع النبات، وعدد الإشتاءات في النبات، وانخفضت الغلة الحيوية الطازجة من 180.27 إلى 114.42 طن.هكتار⁻¹.

درس عبود وزملاؤه (2016) تأثير أربع مسافات زراعية بين النباتات على محصول الذرة البيضاء في العراق خلال الموسم الخريفي لعام (2008)، وهي (10، 15، 20، 25 سم) وأظهرت الدراسة تأثيراً معنوياً للمسافات الزراعية في الغلة الحبية ومكوناتها؛ إذ أدت الزراعة على مسافات متقاربة 10 سم بين النباتات ضمن الخط إلى ازدياد كل من متوسط ارتفاع النبات (179.89 سم)، ودليل المساحة الورقية (3.58)، والغلة الحيوية (40.14) طن.هكتار⁻¹، والغلة الحبية (10.55) طن.هكتار⁻¹؛ مقارنةً بالزراعة على مسافات متباعدة 25 سم والتي أعطت أعلى قيمة لمتوسط قطر الساق (16.41 مم).

أشار Kumar وزملاؤه (2016) الذين درسوا تأثير ثلاث مسافات زراعية (30، 45، 60 سم) في محصول الذرة البيضاء في الهند ووجدوا أن الزراعة على مسافات متقاربة 30 سم بين النبات والآخر قد أعطت أعلى قيمة لكل من غلة الإيثانول (880.2 لتر.هكتار⁻¹)، ونسبة السكر المستخرج (7.36%)؛ مقارنةً بالزراعة على مسافات متباعدة 60 سم والتي تفوقت في كمية العصير المستخرج (46.49%).

تؤدي زيادة الكثافة النباتية إلى زيادة إنتاج الغلة الحبية والحيوية في وحدة المساحة على الرغم من انخفاض عدد الحبوب المتشكلة ووزنها لكل إسطاء، بيد أنه يمكن تعويض الغلة في الكثافة النباتية المنخفضة في ظل ظروف الري المناسبة بالعمل على تكوين عدد كبير من الحبوب لكل إسطاء ووزن مرتفع من الحبوب (Alderfasi وزملاؤه، 2016).

أوضح Abunyewa وزملاؤه (2017) أنه يجب تقليل إجمالي مدخلات الإنتاج من أجل ضمان الاستدامة الزراعية والحصول على إنتاجية عالية في جميع أنحاء العالم؛ لذلك أصبح استعمال مصادر الأعلاف البديلة التي تتمتع بتحمل الظروف القاسية للتعامل مع مشكلة تناقص توافر مياه الري؛ فضلاً عن تقليل أعداد النباتات وإضافة الأسمدة الأزوتية قدر الإمكان؛ إذ تقلل المخاطر البيئية الناجمة عنها للحد الأدنى وزيادة كفاءة استعمال الموارد إلى أقصى حد.

بينت نتائج عبد الرحمن (2017) في دراسة على نباتات الذرة البيضاء في السودان عدم وجود فروقات معنوية في صفات: ارتفاع النبات، وعدد الأوراق، وسماكة الساق، ودليل المساحة الورقية مع زيادة معدل البذار من 100 إلى 175 كغ. هكتار⁻¹، بيد أنه تم الحصول على أعلى غلة حيوية (23.5 طن.هكتار⁻¹) عند الزراعة باستخدام معدل البذار 100 كغ. هكتار⁻¹، في حين تم الحصول على أدنى غلة حيوية (16.4 طن.هكتار⁻¹) عند الزراعة باستعمال معدل البذار 175 كغ. هكتار⁻¹.

وجد Adrian وزملاؤه (2017) عند دراسة تأثير الكثافة النباتية في محصول الذرة البيضاء في رومانيا أن زيادة الكثافة النباتية من 22 إلى 34 نبات.م⁻² في محصول الذرة البيضاء أدى إلى زيادة في الغلة

الحيوية؛ إذ أعطت الكثافة 34 نبات.م⁻² أعلى غلة حيوية (35.38 طن.هكتار⁻¹) في حين كانت الأدنى (31.4 طن.هكتار⁻¹) عند الكثافة 22 نبات.م⁻².

درس Rouse وزملاؤه (2017) تأثير خمس كثافات نباتية (41000، 51100، 68200، 102500، 20500 نبات.هكتار⁻¹) ومعدلي تسميد آزوتي (84 و 168) كغ.هكتار⁻¹ تحت ظروف الزراعة المروية وغير المروية في نمو محصول الذرة البيضاء وإنتاجيتها في الولايات المتحدة الأمريكية، ووجدوا تفوقاً معنوياً للكثافة النباتية المنخفضة في الغلة الحبية (44.588 كغ.هكتار⁻¹)، واستنتجوا أنه يمكن مع تطبيق عملية الري الوصول إلى إنتاجية عالية عند استعمال الكثافة النباتية المنخفضة، وإضافة الحد الأدنى من السماد الأزوتي.

أكد Suwarti وزملاؤه (2017) أهمية الذرة البيضاء والتي تُستعمل مصدراً خاماً للإيثانول الحيوي للأغراض الصناعية، ودرسوا تأثير كثافات نباتية (83333، 95238، 111111، 142857، 166667) 71429 نبات.هكتار⁻¹) في مؤشرات، النمو والإنتاجية لمحصول الذرة البيضاء في اندونيسيا، ووجدوا أن عدد النباتات في وحدة المساحة كان له تأثيراً معنوياً في صفات الوزن الجاف للساق، والغلة الحبية، ووزن الورقة، وارتفاع النبات، عدد العقد وقيمة معامل بريكس (Brix)، علاوة على ذلك كان لكمية العصير ارتباط معنوي مع الغلة الحبية، وأعطت الكثافة النباتية العالية 166667 نبات.هكتار⁻¹ أعلى القيم لجميع المؤشرات السابقة؛ إذ بلغت الغلة الحبية عند هذه الكثافة 80.67 طن.هكتار⁻¹ وبلغ ارتفاع النبات 336.7 سم وقد كانت قيمة معامل بريكس (Brix) 17.17% أما كمية العصير فقد بلغت 19445 لتر.هكتار⁻¹.

أشار El Die وزملاؤه (2017) من خلال دراسة نُفذت في السودان خلال الموسمين (2015 و 2016) إلى أن زراعة محصول الذرة البيضاء في المسافة الضيقة 25*50 سم أدى للحصول على أعلى غلة حبية (12.79 طن.هكتار⁻¹) مقارنةً بالزراعة على مسافات واسعة 75*50 سم والتي أعطت غلة حبية (6.22 طن.هكتار⁻¹)، وتميزت بصفة ارتفاع النبات.

يتوقف حجم الغلة الحبية في وحدة المساحة على الإمكانيات الوراثية للصنف المزروع، والممارسات الزراعية المقدمة لاسيما الكثافة النباتية ومعدل السماد الأزوتي المستعمل؛ إذ بينت نتائج Kondombo وزملائه (2017) من خلال دراسة تأثير ثلاث كثافات نباتية (62500، 83500، 93750 نبات.هكتار⁻¹) تأثيراً معنوياً للكثافة النباتية في معظم الصفات المدروسة؛ إذ أدت زيادة الكثافة إلى انخفاض قطر الساق، وطول الورقة وعرضها، وتم الحصول على أعلى غلة حبية وأعلى غلة من القش عند الزراعة باستعمال الكثافتين النباتيتين 83500، 93750 نبات.هكتار⁻¹.

وقد أشار Silva وزملاؤه (2017) في تجربة نُفذت في البرازيل إلى انخفاض ارتفاع النبات وقطر الساق مع زيادة الكثافة النباتية من 80000 إلى 140000 نبات.هكتار⁻¹، ونتائجهم هذه أكدت ما توصل إليه May وزملاؤه (2012) من أن المنافسة بين النباتات على الماء والعناصر المغذية كانت سبباً لتراجع ارتفاع النبات، في حين لم تؤثر زيادة الكثافة النباتية في الوزن الرطب الكلي والمادة الجافة، ولكنها أثرت في محتوى الحبوب من النشاء وقيمة معامل بريكس (Brix).

أظهرت نتائج Chaochen وزملائه (2018) من خلال دراسة في الصين استمرت لموسمين (2014 و 2015) أن دليل المساحة الورقية (LAI)، والمساحة الورقية الفعالة (LAD)، وارتفاع النبات قد ازدادت مع زيادة الكثافة النباتية من 6 إلى 12 نبات.م⁻²، حيث أعطت الكثافة النباتية 12 نبات.م⁻² أعلى قيمة لكل من ارتفاع النبات (234 سم)، والغلة الحيوية (13.2 طن.هكتار⁻¹)؛ مقارنةً بالكثافة 6 نبات.هكتار⁻¹ والتي أعطت أدنى قيمة لارتفاع النبات (219 سم)، والغلة الحيوية (11.6 طن.هكتار⁻¹)، ولكن أدت زيادة الكثافة النباتية إلى انخفاض كل من معدل صافي التمثيل الضوئي (Net Assimilation Rate (NAR)، وعدد الإسطوانات، وقطر الساق والذي كان الأعلى معنوياً (1.81 سم) عند الكثافة 6 نبات.م⁻²، وكانت طول فترة النمو من الاستطالة وحتى الإزهار مهمة جداً في إنتاجية الذرة البيضاء وفي هذه الفترة كان مؤشر المساحة الورقية الفعالة (Leaf Area Duration (LAD هو العامل الأهم لتكوين الغلة الحيوية؛ إذ أدت زيادة الكثافة النباتية إلى 10.5 نبات.م⁻² إلى إعطاء قيم

مرتفعة للمؤشرات الآتية (LAI، LAD، وNAR) وحصول توازن إيجابي بين عمليتي التمثيل الضوئي والتنفس.

بينت النتائج التي توصل إليها Sahu وزملاؤه (2018) من خلال دراسة تأثير الكثافة النباتية (11.11، 13.33 نبات/م²) في محصول الذرة البيضاء في الهند، أن الكثافة النباتية أثرت في كل من الغلة الحبية، والغلة الحيوية الخضراء، والغلة الحيوية الجافة، وعدد الحبوب ضمن العتلول، ووزن العتلول، ومعامل الحصاد، حيث تفوقت الكثافة النباتية 13.33 نبات/م² معنوياً في صفات الغلة الحبية والغلة الحيوية الخضراء (25.77 طن/هكتار¹) والغلة الحيوية الجافة (6.5 طن/هكتار¹)؛ مقارنةً بالكثافات الأخرى، في حين تفوقت الكثافة النباتية 11.11 نبات/م² معنوياً في صفة عدد من الحبوب في العتلول (1421.2 حبة)، ووزن العتلول (23.4 غ)، والغلة الحبية من النبات الواحد (19.97 غ)، ودليل الحصاد (19.38%).

أوضح عنتر وعبد العزيز (2020) في تجربة نُفذت في اللاذقية لدراسة تأثير الكثافات النباتية (3.33، 5، 10 نبات/م²) ومعدلات التسميد الأزوتي (100، 200، 300، 400 كغ/هكتار¹) في بعض الصفات الشكلية والإنتاجية لمحصول الذرة البيضاء أن الكثافة النباتية أثرت معنوياً في جميع الصفات المدروسة؛ إذ أعطت الكثافة (3.33 نبات/م²) أعلى القيم لكل من ارتفاع النبات (136.54 سم)، وعدد الأوراق على النبات (17.27 ورقة/نبات¹)، وطول العتلول (27.23 سم)، ووزن العتلول (74.85 غ)، وعدد الحبوب في العتلول (4380 حبة/عتلول¹)، ووزن المئة حبة (3.39 غ)؛ مقارنةً بالكثافة (10 نبات/م²) والتي أعطت أعلى غلة حبية (1.23 طن/هكتار¹)، ومعامل حصاد (30.94%)، ودليل المساحة الورقية (7.95).

وجد Dembele وزملاؤه (2020) في تجربة لدراسة استجابة ثمانية أصناف من الذرة البيضاء لكثافتين نباتيتين (53333، 26666 نبات/هكتار¹) وثلاثة معدلات للتسميد الأزوتي (0 و89 و178 كغ/هكتار¹) في مالي، أن الكثافة النباتية قد أثرت معنوياً في الغلة الحبية ومكوناتها، وقد تباينت قيم كل من مؤشر الكلوروفيل، ومؤشرات النمو، والغلة من القش، وعدد العتلاكيل ووزنها بوحدة المساحة، ووزن الألف حبة،

وأعطت الكثافة النباتية 53333 نبات.هكتار⁻¹ أعلى غلة حبية (6611 كغ.هكتار⁻¹)، في حين أعطت الكثافة النباتية 26666 نبات.هكتار⁻¹ أعلى قيمة لصفة وزن الألف حبة 22.9 غ.

استنتج Shahrajabian وزملاؤه (2020) في تجربة في إيران لدراسة تأثير الكثافة النباتية (250,300,350,400 ألف نبات.هكتار⁻¹) وأربعة معدلات للتسميد الآزوتي (0,60,80,240 كغ.هكتار⁻¹) في صفات محصول الذرة البيضاء وغلتها ووجدوا فروقاً معنوية بين الكثافات النباتية؛ إذ أعطت الكثافة 400000 نبات.هكتار⁻¹ أعلى القيم لكل من ارتفاع النبات (209.5 سم)، وعدد الأوراق على النبات (11.15 ورقة.نبات⁻¹)، ودليل المساحة الورقية (9.22)، والغلة من الوزن الرطب (169.3 طن.هكتار⁻¹)، والغلة من الوزن الجاف (10.97 طن.هكتار⁻¹)؛ مقارنةً بالكثافة 250000 نبات.هكتار⁻¹ والتي أعطت أعلى القيم لمتوسط قطر الساق (20.56 ملم)، وعدد الحبوب في العتكل (2484 حبة. عتكل⁻¹)، ووزن الألف حبة (7.72 غ)، والغلة الحبية (5.58 طن.هكتار⁻¹)، في حين كانت أعلى قيمة لمتوسط طول العتكل (27.03 سم) عند الكثافة 300000 نبات.هكتار⁻¹.

أوضح Lestari وزملاؤه (2021) في تجربة نُفذت في اندونيسيا لدراسة تأثير ثلاث كثافات نباتية (106667، 213333، 320000) نبات.هكتار⁻¹ في محصول الذرة البيضاء، أنه قد تم الحصول على الغلة الحيوية الجافة الأعلى (44 طنًا.هكتار⁻¹) عند الزراعة بالكثافة النباتية 320000 نبات.هكتار⁻¹، في حين أعطت الكثافة النباتية 106667 نباتًا.هكتار⁻¹ أقل مردود من الغلة الحيوية الجافة (30.4 طن.هكتار⁻¹) ولكنها تفوقت في وزن الألف حبة (41.2 غ)، وقد أثرت الكثافات النباتية معنويًا في محتوى السكر ولكنها لم تؤثر في ارتفاع النبات.

استنتج Yang وزملاؤه (2021) عند زراعة محصول الذرة البيضاء بأربع مسافات زراعية (20*104، 25*104، 30*104، 35*104 سم) في الصين وجود تأثيرات معنوية للمسافات الزراعية في الغلة ومكوناتها، ووجدوا أن الغلة الحبية الأعلى كانت عند الزراعة بمسافة 30*104 سم.

أوضح Hussein وزملاؤه (2021) من خلال دراسة تأثير ثلاث كثافات نباتية (83333، 71420، 53333) نبات.هكتار⁻¹ في غلة الذرة البيضاء في العراق أن اختلاف الكثافات النباتية أثر معنوياً في جميع الصفات المدروسة؛ إذ أعطت الكثافة 83333 نبات.هكتار⁻¹ أعلى القيم في صفة عدد أيام اللازمة للإزهار (70.77) يوم وصفة ارتفاع النبات (163.22 سم)، في حين أعطت الكثافة النباتية 53333 نبات.هكتار⁻¹ أعلى القيم لكل عدد الإشطاءات في النبات (11.67 إشطاء.نبات⁻¹)، وعدد الأوراق على النبات (11.76 ورقة.نبات⁻¹)، والمساحة الورقية للنبات (4095.89 سم²).

وجد Porfirio وزملاؤه (2021) في تجربة نُفذت في البرازيل لدراسة تأثير ثلاث كثافات نباتية في محصول الذرة البيضاء (50000، 100000، 150000 نبات.هكتار⁻¹) أن الزراعة بالكثافة النباتية 50000 نبات.هكتار⁻¹ أعطى أعلى القيم لكل من ارتفاع النبات (303 سم)، والغلة الحيوية الرطبة (86.491 كغ.هكتار⁻¹)، والغلة الحيوية الجافة (22.946 كغ.هكتار⁻¹)؛ مقارنة بالزراعة بالكثافة النباتية 150000 نبات.هكتار⁻¹ التي أعطت أعلى قيمة لمتوسط قطر الساق (28.69 ملم)، في حين أعطت الكثافة النباتية 100000 نبات.هكتار⁻¹ أعلى قيمة لمحتوى الحبوب من البروتين (72.1 %).

2-4- أهمية توقيت إضافة السماد الآزوتي:

تُعد صفة ارتفاع النبات من الصفات الشكلية المهمة؛ إذ يمكن الاعتماد عليها في إظهار الاجتهادات التي يتعرض لها النبات في أثناء نموه الموسمي وعبر السنين، كما يُسهم في معرفة مدى استجابة النبات للتسميد وتأثره باستعمال المبيدات الحشرية والعشبية (Abd Aziz وزملاؤه، 2004).

ويُعد الآزوت من العناصر الغذائية الأساسية في نمو النبات؛ إذ يحتاج إليه النبات بكميات كبيرة والسبب في ذلك استمرارية امتصاصه طيلة مراحل النمو، فهو يؤدي دوراً مهماً في تكوين المجموع الجذري وتقويته، فضلاً عن المشاركة في تكوين الكلوروفيل؛ ومن ثمّ يؤثر في عملية التمثيل الضوئي وتكوين المسطح الورقي والمادة الجافة ما ينعكس إيجاباً في الغلة النهائية من الحبوب، كما يسهم في تحسين نوعية المحصول؛ لأنه العنصر الأساسي في تركيب الأحماض النووية والأحماض الأمينية، كما أنّه يدخل في تركيب الخلايا

ونظراً لقابلية عنصر الآزوت للانتقال والحركة في التربة فعند إضافته للتربة يتعرض للفقد بأشكال مختلفة مثل الغسل والتطاير (الجبوري وآرول، 2009).

تُعد الأسمدة الكيميائية بخاصة الأسمدة الآزوتية عاملاً مهماً ومحددًا في مراحل نمو النبات وتطوره، ومستوى الإنتاجية فهي تشكل الركيزة التي يستمد منها النبات العناصر الغذائية، وتزداد أهمية الأسمدة في ظروف التربة التي تقتصر إلى المادة العضوية وبعض العناصر الأساسية (Amin، 2011).

يتعلق فقد الآزوت بعملية الرش بعوامل عدة أهمها إضافة الآزوت بمعدل أعلى من المعدل الأمثل وعدم إضافته في الوقت الأمثل، ونفاذية التربة، وهطول الأمطار بمعدل عال أو الري بكميات كبيرة (Fageria وزملاؤه، 2005)، ومن ثم فإن إضافة الآزوت في الوقت الأمثل والفعال يمكن أن تقلل من فقد الآزوت بحدود (58-70)% الأمر الذي سيؤدي إلى زيادة العائد وجودة الحبوب في المحصول (Haile وزملاؤه، 2012).

تُمتص المركبات مباشرة من قبل النباتات أو تُحوّل إلى مركبات أخرى عن طريق الأكسدة وإذا لم يتم امتصاص الآزوت من قبل الجذور، سوف يتسرب من خلال التربة إلى المياه الجوفية (Tamme وزملاؤه 2009 ؛ Brady وWeil، 2008). وبالتالي فإن الكمية الزائدة من الآزوت ستكون تهديداً خطيراً للبيئة المحيطة، وذلك بسبب الاحتباس الحراري عن طريق انبعاث N_2O إلى الغلاف الجوي والأمطار الحامضية (Liu وزملاؤه، 2014).

يمكن لإضافة الأسمدة الآزوتية على دفعات أن تؤدي دوراً مهماً في استراتيجية إدارة العناصر المغذية، وأن تكون منتجة ومربحة وغير مضرّة بيئياً، وفي تعزيز كفاءة العناصر المغذية وزيادة الغلة والتخفيف من فقدان الآزوت عن طريق الرش وما ينتج عنه من ضرر بيئي للمياه الجوفية (Kirby وMengel، 2001).

أوضح Celato وزملاؤه (1996) أن إضافة كامل السماد الآزوتي عند الزراعة تزيد من ظهور الأعشاب العريضة الأوراق، ومن ثم الحاجة إلى عمليات التعشيب اليدوي والتي تزيد من تكاليف الإنتاج، لذلك

فإن تطبيق الآزوت على دفعات تُعدُّ الطريقة الأكثر اقتصاداً من حيث مكافحة الأعشاب الضارة وكفاءة استعمال الآزوت لتحسين إنتاج محاصيل الحبوب .

إن معرفة التوقيت الأمثل لإضافة الآزوت أمر ضروري لضمان التغذية المستدامة في نهاية النمو الخضري؛ لذا يجب تقسيم الكمية الإجمالية للآزوت إلى دفعات تضاف بمواعيد دقيقة لتلبية احتياجات هذا المحصول في مختلف مراحل نموه، والهدف من ذلك تجنب زيادة النمو الخضري المبكر وتشجيع تطوير الأجزاء العلوية الأكثر خضرة مباشرة التي تشارك في تكوين الحبوب، أما الإضافة المتأخر قد يؤدي إلى نقص هذا العنصر في المراحل الأكثر حاجة إليه (Bekele وزملاؤه، 2000).

يعد التوقيت المناسب لإضافة السماد الآزوتي ومعدلاته أمراً بالغ الأهمية لتلبية احتياجات المحاصيل وتحسين كفاءة استعمال الآزوت؛ إذ إن مرحلة نمو المحاصيل التي تُطبَّق الأسمدة فيها تحدد كفاءة استعمال الآزوت، ومع ذلك فإن الاستجابة يمكن أن تختلف حسب الطراز الوراثي (Blankenua وزملاؤه، 2002).

يعد الآزوت العامل الغذائي المحدد لإنتاج المحاصيل في غالبية المناطق الزراعية في العالم، ومن ثم اعتماد استراتيجيات إدارة جيدة لهذا العنصر غالباً ما يؤدي إلى فوائد اقتصادية كبيرة للمزارعين؛ إذ إن الآزوت يسهم أكثر من أي عنصر سمادي آخر في زيادة غلة محاصيل الحبوب بما في ذلك الذرة البيضاء؛ لذا فهو من المدخلات الرئيسة في إنتاج هذا المحصول لتأثيره في العائد والجودة ومكوناتهما (Wondimu، 2004)، علماً أن الموعد المناسب لإضافة السماد الآزوتي يكاد يكون أكثر أهمية من تحديد الكمية الموصى بها وذلك عندما يكون الطلب عليه عالياً من قبل النبات (F.A.O، 2000).

إنَّ إضافة سماد اليوريا بأي كمية كانت عند الزراعة قد يعرضها للفقد بنسبة كبيرة، وذلك لأن الريّة الأولى عادة ما تكون غزيرة بسبب جفاف التربة المعدة للزراعة، وكذلك لمساعدة الحبوب المزروعة على التشرب والشروع بالإنبات، وظهور البادرات فوق سطح التربة، كما أن طول فترة الإنبات وظهور البادرات تؤثران في معدل الاستفادة من كمية السماد المضاف فكلما تأخر ظهور البادرات زاد ذلك من فرص فقد سماد اليوريا سواءً بالغسل أو تطايره بشكل غاز الأمونيا (Schmith وزملاؤه، 2002).

ركزت الزراعة في الماضي على تعزيز خصوبة التربة واستعمال الممارسات الزراعية التي تزيد من كمية الإنتاج، ولكن حالياً بدأت في التركيز على الممارسات التي تضمن استدامة النظم البيئية (Moon وزملاؤه، 2010)، لذلك من المهم تحسين ممارسات استعمال الأسمدة الآزوتية لزيادة الإنتاجية مع مراعاة النظر في الكفاءة الاقتصادية وتجنب تلوث التربة (Hirel وزملاؤه، 2001).

بينت نتائج El-Telib (2004) عند تنفيذ دراسة في السودان لمعرفة تأثير توقيت إضافة السماد الآزوتي (عدم إضافة السماد الآزوتي، إضافة كامل الجرعة بعد أسبوعين من الزراعة، إضافة كامل الجرعة في الأسبوع الخامس من الزراعة، إضافة نصف الجرعة بعد أسبوعين من الزراعة والنصف الآخر في الأسبوع الخامس من الزراعة) في نمو نباتات الذرة البيضاء وإنتاجيتها، ووجد أن توقيت إضافة الآزوت كان له تأثير معنوي في محتوى العلف من البروتين والألياف، في حين لم يؤثر معنوياً في طول النبات، وعدد الأوراق في النبات، وسماكة الساق، والمساحة الورقية، ودليل المساحة الورقية، والوزن الرطب والجاف، ولكن معاملة إضافة كامل الكمية السمادية في الأسبوع الثاني من الزراعة حققت نتائج أفضل نسبياً؛ مقارنة بالإضافة المتأخرة للآزوت أو تقسيم الكمية على دفعتين والإضافة بعد أسبوعين من الزراعة وفي الأسبوع الخامس من الزراعة.

أظهرت نتائج دراسة نفذها Almodares وزملاؤه (2006) في إيران من خلال إضافة السماد الآزوتي بالمواعيد التالية لمحصول الذرة البيضاء (كامل الكمية في مرحلة النمو الخضري، كامل الكمية في مرحلة الإزهار، كامل الكمية في مرحلة النضج العجيني) عدم وجود فروقات معنوية في صفات ارتفاع النبات، وقطر الساق، والوزن الرطب، وقيمة معامل بريكس، ولكنه أثر معنوياً في الوزن الجاف الكلي فقد كان الأعلى (44.8 كغ.هكتار⁻¹) عند إضافة كامل كمية السماد الآزوتي في مرحلة النمو الخضري.

وضح Jamal وزملاؤه (2006) أن فقدان الآزوت بعملية الرشح يُعد إحدى التحديات الأساسية في مناطق هطول الأمطار العالية، وقد أظهرت الأبحاث أن ما يزيد على 50% من الآزوت الذي يضاف للمحصول لا يستفيد منه النبات نتيجة لفقده بهذه العملية.

نالت اليوريا من بين الأسمدة الكيميائية المستعملة اهتماماً كبيراً لإعطائها مردوداً جيداً نسبياً عند استعمالها بصورة علمية؛ لكونها تحتوي على الآزوت بنسبة 46 %، بيد أن المشكلة الأساسية التي ترافقها هي تطاير الامونيا خاصة في الترب الكلسية، وكذلك تقلبات المناخ ونظراً لسهولة فقدان هذه الأسمدة بطرائق مختلفة، فإنها غالباً ما تضاف للمحصول في عدة دفعات (Kulsum وزملاؤه، 2007).

يمكن لانخفاض رطوبة التربة أو الجفاف أن تؤدي إلى تقليل معدل انتشار العناصر الغذائية من التربة إلى الجذر، ومن ثم تقلل من امتصاص المغذيات عن طريق الجذور لذلك من الضروري معرفة مدى توفر الرطوبة لتناسب كمية الأسمدة المراد إضافتها (Ahmed وزملاؤه، 2007).

أشار Hosein وزملاؤه (2007) عند دراسة تأثير مواعيد إضافة السماد الآزوتي (نصف الكمية عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري ، نصف الكمية عند الإنبات والنصف الآخر عند الإزهار، ثلث الكمية عند الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار) في محصول الذرة البيضاء في يران، أن موعد إضافة السماد الآزوتي كان له تأثير معنوي في عدد الأيام اللازمة للظهور فوق سطح التربة، وعدد الأيام اللازمة للإزهار، والوزن الجاف للورقة (Leaf Dry Weight (LDW ، والوزن الجاف الكلي (Total Dry Weight (TDW، والمساحة الورقية (Leaf Area (LA، وارتفاع النبات، والغلة الحبية.

وتعد الإدارة الفعالة للأزوت في نظام إنتاج الذرة البيضاء من العوامل الرئيسية لأنه من العناصر المغذية الأولية الأكثر أهمية لنمو المحاصيل وتطورها (Blumenthal وزملاؤه، 2008)، وتشمل الإدارة الفعالة تحديد المعدل الأمثل من الآزوت بالإضافة إلى الوقت الأمثل لإضافته؛ إذ إن حاجة المحصول للأزوت لا تقتصر على مرحلة معينة؛ لأنه ضروري للنبات ابتداءً من الإنبات وصولاً إلى الإزهار وامتلاء الحبوب، الأمر الذي يمكن لذلك أن يعزز الإنتاجية واستعمال المواد المغذية، كما أنها تحد من التلوث البيئي (Nielsen، 2013).

تبلغ كفاءة استعمال الآزوت (NUE) لمحاصيل الحبوب (مثل: القمح والذرة والأرز والشعير والذرة البيضاء والدخن والشوفان) 33% في جميع أنحاء العالم تقريباً، وتعتمد على عوامل عدة منها: موعد إضافة السماد الآزوتي، ونوع المحصول، والظروف البيئية، وحزمة الممارسات الزراعية مثل: موعد الزراعة، ومعدلات التسميد، والدورة الزراعية (Raun و Johnson، 1999).

وجد Nameless (2010) أن كفاءة استعمال الآزوت انخفضت مع زيادة معدلات التسميد، وتباينت هذه الكفاءة تبعاً للأصناف المدروسة، وكانت قيمتها الأدنى في فترة امتلاء الحبوب، كما إن التبدلات في دليل الحصاد تعتمد أيضاً على التباين في معدل تصنيع نواتج التمثيل الضوئي، وكمية نواتج التمثيل الضوئي المتاحة في مرحلة امتلاء الحبوب؛ فضلاً عن التباين في معدل نقل نواتج التمثيل الضوئي بين الطرز الوراثية المدروسة قبل مرحلة التلقيح بالإضافة إلى التباين في قوة المصب.

أوضح Anonymous (2011) أن نقص الآزوت في أي مرحلة من مراحل نمو نبات الذرة وتطوره سيؤدي إلى خفض الغلة وخاصة عندما تكون هناك حاجة للنبات إلى العناصر الغذائية.

إن استعمال اليوريا بمعدلات ومواعيد إضافة محددة يمكن أن يكون لها تأثير إيجابي في كل من الصفات الكمية والنوعية في الذرة البيضاء وخاصة نسبة البروتين المهم في تغذية الحيوانات، كما أن معرفة الموعد الأنسب لإضافة الآزوت تسهم في توفيره للنباتات في مراحل النمو المختلفة فضلاً عن تقليل المشاكل الناجمة عن الاستعمال المفرط للأسمدة الكيميائية، لاسيما اليوريا (Kheirabadi وزملاؤه، 2012) والذي وجد أن إضافة الآزوت في منتصف مرحلة النضج اللبني أفضل من إضافته قبل أسبوع من الإزهار في الذرة البيضاء.

تعتمد كفاءة استعمال النبات للآزوت على عوامل عدة؛ بما في ذلك التوقيت المناسب لإضافة السماد الآزوتي والذي يُعد العامل الأكثر أهمية في إدارة الأسمدة؛ فضلاً عن معدل الآزوت وطريقة تطبيقه والظروف البيئية للمنطقة (Kidist، 2013).

يُعد الآزوت من العناصر الكبرى التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة، فهو يعزز نمو النبات والذي بدوره يزيد من مقاومة النباتات للإصابة بالأمراض كما أنه يؤدي دوراً مهماً في زيادة إنتاج الذرة البيضاء،

وتحسين نوعية الإنتاج؛ ولذلك يجب اتباع الممارسات الصحيحة باستعماله من حيث المعدل وموعد إضافته (Tanzubil، 2014).

درس Madineh وزملاؤه (2014) تأثير ثلاثة مواعيد لإضافة السماد الآزوتي (كامل كمية السماد الآزوتي عند الإنبات، نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري، ربع كمية السماد الآزوتي عند الإنبات ونصف الكمية في مرحلة النمو الخضري والربع الأخير في مرحلة الإزهار) في محصول الذرة البيضاء في إيران، ووجدوا أن تقسيم كمية السماد الآزوتي قد أثر معنوياً في عدد الحبوب في النبات، ووزن الألف حبة، والغلة الحيوية؛ إذ أعطت المعاملة (25% من السماد الآزوتي عند الزراعة و50% في مرحلة استطالة الساق و 25% في مرحلة الإخصاب) أعلى غلة حبية (317.02 غ.م⁻²). أوضح جياذ وزملاؤه (2014) عند دراسة مواعيد مختلفة لإضافة السماد الآزوتي (كامل الكمية عند الزراعة، كامل الكمية بعد 5 أيام من الزراعة ، كامل الكمية بعد 10 أيام من الزراعة، كامل الكمية بعد 15 يوماً من الزراعة) في محصول الذرة البيضاء في العراق، أن إضافة السماد الآزوتي بعد 15 يوماً من الزراعة قد تفوق على باقي المعاملات في نسبة الانبات، والوزن الرطب والجاف ومحتوى البادرات من الآزوت، واستنتجوا أن كامل الكمية من سماد اليوريا عند الزراعة قد أثر سلباً في عدد البادرات في وحدة المساحة، كما أن الوزن الرطب والجاف للبادرات وكذلك محتوى البادرات من عنصر الآزوت قد ازداد مع التأخير في موعد إضافة السماد، ولذلك نصحوا بعدم إضافة الدفعة الأولى من سماد اليوريا عند الزراعة لتأثيره السلبي في نسبة الإنبات الحقلية، وضياح القسم الأعظم من هذا السماد بسبب الغسل مع مياه الري، وتأخر تكوين الأجزاء النباتية في البادرة لاسيما الجذور ودرجة انتشارها في التربة، لما لذلك من دور لاحق في زيادة كفاءتها في امتصاص هذا العنصر.

أشار Mourice وزملاؤه (2015) أنه يمكن لعدد من العوامل الحيوية أن تسهم في انخفاض الغلة وخصوبة التربة، ومن العوامل الرئيسية التي تسهم في انخفاض الإنتاجية ضعف الإدارة المناسبة للعناصر المغذية.

أشار Aleminew وزملاؤه (2015) عند دراسة تأثير إضافة السماد الآزوتي بمواعيد مختلفة (كامل الجرعة في مرحلة النمو الخضري ، نصف الجرعة عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري، ثلث الجرعة عند الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند استطالة الساق، نصف الجرعة بعد التقريد والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري) في صنفين من الذرة البيضاء في اثيوبيا إلى أن تأثير توقيت إضافة السماد الآزوتي اختلف حسب الصنف المزروع وموقع الزراعة، ووجدوا أنه عند زراعة الصنف Jiguritie فإن أعلى غلة حبية (4345 كغ.هكتار⁻¹) كانت عند إضافة السماد الآزوتي (نصف الكمية عند الإنبات والنصف الآخر في أثناء النمو الخضري) في حين لم تؤثر مواعيد إضافة السماد الآزوتي في كل من وزن الألف حبة ، وارتفاع النبات ، والغلة الحيوية، أما عند زراعة الصنف Girana-1 فقد تم الحصول على أعلى غلة حبية (4868 كغ.هكتار⁻¹) وأعلى قيمة لمتوسط وزن الألف حبة (36.52 غ) عند إضافة كامل كمية السماد الآزوتي في مرحلة النمو الخضري، ولم تؤثر مواعيد إضافة السماد الآزوتي في كل من ارتفاع النبات والغلة الحيوية.

بين Jung وزملاؤه (2016) في تجربة نُفذت في كوريا لدراسة تأثير إضافة السماد الآزوتي على نباتات الذرة البيضاء، أنه لم يكن لمواعيد إضافة السماد الآزوتي أي تأثير معنوي في ارتفاع النبات، وقطر الساق، ومحتوى السكر في محصول الذرة البيضاء عند إضافة السماد الآزوتي وفق المعاملتين (40% عند الإنبات و30% في مرحلة النمو الخضري و30% بعد الحشة الأولى) و(نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الآخر بعد الحشة الأولى).

درس Dargie وزملاؤه (2016) تأثير موعد إضافة السماد الآزوتي في محصول الذرة البيضاء في اثيوبيا، من خلال المعاملات الآتية: (إضافة كامل كمية السماد الآزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات، إضافة كامل كمية السماد الآزوتي في مرحلة النمو الخضري، إضافة كامل كمية السماد الآزوتي عند الإزهار، إضافة نصف كمية السماد الآزوتي في أثناء الإنبات والنصف الآخر عند الإزهار، إضافة نصف

السماد الأزوتي في أثناء الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري، إضافة نصف كمية السماد الأزوتي في مرحلة النمو الخضري والنصف الآخر عند الإزهار، إضافة ثلث الكمية في أثناء الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري والثلث الثالث عند الإزهار)، ووجدوا أن إضافة السماد الأزوتي في مواعيد مختلفة لم تؤثر معنوياً في كل من متوسط ارتفاع النبات، ومتوسط طول العتكل، والغلة الحيوية، ووزن الألف حبة، في حين كانت الفروقات معنوية في الغلة الحبية (3.2 طن.هكتار⁻¹) عند إضافة كامل السماد الأزوتي عند الإزهار، و(3.1 طن.هكتار⁻¹) عند إضافة كامل كمية السماد الأزوتي في أثناء الإنبات، و(2.98 طن.هكتار⁻¹) عند إضافة السماد الأزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الأزوتي خلال الإنبات والنصف الآخر عند الإزهار)، وكانت أدنى قيمة للغلة (2.4 طن.هكتار⁻¹) عند إضافة السماد الأزوتي على ثلاث دفعات.

أوضح Davidson (2017) عدم وجود أي فروق معنوية في غلة محصول الذرة البيضاء في ولاية اوكلاهوما في الولايات المتحدة الأمريكية عند إضافة كامل كمية السماد الأزوتي قبل الزراعة أو إضافة كامل الكمية في مرحلة النمو الخضري أو إضافة كمية السماد الأزوتي في كلا المرحلتين.

أظهرت نتائج Melakua وزملائه (2017) عند دراسة تأثير مواعيد التسميد الأزوتي (كامل كمية السماد الأزوتي عند الإنبات، كامل كمية السماد الأزوتي في مرحلة النمو الخضري، نصف كمية السماد الأزوتي عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري) في محصول الذرة البيضاء في إثيوبيا، أن إضافة السماد الأزوتي على دفعتين نصف عند الزراعة والنصف الآخر خلال مرحلة النمو الخضري أعطى زيادة في الغلة الحبية بنسبة 15-19%؛ مقارنة بإضافته دفعة واحدة وقت الزراعة، وعزوا ذلك إلى فقد الأزوت مع مياه الري عند إضافته على دفعة واحدة عند الزراعة، كما أدى ذلك إلى زيادة طول العتكل بنحو 8-20 % والذي يعد واحداً من المؤشرات الإنتاجية المهمة في الذرة الرفيعة، كما تأثر عدد الإشتاءات في النبات أيضاً بموعد إضافة الأسمدة؛ إذ ازداد عدد الإشتاءات بمعدل 1.4 - 1.7 أضعاف، وزاد ارتفاع النبات، وعدد الحبوب في العتكل، ووزن الألف حبة، وأسهم أيضاً في تقصير فترة نضج المحصول بحدود

37-40 يوماً وذلك من خلال تسريع دورة حياة المحصول وبالتالي تجنب تعرض النباتات للإجهادات البيئية المختلفة؛ مقارنة بإضافة الأسمدة الآزوتية على دفعة واحدة.

أوضح Zerihun و Hailu (2017) في دراسة أجريت على الذرة الصفراء في اثيوبيا لتحديد المعدل الأمثل والموعد الأمثل لإضافة السماد الآزوتي (نصف كمية السماد الآزوتي بعد 10-15 يوماً من الإنبات والنصف الآخر بعد 35-40 يوماً من الإنبات، ومعاملة ثلث الكمية بعد 10-15 يوماً من الإنبات والثلث الثاني بعد 35-40 يوماً من الإنبات والثلث الأخير بعد 55-60 يوماً من الإنبات، ومعاملة ثلث الكمية بعد 35-40 يوماً من الإنبات والثلث الثاني بعد 55-60 يوماً من الإنبات والثلث الأخير بعد 75-80 يوماً من الإنبات، ومعاملة ربع الكمية بعد 10-15 يوماً من الإنبات والربع الثاني بعد 33 - 40 يوماً من الإنبات والربع الثالث بعد 55-60 يوماً من الإنبات والربع الأخير بعد 75-80 يوماً من الإنبات) أن موعداً إضافياً للسماد قد أثر معنوياً في الغلة الحيوية، والغلة الحبية ومعامل الحصاد وتوصل إلى أن أفضل موعد لإضافة السماد الآزوتي هو إضافة نصف كمية السماد الآزوتي بعد 10-15 يوماً من الزراعة وإضافة النصف الآخر من الكمية بعد 35-40 يوماً بعد الزراعة، وذلك في حال كانت معدلات الأمطار جيدة ومنتظمة في موسم الزراعة، أما في حال كانت الأمطار في موسم الزراعة غزيرة وغير منتظمة فأوصى بإضافة ثلث كمية السماد الآزوتي بعد 10-15 يوماً بعد الزراعة والثلث الثاني من هذه الكمية بعد 35-40 يوماً بعد الزراعة أما الثلث الأخير فبعد 55-60 يوماً بعد الزراعة.

درس Raypuriya وزملاؤه (2017) تأثير مواعيد مختلفة لإضافة السماد الآزوتي (50% عند الزراعة و 50% بعد 30 يوماً من الزراعة ، (50% عند الزراعة و25% بعد 30 يوماً من الزراعة و 25% قبل الإزهار، 25% عند الزراعة و50% بعد 30 يوماً من الزراعة و 15% قبل الإزهار و 10% في مرحلة امتلاء الحبوب، 25% عند الزراعة و45% بعد 30 يوماً من الزراعة و 5% رش ورقي بعد 45 يوماً من الزراعة و 15% قبل الإزهار و 10% في مرحلة امتلاء الحبوب) في محصول الذرة البيضاء في الهند، ووجدوا أن موعد التسميد الآزوتي قد أثر في

عدد الأيام اللازمة للإزهار، وعدد الأيام اللازمة للنضج وعدد الحبوب ضمن العثكول والغلة الحيوية والحبية؛ إذ أعطت المعاملة (25% عند الزراعة و45% بعد 30 يوماً من الزراعة و5% رش ورقي بعد 45 يوماً من الزراعة و15% قبل الإزهار و10% في مرحلة امتلاء الحبوب) أعلى غلة حبية من القطعة التجريبية (2.79 كغ)، وأعلى غلة حيوية من القطعة التجريبية (2.88 كغ)، وكانت أعلى قيمة لمتوسط عدد الحبوب ضمن العثكول (2369.33 حبة) عند إضافة السماد الآزوتي (25% عند الزراعة و50% بعد 30 يوماً من الزراعة و15% قبل الإزهار و10% في مرحلة امتلاء الحبوب) وعند إضافة السماد الآزوتي (25% عند الزراعة و45% بعد 30 يوماً من الزراعة و5% رش ورقي بعد 45 يوماً من الزراعة و15% قبل الإزهار و10% في مرحلة امتلاء الحبوب) (2111.17 حبة).

وجد Aragaw وزملاؤه (2020) أن إضافة السماد الآزوتي وفق المعاملات (إضافة نصف الكمية عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري، إضافة ثلث الكمية في مرحلة الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار، إضافة ثلثي كمية السماد الآزوتي في مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار، إضافة ثلث الكمية عند الإنبات وثلثي الكمية في مرحلة النمو الخضري، إضافة كامل الكمية في مرحلة النمو الخضري) لم يؤثر معنوياً في الغلة الحيوية والغلة الحبية ومكوناتها في محصول الذرة البيضاء في اثيوبيا، بيد أن إضافة الأسمدة الآزوتية في مواعيد مختلفة يساعد المزارعين على استثمار الاسمدة جيداً والحد من فقدانها، ويُعد تقسيم كمية الآزوت المراد إضافتها أفضل من الإضافة لكامل الكمية على دفعة واحدة، ويعد توافر رطوبة التربة في وقت إضافة السماد الآزوتي عاملاً أساسياً، وأشاروا إلى أن إضافة الآزوت بكميات متساوية في أثناء مراحل النمو المختلفة لا يؤثر في حجم الغلة.

وجد Abera وزملاؤه (2020) من خلال تجربة لدراسة تأثير مواعيد إضافة السماد الآزوتي (نصف كمية السماد الآزوتي عند الزراعة والنصف الثاني عند منتصف النمو الخضري، نصف كمية السماد الآزوتي عند منتصف النمو الخضري والنصف الثاني عند الإزهار، ثلث كمية السماد الآزوتي عند الزراعة والثلث

الثاني عند منتصف النمو الخضري والثالث الأخير عند الإزهار) في نمو محصول الذرة البيضاء وإنتاجيتها في اثيوبيا، ووجدوا أن توقيت إضافة السماد الآزوتي أثر معنوياً في مختلف مؤشرات النمو المدروسة والغلة، وكانت معاملة إضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات الأعلى معنوية في المؤشرات الآتية: عدد الأيام اللازمة للإزهار (68.78 يوماً)، ودليل المساحة الورقية (2.86)، وطول العتكل (24.72 سم)، ووزنه (83.44 غ)، والغلة الحبية (4635 كغ.هكتار⁻¹)، وزن الألف حبة (44.67 غ)، ومعامل الحصاد (0.45)؛ مقارنة بإضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الآزوتي عند منتصف النمو الخضري والنصف الثاني عند الإزهار) والتي أعطت أعلى قيمة لكل من عدد الأيام اللازمة للنضج (109.9 يوم)، والغلة الحيوية (10142 كغ.هكتار⁻¹)، أما أعلى قيمة لمتوسط ارتفاع النبات (162.02 سم) فقد كانت عند إضافة نصف كمية السماد الآزوتي عند الزراعة والنصف الثاني عند منتصف النمو الخضري.

استنتج Temeche وزملاؤه (2021) في تجربة نُفذت في اثيوبيا لدراسة تأثير ثلاث مواعيد لإضافة السماد الآزوتي (نصف كمية السماد الآزوتي عند الزراعة والنصف الثاني في مرحلة النمو الخضري، ثلث كمية السماد الآزوتي عند الزراعة وثلثي الكمية في مرحلة النمو الخضري، ثلث كمية السماد الآزوتي عند الزراعة وثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري والثلث الأخير عند الإزهار) في محصول الذرة البيضاء وجود فروقات معنوية بين مواعيد إضافة السماد الآزوتي ووجدوا أن إضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف عند الزراعة والنصف الثاني في مرحلة النمو الخضري) أعطت أعلى القيم لكل من طول العتكل (26.38 سم)، ووزن العتكل (91.62 غ)، والغلة الحبية (5.83 طن.هكتار⁻¹)، في حين لم يتأثر وزن الألف حبة بمواعيد إضافة السماد الآزوتي.

الفصل الثاني

3- مواد البحث، وطرائقه Materials and methods:

3-1- المادة النباتية Plant material:

تم العمل على الصنف المحلي عماني محلي، وتم الحصول على البذور من قسم المحاصيل الحقلية- كلية الزراعة- جامعة دمشق. ويبين الجدول (3) مواصفات الصنف المذكور.

الجدول (3): مواصفات الصنف عماني محلي:

اسم الصنف	المصدر	عدد الأيام اللازمة للإزهار (يوم)	عدد الأيام اللازمة للنضج (يوم)	العثول		نسبة التصافي %	ارتفاع النبات (سم)	طول العثول (سم)	الإنتاجية كغ. هكتار ¹
				لون	شكل				
عماني محلي	عمان	52.7	107.7	كريمي	مندمج	42.5	84.9	14.2	812.1

المصدر: مديرية البحوث العلمية الزراعية.

3-2- موقع تنفيذ التجربة Site of experimentation:

نُفذَ البحث في مزرعة أبي جرش في كلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسم 2021 كعروة تكتيفية، والتي تقع على ارتفاع (743) متراً عن سطح البحر، وعلى خط عرض (33.537) شمالاً، وخط طول (36.319) غرباً، تتميز التربة في منطقة الزراعة بأنها تربة لومية مرتفعة المحتوى من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والمادة العضوية Organic matter، والوسط قلوي ضعيف، والناقلية الكهربائية لمحلول عجينة التربة المشبعة (EC_e) أو ملوحة التربة طبيعية. ويبين الجدول رقم (4) التحليل الميكانيكي والخصائص الكيميائية للتربة في مزرعة أبي جرش، كما يبين الجدول (5) متوسط درجات الحرارة الصغرى والعظمى خلال عام 2021.

الجدول (4): خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة:

المؤشر	التحليل الميكانيكي						الخصائص الكيميائية		
	رمل (%)	سنت (%)	طين (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (ppm)	pH	ECe (ds.m ⁻¹)	المادة العضوية (%)
القيمة	29.8	30.95	39.25	0.14	175	250	8.10	0.45	2.21
الوصف	تربة لومية طينية						مرتفع	مرتفع	قلوي

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

الجدول (5): متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى (°C) والهطول المطري (مم) لأشهر موسم 2021 ؛
تبعاً لمزرعة أبي جرش:

الشهر	درجة الحرارة الصغرى (°C)	درجة الحرارة العظمى (°C)	الهطول المطري (مم)
كانون الثاني	4.5	13.7	63.9
شباط	3.4	11.4	31.7
آذار	5	14.7	0.4
نيسان	9.7	22.9	11.1
أيار	15.5	31.4	0.0
حزيران	16.9	33.6	0.0
تموز	18.8	35.7	0.0
آب	18.6	37.3	0.0
أيلول	16	32.4	0.0
تشرين الأول	13	28.5	28.8
تشرين الثاني	8	19.4	27.5
كانون الأول	4.3	12.4	34.3

المصدر: محطة الأرصاد الجوية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

3-3- المعاملات المدروسة Investigated traits:

تمت دراسة المعاملات الآتية:

3-3-1- معاملات الكثافة النباتية:

- 20*50 سم والتي تحقق كثافة نباتية مقدارها 100 ألف نبات.هكتار¹
- 30*50 سم والتي تحقق كثافة نباتية مقدارها 66.67 ألف نبات.هكتار¹
- 40*50 سم والتي تحقق كثافة نباتية مقدارها 50 ألف نبات.هكتار¹

3-3-2- توقيت إضافة السماد الآزوتي:

- كامل كمية السماد الآزوتي عند الزراعة
- نصف كمية السماد الآزوتي عند الزراعة + نصف في مرحلة النمو الخضري الأعظمي.
- ثلث كمية السماد الآزوتي عند الزراعة + ثلث في مرحلة النمو الخضري الأعظمي + ثلث عند الإزهار.

3-4- طريقة الزراعة : Planting method :

أُجريت ثلاث فلاحات (الأولى عميقة 25-30 لقلب التربة، والثانية على عمق 18-20 والثالثة سطحية لتتعيم وتسوية سطح التربة) وأضيفت الأسمدة المعدنية (N.P.K) حسب الكميات الموصى بها من قبل وزارة الزراعة وهي سماد بوتاسي (سلفات بوتاسيوم) بمعدل 140 كغ. هكتار⁻¹، سماد فوسفوري (سوبر فوسفات) بمعدل 140 كغ. هكتار⁻¹ وسماد آزوتي (يوريا) بمعدل 160 كغ. هكتار⁻¹.

قُسمت الأرض إلى قطع تجريبية (خطوط) طول الخط 5 م، وتمت الزراعة يدوياً على خطوط بتاريخ (27) حزيران، كانت المسافة بين الخط والآخر ثابتة (50 سم)، في حين تباينت المسافات بين الجور ضمن الخط حسب الكثافة النباتية المحددة للقطع التجريبية، كما تم القيام بعمليات الخف (تفريد) بعد أسبوعين من الزراعة، والتعشيب حسب الحاجة، والري (حيث تم الري بمعدل رية كل 10 أيام).

تمت مراقبة النباتات خلال مراحل النمو والتطور وسُجلت القراءات والملاحظات حتى موعد النضج الكامل وتم اخذ القراءات المطلوبة على 5 نباتات تؤخذ عشوائياً من النباتات الموجودة ضمن السطرين الداخليين في كل قطعة تجريبية، حيث تم الحصاد بتاريخ (5) تشرين الأول.

3-5- الصفات المدروسة Investigated traits :

3-5-1- موعد الانبات (يوم): ويمثل عدد الأيام من تاريخ الزراعة وحتى ظهور 90% من البادرات فوق سطح التربة.

3-5-2- عدد الأيام اللازمة للإزهار (يوم): تؤخذ بدءاً من تاريخ الزراعة وحتى إزهار 50% من النباتات المدروسة.

3-5-3- عدد الأيام اللازمة للنضج (يوم): تؤخذ بدءاً من تاريخ الزراعة وحتى نضج 90% من العتاكيل على النبات.

3-5-4- ارتفاع النبات (سم): ويمثل طول النبات من مستوى سطح التربة وحتى قمة العتكل.

3-5-5- المساحة الورقية (سم²): يعبر هذا المؤشر عن درجة تورق المحصول؛ أي مساحة المسطح الورقي الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي، وتم حساب المساحة الورقية بعد قياس الطول والعرض الأعظمي للورقة، باستعمال مسطرة مدرجة؛ للحصول على المساحة الوقية النظرية، وحُسِبَت المساحة الورقية الفعلية لكل نبات؛ وفق العلاقة الآتية (Bueno and Atkins, 1981):

$$\text{المساحة الورقية الفعلية (سم}^2\text{)} = \text{الطول} * \text{العرض الأعظمي للورقة} * 0.75$$

معامل التصحيح الخاص بمحصول الذرة البيضاء هو 0.75 (Bishnoi 1966).

3-5-6- دليل المساحة الورقية: ويحسب من المعادلة الآتية:

$$\text{مساحة المسطح الورقي (سم}^2\text{)} / \text{مساحة الأرض التي يشغلها النبات (سم}^2\text{)} * 100 \text{ (محمد أمين، 1988)}.$$

3-5-7- طول العتكل (سم): متوسط طول العتكل للعينات الممثلة للنباتات.

3-5-8- وزن النبات الجاف (غ): تم من خلال وزن النبات بعد الجفاف التام في الحقل.

3-5-9- وزن العتكل (غ): تم حسابها من خلال جمع العتاكيل من كل قطعة تجريبية وأخذ وزن العتكل.

3-5-10- وزن المئة حبة (غ) : ويتم بعد 100 حبة ووزنها.

3-5-12- الغلة الحيوية (طن. هكتار⁻¹): تم حسابها من خلال جمع النباتات من كل قطعة تجريبية في مرحلة النضج التام في الحقل بعدها تم وزن النباتات في القطعة التجريبية وتحويلها إلى (طن.هكتار⁻¹).

3-5-13- دليل الحصاد%: وبحسب من المعادلة الآتية:

(الغلة الحبية طن .هكتار¹ ÷ الغلة الحيوية طن. هكتار¹) × 100.

3-6- التصميم والتحليل الإحصائي للتجربة:

تمت زراعة التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة المنشقة (split-RCBD) (Randomized Complete Block Design)، بمعدل ثلاثة مكررات لكل معاملة؛ إذ كانت مواعيد إضافة السماد الآزوتي ضمن القطع الرئيسية والكثافة النباتية ضمن القطع المنشقة، وتم تبويب النتائج المتحصل عليها، وتحليلها إحصائياً باستعمال برنامج (GENSTAT v-12)، ثم تمت مقارنة متوسطات جميع الصفات والخصائص المدروسة، باستعمال أقل فرق معنوي (Least Difference Significant) عند مستوى معنوية 5% (L.S.D)، وحساب معامل الاختلاف (Co-efficient of variation- C.V) %.

الجدول (6)؛ مخطط توزيع المعاملات المدروسة:

[illegible]

الفصل الثالث

4- النتائج والمناقشة Results and Discussion:

4-1- الصفات التطورية والشكلية Phenological and Morphological traits:

4-1-1- عدد الأيام اللازمة للإنبات (يوم):

من خلال النتائج لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة (الكثافة النباتية، مواعيد التسميد الآزوتي والتفاعل بين معاملات الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي) في صفة عدد الأيام اللازمة لظهور البادرات؛ إذ بلغ عدد الأيام اللازمة للإنبات سبعة أيام لجميع معاملات.

4-1-2- عدد الأيام اللازمة للإزهار (يوم):

بينت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة (الكثافة النباتية، مواعيد التسميد الآزوتي والتفاعل بين معاملات الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي) في صفة عدد الأيام اللازمة للإزهار؛ إذ تراوح عدد الأيام اللازمة للإزهار بين 44-45 يوماً في جميع المعاملات.

4-1-3- عدد الأيام اللازمة للنضج (يوم):

أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة (الكثافة النباتية، مواعيد التسميد الآزوتي والتفاعل بين معاملات الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي) في صفة عدد الأيام اللازمة للنضج؛ إذ كان النضج متجانساً في جميع القطع التجريبية، وبلغ عدد الأيام اللازمة للنضج 95-96 يوماً.

4-1-4- متوسط ارتفاع النبات (سم):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (7) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) في صفة متوسط ارتفاع النبات بين معاملات الكثافة النباتية، توقيت إضافة السماد الآزوتي والتفاعل بينهما، حيث كان ارتفاع النبات الأعلى معنوياً عند الكثافة العالية (100 ألف نبات.هكتار⁻¹) (250.3 سم) في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة الدنيا (50 ألف نبات.هكتار⁻¹) (182.33 سم) ويعزى هذا التباين إلى أن الزراعة بكثافة عالية تؤدي إلى زيادة التظليل المتبادل بين النباتات، وهذا بدوره يؤدي إلى التنافس بين النباتات على متطلبات النمو، ومنها الضوء فيما سمحت الكثافة النباتية الدنيا بنفوذ كمية كبيرة من الضوء داخل المجموع الخضري، وسبب

التحطم الضوئي للأوكسينات وتوقف نمو الساق فقل بذلك ارتفاع النبات. تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (الزبيدي وزملائه، 2013 ; Emad ; 2015, Chaochen وزملائه، 2018 ; Hussein وزملائه، 2021)، وتختلف مع ما توصل إليه كل من (حسن وزملائه، 2007 ; Narges، 2013 ; Andre، 2016 ; Silva وزملائه، 2017 ; Lestari وزملائه، 2021).

أما بالنسبة لموعد إضافة السماد الآزوتي، فقد أظهرت النتائج أن ارتفاع النباتات كان الأعلى معنوياً عند إضافة السماد على دفعتين (نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) (238.83 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً في المعاملة الأولى (إضافة كامل كمية السماد الآزوتي في مرحلة الإنبات) والمعاملة الثالثة (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري الأعظمي والثلث الثالث عند الإزهار) وبدون فروق معنوية بينهما (215.17، 208.33 سم) على التوالي، الشكل رقم (1)؛ أي أن الإضافة المبكرة والمتأخرة لم تؤثر في هذه الصفة حيث أن إضافة السماد الآزوتي على دفعتين أدى إلى توفر الآزوت في التربة خلال مرحلة النمو الخضري والذي ساهم في تشكيل مسطح ورقي أخضر كبير فعال في عملية التمثيل الضوئي وبالتالي زيادة حجم المصدر وتكوين كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي وهذا الأمر ساهم في زيادة ارتفاع النبات، في حين أن إضافة هذا السماد على ثلاثة دفعات كانت فيه الدفعة الثالثة المتأخرة قد أضيفت بعد اكتمال نمو النبات في الطول، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Melakua وزملائه 2017 ; Abera وزملائه، 2020) وتختلف مع (Almodares وزملائه، 2006 ; Aleminew وزملائه، 2015 ; Jung وزملائه، 2016 ; Dargie وزملائه، 2016) .

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وموعد إضافة السماد الآزوتي، فقد بينت النتائج أن ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) (253.9 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة القليلة (50 ألف نبات.هكتار⁻¹) وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات (156.7 سم) وعند الزراعة بنفس الكثافة النباتية وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (168.7 سم) وبدون أي فروق معنوية بينهما ويعزى السبب في زيادة ارتفاع النبات عند الكثافة النباتية العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين إلى ازدياد المنافسة

بين النباتات على الضوء وزيادة تركيز الأوكسينات التي تعمل على استطالة السلاميات بالإضافة إلى توفر عنصر الأزوت في التربة واستفادة النبات منه خلال مرحلة النمو الخضري.

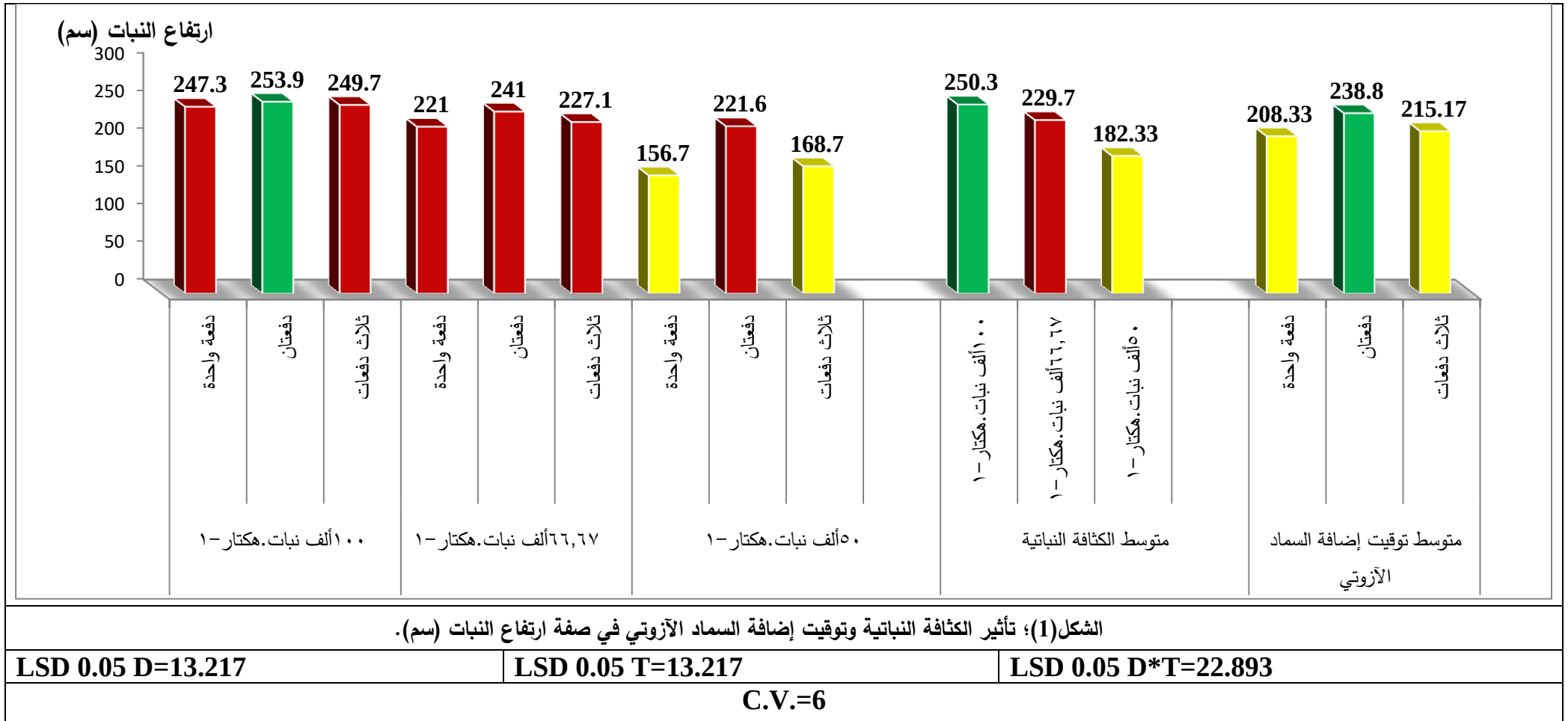
الجدول (7)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في صفة ارتفاع النبات (سم):

المتوسط	توقيت إضافة التسميد الأزوتي			الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹)
	3 دفعات	دفعتان	دفعة واحدة	
250.3 ^A	249.7 ^{ab}	253.9 ^a	247.3 ^{ab}	100
229.7 ^B	227.1 ^{bc}	241.0 ^{abc}	221 ^c	66.67
182.33 ^C	168.7 ^d	221.6 ^c	156.7 ^d	50
220.78	215.17 ^B	238.83 ^A	208.33 ^B	المتوسط
	T.D=22.893	D=13.217	T=13.217	LSD 0.05
	6			C.V.

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات. حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الأزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي).

4-1-5- المساحة الورقية (سم²):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (8) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) في صفة متوسط المساحة الورقية للنبات بين معاملات الكثافة النباتية والتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي، في حين لم تكن هنالك فروق معنوية في صفة متوسط المساحة الورقية للنبات بين معاملات توقيت إضافة السماد الأزوتي، حيث كانت المساحة الورقية الأعلى معنوياً عند الكثافة النباتية المتوسطة (66.67 ألف نبات. هكتار⁻¹) (3848 سم²) وبدون فروق معنوية مع الكثافة الدنيا (50 ألف نبات. هكتار⁻¹) (3714.33 سم²)، في حين كانت الأدنى معنوياً عند الكثافة العالية (100 ألف نبات. هكتار⁻¹) (3474 سم²) وبدون فروق معنوية مع الكثافة المنخفضة، حيث أن انخفاض الكثافة النباتية يؤدي إلى انخفاض المنافسة بين النباتات على الضوء والماء والعناصر المغذية، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (الزبيدي وزملاؤه، 2013؛ الدليمي وزملاؤه، 2014؛ Hussein وزملاؤه، 2021).



أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الآزوتي، فقد أظهرت النتائج أن إضافة السماد الآزوتي بمواعيد مختلفة لم تؤثر في صفة المساحة الورقية للنبات حيث تراوحت المساحة الورقية بين 3562 سم² عند إضافة السماد على دفعة واحدة عند الإنبات و 3752 سم² عند الإضافة على ثلاث دفعات الشكل رقم (2)، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (El-Telib, 2004) وتختلف مع ما توصل إليه (Hosein وزملاؤه، 2007).

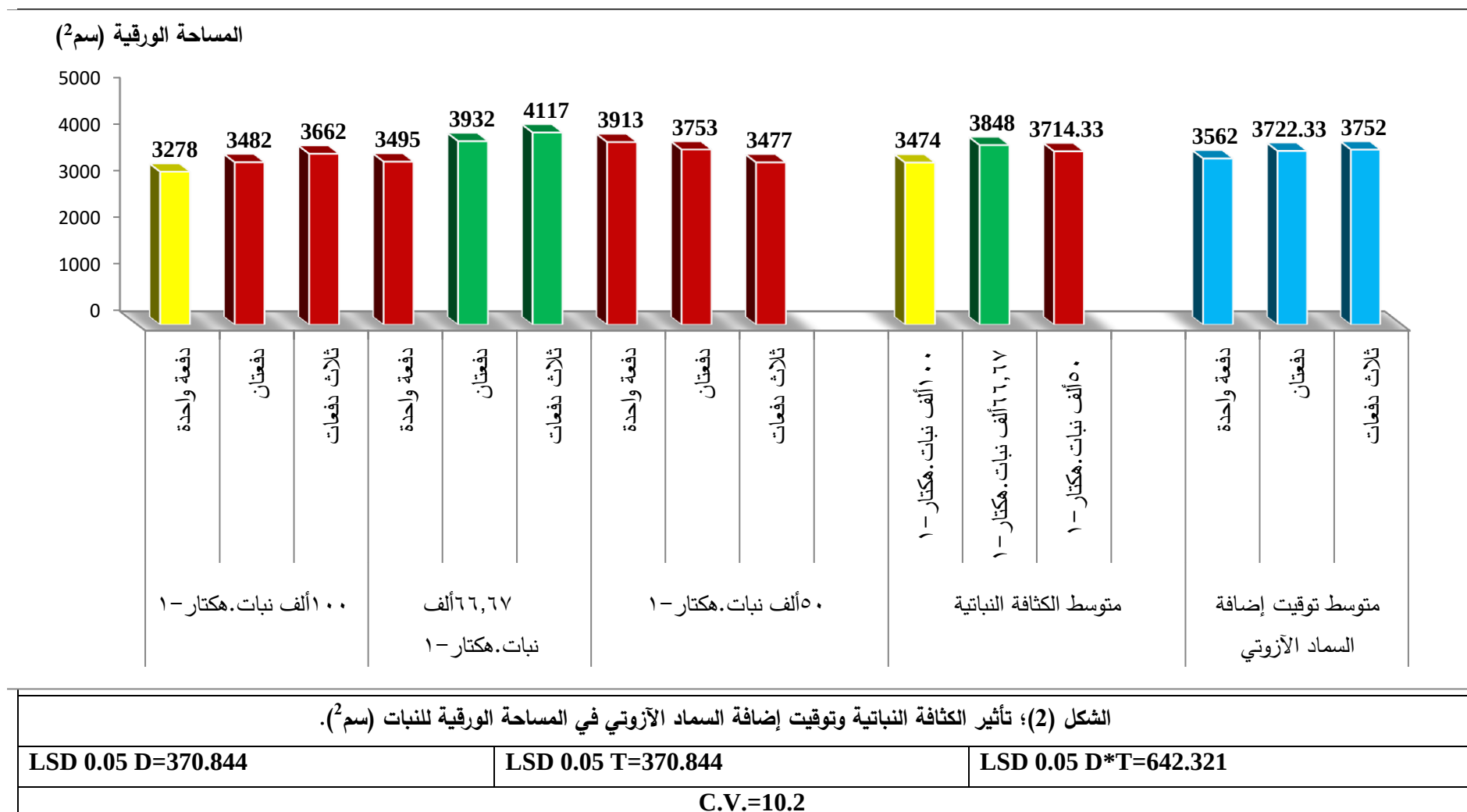
أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي، فقد بينت النتائج أن المساحة الورقية كانت الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة المتوسطة (66.67 ألف نبات.هكتار⁻¹) وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات وعلى دفعتين (3932، 4117 سم² على التوالي) وبدون فروق معنوية مع الكثافة القليلة (50 ألف نبات.هكتار⁻¹) وجميع مواعيد إضافة السماد الآزوتي، وبدون فروق معنوية مع الكثافة المتوسطة (66.67 ألف نبات.هكتار⁻¹) وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة، وبدون فروق معنوية أيضاً مع الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات، في حين كانت الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية (100 ألف نبات.هكتار⁻¹) وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات (3278 سم²) وبدون فروق معنوية أيضاً مع معظم التفاعلات، ويعزى السبب في ذلك إلى زيادة المنافسة بين النباتات على متطلبات النمو من ماء وضوء ومواد مغذية عند الزراعة بالكثافة العالية بالإضافة إلى فقدان عنصر الآزوت نتيجة للغسل مع مياه الري عند إضافته على دفعة واحدة عند الإنبات الأمر الذي أثر سلباً على المساحة الورقية للنبات.

الجدول (8)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في المساحة الورقية للنبات (سم²):

المتوسط	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹)
	3 دفعات	دفعتان	دفعة واحدة	
3474 ^B	3662 ^{ab}	3482 ^{ab}	3278 ^b	100
3848 ^A	4117 ^a	3932 ^a	3495 ^{ab}	66.67
3714.33 ^{AB}	3477 ^{ab}	3753 ^{ab}	3913 ^{ab}	50
3678.78	3752 ^A	3722.33 ^A	3562 ^A	المتوسط
	T.D=642.321	D=370.844	T= 370.844	LSD 0.05
	10.2			C.V.

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الآزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي).



4-1-6- دليل المساحة الورقية:

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (9) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) في صفة دليل المساحة الورقية بين معاملات الكثافة النباتية، والتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي، في حين لم تكن هناك فروق معنوية في صفة دليل المساحة الورقية بين معاملات توقيت إضافة السماد الآزوتي، حيث كان دليل المساحة الورقية الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية (100 ألف نبات.هكتار⁻¹) (3.259)، في حين كان الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة القليلة (50 ألف نبات.هكتار⁻¹) (1.828)، وتعزى الزيادة في دليل المساحة الورقية بزيادة الكثافة النباتية إلى قلة المسافة الزراعية بين النبات والآخر، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Muinkaara وزملائه، 2009؛ عبود وزملائه، 2016 Chaochen وزملائه، 2018).

أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الآزوتي، فقد أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية في دليل المساحة الورقية بين مختلف مواعيد إضافة السماد الآزوتي، حيث تراوح دليل المساحة الورقية بين 2.372 عند إضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات و2.594 عند إضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) الشكل رقم (3)، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (El-Telib، 2004) وتختلف مع (Abera وزملائه، 2021).

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد بينت النتائج أن دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية (100 ألف نبات. هكتار⁻¹) وبغض النظر عن موعد إضافة السماد الآزوتي (3.215، 3.284، 3.278)، في حين كان الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة القليلة (50 ألف نبات. هكتار⁻¹) وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات (1.652) نتيجة لزيادة المسافة بين النبات والآخر عند الزراعة بالكثافة القليلة وفقدان عنصر الآزوت مع مياه الري عند إضافته على دفعة واحدة عند الإنبات وبالتالي عدم استفادة النبات منه خلال مراحل النمو الأخرى.

الجدول (9)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في صفة دليل المساحة الورقية:

المتوسط	توقيت إضافة التسميد الأزوتي			الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹)
	3 دفعات	دفعتان	دفعة واحدة	
3. 259 ^A	3.278 ^a	3.284 ^a	3.215 ^a	100
2. 401 ^B	2.331 ^{bc}	2.623 ^b	2. 25 ^{bc}	66.67
1.828 ^C	1.957 ^{cd}	1.876 ^{cd}	1.652 ^d	50
2.496	2.522 ^A	2.594 ^A	2. 372 ^A	المتوسط
	T.D=0.438	D=0.253	T=0.253	LSD 0.05
	9.7			C.V.

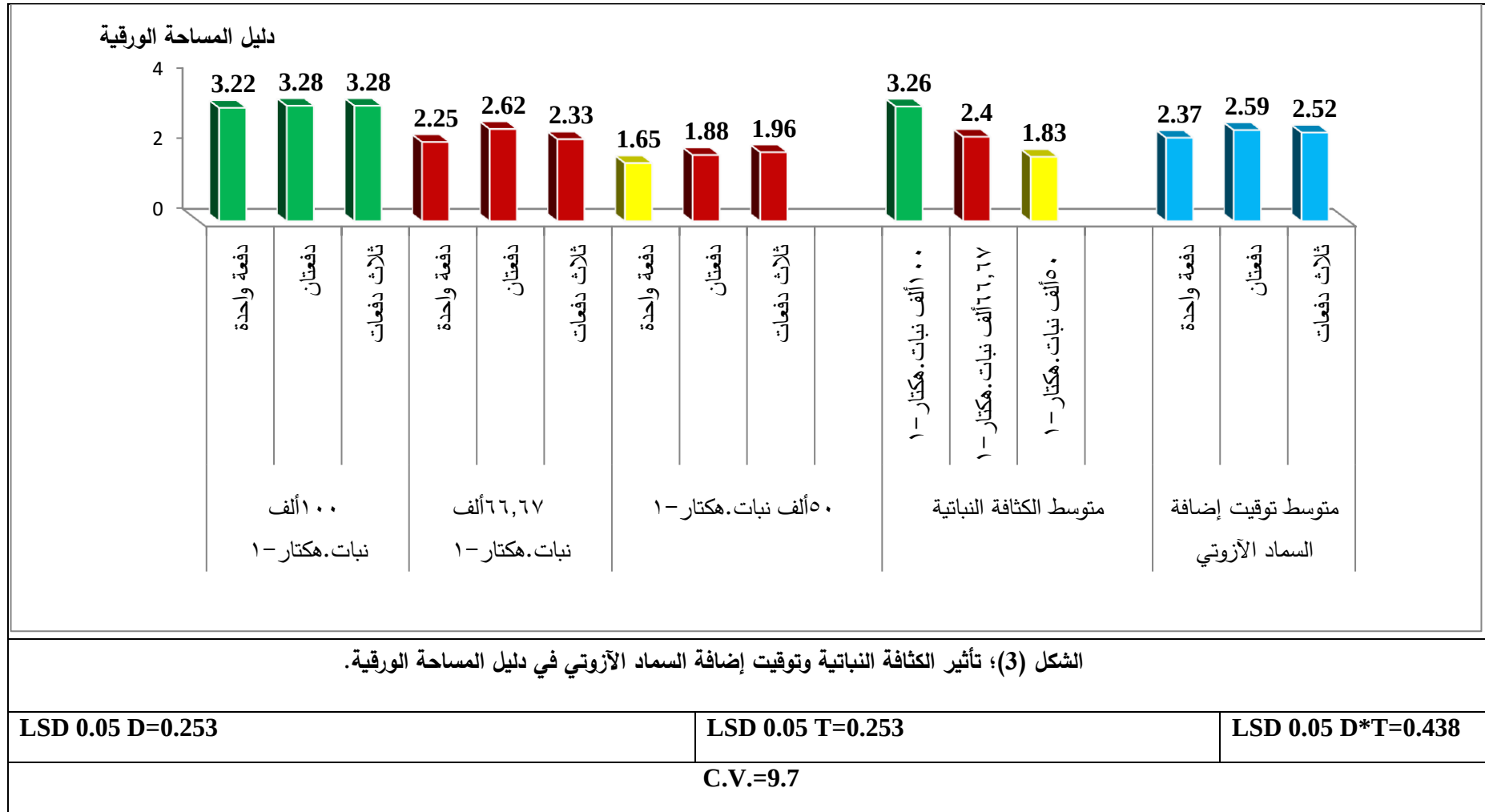
تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الأزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي).

4-1-7- طول العتكل (سم):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (10) عدم وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) في صفة متوسط طول العتكل للنبات بين معاملات الكثافة النباتية، وبين مواعيد إضافة السماد الأزوتي والتفاعل بينها، حيث تراوح طول العتكل بين 21.41 سم في معاملة الكثافة النباتية القليلة (50 ألف نبات. هكتار⁻¹) و 22.33 سم عند الزراعة بالكثافة العالية (100 ألف نبات. هكتار⁻¹)، تختلف هذه النتائج مع ما توصل إليه (Wondimu وزملائه، 2004؛ Emad، 2015؛ Kondombo وزملائه، 2004)، حيث أن زيادة الكثافة النباتية تؤدي تشكيل مسطح ورقي أكبر مما يزيد من نشاط عملية التمثيل الضوئي وتكوين كمية أكبر من نواتج هذه العملية ونقلها من المصدر إلى المصب.

وبالنسبة لتوقيت إضافة السماد الأزوتي فقد أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية في صفة طول العتكل، حيث تراوح طول العتكل بين 21.49 سم عند إضافة السماد الأزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات و 22.22 سم عند الإضافة على دفعتين، وتختلف هذه النتائج مع ما توصل إليه (Melakua وزملائه، 2017؛ Abera وزملائه، 2021؛ Temeche وزملائه، 2021)، الشكل رقم (4).



أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد تراوح طول العتلول بين 20.22 سم عند الزراعة بالكثافة القليلة (50 ألف نبات. هكتار⁻¹) وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات و 22.44 سم عند الزراعة بالكثافة العالية (100 ألف نبات. هكتار⁻¹) وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي).

الجدول (10)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة طول العتلول (سم):

المتوسط	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹)
	3 دفعات	دفعتان	دفعه واحدة	
22.33 ^A	22.22 ^a	22.44 ^a	22.33 ^a	100
21.56 ^A	22.33 ^a	22.11 ^a	20.25 ^a	66.67
21.41 ^A	20.22 ^a	22.11 ^a	21.89 ^a	50
21.77	21.59 ^A	22.22 ^A	21.49 ^A	المتوسط
	T.D=2.652	D=1.531	T=1.531	LSD 0.05
	7.1			C.V.

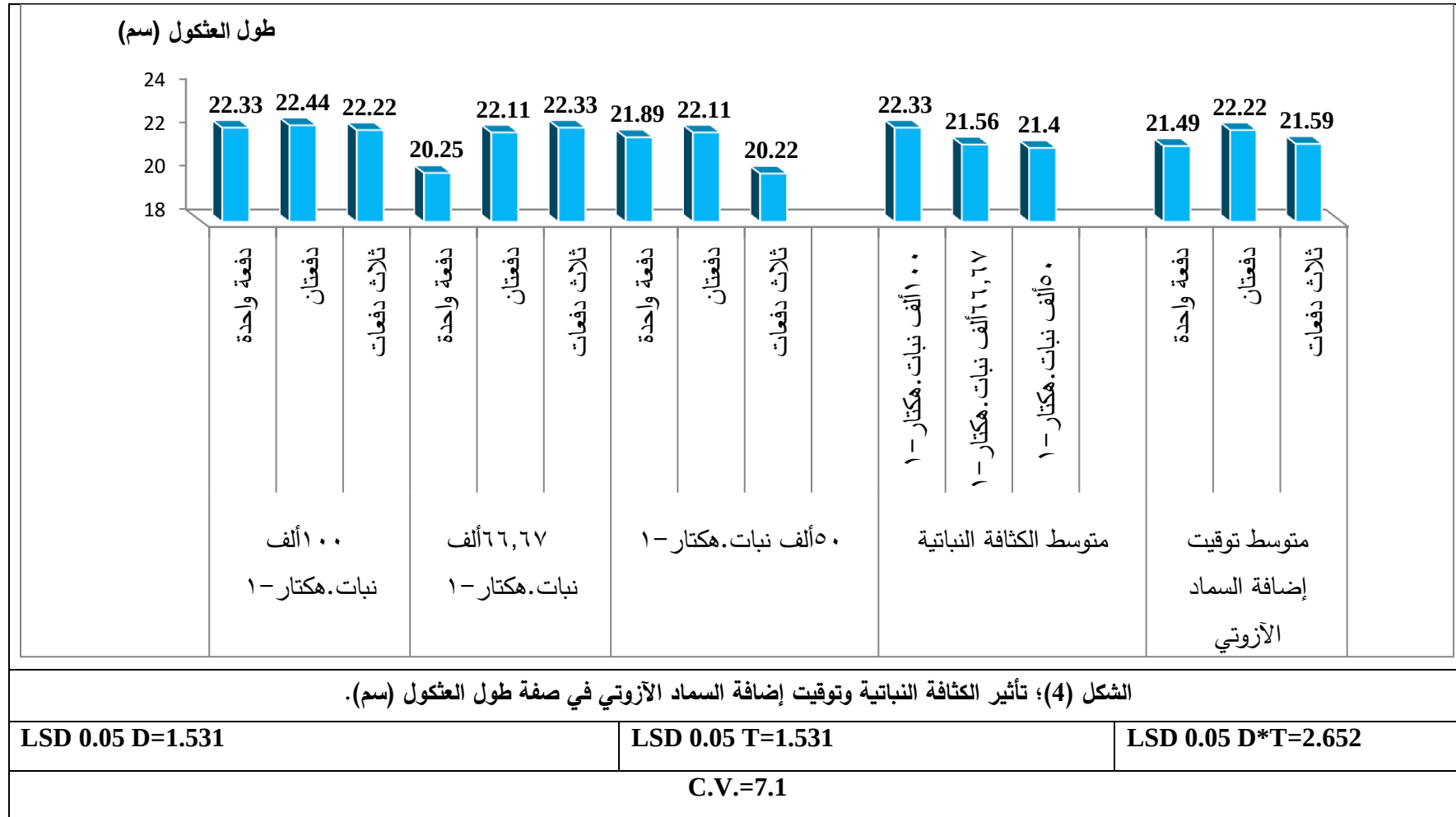
تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الآزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي).

2-4- الصفات الكمية Quantitative traits:

4-2-1- الوزن الجاف للنبات (غ):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (11) عدم وجود فروقات معنوية ($P < 0.05$) في صفة متوسط الوزن الجاف للنبات بين معاملات الكثافة النباتية، توقيت إضافة السماد الآزوتي، في حين كانت الفروق معنوية بالنسبة للتفاعل بينهما، حيث تراوح الوزن الجاف بين 678 غ و 742.59 غ عند الزراعة باستعمال الكثافة النباتية العالية (100 و 50 ألف نبات. هكتار⁻¹) على التوالي.



أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الآزوتي، فقد أظهرت النتائج أن إضافة السماد الآزوتي بمواعيد مختلفة لم تؤثر في صفة الوزن الجاف للنبات، وتراوح هذا الوزن بين 693.19 و 748.89 غ عند إضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات وعلى دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) على التوالي، الشكل رقم (5).

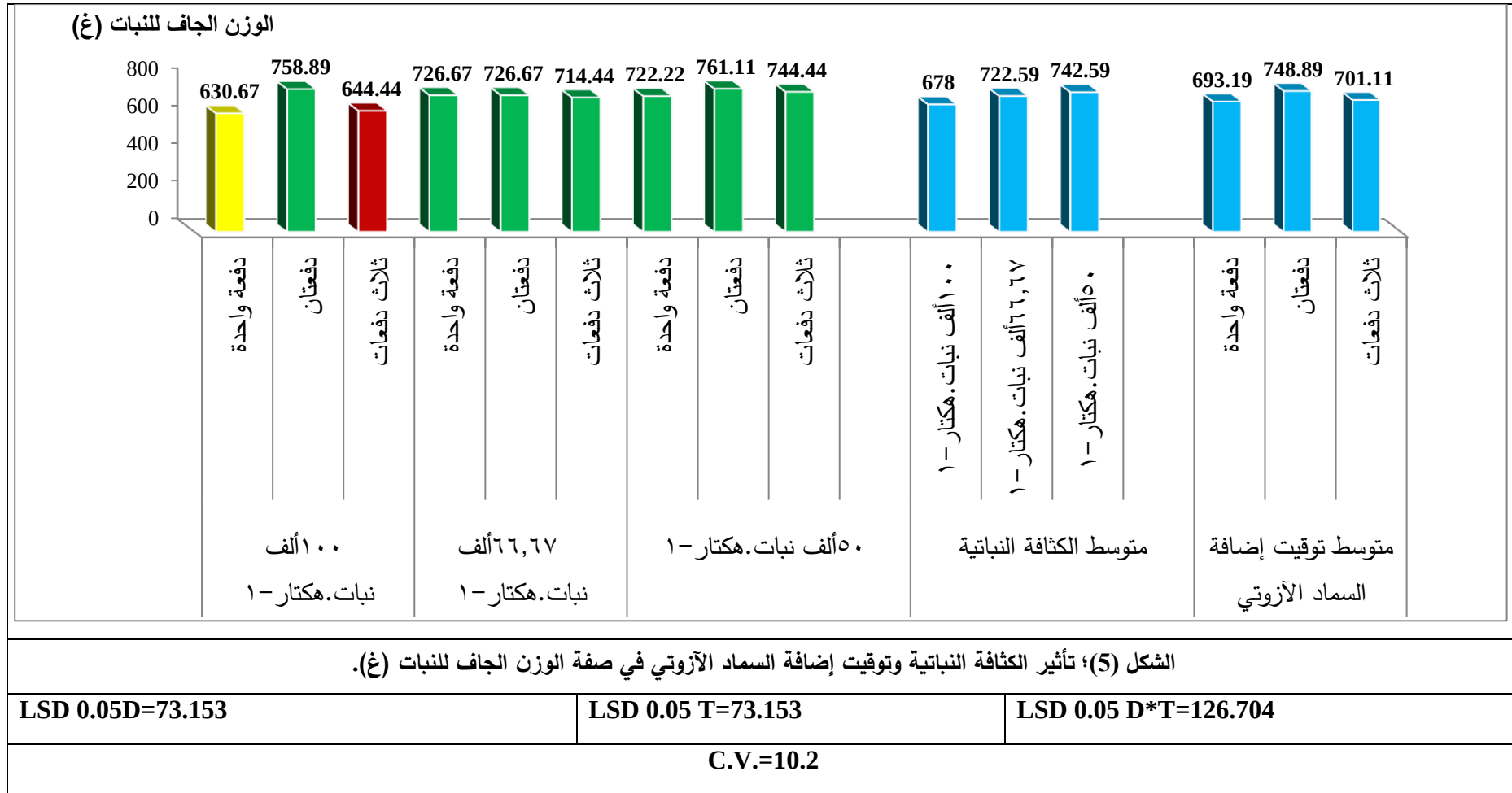
أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي، فقد بينت النتائج أن الوزن الجاف كان الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة الدنيا وإضافة السماد الآزوتي على دفعتين (761.11 غ) دون وجود فروق معنوية مع معظم التفاعلات الأخرى، في حين كان الوزن الجاف للنبات الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات (630.67 غ)، يعزى هذا الانخفاض في الوزن الجاف للنبات نتيجة لزيادة المنافسة بين النباتات على متطلبات النمو من ماء ومواد مغذية بالإضافة إلى فقدان عنصر الآزوت الهام للنمو الخضري نتيجة لغسله مع مياه الري مما أدى إلى انخفاض نمو النبات وعدم تشكيل مسطح ورقي كبير وفعال في عملية التمثيل الضوئي وبالتالي انخفاض كمية المواد الجافة المصنعة بهذه العملية الأمر الذي انعكس سلباً في وزن النبات الجاف.

الجدول (11)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الوزن الجاف للنبات (غ):

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹)	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			المتوسط
	دفعة واحدة	دفتان	3 دفعات	
100	630.67 ^b	758.89 ^a	644.44 ^{ab}	678.00 ^A
66.67	726.67 ^a	726.67 ^a	714.44 ^a	722.59 ^A
50	722.22 ^a	761.11 ^a	744.44 ^a	742.59 ^A
المتوسط	693.19 ^A	748.89 ^A	701.11 ^A	714.39
LSD 0.05	T=73.153	D=73.153	T.D=126.704	
C.V.	10.2			

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الآزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي).



4-2-2- وزن العتכול (غ):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (12) وجود فروقات معنوية ($P < 0.05$) في صفة متوسط وزن العتכול بين معاملات الكثافة النباتية المدروسة، وموعد إضافة السماد الآزوتي والتفاعل بينهما، حيث كان هذا الوزن الأعلى معنوياً عند الكثافة القليلة والمتوسطة (28.91 و 28.52 غ) على التوالي ودون وجود فروقات معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة العالية (22.48 غ)، ويعزى ازدياد وزن العتכול بانخفاض الكثافة النباتية إلى انخفاض المنافسة بين النباتات وبالتالي الاستفادة من متطلبات النمو (ماء، مواد مغذية، ضوء... الخ) بشكل أكبر وهذا ينعكس ايجاباً على مكونات الغلة، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Sahu وزملاؤه، 2018 ; Emad، 2015)، الشكل رقم (6).

أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد أظهرت النتائج، أن وزن العتכול الأعلى معنوياً كان عند إضافة السماد الآزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات (31.71 و 31.6 غ) على التوالي دون وجود فروق معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل كمية السماد الآزوتي عند الإنبات (16.6 غ)، ويعزى هذا الأمر إلى أن توفر عنصر الآزوت في التربة في المراحل المتأخرة من نمو النبات يساهم في إطالة فترة اخضرار المسطح الورقي واستمرارية عمله في التمثيل الضوئي أي زيادة حجم المصدر لتكوين المادة الجافة ومن ثم نقلها باتجاه المصب (الحبوب) وزيادة حجمها ما ينعكس ايجاباً على وزن العتכול، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Abera وزملاؤه، 2020 ; Temeche وزملاؤه، 2021).

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد بينت النتائج، أن وزن العتכול كان الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة المتوسطة وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (33.92) غ ودون فروق معنوية مع معظم التفاعلات بين الكثافة النباتية والتسميد على دفعتين أو 3 دفعات، في حين كانت الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة (9 غ) وتعزى زيادة وزن العتכול مع انخفاض الكثافة النباتية وإضافة السماد الآزوتي على دفعات نتيجةً لانخفاض المنافسة بين النباتات على متطلبات النمو من ماء ومواد مغذية وبالتالي زيادة ما هو متوافر منها للنبات

الواحد من جهة بالإضافة إلى توفر الأزوت خلال مراحل نمو النبات المختلفة عند إضافة السماد الأزوتي على دفعات مما ساهم في الاستعمال الفعال للمغذيات وهذا أدى إلى تشكيل مسطح ورقي أكبر واعتراض كمية أكبر من الأشعة الضوئية وبالتالي تشكيل كمية أكبر من نواتج عملية التمثيل الضوئي في المصدر ونقلها إلى المصب (الحبوب) الأمر الذي أثر إيجاباً في متوسط وزن العتلول.

الجدول (12)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في متوسط وزن العتلول (غ).

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹)	توقيت إضافة التسميد الأزوتي			المتوسط
	دفعات 3	دفعتان	دفعات واحدة	
100	27.72 ^b	30.72 ^{ab}	9 ^d	22.48 ^B
66.67	33.92 ^a	33.2 ^{ab}	18.46 ^c	28.52 ^A
50	33.17 ^{ab}	31.22 ^{ab}	22.33 ^c	28.91 ^A
المتوسط	31.6 ^A	31.71 ^A	16.6 ^B	26.64
LSD 0.05	N.S=5.358	S=3.094	N=3.094	
C.V.	11.6			

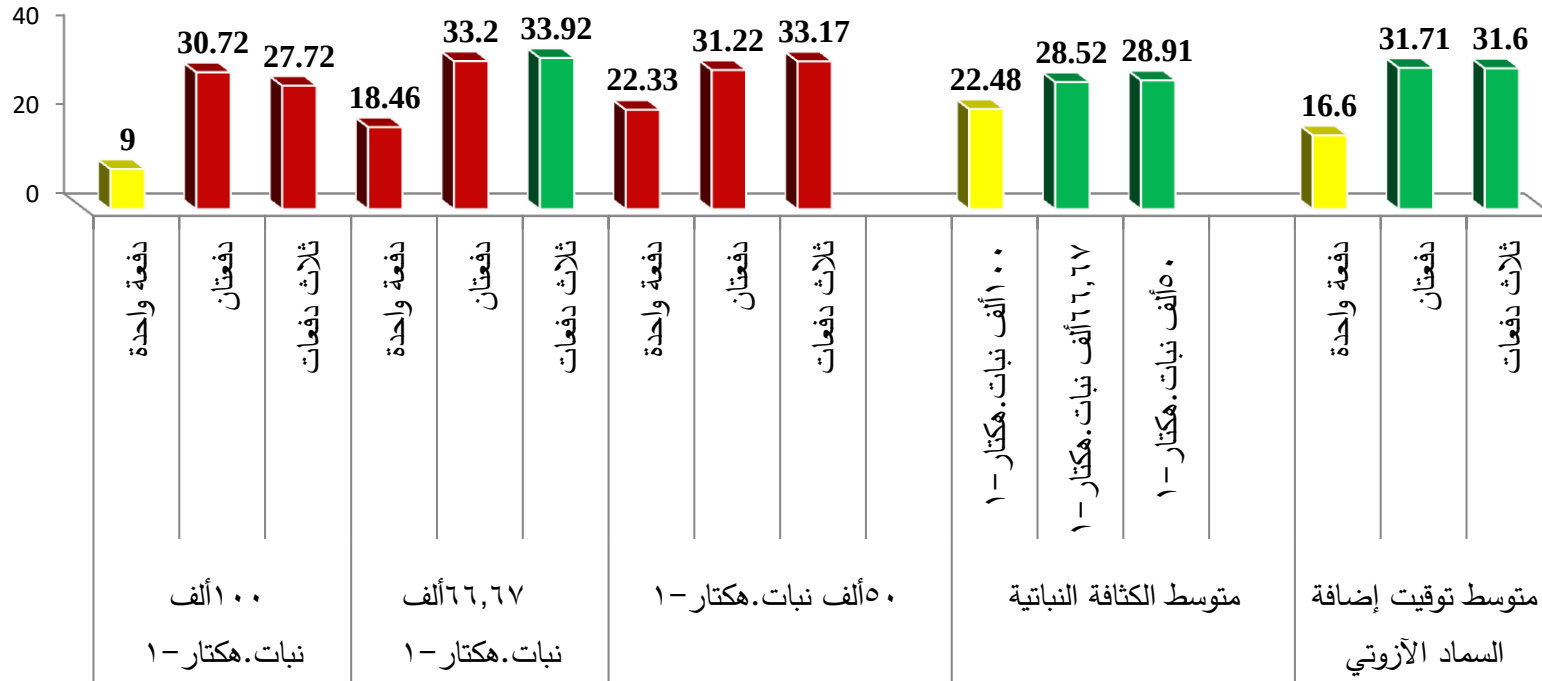
تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الأزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي).

4-2-3- وزن المئة حبة (غ):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (13) عدم وجود فروقات معنوية ($P < 0.05$) في صفة متوسط وزن المئة حبة بين معاملات الكثافة النباتية، حيث تراوح الوزن بين 2.221 و 2.888 عند الزراعة باستخدام الكثافة النباتية العالية والمتوسطة على التوالي، تختلف هذه النتائج مع ما توصل إليه (حسن وزملاؤه، 2007 ; Soleymani وزملاؤه، 2011; Emad، 2015; Kondombo وزملاؤه، 2017 ; Dembele وزملاؤه، 2020; Lestari وزملاؤه، 2021) والذين وجدوا أن الكثافة النباتية أثرت معنوياً في وزن المئة حبة وعزوا ذلك إلى أنه مع زيادة الكثافة النباتية انخفض عدد الأوراق وهذا أدى إلى انخفاض نواتج عملية التمثيل الضوئي اللازمة لامتلاء الحبة بالإضافة إلى زيادة المنافسة بين الجذور على المغذيات المعدنية مما أدى إلى انخفاض وزن المئة حبة مع ازدياد الكثافة النباتية .

وزن العنكول (غ)



الشكل (6)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في متوسط وزن العنكول (غ).

LSD 0.05 S=3.094

LSD 0.05 N=3.094

LSD 0.05 S*N=5.358

C.V.=11.6

أما بالنسبة لمواعيد إضافة السماد الأزوتي فقد أظهرت النتائج أيضاً عدم وجود فروقات معنوية بين المعاملات السمادية المختلفة، حيث تراوح الوزن بين 2.215 و 2.837 غ عند إضافة الآزوت على دفعة واحدة و على دفعتين على التوالي، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Temeche وزملاؤه، 2021 ; Aleminew وزملاؤه 2016)، ولكنها تختلف مع (Abera وزملاؤه 2021 ; Melakua وزملاؤه، 2017 ; Madineh وزملاؤه، 2014) والذين وجدوا أن زيادة وزن المئة حبة عند إضافة السماد الأزوتي على دفعات كان بسبب الاستخدام الفعال للمغذيات وهذا أدى إلى تشكيل مسطح ورقي أكبر واعتراض كمية أكبر من الأشعة الضوئية وبالتالي تشكيل كمية أكبر من نواتج عملية التمثيل الضوئي في المصدر ونقلها إلى المصب (الحبوب) مما أدى إلى زيادة وزن الحبوب، الشكل رقم (7).

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي فقد بينت النتائج أن وزن المئة حبة الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة المتوسطة وإضافة السماد الأزوتي على ثلاث دفعات (3.2 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الأزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات (1.926 غ)، حيث أدى انخفاض الكثافة النباتية إلى زيادة شدة الإضاءة وازدياد فعالية أنزيم Nitrate reductase الذي يعمل على اختزال النترات ومن ثم ازدياد كمية البروتين المتكونة فتزداد بذلك كمية المادة الجافة المتراكمة وبالتالي زيادة وزن المئة حبة فضلاً عن أن انخفاض الكثافة النباتية يؤدي إلى ازدياد الوزن الأولي للزهيرات وازدياد معدلات نمو وامتلاء الحبة خلال طور تخزين النشاء، بالإضافة إلى توفر الآزوت في التربة في المراحل الأخيرة من نمو النباتات والذي ساهم في استمرارية نشاط عملية التمثيل الضوئي فترة زمنية أطول وبالتالي تكوين كمية أكبر من نواتج هذه العملية وانتقالها إلى الحبوب ما يساهم في زيادة حجم الحبة وبالتالي وزن الـ 100 حبة.

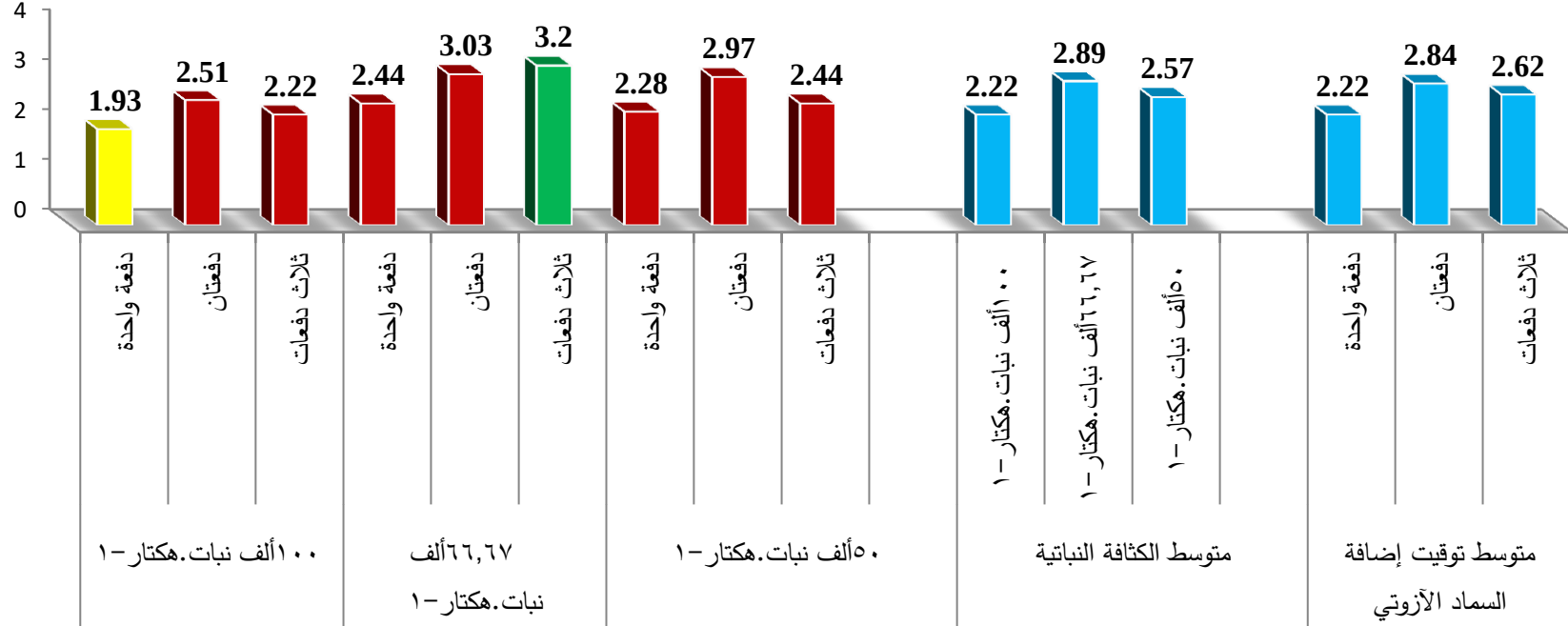
الجدول (13): تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في صفة وزن 100 حبة (غ):

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹)	توقيت إضافة التسميد الأزوتي			المتوسط
	دفعات واحدة	دفعتان	3 دفعات	
100	1.926 ^b	2.512 ^{ab}	2.224 ^{ab}	2.221 ^A
66.67	2.436 ^{ab}	3.029 ^{ab}	3.2 ^a	2.888 ^A
50	2.284 ^{ab}	2.97 ^{ab}	2.443 ^{ab}	2.566 ^A
المتوسط	2.215 ^A	2.837 ^A	2.622 ^A	2.558
LSD 0.05	T=0.718	D=0.718	T.D=1.243	
C.V.	28			

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروقات معنوية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الأزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي).

وزن المنة حبة (غ)



الشكل (7)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في صفة وزن 100 حبة (غ).

LSD 0.05 D=0.718

LSD 0.05 T=0.718

LSD 0.05 D*T=1.243

C.V.=7.1

4-2-4- الغلة الحبية (طن.هكتار⁻¹):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (14) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) في صفة الغلة الحبية بين معاملات الكثافة النباتية، موعد إضافة السماد الأزوتي والتفاعل بينهما، حيث كانت الغلة الحبية الأعلى معنوياً عند الكثافة العالية (100) ألف نبات.هكتار⁻¹ (2.248 طن.هكتار⁻¹) في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة القليلة (50) ألف نبات.هكتار⁻¹ (1.445) طن.هكتار⁻¹، ويعزى سبب زيادة الغلة الحبية بزيادة الكثافة النباتية إلى زيادة دليل المساحة الورقية واعتراض أكبر كمية من الإشعاع الشمسي وزيادة نمو المحصول والذي انعكس على تراكم المادة الجافة بالإضافة إلى زيادة عدد النباتات في وحدة المساحة بالرغم من انخفاض غلة النبات الواحد إلا أنه عوض عنه بعدد النباتات وحدة المساحة. تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (حسن وزملاؤه، 2007; Soleymani وزملاؤه 2011; Narges وزملاؤه، 2013; الزبيدي وزملاؤه، 2013; Emad، 2015; Kondombo وزملاؤه، 2017; Sahu وزملاؤه، 2018; Dembele وزملاؤه، 2020).

أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الأزوتي فقد أظهرت النتائج، أن الغلة الحبية الأعلى معنوياً كانت عند إضافة السماد الأزوتي على دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) (2.282 طن.هكتار⁻¹) وعند إضافة السماد الأزوتي على ثلاث دفعات (ثلث كمية السماد الأزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري الأعظمي والثلث الأخير عند الإزهار) (2.231 طن.هكتار⁻¹) في حين كان الأدنى معنوياً عند إضافة كامل كمية السماد الأزوتي عند الإنبات (1.082 طن.هكتار⁻¹) ويعود ذلك إلى أن إضافة الأزوت على دفعة واحدة عند الإنبات سينتج عنه فقدان هذا العنصر من خلال الغسل مع مياه الري وبالتالي الاصفرار المبكر للأوراق ما ينتج عنه انخفاض نشاط التمثيل الضوئي وقلة نواتج هذه العملية الأمر الذي انعكس سلباً على الغلة الحبية ومكوناتها، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Temeche وزملاؤه، 2021; Melakua وزملاؤه، 2017)، وتختلف مع (Aragaw وزملاؤه، 2020; Davidson، 2017)، الشكل رقم (8).

بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي فقد بينت النتائج أن الغلة الحبية كانت الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية (100) ألف نبات.هكتار⁻¹ وإضافة السماد الأزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الأزوتي عند الإنبات والنصف الثاني في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) (3.072 طن.هكتار⁻¹)، وعند نفس الكثافة النباتية وإضافة السماد الأزوتي على ثلاث دفعات (ثلث كمية السماد الأزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري الأعظمي والثلث الأخير عند الإزهار) (2.772 طن.هكتار⁻¹) في حين كانت الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية (100) ألف نبات.هكتار⁻¹ وإضافة السماد الأزوتي على دفعة واحدة (0.9 طن.هكتار⁻¹) ويعزى هذا كما ذكرنا أعلاه إلى دور الأزوت في المحافظة على عملية التمثيل الضوئي من خلال زيادة حجم المسطح الورقي الأخضر الفعال في النبات ونقل نواتج هذه العملية باتجاه الحبوب بالإضافة إلى أهمية الأزوت في تشكيل جزيئات الكلوروفيل ضمن الصانعات الخضراء.

الجدول (14)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في صفة الغلة الحبية (طن.هكتار⁻¹):

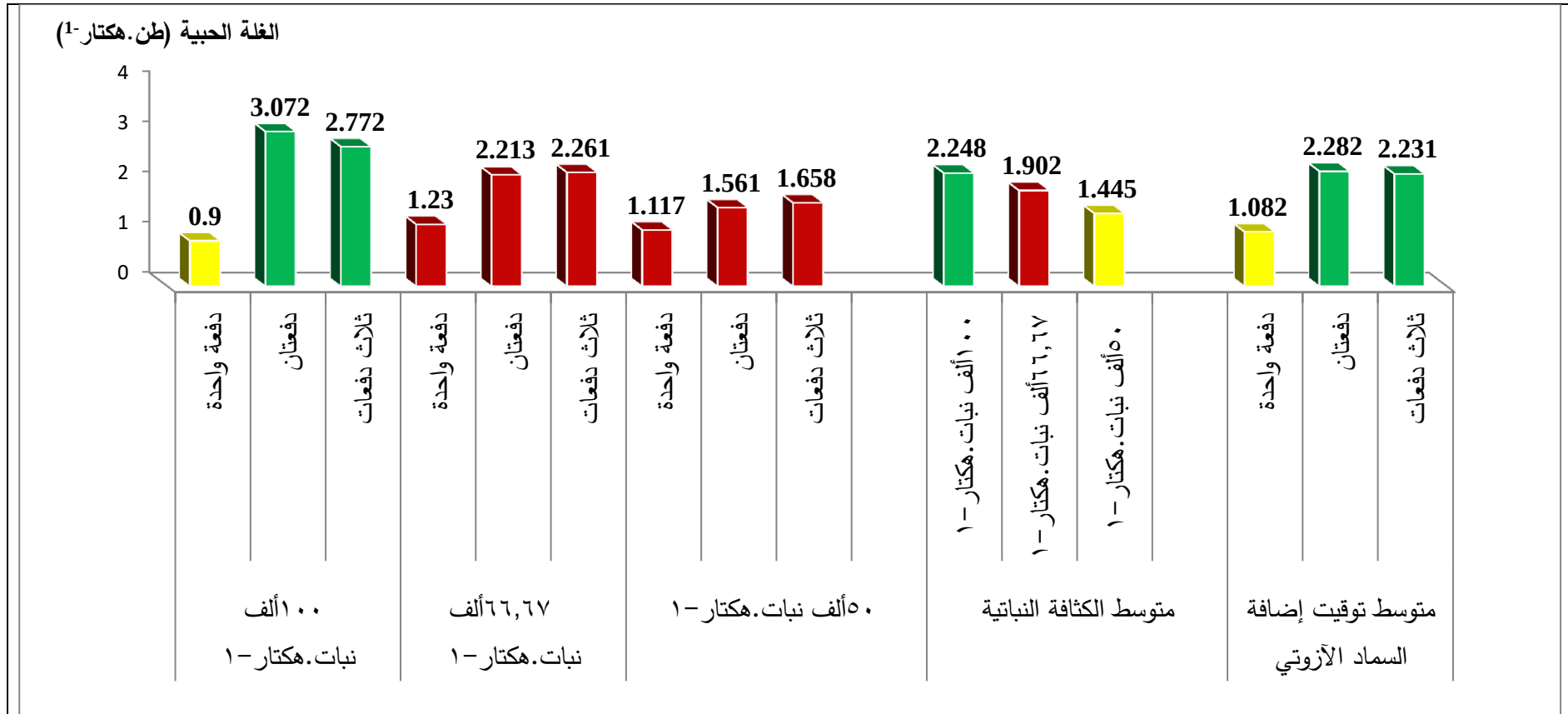
المتوسط	توقيت إضافة التسميد الأزوتي			الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹) (¹)
	3 دفعات	دفعتان	دفعة واحدة	
2.248 ^A	2.772 ^a	3.072 ^a	0.9 ^e	100
1.902 ^B	2.261 ^b	2.213 ^b	1.230 ^{cde}	66.67
1.445 ^c	1.658 ^c	1.561 ^{cd}	1.117 ^{de}	50
1.865	2.231 ^A	2.282 ^A	1.082 ^B	المتوسط
	T.D=44.873	D=25.907	T=25.907	LSD 0.05
	13.9			C.V.

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الأزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي).

4-2-5- الغلة الحيوية (طن.هكتار⁻¹):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (15) وجود فروقات معنوية ($P < 0.05$) في صفة الغلة الحيوية بين معاملات الكثافة النباتية، والتفاعل بين معاملات الكثافة النباتية ومواعيد إضافة السماد الأزوتي، في حين كانت الفروق غير معنوية في صفة الغلة الحيوية بين مواعيد إضافة السماد الأزوتي.

الشكل (8)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي في صفة الغلة الحبية (طن.هكتار⁻¹).

LSD 0.05 D=25.907

LSD 0.05T=25.907

LSD 0.05 D*T=44.873

C.V.=13.09

بالنسبة لمعاملات الكثافة النباتية كانت الغلة الحيوية الأعلى معنوياً عند الكثافة النباتية العالية (100 ألف نبات.هكتار⁻¹) (68 طن.هكتار⁻¹)، في حين كان الأدنى معنوياً عند الكثافة القليلة (50 ألف نبات.هكتار⁻¹) (37.13 طن.هكتار⁻¹) تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Kondombo وزملاؤه، 2017; Wondimu وزملاؤه، 2004 ; الدليمي وزملاؤه، 2014)، ويعزى سبب زيادة الغلة الحيوية بزيادة الكثافة النباتية إلى زيادة عدد النباتات في وحدة المساحة والذي انعكس إيجاباً في زيادة ارتفاع النبات ودليل المساحة الورقية وبالتالي زيادة كمية الضوء المعترض من قبل المسطح الورقي الذي ينعكس إيجاباً في صافي التمثيل الضوئي ومن ثم الغلة الحيوية.

أما بالنسبة لتوقيت إضافة الأزوت فقد بينت النتائج، عدم وجود فروقات معنوية بين مختلف المعاملات المدروسة في صفة الغلة الحيوية، حيث تراوحت هذه الغلة بين 49.41 طن. هكتار⁻¹ عند إضافة السماد الأزوتي على دفعة واحدة عند الإنبات و 54.13 كغ.هكتار⁻¹ عند إضافة السماد الأزوتي على دفعتين (نصف كمية السماد الأزوتي عند الإنبات والنصف الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري الأعظمي) وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Alegnew وزملائه، 2016; Aragaw وزملائه، 2016) وتختلف مع (Madineh وزملائه، 2014; Abera وزملائه، 2021)، الشكل رقم (9).

أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي فقد بينت النتائج أن الغلة الحيوية الأعلى معنوياً كانت عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الأزوتي على دفعتين (75.89 طن.هكتار⁻¹)، في حين كانت الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة النباتية القليلة (50 ألف نبات.هكتار⁻¹) وبغض النظر عن موعد إضافة السماد الأزوتي (37.22, 38.06, 36.11 طن.هكتار⁻¹) على التوالي ويعزى هذا الانخفاض إلى قلة عدد النباتات في وحدة المساحة مقارنةً مع الكثافة العالية.

الجدول (15)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة الغلة الحيوية (طن.هكتار⁻¹):

المتوسط	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ⁻¹)
	3 دفعات	دفعتان	دفعة واحدة	
68 ^A	64.44 ^b	75.89 ^a	63.67 ^b	100
48.18 ^B	47.63 ^{cde}	48.45 ^c	48.45 ^c	66.67
37.13 ^c	37.22 ^f	38.06 ^{cef}	36.11 ^f	50
51.10	49.77 ^A	54.13 ^A	49.41 ^A	المتوسط
	T.D=9.705	D=5.603	T=5.603	LSD 0.05
	11			C.V.

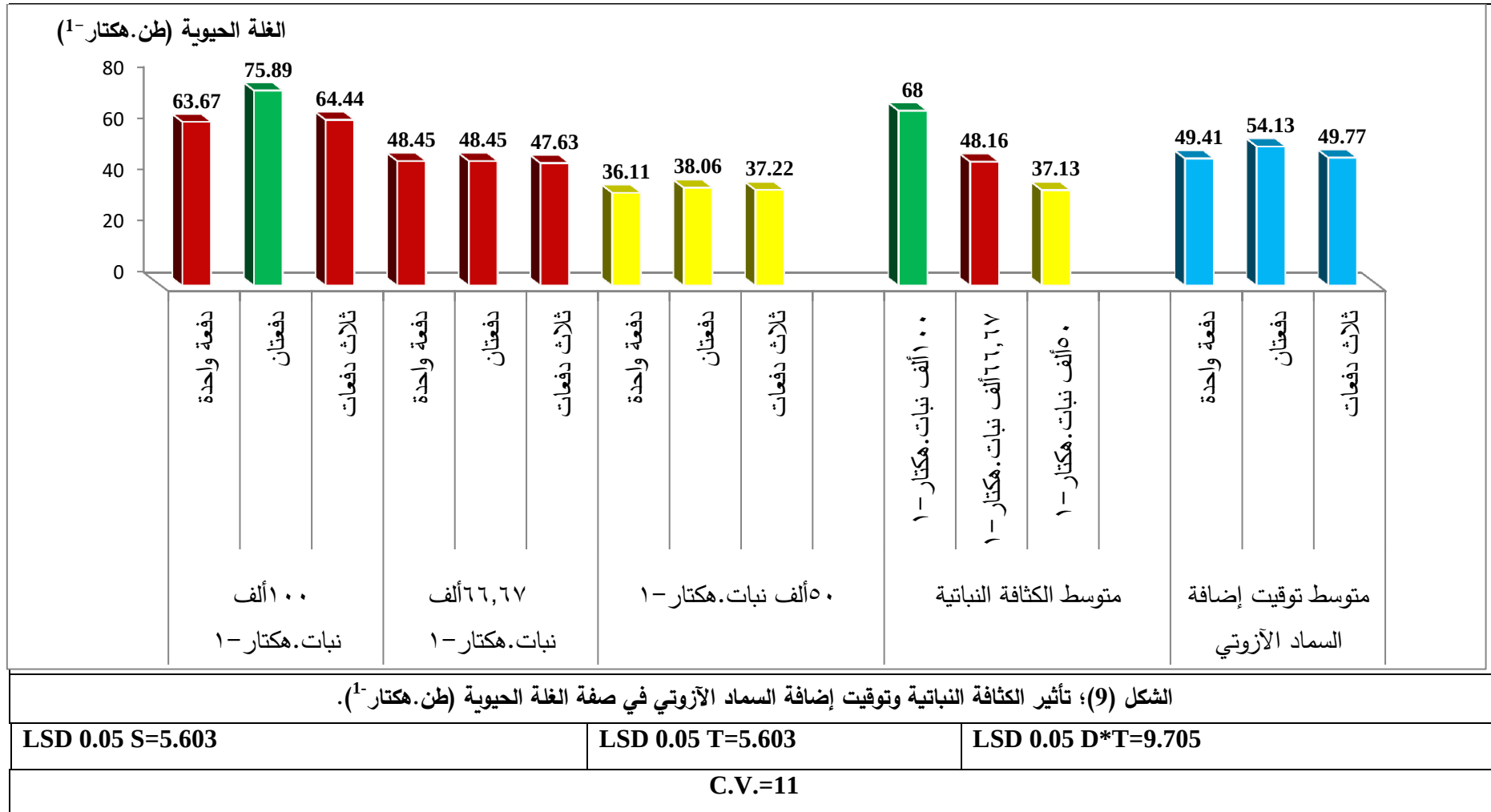
تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الآزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي).

4-2-6- دليل الحصاد (%)

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول (16) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) في صفة دليل الحصاد بين معاملات الكثافة النباتية، موعد إضافة السماد الآزوتي والتفاعل بينهما، حيث كان دليل الحصاد الأعلى معنوياً عند الزراعة باستعمال الكثافة النباتية المتوسطة (66.67 ألف نبات.هكتار⁻¹) (3.87 %) وعند الكثافة القليلة (50 ألف نبات.هكتار⁻¹) (3.819 %) دون وجود فروق معنوية بينهما، في حين كان دليل الحصاد الأدنى معنوياً عند الكثافة العالية (100) ألف نبات.هكتار⁻¹ (3.268 %). تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Sahu وزملائه، 2018).

أما بالنسبة لتوقيت إضافة السماد الآزوتي فقد أظهرت النتائج، أن دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً عند إضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (ثلث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثلث الثاني في منتصف مرحلة النمو الخضري الأعظمي والثلث الأخير عند الإزهار) (4.5 %) وعند إضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) (4.149 %) دون وجود فروق معنوية بينهما، في حين كانت قيمته الأدنى معنوياً عند إضافة كامل كمية السماد الآزوتي عند الإنبات (2.308 %)، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Abera وزملائه، 2021)، الشكل رقم (10).



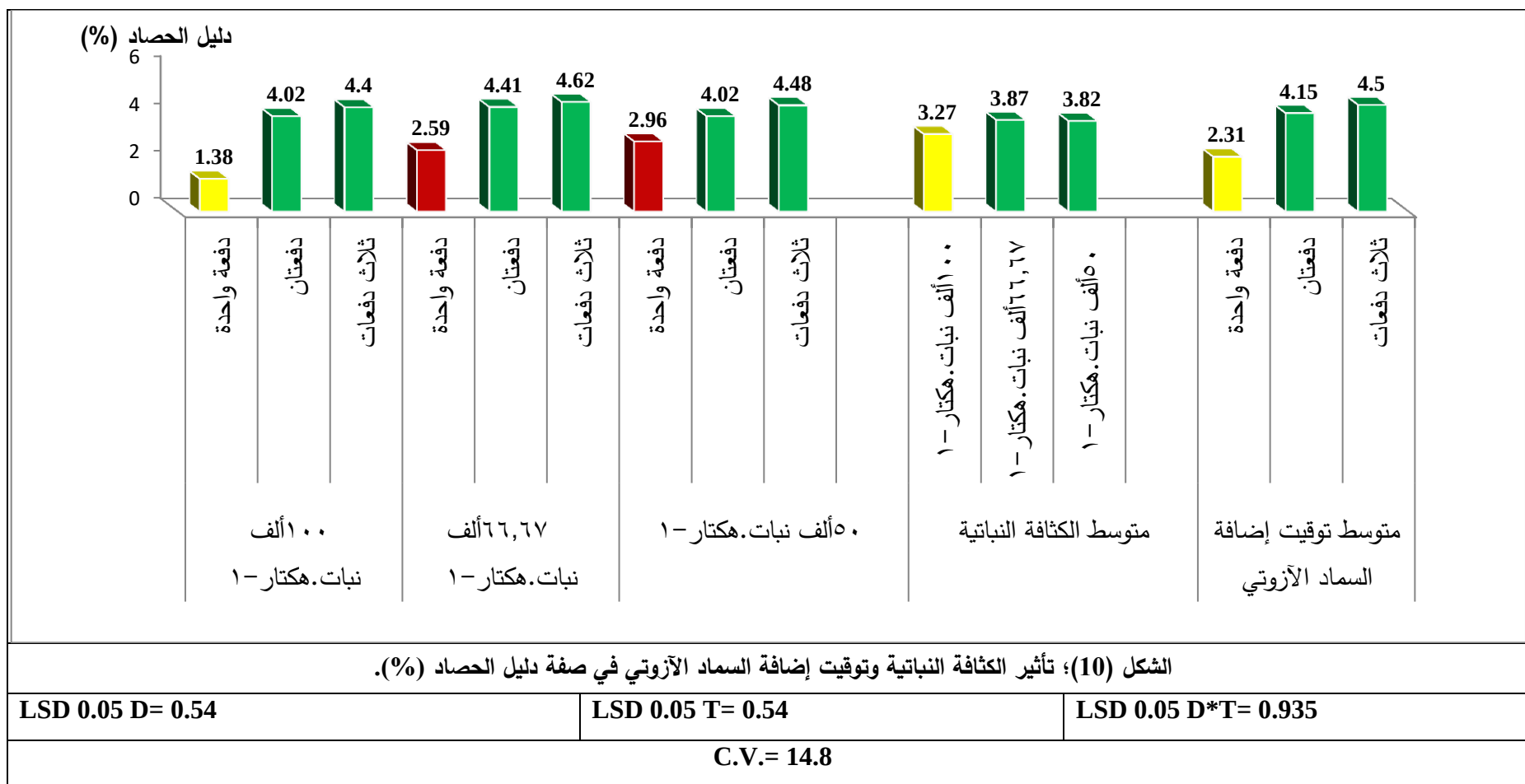
أما بالنسبة للتفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي، فقد بينت النتائج أن دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً عند الزراعة بالكثافة المتوسطة وإضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (ثلاث كمية السماد الآزوتي عند الإنبات والثالث الثاني في مرحلة النمو الخضري الأعظمي والثالث الأخير عند الإزهار) (4.617 %) دون وجود فروق معنوية بينها وبين معاملات التسميد الآزوتي على دفعتين وثلاث دفعات وبغض النظر عن الكثافة النباتية المستعملة، في حين كانت قيمته الأدنى معنوياً عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الآزوتي على دفعة واحدة (1.379 %) ويعزى زيادة قيمة دليل الحصاد عند إضافة السماد الآزوتي على دفعات بسبب الاستخدام الفعال للمغذيات المعدنية نتيجة توفر الآزوت خلال مراحل النمو المختلفة وهذا أدى إلى تشكيل مسطح ورقي أكبر واعتراض كمية أكبر من الأشعة الضوئية وبالتالي تشكيل كمية أكبر من نواتج عملية التمثيل الضوئي في المصدر ونقلها إلى المصب (الحبوب) مما أدى إلى زيادة وزن الحبوب والغلة الحبية مما أدى إلى زيادة قيمة دليل الحصاد.

الجدول (16)؛ تأثير الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي في صفة دليل الحصاد (%):

الكثافة النباتية (ألف نبات. هكتار ¹)	توقيت إضافة التسميد الآزوتي			المتوسط
	دفعة واحدة	دفعتان	3 دفعات	
100	1.379 ^c	4.022 ^a	4.402 ^a	3.268 ^B
66.67	2.586 ^b	4.407 ^a	4.617 ^a	3.87 ^A
50	2.958 ^b	4.018 ^a	4.481 ^a	3.819 ^A
المتوسط	2.308 ^B	4.149 ^A	4.5 ^A	3.65
LSD 0.05	T=0.54	D=0.54	T.D=0.935	
C.V.	14.8			

تشير الأحرف المتشابهة إلى عدم وجود فروق معنوية بين المتوسطات.

حيث: D (الكثافة النباتية)، T (توقيت إضافة السماد الآزوتي)، و T.D (التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الآزوتي).



3-4- علاقات الارتباط البسيط Simple Correlation بين الصفات المدروسة:

يُعد إيجاد قيم معامل الارتباط بين الصفات المدروسة أحد المؤشرات الإحصائية المهمة التي تُمكن من تحديد المعايير الانتخابية Selection indexes، ويُشير الارتباط إلى العلاقة الموجودة بين متغيرين أو أكثر، ويمكن من خلاله معرفة مدى التغير الذي يحدث في إحدى الصفات، والذي يؤدي إلى تغير في الصفة الأخرى باتجاه طردي (ارتباط موجب)، أو عكسي (ارتباط سالب). تتيح دراسة علاقات الارتباط البسيط بين الصفات إمكانية التحسين للصفات المرغوبة والمرتبطة معنوياً مع بعضها بعضاً، وتُفسر بوجود مورثات مرتبطة Linked genes، إضافةً إلى التعبير المختلف لهذه المورثات، كما أنّ العوامل البيئية تؤدي دوراً كبيراً في علاقات الارتباط هذه، حيث إنها تؤدي أحياناً إلى إظهار صفة معينة بأشكال مختلفة، بحسب تفاعل هذه المورثات مع الظروف البيئية المختلفة، أو ما يسمى اصطلاحاً Genotype* environment interaction تفاعل العوامل الوراثية مع العوامل البيئية، التي تحدد مدى ثباتية الصفة Stability، ومن ثم أهميتها كمعيار انتخاب.

لوحظ وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين المساحة الورقية وارتفاع النبات ($r=0.4731^*$)، وارتبط طول العتكل بعلاقة موجبة ومعنوية جداً مع ارتفاع النبات ($r = 0.9571^{**}$)، وبالعلاقة موجبة ومعنوية مع المساحة الورقية ($r= 0.6036^*$) وبينت النتائج أن وزن العتكل ارتبط بعلاقة موجبة ومعنوية مع كل المساحة الورقية ووزن المئة حبة ($r = 0.4069^*$ ، $r = 0.534^*$ على التوالي). جدول رقم (17).

أظهرت نتائج دراسة علاقات الارتباط البسيط وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين الغلة الحبية وارتفاع النبات، وطول العتكل، ووزن المئة حبة، ووزن العتكل ($r = 0.4945^*$ ، $r = 0.4069^*$ ، $r = 0.5414^*$ ، $r = 0.6582^*$ على التوالي)، تُشير قيم علاقات الارتباط السابقة إلى أهمية المحافظة على حجم المصدر (زيادة ارتفاع النبات يؤدي لزيادة عدد الأوراق المتشكلة، وزيادة طول العتكل) لزيادة كمية الأشعة الفعالة في عملية التمثيل الضوئي الممتصة (I)، ومن ثمَّ زيادة كمية المادة الجافة المصنَّعة، وخاصةً خلال مرحلة ما بعد الإزهار Post-anthesis، حيث يُساعد ذلك في زيادة درجة امتلاء الحبوب، وخاصةً في حال توافر

المياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب لزيادة كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر، وخاصة الأوراق إلى المصب (الحبوب) جدول رقم (17)، كما بينت النتائج وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين الغلة الحيوية والغلة الحبية ($r = 0.5445^*$)، وارتبط دليل الحصاد بعلاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً مع كل من وزن العتكل والغلة الحبية ($r = 0.9755^{**}$ ، $r = 0.7274^{**}$ على التوالي)، بالإضافة لوجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين دليل الحصاد والمساحة الورقية وبين دليل الحصاد ووزن المئة حبة ($r = 0.4005^*$ ، $r = 0.4466^*$ على التوالي). وارتبط دليل المساحة الورقية بعلاقة ارتباط موجبة ومعنوية جداً مع الغلة الحيوية ($r = 0.9171^{**}$)، وعلاقة ارتباط موجبة ومعنوية مع الغلة الحبية ($r = 0.5306^*$)، بالإضافة لوجود علاقة ارتباط سالبة ومعنوية بين دليل المساحة الورقية والمساحة الورقية ($r = -0.6189^*$). الجدول رقم (17).

الجدول رقم (17)؛ قيم معامل الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية:

الصفة	PH	LA	PL	WDP	100KW	PW	GY	BY	HI	LAI
PH	-									
LA	*0.4731	-								
PL	**0.9571	*0.6036	-							
WDP	0.1957	0.2466	0.2562	-						
100KW	0.1289	0.0171	-0.3801	0.1067	-					
PW	0.2606	*0.4069	0.2321	0.3789	*0.534	-				
GY	*0.4945	0.0803	*0.4069	0.0785	*0.5814	*0.6582	-			
BY	0.2211	-0.3931	0.156	-0.3986	0.2645	-0.2392	*0.5445	-		
HI	0.2903	*0.4005	0.2428	0.3521	*0.4466	**0.9755	**0.7274	-0.1629	-	
LAI	0.3009	*-0.6189	0.2585	-0.1628	0.1195	-0.2369	*0.5306	**0.9171	-0.1041	-

* الارتباط معنوي عند مستوى معنوية $P < 0.05$

** الارتباط معنوي عند مستوى معنوية $P < 0.01$

PH	LA	PL	WDP	100KW	PW	GY	BY	HI	LAI
ارتفاع النبات	المساحة الورقية	طول العتكل	الوزن الجاف للنبات	وزن المئة حبة	وزن العتكل	الغلة الحبية	الغلة الحيوية	دليل الحصاد	دليل المساحة الورقية

الخاتمة

بينت نتائج الدراسة وجود تأثير كبير للكثافة النباتية ومواعيد إضافة السماد الآزوتي، وقد كانت هذه الفروق معنوية من حيث تأثير المعاملات في معظم الصفات التطورية والشكلية والكمية لمحصول الذرة البيضاء؛ إذ تفوقت الكثافة العالية في الحصول على أعلى عائد من الغلة الحبية والغلة الحيوية، كما أدت إضافة السماد الآزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات إلى الحصول على أعلى عائد من الغلة الحبية؛ مما يشير إلى أهمية إضافة السماد الآزوتي على دفعات، تبعاً لحاجة المحصول، وذلك لتحسين أداء النباتات وزيادة كفاءتها الإنتاجية مع الحفاظ على النظم البيئية.

الاستنتاجات Conclusion

- 1- أدت الزراعة بالكثافة العالية إلى الحصول على أعلى قيمة لمتوسط ارتفاع النبات ودليل المساحة الورقية والغلة الحبية والغلة الحيوية.
- 2- لم يؤثر اختلاف الكثافة النباتية في متوسط طول العتكل، ومتوسط الوزن الجاف للنبات، ومتوسط وزن المئة حبة.
- 3- لم يؤثر توقيت إضافة السماد الآزوتي بمواعيد مختلفة في متوسط المساحة الورقية، ودليل المساحة الورقية، ومتوسط طول العتكل، ومتوسط الوزن الجاف للنبات، ومتوسط وزن المئة حبة، ومتوسط الغلة الحيوية.
- 4- لم تكن هناك فروق معنوية في متوسط المساحة الورقية، ومتوسط وزن العتكل ودليل الحصاد عند الزراعة بالكثافة القليلة والمتوسطة.
- 5- لم تكن هناك فروق معنوية عند إضافة السماد الآزوتي على دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) وعند إضافة السماد الآزوتي على ثلاث دفعات (ثلث الكمية عند

الإنبات والثلث الثاني في مرحلة النمو الخضري الأعظمي والثلث الأخير عند الإزهار) في متوسط وزن العتكل ومتوسط الغلة الحبية ودليل الحصاد.

6- لم تكن هناك فروق معنوية بين الكثافات النباتية، وتوقيت إضافة السماد الأزوتي، والتفاعل بينهما في كل من عدد الأيام اللازمة للإنبات، وعدد الأيام اللازمة للإزهار، وعدد الأيام اللازمة للنضج.

7- تباينت المؤشرات المدروسة عند التفاعل بين الكثافة النباتية وتوقيت إضافة السماد الأزوتي وكانت أعلى قيمة للغلة الحبية عند الزراعة بالكثافة العالية وإضافة السماد الأزوتي على دفعتين وعلى ثلاث دفعات.

8- يُساعد وجود كميات كافية من المياه، وعنصر الأزوت المضاف في المراحل التطورية المناسبة على زيادة الغلة الحبية ومكوناتها، وتحسين مردود المحصول وإنتاجيته.

التوصيات Recommendation:

1- يُوصى بزراعة الذرة البيضاء بكثافات عالية (100000) نبات.هكتار¹ نظراً لعدم مقدرة نباتات الذرة البيضاء عند الزراعة بالكثافة المنخفضة (50000) نبات.هكتار¹ والكثافة المتوسطة (66666) نبات.هكتار¹ على تعويض النقص الحاصل في عدد النباتات من خلال زيادة مكونات الغلة الحبية.

2- يُوصى بإضافة السماد الأزوتي على دفعتين (نصف عند الإنبات والنصف الآخر في مرحلة النمو الخضري الأعظمي) لأنه أدى إلى الحصول على أعلى غلة حبية وأفضل القيم لمعظم المؤشرات المدروسة.

3- بناءً على ما سبق يُقترح استمرارية تنفيذ هذه الدراسة لتحديد حزمة التقانات الزراعية المثلى لمحصول الذرة البيضاء وفي كل منطقة زراعية بالإضافة إلى إجراء المزيد من الدراسات حول هذا المحصول لما له من أهمية اقتصادية من خلال إدخال المزيد من مواعيد التسميد الأزوتي ومعدلاته وطرق إضافته والمزيد من الكثافات الزراعية وفي مواقع بيئية مختلفة.

المراجع

المراجع العربية:

1. الجبوري، صالح، وأنور، آرول. (2009). تأثير مستويات ومواعيد اضافة مختلفة من السماد النتروجيني في نمو صنفين من الذرة الصفراء. المجلة الأردنية في العلوم الزراعية. 5 (1).
2. الدليمي، نهاد، والنمراوي، سامر. (2014). تأثير مراحل القطع والمسافة بين الجور في بعض صفات النمو وحاصل العلف للذرة البيضاء. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، 12(2).
3. الزبيدي، صفاء، والجبوري، رشيد. (2013). تأثير الكثافات النباتية في نمو وحاصل ونوعية العلف الأخضر لصنفين من الذرة البيضاء (Sorghum bicolor L. Moench). مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 5 (2): 167-175.
4. العاني، علاء عبد الغني حسين شويش. (2011). تأثير التغذية الورقية بالزنك والتسميد البوتاسي في صفات النمو والحاصل ونوعيته لصنفين من الذرة البيضاء. رسالة ماجستير، كلية الزراعة- جامعة الأنبار. ع. ص. 79.
5. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. (1960). وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، مديرية الإحصاء. الجمهورية العربية السورية.
6. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. (2020). وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، مديرية الإحصاء. الجمهورية العربية السورية.
7. المنظمة العربية للتنمية الزراعية. (2020). الكتاب السنوي.
8. جيايد، صدام، وهاشم، مها، وقاسم، سنا. (2014). انسب أول موعد لإضافة اليوريا لبعض أصناف الذرة البيضاء. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 45(2): 151-156.
9. حسن، سعد، ومهدي، عامر، ومحمد، ليلي. (2007). استجابة الذرة البيضاء للكثافات النباتية ومستويات النتروجين.

10. حسين، سالم، وعبد الزهرة ظاهر. (2005). استجابة صنفين من الذرة البيضاء

(*Sorghum bicolor L*) لمسافات الزراعة بين السطور والمواقع في جنوب العراق.

11. شهاب، حسن. (2005). المراعي والبادية. الجزء النظري والعملي. منشورات جامعة البعث، كلية الزراعة.

12. عبد الرحمن، عبد الرحمن عمر. (2017). تأثير الكثافة النباتية على معدل النمو والإنتاجية في نبات الذرة البيضاء صنف (أبو سبعين). جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، كلية الدراسات الزراعية، قسم علوم المحاصيل الحقلية.

13. عبود، نهاد، وأحمد، ياسين. (2016). استجابة صنفين من الذرة البيضاء

(*Sorghum bicolor L. Moench*) للكثافة النباتية. مجلة الأنبار للعلوم الزراعية (2) 14.

14. عنتر، فاطمة، ومحمد عبد العزيز. (2020). تأثير الكثافة النباتية والتسميد الأزوتي في بعض الصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية للذرة البيضاء (*Sorghum bicolor L*). المجلة السورية للبحوث العلمية الزراعية. 7(2): 215-230.

15. محمد أمين، أوميد نوري (1988). مبادئ المحاصيل الحقلية، مطبعة جامعة البصرة، ص 159-160.

16. يعقوب، رلى، ونمر، يوسف. (2010). تقانات إنتاج محاصيل الحبوب والبقول (الجزء النظري). منشورات جامعة دمشق.

17. يونس، سالم عبد الله، والحسن، عباس مهدي. (2012). تأثير مواعيد الزراعة والكثافة النباتية في صفات نمو صنفين من الذرة الصفراء، كلية الزراعة والغابات، قسم المحاصيل الحقلية، جامعة الموصل.

المراجع الأجنبية:

- 1- Abd Aziz, S., Stewart, B. L., Birell, S. J., Kasper, T. C. and Shrestha, D. S. (2004). **Ultrasonic sensing for corn plant canopy characterization. ASEA Annual International Meeting.** ARS-Agricultural Research Service. USDA United Department of Agriculture. Paper No. 04-041120. U.S.A.
- 2- Abdul Rehman, A. (2009). **Production Potential Of Spring Maize (*Zea mays L.*) Under Various Agro-Management Practices.** A Thesis of Doctor of Philosophy in Agronomy. The Controller of Examinations, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- 3- Abera, K., Tana, T. and Takele, A. (2020). **Effect of Rates and Time of Nitrogen Fertilizer Application on Yield and Yield Components of Sorghum [*sorghum bicolor (L.) Moench*] at Raya Valley, Northern Ethiopia.** International Journal of Plant Breeding and Crop Science, 7(1): 598-612.
- 4- Abunyewa, A. A., Ferguson, B. R., Wortmann, S. C. and Mason, C. S. (2017). **Grain sorghum nitrogen use as affected by planting practice and nitrogen rate.** Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 17 (1): 155-166.
- 5- Adams, C., Erickson, E. J., Campbell, N. D., and Singh M. (2015). **Effects of Row Spacing and Population Density on Yield of Sweet Sorghum: Applications for Harvesting as Billets.** Agronomy Journal, 107(5).
- 6- Adrian, G. B., Viorel, I., Marin, D., Nicoleta, I. and Lenuța I. E. (2017). **Sorghum Biomass Yield at Different Plant Densities.** Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LX.
- 7- Ahmed, A. G, Zaki, N. M., and Hassanein, M. S. (2007). **Response of grain sorghum to different nitrogen sources.** Res of Agri and Biological Sci, 3(6): 1002 – 1008.
- 8- Al-Badrani, I. M. A., Al-Kubaisi, S. I. Y. and Al-Khafaji, A. H. A. (2012). **The effect of different plant densities on the growth and yield of two varieties of sorghum.** Al-Qasim Green Journal of Agricultural Sciences: 8 (4).

- 9- Alderfasi, A. A., Selim M. M. and Alhammad, A. (2016). **Evaluation of Plant Densities and Various Irrigation Regimes of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under Low Water Supply**. Journal of Water Resource and Protection, 8, 1-11.
- 10-Aleminew, A., Legas, A., Misganaw, M. and Mamo, M. (2015). **Yield Response of Sorghum to Timing of Urea Fertilizer Application in Eastern Amhara Region, Ethiopia**. World Journal of Agricultural Sciences, 11 (3): 144-150 .
- 11-Almodares, A. and Mostafafi Darany, S. M. (2006). **Effects of planting date and time of nitrogen application on yield and sugar content of sweet sorghum**. Journal of Environmental Biology. 27(3) 601-605.
- 12-Amin, M. E. H. (2011). **Effect of different nitrogen sources on growth, yield and quality of fodder maize (*Zea mays* L.)**. J. Saudi Soc. Agric. Sci., 10:17-23.
- 13-Andre, M., Vander, F. S., Geraldo, A. G. and Pedro, G. F. (2016). **Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance**. Ciência Rural, Santa Maria, 46(3): 434-439.
- 14-Anonymous (2011). **Nitrogen application in corn production**. Agronomy Research Summaries. Pioneer Canada, Pdfs.
- 15-Aragaw, S. K., Abush, T. H., Gedamu, A. S. and Shibeshi, H. T. (2020). **Identification of Best Split Application Frequency and Timing of Nitrogen Fertilizer for Sorghum (*Sorghum bicolor*) in Eastern Amhara**. Journal of Environment and Earth Science, 10(6).
- 16-Arunakumari, H., & Rekha, S. (2016). **Plant density and nitrogen in sorghum**. International Journal of Science Natural, 7(4): 702–706.
- 17-Ayub, M., Nadeem, M. A., Tahir, M., Ghafoor, A. and Naeem, M. (2010). **Comparative Studies on the growth forage yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Varieties under irrigated conditions of Faisalabad**. Pak .J. life Soc. Sci. 8(2): 94-97.

- 18-Bekele, H. K., Verkuijl, H., Mwangi, W. and Tanner, D. (2000). **Adoption of Improved Wheat Technologies in Adaba and Dodola Woredas of the Bale Highlands**. Ethiopia. Second National Maize and Wheat Workshop. 12-16 November 2000; Addis Ababa. International Maize and Wheat Improvement Center (and Ethiopian Agricultural Research Organization (EARO). Addis Ababa, Ethiopia.
- 19-Berenguer, M.J., and Faci, J. M. (2001). **A note on the estimation of leaf area in two varieties of sorghum**. Annals Arid Zone, 5(2). Pp 255-256.
- 20-Bishnoi, V. R. (1966). **Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water Supply**. European Journal of Agronomy, 15: 43–55.
- 21-Blankenau, K., Olfs, H. W. and Kuhlmann, H. (2002). **Strategies to improve the efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied to winter wheat**. Journal Agronomy and Crop. Sci 188:146-154.
- 22-Blumenthal, J., Baltensperger, D., Cassman, K. G., Mason, S., and Pavlista, A. (2008). **Importance and effect of nitrogen on crop quality and health, Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management**, Elsevier, Oxford, 2nd edition.
- 23-Borrell, A. K., Mullet, J. E., George-jaeggli, B. and Osterom, E. J. V. (2014). **Drought adaptation of stay-green sorghum is associated with canopy development, leaf anatomy, root growth , and water uptake**. Journal of Experimental Botany 2014:1-13.
- 24-Brady, N. and Weil, R. (2008). **Soil colloids: seat of soil chemical and physical acidity**. Pearson Education Inc: Upper Saddle River, NJ, USA. p. 311-358.
- 25-Bueno, A. and Atkins, R. E. (1981). **Estimation of individual leaf area in grain sorghum. Iowa State**. Journal of Research. 55:4, 341-349.

- 26-Celato, T., Tanner, D. G., Mamo, T. and Gebeyehu, 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.** Proceeding the Ninth Regional Wheat Workshop for Eastern, Central and Southern Africa. Addis Ababa. Ethiopia 44:195-204.
- 27-Chaochen, T., Chuandong, S., Feng, C., Asif, A., Tongcheng F., Guang, H. et al. (2018). **Effect of Plant Density on Sweet and Biomass Sorghum Production on Semiarid Marginal Land.** Sugar Tech 20(3):312–322
- 28-CSA (Central Statistical Agency). (2017). **Crop production forecast sample survey, 2015/16 (2009 E.C.). Report on area and crop production forecast for major crops (For Private Peasant Holding, Meher Season).** The Federal Democratic Republic of Ethiopia. Statistical Bulletin, Addis Ababa, Ethiopia.
- 29-Dambiwal, D., Katkar, R. N., Kumawat, K. R., Hakla, C. R., Bairwa, B., Lakhe, S. R. et al. (2017). **Effect of soil and foliar application of zinc on sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield, agronomic efficiency and apparent recovery efficiency.** IJCS, 5 (4) : 435- 438.
- 30-Dargie, S., Tariku, E., Wslasie, M. and Gebremedhin, G. (2016). **Response of Grain Sorghum to Split Application of Nitrogen at Tanqua Abergelle Wereda, North Ethiopia.** Journal of Fertilizers & Pesticides, 7:2.
- 31-Davidso, J. D. (2017). **Effect Of Different Methods And Timing Of Nitrogen (N) Application On Sorghum(*Sorghum Bicolor* L) Grain Yield.** Bachelor of Science in International Agriculture, Wilmington College, Wilmington, Ohio.
- 32-Dembele, J. S., Kouressy, M., Doumbia, M., Sanogo, S., Togola, A., Traore, K. et al. (2020). **Plant density and nitrogen fertilization optimization on sorghum grain yield in Mali.** Agronomy Journal. 1–16.
- 33-Dogget, H. (1988). **Sorghum. In: Tropical agriculture Series. 2nd ed. Wiley, New York, 512 pp.** FAO, 2017. **Breeding and cultivation of sweet sorghum.** Available on line <http://www.fao.org/docrep/T4470E/t4470e05.htm>.

- 34-Dong, H.Z., Li, W. J., Eneji, A. E. and Zhang, D. M. (2012). **Nitrogen rate and plan density effects on yield and late-season leaf senescence of cotton raised on a saline field.** Field Crops Research 126: 137–144.
- 35-El Die, D.Y. and Fadul, A. H. (2017). **Effect of Plant Spacing on Growth and Yield Components of Two Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) varieties Under Rain fed Conditions. Department of Biological Sciences, Al Fashir University, El Fasher, Sudan.** Agricultural Research Corporation, El Fasher, Sudan.
- 36-El Naim, A. M., Ibrahim, I. M., Rahman, M. E. A. and Ibrahim, E. A. (2012). **Evaluation of some local sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Genotypes in Rain-Fed.** International Journal of Plant Research, 2(1):15-20.
- 37-Eltelib, H. A. M. (2004). **Effect of Time of Nitrogen Application on Growth, Yield and Quality of Four Forage Sorghum Cultivars.** University of Khartoum, B.Sc. (Agric.) Honors.
- 38-Emad, Salem. (2015). **Response Of Grain Sorghum (*Sorghum Bicolor*, L. Monech) To Irrigation, Nitrogen And Plant Density Under New Valley Conditions, Egypt.** Egyptian J. Desert Res., 65 (1): 11-30.
- 39-Fageria, N. K. and Baligar, V. C. (2005). **“Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants,”** Advances in Agronomy, vol. 88:97–185.
- 40-FAO year book. (2000). **Manual year book.**
- 41-FAO year book. (2021). **Manual year book.**
- 42-Fernandez, C. J., Fromme, D. D., & Grichar, W. J. (2012). **Grain sorghum response to row spacing and plant populations in the Texas Coastal Bend Region.** International Journal of Agronomy, 1–6.
- 43-Ferreira, G., Alfonso, M., Depino, S. and Alessandri, E. (2014). **Effect of planting density on nutritional quality of green-chopped corn for silage.** Journal of Dairy Science 97: 5918–5921.
- 44-Guler, M., Gul, I. Yilmaz, S., Emeklier, H. Y. and Akdogan, G. (2008). **Nitrogen and Plant Density Effects on Sorghum.** Journal of Agronomy 7(3): 220–228.

- 45-Haile, D., Nigussie, D. and Ayana, A. (2012). **“Nitrogen use efficiency of bread wheat: effects of nitrogen rate and time of application,”** Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 12(3): 389– 409.
- 46-Hiltbrunner, J., Streit, B. and Liedgens. M. (2007). **Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover?** Field Crops Research 102: 163–171.
- 47-Hirel, B., Bertin, P., Quilleré, I., Bourdoncle, W., Attagnant, C., Dellay, C. et al. (2001). **Towards a better understanding of the genetic and physiological basis for nitrogen use efficiency in maize.** Plant Physiol. 125:1258-1270.
- 48-Hosein, M., Mohammad, R. C., Hamid, R. M., Ghoiamreza, S. F. and Abdolhadi, H. Z. (2007). **Effect of Method and Time of Nitrogen Fertilizer Application on Growth, Development and Yield of Grain Sorghum.** Asian Journal of Plant Sciennces, 6(1): 93-97.
- 49- Hussein, Q. S. and Hussein, K. A. (2021). **Effect of Plant Densities on Some Growth Traits of Varieties of Sorghum (*Sorghum Bicolor* [L.] Moench).** Annals of R.S.C.B., 25 (3): 4455 – 4463.
- 50-Jahanzad, E., Jorat, M., Moghadam, H., Sadeghpour, A., Chaichi, M. R. and Dashtaki, M. (2013). **Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density.** Agricultural Water Management 117: 62–69.
- 51-Jamal, Z., Hamayun, M., Ahmad, N. and Chaudhary, M. F. (2006). **“Effects of soil and foliar application of different concentrations of NPK and foliar application of (NH₄)₂ SO₄ on different yield parameters in wheat,”** Journal of Agronomy, 5 (2): 251– 256.
- 52-Jung, S. J., Kim, H. W., Lee, H. S., Park, S. H., Choi, C. K., Lee, W. K., et al. (2016). **Effect of Nitrogen Fertilization Levels and its Split Application of Nitrogen on Growth Characters and Productivity in Sorghum × Sudangrass Hybrids (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).** Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science 36(3): 215-222.

- 53-Kheirabadi, H., Shahsavani, S., Basafa , M. and Gharanjik, S. (2012). **The Amount and Timing of Foliar Urea Application Effect on Maize and Forage Sorghum Proteins.** Journal of Chemical Health Risks 2(3): 9-11.
- 54-Kidist, A. (2013). **Growth, productivity, and nitrogen use efficiency of maize (*Zea mays L.*) as influenced by rate and time of nitrogen fertilizer application in Haramaya District, Eastern Ethiopia.** MSc Thesis, Haramaya University, Haramaya,Ethiopia.
- 55-Kondombo, C. P., Tamini, M., Barro, A., and Chanterreau, J. (2017). **Plant density effects on agromorphological traits and the yield of grain sorghum varieties in rainfed conditions in Burkina Faso.** Agricultural Science Research Journal, 7, 221–229.
- 56-Krishnareddy, S. R., Stewart, B. A., Payne, W. A., Robinson, C. A. and Thomason, R. C. (2006). **Tillering in dryland grain sorghum clumps as influenced bylight, planting density and geometry.** Southern Conservation Systems Conference, Amarillo TX, June 26-28.
- 57-Kulsum M. U., Baque, M. A. and M. A. Karim. (2007). **Effects of different nitrogen levels on the leaf chlorophyll content nutrient concentration and nutrient uptake pattern of blackgram.** Pakistan Journal of Biological Sciences 10(2): 250-254.
- 58-Kumar, S., Rao, S. S. and Yakadri, M. (2016). **Influence of Nitrogen Levels and Planting Geometry on Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor*) Juice Sugar Quality Traits Under Semi-arid Tropical Environment.** The National Academy of Sciences, India.
- 59-Leibman, M., Shryock, J. J., Clements, M. J., Loida, P. J., Mclerren, A. L., Mckiness, Z. P. et al. (2014). **Comparative analysis of maize (*Zea mays*) crop performance : natural variation, incremental improvements and economic impacts.** Plant Biotechnology Journal 12:941-950
- 60-Leskovsek, R., Datta, A., Simoncic, A. and Knezevic, S. Z. (2012). **Influence of nitrogen and plant density on the growth and seed production of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia L.*).** Journal of Pest Science 85: 527–539.

- 61-Lestari, R., Tyas, N. K., Rachmadiyanto, N. A., Magandhi, M., Primananda, E., Husaini, A. P. I. et al. (2021). **Response of biomass, grain production, and sugar content of four sorghum plant varieties (*Sorghum bicolor* L. Moench) to different plant densities.** Open Agriculture 6: 761–770.
- 62-Liu, C. W., Sung, Y., Chen, B. C. and Lai, H. Y. (2014). **Effects of nitrogen fertilizer on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.).** International Journal of Environmental Research: Public Health. 11(4): 4427-4440.
- 63-Madineh, A., Mani, M., Alireza, S. and Neda, B. (2014). **The Effect of Different Levels and Time of Nitrogen Application on Grain Yield, some Physiological Traits and Nitrogen Use Efficiency in Grain Sorghum.** Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences, 4 (3): 223-227.
- 64-Mahmood, A., Habib Ullah, A. N., Shahazad, H., Ali, S., Ahmad, M., Zia-Ul-Haq, B. et al. (2013). **Dry Matter Yield and Chemical Composition of Sorghum Cultivars with Varying Planting Density and Sowing Date.** Sains Malaysiana, 42(10):1529- 1538.
- 65-Mantai, R. D., Silva, J. A. G., Sausen, A. T. Z. R., Costa, J. S. P., Fernandes, S. B. V. and Ubessi, C. (2015). **A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelousa do nitrogênio.** Rev. Bras. Eng. Agr. Amb. 19(4):343-349.
- 66-May, A., Campanha, M. M., Silva, A. F., Costa P. R. A., Schaffert, R. E and Filho, I. A. P. (2012). **Variedades de sorgo sacarino em diferentes espaçamentos e população de plantas.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 11(3):278-290.
- 67-McMurray, L. (2004). **Plant density inputs Kasper field pea's grain yield.** Australian Farm journal, 45-46.
- 68-McRae, F. J., McCaffery, D. W. and Mathews, P. W. (2008). **Winter crop variety sowing guide. NSW, Department of primary industries.** 74-85.
- 69-Mekdad, A. A. and Rady, M. M. (2016). **Productivity Response to Plant Density in Five Sorghum Bicolor Varieties in Dry Environments.** Annals of Agricultural & Crop Sciences, 1(2).

- 70-Melaku, N.D., Bayu, W., Ziadat, F., Strohmeier, S., Zucca, C., Tefera, M. L. et al. (2017). **Effect of nitrogen fertilizer rate and timing on sorghum productivity in Ethiopian highland Vertisols.** Archives of Agronomy and Soil Science.
- 71-Mengel, K. and Kirby, E. A. (2001). **Principles of plant nutrition.** 5th ed. Dordrecht (the Netherlands): Kluwer Academic Publishers; p. 849.
- 72-Moon, Y. H., Kwon, Y. R., Ahn, B. K., Lee, J. H. and Choi, D. C. (2010). **Determination of nitrogen fertilizer recommendation rates estimated by soil-testing for different types of paddy soils.** Korean Journal of Environmental Agriculture. 29:33-38.
- 73-Mourice, S. K., Tumbo, S. D., Nyambilila, A. and Rweyemamu, C. L. (2015). **“Modeling potential rain-fed maize productivity and yield gaps in the Wami River sub-basin, Tanzania,”** Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science, 65(2: 132–140.
- 74-Mousavia, S. G. R., Seghatoleslamia, M. J., Arefib, A. (2012). **Effect of N fertilization and plant density on yield and yield components of grain sorghum under climatic conditions of Sistan.** Iran Plant Ecophysiology. 4:141-149
- 75-Mwinkaara, S., Bauh, S. S. J. (2009). **Response of Sorghum to Nitrogen Fertilizer and Plant Density in the Guinea Savanna Zone.** Journal of Agronomy, ISSN 1812-5379.
- 76-Nameless (2010). **Effect of water stress and nitrogen on leaf SPAD during reproductive growth of corn.**
- 77-Narges, Z. and Mohammad R. S. (2013). **Effect of plant density and nitrogen fertilizer on some attribute of grain sorghum (*sorghum bicolor* (L.) Moench).** International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, Volume 1, Issue 12: 1577-1582.
- 78-Nielsen, R. B. (2013). **Root Development in Young Corn, in, Purdue University Department of Agronomy.**

- 79-Ottman, M. J. and Olsen, M. W. (2009). **Growing Grain Sorghum in Arizona**. The University of Arizona. College of Agric. and Life Sci.,Tucson, Arizona 85721. p. 3.
- 80-Paterson, A.H., Bowers, J.E. and Feltus, F.A. (2008). **Genomics of sorghum, a semi-arid cereal and emerging model for tropical grass genomics. In: Genomics of Tropical Crop Plants. pp. 469-482 (Paul H. and Moore R. eds).** Springer Science+ Business Media, New York ,USA.
- 81-Porfirio, D. M., Neres, A. M., Fuhr, A. C., Silva, H. T. and Guimaraes, B. S . (2021). **Effects of row spacing and planting density of forage sorghum on dry matter yield, morphologic parameters, nutritive value, and predicted milk yield of dairy cows.** Research, Society and Development, 10(11).
- 82-Promkhambut, A., Younger, A., Polthanee, A. and Akkasaeng, C. (2012). **Morphological and Physiological Responses of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to Waterlogging.** Asian Journal of Plant Sciences. 9 (4): 183-193.
- 83-Raun, W. R. and Johnson, G. V. (1999). **Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production.** Agron Journal, 91:357-363.
- 84-Raypuriya, N., Choudhary, R. K., Swathi, P. and Prajapati, S. (2017). **Influence of Method and Application Time of Nitrogen on Pest Incidence of Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] Genotypes.** International Journal of Bio-resource and Stress Management, 8(3):413-417.
- 85-Rouse, E. C., Burgos, R., N., Singh, V. and Earnest, L. (2017). **Evaluation of sweet sorghum planting density and minimal nitrogen input, under irrigated and non-irrigated conditions, for bioethanol feedstock production.** Biofuels,11(1):1-10.
- 86-Ryan, J. G. and Oppen, M. V. (1982). **Agrometeorology of Sorghum and Millet in the SAT.Patancheru, A. P. 502324,(ICRISAT).** India.

- 87-Sahu, H., Tomar, G. S. and Nandeha, N. (2018). **Effect of planting density and levels of nitrogen on yield and yield attributes of sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) Varieties.** International Journal of Chemical Studies, 6(1): 2098-2101
- 88-Schmith, M.A., Randall, G. W. and Malzer, G. L. (2002). **Best management practices for nitrogen use on irrigated, coarse- textured soils.** Univ. of Minnesota. Fo-06131.
- 89-Shahrajabian, M. H., Khoshkharam, M., Sun, W. and Cheng, Q. (2020). **The Influence of Increased Plant Densities and Nitrogen Fertilizer levels on Forage Yield, Seed Yield and Qualitative Characteristics of Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench).** Thai J. Agric. Sci, 53(4):201-217.
- 90-Shihab, A. H. and Jaddoa, A. K. (2011). **Tillering Of Grain Sorghum As Affected By Cultivar And Plant Population Density.** The Iraqi Journal of Agricultural science, 42(6): 32-42.
- 91-Silva, J. M. F., Dutra, A., Camara, F. T., Pinto, A. A. and Silva, F. E. (2017). **Row spacing, plant density, sowing and harvest times for sweet sorghum.** Pesquisa Agropecuaria Tropical, 47(4): 408-415.
- 92-Snyder, J. L., Raper, R. L. and Schwab, E. B. (2012). **The effect of row spacing and seeding rate on biomass production and plant stand characteristics of non-irrigated photoperiod-sensitive sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench).** Ind. Crops Prod. 37: 527–535.
- 93-Soleymani, A., Shahrajabian, H. M. and Naranjani, L. (2011). **The effect of plant density and nitrogen fertilization on yield, yield components and grain protein of grain sorghum.** Journal of Food, Agriculture & Environment, 9 (3&4): 244-246.
- 94-Suwarti, R. , E. Massinai, R. and Pabendon, M. B. (2017). **Evaluation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) on several population density for bioethanol production.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 141.

- 95-Tamme, T., Reinik, M. and Roasto, M. (2009). **Nitrates and nitrites in vegetables: occurrence and health risks.** Academic Press. Salt Lake City. pp. 307-321
- 96-Tanzubil, P .B. (2014). **Effect of variety and nitrogen fertilization on insect pest incidence in sorghum in the Sudan Savanna of Ghana.** Journal of Entomology and Zoology Studies 2(6):12–15.
- 97-Temeche, D., Getachew, E., and Hailu, G. (2021). **Effects of Nitrogen Fertilizer Quantity and Time of Application on Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Production in Lowland Areas of North Shewa, Ethiopia.** International Journal of Agronomy.
- 98-Tomar, S. S., Sivakumar, S. K., Wilusz, J. E. and Sharp, P. A. (2013). **Acircuitous route to noncoding RNA.** Science, 340 : 440- 441.
- 99-Wanger, K. (2006). **A global platform for agrobio diversity research, Genflow, A publication about Agricultural Biodiversity, Biodiversity International.** Rome, Italy. p: 13.
- 100-Widdicombe, W. D. and Thelen, K. D. (2002). **Row width and plant density effects on corn grain production in the northern corn belt.** Agronomy Journal. 94:1020-1023.
- 101-Wiedenfeld, B. and Matocha, J. (2010). **Planting date, row configuration and plant population effects on growth and yield of dry land sorghum in subtropical south Texas.** Agronomy and Soil Science, 56 (1): 39-47.
- 102-Wondimu, B. (2004). **Growth, development and yield responses of sorghum to water deficit stress, nitrogen fertilizer, organic fertilizer and planting density,** (doctoral dissertation), University of Pretoria, Pretoria, South Africa.
- 103-Wondimu, B., Rethman, N. F. G. and Hammes, P. S. (2004). **Growth and yield compensation in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) as a function of planting density and nitrogen fertilizer in semi-arid areas of northeastern Ethiopia.** South African Journal of Plant and Soil. 22(2): 76-83.

- 104-Wortmann, C. S., Liska, A. J., Ferguson, R. B., Lyon, D. J., Klein, R. N. and Dweikat, I. (2010). **Dryland performance of sweet sorghum and grain crops for biofuel in Nebraska.** Agronomy Journal 102: 319–326.
- 105-Yang, D.G., Hu, Y. Z., Zhou, F. Y. and Hao, Y. Z. (2021). **Effects of Nitrogen Application Strategy and Plant Density Optimization on Sorghum Yield and Quality.** Agronomy Journal 113(2): 1803–1815.
- 106-Yang, G.Z., Luo, X. J., Nie, Y. C. and Zhang, X. L. (2014). **Effects of plant density on yield and canopy micro environment in hybrid cotton.** Journal of Integrative Agriculture 13: 2154–2163.
- 107-Yao, H.S., Zhang, Y. L., Yi, X. P., Hu, Y. Y., Luo, H. H., Gou, L. et al. (2015). **Plant density alters nitrogen partitioning among photosynthetic components, leaf photosynthetic capacity and photosynthetic nitrogen use efficiency in field-grown cotton.** Field Crops Research 184: 39–49.
- 108-Zerihun, A. and Hailu, F. (2017). **Effects of Nitrogen Rates and Time of Application on Yield of Maize: Rainfall Variability Influenced Time of N Application.** International Journal of Agronomy, Volume 2017, Article ID 1545280, 10 pages.

Abstract

This study was carried out in Abi Jarash farm, Faculty of Agriculture, Damascus University, during the 2021 agricultural season, to study the response of the sorghum crop to three plant densities (50, 66.67, 100) thousand plants.ha⁻¹ and three different dates for adding nitrogen fertilizer (the full amount of nitrogen fertilizer upon germination, adding the half amount of nitrogen fertilizer at germination and the other half in the middle of vegetative growth, adding one-third of the amount of nitrogen fertilizer at germination and the second third in the mid of vegetative growth and the last third at flowering) depending on some formal and productive characteristics: such as the number of days required for planting, the number of days required for flowering, the number of days required for maturity, plant height, leaf area, leaf area index, panicle length, dry plant weight, panicle weight, hundred grains weight, grain yield, dry matter yield, harvest index. The experiment was set in a split-RCBD randomized complete block design, with three replicates for each treatment. The results of the statistical analysis showed significant differences in the studied characteristics between plant density treatments, where cultivation by the density (100 thousand) plants.ha⁻¹ to obtain the highest plant height (250.3) cm, leaf area index (3.259), yield of dry weight (68) tons.ha⁻¹, grain yield (2.248) tons.ha⁻¹. The results also show that there are significant differences between the dates of adding the nitrogen fertilizer, as the addition of the nitrogen fertilizer in two and three batches without any significant differences led to obtaining the highest weight of panicle (31.71, 31.6) g, harvest index (4.149, 4.5)%, grain yield (2.282, 2.231) tons.ha⁻¹, compared to adding the nitrogen fertilizer in one batch. As for the interaction between plant density and the timing of adding nitrogen fertilizer, the results showed significant differences in most of the studied characteristics, and the highest yield of dry weight (75.89) tons.ha⁻¹ was obtained when planting at maximum density and adding nitrogen fertilizer in two batches. The highest grain yield (3.072, 2.772) tons.ha⁻¹ was when planting at maximum density and adding nitrogen fertilizer in two batches and in three batches without any significant differences, while the highest weight of the panicle (33.92) g was when planting at the medium density (66.67) thousand plants.ha⁻¹ and adding nitrogen fertilizer in three batches. While there were no significant differences in the interaction between plant density and the timing of adding nitrogen fertilizer in the number of days required for planting, the number of days required for flowering, the number of days required for maturity.

Keywords: Sorghum, Plant density , Application Time Nitrogen Fertilizer

The Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education
Damascus University, Faculty of Agriculture
Department of Field Crops



**Effect of Plant Density and Application Time of Nitrogen Fertilizer on
Grain Yield and Yield Components of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.)
under Irrigated Conditions**

This Thesis has been submitted in partial fulfillment of Master Degree
(Field Crop)

Prepared by
Ferial Ali AlMohammed AlIssa

Supervised by
Dr. Youssef Nemer
Department of Field Crops
Faculty of Agriculture
Damascus University

2022-2023