الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم المحاصيل الحقلية

دراسة المقدرة التكيفية لبعض الطرز المدخلة من الدخن (*Pennisetum glaucum* L) استجابة لبعض الممارسات الزراعية وتوصيفها باستعمال المعلمات الجزيئية.

رسالة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في علوم المحاصيل الحقلية

(قسم المحاصيل الحقلية)

إعداد

كنانة ياسين حسون

إشراف

الدكتورة سلام لاوند

أستاذ مساعد_ قسم المحاصيل الحقلية

كلية الزراعة _ جامعة دمشق

(مشرفاً رئيساً)

الدكتور يوسف نمر

أستاذ مساعد _ قسم المحاصيل الحقلية

كلية الزراعة _ جامعة دمشق

(مشرفاً مشاركاً)

دمشق-٢٠٢٣

قُدّمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلّبات نيل درجة الدّكتوراه في علوم المحاصيل الحقلية، في كلّيّة الزراعة بجامعة دمشق.

This Thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirements for PhD. in Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.

أجيزت هذه الأطروحة من قبل لجنة الحكم المؤلفة من الأساتذة:

الدكتور حسين المحاسنة: الأستاذ في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً).

الدكتورة رلى يعقوب: الأستاذ المساعد في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً).

الدكتورة سلام لاوند:الأستاذ المساعد في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً مشرفاً).

الدكتورة نور علي: المدرس في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً).

الدكتورة شهيناز عباس: الباحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية (عضواً).

تصريح

أُصرّح بأنّ هذا البحث " دراسة المقدرة التكيفية لبعض الطرز المدخلة من الدخن (*Pennisetum glaucum L*) استجابة لبعض الممارسات الزراعية وتوصيفها باستعمال المعلمات الجزيئية". لم يسبق أن قُدم للحصول على أية درجة جامعية أخرى، وغير مقدم حالياً لذلك، وأن كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي جهودي الشخصية وبتوجيه من المشرفين العلميين، وأن أية معلومات أو نتائج أخرى ذكرت في الأطروحة قد نُسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المُرشَّحة

كنانة ياسين حسون

DECLERATION

I hereby declar that, this work " Studying the adaptive ability of some introduced genotypes of Pearl Millet (Pennisetum glaucum L) in response to some agricultural practices and their characterization using molecular markers" has not been used previously or submitted for any other degree. All works and mentioned results are my own effort, under the supervision of the supervisors. All other information and results mentioned in the thesis were reviewed to the references in the text and references chapter.

Candidate

Kinana Yassin Hassoun

شهادة

نشهد بأنّ هذا العمل الموصوف في هذه الرسالة: " دراسة المقدرة التكيفية لبعض الطرز المدخلة من الدخن (*Pennisetum glaucum L*) استجابة لبعض الممارسات الزراعية وتوصيفها باستعمال المعلمات الجزيئية"هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة السيدة **كنانة ياسين حسون** بإشراف الدكتورة **سلام لاوند** (أستاذ مساعد، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة بجامعة دمشق، دمشق، سورية) والدكتور **يوسف نمر** (أستاذ مساعد، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة بجامعة دمشق، دمشق، سورية) وأنّ أي مرجع ورد في هذه الرسالة موثّق في النص.

المُرشَحة	**المشرف الرئيس**	**المشرف المشارك**
كنانة ياسين حسون	د. سلام لاوند	د. يوسف نمر

CERTIFICATON

It is hereby certified that, the work described in this thesis " Studying the adaptive ability of some introduced genotypes of Pearl Millet (Pennisetum glaucum L) in response to some agricultural practices and their characterization using molecular markers" is the results of own investigations of **Kinana Yassin Hasoun** under the supervision of **Dr. Salam Lawand** (Faculty of Agriculture, Damascus University, Damascus, Syria) and **Dr. Youssef Nemer** (Faculty of Agriculture, Damascus University, Damascus, Syria), and any reference of other research works has been duly acknowledged in the text.

Candidate	Supervisor	Co-supervisor
Kinana Yassin Hassoun	**Dr. Salam Lawand**	**Dr. Youssef Nemer**

المحتويات

Table of Contents

المحتويات

قائمة الأشكال List of Figures IX
قائمة المصطلحات والاختصارات List of Abbreviations X
الملخص باللغة العربية Abstract in Arabic 1
المقدمة Introduction 3
أهمية البحث Research Relevance 6
مشكلة البحث Research Problem 8
تساؤلات البحث Research Questions 9
فرضيات البحث Research Hypothesis 9
مبررات البحث Research's Justifications 10
أهداف البحث Research's Objectives 11
الفصل الأول Chapter One 12
1. الدراسة المرجعية Literature Review 13
1.1. التصنيف العلمي لمحصول الدخن والاحتياجات البيئية: 13
2.1. الموطن الأصلي و الإحصائيات العالمية للمساحات المزروعة بالدخن: 15
3.1. أهمية استخدام التسميد الآزوتي: 16
4.1. أهمية التوصيف الجزيئي واستخدام التقانات الحيوية: 22
الفصل الثاني Chapter Two 36
2. مواد البحث و طرائقه Materials and Methods 37
1.2. المادة النباتية: 37
2.2. مكان وزمان تنفيذ البحث: 37
3.2. المعاملات المدروسة: 38
1.3.2. معاملات التسميد: 38
2.3.2. طرز الدخن المدروسة: 38

4.2. طريقة الزراعة: 38
5.2. الصفات الحقلية المدروسة Investigated Field traits 40
1.5.2. الصفات الشكلية Morphological traits 40
2.5.2. الصفات الكمية Quantitative traits: 41
الصفات البيوكيميائية Biochemical traits 42
6.2. التوصيف الجزيئي Molecular Characterization 43
1.6.2. تعقيم البذور وزراعتها: 43
2.6.2.عزل الحمض الريبي النووي منقوص الأوكسجين DNA بطريقة SDS: 44
3.6.2.التقدير الكمي والنوعي للحمض النووي DNA بواسطة الأشعة فوق البنفسجية: 45
4.6.2.تطبيق تقنية الـ Inter Simple Sequence Repeats ISSR: 46
5.6.2.استخدام مورثات الديهيدرين (*Dhn*) و دريب (*DREB*): 47
6.6.2.الرحلان الكهربائي والتلوين والتصوير: 48
7.6.2.التحليل الإحصائي Statistical analysis: 49
الفصل الثالث Chapter Three 52
3. النتائج و المناقشة Results and Discussion 53
1.3. الصفات الشكلية Morphological traits 53
1.1.3. متوسط ارتفاع النبات (سم) 53
2.1.3. عدد السلاميات 56
3.1.3. المساحة الورقية (سم^{2}.نبات$^{-1}$) 59
4.1.3. دليل المساحة الورقية (م^{2}.م$^{-2}$) 62
5.1.3. طول العثكول (سم) 65
2.3. الصفات الكمية Quantitative traits 68
1.2.3. عدد الإشطاءات الكلية في النبات (إشطاء كلي. نبات$^{-1}$): 68
2.2.3. الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد (غ): 71
3.2.3. الغلة من الوزن الجاف (كغ.هكتار$^{-1}$): 74
4.2.3. وزن الحبوب في النبات (غ): 77
5.2.3. وزن الألف حبة (غ): 80

6.2.3. صفة الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$): 83
7.2.3. صفة الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$): 86
8.2.3. صفة دليل الحصاد (%): 89
3.3. الصفات البيوكيميائية Biochemical traits 93
1.3.3. تركيز البروتينات الكلية المنحلة 93
4.3. علاقات الارتباط البسيط Simple Correlation بين الصفات المدروسة: 96
1.4.3. علاقات الارتباط البسيط Simple Correlation بين الصفات المدروسة خلال الموسمين: 96
5.3. التحليل العنقودي للطرز المدروسة من الدخن بناءً على الصفات الحقلية: 101
6.3. نتائج الدراسة الوراثية 103
1.6.3. اختبار نوعية وجودة الـ DNA المستخلص على هلامة الأغاروز بواسطة الرحلان الكهربائي 103
2.6.3. تقدير تركيز DNA باستخدام المطياف الضوئي Spectrophotometer 103
3.6.3. التُعددية الشكلية الناتجة عن تطبيق تقنية ISSR في طرز الدخن المدروسة 104
4.6.3. تحديد درجة القرابة الوراثية بين الطرز الوراثية المدروسة من الدخن 108
5.6.3. التحليل العنقودي Cluster analysis للطرز الوراثية المدروسة من الدخن 109
6.6.3. المقارنة بين التوصيف الحقلي والتوصيف الجزيئي للطرز المدروسة من الدخن 110
7.6.3. دراسة التباينات الأليلية في مورثات الديهيدرين (*Dhn*) و مورثات الدريب (*DREB*S) المسؤولة عن تحسين تحمل الجفاف باستعمال تقانة الـ PCR في الطرز الدخن المدروسة 112
8.6.3. معامل الانحدار المعياري 118
4. الاستنتاجات Conclusions 120
5. التوصيات والمقترحات Recommendations 122
المراجع References 123
المراجع العربية 123
References in English 124
Abstract in English 137

قائمة الجداول List of Tables

جدول 1: مساحة وإنتاج محصول الدخن عالمياً وعربياً للعام 2021..... 16
جدول 2: يوضح أسماء طرز الدخن الوراثية المستخدمة 37
جدول 3: خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة 37
جدول 4: متوسط درجات الحرارة والهطول المطري خلال موسمي الزراعة 38
جدول 5: التسلسل النيكليوتيدي للبادئات المختبرة في تقنية ISSR ودرجة حرارة الالتحام (C°): 46
جدول 6: التسلسل النيكليوتيدي للبادئات المختبرة لمورثات الديهيدرين و DREB ودرجة حرارة الالتحام (C°)..... 47
جدول 7: مكونات تفاعل التسلسلي البوليميرازيPCR لتقنية ISSR..... 47
جدول 8:مكونات تفاعل التسلسلي البوليميرازيPCR لمورثات الديهيدرين و DREB..... 48
جدول 9: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة ارتفاع النبات(سم) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة55
جدول 10:تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة عدد السلاميات في النبات لدى الطرز المدروسة في موسمي الزرا58
جدول 11:تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة المساحة الورقية (سم٢.نبات-١) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة..... 61
جدول 12: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة دليل المساحة الورقية (م٢.م-٢) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة..... 64
جدول 13:تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة طول العثكول(سم) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراع 67
جدول 14:تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة عدد الإشطاءات الكلية في النبات (إشطاء كلي. نبات-١) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة 70
جدول 15: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد (غ) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة..... 73
جدول 16: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة الوزن الجاف الكلي كغ.هكتار-١ لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة..... 76
جدول 17: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط وزن الحبوب في النبات (غ) لدى الطرز المدروسة في موسمي الزراع 79
جدول 18: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط وزن الألف حبة (غ) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة 82
جدول 19: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة الغلة الحبية كغ.هكتار-١ لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة 85
جدول 20: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة الغلة الحيوية كغ.هكتار-١ لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة 88
جدول 21: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة معامل الحصاد (%) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة 92
جدول 22: تركيز البروتينات الكلية المنحلة في الطرز المدروسة تحت تأثير معاملات التسميد الآزوتي خلال الموسم الزراعي 2021-2022 94

جدول 23: الفروقات بين طرز الدخن المدروسة من حيث تفوقها في الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية 95
جدول 24: قيم معامل الارتباط البسيط Pearson بين الصفات المدروسة خلال الموسمين تحت ظروف الزراعة الحقلية. .100
جدول 25: مصفوفة القرابة بين الطرز المدروسة بالاعتماد على الصفات الحقلية 102
جدول 26: قراءات المطياف الضوئي عند أطوال موجات 260 و 280 نانومتر وتحديد تركيز ونقاوة عينات الحمض النووي DNA المستخلصة مقدراً بالميكروغرام/ميكروليتر.....104
جدول 27: رموز البادئات المستعملة وعدد الحزم الكلّية والمتباينة شكلياً، النسبة المئوية للتعددية الشكلية%، وقيم معامل التعددية الشكلية PIC في الطرز المدروسة. 106
جدول 28: عدد الحزم الفريدة (الموجودة والغائبة) في الطرز المدروسة الناتجة عن تطبيق تقنية ISSR. 107
جدول 29: عدد الحزم الفريدة مع البادئات المدروسة. 107
جدول 30: مصفوفة النسب المئوية لعدم التوافق (PDV) بين الطرز المدروسة والناتجة عن تطبيق متوسطات المجموعات الزوجية غير المزانة UPGMA بتطبيق تقنية الـ ISSR، حسب (Nei، 1987). 108
جدول 31: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع ديهيدرين (Dhn1) في الطرز المدروسة.....112
جدول 32: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع ديهيدرين (Dhn9) في الطرز المدروسة.....113
جدول 33: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع دريب (DREB 1) في الطرز المدروسة.....114
جدول 34: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع دريب (DREB 2) في الطرز المدروسة.....114
جدول 35: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع دريب (DREB 4) في الطرز المدروسة.....115
جدول 36: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع دريب (DREB 7) في الطرز المدروسة.....115
جدول 37: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد القرائن المكتشفة للمواقع مورثات الديهيدرين و مورثات دريب(*DREB*) في الطرز المدروسة.....116
جدول 38: الأنماط الشكلية وعدد القرائن الكلية لمورثات الديهيدرين و DREB مع الطرز المدروسة.....117
جدول 39: معامل الانحدار لبادئات مورثات الديهيدرين و*DREB* المتخصصة المرتبطة بتركيز البروتينات الكلية المنحلة في طرز الدخن المدروسة.....119

قائمة الأشكال List of Figures

الشكل 1: مخطط توزيع المعاملات المدروسة..... 39
الشكل 2: المنحنى القياسي لتحديد تركيز البروتينات الكلية المنحلة باستخدام BSA..... 43
الشكل 3: تحليل الانحراف المعياري لتركيز البروتينات الكلية المنحلة ($\mu g.ml^{-1}$) في الطرز المدروسة تحت تأثير معاملات التسميد الآزوتي..... 94
الشكل 4: شجرة القرابة لطرز الدخن المدروسة بناءاً على الصفات الحقلية المدروسة..... 102
الشكل 5: اختبار نوعية الحمض النووي DNA المستخلص من الطرز المدروسة بعد تمريرها على هلامة الأغاروز 0.8% وتلوينها بالايثيديوم بروماید 103
الشكل 6: صورة هلامة الآغاروز 2% لملاحظة التعددية الشكلية الناتجة عن استخدام البادئة (ISSR13) في جميع الطرز المدروسة، M يمثل المؤشر الجزيئي لتحديد أطوال وأحجام حزم الحمض النووي DNA..... 105
الشكل 7: التحليل العنقودي للطرز المدروسة، الناتج عن استخدام تقنية ISSR..... 109
الشكل 8: المقارنة بين شجرتي القرابة اعتماداً على الصفات الحقلية المدروسة وشجرة القرابة الوراثية لطرز الدخن المدروسة 111
الشكل 9: هلامة الميتافورآغاروز (4%) لمورثة Dhn9: مؤشر وزن جزيئي 1Kpb.....113

قائمة المصطلحات والاختصارات List of Abbreviations

الاختصار	باللغة الانكليزية	باللغة العربية
AFLP	Amplified fragment length polymorphism	التعددية الشكلية لقطع الـDNA المهضومة بإنزيمات التقييد المضخمة
BSA	Bovine Serum Albumin	مصل الألبومين
BY	Biological Yield	الغلة الحيوية (كغ. هكتار$^{-1}$)
Dhn	dehydrin	ديهيدرين
DNA	Deoxyribonucleic acid	الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين
dNTPs	Nicloutid Tri Phosphate	النيكلوتيدات ثلاثية الفوسفات
DREB	Dehydration-Responsive Element-Binding	دريب (عناصر الربط و الاستجابة للجفاف)
EDTA	acid Ethylenediaminetetraacetic	حمض أسيتات الإثيلين
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations	منظمة الأغذية والزراعة العالمية
HCl	Hydrogen chloride	كلوريد الهيدروجين
HI	Harvest Index	دليل الحصاد (%)
ISSR	Inter Simple Sequence Repeats	التكرارات الترادفيةللسلاسل البسيطة الداخلية
LA	Leaf Area	المساحة الورقية
LAI	Leaf Area Index	دليل المساحة الورقية
LEA	Late Embrygensis Abundant Proteins	بروتينات التطور الجنيني المتأخرة
LIM	MEC-3) Protein LIN-11, Isl-1 and) interaction domain	نطاق تفاعل البروتينات
MAS	Marker Assisted Selection	الانتخاب بالاعتماد على المعلمات الجزيئية
NAC	NAM, ATAF1/2, and CUC2)Transcription) factor	عائلة عوامل نسخ
NN	Nodes Number	عدد السلاميات
NUE	Nitrogen Use Efficiency	كفاءة استعمال الآزوت
OD	Optical Density	الكثافة الضوئية
PAR	Photosynthetically active radiation	**الإشعاع الضوئي الفعّال في عملية التمثيل الضوئي**

PCL	Panicle Length	طول العثكول (سم)
PCR	Polymeras Chain Reaction	تفاعل التسلسلي البوليمرازي
PDV	Percent Disagreement Values	مصفوفة النسب المئوية لعدم التوافق
PDW	Plant Dry Weight	الوزن الجاف للنبات (غ)
PH	Plant Highet	ارتفاع النبات (سم)،
PIC	Polymorphism Information Content	معامل التعددية الشكلية
PRO	Total Soulible Protein Concentration	تركيز بروتينات كلية منحلة (ميكروغرام.ميلي لتر$^{-1}$)
PVPP	Polyvinylpolypyrrolidone	------
QTLs	Quantitative trait loci	مواقع الصفات الكمية
RAPD	Random Amplified Polymorphic DNA	التعددية الشكلية لـ DNA المضخم عشوائياً
RFLP	Restriction fragment length polymorphism	التعددية الشكلية الناتجة عن التضخيم بإنزيمات القطع
RNA	Ribonucleicacid	الحمض النووي الريبوزي
ROS	Reactive Oxygen Species	الجذور الأكسجينية الحرة (النشطة)
RT-PCR	Reverse transcription polymerase chain reaction	النسخ العكسي بالاعتماد على تفاعل التسلسلي البوليمرازي
SDS	Sodium Dodecyle Sulphat	سلفات دوسيديل الصوديوم
SMP	Seed maturation proteins	بروتينات نضج البذور
SNP	Single nucleotide polymorphism	التعددية الشكلية الناتجة عن اختلاف نيكلوتيد واحد
SSR	Simple Sequence Repeats	التكرارات الترادفية البسيطة
SWP	Seed Weight per Plant	وزن الحبوب في النبات (غ)
SY	Seed Yield	الغلة الحبية (كغ. هكتار$^{-1}$)
TFs	Transcription Factors	عوامل النسخ الوراثية
THSW	One Thousand seed weight	وزن الألف حبة (غ)
TN	Tillers Number	عدد الإشطاءات الكلي
TPDW	Total Plant Dry Weight	الوزن الجاف (كغ. هكتار$^{-1}$)

Tris	Tris(hydroxymethyl)aminomethane	------
UPGMA	Unweighted Pair Group Method	متوسطات المجموعات الزوجية غير المزانّة
WUE	Water Use Efficiency	كفاءة استعمال المياه

الملخص باللغة العربية Abstract in Arabic

نُفِذَت الدراسة في مزرعة أبي جرش بكلية الزراعة بجامعة دمشق، خلال الموسمين الزراعيين 2021/2020 و 2022/2021، بهدف دراسة استجابة ستة طرز وراثية مدخلة من الدخن لمعدّلات مختلفة من التسميد الآزوتي (الشاهد، 20، 40، 60 كغ.هكتار$^{-1}$)، اعتماداً على بعض الصفات الشكلية، البيوكيميائية والإنتاجية. وضعت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة المنشقة Split–RCBD، بثلاثة مكررات لكل معاملة وطراز وراثي. تمت الدراسة الوراثية في مخبر التقانات الحيوية التابع لكلية الزراعة – جامعة دمشق، وتحديد درجة القرابة الوراثية بين الطرز المدروسة باستعمال تقنية ISSR، كما تمّت دراسة التباينات الأليلية لبعض مورثات الديهيدرين و*DREB* المسؤولة عن تحمل الجفاف، على مستوى الحمض النووي DNA.

بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية بين معاملات التسميد الآزوتية المختلفة في الصفات المدروسة، حيث تفوقت معاملة التسميد الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في جميع الصفات المدروسة في الموسمين، اما بالنسبة للطرز فقد تفوق الطراز IP5284 في المساحة الورقية (5648.5 سم^{2}.نبات$^{-1}$)، طول العثكول(28.83سم)، وزن الألف حبة (29.80غ)، الغلة الحبية (9910.4 كغ.هكتار$^{-1}$)، دليل الحصاد (23.26%) في الموسمين، أما بالنسبة للتفاعل، تفوق الطراز IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) في كل من صفة وزن الحبوب في النبات (226.5غ)، وزن الالف حبة (30.33غ)، الغلة الحبية (11325 كغ.هكتار$^{-1}$) و الغلة الحيوية (46033 كغ.هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع بقية الطرز المدروسة تحت تأثير معاملات التسميد الأخرى.

لوحظ وجود اختلاف في تركيز البروتينات الكلية المنحلة في الطرز المستخدمة تحت تأثير معاملات التسميد الآزوتي حيث تفوق الطراز IP5284 عند معدل التسميد (60 كغN. هكتار$^{-1}$) في تركيز البروتينات الكلية بالمقارنة مع المعاملات، ومن خلال تحليل درجة القرابة بالاعتماد على الصفات الشكلية والكمية تبين وجود أعلى درجة قرابة بين الطرازينIP11670 و IP5284، في حين لُوحظت أقل درجة قرابة بين الطرازين IP15292 و IP15293.

لوحظ وجود علاقات ارتباط موجبة ومعنوية جداً بين المساحة الورقية و وزن الحبوب في النبات (r=0.95**)، المساحة الورقية و الغلة الحيوية (r=0.92**)، طول العثكول و وزن الالف حبة (r=0.83*)، عدد الإشطاءات و الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد (r=0.99**)، وزن الحبوب في النبات و الغلة الحيوية (r=0.91**)، وزن الالف حبة و تركيز البروتينات الكلية المنحلة (r=0.88*)، الغلة الحيوية و دليل الحصاد (r=0.88*).

استخدم لتحديد درجة القرابة الوراثية بين طرز الدخن المدروسة 20 زوج من بادئات الـ ISSR حيث أثبت 15 بادئ فعاليته في التَّمييز وإعطاء تُعددية شكلية Polymorphic بين الطرز الوراثية المدروسة، حيث كانت عدد الحزم الكلية 59 حزمة بمتوسط قدره 3.933 كان منها 56حزمة متباينة شكلياً بمتوسط قدره 3.733، كما تراوح عدد الحزم لكل بادئة من حزمة واحدة كأقل عدد مع البادئ (ISSR32) و5 مع البادئات (ISSR1، ISSR6، ISSR9، ISSR13، ISSR33)، كما وتراوحت النسبة المئوية للتعددية الشكلية من 66.66 % مع البادئة ISSR15 إلى 100% مع البادئة ISSR3، ISSR5، ISSR6، ISSR7، ISSR8، ISSR9، ISSR13، ISSR14، ISSR32، ISSR33، ISSR35، ISSR40، وبمتوسط وقدره (94.77%). كما لوحظ من خلال مصفوفة النسب المئوية لعدم التوافق PDV أن الطرازان IP6867 و IP15294 هما الأبعد وراثياً بينما الطرازان IP5284 و IP11670 هما الأقرب وراثياً، و بالمقارنة بين شجرة التوصيف اعتماداً على الصفات الحقلية المدروسة وشجرة التوصيف الجزيئي للطرز المدروسة من الدخن، تبين عدم توافق انفصال الطرز المدروسة من الدخن في شجرة التوصيف الجزيئي مع انفصالها في شجرة التوصيف الحقلي، وهذا يدل على أنّ الطرز المدروسة هي طرز بيئية وليست طرز وراثية.

في دراسة التباينات الأليلية لبعض مورثات الديهيدرين و *DREB*، فقد تفوقت المورثة *Dhn9* بعدد القرائن (النظائر) التي أعطتها والبالغة 6 قريناً مع الطرز المدروسة كافة ضمن نمط شكلي واحد، تلتها المورثة *Dhn1* بـ 4 قريناً ضمن نمطين شكليين، بينما تفوقت المورثة *DREB7* بعدد القرائن (النظائر) التي أعطتها والبالغة 7 قرائن مع الطرز الوراثية المدروسة ضمن نمطين شكليين، بينما أعطت المورثة *DREB1* أقل عدد من القرائن والبالغ قرينين مع الطرز المدروسة ضمن نمط شكلي واحد فقط، وامتلك الطراز الوراثي IP5284 أكبر عدد من القرائن (7 قرائن)، تلاه الطراز الوراثي IP6867 بـ 6 قرائن وهذا يشير إلى أنّها طرز وراثية أكثر تحملاً للجفاف، في حين امتلك الطراز الوراثي IP11670 أقل عدد من القرائن (قرينين فقط) ، ومن خلال دراسة معامل الانحدار تبين وجود علاقة ارتباط بين مورثة *DREB7* و تركيز البروتينات الكلية المنحلة.

الكلمات المفتاحية: الدخن، التسميد الآزوتي، تركيز بروتينات كلية منحلة، ISSR، قرائن، مورثات الديهيدرين، مورثات *DREB*.

المقدمة Introduction

يعد الدخن من أقدم المحاصيل الزراعية التي استعملت في غذاء الإنسان. ويقال أنه عرف وزرع قبل الميلاد بأكثر من 3000 سنة، حيث يعتقد انه زرع في البداية في الهند (Taylor،2016) ثم انتقل إلى إفريقيا، ولكن كثيراً من علماء التصنيف يعدون إفريقيا هي الموطن الأصلي لهذا النوع وخاصة السودان، وذلك لوجود التنوع الكبير في الشكل الظاهري للطرز الموجودة هناك (Powell،1968 و Burton). يعد محصول الدخن مصدراً مهماً للغذاء في بعض المناطق الجافة من العالم القديم كالهند وأفغانستان وإيران وتركيا والسودان فهو يزرع في الترب الفقيرة أو تحت الظروف التي لا تلائم زراعة محاصيل الحبوب الأخرى أما في الولايات المتحدة وعدد من بلدان أوروبا فإنه يزرع على نطاق ضيق جدا" لغرض العلف الأخضر للحيوانات فقط (الأنصاري، 1981).

يعد الدخن من المحاصيل الغذائية، حيث يحتوي على مواد نشوية وبروتينية وفيتامينات ومعادن ودهن غير مشبع بكمية تفوق نسبتها أي نوع آخر من الحبوب، مما جعله أحد المحاصيل الرئيسة للفقراء في أوروبا في القرون الوسطى، ثم استعيض عنه بالمحاصيل النجيلية الاستراتيجية، وهو يعد الآن من الأغذية المعتمدة في المناطق الجافة من إفريقيا الاستوائية، حيث تستهلك الحبوب كاملة ويتم طهوها كالرز أو يتم طحنها كالدقيق كما يستخرج منه المولت في إفريقيا للحصول على البيرة، تحتوي حبة الدخن الكاملة على 75% من وزنها أندوسبيرم،17% جنين، 8% قشرة، ومن حيث التركيب الكيميائي فهي تحتوي 11% بروتين، 4.2% دهون، 72.8% كربوهيدرات، 8.5% ألياف، 3.2% رماد كما تحتوي على أملاح معدنية كالكالسيوم، الحديد، السلينيوم، الزنك، الفسفور وبعض الفيتامينات والأحماض الأمينية منها الليستين والتربتوفان (FAO،2023). كما تحتوي حبوب الدخن على أكثر البروتينات اكتمالاً بالمقارنة مع كافة أنواع الحبوب، ويساعد على الحد من الكولسترول، كما يوقف تكون أنواع معينة من حصى المرارة، ويستخدم هذا النوع من الحبوب في حالات أمراض الطحال والبنكرياس والمعدة، ويفيد من يعانون من حموضة المعدة، ومرضى التهاب القولون واضطرابات الجهاز البولي، يساعد تناول الدخن المطبوخ مع الحليب على نشاط الدورة الدموية، ويعد ذلك علاجاً فعالاً للقرحة المعدية والمعوية.

كما أن حبوب الدخن تمثل جانباً آخر في إطار الاقتصاد الغذائي غير المباشر في إنتاج اللحوم والمنتجات الحيوانية الأخرى إذ تكون جزءاً كبيراً من عليقة الحيوانات سواء أكانت خضراء أو حبوب مركزة (اليونس، 1987).

كان عنوان هذا البحث " **دراسة المقدرة التكيفية لبعض الطرز المدخلة من الدخن (*Pennisetum glaucum L*) استجابة لبعض الممارسات الزراعية وتوصيفها باستعمال المعلمات الجزيئية.**" وقد تناول كلاً من الفصول الآتية : تضمن **الفصل الأول** مقدمة عن أهمية محصول الدخن غذائياً وعلفياً، وتسليط الضوء على المساحات المدخلة، الإنتاج والإنتاجية عالمياً، عربياً ومحلياً، وأهم أسباب تراجع هذه المساحات وأهم الابحاث والتطورات المتعلقة بتحسين هذا المحصول وزيادة غلته الحبية والحيوية. إضافةً إلى أهم الدراسات المرجعية الحديثة عن التسميد الآزوتي ودوره في نمو النبات بشكل عام، و أهميته في زيادة الإنتاج والغلّة في محاصيل الحبوب عامةً، ومحصول الدخن خاصةً. كما تضمن هذا الفصل أهم نتائج الدراسات الحديثة الخاصة بدراسة المؤشرات الجزيئية على مستوى DNA في الدخن، والتقانات الحيوية المطبقة للتوصيف الجزيئي لهذا المحصول، إضافةً إلى الدراسات حول التباينات الأليلية لبعض مورثات تحمل الجفاف فيه.

تم في **الفصل الثانّي** شرح مفصل عن أهم المواد والطرائق المستخدمة في هذه الدراسة، وأدواتها من حيث مكان تنفيذ الدراسة، طريقة الزراعة، حزمة الممارسات الزراعية المقدمة لخدمة المحصول، كميات الأسمدة المضافة، كما ذُكرت المؤشرات المدروسة في هذا البحث والتي قسمت إلى أربعة أقسام: ١- المؤشرات الشكلية المهمة في التقييم الحقلي والتي تضمنت: (ارتفاع النبات، عدد السلاميات، المساحة الورقية، دليل المساحة الورقية و طول العثكول)، ٢- المؤشرات الكمية التي حُسبت على عينات نباتية بحيث شملت كامل المعاملات المدروسة وتضمنت هذه المؤشرات: (عدد الإشطاءات الكلية، وزن الحبوب في النبات الواحد، الوزن الجاف لكامل النبات، وزن الألف حبة، الوزن الجاف الكلي للنباتات، الغلّة الحبية، الغلّة الحيوية، دليل الحصاد)، ٣- المؤشرات الجزيئية التي درست القرابة الوراثية بين طرز الدخن المدخلة وتطبيق تقنية ISSR،٤- دراسة التباينات الأليلية لبعض مورثات تحمل الجفاف في الدخن.

ورد في **الفصل الثالث** أهم نتائج البحث الناتجة عن تحليل البيانات الحقلية التي سُجّلت من كل قطعة تجريبية وكل مكرر، وبُوّبت وحللت إحصائياً، حيث عُرضت في جداول توضح المقارنة بين معدّلات التسميد المستخدمة، الطرز المدخلة وتفاعلاتها خلال موسمي الزراعة، وذُكرت علاقات الارتباط البسيط بين الصفات المدروسة، إضافةً إلى نتائج التوصيف الجزيئي وشجرة القرابة الوراثية والتباينات الأليلية لمورثات تحمل الجفاف، وجرى مناقشة النتائج مع ما يتوافق أو يتخالف معها من نتائج لأهم وأحدث الدراسات المرجعية التي لها علاقة بموضوع البحث.

ذكر في **الفصل الرابع** أهم الاستنتاجات والتوصيات وفق ما توصلنا إليه في هذه الدراسة من حيث كفاءة طرز الدخن المدخلة في استجابتها للتسميد الآزوتي الذي يؤدي دوراً مهماً في تحسين نمو المحصول وإنّتاجيته، وتوضيح أكثر الطرز تأقلماً وتكيفاً مع التغيرات المناخية التي تطرأ على البيئة السورية، وبناءً على النتائج المتحصل عليها كان لابد من التوصية بإعادة نشر زراعة هذا المحصول باستخدام الطرز الأعلى كفاءة في النمو والإنتاجية، واقتراح إدخاله في برامج التربية والتحسين الوراثي بعد أنّ تم تحديد درجة القرابة الوراثية والتباينات الأليلية بين الطرز المستخدمة.

أهمية البحث Research Relevance

استهدف هذا البحث دراسة أحد المحاصيل المهمة اقتصادياً وهو محصول الدخن، نظراً لقلة أو انعدام الدراسات الاقتصادية المتوفرة عن هذا المحصول، وذلك بسبب الاهتمام بمحاصيل حبية وعلفية أخرى كالذرة الصفراء والذرة البيضاء، وبسبب الجهل بالقيمة الغذائية والعلفية له.

فقد أعلنت الأمم المتحدة أن عام 2023 هو العام الدولي للدخن ودعت إلى التنبيه إلى الفوائد الغذائية والصحية لاستهلاك الدخن، ومدى ملاءمتها للزراعة في ظل الظروف المناخية المتغيرة، حيث تتمتع زراعة الدخن بالعديد من المزايا كونه محصولاً بعلياً مع استخدام الحد الأدنى من الأسمدة، وعدم استخدام المبيدات لأنه أقل عرضةً لهجمات الحشرات، كما يمكن تخزين بذوره لسنوات عديدة.

يعد الدخن من أهم محاصيل الأعلاف في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يمتاز الدخن بكثرة أوراقه وهو بذلك يكون مستساغاً بوصفه علفاً لأنواع الماشية كافة وهو يأتي بعد الشعير من الناحية العلفية ويمكن عده أحد المحاصيل التي توفر العلف الأخضر خلال موسم الصيف وفي فترة شح الأعلاف الخضراء ونظراً لقصر مدة حياته ولمتطلباته المائية المنخفضة نسبياً فإن زراعته لا تؤثر على زراعة باقي المحاصيل وإن أوراقه تبقى خضراء حتى عند نضج العثاكيل ولهذا المحصول القابلية على إعادة النمو بعد الحش إذ يحش بحدود ثلاث مرات خلال الموسم ويمكن رعيه أو حفظه كسيلاج لتغذية المواشي ويزرع إما بصورة مفردة أو مخلوطاً مع البقوليات (كاظم ، 2014).

يعد انخفاض الآزوت في التربة والإجهاد المائي من العوامل الرئيسة التي تحد من الإنتاجية، حيث يتمثل التأثير الأول للإجهاد المائي في تقليل عدد الأوراق والمساحة الورقية في النبات الواحد وفي وحدة المساحة، وبالتالي يقلل من إنتاجية نبات الدخن.

يعد توافر العناصر الغذائية من العوامل المؤثرة على نمو وإنتاجية محصول الدخن. فالآزوت هو أحد أهم العناصر الغذائية في جميع أنظمة إنتاج المحاصيل. بشكل عام، يعد الدخن من المحاصيل القادرة على نمو في ظل نقص الآزوت بالتربة لكن أظهرت العديد من الدراسات أن استخدام الآزوت يمكن أن يزيد من إنتاج الدخن ويحسن من جودة العلف (Rostamza *et al.*,2011).

ومع الطلب المتزايد للغذاء والمنتجات الحيوانية الناتج عن تزايد تعداد سكان العالم، تأتي أهمية هذا البحث لتحسين غلة هذا المحصول الحبية والعلفية من خلال تحسين الممارسات الزراعية المطبقة وخاصة التسميد الآزوتي و تحديد الطراز الأكثر تكيفاً مع الظروف البيئية في منطقة الزراعة والمناطق المشابهة لها.

إن مواجهة التغييرات المناخية وأثرها على تأمين المتطلبات الغذائية والعلفية يكمن بشكل أساسي في التنوع الحيوي (Lemgharbi *et al*., 2016) والمحافظة عليه وذلك لتأمين المصادر الوراثية التي قد تساعد مربي النبات على استنباط أصناف مرتفعة الغلّة، ومتأقلمة مع التغيرات المناخية المستقبلية من خلال استغلال القيمة الكامنة في المصادر الوراثية النباتية لتلبية احتياجات الإنسان في المستقبل، كما أن التنوع الحيوي والمصادر الوراثية تحمل أهمية كبيرة، فهي تشكّل أساس الزراعة المستدامة وستزداد أهميتها في المستقبل في ضوء التغيرات المناخية المحتملة. أكَّد (Shivhare and Lata,2017) على أهمية مضاعفة الجهود عالمياً ودولياً لتقييم الموارد الوراثية وتوصيفها لتحديد الخصائص المرغوبة منها والاستفادة منها في تحسين الأصناف التي تمتلك قاعدة وراثية ضيقة نسبياً. وبيّن (Yadav *et al*,2017) أنّ الهدف الأساسي من تقييم الموارد الوراثية هو تأمينها لمربي النبات والمزارعين وللأغراض البحثية الأخرى.

ساهمت التقانات الحيوية في العقود المنصرمة في تحديد مواقع المورثات المتحكمة بالصفات الكمية وصفات الغلّة الحبية في نبات الدخن (Yadav *et al*., 2021b; Nara and Singh,2023) و التي ساهمت في تطوير برامج تربية خاصة بهذا المحصول على نطاقٍ واسعٍ، إضافةً إلى أنّ الجهود المبذولة لبناء القاعدة الوراثية وتوصيفها لمحصول الدخن التي مازالت قيد التطوير المستمر إلا أن تطبيق ما توصلت إليه الدراسات على المستوى الجزيئي وتطبيق هذه المعلومات أظهر نجاحاً محدوداً إلى تاريخه في تطوير أنواع أكثر تأقلماً، لذا تعد متابعة البحث في هذا المجال من العوامل الرئيسة في النجاح المستقبلي للتربية الجزيئية للدخن.

مشكلة البحث Research Problem

الدخن هو غذاء أساسي مهم ومحصول علفي في العديد من دول العالم. ومع ذلك، لا تزال الإنتاجية منخفضة مقارنة بالإمكانات الوراثية للمحصول، ومن المتوقع أن تساهم الإجهادات الأحيائية و اللاأحيائية المختلفة في انخفاض الإنتاجية.

تؤدي البيئة دوراً مهماً في تحديد نمو المحصول، كما أن توافر المياه والعناصر الغذائية خاصة الآزوت يعد من العوامل المؤثرة على الإنتاجية، وعليه، فإن معرفة تأثير العوامل المختلفة في نمو وتطور الدخن ستكون مفيدة في ابتكار وسائل لزيادة وتثبيت إنتاج الدخن.

يعد تغير المناخ Climate change عاملاً مؤثراً على مجموعة متنوعة من المسارات الفسيولوجية والبيئية والسلوكية للمحاصيل. حيث تميل التأثيرات المتعلقة بفسيولوجيا النبات إلى أن تكون استجابات مباشرة للتغيرات في درجة الحرارة وهطول الأمطار (مثل تكييف النبات والمناطق المناسبة لزراعة محاصيل معينة، ولكنها تشمل أيضاً الاستجابات غير المباشرة للإجهادات الأحيائية مثل الآفات والأعشاب الضارة) وكل هذا سوف يؤثر على نمو وإنتاجية الدخن بطرق معقدة، إيجابية وسلبية.

محلياً، خلال السنوات العشر الماضية، عانى المزارعون من تأثير الصراع والصعوبات الاقتصادية. كما أن عدم كفاية الأمطار وسوء توزيعها، إلى جانب العديد من موجات الحرارة، وارتفاع تكلفة المدخلات وخاصة التسميد، ومحدودية توافر مياه الري، وارتفاع تكلفة الوقود، أدى إلى تقلص مساحة المحاصيل القابلة للحصاد و الحد من انتشار زراعة محاصيل أخرى.

قد يساعد توافر معلومات الوراثية حول طرز الدخن المختلفة في تحسين طرز جديدة اكثر تحملاً للإجهادات البيئية ويوفر فرصة جيدة لمواصلة استغلال المواقع الوراثية المتفوقة في تطوير طرز ذات سمات غذائية مرتفعة وأكثر مقاومة للمناخ. ومن ثم، ينبغي بذل المزيد من الجهود في برامج التربية المتعلقة بالتحسين الوراثي لهذا المحصول.

تساؤلات البحث Research Questions

١. هل يمكن من خلال الصفات الشكلية والكمية دراسة التباينات بين طرز الدخن المدروسة؟

٢. ما هو المعدل الأمثل من التسميد الآزوتي لإعطاء غلة أكبر من محصول الدخن، وما هو الطراز الأكثر استجابةً لمعدلات التسميد الآزوتي؟

٣. هل تستطيع تقنية ISSR سبر التباين الوراثي بين طرز الدخن؟

٤. هل يمكن الاعتماد على تقانة PCR في الكشف عن التباينات الأليلية لمورثات الديهدرين و الـ *DREB* المسؤولة عن تحمل الجفاف؟

فرضيات البحث Research Hypothesis

يفترض أنّ تحقق إضافة التسميد الآزوتي إلى محصول الدخن زيادة معنوية في الصفات الإنتاجية ومكونات الغلّة الحبية كافة من المحصول. كما يفترض أن تنجح وتتفوق بعض طرز الدخن المدخلة من محصول الدخن في التأقلم والتكيف مع الظروف المناخية في منطقة الزراعة (مزرعة أبي جرش–كلية الزراعة–جامعة دمشق)، ومن المفترض أنّ تتحمل هذه الطرز ظروف الزراعة المطرية (دون ري). كما نتطلع إلى وجود ارتباط واضح بين التوصيف الحقلي والتوصيف الجزيئي والتي توضح العلاقة بين التركيب الوراثي ومواصفات الطرز الحقلية والتي يمكن استغلالها لتطوير طرز محسنة من خلال برامج التربية الوراثية.

كل هذه المعطيات ستعطي الفلاح القدرة على تحديد الطريقة الأنسب والأرخص والأنجع في استثمّار الأراضي الزراعية بمحاصيل ذات قيمة غذائية ومادية مرتفعة.

مبررات البحث Research's Justifications

تؤدي الحبوب دوراً مهماً في استقرار الإنسان وتغذيته منذ فجر التاريخ، وكان لها تأثيراً كبيراً في تاريخ البشرية، حيث قام الإنسان بجمع ثمار النجيليات ليتغذى بها. يعد محصول الدخن من المحاصيل الاقتصادية وذات المحتوى الجيد من البروتين المهمة في العالم، وهو من محاصيل العلف الصيفية المتحملة للجفاف حيث يمكن حشه في مراحل معينة للحصول على العلف الأخضر أو تجفيفه لعمل السيلاج فضلاً عن استخدامه لاستصلاح الترب، وقد أعلنت الجمعية العامة للأمم المتحدة سنة 2023 السنة الدولية للدخن، وهذا يعد فرصة لإبراز مزايا الدخن وإظهار قدراته واستخداماته الكثيرة (العلاجية والصيدلانية والكيميائية).

إن زراعة الدخن مازالت تعاني من مشاكل كثيرة تسببت في خفض الإنتاج في وحدة المساحة، ويعود ذلك لعدة أسباب، مثل عدم توفر المادة الوراثية (الصنف)، وعدم الاهتمام بالعمليات الحقلية، وعدم توفر العناصر الغذائية التي يحتاجها المحصول، ومن هنا كان من الضروري إيلاء المزيد من الاهتمام بالأبحاث المتعلقة بزراعة محصول الدخن واختيار الطرز الوراثية الأكثر ملاءمةً للظروف البيئية المحلية، وتحديد الممارسات الزراعية المناسبة التي تظهر الطاقة الإنتاجية الكامنة لهذه الطرز، ويعد تحديد المعاملات السمادية المناسبة وخاصةً الآزوتية من أهم العوامل المحددة للفلة الحبية، وتحسين نوعيتها، وذلك لما يؤديه الآزوت من وظائف مهمة داخل النبات في ظل تراجع خصوبة التربة، فهو يؤثر في الصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية.

إن التغيرات المناخية المتزايدة والتي يصعب تغييرها والتحكم بها كانت سبباً في محدودية إنتاج الدخن، لذلك فإن الحل الأمثل يكمن في استنباط وتطوير أصناف وسلالات وطرز ذات قدرات تكيفية عالية مع المحافظة على طاقتها الإنتاجية، وذلك باستخدام المؤشرات الجزيئية من خلال (تحديد درجة القرابة الوراثية، وتحديد المورثات المسؤولة عن تحمل الجفاف مثل الديهيدرين و*DREB*)، مما سيؤدي إلى زيادة الإنتاج والمردودية.

أهداف البحث Research's Objectives

1. دراسة تأثير معدلات التسميد الآزوتي في طرز الدخن المدروسة.

2. تقييم أداء بعض الطرز المدخلة من الدخن تحت ظروف محافظة دمشق اعتماداً على بعض الصفات الشكلية والكمية والبيوكيميائية.

3. تحديد درجة القرابة الوراثية بين جميع الطرز المدروسة من الدخن باستعمال تقنية التكرارات الترادفية البسيطة الداخلية ISSR.

4. تحديد التباينات الأليلية لبعض مورثات تحمل الجفاف الديهيدرين و *DREB* في الطرز المختلفة من الدخن.

الفصل الأول

Chapter One

1. الدراسة المرجعية Literature Review

1.1. التصنيف العلمي لمحصول الدخن والاحتياجات البيئية:

ينتمي نبات الدخن إلى مملكة النباتات، شعبة البذريات (Tracheophytes)، تحت شعبة مستورات البذور (Angiosperms)، أحاديات الفلقة (Monocots)، العائلة النجيلية Poaceae، الجنس: Pennisetum وهو نبات ثنائي المجموعة الصبغية (2n = 14) ويضم عدداً من الأنواع النباتية التي تتميز بغزارة نموها الخضري وتفرعها وجذورها الليفية التي تتعمق حتى 1.5 م، وتمتد أفقياً حتى 1–1.2 م، والساق قائمة مصمتة، يتراوح طولها من 0.5–4 م. التلقيح في الدخن خلطي بدرجة كبيرة، كون المياسم تظهر قبل المآبر بعدة أيام، والحبوب صغيرة الحجم (يعقوب ونمر، 2011).

وقد سمي من قبل العالم Hitchcock (1951) بالاسم *pennisetum glaucum* ولكن الاسم الأكثر شيوعاً هو *pennisetum typhoides*، عموماً الدخّن هو عبارة عن مجموعة من المحاصيل التي تتبع 6 أجناس، حيث تتميز هذه الأجناس بصغر حجم حبوبها بالمقارنة مع محاصيل الحبوب الأخرى وهي:

1. جنس الدّخن Pennisetum والنوع typhoides: النوع العادي.
2. جنس الثمام Panicum والنوع miliaceum: أو دّخن بروسو.
3. جنس اللصيق Setaria والنوع italica: أو الدّخن الإيطالي.
4. جنس الدنيبة Echinochloa والنوع frumentacea: الياباني.
5. جنس حشيشة دالاس Paspalum والنوع scrobiculatum.
6. جنس Digitaria والنوع exilis.

تستخدم جميع هذه الأجناس في إنتاج العلف، وإنتاج الحبوب لاسيما : الدّخن العادي، دخن بروسو، الدّخن الياباني، الدّخن الإيطالي. وتختلف عن بعضها بعضاً في شكل المجاميع الثمرية والحبوب وغيرها من الصفات.

ويُعد التنوع الوراثي الموجود ضمن الأنّواع النباتية جزءاً مهماً من التنوع الحيوي، حيث تتميز المصادر الوراثية النباتية بتنوعها الوراثي الكبير وبمقدرتها على تحمل الإجهادات الأحيائية واللاأحيائية، تشمل هذه المصادر طيفاً متنوعاً من الموارد الوراثية والأصناف المزروعة حديثاً، بالإضافة إلى الأقارب البرية وغيرها من أجناس النبات البرية المستعملة كغذاء، حيث تُشكّل هذه المصادر الوراثية المادة الخام الأهم لمربي النبات، والمورد الأساسي للمزارعين، كما أنّها ذخيرة للتحسين الوراثي المستمر بما يتناسب مع التغيرات البيئية والاقتصادية غير المتوقعة (Jarves and Lane, 2007). ويُشير Larid

(2007) إلى أنّ التنوع الحيوي للمحصول هو أحد أهم الأسلحة في الحرب ضد الجوع والفقر. ويشمل التنوع الحيوي التباين الموجود ضمن جميع الأنّواع النباتية والحيوانية، وفيما بينها، والنظم البيئية التي تشغلها (De Kalbermatten,2007)، ويؤدي التنوع الحيوي دوراً مهماً في دعم الأنّظمة البيئية في الأراضي الجافة، إذْ يُعدُّ الغطاء النباتي أداة من أدوات تشكيل التربة وحفظها، وتنظيم الهطل المطري والمناخ المحلي، كما تؤدي بعض الأنّواع النباتية دوراً مهماً في دعم السلسلة الغذائية للكائنات الحية وتُسهم في تطور الإنسان (Raymond,2001). قدّرت منظمة الزراعة والغذاء العالمي (FAO) أنّه منذ بداية القرن العشرين قد ضاع نحو 75% من التنوع الحيوي الوراثي عن طريق التعرية الوراثية التي تُشير إلى فقد التنوع الوراثي ما بين المجاميع النباتية من جهة وضمن المجموع النباتي الواحد من جهةٍ أخرى، والمشكلة قائمة لمختلف الأنّواع النباتية، وهي تهدد إتاحة الغذاء العالمي وثباتتيه (Brandeland,2006). نجحت بعض الدول في إعادة تأهيل مساحاتٍ كبيرة من أراضيها ببعض الأنّواع النباتية ومنها سورية (Thomas and Winslow,2007). أكَّد كل من (Gauchan,2003 and Smale) على ضرورة جمع الأصول الوراثية الممثلة للتنوع الحيوي وتقييمها وحفظها للمستقبل لتفادي أي طارئ غير متوقع، لقدرتها على تحمل التغيرات البيئية في المستقبل.

تتميز سورية بتنوع ظروفها المناخية والبيئية، وتُعدّ من المناطق الغنية جداً بالتنوع الوراثي النباتي، فهي تُعدّ مركزاً لنشوء العديد من الأقارب البرية للكثير من المحاصيل الزراعية المهمة اقتصادياً، حيث تؤدي الأقارب البرية لمثل هذه المحاصيل دوراً مهماً في تطوير أصناف ذات صفات مرغوبة، فهي مصدر غني بالعديد من المورثات القيمة مثل مورثات مقاومة الأمراض المختلفة، والمحتوى المرتفع من البروتين، وزيادة الإشطاء وتحمل الجفاف والعديد من الصفات الاقتصادية المرغوبة الأخرى(Damania and Srivastava ,1989).

يعد الدخن واحد من أهم المحاصيل المتحملة للجفاف، حيث أنه قادر على النمو في المناطق التي تشهد فترات جفاف متكررة، كما أنّه أظهر تحملاً للترب الرملية والحامضية أكثر من باقي المحاصيل الصيفية، حيث أنّ جذوره متعمقة وقادرة على الاستفادة من الآزوت المترسب والمتبقي في التربة وكذلك من الفوسفور والبوتاسيوم، ولذلك هو لا يحتاج المتطلبات السمادية التي تحتاجها بقية المحاصيل الصيفية، وهذا ما جعل الدخن محصولاً مرغوباً به أكثر من غيره في المناطق الجافة (Lee *et al.*,2009).

يُعد الدخن من محاصيل العلف الصيفية غزيرة النمو والتفريع، وتتصف نباتاتها بساقها الناعمة المنتصبة، التي تحمل عدداً كبيراً من الأوراق، ولها المقدرة على التجديد واستعادة النمو، ويمكن أن تعطي عدة حشات خلال موسم النمو (3-

4 حشات)، وذات قيمة علفية مرتفعة، نتيجة انخفاض محتواها من الألياف الخام، وتتفوق على العديد من أصناف الذرة البيضاء في إنتاجها الأخضر، وبذلك تضيف مورداً إضافياً من العلف خلال فصل الصيف (and Andrews,1992 Kumar).

يتميز الدخن بكثرة أوراقه التي تعد مستساغة بوصفها علفاً لأنواع الماشية كافة، وهو يأتي بعد الشعير Barley (*Hordeum vulgare* L.) من الناحية العلفية، وهو أحد المحاصيل التي توفر العلف الأخضر خلال موسم الصيف وفي فترة شح الأعلاف الخضراء، ونظراً لقصر دورة حياته والمتطلبات المائية المنخفضة نسبياً فإن زراعته لا تؤثر في زراعة باقي المحاصيل الصيفية، كما يمكن رعيه أو حفظه كسيلاج لتغذية المواشي، ويُزرع إمّا بصورة مفردة او مخلوطاً مع البقوليات الصيفية (السعدي، 2000).

2.1. الموطن الأصلي و الإحصائيات العالمية للمساحات المزروعة بالدخن:

أظهرت الدراسات التي أجريت لتطوير محاصيل الحبوب أن أحداث الاستئناس المتعددة أو المفردة التي حدثت خلال الـ 12000 سنة الماضية أدت إلى تطور الانواع الموجودة حالياً (Londo *et al.*,2006). يعد الدخن (*Pennisetum glaucum*) المحصول الرئيس في منطقة شبه الساحل من السنغال إلى السودان ، ويزرع في شرق إفريقيا وآسيا، وقد أوضحت العديد من الدراسات أن منشأه الأصلي يعود إلى منطقة الساحل الإفريقي (Oumar ; Brunken *et al.*,1977 *et al.*, 2008)، حيث اقترح بعض المؤلفين أن الدخن هو نتاج أحداث استئناس متعددة (Portères,1976) فيما اقترح (Tostain and Marchais,1997) أنه نتاج حدث استئناس وحيد. ورغم عدم وضوح المنشأ الجغرافي للدخن إلا أن العديد من الباحثين يتفقون على أن استئناس الدخن تم في إفريقيا على طول منطقة الساحل من موريتانيا إلى السودان.

خلال العقد الماضي، لوحظ انخفاض المساحة المزروعة بالدخن حيث بلغت في عام 2021 نحو 31 مليون هكتاراً، موزعة في إفريقيا (18.59) وفي آسيا (11.66) مليون هكتاراً، وبلغ الإنتاج العالمي نحو 30 مليون طناً موزعة في أفريقيا (12.10) وفي آسيا (16.99) مليون طناً(FAO، 2021)، وتأتي الهند في طليعة الدول التي تزرع الدخن. أما على صعيد الوطن العربي، تُشير إحصائيات المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2023) إلى أن المساحة المزروعة بمحصولي الذرة الرفيعة Sorghum والدخن Millet، بلغت 11.39 مليون هكتاراً، والإنتاج 6.52 مليون طناً، والإنتاجية 5751 كغ.هكتار$^{-1}$. وتُشير إحصائيات المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2023) أن المساحة المزروعة بكل من الذرة الرفيعة و الدخن في القطر العربي السوري بلغت قرابة 3220 هكتاراً، والإنتاج 5930 طناً، والإنتاجية 1844.17 كغ.هكتار$^{-1}$.

جدول1: مساحة وإنتاج محصول الدخن عالمياً وعربياً للعام 2021

الدولة	مساحة (هـ)	الإنتاج (طناً)	الغلّة (كغ.هـ$^{-1}$)
أفريقيا الوسطى	10000.00	10000.00	1000
الهند	9764817.00	13210000.00	1352.8
روسيا	270015.00	368137.40	1363.4
جنوب إفريقيا	12934.00	6330.43	489.4
الولايات المتحدة الامريكية	267900.00	348720.00	1301.7
العراق	2673.00	3441.00	1287.3
المغرب	2523.00	5098.74	2020.9
المملكة العربية السعودية	5643.00	12163.00	2155.4
الجمهورية العربية السورية	55.00	62.00	1127.3

المصدر (FAO)، 2021

3.1. أهمية استخدام التسميد الآزوتي:

يعد الآزوت عنصراً أساسياً لنمو النبات، ويصنف ضمن مجموعة العناصر المغذية الكبرى، لما له من أهمية كبيرة في زيادة الغلة وتحسين نوعيتها ولما يؤديه من وظائف مهمة داخل النبات، حيث يتم امتصاصه من قبل النبات بالصور الأيونية الرئيسية (NO_3^-) (المرجاني 2005). ويعد عنصر الآزوت من أقل العناصر المعدنية الغذائية إتاحة للنبات.

يؤثر عنصر الآزوت في العديد من الصفات الشكلية والفيسيولوجية، حيث يؤدي إلى زيادة كفاءة النبات الإشطائية، وزيادة معدل الانقسام الخلوي ومعدل تصنيع البروتينات ونمو الأجزاء الهوائية وبالتالي زيادة غلة النبات(علي وزملاؤه، 2014). حيث يؤثر الآزوت في دليل المساحة الورقية، وعدد السنابل في وحدة المساحة، وعدد الحبوب في السنبلة، وحجم الحبة الواحدة، كما أن الآزوت هو عنصر هيكلي في الكلوروفيل وجزيئات البروتين، وبالتالي يؤثر في تشكيل الصانعات الخضراء وتراكم الكلوروفيل فيها. كما أن الأصناف التي تنتج كميات كبيرة من الكتلة الحية عادة ماتتسم بكفاءة عالية في امتصاص الآزوت (Singh and Aror, 2011).

يؤدي عنصر الآزوت دوراً مهماً في تشجيع نمو المجموع الخضري والجذري، حيث تشكل المركبات الآزوتية المادة الأولية لتصنيع البروتينات والأنزيمات وجزيئات اليخضور. ويُعد الآزوت من العناصر المعدنية المغذية الأكثر أهميةً للنباتات عامةً بالمقارنة مع باقي العناصر المعدنية المغذية الأخرى، حيث اعتبر (Pandey *et al*,2001) أن الآزوت أفضل الأسمدة لأنّ العديد من المحاصيل تحتاجه بكمياتٍ كبيرة، وتستجيب بسرعة

لإضافته (Vyn and Ciampitti ,2011)، ويكوِّن الآزوت نحو 1–4% من المادة الجافة للنبات، وقد تصل نسبته إلى 5% في البقوليات. ويؤدي نقص الآزوت في التربة إلى تراجع نمو النبات، وتطوره وإنتاجيته، نتيجة حدوث خلل في العمليات الأيضية المختلفة Metabolic processes، وتظهر على النبات أعراض نقص الآزوت المتمثلة بتوقف النمو أو تباطؤ معدله، وخاصةً على الأوراق القديمة، حيث يتم تمثيل الآزوت فيها وينتقل إلى الأوراق وأعضاء النبات الحديثة النمو، الأمر الذي يؤثر سلباً في مساحة المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، وتتراجع كفاءة النبات التمثيلية، وتظهر أعراض الشيخوخة المبكرة على الأوراق Premature leaf senescence، ما يؤثر سلباً في معدل تصنيع المادة الجافة (نواتج التمثيل الضوئي) وتراكمها (2004, Kirkby and Mengel). إن كفاءة استخدام الآزوت Nitrogen Use Efficiency (NUE) للدخن أعلى من كثير من المحاصيل الأخرى، إلا أنّ زيادة مستوى التسميد الآزوتي لا يترافق دائماً مع زيادة في الغلة (Davis and Muchow,1988).

وبيّنت بعض الدراسات أنّ إضافة الآزوت يمكن أن تحسِّن غلة الحبوب Grain yield، من خلال تحسين حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كمية الطاقة الضوئية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي الممتصة (PAR)، ومن ثمّ تصنيع المادة الجافة وتراكمها Dry matter accumulation، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة كفاءة استعمال المياه Water Use efficiency (WUE) (Palta and Fillery, 1995) (Shepherd *et al.*, 2009).

عادةً ما تختل دورة الآزوت في ظل النظم البيئية الزراعية Agricultural ecosystems، نتيجة فقد كمياتٍ كبيرةٍ من عنصر الآزوت في الأجزاء النباتية المحصودة، لذلك سيكون من الضروري جداً إضافة الأسمدة الآزوتية سنوياً إلى التربة للمحافظة على خصوبة التربة Soil fertility، ومن ثّم إنتاجية الأنواع المحصولية المزروعة. وقد أسهمت زيادة معدلات التسميد الآزوتي خلال العقود الخمسة الماضية، وتحسين كفاءة استعمال الآزوت(NUE)(Nitrogen use efficiency) بشكلٍ كبير في زيادة الإنتاج الزراعي على مستوى العالم (Smil، 2000). يُؤثر تراجع محتوى التربة من الآزوت سلباً في معدل نمو نباتات الأنواع المحصولية عامةً، وتطورها وإنتاجيتها. عادةً ما تظهر أعراض نقص الآزوت أولاً على الأوراق السفلية القديمة، بسبب انتقال الآزوت تحت ظروف نقص الآزوت إلى الأوراق والأجزاء النباتية الأخرى حديثة التكوين. وعادةً ما تتضح النباتات التي تعاني من نقصٍ في الآزوت بوقتٍ أبكر، الأمر الذي يؤثر سلباً في طول مرحلة النمو الخضري، ومن ثمَّ حجم المصدر

Source size، وكفاءة المصدر التمثيلية Photosynthetic rate، ما يؤدي إلى تدني كفاءة النبات الإنتاجية (Devienne-Barret *et al*.,2000).

إن المتطلبات السمادية للدخن مشابهة لتلك التي تحتاجها الذرة البيضاء، حيث يتم إضافة 80 إلى 100 كغ للهكتار، وتتم إضافة كمية من الأسمدة عند الزراعة والكمية المتبقية تضاف بعد 3 إلى 4 أسابيع من الزراعة،(Lee *et al*., 2009).

يستجيب الدخن للترب جيدة الخصوبة، رغم أنّه غير متطلب جداً للأسمدة، حيث يعد مشابهاً للذرة البيضاء من حيث الاحتياجات السمادية أو يمكن القول أن متطلبات الدخن من الآزوت يعد أقل من الذرة البيضاء، وذلك لأنّ إنتاجية الأصناف الحالية أقل من الذرة البيضاء، ويجب إضافة 40 إلى 80 كغ للهكتار (Meyers ,1994 Meinkeand and).

يتميز الدخن (*Pennisetum glaucum*) بالخصائص المطلوبة ليتم زراعته في الأراضي الجافة مقارنة بمحاصيل الحبوب التقليدية حيث يتطلب معدلات أقل من الآزوت. أجرى (Obeng et al,2012) دراسة كان الهدف هو التعرف على الطرز الوراثية التي تنتج أعلى غلة ونوعية بذور بمعدلات مختلفة من الآزوت. حيث تمت زراعة أربعة طرز وراثية من الدخن (2304 ، LHB08، 60 2304 * 6A1، 4280 * 707A1) و عوملت بأربع معدلات آزوت مختلفة (0، 40، 80 و 120 كغ.هكتار$^{-1}$). أوضحت النتائج أنه لم يكن لمعدل الآزوت أي تأثير معنوي على طول العثكول، عدد الإشطاءات ووزن النبات (الجاف) بين الطرز الوراثية. علاوة على ذلك، أظهرت النتائج أنه يمكن زراعة الدخن بمعدلات منخفضة من التسميد الآزوتي، ونظراً لأن التسميد الآزوتي هو التكلفة الرئيسة لإنتاج أي محصول، فإن الدخن يوفر فرصة خاصة لعدد كبير من المزارعين ذوي الموارد المحدودة.

تم إجراء تجربة ميدانية في جامعة Banaras Hindu ، الهند خلال العام 2010 بهدف معرفة معدلات التسميد المناسبة من الآزوت والزنك لإنتاج الدخن، تم تطبيق أربعة معدلات من الآزوت (0، 20، 40،60 كغ.هكتار$^{-1}$) وثلاثة معدلات من الزنك (0، 5 و10 كغ.هكتار$^{-1}$)، حيث سجلت إضافة 60 كغ.هكتار$^{-1}$ من الآزوت و 10 كغ.هكتار$^{-1}$ من الزنك زيادة معنوية في ارتفاع النبات، عدد الإشطاءات، تراكم المادة الجافة، عدد العثاكيل / نبات، طول ومحيط العثكول، والغلة (Prasad *et al*.,2014).

أجريت تجربتان ميدانيتان بمزرعة البحوث الزراعية، قسم المحاصيل، كلية الزراعة، جامعة الأزهر، مصر خلال موسمي صيف 2013 و 2015 لدراسة تأثير أنظمة الري، مواعيد الزراعة وكمية التسميد الآزوتي المضافة

(80، 100، 120 كغ.فدان$^{-1}$) (فدان=0.40 هكتار) على الصنف شندويل1، أوضحت النتائج أن معدل التسميد الآزوتي 120 كغ.فدان$^{-1}$ كان الأعلى معنوياً لصفات ارتفاع النبات والوزن الرطب والجاف للنبات والغلة من العلف الأخضر والجاف في وحدة المساحة في كلا موسمي الزراعة (Fayed *et al.*,2016).

يؤدي التمثيل الجيد للآزوت والمياه دوراً مهماً في زيادة إنتاجية المحاصيل، فقد تُفقد كمية كبيرة من الآزوت من خلال الرشح من التربة إذا لم يتم تمثيل هذه الموارد بشكل جيد، إذ بينت نتائج (Bhuva *et al.*, 2018)

من خلال تجربة حقلية استمرت لثلاث سنوات متتالية من 2012 إلى 2014 في محطة أبحاث جوناجاد الزراعية – الهند بهدف تحديد معدل التسميد الآزوتي المناسب (60–80–100 كغ.هكتار$^{-1}$) لنمو الهجين الجديد من الدخن والتي تضمن الحصول على الإنتاجية العالية له في ظروف منطقة الزراعة، من خلال زيادة المؤشرات الشكلية و مكونات الغلة الحبية مع زيادة معدلات التسميد الآزوتي، حيث كانت الغلة الحبية الأعلى معنوياً عند معدل التسميد (100كغ.هكتار$^{-1}$) في حين كانت الغلة الحيوية الأعلى عند معدلي التسميد (80 و100كغ.هكتار$^{-1}$) ودون وجود فروقات معنوية فيما بينهما.

تمثل خطة التسميد عاملاً مهماً في زيادة إنتاجية محصول الدخن حيث يعد الآزوت أحد العوامل الحاسمة والمكلفة التي تحكم إنتاج ونمو النبات. أجريت تجربة لدراسة تأثير أربعة معدلات من التسميد الآزوتي (60، 80، 100 و120 كغ.هكتار$^{-1}$) على نمو وإنتاجية الهجين GHB558 في كلية الزراعة بجامعة نافساري الزراعية، نافساري (جوجارات)، االهند. بينت النتائج أن استخدام معدل التسميد 120 كغ.هكتار$^{-1}$ قد أدى إلى زيادة معنوية في الصفات المدروسة مثل ارتفاع النبات، عدد الإشطاءات والغلة الحبية ومكوناتها مقارنة مع بقية المعدلات المستخدمة (Joshi *et al.*,2018).

أجريت تجربة لتقييم أداء ثلاثة طرز من الدخن تحت تأثير ست معدلات من الآزوت (0، 20، 40، 60 ، 80 و100 كغ.هكتار$^{-1}$) في موقعين مختلفين في المنطقة شبه القاحلة في نيجيريا، حيث كان الهدف هو تقييم تأثيرات معدلات الآزوت المختلفة على إنتاجية طرز الدخن المدروسة، وكفاءة استخدام المياه والآزوت، والإنتاجية، بينت النتائج زيادة في الغلة وعدد الإشطاءات الكلية مع زيادة معدل التسميد الآزوتي، وكان هناك ارتباط قوي وإيجابي بين كفاءة استخدام المياه والغلة الحبية تحت تأثير معدلات الأسمدة الآزوتية وطرز الدخن المدروسة،

وبينت الدراسة أن معدلات التسميد 60 و 80 كغ.هكتار$^{-1}$ أدت للزيادة في كفاءة استخدام المياه وبالتالي زيادة الغلة والعائد الربحي الصافي (Ajeigbe *et al.*,2020).

أجريت تجربة حقلية في الحقول التابعة لقسم علوم وتكنولوجيا البذور، جامعة آزاد للزراعة والتكنولوجيا، الهند، خلال خريف 2012 مكونة من 12 معاملة مؤلفة من 4 معدلات من الآزوت (0، 40، 80، 120 كغ آزوت.هكتار$^{-1}$) و 3 معدلات من الفوسفور (0، 30، 60 كغ P.هكتار$^{-1}$)، وأظهرت النتائج أن المؤشرات المدروسة لمحصول الدخن زادت بزيادة معدلات الآزوت حتى 120 كغ آزوت.هكتار$^{-1}$ دون وجود فروقات معنوية مع معدل 80 كغ آزوت.هكتار$^{-1}$، كما لوحظ زيادة في الغلة الحبية مع زيادة معدلات الآزوت والفوسفور حتى 120 كغ آزوت.هكتار$^{-1}$ و 60 كغ فوسفور .هكتار$^{-1}$(Gautam *et al.*, 2020).

يعد وضع برامج الأسمدة المناسبة أمراً ضرورياً لتحقيق الإنتاج الأمثل من الغلة الحبية، وعليه أجريت التجارب في جامعة Usmanu Danfodiyo، نيجيريا خلال الموسم الزراعي 2010 و 2011 لتحديد تأثير التركيب الوراثي وأربع معدلات الآزوت (0، 40، 80 و 120 كغ.هكتار$^{-1}$) على أداء الصنفين SOSAT c-88 و Zango، أشارت النتائج إلى عدم وجود تأثير معنوي للصنف في صفة عدد الإشطاءات التي تأثرت معنوياً بمعدل التسميد الآزوتي، في حين تأثر طول العثكول بصنف الدخن ومعدلات الآزوت في موسمي الزراعة، كما أعطى الصنف Sosat c-88 غلة حبية مرتفعة عند مستوى تسميد 120 كغ.هكتار$^{-1}$ (Isha *et al.*, 2020).

وبما أنه من المهم فهم تفاعل التنوع الوراثي – الموقع – التسميد من أجل إنتاج عالي الكفاءة تم إجراء تجربة ميدانية لمدة عامين، باستخدام ستة أصناف من الدخن لتقييم تأثيرات خمسة مواقع مختلفة في شمال الصين تحت تأثير أربع معدلات من التسميد الآزوتي (0، 75، 150 و300 كغ.هكتار$^{-1}$). أظهرت النتائج أن متوسط الغلة الحبية الأعلى معنوياً عند معاملة تسميد 150 كغ.هكتار$^{-1}$ (Cui *et al.*, 2022).

أجريت تجربة حقلية لدراسة تأثير الآزوت والزنك على نمو و إنتاجية محصول الدخن، أظهرت النتائج أن ارتفاع النبات، الوزن الجاف، معدل النمو، عدد الإشطاءات الكلية، عدد الحبوب في العثكول، الغلة الحبية والحيوية كانت الاعلى معنوياً مع إضافة الآزوت (85 كغ آزوت + 10 كغ زنك) (Rakesh *et al.*, 2021).

تم تقييم مجموعة مكونة من 380 طرازاً وراثياً تحت تأثير ثلاثة معدلات تسميد آزوتي مختلفة (0٪ – N0 ، 50٪ N50– ، 100٪N100– من الآزوت). كشف تحليل التباين وجود تباين وراثي كبير للصفات المرتبطة بكفاءة استخدام الآزوت NUE، حيث لوحظ انخفاض بنسبة 27.6 و 17.6٪ في الغلة الحبية تحت تأثير معاملة

N0 مقارنة بـ N50، و انخفاض في الغلة الحيوية الجافة بنسبة 24.6 و 23.6٪ تحت N0 مقارنة بـ N100. أظهرت الغلة الحبية ارتباطاً إيجابياً معنوياً بكفاءة استخدام الآزوت (NUtE) ومؤشر حصاد الآزوت (NHI)، ويشير هذا إلى الدور المحوري لإعادة توجيه الآزوت للحبوب في زيادة معدلات الغلة (Pujarula *et al*., 2021).

من الأسباب الرئيسة لانخفاض إنتاجية الدخن هي الإجهادات اللاأحيائية السائدة مثل الجفاف وانخفاض خصوبة التربة، ولدراسة تأثير ذلك أجرى (Malakar *et al*,2022) تجربة حقلية في جامعة شير كشمير للعلوم والتكنولوجيا الزراعية، الهند، خلال خريف 2020 لمعرفة الأصناف المناسبة ومعدلات التسميد الأمثل تحت ظروف الزراعة البعلية في المنطقة، حيث استخدم ثلاثة أصناف من الدخن (Puas composite 383، MBC–2 و صنف محلي) مع خمسة معدلات للتسميد الآزوتي وهي F1: الشاهد، F2: 25كغ آزوت من مخلفات العضوية، F3: 50:30:15 كغ.هكتار$^{-1}$ NPK + 25كغ آزوت من التسميد العضوي، F4: 65:40:20 كغ.هكتار$^{-1}$ NPK + 25كغ آزوت من التسميد العضوي، F5: 80:50:25 كغ.هكتار$^{-1}$ NPK + 25كغ آزوت من التسميد العضوي، وقد بينت النتائج أن المعاملة F5 (80:50:25 كغ.هكتار$^{-1}$ NPK + 25كغ آزوت من التسميد العضوي) سجلت أعلى غلة حبية وحيوية مقارنة ببقية المعدلات المطبقة.

وجد (Singh *et al*,2014) علاقة ارتباط إيجابية ومعنوية بين الغلة الحبية وكل من وزن النبات الكلي الرطب والجاف، عدد الإشطاءات المثمرة، ارتفاع النبات وعدد السلاميات، كما أظهر تحليل المسار أن عدد الإشطاءات المثمرة/النبات كان لها أعلى تأثير إيجابي مباشر على الغلة الحبية يليه ارتفاع النبات، طول السلاميات/النبات مما يجعل هذه الصفات من مكونات الإنتاج الرئيسة في الدخن وبالتالي يمكن استخدامها كمعايير انتخاب لتحسين إنتاجية الدخن.

أوضح (Kumar *et al*,2014b) وجود علاقة ارتباط معنوية وإيجابية بين الغلة الحبية في النبات و كل من ارتفاع النبات، قطر و طول العثكول، عدد وطول السلاميات، حيث كان لطول العثكول وارتفاع النبات أعلى تأثير إيجابي ومعنوي مباشر على الغلة الحبية، وبالتالي يمكن اعتبار هذه الصفات معايير انتخاب مناسبة لتطوير تراكيب وراثية عالية الإنتاجية من الدخن.

4.1. أهمية التوصيف الجزيئي واستخدام التقانات الحيوية:

إن الاعتماد على الصفات الشكلية لدراسة التنوع النباتي غير كاف، وبشكل خاص عند وجود تقارب كبير بين النباتات المدروسة، كما أن هذه الصفات المظهرية شديدة التأثر بالظروف البيئية المحيطة بالنبات (Chowdari *et al*., 1998). تعد التباينات الشكلية من المعايير الأولى التي استخدمت في عملية التوصيف والتصنيف ودراسة التباينات بين وضمن الأنواع المختلفة، إلا أنه في الآونة الأخيرة وفي ظل التطور المتسارع في علم التقانات الحيوية، اكتشفت معايير ومؤشرات أكثر دقة يمكنها تحقيق هذا الهدف وتطويره أهمها دراسة التنوع الوراثي باستخدام المعلمات الجزيئية التي تستند على معلومات مأخوذة من جزيئة الحمض النووي الريبي منقوص الاوكسجين .(DNA) والتي تسمح بالتمييز ما بين فردين محددين، لقد تطورت المؤشرات الجزيئية بشكل كبير وتعددت أنواعها والمبدأ الذي تعتمد عليه وكذلك استخداماتها وتطبيقاتها، حيث أمكن من خلالها التغلب على سلبيات التقانات السابقة لكونها تتميز بالخصائص التالية (Paterson *et al*., 1991):

1. إن التباينات التي تُكشف باستخدام المعلمات الجزيئية هي ناتجة عن تغيير بالتركيب النيكليوتيدي لجزيئة الحمض النووي الريبي منقوص الاوكسجين (DNA) وليست عن تأثر بالظروف البيئية، فهي معلمات لا تتأثر بالظروف البيئية المحيطة.

2. لا تتأثر نتائجها بعمر ونوع النسيج النباتي المستخدم في الدراسة وبالتالي إمكانية إجراء الدراسة الجزيئية في أي طور من أطوار النمو.

3. سرعة الحصول على النتائج ودقتها في كثير من الحالات.

4. القدرة على كشف نسبة أكبر من التباينات الوراثية.

5. تغطية كافة مناطق مجين (Genome) النبات.

ذكر (Powell *et al*,1997) أنّ استخدام التقانات الحيوية على المستوى الجزيئي للمادة الوراثية DNA أدى إلى تسريع تربية المحاصيل وتحسينها، إذ تعد المؤشرات الجزيئية Molecular markers ذات أهمية قصوى على صعيد تربية النبات إضافة إلى أنّها تعد مؤشرات مساعدة في إسراع عمليات الانتخاب والتربية وهي بذلك تختصر الزمن الذي تستغرقه عمليات التربية إضافة إلى خفضها للتكاليف المادية (سيد، 2001).

كذلك يمكن استخدام المؤشرات الجزيئية بشكل فعال في تحاليل التنوع الوراثي وتقدير التشابه الوراثي (Powell *et al*., 1997; Stich *et al*., 2010; Sankar *et al*., 2013).

وبين(Boyer ,1982) أنّ تحسين المحاصيل يعتمد على نقل المورثات المتحكمة بالصفة المطلوبة. ومن هنا تنبع أهمية أنشاء خرائط ارتباط وراثية مشبعة بعدد كبير من المؤشرات ومعرفة مواقع هذه المورثات في النبات المانح لأنّ هذا يساعد على تسريع برنامج العمل التربوي.

وقد بدأ رسم خرائط الارتباط الوراثية للصبغيات النباتية بعد اكتشاف تقانّة (Restriction Fragment Length Polymorphism– RFLP) من قبل (Botstein et al,1980).

وقد أوضح (سيد، 2001) أنّه مع بداية الثمّانّينيات طورت تقانات حيوية جديدة لتسهم إيجابياً في بناء خرائط الارتباط الوراثية وإنشائها، إذ ظهرت تقانات عديدة منها تقانة التباين في أطوال قطع DNA (Restriction Fragment Length Polymorphism –RFLP) (Botstein *et al*., 1980)، ثمّ طورت التقانات المعتمدة على التفاعل التسلسلي البوليميرازي (Polymerase Chain Reaction– PCR) من قبل الباحث (Saiki *et al*., 1985) كتقانة التباينات الناتجة عن التضخيم العشوائي لقطع DNA (Randomly Amplified Polymorphism– RAPD)، ومكاثرة القطع ذات التعددية الشكلية (Amplified Fragment Length Polymorphism– AFLP)، والتوابع الترادفية البسيطة (Simple Sequence Repeats– SSR).

تعتمد تقنيات المعلمات الجزيئية على التفاعل التسلسلي البوليميرازيPolymerase Chain Reaction حيث يقوم هذا التفاعل بمضاعفة Amplification قطع محددة من الحمض النووي الريبي منقوص الاوكسجين .DNA وذلك بوجود بادئات عشوائية (مثل تقنية RAPD أو ISSR) أو متخصصة (مثل تقنية SRR) مصممة لهذا الهدف، (Weising و Gardner، 1999) ويتم هذا التفاعل بوجود مكونات أساسية هي كلوريد المغنزيوم MgCl2، النكليوتيدات ثلاثية الفوسفات(Deoxynucleoside Triphosphates (dNTPs وأنزيمTaq–Polymeras عبر عدد من الدورات يصل إلى 40 دورة (Newton و Graham،1997).

يمر التفاعل التسلسلي البوليميرازي PCR حسب(Mullis *et al*,1992) في ثلاث مراحل رئيسة يتم خلالها تصنيع سلاسل جديدة من الحمض النووي الريبي منقوص الاوكسجين .DNA ابتداءً من قطعة أولية:

a) مرحلة التحطم الحراري (التمسخ الحراري) Denaturation: حيث يتم تسخين مزيج التفاعل إلى درجة حرارة 95 ℃ وذلك بهدف فصل الروابط الهيدروجينية بين سلسلتي الـ DNA وتحويلها من سلسلة مضاعفة إلى سلسلة مفردة توفر قالباً للخطوة التالية.

b) مرحلة الالتحام Annealing: يتم خفض درجة حرارة التفاعل بما يتناسب مع درجة حرارة التصاق البادئ المستخدم التي قد تتراوح ما بين 50 و65 ℃ حتى تتمكن البادئات من الارتباط بتسلسلاتها المكملة على قالب المفرد.

c) مرحلة الاستطالة Extention: حيث ترفع درجة حرارة التفاعل إلى 72 ℃ ليبدأ إنزيم الـ Taq-Polymerase بعمله بتشكيل سلاسل جديدة واستطالتها بوجود dNTPs .

تم تطوير التفاعل التسلسلي البوليميرازي (Polymerase Chain Reaction– PCR) من قبل الباحث (Saiki *etal*,1985)، الذي كان له أثراً مهماً على صعيد الدراسات الوراثية الجزيئية، حيث اعتبر هذا الإنجاز تطوراً مهماً ساعد في سرعة وكفاءة غربلة العديد من المجموعات الانعزالية (Varshney *et al*., 2017)، ويقوم هذا التفاعل بمضاعفة Amplification قطع محددة من الحمض الريبي النووي (DNA) باستخدام بادئات عشوائية أو متخصصة مصممة لهذا الهدف، مما يسمح بالحصول على ملايين النسخ المضاعفة من قطعة واحدة من الحمض الريبي النووي (DNA) التي تتضاعف أسياً، وذلك باستخدام دورات حرارية متعددة (Ayad *et al*., 1997; Karp,1997).وقد ساعد تصنيع أجهزة التدوير الحراري automated thermo cycler واكتشاف أنزيم البوليميراز DNA Polymerase في تطوير هذا التفاعل وفي ظهور تقانات أخرى تعتمد عليه وتستخدم في إجراء التحاليل الوراثية وإنشاء خرائط الارتباط الوراثية (Saiki *et al*., 1985; (Rafalski *et al*., 1996).

اتجه مربو النبات إلى الطرق التي من خلالها يمكن معرفة مدى التقارب والتباعد الوراثي بين التراكيب الوراثية واستخدم لهذا الغرض عدة تقنيات منها ماهو معتمد على الشكل الظاهري (طول النبات ولون الأزهار وغيرها)، ومنها ماهو معتمد على المادة الوراثية الأساسية DNA التي تستخلص من النبات للحصول على مؤشرات وراثية تدعى مؤشرات DNA. بالاعتماد على تقنية PCR تم استنباط العديد من المؤشرات الوراثية منها مؤشرات (ISSR) Repeat Sequence Simple Inter وهي معلمات جزيئية تعتمد على الـ PCR والتي تستخدم بادئات تحتوي على تكرارات بسيطة من القواعد الآزوتية

لتضخيم مناطق بين تسلسلاتها وتعد إحدى تقنيات التبصيم " DNA" وهي تعتمد على الوجود الغزير والتوزع العشوائي للـ ISSR في الجينوم النباتي وتمتاز بأنها لا تحتاج إلى معلومات مسبقة عن الجينوم وينجم عنها أنماط ذات تعددية شكلية كبيرة ناجمة عن عدة مواقع وراثية . تعود كل حزمة إلى تسلسل DNA محدد بين 2 من الميكروساتلايت ذوي اتجاه عكوس وهي بذلك مثل الـRAPD سريعة وسهلة ولكنها تمتاز عنها كما معلمات الـSSR بأنها ذات تكرارية عالية بسبب طول بادئاتها وارتفاع درجة حرارة الالتحام مما يزيد من كفاءة التهجين مع البادئة، كما أثبتت الدراسات الأخيرة التي أجريت على هذه التقنية أنها لا تتأثر بتركيز " DNA" المادة المدروسة كما هو الحال فيRAPD (2001, and Bornet Branchard).

يتم التركيز في تقنية ISSR على التكرارات الثنائية والثلاثية وذلك لأنها تميز الجينوم النووي أما النيوكليوتيدات الأحادية فهي من مميزات جينوم الكلوروبلاست. تُستخدم هذه الطريقة لكشف الاختلافات في عينة DNA ويتم الكشف عن الاختلافات باستخدام بادئة واحدة كل مرة .عندما تستطيع البادئة تحديد منطقتي ميكروساتلايت ضمن مسافة تضخيم على شريطي " DNA " من العينة (عينة " DNA" في جهاز الـPCR، DNATemplate) سيظهر تفاعل الـPCRحزمة من حجم معين (وزن جزيئي) لهذا الموقع وتمثل قطعة " DNA"بين الميكروساتلايت، عادة يتواجد بعض إلى كثير من هذه المناطق المايكروساتلاتية 'الزوجية ' في عينة " DNA" وبذا يحصل المرء على عدد كبير من الحزم في التفاعل لهذه العينة (2001, Branchard and Bornet) ، أشارت الدراسات الوراثية على مواقع الـISSR أنها تُورث بنسب قريبة جدا من نسب التوريث المندلي. والتغيرات الكبيرة والكثافة العالية للخرائط بهذه الطريقة مقارنة مع البيانات التي تنجم عن الـRFLP والـRAPD جعل من هذه المعلمات الجديدة السائدة مثالية لرسم خرائط وراثية لأنواع محددة . إن هذه الخصائص إضافة إلى التكرارية الكبيرة لها في التجارب مع تأثير أقل لتراكيز DNA العينة النباتية المستخدمة على أنماط الحزم الناتجة جعل من هذه الطريقة متفوقة على الطرائق الأخرى في الدراسات الوراثية بين أفراد قريبة جدا من بعضها وفي تصنيف أصناف المحاصيل. تعد هذه التقنية الأسهل بين كل الطرائق الجزيئية وعلى الأقل 70% من البادئات المجربة تعمل على أي جينوم، بعضها ينتج قليلا من التغاير بين المجاميع أو الأنواع القريبة من بعضها وبعضها الآخر ينتج كم هائل من التغايرات تكون هذه الأخيرة بصيغتين:

-موقع واحد إلى بضعة مواقع (مجموعة حزم)

– وكل منها له حزمة أو بضع حزم قريبة جداً منها والتي قد تكون تغيرات أليلية لأعداد مختلفة من التكرارات في أي من المايكروساتلايت المحيطة بهدف التضخيم. وفي كل الأحوال هي تغايرات ناجمة عن المناطق الداخلية والتي إذا فصلت بشكل جيد في هلامة الأغاروز يمكن تمييز الاختلافات الأليلية (القرائن) بشكل واضح.

تعد تقنية التكرارات الترادفية البسيطة الداخلية (Inter Simple Sequence Repeats– ISSR) والتي طبقت من قبل(Ziekiewicz *et al*,1994) واحدة من التقانات المهمة المعتمدة على التفاعل التسلسلي البوليميرازي للأسباب التالية:

1. تضخم منطقة التكرارات الترادفية البسيطة وتستخدم بادئ وحيد ومؤلف من نكليوتيدات متكررة ومحاط في بعض الأحيان بـ 2–4 نيكليوتيدات إما في المنطقة 3' أو5'.
2. توصف تقنية ISSR بأنها أكثر تكرارية من تقنية RAPD بسبب طول البادئ المستخدم والذي يعكس درجة حرارة عالية لمرحلة تشفع البادئات (Chowdhury *et al*., 2002).
3. إمكانية الكشف عن التتاليات النيكليوتيدية ذات السيادة في التوريث.
4. وفرتها وتواجدها في مجينات حقيقيات النوى النباتية ولا تحتاج إلى معلومات عن التسلسل المجيني المدروس (Tautz and Renz,1984)، (Senthilvel *et al*., 2008).
5. أضف إلى أن نتائجها ثابتة عند تكرارها وهي سريعة كما أنها تتطلب كمية قليلة من الحمض النووي DNA، ويمكن أتمتتهاAutomation وحيث أنه يمكن نشر البادئات وتبادلها بسهولة بين المخابر بمجرد معرفة التسلسل النيكليوتيدي لها. وتكشف نسب عالية من التعددية الشكلية polymorphism وبنفس مقدرة تقنية SSR، واستخدمت لدراسة التنوع الوراثي في القمح (Ogihara and Nagaoka,1997)، والرز (Joshi *et al*., 2000)، وفي الشعير (Fernández *et al*., 2002)، وفي البطاطا (Bornet *et al*., 2002).

أجريت دراسة لتقييم العلاقات الوراثية بين 15 طرازاً من الدخن باستخدام بادئات ISSR، حيث انتجت هذه البادئات ما مجموعه 123 حزمة وتراوحت أحجامها ما بين 150– bp3500، و تراوح عدد الحزم ما بين 9 حزم للبادئ (CA)6RG و 19 حزمة للبادئة (AC)8YA بمتوسط 13.6 حزمة للبادئ، وكان عدد الحزم المتباينة شكلياً 80 حزمة وأظهر الطراز GHB235 أعلى قيمة للتشابه واتلي بلغت 0.92 بينما الأدنى كانت في الطراز ICMV155 (0.55)(Deshmukh *et al*., 2010).

أجريت دراسة حول تقييم النقاوة الوراثية والتنوع في 10 هجن من الدخن (*Pennisetum glaucum*) في مختبر الكيمياء الحيوية، قسم الكيمياء الحيوية والتكنولوجيا الحيوية، جامعة جوناغاد الزراعية (JAU)، جوناغاد (الهند)، حيث تم استخدام 21 بادئة RAPD و9 بادئات ISSR و10 أزواج من بادئات SSR، حيث بينت نتائج التحليل العنقودي باستخدام بادئات ISSR بالاعتماد على تحليل UPGMA أن الهجن عشرة انقسمت إلى مجموعتين رئيستين، المجموعتان A وB. وتراوح معامل تشابه جاكارد من 0.655 إلى 0.913، وأشارت النتائج إلى أن أعلى قيمة للتشابه 0.913 كانت بين الهجينين GHB–235 و GHB–316، في حين أن أقل قيمة 0.655 كانت بين GHB–538 و GHB–732، وأوضحت الدراسة أن استخدام المعلمات الجزيئية كانت مفيدة في التمييز بين هجين الدخن المدروسة (Mahesh,2010).

قام (Animasaun *et al*,2015) باستخدام 48 بادئة من بادئات ISSR لدراسة التنوع الوراثي لنبات الدخن في كل من إفريقيا والهند، حيث أعطت 410 حزمة وبلغت النسبة المئوية للتعددية الشكلية 56.25% ، بينما أظهر التحليل العنقودي باستخدام بادئات ISSR أن الطرز من نيجيريا والهند كانت متشابهة مما يشير إلى وجود سلف مشترك، وأظهرت التعددية الشكلية الذي تم الحصول عليه في هذه الدراسة أن تقنية ISSR هي بادئات فعالة لتقييم التنوع الوراثي.

تم تقييم ثمانية وعشرين سلالة من الدخن المتكيفة استوائيًا في راجاستان (ولاية شمال غرب الهند) باستخدام 5 من بادئات تقنية (RAPD) و 5 بادئات لتقنية (ISSR)، حيث أعطت هذه البادئات عدد من الحزم الكلية والمتعددة شكلياً والبالغة 84 حزمة توزعت (37 حزمة لتقنية RAPD و47 حزمة لتقنية ISSR) بمتوسط 9.4 حزمة لكل بادئ، حيث حقق البادئ UBC–840 أعلى قيمة لمعامل التعددية الشكلية (PIC)(0.414) بينما حقق البادئ UBC–841 أدنى قيمة لمعامل PIC (0.373)، (Choudhary *et al.*,2021). .

تتمتع المعلمات الجزيئية المعتمدة على الحمض النووي بقدرة تمييزية عالية، وقد تم استخدامها لتقييم الاختلافات الوراثية بين السلالات الهجينة من الدخن و الآباء التي نتجت عنها. حيث تم دراسة التنوع الوراثي في 18 هجيناً ناتج عن التهجين بين نوع الدخن (*Pennisetum glaucum*) وعشب (*Pennisetum purpureum*) باستخدام ثمان بادئات ISSR التي أعطت 125 حزمة، 120 منها كانت متعددة شكلياً، و تراوح معامل التعددية PIC ما بين 0.40 إلى 0.49، وأظهرت الهجن وجود حزم فريدة من نوعها، إلى جانب تلك المشتركة مع الآباء، وأوضحت الدراسة أن استخدام تقنية ISSR يمكن أن تكون طريقة سريعة وموثوقة لتحديد الهجن المتفوقة في مرحلة مبكرة من النمو (Jade *et al.*, 2021).

لقد تطوَّرت الدراسات الوراثية المتعلقة بتحمل النبات للجفاف، من خلال عمليات تربية وتحسين المحاصيل، ومن خلال الدراسات الوراثية الجزيئية ونقل المورثات، وقد أمكن عن طريق تربية النبات زيادة قدرة النبات على تحمل الإجهاد المائي (Fereres and Acevedo,1993) ، إذ أنَّه غالباً ما تسمح عمليات التهجين والانتخاب بنقل الصفات المرغوبة من الأصناف البرية إلى الأصناف المزروعة، كما أنَّ بعض الجهود الحالية لفهم عمل المورثة اعتمدت على تقانة البيولوجيا الجزيئية في إنتاج النباتات المعدلة وراثياً.

غالبًا ما تتعرض النباتات لظروف بيئية غير مواتية، على سبيل المثال الضغوط اللاإحيائية، التي تغير بشكل كبير توزيع الأنواع النباتية وتحد من غلة أنواع المحاصيل، ومن بين هذه العوامل، الإجهاد الناتج عن الجفاف هو أحد أكثر العوامل المؤثرة التي تغير بشكل خطير في فسيولوجيا النبات، مما يؤدي في النهاية إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل. وبالنظر إلى التغيرات الحادة في توافر المياه التي تفرضها عوامل تغير المناخ فمن المهم تسليط الضوء على: (1) كيفية استجابة النباتات للجفاف؛ (2) آليات التكييف التي تظهرها بعض الأنواع / الأصناف؛ (3) التقنيات التي تهدف إلى زيادة تحمل أنواع المحاصيل ضد محدودية توافر المياه، ويسبب إجهاد الجفاف في النباتات مجموعة من التغيرات الشكلية التشريحية والفسيولوجية والكيميائية الحيوية، والتي تهدف بشكل أساسي إلى الحد من فقدان المياه عن طريق النتح مع محاولة زيادة كفاءة استخدام المياه في النبات، ويؤدي إغلاق الثغور إلى سلسلة من التعديلات الفسيولوجية / الكيميائية الحيوية اللاحقة التي تهدف إلى موازنة عملية التمثيل الضوئي بالإضافة إلى تعزيز حواجز دفاع النبات ضد الإجهاد المعزز للجفاف (على سبيل المثال، تحفيز مضادات الأكسدة، وتراكم المركبات الإسموزية كالأحماض الامينية) (Kapoor *et al.*, 2020)، ويؤدي أيضاً انخفاض محتوى التربة المائي، أو غياب المياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب إلى تراجع معدّل نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر(أوراق وسوق) إلى المصب (الحبوب)، لأنّ الماء هو الناقل الوحيد لنواتج عملية التمثيل الضوئي، وبخاصةٍ من الأوراق إلى الحبوب، كما أنّ الجفاف يؤثر سلباً في حيوية حبوب اللقاح، ويؤدي إلى جفاف المياسم، الأمر الذي يؤثر سلباً في نسبة التلقيح Pollination والإخصاب Fertilization، وعقد الحبوب Seed setting (Grašič *et al.*, 2019).

تستخدم النباتات آليات مختلفة للتعامل مع تحمل الإجهاد المائي مثل تخليق الجذور الاوكسجينية الحرة (ROS) Reactive Oxygen Species ، وإنتاج هرمونات الإجهاد مثل الإيثيلين وحمض الأبسيسيك والتغيرات في مورفولوجيا الجذور والسوق (Bhat *et al.*, 2021)، تؤدي هذه الآليات إلى استجابات قصيرة وطويلة المدى في النباتات، حيث تحدث

الاستجابات قصيرة المدى عادة عندما تكون فترة الإجهاد قصيرة جداً وتتضمن بعض الاستجابات قصيرة المدى التقليل من فقد الماء بالنتح، وإغلاق المسام، والتكيف التناضحي((Xiong and Hu,2014) ، وتثبيط النمو، وعادة لا تسبب هذه الاستجابات ضرراً كبيراً للنباتات، بشرط أن تعود الظروف الطبيعية قريباً، بينما تؤدي فترات الإجهاد الطويلة إلى إصابات أكثر خطورة ودائمة قد تؤدي لموت النباتات. تشمل الاستجابات طويلة المدى تثبيط نمو المجموع الخضري، التكيفات الأيضية، الحد من النتح والشيخوخة (Ahluwalia *et al.*, 2021). يسبَّب الإجهاد المائي تغييراً في التركيب الكيميائي والخواص الفيزيائية لجدار الخلية (على سبيل المثال في توتر الجدار)، وتتحكم في هذه التغيرات مورثات معينة (Espartero *et al.*, 1994) كما تتوقف استطالة الخلايا نتيجة الجفاف الطويل(Boyer and Nonami ,1990) ، وتثبط الأنزيمات اللازمة لتكوين جدار الخلية.

أظهرت الدراسات مسؤولية عدة مورثات في استجابة النبات لإجهادات الجفاف والحرارة المنخفضة (Ingram و Bartels، 1996 ؛ Shinozaki وYamagochi، 1996؛Acevedo وFereres ، 1993) فمن بين الحلول التي أوجدتها الخلية لحماية نفسها (حماية فيزيائية) من نقص الماء أو تغييرات الحرارة هي انتاج بروتينات معينة تسمى بروتينات التطور الجنيني المتأخرةLate Embryogenesis Abundant (LEA) (Yamagochi and Shinozaki ,1997)، كما بينت الدراسات أن مستوى بروتينات الLEA يزداد بشكل ملحوظ خلال مراحل الجفاف في النبات، فقد أظهرت الدراسات التي أجريت على بذور القطن زيادة في تعبير المورثات المسؤولة عن انتاج هذه البروتينات، وذلك خلال مراحل الجفاف الأخيرة من تطور البذرة عند القطن (Parcy *et al.*,1994) هذا وتوجد شواهد استنتاجيه قوية تشير إلى ارتباط هذه المورثات مع قدرة النبات على تحمل الجفاف، فتعبيرها مشابه لتعبير عدد من المورثات الموجودة في الأنسجة النباتية خلال مراحل إجهاد الجفاف، ولوحظ أن تعريض البذور للجفاف يمكن أن يؤدي إلى تعبير مورثي مبكر لهذه المورثات في البذور. كما لوحظ أن بروتينات LEA تنتج في الأنسجة النباتية وفي البذور عند المعاملة بحمض الأبسيسيك (Pages *et al.*,1993).

الميزات العامة لبروتينات الLEA: أمكن تقسيم بروتينات الLEA اعتماداً على دراسات تحليلية أجريت على القطن ومقارنةً مع أنواع نباتية أخرى (Due *et al.*, 1989) إلى:

a) LEA D19

b) LEA D11 (هذا و تسمى هذه المجموعة بالديهيدرينات Dehydrins).

c) LEA D7

d) تم لاحقاً إضافة مجموعتين وهما LEA D113 (Dure *et al.*, 1993) و LEA D95 (Galau *et al.*, 1993).

من المعروف أن الجفاف الشديد قاتل للخلايا وبالتالي للأنسجة النباتية، لذلك واعتماداً على الخصائص التي تتميز بها بروتينات الـLEA من حيث اتحادها مع الماء يمكنها أن تحافظ على الحد الأدنى من الاحتياجات المائية الضرورية لحياة الخلية، وقد وجد (Kay and McCubbin,1985) بأن بروتينات الديهيدرين Em في القمح (مجموعة D19) هي أكثر اتحاداً بالماء من معظم عديدات الببتيد الأخرى، ويعتمد ذلك على شكل البنية الثلاثية لهذه البروتينات، ولذلك يمكن لهذه البروتينات أن تتحد مع كميات كبيرة من الماء (مع جزئيات الماء) (Dure *et al.*, 1993) ، كما وإن المشكلة الرئيسة التي تحدث في الخلايا تحت الجفاف الشديد هي ضياع كميات كبيرة من ماء الخلية، الأمر الذي يؤدي إلى تأذي البنية الخلوية، ويتم إبطال هذا الأذى بوساطة بروتينات الـLEA، حيث إن بعضها تستطيع أن تقدم حلولاً وتدعم وظيفة السكريات في محافظتها على السيتوبلاسم في غياب الماء.

لقد تركزت معظم الدراسات لمورثات الـLEA بشكل كبير على مجموعة LEA D11 (أي المورثات المسؤولة عن انتاج بروتينات التطور الجنيني المتأخرة D11 والتي اصطلح على تسميتها بمورثات الديهيدرين أو الديهيدرينات (*Dhns*) وكذلك (بروتينات الديهيدرين) نظراً لأن الديهيدرينات، بشكل عام هي البروتينات الأكثر تكراراً ووجوداً في النبات خلال الإجهادات المختلفة من جفاف وحرارة منخفضة وملوحة (Close,1997).

تم تحديد وجود الديهيدرينات كبروتينات *Dhns* في كل من النباتات الراقية والدنيا على حد سواء، فقد أظهرت الدراسات وجود الديهيدرينات لدى الطحالب المجففة(Oliver and Velten ,2001)، ولدى الفصيلة النجيلية عند القمح في النبات البالغ مترافقة مع إجهاد الحرارة المنخفضة (Galiba *et al.*, 1995)، وكاستجابة لإجهاد الجفاف (Lopez *et al.,* 2001)، كما ظهر تراكم الديهيدرينات في المصورات الحيوية عند الحبوب كاستجابة للبرودة والتجمد والجفاف والمعاملة بحمض الأبسيسيك (Borovskii *et al.*, 2002)، كما أثبتت الدراسات تراكم بروتينات الديهيدرين وازدياد تعبير المورثات المسؤولة عن إنتاجها في الشعير مترافقةً مع إجهادات الحرارة المنخفضة والتجمد وإجهاد الجفاف والملوحة ونقص الماء وخلال

المعاملة بحمض الأبسيسيك (Robertson *et al.*, 2003؛ Teulat *et al.*, 2003)، وكذلك عند الذرة (Koag *et al.*, 2003)، وعند الحمص وفول الصويا والبازلاء واللوبياء والرز والفصة خلال إجهاد الجفاف والحرارة المنخفضة (Momma *et al.*, 2003؛ Herzer *et al.*,2003) ويمكن القول عموماً أن الديهيدرينات وجدت عند أنواع عديدة من النبات وكانت مترافقة مع استجابة هذه النباتات لانخفاض درجة الحرارة أو التعرض للجفاف أو الملوحة أو خلال المعاملة بحمض الأبسيسيك، كما أظهرت عدة دراسات مسؤولية مورثات الديهيدرين عند عدد من الطرز المظهرية وعند نمو النباتات تحت ظروف البرودة (الحرارة المنخفضة) والتربة المالحة وفي قدرة النبات على تحمل الصقيع.

تصنف الديهيدرينات عموماً ضمن عائلة البروتينات المناعية وهي توجد بشكل طبيعي خلال تطور البذور ونضجها وخلال مرحلة الإنبات وفي مرحلة النضج المتأخرة كما ثبت تراكمها بشكل كبير عند تعرض النبات للحرارة المنخفضة ولإجهاد الجفاف والملوحة وكذلك خلال المعاملة بحمض الأبسيسيك (Choi *et al.*, 1999)، وبالتالي يزداد تركيز الديهيدرين بوساطة تطبيقات الـABA التي يزداد فيها تركيز هذا الحمض في النبات تحت ظروف إجهادات مختلفة(Giraudat Merlot and ,1997)، وهناك أمثلة على مورثات ديهيدرين يزداد تعبيرها تحت إجهادات الجفاف أو الحرارة المنخفضة ولكن ليس لها استجابة لتغيرات حمض الأبسيسيك (Whitsitt *et al.*, 1997).

تحتوي الديهيدرينات كبروتينات على شحنات كبيرة وافرة (سالبة) وحموض أمينية مؤينة (قطبية) وتتميز بروتينات الديهيدرينات بغناها بالحمض الأميني الغليسين Gly في حين لا تحتوي على السيستئين Cys والتريبتوفان Trp (Yamagochi and Shinozaki ,1997).

هناك عدة أنواع من بروتينات الديهيدرينات تتميز بوجود مناطق محفوظة بينها وهي عبارة عن ترافق وجود حموض أمينية معينة متوضعة بشكل متماثل بين الكائنات (تسمى بمناطق أو مجالات محفوظة) ففي بروتينات الديهيدرينات يوجد خصوصاً ترافق ثابت لحموض أمينية معينة والتي تسمى (K–segment)، وهي تظهر في جميع بروتينات الديهيدرينات ولكنها تتنوع بوجودها من 1–11 نسخة (تتكرر من 1–11 مرة) خلال النسخة المفردة من الديهيدرين الواحد، كما يترافق وجودها مع وجود مجالات محفوظة أخرى ولكن بتكرار أقل وهي غنية بالحمض الأميني غليسين Gly ومزيج من الآلانين Ala والبرولين Pro وكذلك بالسيرين Ser، وإن تكرار كل من هذه المجالات المحفوظة التي توجد في كل ديهيدرين

يمكن أن تستخدم كمرجع ملائم لتحت تصنيف بروتينات الديهيدرينات، وتستخدم أيضاً للمقارنات بين نظائر مورثات الديهيدرين المستقلة (المفردة) (Choi *et al*., 1999) (Close and Campbell ,1997).

تظهر بروتينات الديهيدرينات بشكل غير بنيوي (هيكلي) في الحالة المائية (المحاليل المائية) (Lisse *et al*., 1996)، وقد أظهرت الدراسات المناعية والخلوية الجزيئية بأن الديهيدرينات توجد في النواة وفي السيتوبلاسما، كما أظهرت الدراسات وجود الديهيدرينات في الغشاء الخارجي (المحيطي) متضمنة ديهيدرينات الجنين الرئيسة في الذرة والمرافقة لسيتوبلاسما الغشاء الداخلي للجنين وفي جوار الغشاء البلاسمي وقد افترض أن الديهيدرينات تقوم بمهمة جهاز لحفظ توازن الأغشية تحت ظروف إجهادات نقص الماء (Close,1997).

تم تعريض عدد من النباتات لفترة من الإجهاد المائي قاربت 12 يوماً وقد لوحظ وجود ست مورثات *Dehydrin7- Hypothetical protien1- Chloroplast envelope- Membrance protein- Hypothetical protein2-* methionine تم اختيار هذه المورثات وتطبيق تقنية qRt-PC*R*، *وقد أظهرت* المورثة *EcDehydrine7* تعبيراً واضحاً تحت ظروف إجهاد الجفاف والحرارة المرتفعة (Kumar *et al*., 2014a). وكان الهدف من هذه الدراسة معرفة الدور الذي يؤديه بروتين EcDehydrin7 في تحمل الجفاف عند Finger Millet حيث وجدت الدراسات الجزيئية الارتباط المباشر بين بروتين EcDehydrin7 وتحمل الجفاف، فقد تم تطبيق تقنية qRT-PCR والتي أظهرت تعبيراً واضحاً لهذه المورثة بالمقارنة مع الأنواع البرية (Singh *et al*., 2015).

أظهرت دراسة وجود حوالي 149 مورثة *(bHLH)* Basic helix-loop-helix في دخن ذيل الثعلب millet Foxtail وثمان من هذه المورثات كان تعبيرها واضحاً عند التعرض للإجهاد المائي، وقد تم تحديد موقع إحدى هذه المورثات باستخدام تقنية QTL، ويمكن القول بأن التعمق في دراسة هذه المورثات قد يشكل القاعدة الأساسية لفهم طريقة النباتات في التعامل مع الإجهاد المائي (Wang *et al*., 2018).

وجد (Yang *et al*,2019) نوعا من البروتينات يدعى بروتينات LIM تدخل في العديد من المهام في حياة النبات ولذلك فقد تمت دراستها في العديد من الأصناف النباتية، وفي هذه الدراسة تم اكتشاف 10 من بروتينات LIM (protein interaction domain) في دخن Foxtail والتي تملك تعبيراً واضحاً تحت ظروف الإجهاد المائي وقد درس تحديداً المورثة

SlWLIM2b والذي له تعبير واضح تحت ظروف الإجهادات الأحيائية حيث وجد أن النباتات الحاوية على هذه المورثة أبدت قدرة أكبر على البقاء على قيد الحياة، وتخرب أقل في الخلايا تحت ظروف الإجهاد المائي.

في دراسة قام بها (Dudhate *et al*,2021) تم العثور على151 مورثة عامل نسخ NAC في جينوم الدخن، وقد قسم التحليل الوراثي عوامل النسخ NAC هذه إلى 11 مجموعة (A–K). يتم تنظيم تعبير العديد من هذه المورثات تحت تأثير الإجهادات اللاإحيائية، وبالتالي قد تساهم في تحسين تحمل الإجهاد في الدخن.

في دراسة قام بها(Jangra *et al*,2021) ، على محصول الدخن حيث استخدم الانتخاب باستخدام المعلمات الجزيئية (MAS) بهدف تطوير الطراز HHB 226 من خلال إدخال مواقع المورثات (QTLs) لتحمل الإجهاد المائي من الأب المذكر (HBL 11) للهجين المذكور سابقاً، وتم تهجين رجعي بين HBL 11 (الأب الرجعي) مع PRLT 2 (الأب المانح) لتطوير F1 و كرر التهجين الرجعي أربع مرات للحصول على BC4F1 ثم تم تلقيحه ذاتياً للحصول على BC4F3، حيث أظهر التحليل الفيزيولوجية والمورفولوجية للجيل BC4F3 على المستوى الحقلي تحت ظروف الإجهاد المائي أن النباتات التي أدخلت إليها مورثات QTL أظهرت إنتاجية عالية، ووزن 1000 حبة، ومحتوى مائي نسبي (٪)، وتسرب إلكتروليت أقل (٪) مقارنة مع الأب الرجعي.

قام (Divya et al,2021) بتحديد ما مجموعه 21 مورثة من *PgLEA* في الدخن (*Pennisetum glaucum* L.)، وتصنيفها إلى ست مجموعات بما في ذلك *LEA1* و *LEA2* و *LEA3* و *LEA5* و *LEA7* و dehydrins (*DHN*)). والتي توزعت عشوائياً على الصبغيات السبعة و لوحظ أن التعبير الخاص بهذه المورثات تمركز في أنسجة الساق والجذور و البادرات الناضجة تحت تأثير ضغط الملح والجفاف والحرارة والبرودة وتشير نتائج هذه الدراسة إلى أن المورثة *PgLEAPC* يؤدي دوراً في تطوير نباتات تتحمل الإجهاد المائي.

قام (Divya *et al*,2019) بتمييز ثلاثة محفزات لتحمل الإجهاد وهي*APX1* (Ascorbate peroxidase) السيتوبلاسمي، الديهيدرين (*Dhn*) و *Hsc70* (بروتينات الصدمة الحرارية) في الدخن، وكشف التحليل الوراثي أن هذه المورثات تعبر عن نفسها في مراحل زمنية مختلفة من عمر النبات وفي نسج مختلفة، حيث كان *PgApx pro* و *PgDhn pro* نشطين في مرحلة البادرات، بينما كان *PgHsc70 pro* نشطاً في الأنسجة الجذرية كما لوحظ نشاط أعلى لهذه المورثات في درجات الحرارة العالية والجفاف وقد أظهرت تحاليل الكيمياء النسيجية و RT–qPCR أن هذه المورثات يمكن

تحفيزها في ظل ظروف الإجهاد اللاأحيائي. وبالتالي، يمكن استخدامها لتطوير محاصيل تتحمل الإجهاد اللاأحيائي مقارنة بالنباتات البرية (WT).

قام (Chakraborty *et al*,2022) بدراسة استجابة الجفاف لـ 48 سلالة تمثل أربع مجموعات مختلفة في مرحلة الإزهار. حيث تم الكشف عن 74 مورثة تتحكم بإشارات ABA ، إشارات الهرمونات، التوازن الأيوني والتناضحي، التكيف الجزيئي، ونقل الإشارات، التكيف الفسيولوجي، وإزالة السموم، حيث أظهر اختبار التعبير الوراثي وجود مورثات فريدة من نوعها مستجيبة للجفاف عبر مجموعات النضج في السلالات المستخدمة حيث حددت شبكة التفاعل البروتين – البروتين المورثات *ABI2* (ABI interactor 2)، *P5CS* (Pyrroline-5-carboxylate synthase)، *CDPK* (Calcium-dependent protein kinase)، *DREB* (Dehydration-responsive element-binding protein)، *MYB* (Myeloblastosis oncogene) و *CYP707A3* (cytochrome P450, family 707, subfamily A, polypeptide 3) كمورثات محورية رئيسة، حيث كانت إشارات ABA و بروتينات تنظيم و نقل الإشارة من المساهمين المحتملين في تحمل الجفاف عبر مجموعات النضج.

تم تصنيف مورثات الـ (*DREBs*) dehydration-responsive element binding إلى ست مجموعات فرعية، تسمى من (A-1 إلىA-6)، وثبت مشاركة العديد من المورثات التي تنتمي إلى المجموعات الفرعية *DREB A-1* و *DREB A-2* في الاستجابة للإجهادات اللاأحيائية المختلفة. بينما، لم يكن هناك سوى عدد قليل من المورثات التي تنتمي إلى المجموعات الفرعية من (A-3) إلى(A-6) (Shixue *et al*., 2018).

تعد مورثات *DREB*s من العوامل المهمة في عملية النسخ والترجمة (TFs) وتؤدي دوراً مهماً في تحسين تحمل الإجهاد اللاأحيائي للنباتات (Lata و Prasad،2011).

في الآونة الأخيرة، تم اكتشاف بعض المورثات التي تُنظّم التعبير الوراثي، المرتبطة بتحسين تحمّل الإجهاد المائي (الجفاف). منها مورثة DREB/CBF التي ترتبط بالصفات المرتبطة بالجفاف. حيث تنتمي مورثات *DREBs* إلى عائلة *ERF* والتي تتكون من مجموعتين فرعيتين، هي *DREB1 / CBF* و *DREB2* المرتبطة بتحسين تحمّل النبات للإجهادات اللاإحيائية مثل البرودة والجفاف (Agarwal *et al*., 2006).

قام (Gawai *et al*,2017) باستخدام تقنية RT-PCR لتحديد تعبير المورثات المسؤولة عن تحمل الجفاف *DREB1* و *DREB2* في اثنين من مدخلات الدخن أحدهما متحمل و الآخر حساس للإجهاد وهما IC97109 و IC97189، حيث بلغت نسبة التعبير المورثي لـ *DREB2* بسبب إجهاد الجفاف في المدخل المتحمل 7.86٪ بينما *DREB1* كان 18.67٪، كما أظهر *DREB1* و *DREB2* تعبيراً أعلى في كل من الحالة غير المجهدة والمجهدة في السلالة المتحملة IC97189 مقارنة بالسلالة الحساسة، وكشف التحليل أن التعبير هذه المورثات قد تم تنظيمه عن طريق التحريض تحت ظروف الإجهاد المائي.

قام (Shixue Li *et al*,2018) بدراسة مورثة المجموعة الفرعية *DREB A-4* من الذرةZea mays ، (*ZmDREB4.1*)، وعملوا على دراسة خصائصها ووظائفها، ووجد أنها تؤدي دوراً في التعبير الوراثي في الجذور والساق والأوراق عند مراحل الإجهاد.

درس (Yang *et al*,2022) بدراسة تنظيم عوامل النسخ (TFs) للعمليات الفيزيولوجية لضمان استجابة النباتات للإجهادات الإحيائية بسرعة وكفاءة، حيث تمّ في هذه الدراسة تعديل التعبير عن مورثتي *DREB/CPF* في محصول القمح والشعير، باستخدام محفزات الاستجابة (HDZI-3 و HDZI-4) عن طريق تأثير الجفاف في أوراق النباتات، أدى التعبير عن المورثات تحت تأثير المحفزات إلى تحسين تحمّل الجفاف لدى محصول الشعير، عندما تّم تطبيق الجفاف الشديد أثناء مرحلة الإزهار، وأشارت النتائج إلى أن محفزات HDZI المدروسة جنباً إلى جنب مع عوامل *DREB | CBF* يمكن استخدامها في نباتات الحبوب لتحسين التحّمل للإجهاد اللاأحيائي.

الفصل الثاني

Chapter Two

2. مواد البحث و طرائقه Materials and Methods

1.2. المادة النباتية:

نفذت الدراسة على ستة طرز من الدخن مصدرها المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) (الجدول 2).

جدول 2: يوضح أسماء طرز الدخن الوراثية المستخدمة

الرقم المتسلسل	اسم الطراز
1	IP 5284
2	IP 6867
3	IP 11670
4	IP 15292
5	IP 15293
6	IP 15294

2.2. مكان وزمان تنفيذ البحث:

نفذت التجربة الحقلية في مركز بحوث ودراسات المكافحة الحيوية (BCSRC) في كلية الزراعة بجامعة دمشق، والتي تقع على خط عرض (33.537) شمالاً وخط طول (36.319) غرباً، وارتفاع 743 متر عن سطح البحر، تتأثر هذه المنطقة بمناخ متوسطي قاري، وأمطارها شتوية ذو معدل سنوي يقارب 208 ملم. وذلك في الموسمين الزراعيين 2020-2021 و2021-2022، وتم إجراء التحليل الكيميائي لتربة موقع الدراسة لمعرفة نسب العناصر الأساسية فيها وتحديد مدى خصوبتها، كما أجريت عمليات التحليل الفيزيائي(الميكانيكي) لمعرفة قوام التربة. يتبين من الجدول (3) أن التربة لومية طينية مرتفعة المحتوى من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والمادة العضوية والوسط قلوي ضعيف، بينما نفذت الدراسة الجزيئية في مخبر التقانات الحيوية التابع لقسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق. يوضح الجدول (4) معدل درجات الحرارة العظمى والصغرى، ومعدل الهطول المطري خلال موسمي الزراعة في موقع تنفيذ البحث.

جدول 3: خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع تنفيذ التجربة

المؤشر	التحليل الميكانيكي			الخصائص الكيميائية					
	رمل (%)	سلت (%)	طين (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	pH	ECe ($ds.m^{-1}$)	المادة العضوية (%)
القيمة	29.8	30.95	39.25	0.14	76	250	8.10	0.45	2.21
الوصف	تربة لومية طينية			مرتفع	مرتفع	مرتفع	قلوي	طبيعية	مرتفعة

المصدر: قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق

جدول 4: متوسط درجات الحرارة والهطول المطري خلال موسمي الزراعة

أشهر موسم النمو	الموسم الزراعي (2020 – 2021 م)			الموسم الزراعي (2021-2022)		
	متوسط درجات الحرارة (م)		متوسط الهطول المطري(مم)	متوسط درجات الحرارة (م)		متوسط الهطول المطري (مم)
	العظمى	الصغرى		العظمى	الصغرى	
أيار	24.3	14.8	5.2	27.9	14.2	**0**
حزيران	32.1	19.5	0	33.4	21.3	**0**
تموز	35.2	22.6	0	37.2	28.3	**0**
آب	38.6	26.7	0	41.5	31.6	**0**
أيلول	31.5	18.4	0	30.8	18.4	**0**
المتوسط	**32.34**	**20.4**	**المجموع =5.2**	**34.16**	**22.76**	**المجموع = 0**

3.2. المعاملات المدروسة:

1.3.2. معاملات التسميد:

تم دراسة ثلاث معاملات سمادية إضافة إلى معاملة الشاهد كما يلي:

N0 : شاهد دون تسميد

N1 : معدل 20 كغ N.هكتار$^{-1}$ (يوريا N%46). تضاف على دفعتين عند الزراعة وقبل الإزهار.

N2 : معدل 40 كغ N.هكتار$^{-1}$(يوريا N%46). تضاف على دفعتين عند الزراعة وقبل الإزهار.

N3 : معدل 60 كغ N.هكتار$^{-1}$ (يوريا N%46). تضاف على دفعتين عند الزراعة وقبل الإزهار.

2.3.2. طرز الدخن المدروسة:

تم دراسة ستة طرز مدخلة من الدخن (IP5284، IP6867، IP11670، IP15292، IP15293، IP15294).

4.2. طريقة الزراعة:

تم إجراء فلاحات متعددة من أجل التخلص من الأعشاب الضارة وإضافة الأسمدة الآزوتية (يوريا N%46) حسب الكميات الموضوعة في المعاملات المدروسة وبناءً على نتائج تحليل التربة، وقسمت الأرض إلى قطع تجريبية مساحة كل

منها 1x3 م . تمت الزراعة في الحقل بتاريخ 18 أيار خلال لموسم الأول 2020–2021 و بتاريخ 25 أيار خلال الموسم الثاني 2021–2022على خطوط، بمعدل خمسة خطوط في كل قطعة، طول كل خط 3م، وزرعت الحبوب على مسافة 40 سم بين الجورة والأخرى ضمن الخط الواحد بمعدل خمس بذار بالجورة، والمسافة بين الخط والآخر40 سم، وعمق الزراعة 2–3سم، وبثلاث مكررات وتركت مسافات فاصلة بين المكررات بحدود 40 سم، تمت عملية التفريد بعد أربعة أسابيع من عملية الزراعة حيث تم الإبقاء على نبات واحد في كل جورة. حيث تم إعطاء رية إنبات بعد الزراعة و تم ري النبات بمعدل 5–6 ريات خلال موسم النمو. تم خلال مراحل النمو والتطور مراقبة النباتات وسجلت القراءات والملاحظات حتى موعد النضج الكامل حيث تم حصاد النباتات في 5 أيلول خلال الموسم الاول 2020–2021 و 12 أيلول خلال الموسم الثاني 2021– 2022، الشكل (1) يوضح مخطط الزراعة.

المعاملة السمادية		R1		R2		R3	
شاهد بدون تسميد	قناة ري	IP5284	قناة ري	IP6867	قناة ري	IP11670	قناة ري
		IP6867		IP11670		IP15292	
		IP11670		IP15292		IP15293	
		IP15292		IP15293		IP15294	
		IP15293		IP15294		IP5284	
		IP15294		IP5284		IP6867	
20 كغ .هكتار-١		IP6867		IP11670		IP15292	
		IP15292		IP15293		IP15294	
		IP11670		IP15292		IP15293	
		IP15293		IP15294		IP5284	
		IP15294		IP5284		IP6867	
		IP5284		IP6867		IP11670	
40 كغ. هكتار-١		IP11670		IP15292		IP15293	
		IP15293		IP15294		IP5284	
		IP6867		IP11670		IP15292	
		IP5284		IP6867		IP11670	
		IP15294		IP5284		IP6867	
		IP15292		IP15293		IP15294	
60 كغ. هكتار-١		IP15293		IP15294		IP5284	
		IP15292		IP15293		IP15294	
		IP11670		IP15292		IP15292	
		IP15294		IP5284		IP6867	
		IP5284		IP6867		IP11670	
		IP6867		IP11670		IP15292	

الشكل 1: مخطط توزيع المعاملات المدروسة

R: المكررات

5.2. الصفات الحقلية المدروسة Investigated Field traits

سُجلت القراءات المطلوبة كافة على عشرة نباتات موجودة ضمن الخطوط الثلاثة الداخلية في كل قطعة تجريبية.

1.5.2. الصفات الشكلية Morphological traits

يعد اختيار المؤشرات الشكلية المدروسة خطوة مهمة في التقييم الحقلي، إذ يجب أنّ تتميز بإعطاء معلومات واضحة قابلة للتحليل والتمييز في الحقل (AL–Atawneh *et al.*, 2009) تم اختيار مجموعة من هذه المؤشرات وفق المعهد الدولي للمصادر الوراثية النباتية الذي يسمى حالياً باسم Bioversity(IBPGR, 1993) وهي:

1.1.5.2. ارتفاع النبات Plant height (سم): تم قياسه من سطح التربة وحتى قمة العثكول، وتؤخذ هذه الصفة عند اكتمال مرحلة الإزهار في النبات.

2.1.5.2. عدد السلاميات Nodes number. تم أخذ عشر نباتات من كل مكرر من كل معاملة و عدّ السلاميات.

3.1.5.2. المساحة الورقية Leaf area (سم٢.نبات$^{-١}$): تم تحديد عشر نباتات من كل معاملة من كل مكرر ، ثم تم قياس أقصى طول و أقصى عرض لست أوراق من الجزء الأوسط من كل نبات. وقد بلغ معامل التصحيح في نبات الدخن 0.76 (Ibrahim *et al*,2015)

المساحة الورقية = أقصى طول للورقة × أقصى عرض للورقة × معامل التصحيح

4.1.5.2. دليل المساحة الورقية Leaf area index (م^{٢}.م$^{-٢}$): هو حاصل قسمة المساحة الورقية على مساحة الأرض التي يشغلها النبات.

5.1.5.2. طول العثكول Panicle Length (سم): تم قياسه باستخدام المسطرة من قاعدة وحتى نهاية العثكول.

2.5.2. الصفات الكمية Quantitative traits:

حُسِبت المؤشرات المدروسة من خلال أخذ 10 نباتات و بصورة عشوائية موجودة ضمن الخطوط الداخلية في كل قطعة تجريبية.

1.2.5.2. عدد الإشطاءات الكلية Tillers number (إشطاء كلي. نبات$^{-1}$): حُسبت من خلال أخذ متوسط عدد الإشطاءات من النباتات في كل قطعة تجريبية.

2.2.5.2. الوزن الجاف لكامل النبات Plant dry weight (غ): قيست هذه الصفة بعد حصاد المحصول حيث أُخذ وزن النبات الجاف (المجموع الخضري + العثاكيل) للنباتات المحصودة في كل قطعة تجريبية.

3.2.5.2.الغلة من الوزن الجاف Total plants dry weight (كغ.هكتار$^{-1}$): أخذت عشر نباتات عند النضج التام من كل قطعة تجريبية لكل معاملة مدروسة ولكل مكرر، تم تجفيفها ومن ثم وزنها. ثم أخذ المتوسط و ضرب بعدد النباتات في وحدة المساحة ومن ثم تحويل الناتج إلى كغ.هكتار$^{-1}$ (IBPGR, 1993).

4.2.5.2.وزن الحبوب في النبات الواحد Seed weight per plant(غ): ويُمثل متوسط وزن الحبوب في عشر نباتات أخذت بصورة عشوائية من الأسطر الداخلية من كل قطعة تجريبية.

5.2.5.2. وزن الألف حبة One thousand seed weight(غ): عُدَّ 200 حبة يدوياً، ثمّ وزنت باستخدام الميزانّ الحسّاس، وضُرِب وزن ال 200 حبة بـ 5، وكررت العملية ثلاث مرات لكل مكرر وطراز من مختلف المعاملات السمادية المدروسة (Wiliams *et al.*, 1988).

6.2.5.2.الغلّة الحبية Grain yield (كغ.هكتار$^{-1}$): تم جمع النباتات عند النضج التام من كل قطعة تجريبية لكل معاملة مدروسة ولكل مكرر، ثم تم فرط الحبوب ووزنها ومن ثم تحويل الناتج إلى كغ.هكتار$^{-1}$.

7.2.5.2.الغلّة الحيوية Biological yield (كغ.هكتار$^{-1}$): تم جمع النباتات عند النضج التام من كل قطعة تجريبية لكل معاملة مدروسة ولكل مكرر، ووزنها (غلة العلف الأخضر + غلة حبية) ومن ثم تحويل الناتج إلى كغ.هكتار$^{-1}$.

8.2.5.2.دليل الحصاد Harvest Index (%): يعبر عن النسبة المئوية بين وزن الحبوب إلى الوزن الكلي للمجموع الهوائي للنبات (Hay,1995)، ويستخدم كمؤشر في تحسين غلة المحاصيل، لأن زيادة قيمة معامل الحصاد مرتبطة بشكل طردي بزيادة الغلة الاقتصادية. ويحسب وفق المعادلة الآتية:

$$\text{دليل الحصاد}(\%) = \frac{\text{الغلة الحبية}}{\text{الغلة الحيوية}} \times 100$$

3.5.2.الصفات البيوكيميائية Biochemical traits

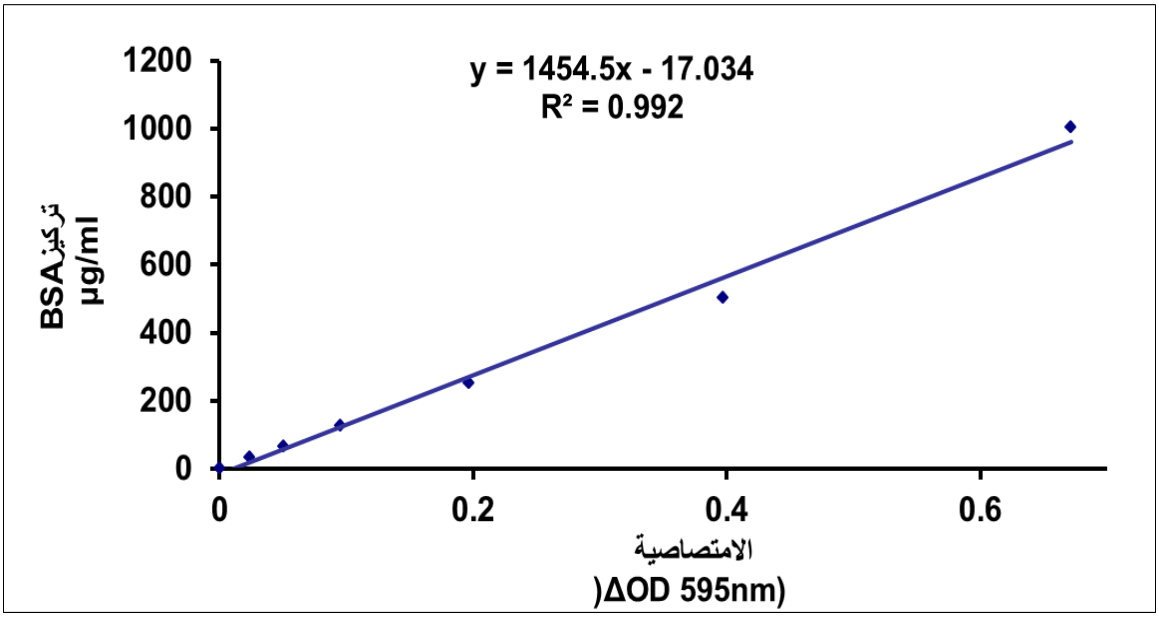
1.3.5.2.دراسة تركيز البروتينات الكلية المنحلة Total soluble protein concentration:

تمت دراسة تركيز البروتينات الكلية المنحلة وفقاً لطريقة Bradford (1976) ، تم قياس معدلات البروتين في خلاصة العينات المطحونة باستخدام محلول الاستخلاص (المكون من 180 مل من Tris NaCl + 1.8 غ من PVPP+ 20مل Triton + 45 مل 2–Mercaptoethanol) حيث أخذ 20 µL من الخلاصة النباتية ووضعت في أنابيب Spectro–cuvette و أضيف لها 980 µL من محلول Bradford (مكون من إذابة 100 ملغ من أزرق الكوماسين G– 25 في 50 مل 95% من الإيثانول، ثم تمت إضافة 100 مل 85% حمض الفوسفوريك إلى هذا المحلول، ثم تم تخفيف المحلول الناتج إلى حجم نهائي قدره 1000 مل بالماء المقطر)، وتم قياس الامتصاصية في العينات بجهاز Spectrophotometer (Power Wave XTM (BIO-TEK Instruments, Inc.) على طول موجة 595 nm، كما تم استخدام مستخلص الألبومين BSA (Bovine Serum Albumin) لتحديد المنحى القياسي باستخدام تراكيز معلومة (0، 31.25، 62.50، 125، 250، 500، 1000، 2000 ميكروغرام/مل) ، وقيست امتصاصية هذه المحاليل القياسية على طول موجة 595 nm وذلك لرسم المنحني البياني(الشكل 2) ، حيث نحدد أفضل ملاءمة للبيانات لمعادلة خط مستقيم، على ان يكون معامل التحديد R^2 يعادل 98%، كالتالي:

$$y = ax + b$$

حيث x = الامتصاصية عند 595 نانومتر و y = تركيز البروتين.

ومن خلال استخدام امتصاصية العينات المدروسة المقابلة لطول الموجة و إسقاطها في المعادلة يمكن حساب تركيز البروتينات الكلية المنحلة في العينات.



الشكل 2: المنحنى القياسي لتحديد تركيز البروتينات الكلية المنحلة باستخدام BSA

6.2. التوصيف الجزيئي Molecular Characterization

نُفِّذت مراحل العمل على الشكل الآتي:

1.6.2. تعقيم البذور وزراعتها:

تم تعقيم البذور قبل زراعتها للحصول على الحمض الريبي النووي منقوص الأوكسجين (DNA) النقي من أجل الدراسة الوراثية، حيث نقعت كمية من البذور لكل طراز من الطرز المدروسة في مادة الإيتانّول تركيز 70% لمدة 30 ثانّية، ثم نُقلت إلى ثلاثة بياشر على التوالي يحوي كل منها ماء مقطر معقم، وتُركت في كل بيشر لمدة 5 دقائق، ومن ثمّ نُقلت بعدها للبيشر الذي يليه، بعدها نُقلت ووضعت في بيشر يحوي مادة كلوروكس 5% وتُركت لمدة 5 دقائق، ثمّ نُقلت لتنقع في الماء المقطر ثلاث مرات 5 دقائق في كل مرة، بعدها أُخذت هذه البذور المعقمة وزُرعت بذور كل طراز منها على حده في أصص تحوي تورب معقم ووضعت في غرفة الزراعة، وعند عمر2–3 أسابيع أُخذت الأوراق الطازجة الفتية من أجل استخلاص الحمض الريبي النووي DNA.

2.6.2.عزل الحمض الريبي النووي منقوص الأوكسجين DNA بطريقة SDS:

عُزل الحمض الريبي النووي منقوص الأوكسجين DNA وفقاً لـ Rogers وBendich (1989) مع بعض التعديلات كما يلي:

١. طُحن 1 غرام من الأوراق الخضراء المأخوذة من البادرات الفتية بعمر2–3 أسابيع "غير المجففة" في هاون بورسلانّ وبوجود الآزوت السائل حتى الحصول على مسحوق ناعم، نُقلت بعدها إلى أنابيب أبندروف سعة 2مل وأُضيف لها 1 مل من سائل الاستخلاص Sodium Dodecyle Sulphat (SDS) والمكون من:

(0.1 Tris–HCl, PH=8.2, 50mM EDTA, 0.1M NaCl, 2% SDS,1mg/ml proteinase K)، ثمّ مُزجت جيداً.

٢. حُضنت العينات لمدة 60 دقيقة مع التحريك المستمر ضمن حمام مائي عند 37م°، ثمّ نُقلت الأنابيب إلى الثلج ووضعت فيه لمدة 5–10دقائق.

٣. أضيف بعد ذلك 1مل من مزيج كل من كلوروفورم/ أيزواميل كحول بنسبة 1:24 ثمّ مُزج الخليط لمدة 15 دقيقة باستخدام هزاز آلي في درجة حرارة المخبر.

٤. ثفل المزيج (عملية الطرد المركزي) لمدة 10 دقائق بسرعة (10000 rpm).

٥. أُخذت الطبقة العليا (المتشكلة عن عملية التثفيل، والتي تمثل الوسط المائي الذي يحوي الأحماض النووية) بوساطة ماصة ونُقلت إلى أنّابيب تثفيل جديدة.

٦. أُضيف بعدها الإيزوبروبانّول Iso–propanol بمعدّل 3/2 من حجم الوسط المائي ومُزج بهدوء بقلب الأنّبوب رأساً على عقب عدة مرات (يتم في هذه المرحلة ترسيب الأحماض النووية على شكل كتلة خيطية هلامية أو بيضاء).

٧. ثفلت الأنابيب بسرعة 10000 rpm ولمدة خمس دقائق وبدرجة حرارة 4ْ م من أجل الحصول على DNA.

٨. أضيف 500µl من محلول الغسيل Washing buffer (كحول إيتيلي 76%) البارد (المحفوظ بدرجة –20ْ م) لغسل الـ DNA، ثم التثفيل بسرعة (10000 دورة.دقيقة$^{-1}$) لمدة 5 دقائق وبدرجة حرارة 4ْ م.

٩. أُستبعد سائل الغسيل وحُفظ الحمض الريبي النووي (DNA) المتجمع في قعر الأنّبوب، وجفف راسب الحمض النووي DNA في الهواء للتخلص من آثار الإيتانول.

١٠. أُذيبت عينات الحمض الريبي النووي (DNA) في (50µl) من المحلول المنظم TE المكون من

(10 mM Tris–HCl, PH=8 1mM EDTA)، وبعد ذلك حُفظت وخُزنت على درجة حرارة −20°م لحين الاستخدام.

١١. لابد خلال أية عملية استخلاص للحمض النووي (DNA) من وجود كمية من الحمض الريبي النووي (RNA) الناتجة عن عملية الاستخلاص(تختلف كمية الحمض الريبي النووي (RNA) باختلاف طريقة الاستخلاص وباختلاف النسيج النباتي وعمره) وعليه فقد استُبعد هذا الحمض الريبي النووي (RNA) وفق ما يأتي:

إضافة (2µl) من أنزيم RNase (10 mg/ml) والتحضين على درجة (37°م) مدة نصف ساعة، وإضافة حجم مماثل من الكلوروفورم: ايزوميل الكحول (1:24). وبعد التثفيل، نُقل الطور العلوي لأنبوب جديد وأضيف له ضعف كمية المزيج من الإيتانّول ethanol النقي لإعادة ترسيب الحمض الريبي النووي (DNA)، وتُرك عند الدرجة(4°م) لمدة ساعة ثمّ رسب المزيج بالتثفيل بسرعة (10000 rpm) ولمدة 10 دقائق وغُسل ثانيةً بواسطة الإيتانّول 70% وجُفف في الهواء للتخلص من آثار الإيتانّول ثمّ أُذيب الحمض الريبي النووي (DNA) في محلول TE المعقم.

3.6.2.التقدير الكمي والنوعي للحمض النووي DNA بواسطة الأشعة فوق البنفسجية:

استُخدم جهاز UV- Spectrophotometer (BIO-TEK Instruments,) Power Wave XTM (Inc.) لتقدير كمية الحمض الريبي النووي (DNA) وتحديد نقاوته، ويعتمد الجهاز في عمله على تقدير امتصاص الحمض الريبي النووي (DNA) للأشعة فوق البنفسجية بموجات طولها 260 و 280 نانومتر، ذكر (Maniatis *et al*,1982) أنّ النسبة بين قراءة الموجة 260 نانّومتر والموجة 280 نانّومتر (OD 260/ OD 280) تساعد في تقدير نقاوة الحمض الريبي النووي، إذ يجب أنّ تتراوح هذه النسبة بين (1.8–2)، كما أوضحوا أنّ قراءة الامتصاص على طول الموجة 260 نانومتر تسمح بحساب تركيز (DNA) في العينة المقاسة، إذ أنّ كل وحدة من الكثافة الضوئية (Optical density, OD) تقابل حوالي50 µg/ml من (DNA) (ذات السلاسل المضاعفة)، وتم حساب تركيز (DNA) من معادلة Maniatis:

$$\boldsymbol{DNA\ concentration(g/L) = \left[OD_{260} \times \text{معامل التمديد} \times 50(g/ml)\right]/1000}$$

إذ تمثل OD 260 الكثافة الضوئية لامتصاص الحمض الريبي النووي (µg) عند الموجة 260 نانومتر. تمَّ التقدير النوعي على هلامة الآغاروز تركيزها 0.8% لتحديد نوعية الحمض النووي DNA المستخلصة للتأكد من عدم تقطعها، ثمّ مددت عينات الحمض النووي DNA للحصول على تركيز 40 نانوغرام/ميكرو لتر لتستخدم في التفاعل المتسلسل البوليميرازي.

4.6.2.تطبيق تقنية الـ Inter Simple Sequence Repeats ISSR:

ضُخم الحمض الريبي النووي DNA باستعمال 20 بادئة من بادئات تقنية (ISSR) المستخدمة في الدراسة، حُصل عليها من شركة Eurofins Genomics بتركيز (10 P mole) (الجدول 5)، و كما استعمل(2X PCR Master Mix)، الذي حُصل عليه من شركة (Eurofins Genomics) الكورية، الحاوي على المكونات الآتية: ($MgCl_2$، dNTPs، Tag– Polymerase).

جدول 5: التسلسل النيكليوتيدي للبادئات المختبرة في تقنية ISSR ودرجة حرارة الالتحام (C°):

البادئة	التسلسل النيكليوتيدي3' - 5'	درجة حرارة الالتحام
ISSR1	CACACACACACACACAA	50C°
ISSR2	ACACACACACACACACT	50C°
ISSR3	AGAGAGAGAGAGAGAGT	50C°
ISSR4	GGTCACACACACACACAC	56C°
ISSR5	CGTCACACACACACACAC	56C°
ISSR6	CAGCACACACACACACAC	56C°
ISSR7	CAGCTCTCTCTCTCTCTC	56C°
ISSR8	GTGTGTGTGTGTGTGTT	50C°
ISSR9	CTCTCTCTCTCTCTCTCT	54C°
ISSR10	GAGAGAGAGAGAGAGAT	52C°
ISSR11	CACACACACACAACAG	52C°
ISSR12	TCTCTCTCTCTCTCTCC	52C°
ISSR13	TGTGTGTGTGTGTGTGAA	52C°
ISSR14	CACACACACACACACAAT	52C°
ISSR15	ACACACACACACACACG	52C°
ISSR32	AGAGAGAGAGAGAGAGT	52C°
ISSR33	GAGAGAGAGAGAGAGAT	52C°
ISSR35	CACACACACACAACAG	52C°
ISSR37	TGTGTGTGTGTGTGTGG	52C°
ISSR40	ACACACACACACACACTT	52C°

5.6.2.استخدام مورثات الديهيدرين (*Dhn*) و دريب (*DREB*):

درست التباينات النظائرية (الأليلية) لمورثات الديهيدرين (*Dhn*) و دريب (*DREB*) باستخدام 6 أزواج من البادئات المستخدمة للكشف عن التباينات الأليلية المتخصصة بالمواقع المورثية للديهيدرين حُصل عليها من شركة Eurofins

Genomics، الجدول (6) يوضح التسلسل النيكليوتيدي لأزواج بادئات الديهيدرين (*Dhn*) و دريب (*DREB*) المستخدمة ودرجة حرارة الالتحام .

جدول 6: التسلسل النيكليوتيدي للبادئات المختبرة لمورثات الديهيدرين و *DREB* ودرجة حرارة الالتحام (C°) حسب (Choi *et al* 2000 ،Agarwal *et al.*,2006)

أزواج البادئات	التسلسل النيكليوتيدي3' - 5'	درجة حرارة الالتحام (س)°
Dhn(1)	F: GACGAGGGATGGCCACAAGACTGA R: AGTAACGCATGGCTGCGGATGCTA	65
Dhn(9)	F: ATGGAGTTCCAAGGGCAGCACGAC R: AGGCTTCGACGCGTAGCTATGCAA	65
DREB(1)	F: GCGTCATGGAAAGCATCAC R: GTCCAGGCAGCTTGTCCTT	57
DREB(2)	F: ATGGAGTTCCAAGGGCAG R: TCAGTGCTGTCCCGGCAGCTT	59
DREB(4)	F: TTTTTCCTTGCAGTCTACTCC R: GCAGCAGTAATCAGCAACTTCTTA	57
DREB(7)	F: AAGATGTCGTCGTCGTCGCT R: GTACTGGAGCATGTGCGTGG	58

أجري تفاعل التسلسلي البوليميرازيPCR وفقاً لطريقة (Lawye *et al*, 1993) مع بعض التعديلات، حيث يظهر الجدول (7) و الجدول (8) مكونات التفاعل التسلسلي البوليميرازي لكل من تقنية ISSR و مورثات الديهيدرين و *DREB*.

جدول 7: مكونات تفاعل التسلسلي البوليميرازيPCR لتقنية ISSR

مكونات تفاعل التسلسلي البوليميرازيPCR	الكميات
2X master mix	**12.5 µl**
DNA (40 ng/µl)	**2 µl**
Primer (10pmol/µl)	**2 µl**
H_2O	**8.5 µl**

جدول 8:مكونات تفاعل التسلسلي البوليميرازيPCR لمورثات الديهيدرين و DREB

مكونات تفاعل التسلسلي البوليميرازيPCR	الكميات
2X master mix	**12.5 µl**
DNA (40 ng/µl)	**2 µl**
Primer F (10pmol/µl)	**2 µl**
Primer R (10pmol/µl)	**2 µl**
H_2O	**6.5 µl**

وأجريت عملية التضخيم Amplification لهذا التفاعل في جهاز التدوير الحراري من شركة (APOLLO, USA) موديل ATC401 وفق البرنامج الحراري الآتي:

دورة واحدة بدرجة حرارة 94 مْ مدة 5 دقائق ثمّ 40 دورة للمراحل الآتية:

1. الانفصال Denaturation: بدرجة حرارة 94 مْ، مدّة نصف دقيقة ليتَّم انفصال سلسلتي الحمض الريبي النووي (DNA).

2. الالتحام Annealing: مدّة نصف دقيقة، بدرجة حرارة التحام موضحة في الجدولين (5، 6) وذلك تبعاً لطول البادئة، وعدد النيكليوتيدات المكونة لها، لتلتحم البادئة بالقطعة المكملة لها من الحمض النووي (DNA)، وتُعد هذه المرحلة الأهم خلال التفاعل لكي تتضاعف سلسلة (DNA) بشكلٍ صحيح.

3. الاستطالة Extension: استطالة السلسة الجديدة مدّة نصف دقيقة، بدرجة حرارة 72 مْ.

ثمّ تُركت العينات مدة 10 دقائق على حرارة 72 مْ لإتَّمام التفاعل. بعد انتهاء هذا التفاعل حُصل على عدد كبير من سلاسل الحمض الريبي النووي DNA بدءاً من قطعة واحدة. ثمّ حُفظت العينات عند درجة حرارة 20− مْ لتفصل الحزم بعدها بالرحلان الكهربائي على هلامة آغاروز.

6.6.2.الرحلان الكهربائي والتلوين والتصوير:

رُحل الحمض الريبي النووي منقوص الاكسجين (DNA) على هلامة الآغاروز 0.8% لمعرفة نوعيته، و على هلامة الآغاروز 2% لدراسة تقنية ISSR، و عل هلامة ميتافور آغاروز 4% لدراسة التباينات الأليلية لمورثات الديهيدرين و *DREB* في المحلول المنظم TBE 1X المكون من :

(10X TBE buffer = 108g Tris borate +g55 Boric acid + 9.2 EDTA) pH=8، والمضاف إليها 5 ميكرولتر من صبغة الإيتيديوم بروماید (10 ميكروغرام/ميكرولتر)، حيث حُملت عينات الحمض الريبي النووي DNA على هلامة الآغاروز، بإضافة 5 ميكرولتر من سائل التحميل الخاص 1X loading buffer BromopHenol blue والمكون من (15%Ficoll 400 + 1.03% bromopHenol blue + 0.03%Xglene cyanolff + 0.4% orange G + 10mM Tris–Hcl + 50mM EDTA)، كما حُقِن مؤشر من الحمض الريبي النووي (DNA) 1Kpb من شركة (Evofims Genomics) الكورية، لتحديد أطوال الحزم الناتجة، ليتَّم بعد ذلك الترحيل بمرور حقل كهربائي قدره 100 فولط، لفصل حزم الـ DNA الناتجة عن عملية التضخيم، وصُورت الهلامة بجهاز تصوير هلامة الآغاروز Image Analyzer(Agle Eye II staratagene) (Serwer ,1983).

7.6.2.التحليل الإحصائي Statistical analysis:

نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بترتيب القطع المنشقة، حيث شغلت معدّلات التسميد المعدني القطع الرئيسية و شغلت الطرز الوراثية القطع المنشقة، بمعدل ثلاثة مكررات، ووزعت هذه المعاملات بشكلٍ عشوائي. وتمّ تحليل البيانات إحصائياً بعد تبويبها باستخدام برنامج التحليل الإحصائي Statitix لحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD0.05)، ومعامل التباين (C.V%) لمقارنة الفروقات بين المعاملات، والتفاعل المتبادل بينهما، لكل صفة من الصفات المدروسة. كما استخدمت البيانات للمؤشرات المدروسة لرسم شجرة القرابة المورفولوجية بتطبيق طريقة التحليل العنقودي Cluster analysis باستخدام برنامج Rstudio واستُخدم البرنامج SPSS 17 لدراسة علاقات الارتباط البسيط Simple Correlation بين الصفات المدروسة في التجربة الحقلية، و لدراسة معامل الانحدار المعياري. كما استخدم برنامج Origin لرسم المخطط XYY with SD error bars لتركيز البروتينات الكلية المنحلة .

وطُبِّقت البرامج الإحصائية الخاصة بالتقانات الحيوية المستخدمة لإجراء الدراسة الوراثية لتحليل النتائج، حيث جُمعت نتائج عملية الرحلانّ الكهربائي في جداول متخصصة اعتماداً على مقارنة وجود أو غياب حزم الحمض الريبي النووي DNA بين النباتات، حيث يعطى الرقم (1) عند وجود حزمة DNA ذات وزن جزيئي محدد عند أي طراز والرقم (0) عند غيابها، وذلك يتضمن الحزم الواضحة فقط ونظمت الجداول لكل بادئة على حِده (Zhong *et al.*, 2009). وحُددت درجة القرابة الوراثية، ورُسمت شجرة القرابة الوراثية Dendrogram بين طرز الدخن المدروسة بتطبيق طريقة التحليل العنقودي Cluster

analysis، باستخدام برنامج Ntsys الإحصائي، حيث يسمح التحليل العنقودي بتقسيم الطرز المدروسة إلى مجموعات تعكس درجة القرابة الوراثية فيما بينها، فمن الممكن أنّ تتجمع العينات ضمن مجموعة واحدة بناءً على موطنها الأصلي، أو بناءً على أصلها ونسبها، ولهذا تُشكَّل مصفوفة النسب المئوية لعدم التوافق Percent Disagreement Values (PDV)، وأنّشئت هذه المصفوفة وفقاً لعدد وحدات التضاعف المشتركة بتطبيق متوسطات المجموعات الزوجية غير المزانّة Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Averaging (UPGMA) حسب (Sneath and Sokal,1973)، يدل ارتفاع قيم هذه المصفوفة على وجود اختلاف وراثي، وبازديادها يزداد التباين الوراثي بين العينات المدروسة (Nei,1972). وحُسبت قيم معامل التعددية الشكلية PolimorpHism Information Content (PIC) للبادئات المستخدمة حسب (Srivastava *et al*,2019) وفق المعادلة: $$\boldsymbol{PIC = 1 - \sum(P_{ij})^2}$$

إذ(Pij) تكرارية الحزم i الناتجة عن استخدام البادئ j في جميع العينات المدروسة.

الفصل الثالث

Chapter Three

3. النتائج و المناقشة Results and Discussion

1.3. الصفات الشكلية Morphological traits

1.1.3. متوسط ارتفاع النبات (سم)

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط ارتفاع النبات عند اكتمال مرحلة الإزهار بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث يلاحظ عدم وجود فروقات معنوية في متوسط ارتفاع النبات بين موسمي الزراعة و متوسط الموسمين حيث بلغ 155.28 و160.71 سم على التوالي (الجدول 9).

وبالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز IP15293 في كلٍ من موسمي الزراعة و في متوسط الموسمين (196.42، 203.08 ، 199.75 سم على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة و في متوسط الموسمين (118.58، 123.6، 121.13 سم على التوالي) (الجدول 9)، ويمكن أنّ يُعزى التباين بين الطرز المدروسة في متوسط ارتفاع النبات إلى التباين في قدرة الخلايا على الاحتفاظ بالماء الذي يساهم في انتباج الخلايا واستطالتها وبالتالي زيادة عدد وطول السلاميات وزيادة ارتفاع النبات، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Ajeigbe *et al*,2020) الذين أشاروا إلى أن أعلى ارتفاع للنبات (190 سم) قد تم تسجيله في الصنف (Super SOSAT).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط ارتفاع النبات وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط ارتفاع النبات الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (194.17،200.28،197.22 سم على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (108.39،111.61،110 سم على التوالي). وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Ali ,2010) ،

(Ajeigbe *et al*,2020) و (Ausiku *et al*,2020) حيث يمكن أن تعزى هذه النتائج إلى دور الآزوت في تحفيز انقسام الخلايا والاستطالة، وبالتالي استطالة السلاميات بالإضافة إلى أثره في تطور النبات بشكل عام.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (253.17 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (دون تسميد) (84.33 سم) ، وتتفق هذه النتائج مع(Ali ,2010) ، (Ajeigbe *et al*,2020) و (Ausiku *et al*,2020) حيث وضحت نتائج دراساتهم أن تواجد الآزوت وفرته بالتربة تساعد في استمرار النمو الخضري للنبات، حيث يعد الآزوت عنصراً غذائياً أساسياً وعاملاً محدداً رئيسياً في إنتاج المحاصيل في النظم الزراعية المختلفة. ويعد من أهم العناصر الغذائية النباتية لنمو وتطور نباتات المحاصيل، و يؤدي دوراً مهماً في تركيب الكلوروفيل والأحماض الأمينية التي تساهم في بناء البروتين وبالتالي نمو النباتات، كما أن زيادة توافر الآزوت في التربة الفقيرة تؤدي إلى زيادة توافر العناصر الغذائية مما يؤدي إلى نمو أفضل للجذور ومعدل التمثيل الضوئي العالي وبالتالي زيادة معدل انقسام الخلايا وزيادة عددها، كما يؤثر على استطالة الخلايا مما يؤدي إلى نمو أفضل من حيث ارتفاع النبات.

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (248.67 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (دون تسميد) خلال نفس الموسم (82.33 سم). وبالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني ومعدل التسميد الآزوتي و الطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 خلال الموسم الزراعي الثاني عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (257.67 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (دون تسميد) (86.33 سم) (الجدول 9).

جدول 9: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط ارتفاع النبات (سم) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	124.67^{hi}	129^{gh}	172.67^{def}	199.67^{bcd}	156.50^{c}	118.00^{hij}	137.00^{gh}	178.33^{def}	205.00^{bcd}	159.58^{c}	121.33^{ghi}	133.00^{g}	175.50^{ef}	202.33^{cd}	158.04^{c}
IP6867	110^{hij}	159^{fg}	95.67^{ij}	163.33^{ef}	131.75^{d}	111.67^{hij}	165.00^{fg}	101.00^{ij}	169.00^{efg}	136.67^{d}	110.33^{hij}	162.00^{f}	98.33^{jk}	166.17^{f}	134.21^{d}
IP11670	82.33^{j}	100^{hij}	111.33^{hij}	180.67^{cdef}	118.58^{d}	86.33^{j}	108.00^{hij}	115^{hij}	185.33^{c-f}	123.67^{d}	84.33^{k}	104.00^{hijk}	113.17^{ghij}	183.00^{def}	121.13^{e}
IP15292	98.33^{hij}	166^{ef}	166.33^{ef}	193.oo^{cde}	155.92^{c}	104.33^{ij}	171.33^{ef}	174.33^{def}	199.67^{cde}	162.42^{bc}	101.33^{ijk}	168.67^{f}	170.33^{f}	196.33^{cde}	159.17^{c}
IP15293	117.33^{hi}	188.67^{cedf}	231^{ab}	248.67^{a}	196.42^{a}	121.33^{hi}	200.00^{cde}	233.33^{ab}	257.67^{a}	203.08^{a}	119.33^{g-j}	194.33^{cde}	232.17^{ab}	253.17^{a}	199.75^{a}
IP15294	118.67^{hi}	180^{c-f}	211.67^{bc}	179.67^{def}	172.50^{b}	128.00^{hi}	186.67^{cdef}	215.67^{bc}	185.00^{cdef}	178.83^{b}	123.33^{gh}	183.33^{def}	213.67^{bc}	182.33^{def}	175.67^{b}
المتوسط	108.39^{C}	153.78^{B}	164.78^{B}	194.17^{A}	155.28^{A}	111.61^{C}	161.33^{B}	169.61^{B}	200.28^{A}	160.71^{A}	110.00^{D}	157.56^{C}	167.19^{B}	197.22^{A}	157.99

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	3.148	5.4524	4.4519	7.7109	6.2959	10.905	15.422
(%) CV	11.95						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

2.1.3. عدد السلاميات

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط عدد السلاميات في النبات بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث يلاحظ وجود فروقات معنوية في عدد السلاميات في النبات بين موسمي الزراعة حيث كان الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 11.04 بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول (9 سلاميات) أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ عدد السلاميات 10.02 (الجدول 10).

وبالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط عدد السلاميات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز IP15293 في كلٍ من موسمي الزراعة و في متوسط الموسمين (11.25، 13.17، 12.21 على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة و في متوسط الموسمين (5.92، 7.92، 6.92 على التوالي دون فروق معنوي فيما بينها) (الجدول 10)، يُعزى التباين بين الطرز في متوسط عدد السلاميات إلى التباين في مقدرة الخلايا النباتية على الاحتفاظ بالماء الضروري لاستطالة الخلايا، ومرونة جدران الخلايا وقدرتها على التمدد، وتختلف هذه النتائج مع ما توصل إليه (Rakesh *et al.*, 2021).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط عدد السلاميات وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط عدد السلاميات في النبات الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (10.55، 12.55، 11.52 على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسم الزراعة الأول (6.83)، موسم الزراعة الثاني (8.83)، ومتوسط الموسمين (7.83). وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Rakesh *et al.*, 2021) الّذين وجدوا أنّ زيادة معدّل التسميد الآزوتي أدّى إلى زيادة عدد السلاميات، ويعود السبب إلى تأثير الآزوت بشكلٍ مباشر في بعض التفاعلات الحيوية التي تحدث في المناطق الميرستيمية، حيث يؤدي ذلك إلى زيادة معدّل انّقسام الخلايا النباتية واستطالتها وهذا يؤدي إلى زيادة النمو عامةً وعدد السلاميات بشكل خاص.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط عدد السلاميات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (13.83 سلامية)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (دون تسميد) (6 سلامية) ، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Rakesh *et al.*, 2021) الذين أكدوا أنّ مرحلة النمو الأوّلي تعتمد اعتماداً رئيساً على مدى توافر المياه والتسميد الآزوتي في التربة، ويعزى ذلك إلى دور التسميد الآزوتي في تركيب اليخضور (Chlorophyll) مما يشجع على زيادة امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى مركبات عضوية (السكريات) أثناء عملية التمثيل الضوئي وزيادة تراكم المادة الجافلة في الأوراق والساق مما يساهم في زيادة عدد السلاميات.

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط عدد السلاميات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (13 سلامية)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (دون تسميد) خلال نفس الموسم (5 سلامية). و بالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني و معدل التسميد الآزوتي و الطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط عدد السلاميات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 خلال الموسم الزراعي الثاني عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (14.67 سلامية)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (دون تسميد) (7 سلامية) (الجدول 10).

جدول 10: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة عدد السلاميات في النبات (سلامية. نبات$^{-1}$) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	6.67^{ijk}	$8.67f^{gh}$	9.00^{fg}	9.00^{fg}	8.33^{c}	8.67^{ijk}	11.00^{fg}	11.00^{fg}	11.33^{efg}	10.5^{c}	7.667^{jk}	10.00^{fgh}	10.00^{fgh}	10.00^{fgh}	9.42^{c}
IP6867	6.67^{ijk}	9.67^{defg}	11.00^{bcde}	11.67^{abc}	9.75^{b}	9^{hij}	11.67^{defg}	13.67^{abc}	13.67^{abc}	12.00^{b}	7.83^{jk}	10.67^{efg}	12.33^{bc}	12.67^{ab}	10.87^{b}
IP11670	5.00^{k}	5.33^{jk}	6.33^{jk}	7.00^{hij}	5.92^{d}	7.00^{k}	7.33^{jk}	8.33^{ijk}	9.00^{hij}	7.92^{d}	6.00^{m}	6.33^{lm}	7.33^{jkl}	8.00^{ij}	6.917^{d}
IP15292	8.33^{ghi}	10^{cdefg}	10.33^{bcdef}	11.00^{bcde}	9.92^{b}	10^{ghi}	12^{cdef}	12.33^{bcdef}	13.00^{abcde}	11.83^{b}	9.17^{hi}	11.00^{def}	11.33^{cde}	12.00^{bcd}	10.87^{b}
IP15293	$8.67f^{gh}$	11.33^{abcd}	12.00^{ab}	13.00^{a}	11.25^{a}	10.67^{fgh}	13.33^{abcd}	14.00^{ab}	14.67^{a}	13.17^{a}	9.67^{gh}	12.33^{bc}	13.00^{ab}	13.83^{a}	12.21^{a}
IP15294	5.67^{jk}	8.67^{fgh}	9.33^{efg}	11.67^{abc}	8.83^{c}	7.67^{jk}	10.67^{fgh}	11.33^{efg}	13.67^{abc}	10.83^{c}	6.67^{klm}	9.67^{gh}	10.33^{efgh}	12.67^{ab}	9.83^{c}
المتوسط	6.83^{D}	8.94^{C}	9.66^{B}	10.55^{A}	9.00^{B}	8.83^{D}	11.00^{C}	11.77^{B}	12.55^{A}	11.04^{A}	7.83^{D}	10.00^{C}	10.72^{B}	11.52^{A}	10.01

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	0.1829	0.3168	0.2587	0.448	0.3658	0.6336	0.896
(%)CV	10.95						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

3.1.3. المساحة الورقية (سم^{2}.نبات$^{-1}$)

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط صفة المساحة الورقية في النبات بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان متوسط المساحة الورقية للنبات الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 4503.5 سم^{2}.نبات$^{-1}$ بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 4350.6 سم^{2}.نبات$^{-1}$ أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط المساحة الورقية 4427.1 سم^{2}.نبات$^{-1}$ (الجدول 11).

وبالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط المساحة الورقية في النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز IP5284 في كلٍ من موسمي الزراعة و في متوسط الموسمين (6548.5، 5813.3، 5730.9 سم^{2}.نبات$^{-1}$ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند كل من الطراز IP15293 و الطراز IP15294 دون فروق معنوية في كلٍ من موسم الزراعة الأول (3564.7 و 3549 سم^{2}.نبات$^{-1}$ على التوالي)، موسم الزراعة الثاني (3707.5 و 3706.3 سم^{2}.نبات$^{-1}$ على التوالي)، و متوسط الموسمين (3636.1 و 3627.6 سم^{2}.نبات$^{-1}$ على التوالي)، (الجدول 11)، حيث تختلف الطرز في قدرتها على تمثيل العناصر الغذائية الممتصة من قبل المجموع الجذري حيث ان توفير كمية كافية من العناصر الغذائية الضرورية لعمليات التمثيل الغذائي المختلفة تؤدي إلى نقل وتمثيل أفضل للكربوهيدرات وتصنيع الأحماض الأمينية والبروتينات، والتي بدورها تحفز استطالة الخلايا السريعة وانقسام الخلايا، و تزيد النمو الخضري (Chandana *et al.*, 2018; Yadav *et al.*, 2021a).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط المساحة الورقية في النبات وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط المساحة الورقية الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (4435.3، 4575.2، 4505.2 سم^{2}.نبات$^{-1}$ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (4286.8، 4452، 4369.4 سم^{2}.نبات$^{-1}$ على التوالي). وتتفق هذه النتائج مع ما

توصل إليه (Chandana *et al*, 2018) حيث أوضحوا أن زيادة محتوى التربة من العناصر المغذية وخاصة الآزوت والكربون العضوي تسببت في زيادة حجم الورقة مما أدى في النهاية إلى زيادة مساحة الأوراق.

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط المساحة الورقية في النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (5836.5 سم^2.نبات$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (3592.5 و 3587.5 سم^2.نبات$^{-1}$ على التوالي)، حيث أن زيادة محتوى التربة من العناصر المغذية يساعد في زيادة حجم ونشاط المجموع الجذري الفعال في عملية امتصاص هذه العناصر التي بدروها تساهم في العديد من العمليات الفيزيولوجية التي تؤدي إلى زيادة نمو المجموع الخضري الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حجم المسطح الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي وهذا يزيد من نواتج هذه العملية التي بدورها سوف تسمح بزيادة مساحة الأوراق حيث أن مساحة الورقة هي مقياس لحجم المسطح الأخضر للنبات وهي نتاج طول الورقة وعرضها (Ayub *et al.*, 2007; Chandana *et al.*, 2018).

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (5755 سم^2.نبات$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (3499 سم^2.نبات$^{-1}$) و عند زراعة الطراز IP11670 عند الشاهد (3514 سم^2.نبات$^{-1}$) دون وجود فروق معنوية فيما بينها خلال نفس الموسم و بالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني و معدل التسميد الآزوتي و الطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الثاني عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (5918 سم^2.نبات$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند الشاهد (3671 سم^2.نبات$^{-1}$) و عند زراعة الطراز IP15294 عند الشاهد (3674 سم^2.نبات$^{-1}$) دون وجود فروقات معنوية بينها.

جدول 11: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة المساحة الورقية (سم^2.نبات$^{-1}$) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	5530.0^{c}	5610.0^{b}	5699.0^{a}	5755.0^{a}	5648.5^{A}	5761.0^{b}	5788.0^{b}	5786.0^{b}	5918.0^{a}	5813.3^{A}	5645.5^{c}	5699.0^{bc}	5742.5^{b}	5836.5^{a}	5730.9^{A}
IP6867	4529.0^{f}	4551.0^{ef}	4591.0^{e}	4656.0^{d}	4581.7^{B}	4667.0^{de}	4715.0^{cd}	4756.0^{c}	4795.0^{c}	4733.3^{B}	4598.0^{f}	4633.0^{ef}	4673.5^{de}	4725.5^{d}	4657.5^{B}
IP11670	3514.0^{lm}	3499.0^{m}	3539.0^{lm}	3644.0^{k}	4395.0^{C}	3671.0^{k}	3676.0^{k}	3692.0^{jk}	3786.0^{i}	4540.3^{C}	3592.5^{m}	3587.5^{m}	3615.5^{m}	3715.0^{k}	4467.6^{C}
IP15292	4322.0^{ij}	4372.0^{hi}	4422.0^{gh}	4464.0^{g}	4364.5^{D}	4473.0^{h}	4535.0^{fgh}	4572.0^{fg}	4581.0^{fg}	4520.8^{C}	4397.5^{ij}	4453.5^{hi}	4497.0^{gh}	4522.5^{g}	4442.6^{C}
IP15293	4276.0^{j}	4323.0^{ij}	4392.0^{h}	4467.0^{g}	3564.7^{E}	4466.0^{h}	4512.0^{gh}	4506.0^{gh}	4599.0^{ef}	3707.5^{D}	4371.0^{j}	4417.5^{ij}	4449.0^{hi}	4533.0^{g}	3636.1^{D}
IP15294	3550.0^{lm}	3521.0^{lm}	3562.0^{l}	3626.0^{k}	3549.0^{E}	3674.0^{k}	3672.0^{k}	3712.0^{ijk}	3772.0^{ij}	3706.3^{D}	3612.0^{m}	3596.5^{m}	3637.0^{lm}	3699.0^{kl}	3627.6^{D}
المتوسط	4286.8^{D}	4312.7^{C}	4367.5^{B}	4435.3^{A}	4350.6^{B}	4452.0^{C}	4483.0^{BC}	4504.0^{B}	4575.2^{A}	4503.5^{A}	4369.4^{D}	4397.8^{C}	4435.8^{B}	4505.2^{A}	4427.1

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعل			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	14.40	12.56	10.26	35.27	28.80	49.88	70.54
cv (%)	0.98						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

4.1.3. دليل المساحة الورقية

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في متوسط دليل المساحة الورقية بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث يلاحظ وجود فروقات معنوية في دليل المساحة الورقية بين موسمي الزراعة حيث كان الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 2.25 بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول2.17 أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط دليل المساحة الورقية 2.21 (الجدول 12).

وبالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز IP5284 في كلٍ من موسمي الزراعة و في متوسط الموسمين (2.82، 2.91، 2.86 على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند كل من الطراز IP15293 و الطراز IP15294 دون فروق معنوية في كلٍ من موسم الزراعة الأول (1.78، 1.77 على التوالي)، موسم الزراعة الثاني (1.851، 1.853 على التوالي)، ومتوسط الموسمين (1.82، 1.81 على التوالي)(الجدول 12)، ويمكن أنّ يُعزى التباين بين الطرز في دليل المساحة الورقية إلى التباين في مقدرتها على كفاءة استخدام العناصر الغذائية المتوفرة وكفاءة تمثيلها الذي بدوره يؤثر على ارتفاع النبات، عدد السلاميات، عدد الإشطاءات و عدد الاوراق وأبعادها من حيث الطول والعرض (Shahin *et al*., 2013; Kumari *et al*., 2018; Ajeigbe *et al*., 2020).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط دليل المساحة الورقية وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط دليل المساحة الورقية الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (2.22 ، 2.29، 2.25 على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (2.14، 2.23، 2.18 على التوالي). يمكن اعتبار هذه الزيادة في دليل المساحة الورقية (LAI) مع زيادة معدلات التسميد الآزوتي ناتجة عن زيادة عدد الإشطاءات الكلية وبالتالي زيادة في المساحة الورقة وعدد الأوراق في وحدة المساحة حيث أن زيادة تطبيق N تؤدي دوراً مهماً في تركيب الأصبغة اليخضورية (اللواقط الضوئية) المسؤولة عن استقبال الأشعة الشمسية

وتحويلها إلى معقد حصد الطاقة في النظام الضوئي الثاني وتوليد المركبات الغنية بالطاقة (ATP، NADPH) مايساهم في زيادة تصنيع الكربوهيدرات أثناء تفاعلات الظلام وزيادة تراكم المادة الجافة في الأوراق وزيادة المسطح الورقي الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي (Ajeigbe *et al*., 2020; Kumari *et al*., 2018).

فيما أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (2.92)، في حين كان الأدنى معنوياً زراعة الطراز IP11670 عند الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (1.80 و 1.79 على التوالي) دون وجود فروقات معنوية، ويعزى ذلك إلى دور التسميد الآزوتي في استمرارية النمو الخضري، وكفاءة الطرز في تكوين مجموع جذري قادر على امتصاص العناصر الغذائية المتوفرة التي تدخل في العديد من العمليات الفيزيولوجية التي تؤثر على مكونات المجموع الخضري من ارتفاع النبات، عدد السلاميات، عدد الإشطاءات، عدد ومساحة الاوراق (Ausiku *et al*,2020 : Ajeigbe *et al*,2020 : Kumari *et al*,2018 :Shahin *et al*,2013).

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) و معدّل التسميد الآزوتي (40 كغN. هكتار$^{-1}$) (2.88 و 2.85 على التوالي) دون وجود فروق معنوية بينهما، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز IP11670 عند الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (1.76 و 1.75 على التوالي) دون وجود فروق معنوية فيما بينها خلال نفس الموسم، و بالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني و معدل التسميد الآزوتي و الطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (2.96) ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز IP11670 عند الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (1.83 و 1.84 على التوالي) دون وجود فروق معنوية بينها.

جدول 12: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة دليل المساحة الورقية لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	2.7650^{c}	2.8050^{b}	2.8497^{a}	2.8780^{a}	2.8244^{A}	2.8807^{b}	2.8943^{b}	2.8933^{b}	2.9593^{a}	2.9069^{A}	2.8227^{c}	2.8495^{bc}	2.8712^{b}	2.9183^{a}	2.8654^{A}
IP6867	2.2647^{f}	2.2757^{ef}	2.2957^{e}	2.3283^{d}	2.2911^{B}	2.3337^{de}	2.3580^{cd}	2.3780^{c}	2.3977^{c}	2.3668^{B}	2.2990^{f}	2.3165^{ef}	2.3367^{de}	2.3628^{d}	2.3288^{B}
IP11670	1.7570^{lm}	1.7497^{m}	1.7697^{lm}	1.8223^{k}	2.1978^{C}	1.8357^{k}	1.8383^{k}	1.8463^{jk}	1.8933^{i}	2.2702^{C}	1.7962^{m}	1.7937^{m}	1.8077^{m}	1.8575^{k}	2.2338^{C}
IP15292	2.1613^{ij}	2.1860^{hi}	2.2113^{gh}	2.2323^{g}	2.1825^{D}	2.2367^{h}	2.2677^{fgh}	2.286^{fg}	2.2907^{fg}	2.2605^{C}	2.1987^{ij}	2.2268^{hi}	2.2485^{gh}	2.2612^{g}	2.2213^{C}
IP15293	2.1383^{j}	2.1617^{ij}	2.1963^{h}	2.2337^{g}	1.7825^{E}	2.2333^{h}	2.2560^{gh}	2.2530^{gh}	2.2997^{ef}	1.8540^{D}	2.1855^{j}	2.2087^{ij}	2.2245^{hi}	2.2665^{g}	1.8181^{D}
IP15294	1.7750^{lm}	1.7607^{lm}	1.7810^{l}	1.8133^{k}	1.7747^{E}	1.8373^{k}	1.8363^{k}	1.8563^{ijk}	1.8860^{ij}	1.8534^{D}	1.8060^{m}	1.7983^{m}	1.8185^{lm}	1.8495^{kl}	1.8138^{D}
المتوسط	2.1436^{D}	2.1564^{C}	2.1839^{B}	2.2180^{A}	2.1755^{B}	2.2262^{C}	2.2418^{BC}	2.2522^{B}	2.2878^{A}	2.2520^{A}	2.1847^{D}	2.1989^{C}	2.2179^{B}	2.2526^{A}	2.2137

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	0.007	0.012	0.01	0.017	0.014	0.025	0.035
(%CV)	0.98						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

5.1.3. طول العثكول (سم)

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط طول العثكول بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان طول العثكول الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 26.75 سم بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 25.08 سم أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط طول العثكول25.92 سم (الجدول 13).

بالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط طول العثكول كان الأعلى معنوياً عند كل من الطراز IP5284 و الطراز IP6867 دون فروق معنوية في كلٍ من موسم الزراعة الأول (27.83، 27.67 سم على التوالي)، و في موسم الزراعة الثاني (29.83، 29.5 سم على التوالي)، و متوسط الموسمين (28.83، 28.58 سم على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (22.67، 24.58، 23.62 سم على التوالي)(الجدول 13)، حيث أن اختلاف قدرة الطرز على كفاءة استخدام الآزوت هو أحد الأسباب الرئيسة التي تؤثر على العلاقة بين المصدر و المصب و نقل نواتج التمثيل الضوئي نحو الأجزاء الزهرية (العثاكيل)، حيث أن الآزوت هو المكون الرئيس للبروتوبلازم في عمليات التمثيل الغذائي المختلفة مثل التمثيل الضوئي، وتحفيز انقسام الخلايا والاستطالة الأمر الذي يؤدي إلى زيادة تراكم المادة الجافة وبالتالي زيادة ارتفاع النبات وطول العثكول (Cui *et al*., 2022; Prasad *et al*., 2014).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط طول العثكول وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط طول العثكول الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (26.72، 28.06، 27.39 سم على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (22.78، 25.11، 23.94 سم على التوالي). حيث أن الإمداد المتزايد من الأسمدة وامتصاصها العالي من قبل النباتات قد حفز معدل العمليات الفسيولوجية المختلفة في المحاصيل. كما أن للآزوت تأثير إيجابي على النمو بسبب زيادة انقسام

الخلايا وتمدد الخلية مما يؤدي إلى تطور العثاكيل وزيادة طولها وحجمها (Malakar *et al*., 2022; Joshi *et al*., 2018).

بينت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط طول العثكول كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (31 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (21.33 سم)، إن صفات مكونات الغلة المرتفعة هي نتيجة لتوافر العناصر المغذية بشكل كافي الذي يؤدي إلى نمو أفضل وازدياد معدل انتقال نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب. بشكل عام، قد ترجع الزيادة في طول العثكول عند معدلات الآزوت المرتفعة إلى انخفاض المنافسة على المغذيات التي سمحت للنباتات والتي تختلف بمقدرتها على امتصاص العناصر الغذائية بتراكم المزيد من الكتلة الحيوية مع قدرة أعلى على نقل المزيد من نواتج التمثيل الضوئي إلى المصب (العثاكيل)، مما يؤدي إلى زيادة طول العثكول في النبات (Suresh *et al*., 2020).

فيما أظهرت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط طول العثكول كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (30.33 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (20.33 سم)، و بالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني ومعدل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط طول العثكول كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (31.67 سم)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (22.33 سم).

جدول 13:تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة طول العثكول (سم) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	25.333^{fg}	27.000^{cde}	28.667^{b}	30.333^{a}	27.833^{a}	28.667^{bc}	29.000^{bc}	30.000^{b}	31.667^{a}	29.833^{a}	27.000^{ef}	28.000^{d}	29.333^{b}	31.000^{a}	28.833^{a}
IP6867	26.333^{def}	27.333^{bcd}	28.667^{b}	28.333^{bc}	27.667^{a}	29.000^{bc}	29.333^{b}	29.667^{b}	30.000^{b}	29.500^{a}	27.667^{de}	28.333^{cd}	29.167^{bc}	29.167^{bc}	28.583^{a}
IP11670	20.333^{j}	22.333^{hi}	22.333^{hi}	25.667^{efg}	22.667^{e}	22.333^{i}	24.333^{gh}	24.000^{gh}	27.667^{cd}	24.583^{d}	21.333^{l}	23.333^{i}	23.167^{ij}	26.667^{fg}	23.625^{e}
IP15292	21.333^{hij}	24.667^{g}	25.000^{fg}	25.000f^{g}	24.000^{c}	23.333^{ghi}	26.333^{de}	27.000^{de}	26.000^{ef}	25.667^{bc}	22.333^{jk}	25.500^{h}	26.000^{gh}	25.5oo^{h}	24.833^{c}
IP15293	21.000^{ij}	22.667^{h}	24.667^{g}	25.000 ^{fg}	23.333^{d}	23.000^{hi}	24.667^{fg}	26.333^{de}	26.667^{de}	25.167^{c}	22.000^{kl}	23.667^{i}	25.500^{h}	25.833^{gh}	24.25^{d}
IP15294	22.333^{hi}	25.333^{fg}	26.333^{def}	26.000^{defg}	25.000^{b}	24.333^{gh}	26.000^{ef}	26.333^{de}	26.333^{de}	25.750^{b}	23.333^{i}	25.667^{h}	26.333^{fgh}	26.167^{fgh}	25.375^{b}
المتوسط	22.778^{D}	24.889^{C}	25.944^{B}	26.722^{A}	25.083^{B}	25.111^{D}	26.611^{C}	27.222^{B}	28.056^{A}	26.750^{A}	23.944^{D}	25.75^{C}	26.583^{B}	27.389^{A}	25.917

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات		
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	0.1371	0.2375	0.1939	0.3359	0.2742	0.475	0.6717
(%CV)	3.17						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5

2.3. الصفات الكمية Quantitative traits

1.2.3. عدد الإشطاءات الكلية في النبات (إشطاء كلي. نبات$^{-1}$):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان عدد الإشطاءات الكلية الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 19.79 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$ بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 17.26 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$ أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات 18.53 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$ (الجدول 14).

بالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات كان الأعلى معنوياً عند الطراز IP15293 في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (25.92، 28.33، 27.12 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$ على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (6.17، 8.92، 7.54 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$ على التوالي)(الجدول 14)، تختلف الأصناف في مقدرتها الوراثية في كفاءة استخدام العناصر الغذائية، كما أن توفر العناصر الغذائية خلال المراحل الاولى من عمر النبات يؤدي إلى استطالة الخلايا وزيادة عددها مما يؤدي إلى زيادة عدد الإشطاءات (Chandana *et al*., 2018).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (19.28، 21.44، 20.36 كلي. نبات $^{-1}$ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (15.5، 18.22، 16.86 كلي. نبات $^{-1}$ على التوالي). وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Bhuva *et al*,2018 : Ausiku *et al*,2020 : Gautam *et al*,2020 الَّذين وجدوا أنّ توافر

العناصر الغذائية في التربة وخاصة الآزوت تساهم في زيادة كفاءة التفاعلات الخلوية التي تسهم في زيادة نشاط وانقسام وتمايز النسج الميرستيمية التي بدورها تساعد في زيادة معدل انقسام الخلايا وزيادة عددها مما يؤدي إلى زيادة عدد و طول السلاميات وبالتالي زيادة طول النبات.

بينت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 عند معدّلات التسميد الآزوتي (40 و 60 كغN. هكتار$^{-1}$) (28.33 و28.67 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$ على التوالي) دون وجود فروقات معنوية فيما بينها، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (6.33 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$)، تتوافق هذه النتائج ما توصل إليها (Isah *et al*,2020) والتي تفيد بأن استخدام سماد الآزوت وعلى مستوى أعلى يعزز العديد من جوانب المراحل الفسيولوجية للنبات بما في ذلك التمثيل الضوئي ونمو الجذور وتطورها، وطولها بالإضافة إلى المساهمة في استطالة الأنسجة الهيكلية و تكون الإشطاءات.

فيما أظهرت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّلات التسميد الآزوتي (40 و 60 كغN. هكتار$^{-1}$) (27.33 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$ على التوالي) دون وجود فروق معنوية فيما بينها، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (5.33 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$)، و بالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني ومعدل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّلات التسميد الآزوتي (40 و 60 كغN. هكتار$^{-1}$) (29.33 و30 إشطاء كلي. نبات $^{-1}$ على التوالي) دون وجود فروق معنوية فيما بينها، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (7.33إشطاء كلي.نبات$^{-1}$).

جدول 14: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة عدد الإشطاءات الكلية في النبات (إشطاء كلي. نبات$^{-1}$) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	20.333^{e}	22.667^{d}	22.667^{d}	24.333^{c}	22.500^{c}	23.000^{f}	25.000^{def}	25.667^{cde}	26.333^{cde}	25.000^{b}	21.667^{h}	23.833^{efg}	24.167^{def}	25.333^{cd}	23.75^{c}
IP6867	11.333^{jk}	12.333^{ij}	14.333^{gh}	15.667^{f}	13.417^{d}	14.000^{ij}	14.333^{ij}	16.333^{ghi}	18.333^{g}	15.750^{c}	12.667^{mn}	13.333^{lm}	15.333^{jk}	17.000^{i}	14.583^{d}
IP11670	5.333^{m}	6.000^{lm}	6.333^{lm}	7.000^{l}	6.167^{f}	7.333^{m}	8.667^{lm}	10.667^{kl}	9.000^{lm}	8.917^{d}	6.333^{p}	7.333^{op}	8.500^{o}	8.000^{o}	7.542^{f}
IP15292	21.333^{e}	21.333^{e}	23.667^{cd}	26.000^{b}	23.083^{b}	25.333^{cdef}	24.333^{ef}	25.667^{cde}	27.667^{abc}	25.75^{b}	23.333^{fg}	22.833^{gh}	24.667^{cde}	26.833^{b}	24.417^{b}
IP15293	24.333^{c}	24.667^{c}	27.333^{a}	27.333^{a}	25.917^{a}	27.000^{bcd}	27.000^{bcd}	29.333^{ab}	30.000^{a}	28.333^{a}	25.667^{bc}	25.833^{bc}	28.333^{a}	28.667^{a}	27.125^{a}
IP15294	10.333^{k}	11.000^{k}	13.333^{hi}	15.333^{fg}	12.500^{e}	12.667^{jk}	14.667^{ij}	15.333^{hi}	17.333^{gh}	15.000^{c}	11.500^{n}	12.833^{m}	14.333^{kl}	16.333^{ij}	13.75^{e}
المتوسط	15.500^{D}	16.333^{C}	17.944^{B}	19.278^{A}	17.264^{B}	18.222^{B}	19.000^{B}	20.500^{A}	21.444^{A}	19.792^{A}	16.861^{D}	17.667^{C}	19.222^{B}	20.361^{A}	18.528

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	0.1831	0.3171	0.2589	0.4484	0.3661	0.6341	0.8968
(%cv)	5.93						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

2.2.3. الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد (غ):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 646.33 غ بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 588.26 غ أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد 617.30 غ (الجدول 15).

وبالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد كان الأعلى معنوياً عند الطراز IP15293 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (635.17، 684.25، 659.71 غ على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (529.17، 589.67، 559.42 غ على التوالي)(الجدول 15)، قد يكون تعزيز الوزن الجاف للنبات مع زيادة الأسمدة الآزوتية ناتجاً عن علاقات معنوية بين إنتاج المادة الجافة و المسطح الأخضر الفعال في التقاط الأشعة الضوئية. حيث تختلف النباتات في كفاءة استخدام الآزوت التي تؤثر في انقسام الخلايا ونمو الأنسجة الجديدة وزيادة عدد الإشطاءات، الأوراق ومساحتها، وزيادة معدل التمثيل الضوئي مما يؤدي إلى تراكم مادة جافة أعلى الأمر الذي ينعكس على نمو النبات بشكل عام (Chandana *et al.*, 2018; Ausiku *et al.*, 2020).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (615.61، 679، 647.31 غ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (561.61، 612.67، 587.14 غ على التوالي). أدى توافر الآزوت المستمر حتى نضج المحصول إلى تحسين التمثيل الضوئي للنبات وتسبب في زيادة تراكم المادة الجافة الناتج عن

الانتقال الأفضل للكربوهيدرات واستخدامها لإنتاج المزيد من مكونات المجموع الخضري كالسلاميات، الإشطاءات، الأوراق الأمر الذي يؤدي إلى الزيادة في عملية التمثيل الضوئي التي تساهم في الزيادة التدريجية في معاملات النمو(Chandana *et al*., 2018; Ausiku *et al*., 2020).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$)(706.67 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (545.5 غ)، إن تحسين حالة توافر العناصر الغذائية في التربة وزراعة الطرز الأكثر كفاءة في امتصاصها يؤدي إلى زيادة كفاءة التمثيل الضوئي ثم انتقال نواتج هذه العملية لزيادة عدد الأوراق وزيادة في طول النبات وبالتالي زيادة الوزن الجاف للنبات (Chandana *et al*., 2018; Ausiku *et al*., 2020; Gautam *et al*., 2020).

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (681.67 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (508.33 غ)، وبالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني و معدل التسميد الآزوتي و الطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 عند معدّلات التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (731.67 غ) دون وجود فروقات معنوية مع تفاعلات أخرى، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (582.67 و580 غ) دون وجود فروقات معنوية فيما بينها.

جدول 15: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد (غ) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	586.67^{g}	618.33^{f}	634.33^{de}	655.00^{bc}	623.58^{b}	633.33^{ef}	675.33^{c}	686.67^{bc}	733.33^{a}	682.17^{a}	610.00^{fgh}	646.83^{e}	660.50^{d}	694.17^{b}	652.87^{b}
IP6867	554.33^{jk}	545.00^{kl}	565.00^{ij}	570.33^{hi}	558.67^{c}	596.67^{jk}	617.33^{fgh}	635.00^{e}	632.67^{ef}	620.42^{b}	575.50^{kl}	581.17^{k}	600.00^{ij}	601.50^{hi}	589.54^{c}
IP11670	508.33^{m}	535.00^{l}	531.67^{l}	541.67^{kl}	529.17^{d}	582.67^{k}	580.00^{k}	597.67^{j}	598.33^{ij}	589.67^{c}	545.50^{o}	557.50^{n}	564.67^{mn}	570.00^{lm}	559.42^{d}
IP15292	586.00^{g}	621.67^{ef}	635.00^{de}	663.33^{b}	626.50^{b}	624.00^{efgh}	675.00^{c}	685.00^{bc}	725.00^{a}	677.25^{a}	605.00^{ghi}	648.33^{e}	660.00^{d}	694.17^{b}	651.87^{b}
IP15293	591.00^{g}	621.33^{ef}	646.67^{cd}	681.67^{a}	635.17^{a}	632,00^{efg}	680.00^{bc}	693.33^{b}	731.67^{a}	684.25^{a}	611.50^{fg}	650.67^{e}	670.00^{c}	706.67^{a}	659.71^{a}
IP15294	543.33^{kl}	534.00^{l}	567.00^{hij}	581.67^{gh}	556.50^{c}	607.33^{hij}	621.67^{efgh}	615.00^{ghi}	653.00^{d}	624.25^{b}	575.33^{kl}	577.83^{kl}	591.00^{j}	617.33^{f}	590.38^{c}
المتوسط	561.61^{D}	579.22^{C}	596.61^{B}	615.61^{A}	588.26^{B}	612.67^{D}	641.56^{C}	652.11^{B}	679.00^{A}	646.33^{A}	587.14^{D}	610.39^{C}	624.36^{B}	647.31^{A}	617.3

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	1.3258	2.2964	1.875	3.2475	2.6516	4.5927	6.4951
(%Cv)	1.29						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

3.2.3. الغلة من الوزن الجاف (كغ.هكتار$^{-1}$):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط الوزن الجاف الكلي بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كانت الغلة من الوزن الجاف الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 32317 كغ.هكتار$^{-1}$ بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 29413 كغ.هكتار$^{-1}$ أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط الوزن الجاف الكلي 30865 كغ.هكتار$^{-1}$ (الجدول 16).

بالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط الوزن الجاف الكلي كان الأعلى معنوياً عند الطراز IP15293 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (31758، 34213، 32958 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (26458، 29438، 27971 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)(الجدول 16) إن زيادة الغلة من الوزن الجاف مرتبط بشكل كبير بقدرة النبات على القيام بعملية التمثيل الضوئي مما يؤدي إلى زيادة في تراكم المادة الجافة (Chandana *et al*., 2018; Ausiku *et al*., 2020).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط الوزن الجاف الكلي وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط الوزن الجاف الكلي الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (30781، 33950، 32365 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (28081، 30633، 29357 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي). إن إضافة الآزوت وتوفيره للنبات حتى مرحلة النضج يؤدي إلى زيادة قدرة النبات على القيام بعملية التركيب الضوئي وبالتالي تراكم أفضل للكربوهيدرات والاستفادة منها في تكوين عدد أكبر من السلاميات والأوراق (Chandana *et al*., 2018; Ausiku *et al*., 2020).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط الوزن الجاف الكلي كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-}$

$^{-1}$)(35333 كغ.هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (27275 كغ.هكتار$^{-1}$).

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط الوزن الجاف الكلي كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (34084 كغ.هكتار$^{-1}$) ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (25417 كغ.هكتار$^{-1}$)، و بالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني و معدل التسميد الآزوتي و الطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث كان متوسط الوزن الجاف الكلي الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP15293 عند معدّلات التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (36583 كغ.هكتار$^{-1}$) دون وجود فروق معنوية مع تفاعلات أخرى ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (29133 و29000 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) دون وجود فروقات معنوية فيما بينها.

جدول 16: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة الوزن الجاف الكلي كغ.هكتار$^{-1}$ لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	29333^{g}	30917^{f}	31717de	32750^{bc}	31179^{b}	31667^{ef}	33767^{c}	34333^{bc}	36667^{a}	34108^{a}	30500^{fgh}	32342^{e}	33025^{d}	34708^{b}	32644^{b}
IP6867	27717^{jk}	27250^{kl}	28250^{ij}	28517^{hi}	27933^{c}	29833^{jk}	30867^{fgh}	31750^{e}	31633^{ef}	31021^{b}	28775^{kl}	29058^{k}	30000^{ij}	30075^{hi}	29477^{c}
IP11670	25417^{m}	26750^{l}	26583^{l}	27083^{kl}	26458^{d}	29133^{k}	29000^{k}	29883^{j}	29917^{ij}	29483^{c}	27275^{o}	27875^{n}	28233^{mn}	28500^{lm}	27971^{d}
IP15292	29300^{g}	31083^{ef}	31750de	33167^{b}	31325^{b}	31200^{efgh}	33750^{c}	34250^{bc}	36250^{a}	33863^{a}	30250^{ghi}	32417^{e}	33000^{d}	34708^{b}	32594^{b}
IP15293	29550^{g}	31067^{ef}	32333^{cd}	34083^{a}	31758^{a}	31600^{efg}	34000^{bc}	34667^{b}	36583^{a}	34213^{a}	30575^{fg}	32533^{e}	33500^{c}	35333^{a}	32985^{a}
IP15294	27167^{kl}	26700^{l}	28350^{hij}	29083^{gh}	27825^{c}	30367^{hij}	31083^{efgh}	30750^{ghi}	32650^{d}	31213^{b}	28767^{kl}	28892^{kl}	29550^{j}	30867^{f}	29519^{c}
المتوسط	28081^{D}	28961^{C}	29831^{B}	30781^{A}	29413^{B}	30633^{D}	32078^{C}	32606^{B}	33950^{A}	32317^{A}	29357^{D}	30519^{C}	31218^{B}	32365^{A}	30865

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	66.29	114.82	93.748	162.38	132.58	229.64	324.75
(%Cv)	1.29						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

4.2.3. وزن الحبوب في النبات (غ):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط وزن الحبوب في النبات بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان وزن الحبوب في النبات الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 97.15 غ بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 92.72 غ أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط وزن الحبوب في النبات 94.94 غ (الجدول 17).

بالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط وزن الحبوب في النبات كان الأعلى معنوياً عند الطراز IP5284 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (193.67، 202.75، 198.21 غ على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (45.33، 49.00، 47.17 غ على التوالي)(الجدول 17) يُعزى التباين بين الطرز في وزن الحبوب في النبات إلى تباين الطرز في كفاءة استخدام الآزوت الذي يستخدمه النبات في تشكيل المجموع الخضري وبالتالي زيادة عدد الإشطاءات الثمرية الأمر الذي يساعد في زيادة عدد الحبوب في النبات، بالإضافة إلى زيادة كفاءة التمثيل الضوئي ونواتجه التي سوف تنقل لاحقاً إلى الحبوب مما يسهم في زيادة وزنها(Ali, 2010; Cui *et al.*, 2022).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط وزن الحبوب في النبات وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط وزن الحبوب في النبات الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (107.94، 113.44، 110.69 غ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (78.72، 82.44، 80.58 غ على التوالي). قد تكون هذه الزيادة في وزن الحبوب في النبات عند معدلات عالية من التسميد الآزوتي عائدة إلى الزيادة في عملية التركيب الضوئي وتراكم الكربوهيدرات في الحبوب وكذلك إلى دور الآزوت الذي يدخل في تركيب الكلوروفيل وبالتالي تنشيط عملية التمثيل الضوئي وتراكم المادة الجافة ونقل منتجات التمثيل الضوئي (الكربوهيدرات) إلى الحبوب ما يؤدي إلى زيادة وزن الحبوب (Ali, 2010; Cui *et al.*, 2022).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط وزن الحبوب في النبات لدى الطراز الوراثي كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (226.50 غ) ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (38.67 و 38.83 غ على التوالي) دون وجود فروقات معنوية فيما بينهما، وتتفق هذه النتائج مع (Ali, 2010; Cui *et al.*, 2022).الذين أكدوا أنّ زيادة مستوى الآزوت في محلول التربة يساعد على تشجيع النمو الجذري والخضري الأمر الذي يفضي إلى زيادة عددية ووزنية في الحبوب في النبات الواحد.

فيما بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط وزن الحبوب في النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (221.33 غ) ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (37.33 و 37.67 غ على التوالي) دون وجود فروق معنوية فيما بينهما، و بالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني و معدل التسميد الآزوتي و الطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط وزن الحبوب في النبات كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الثاني عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (231.67 غ) ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (40 غ على التوالي) دون وجود فروقات معنوية فيما بينهما.

جدول 17: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط وزن الحبوب في النبات (غ) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	175.33^{c}	183.00^{c}	195.00^{b}	221.33^{a}	193.67^{a}	183.33^{c}	191.33^{c}	204.67^{b}	231.67^{a}	202.75^{a}	179.33^{d}	187.17^{c}	199.83^{b}	226.50^{a}	198.21^{a}
IP6867	75.00^{hi}	90.00^{ef}	102.33^{d}	89.33^{efg}	89.17^{b}	78.67^{hij}	91.00^{fg}	106.67^{de}	91.33^{fg}	91.92^{b}	76.83^{ij}	90.50^{fg}	104.50^{e}	90.33^{fg}	90.54^{b}
IP11670	37.33^{l}	37.67^{l}	50.00^{jk}	56.33^{j}	45.33^{e}	40.00^{n}	40.00^{n}	54.67^{lm}	61.33^{kl}	49.00^{e}	38.67^{o}	38.83^{o}	52.33^{m}	58.83^{l}	47.17^{f}
IP15292	70.67^{i}	79.00^{h}	83.00^{fgh}	106.67^{d}	84.83^{bc}	76.00^{ij}	80.33^{hij}	87.67^{gh}	114.33^{d}	89.58^{bc}	73.33^{jk}	79.67^{hi}	85.33^{gh}	110.50^{e}	87.21^{c}
IP15293	69.00^{i}	79.67^{h}	81.33^{gh}	93.00^{e}	80.75^{c}	71.00^{jk}	82.33^{ghi}	86.00^{gh}	98.33^{ef}	84.42^{c}	70.00^{k}	81.00^{hi}	83.67^{h}	95.67^{f}	82.58^{d}
IP15294	45.00^{kl}	56.33^{j}	68.00^{i}	81.00^{gh}	62.58^{d}	45.67^{mn}	59.67^{l}	72.00^{j}	83.67^{ghi}	65.25^{d}	45.33^{n}	58.00^{lm}	70.00^{k}	82.33^{hi}	63.92^{e}
المتوسط	78.72^{D}	87.61^{C}	96.61^{B}	107.94^{A}	92.722^{B}	82.44^{D}	90.78^{C}	101.94^{B}	113.44^{A}	97.153^{A}	80.58^{D}	89.19^{C}	99.28^{B}	110.69^{A}	94.938

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	0.8922	1.5454	1.2618	2.1855	1.7844	3.0907	4.3709
(Cv%)	5.64						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

5.2.3. وزن الألف حبة (غ):

يلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط وزن الألف حبة بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان وزن الألف حبة الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 20.91 غ بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 19.34 غ أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط وزن الألف حبة 20.13 غ (الجدول 18).

بالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً عند الطراز IP5284 في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (28.52، 31.08، 29.80 غ على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP15293 في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (10.07، 10.85، 10.46 غ على التوالي)(الجدول 18)، ترتبط كفاءة امتلاء الحبوب بكفاءة الطراز في امتصاص العناصر الغذائية من محلول التربة عبر المجموع الجذري المتطور ونقلها إلى المجموع الخضري لتشكيل عدد أكبر من الأوراق الفعالة في عملية التمثيل الضوئي، بالإضافة إلى تباين الطرز في كفاءة استخدام نواتج التمثيل الضوئي حيث تعزى الزيادة في وزن الالف حبة إلى كفاءة استخدام ونقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر إلى المصب التي تؤثر في امتلاء الحبوب (Prasad *et al.*, 2014; Joshi *et al.*, 2018; Talasila *et al.*, 2019; Suresh *et al.*, 2020).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط وزن الألف حبة وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط وزن الألف حبة الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (20.26، 21.37، 20.69 غ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في موسم الزراعة الاول بينما في موسم الزراعة الثاني و متوسط الموسمين كان الأدنى معنوياً في كل من معاملة الشاهد و معدل التسميد الآزوتي (20 كغ.هكتار$^{-1}$) دون وجود فروقات معنوية فيما بينها. يمكن أن يُعزى السبب المحتمل للزيادة في وزن الألف حبة مع زيادة معدل التسميد الآزوتي إلى تأثير الآزوت في عدد الإشطاءات الكلية، عدد العثاكيل، المساحة الورقية ودليل المساحة الورقية مما يساهم في زيادة كفاءة

عملية التمثيل الضوئي الأمر الذي يساعد على امتلاء الحبوب بشكل أفضل وبالتالي تعطي أعلى وزناً للألف حبة (Prasad *et al*., 2014; Joshi *et al*., 2018; Talasila *et al*., 2019; Suresh *et al*., 2020).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط وزن الألف حبة لدى الطراز الوراثي كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (30.33 غ) بدون وجود فروقات معنوية مع التفاعلات الأخرى ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP15293 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (9.78 و 9.82 غ على التوالي) دون وجود فروقات معنوية فيما بينهما، وتتفق هذه النتائج مع (Prasad *et al*., 2014; Joshi *et al*., 2018; Talasila *et al*., 2019; Suresh *et al*., 2020). الذين أكدوا أنّ توافر التسميد الآزوتي في التربة، وقدرة النبات على امتصاصه من الوسط وتمثيله لزيادة النمو الخضري والمسطح الورقي الفعال في عملية التمثيل الضوئي و زيادة نواتج التمثيل الضوئي تساهم في زيادة وزن الألف حبة بشكل معنوي.

فيما بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط وزن الألف حبة كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (30.10 غ) ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP15293 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (9.5 و 9.4 غ على التوالي) دون وجود فروق معنوية فيما بينهما، و بالنسبة لتفاعل الموسم الزراعي الثاني ومعدل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة كان متوسط وزن الألف حبة الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الثاني عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (322 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP15293 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (10.03 و 10.32 غ على التوالي) دون وجود فروقات معنوية فيما بينهما.

جدول 18: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط وزن الألف حبة (غ) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	27.667^{cd}	27.333^{de}	29.000^{b}	30.100^{a}	28.525^{a}	30.567^{b}	30.667^{b}	31.100^{ab}	32.000^{a}	31.083^{a}	29.833^{a}	29.000^{b}	30.050^{a}	30.333^{a}	29.804^{a}
IP6867	26.000^{f}	26.667^{ef}	28.033^{c}	28.200^{c}	27.225^{b}	29.333^{c}	28.667^{c}	29.200^{c}	29.000^{c}	29.050^{b}	27.667^{c}	27.667^{c}	28.617^{b}	28.600^{b}	28.137^{b}
IP11670	18.833^{h}	19.733^{g}	20.367^{g}	20.367^{g}	19.825^{c}	21.400^{d}	21.620^{d}	21.833^{d}	22.133^{d}	21.747^{c}	20.117^{f}	20.677^{e}	21.100^{de}	21.250^{d}	20.786^{c}
IP15292	13.000^{m}	14.267^{l}	14.633^{kl}	15.000^{jk}	14.225^{e}	15.500f^{g}	14.867^{g}	15.467^{fg}	15.933^{f}	15.442^{e}	14.250^{k}	14.567^{jk}	15.050^{ij}	15.467^{i}	14.833^{e}
IP15293	9.533^{op}	9.400^{p}	10.133^{o}	11.200^{n}	10.067^{f}	10.033^{i}	10.233^{i}	11.167^{h}	11.967^{h}	10.850^{f}	9.783^{n}	9.817^{n}	10.650^{m}	11.583^{l}	10.458^{f}
IP15294	15.333^{j}	16.167^{i}	16.633^{i}	16.667^{i}	16.200^{d}	17.267^{e}	17.400^{e}	17.500^{e}	17.200^{e}	17.342^{d}	16.300^{h}	16.783^{gh}	17.067^{g}	16.933^{g}	16.771^{d}
المتوسط	18.394^{D}	18.928^{C}	19.800^{B}	20.256^{A}	19.344^{B}	20.683^{BC}	20.576^{C}	21.044^{AB}	21.372^{A}	20.919^{A}	19.658^{C}	19.752^{C}	20.422^{B}	20.694^{A}	20.132

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	0.0792	0.1372	0.112	0.194	0.1584	0.2744	0.3881
(%cv)	2.36						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

6.2.3. صفة الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط الغلة الحبية بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان متوسط الغلة الحبية الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 4857.6 كغ.هكتار$^{-1}$ بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 4636.1 كغ.هكتار$^{-1}$ أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط الغلة الحبية 4746.9 كغ.هكتار$^{-1}$ (الجدول 19).

بالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً عند الطراز IP5284 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (9683.3، 10138، 9910.4 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (2266.7، 2450، 2358.3 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)(الجدول 19)، وتتفق هذه النتائج مع ماتوصل إليه (Arshewar *et al.*, 2018; Chandana *et al.*, 2018; Gautam *et al.*, 2020; Isha *et al.*, 2020; Yadav *et al.*, 2021a)، حيث أن الغلة الحبية تختلف باختلاف مقدرة النباتات على امتصاص الآزوت المتوفر في محلول التربة وكفاءة تمثيله ونقله إلى الحبوب، كما أنه بالمقارنة ومن خلال ربط الصفات مع بعضها البعض نجد أن وزن الحبوب الأعلى معنوياً كان عند الطراز IP5284 مما سيؤدي إلى زيادة في الغلة الحبية.

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط الغلة الحبية وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط الغلة الحبية الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (5397.2، 5672.2، 5534.7 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (3936.1، 4122.2، 4029.2 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، يُعزى التباين في الغلة الحبية تحت تأثير المعدلات المختلفة من التسميد الآزوتي إلى زيادة جميع مكونات النمو كعدد الإشطاءات الكلية والثمرية، زيادة طول ووزن العثكول، زيادة عدد الحبوب في العثكول والنبات ووحدة المساحة التي زادت نتيجة توافر الآزوت وامتصاصه من التربة مما أدى إلى

تعزيز الأنشطة الأيضية وانتقال العناصر الغذائية وتخليقها مما أدى إلى زيادة الغلة الحبية. قد ترجع زيادة الغلة الحبية أيضاً إلى زيادة نشاط التمثيل الضوئي الذي أدى إلى زيادة تراكم منتجات التمثيل الضوئي والانتقال من المصدر إلى المصب بشكل أفضل (Arshewar *et al*., 2018; Chandana *et al*., 2018; Gautam *at al*., 2020).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$)(11325 كغ.هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (1933 و1942 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) دون وجود فروقات معنوية فيما بينها، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Arshewar *et al*., 2018; Chandana *et al*., 2018; Gautam *et al*., 2020; Isha *et al*., 2020; Yadav *et al*., 2021a)، إن توافر الآزوت للنباتات في وسط النمو يساهم في تعزيز نمو المجموع الجذري والخضري وتكوين عدد أكبر من الحبوب، كما أن تراكم المادة الجافة والعدد الأكبر من الإشطاءات الناتجة عن توافر الآزوت يساهم في زيادة عدد الحبوب ووزنها في وحدة المساحة.

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (11067 كغ.هكتار$^{-1}$) ، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند كل من معاملة الشاهد ومعدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (1867 و 1883 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) دون وجود فروق معنوية بينهما، وبالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني ومعدل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث أنّ متوسط الغلة الحبية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّلات التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (11583 كغ.هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد و معدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (2000 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) دون وجود فروقات معنوية فيما بينها.

جدول 19: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة الغلة الحبية كغ.هكتار$^{-1}$ لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	8767^{c}	9150^{c}	9750^{b}	11067^{a}	9683.3^{a}	9167^{c}	9567^{c}	10233^{b}	11583^{a}	10138^{a}	8967^{d}	9358^{c}	9992^{b}	11325^{a}	9910.4^{a}
IP6867	3750^{hi}	4500^{ef}	5117^{d}	4467^{efg}	4458.3^{b}	3933^{hij}	4550^{fg}	5333^{de}	4567^{fg}	4596^{b}	3842^{ij}	4525^{fg}	5225^{e}	4517^{fg}	4527.1^{b}
IP11670	1867^{l}	1883^{l}	$2500j^{k}$	2817^{j}	2266.7^{e}	2000^{n}	2000^{n}	2733^{lm}	3067^{kl}	2450^{e}	1933^{o}	1942^{o}	2617^{m}	2942^{l}	2358.3^{f}
IP15292	3533^{i}	3950^{h}	4150^{fgh}	5333^{d}	4241.7^{bc}	3800^{ij}	4017^{hij}	4383^{gh}	5717^{d}	4479^{bc}	3667^{jk}	3983^{hi}	$4267^{g}h$	5525^{e}	4360.4^{c}
IP15293	3450^{i}	3983^{h}	4067^{gh}	4650^{e}	4037.5^{c}	3550^{jk}	4117^{ghi}	4300^{gh}	4917^{ef}	4221^{c}	3500^{k}	4050^{hi}	4183^{h}	4783^{f}	4129.2^{d}
IP15294	2250^{kl}	2817^{j}	3400^{i}	4050^{gh}	3129.2^{d}	2283^{mn}	2983^{l}	3600^{j}	4183^{ghi}	3263^{d}	2267^{n}	2900^{lm}	3500^{k}	4117^{hi}	3195.8^{e}
المتوسط	3936.1^{D}	4380.6^{C}	4830.6^{B}	5397.2^{A}	4636.1^{B}	4122.2^{D}	4538.9^{C}	5097.2^{B}	5672.2^{A}	4857.6^{A}	4029.2^{D}	4459.7^{C}	4963.9^{B}	5534.7^{A}	4746.9

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	44.611	77.268	63.089	109.27	89.222	154.54	218.55
(%cv)	5.64						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

7.2.3. صفة الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط الغلة الحيوية بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان متوسط الغلة الحيوية الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني وبلغ 37174 كغ.هكتار$^{-1}$ بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الاول 34049 كغ.هكتار$^{-1}$ أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط الغلة الحيوية 35612 كغ.هكتار$^{-1}$ (الجدول 20).

بالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً عند الطراز IP5284 في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (40863، 44246، 42554 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (28725، 31933، 30329 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)(الجدول 20)، يمكن أن يفسر تباين الطرز في الغلة الحيوية باختلاف التأثير التراكمي لزيادة محتوى التربة من الآزوت على صفات المحصول مثل ارتفاع النبات، عدد السلاميات، عدد الإشطاءات / نبات، طول العثكول، الوزن الجاف الكلي للنبات التي بدورها تؤثر على الغلة الحيوية (Malakar *et al.*, 2022; Joshi *et al.*, 2018; Prasad *et al.*, 2014).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط الغلة الحيوية وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط الغلة الحيوية الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (36178، 39622، 37900 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (32017، 34756، 33386 كغ.هكتار$^{-1}$ على التوالي)، قد يرجع تأثير الآزوت المتاح في التربة إلى زيادة الامتصاص الذي قد يزيد من عملية التمثيل الضوئي ومن ثم انتقال نواتج التمثيل الضوئي إلى أجزاء نباتية مختلفة

وبالتالي زيادة مكونات الغلة مثل ارتفاع النبات، عدد الإشطاءات و زيادة تراكم المادة الجافة التي ساهمت في زيادة الغلة الحيوية (Ajeigbe *et al*., 2020; Chandana *et al*., 2018; Fayde *et al*., 2016).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$)(46033 كغ.هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد (29208 كغ.هكتار$^{-1}$).

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط الغلة الحيوية كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (43817 كغ.هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند من معاملة الشاهد (27283 كغ.هكتار$^{-1}$)، وفي تفاعل الموسم الزراعي الثاني ومعدل التسميد الآزوتي و الطرز الوراثية المدروسة كان متوسط الغلة الحيوية الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّلات التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (48250 كغ.هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد(31133كغ.هكتار$^{-1}$).

جدول 20: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة الغلة الحيوية كغ.هكتار$^{-1}$ لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	38100^{d}	40067^{c}	41467^{b}	43817^{a}	40863^{a}	40833^{e}	43333^{c}	44567^{b}	48250^{a}	44246^{a}	39467^{e}	41700^{c}	43017^{b}	46033^{a}	42554^{a}
IP6867	31467^{h}	31750^{h}	33367^{g}	32983^{g}	32392^{c}	33767^{n}	35417^{l}	37083^{ij}	36200^{k}	35617^{c}	32617^{l}	33583^{k}	35225^{h}	34592^{ij}	34004^{c}
IP11670	27283^{k}	28633^{j}	29083^{ij}	29900^{i}	28725^{e}	31133^{p}	31000^{p}	32617^{o}	32983^{o}	31933^{e}	29208^{q}	29817^{p}	30850^{o}	31442^{mn}	30329^{e}
IP15292	32833^{g}	35033^{f}	35900^{e}	38500^{d}	35567^{b}	$35000l^{m}$	37767^{hi}	38633^{fg}	41967^{d}	38342^{b}	33917^{k}	36400^{g}	37267^{f}	40233^{d}	36954^{b}
IP15293	33000^{g}	35050^{f}	36400^{e}	38733^{d}	35796^{b}	35150^{l}	38117^{gh}	38967^{f}	41500^{de}	38433^{b}	34075^{jk}	36583^{g}	37683^{f}	40117^{d}	37115^{b}
IP15294	29417^{ij}	29517^{i}	31750^{h}	33133^{g}	30954^{d}	32650^{o}	34067^{n}	34350^{mn}	36833^{jk}	34475^{d}	31033^{no}	31792^{m}	33050^{l}	34983^{hi}	32715^{d}
المتوسط	32017^{D}	33342^{C}	34661^{B}	36178^{A}	34049^{B}	34756^{D}	36617^{C}	37703^{B}	39622^{A}	37174^{A}	33386^{D}	34979^{C}	36182^{B}	37900^{A}	35612

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	77.313	133.91	109.34	189.38	154.63	267.82	378.76
(%CV)	1.3						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

8.2.3. صفة دليل الحصاد (%):

يُلاحظ من نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($P<0.05$) في صفة متوسط معامل الحصاد بين موسمي الزراعة وطرز الدخن المدروسة، ومعدّلات التسميد الآزوتي والتفاعلات المتبادلة فيما بينها، حيث كان متوسط دليل الحصاد الأعلى معنوياً في الموسم الزراعي الاول وبلغ 13.06 % بينما كان الأدنى معنوياً في الموسم الزراعي الثاني 12.55 % أما بالنسبة لمتوسط الموسمين فبلغ متوسط دليل الحصاد 12.81 % (الجدول 21).

بالنسبة للطرز الوراثية فقد لوحظ أنّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً عند الطراز IP5284 في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (23.65، 22.87، 23.26 %على التوالي)، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (7.86، 7.64، 7.75 %على التوالي)(الجدول 21)، تمتلك الطرز المختلفة قدرات متفاوتة على إنتاج مؤشرات إنتاجية مختلفة التي تؤدي إلى اختلاف الناتج النهائي للمحصول (الغلة الحبية والحيوية) مما ينعكس على دليل الحصاد، كما أن زيادة الإمداد بالأسمدة وزيادة امتصاص النباتات لها قد يحفز معدل العمليات الفسيولوجية المختلفة في المحصول وهذا يعتمد بشكل أساسي على كفاءة النبات في امتصاص العناصر الغذائية وتمثيلها ونقلها إلى الأجزاء الاقتصادية الحبية (Ajeigbe *et al.*, 2020; Ausiku *et al.*, 2020; Malakar *et al.*, 2022; Joshi *et al.*, 2018; Reddy *et al.*, 2016; Talasila *et al.*, 2019; Togas *et al.*, 2017).

أما بالنسبة لمعدّلات التسميد الآزوتي، فتُشير النتائج إلى زيادة متوسط دليل الحصاد وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كان متوسط دليل الحصاد الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$) في كلٍ من موسمي الزراعة و متوسط الموسمين (14.38، 13.79، 14.09% على التوالي) ، بالمقابل كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (عدم إضافة التسميد الآزوتي) في كلٍ من موسمي الزراعة ومتوسط الموسمين (11.77، 11.41، 11.59 %على التوالي) يمكن أن يعزى ارتفاع دليل الحصاد إلى ارتفاع الغلة الحبية تحت تأثير معدلات التسميد المرتفعة في حال زيادة كفاءة استخدام الآزوت المتوفر بالتربة ونقله إلى الحبوب، وبالتالي قد يرجع

انخفاض دليل الحصاد للدخن تحت تأثير معدلات الآزوت العالية إلى إعطاء عدد أكبر من الإشطاءات التي قد يكون عدد كبير منها خضرية، مما يؤدي إلى إنتاج المزيد من الكتلة الحيوية الخضرية، دون إنتاج المزيد من العثاكيل وزيادة الغلة الحبية (Ajeigbe *et al*., 2020; Ausiku *et al*., 2020; Malakar *et al*., 2022; Joshi *et al*., 2018; Reddy *et al*., 2016; Talasila *et al*., 2019; Togas *et al*., 2017).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لتفاعل معدّل التسميد الآزوتي والطراز الوراثي كمتوسط الموسمين أنّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$)(24.63%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد ومعدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (6.63 و 6.51% على التوالي) دون وجود فروقات معنوية بينهما، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Ajeigbe *et al*., 2020; Ausiku *et al*., 2020; Malakar *et al*., 2022; Joshi *et al*., 2018; Reddy *et al*., 2016; Talasila *et al*., 2019; Togas *et al*., 2017).، حيث أن التجزئة الفعالة للمادة الجافة قد تسهم في ارتفاع معامل دليل الحصاد ويمكن أن يرتبط هذا بشكل أساسي بالنمو المتزايد للمحصول من حيث ارتفاع النبات، تراكم المادة الجافة، عدد أكبر من الإشطاءات بسبب زيادة توافر الآزوت بكميات مناسبة ونسبة متوازنة مما يؤدي إلى زيادة امتصاص العناصر الغذائية الأمر الذي يساهم بتشكيل مسطح خضري فعال في عملية التمثيل الضوئي وهنا تكمن كفاءة الطراز في استخدام نواتج التمثيل الضوئي و تحويلها للجزء الاقتصادي أو المصب (غلة حبية أو خضرية).

بيّنت نتائج دراسة تفاعل الموسم الزراعي ومعدّل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة، أنّ متوسط دليل الحصاد كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 خلال الموسم الزراعي الأوّل عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) (25.26%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند كل من معاملة الشاهد ومعدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$) (6.84 و 6.58 % على التوالي) دون وجود فروق معنوية بينهما، و بالمثل تتوافق نتائج تفاعل الموسم الزراعي الثاني ومعدل التسميد الآزوتي والطرز الوراثية المدروسة مع نتائج الموسم الأول حيث كان متوسط معامل الحصاد الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّلات التسميد الآزوتي (60

كغN. هكتار$^{-1}$) (23.99%)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد ومعدّل التسميد الآزوتي (20 كغN. هكتار$^{-1}$)(6.42 و6.45 % على التوالي ودون وجود فروقات معنوية بينهما.

جدول 21: تأثير معدلات التسميد الآزوتي في متوسط صفة معامل الحصاد (%) لدى طرز الدخن المدروسة في موسمي الزراعة

الطرز (V)	الموسم الزراعي الأول (S)				المتوسط	الموسم الزراعي الثاني (S)				المتوسط	متوسط الموسمين (S)				المتوسط
	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)					معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				
	الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60		الشاهد	20	40	60	
IP5284	23.010^{b}	22.840^{b}	23.510^{b}	25.263^{a}	23.656^{a}	22.457^{b}	22.070^{b}	22.963^{ab}	23.990^{a}	22.870^{a}	22.733^{bc}	22.455^{c}	23.237^{b}	24.627^{a}	23.263^{a}
IP6867	11.920^{e}	14.150^{d}	15.337^{c}	13.543^{d}	13.738^{b}	11.647^{fgh}	12.837^{de}	14.38^{c}	12.613^{def}	12.869^{b}	11.783^{fg}	13.493^{e}	14.858^{d}	13.078^{e}	13.303^{b}
IP11670	6.843^{k}	6.58^{k}	8.597^{ij}	9.420^{hi}	7.860^{f}	6.420^{m}	6.450^{m}	8.380^{l}	9.300^{kl}	7.638^{f}	6.632^{mn}	6.515^{n}	8.488^{l}	9.360^{k}	7.749^{f}
IP15292	10.757^{fg}	11.277^{efg}	11.557^{ef}	13.843^{d}	11.858^{c}	10.853^{ghij}	10.637^{hij}	11.340^{ghi}	13.617^{cd}	11.612^{c}	10.805^{hij}	10.957^{hij}	11.448^{fgh}	13.730^{e}	11.735^{c}
IP15293	10.460^{gh}	11.367^{efg}	11.167^{efg}	12.007^{e}	11.250^{d}	10.100^{jk}	10.797^{ghij}	11.030^{ghij}	11.843^{efg}	10.943^{d}	10.280^{j}	11.082^{gh}i	11.098^{ghi}	11.925f	11.096^{d}
IP15294	7.653^{jk}	9.537^{hi}	10.703^{fg}	12.223^{e}	10.029^{e}	6.997^{m}	8.757^{l}	10.480^{ij}	11.367^{ghi}	9.400^{e}	7.325^{m}	9.147^{kl}	10.592^{ij}	11.795^{fg}	9.715^{e}
المتوسط	11.774^{D}	12.625^{C}	13.478^{B}	14.383^{A}	13.065^{A}	11.412^{D}	11.924^{C}	13.096^{B}	13.788^{A}	12.555^{B}	11.593^{D}	12.275^{C}	13.287^{B}	14.086^{A}	12.81

المتغير	المواسم	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعلات			
	S	V	N	S*V	S*N	V*N	S*V*N
(0.05) LSD	0.1064	0.1843	0.1505	0.2607	0.2128	0.3686	0.5213
(%CV)	4.98						

*: تشير الأحرف المختلفة في نفس السطر أو العمود إلى وجود فروقات معنوية بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%.

3.3. الصفات البيوكيميائية Biochemical traits

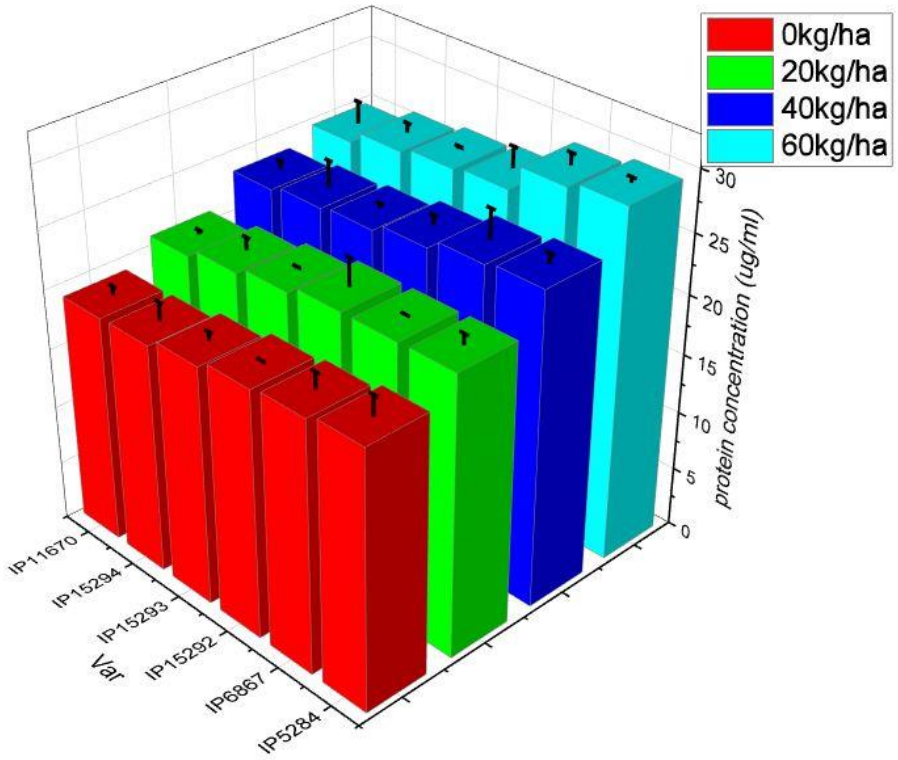
1.3.3. تركيز البروتينات الكلية المنحلة (ميكروغرام. مل$^{-1}$)

يوضح الجدول (22) و الشكل (3) اختلاف تركيز البروتينات الكلية المنحلة ($\mu g.ml^{-1}$) تحت تأثير طرز الدخن المدروسة ومعاملات التسميد الآزوتي المختلفة، حيث لوحظ أن تركيز البروتينات الكلية المنحلة يزداد تدريجياً مع معدل التسميد الآزوتي، حيث أن أعلى قيمة لتركيز البروتينات الكلية كان تحت معاملة التسميد (60 كغ.هكتار$^{-1}$)(26.98 $\mu g.ml^{-1}$) بالمقارنة مع بقية المعاملات بينما كان الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد (20.35 $\mu g.ml^{-1}$)، كما لوحظ وجود اختلاف في تركيز البروتينات الكلية المنحلة في الطرز المستخدمة حيث حقق الطراز IP5284 القيمة الأعلى معنوياً في تركيز البروتينات الكلية المنحلة (25.171 $\mu g.ml^{-1}$)، بينما كان الأدنى معنوياً في الطراز IP11670 (20.179 $\mu g.ml^{-1}$)، بالنسبة للتفاعل (الطرز * التسميد الآزوتي) فقد حققت المعاملة الطراز IP5284 عند معاملة التسميد 60كغ.هكتار-١ اعلى قيمة معنوية بالنسبة للصفة المدروسة (29.425 $\mu g.ml^{-1}$)، بينما كان الأدنى معنوياً عند الطراز IP11670 عند معاملة الشاهد و الطراز IP15294 عند معاملة الشاهد دون فروقات معنوية بينهما (19.22، 19.33 $\mu g.ml^{-1}$على التوالي). وتوافقت هذه النتائج مع نتائج (Jadhav *et al.*, 2011; Reddy *et al.*, 2016; Khadaiya *et al.*, 2020) قد يكون هذا بسبب حقيقة أن زيادة معدل استخدام الآزوت سوف يساهم في زيادة توفره من المصدر (أي التربة) الأمر الذي يساهم في زيادة تركيب الأحماض الامينية ومن ثم زيادة تركيز البروتينات. كما أن زيادة تركيز الآزوت تساهم في زيادة مساحة المسطح الاخضر وفعالية التمثيل الضوئي ونواتجه من أحماض أمينية يتم نقلها لاحقاً وتخزينها في الحبوب.

جدول22: تركيز البروتينات الكلية المنحلة في الطرز المدروسة تحت تأثير معاملات التسميد الآزوتي خلال الموسم الزراعي 2021-2022

الطرز (V)	معدل التسميد الآزوتي (كغ.هكتار$^{-1}$) (N)				المتوسط
	الشاهد	20	40	60	
IP5284	21.6f-j	23.405d-h	26.255a-d	29.425a	25.171A
IP6867	21.11g-j	23.32d-h	25.935bcd	28.845ab	24.803AB
IP11670	19.22j	21.11g-j	23.61c-h	24.775c-f	22.179D
IP15292	20.79hij	23.29d-i	25.065cde	26.665abc	23.953ABC
IP15293	20.09ij	22.56e-i	24.37c-f	26.345a-d	23.341BCD
IP15294	19.335j	21.89e-j	24.075c-g	25.85bcd	22.788CD
المتوسط	20.357D	22.596C	24.885B	26.984A	23.706

المتغير	الطرز	التسميد الآزوتي	التفاعل
	V	N	V*N
LSD (0.05)	1.6025	1.308	3.205
CV(%)	6.54		



الشكل 3: تحليل الانحراف المعياري لتركيز البروتينات الكلية المنحلة ($\mu g.ml^{-1}$) في الطرز المدروسة تحت تأثير معاملات التسميد الآزوتي

إن تباين طرز الدخن المدروسة من حيث تفوقها في الصفات الحقلية المدروسة استجابةً لمعدّلات التسميد الآزوتي تحت ظروف الزراعة الحقلية يعد أحد أهم معايير عملية اختيار الآباء بما يتناسب مع أهداف برنامج التربية والتحسين الوراثي كما ويعد هذا الجدول بمثابة هوية لهذه الطرز. وفقاً لمعطيات الجدول (23) نلاحظ تفوّق الطراز IP5284 في أغلب الصفات المدروسة، في حين كان الطراز IP1670 الأدنى معنوياً في كافة الصفات المدروسة.

جدول 23: الفروقات بين طرز الدخن المدروسة من حيث تفوقها في الصفات المدروسة تحت ظروف الزراعة الحقلية

الصفات المدروسة	الأعلى معنوياً					الأدنى معنوياً
ارتفاع النبات (سم)	IP15293	IP15294	IP15292	IP5284	IP6867	IP11670
عدد السلاميات	IP15293	IP15292	IP6867	IP15294	IP5284	IP11670
المساحة الورقية (سم^{2}.نبات$^{-1}$)	IP5284	IP6768	IP15292	IP15293	IP15294	IP11670
دليل المساحة الورقية	IP5284	IP6768	IP15292	IP15293	IP15294	IP11670
طول العثكول (سم)	IP5284	IP6867	IP15294	IP15292	IP15293	IP11670
عدد الإشطاءات الكلية في النبات الواحد	IP15293	IP15292	IP5284	IP6867	IP15294	IP11670
الوزن الجاف الكلي للنبات الواحد (غ)	IP15293	IP5284	IP15292	IP15294	IP6867	IP11670
الغلة من الوزن الجاف الكلي (كغ.هكتار$^{-1}$)	IP15293	IP5284	IP15292	IP15294	IP6867	IP11670
وزن الحبوب في النبات (غ)	IP5284	IP6867	IP15292	IP15293	IP15294	IP11670
وزن الألف حبة (غ)	IP5284	IP6867	IP11670	IP15294	IP15292	IP15293
الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$)	IP5284	IP6867	IP15292	IP15293	IP15294	IP11670
الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$)	IP5284	IP15293	IP15292	IP6867	IP15294	IP11670
دليل الحصاد (%)	IP5284	IP6867	IP15292	IP15293	IP15294	IP11670
تركيز بروتينات كلية منحلة ($\mu g.ml^{-1}$)	IP5284	IP6867	IP15292	IP15293	IP15294	IP11670

4.3. علاقات الارتباط البسيط Simple Correlation بين الصفات المدروسة:

يُعرف معامل الارتباط البسيط بأنه مؤشر لوجود علاقة بين متغيرين والذي من خلاله يمكن معرفة مدى التغيير الذي يحصل في أحد المتغيرين وكيفية تأثيره على المتغير الاخر المرتبط به إيجاباً (علاقة طردية) أو سلباً (علاقة عكسية) وبشكل معنوي أو غير معنوي، وهو يعد أحد المعايير الانتخابية Selection indexes التي تسمح بمعرفة إمكانية تحسين الصفات المرغوبة والمرتبطة معنوياً مع بعضها بعضاً، حيث يمكن من خلاله معرفة وجود علاقات ارتباط وراثية بين هذه الصفات التي قد تعود لعامل وراثي واحد أو عدة عوامل، كما أنّ العوامل البيئية تؤدي دوراً كبيراً في علاقات الارتباط هذه، حيث أنّها 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.

1.4.3. علاقات الارتباط البسيط Simple Correlation بين الصفات المدروسة خلال الموسمين:

- **ارتفاع النبات (سم):** يلاحظ من الجدول (24) أن هذه الصفة ارتبطت بشكل إيجابي وغير معنوي مع كافة الصفات المدروسة ما عدا طول العثكول(0.19−)، وزن الالف حبة (0.64−) وتركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.62−) حيث ارتبطت بشكل سلبي وغير معنوي.
- **عدد السلاميات:** ارتبطت هذه الصفة بشكل إيجابي وغير معنوي بكافة الصفات المدروسة ما عدا وزن الألف حبة (0.38−) و تركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.26−) حيث ارتبطت بشكل سلبي وغير معنوي.
- **المساحة الورقية (سم^2/نبات):** ارتبطت بشكل إيجابي ومعنوي وقوي مع دليل المساحة الورقية(**1)، وزن الحبوب في النبات (**0.948)، الغلة الحبية (**0.948)، الغلة الحيوية (**0.921) ودليل الحصاد (**0.951)، بينما ارتبطت بشكل إيجابي وغير معنوي مع بقية الصفات المدروسة، أن توافر كميات كافية من الآزوت في التربة تؤدي إلى تشكيل مجموع خضري أكبر، ومن ثم زيادة المسطح الورقي الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي (زيادة حجم المصدر) وزيادة كفاءة النباتات التمثيلية، وهذا يؤدي إلى

تصنيع كمية أكبر من نواتج التمثيل الضوئي، الذي ينعكس إيجاباً على طول العثكول، وعدد الحبوب في النبات، والوزن الجاف الكلي للنبات ومن ثم الغلّة الحيوية (Singh *et al*., 2014).

- **دليل المساحة الورقية (م^2/م^2)**: ارتبطت هذه الصفة بشكل إيجابي ومعنوي مع وزن الحبوب في النبات (0.948**)، الغلة الحبية (0.948**)، الغلة الحيوية (0.921**) ودليل الحصاد (0.951**)، بينما ارتبطت بشكل إيجابي وغير معنوي مع بقية الصفات، تُشير قيم علاقات الارتباط السابقة إلى أهمية المحافظة على حجم المصدر (زيادة ارتفاع النبات يؤدي لزيادة عدد الأوراق المتشكلة، وزيادة طول العثكول) لزيادة كمية الأشعة الفعَّالة في عملية التمثيل الضوئي الممتصة)، ومن ثُمَّ زيادة كمية المادة الجافة المصنَّعة ومن ثُمَّ متوسط عدد الحبوب المتشكلة في العثكول/النبات، بالإضافة إلى زيادة درجة امتلاء الحبوب، ومن ثُمَّ متوسط وزن الألف حبة، وخاصةً في حال توافر المياه خلال مرحلة امتلاء الحبوب لزيادة كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر، وخاصةً الأوراق إلى المصب (الحبوب) (Singh *et al*., 2014).
- **طول العثكول (سم)**: ارتبط كول العثكول بشكل إيجابي ومعنوي مع وزن الألف حبة (0.84*)و بشكل إيجابي وغير معنوي مع عدد الإشطاءات الكلية (0.16)، وزن النبات الجاف (0.14)، وزن الحبوب في النبات (0.75)، الغلة الحبية (0.75)، الوزن الجاف الكلي (0.14)، الغلة الحيوية (0.54)، دليل الحصاد (0.80)، و تركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.72).
- **عدد الإشطاءات الكلية**: ارتبطت هذه الصفة بشكل إيجابي ومعنوي مع الوزن الجاف للنبات (0.99**)، الوزن الجاف الكلي (0.99**)و الغلة الحيوية (0.825*)، بينما ارتبطت بشكل إيجابي وغير معنوي مع وزن الحبوب في النبات (0.53) و دليل الحصاد (0.49)، بينما ارتبطت بشكل سلبي وغير معنوي مع وزن الألف حبة (0.30−) وتركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.05−)، أنّ صفة متوسط عدد الإشطاءات الكلية في النبات تؤدي دوراً مهماً في تحديد الغلّة الحبية والحيوية لطرز الدخن المدروسة، ويعزى السبب إلى احتمال ازدياد عدد العثاكيل كلما ازداد عدد إشطاءات النبات الكلي، إلا أن زيادة الآزوت بالتربة قد يسهم في استخدام الجزء الأكبر منه في تشكيل المجموع الأخضر وبالتالي قد يؤثر ذلك على وزن الحبوب نتيجة توظيف العناصر الغذائية في

انقسام الخلايا لتشكيل مسطح أخضر أكبر وتقليل كمية العناصر التي يتم تمثيلها وتخزينها في البذار (Kumar *et al.*, 2014b).

- **الوزن الجاف للنبات (غ):** ارتبط بشكل إيجابي و معنوي مع الوزن الجاف الكلي (**1) و الغلة الحيوية (*0.862)، كما ارتبط بشكل إيجابي وغير معنوي مع وزن الحبوب في النبات (0.58)، الغلة الحبية (0.85) و دليل الحصاد (0.54) بينما ارتبط بشكل سلبي وغير معنوي مع وزن الألف حبة (0.26−) وتركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.01−).
- **وزن الحبوب في النبات (غ):** ارتبطت هذه الصفة بشكل إيجابي ومعنوي مع الغلة الحبية (**1)، الغلة الحيوية (*0.91) و دليل الحصاد (**0.99)، بينما ارتبطت بشكل إيجابي وغير معنوي مع الوزن الجاف الكلي (0.58)، وزن الالف حبة (0.59) و تركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.64)، أنّ وجود الآزوت المتاح بكمياتٍ مناسبة المياه في منطقة انّتشار الجذور، يؤدي إلى زيادة معدّل امتصاص الآزوت، ما يؤدي إلى زيادة كفاءة النبات التمثيلية، ما يضمن توافر كمية أكبر من المادة الجافة اللازمة وتحسين معدل تخزين نواتج التمثيل الضوئي في البذار مما يساهم في زيادة وزنها، كما إن صفة متوسط وزن الحبوب في النبات أكثر أهميةً في تحديد الغلة الحبية، لذلك يُعد تحسين هذه الصفة في برامج التربية والتحسين الوراثي مهماً جداً لتحقيق زيادة لاحقة في الغلة الحبية في البيئات المجهدة (Annamalai *et al.*, 2020).
- **وزن الألف حبة (غ):** ارتبطت هذه الصفة بشكل إيجابي ومعنوي مع تركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.88*) و بشكل إيجابي وغير معنوي مع الغلة الحبية (0.59)، الغلة الحيوية (0.24) و دليل الحصاد (0.65)، بينما ارتبطت بشكل سلبي وغير معنوي مع الوزن الجاف الكلي (0.26−). إن توافر الآزوت يساهم في تكوين مجموع خضري أكبر فعال في عملية التمثيل الضوئي الذي يؤدي إلى زيادة كمية المادة الجافة المصنَّعة، حيثُ يُساعد ذلك في زيادة متوسط عدد الحبوب المتشكلة في النبات، بالإضافة إلى زيادة درجة امتلاء الحبوب، ومن ثُمَّ متوسط وزن الألف حبة، وخاصةً في حال كفاءة الطرز في استخدام الآزوت لزيادة كفاءة نقل نواتج التمثيل الضوئي من المصدر (Annamalai *et al.*, 2020).

- **الغلة الحبية (كغ.هكتار$^{-1}$)**: ارتبطت هذه الصفة بشكل إيجابي ومعنوي مع الغلة الحيوية (*0.91) و دليل الحصاد (**0.99) بينما ارتبطت بشكل إيجابي وغير معنوي مع الوزن الجاف الكلي (0.58) وتركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.64)، وهذا يؤكد حقيقة أنّ زيادة مساحة المسطح الأخضر وكفاءة التقاط الضوء وتحسين العلاقة بين المصدر والمصب هي من أهم مكونات الغلّة الحبية الفسيولوجية، حيث تؤدي زيادة الغلّة الحيوية عند النضج إلى زيادة الغلّة الحبية، نتيجة زيادة كمية المادة الجافة المُصنّعة والمتاحة لنباتات المحصول خلال المراحل المتقدمة الحرجة من حياة النبات، وبخاصةٍ لدى الطرز الوراثية التي تكون فيها كفاءة توزيع Partitioning efficiency، ونقل Translocation efficiency، نواتج التمثيل الضوئي باتجاه الأجزاء الاقتصادية نسبياً أكبر، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة عدد الحبوب المتشكلة ودرجة امتلاءها، ومن ثمّ الغلّة الحبية (Ponnaiah *et al.*, 2018; Annamalai *et al.*, 2020).
- **الغلة من الوزن الجاف الكلي (كغ.هكتار$^{-1}$)**: ارتبط بشكل إيجابي ومعنوي مع الغلة الحيوية (*0.86) و بشكل إيجابي وغير معنوي مع دليل الحصاد (0.54) بينما ارتبطت بشكل سلبي وغير معنوي مع تركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.01−) ويُعزى ذلك امتصاص الآزوت واستقلابه في تشكيل عدد أكبر من الإشطاءات/ مما يؤدي إلى زيادة معدّل نمو الأجزاء الخضرية.
- **الغلة الحيوية (كغ.هكتار$^{-1}$)**: ارتبطت بشكل إيجابي ومعنوي مع دليل الحصاد (*0.89)و بشكل إيجابي وغير معنوي مع تركيز البروتينات الكلية المنحلة (0.39)، إن توفر الآزوت يزيد من حجم المسطح الأخضر للنبات وبالتالي زيادة الوزن الجاف الكلي للنبات مما قد ينعكس سلباً على قيمة معامل الحصاد، لكن زيادة الغلة الحبية نتيجة كفاءة استخدام العناصر الغذائية و توزيعها قد ساهم في تحسين هذه الصفة (Ponnaiah *et al.*, 2018).
- **دليل الحصاد:** ارتبطت هذه الصفة بشكل إيجابي ومعنوي وقوي مع المساحة الورقية (**0.95)، دليل المساحة الورقية (**0.95)، وزن الحبوب في النبات (**0.99)، الغلة الحبية (**0.99) و الغلة الحيوية (*0.89)، بينما ارتبطت بشكل إيجابي وغير معنوي مع بقية الصفات.

جدول 24: قيم معامل الارتباط البسيط Pearson بين الصفات المدروسة خلال الموسمين تحت ظروف الزراعة الحقلية.

PRO	HI	BY	TPDW	SY	THSW	SWP	PDW	TN	PCL	LAI	LA	NN	PH	
													1	PH
												1	0.72	NN
											1	0.30	0.10	LA
										1	1.00**	0.30	0.10	LAI
									1	0.76	0.76	0.16	-0.19	PCL
								1	0.14	0.63	0.63	0.75	0.72	TN
							1	0.99**	0.14	0.66	0.66	0.68	0.69	PDW
						1	0.58	0.53	0.75	0.95**	0.95**	0.11	0.11	SWP
					1	0.59	-0.26	-0.30	0.84*	0.55	0.55	-0.38	-0.64	THSW
				1	0.59	1.00**	0.58	0.53	0.75	0.95**	0.95**	0.11	0.11	SY
			1	0.58	-0.26	0.58	1.00**	0.99**	0.14	0.66	0.66	0.68	0.69	TPDW
		1	0.86*	0.91*	0.24	0.91*	0.86*	0.82*	0.54	0.92**	0.92**	0.41	0.41	BY
	1	0.89*	0.54	0.99**	0.65	0.99**	0.54	0.49	0.80	0.95**	0.95**	0.12	0.06	HI
1	0.67	0.39	-0.01	0.64	0.88*	0.64	-0.01	-0.05	0.72	0.70	0.70	-0.26	-0.62	PRO

** الارتباط معنوي عند مستوى معنوية0.01 >*P*، * الارتباط معنوي عند مستوى معنوية0.05 >*P*، PH: ارتفاع النبات (سم)، NN:عدد السلاميات، LA: المساحة الورقية (سم٢/ نبات)، LAI: دليل المساحة الورقية (م٢/م٢)، PCL:طول العثكول (سم)، TN: عدد الإشطاءات الكلي، PDW:الوزن الجاف للنبات (غ)، SWP: وزن الحبوب في النبات (غ)، THSW: وزن الألف حبة (غ)، SY: الغلة الحبية (كغ. هكتار$^{-1}$)، TPDW: الغلة من الوزن الجاف (كغ. هكتار$^{-1}$)، BY: الغلة الحيوية (كغ. هكتار$^{-1}$)، HI: دليل الحصاد، PRO: تركيز بروتينات كلية منحلة (ميكروغرام. ميلي لتر$^{-1}$)

5.3. التحليل العنقودي للطرز المدروسة من الدخن بناءً على الصفات الحقلية:

أُجري التحليل العنقودي و رسمت شجرة القرابة اعتماداً على جميع الصفات الحقلية المدروسة سابقاً بهدف ربطها فيما مع نتائج الدراسة الجزيئية لهذه الطرز.

يبين الجدول (25) مصفوفة القرابة اعتماداً على الصفات الحقلية حسب (Nei ,1987) حيث يلاحظ أن أعلى قيمة للقرابة تبلغ 8.198 بين الطراز IP11670 والطراز IP5284 مما يدل على أنهما الأبعد، بينما كانت أقل قيمة 2.556 بين الطرازين IP15292 و IP15293 مما يدل على أنهما الأقرب، تشير النسب في المصفوفة إلى توزع الطرز المدروسة حسب أصولها الجغرافية المختلفة وهذا يدعم الفرضية القائلة بأن السلالات الأصلية عبارة عن تجمعات وراثية متمايزة في التكيف مع مناطق مختلفة وهذا يتوافق مع نتائج (Bashir et al,2013) لذا يعد توصيف الأصول الوراثية للدخن أمراً ضرورياً لتصنيف السلالات الأصلية وتحديد الأنماط الوراثية المرغوبة لإدخالها في برامج التربية و يعد التباين في الخصائص النوعية للنبات أمراً مهماً في توصيف أي نبات لأنها تعكس المكونات الوراثية والفسيولوجية والبيئية وتؤثر على الإنتاجية والغلة (Abdulhakeem *et al*., 2019; Bashir *et al*., 2013).

نلاحظ من الشكل (4) أنّ الطرز المدروسة قد انّقسمت بناءً على درجة التشابه الشكلي إلى تحت عنقودين:

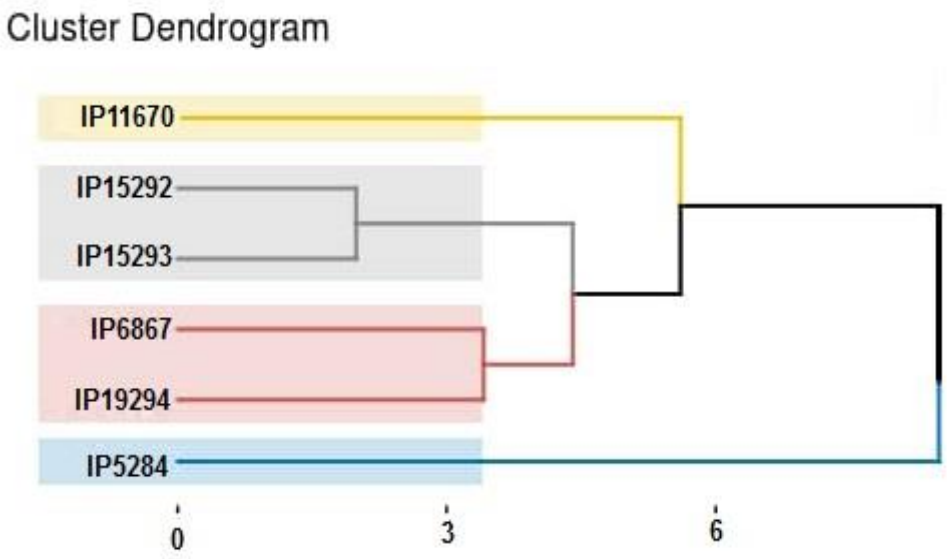
- ✓ العنقود الأوّل الذي ضم فقط الطراز IP5284 الذي أبدى تفوقاً في معظم الصفات الحقلية المدروسة.
- ✓ العنقود الثاني انقسم إلى تحت عنقودين:

١. تفرع تحت العنقود الاول إلى تحت عنقودين ضم تحت– تحت العنقود الاول الطرز الوراثية IP15294 وip6867، بينما ضم تحت– تحت العنقود الثاني الطرز الوراثية IP15292 و IP15293 وهي الطرز التي أعطت قيماً متوسطة في معظم الصفات الحقلية.

٢. بينما ضم تحت عنقود الثاني الطراز الوراثي IP11670 الذي كان الأدنى معنوياً في كافة الصفات الحقلية.

جدول 25: مصفوفة القرابة بين الطرز المدروسة بالاعتماد على الصفات الحقلية

IP15294	**IP15293**	**IP15292**	**IP11670**	**IP6768**	**IP5284**	
					0	**IP5284**
			0	4.789		**IP6768**
		0	5.158	8.200		**IP11670**
	0	6.010	4.654	4.200		**IP15292**
0	2.556	5.987	4.755	5.567		**IP15293**
3.604	3.373	4.178	3.331	6.455		**IP15294**

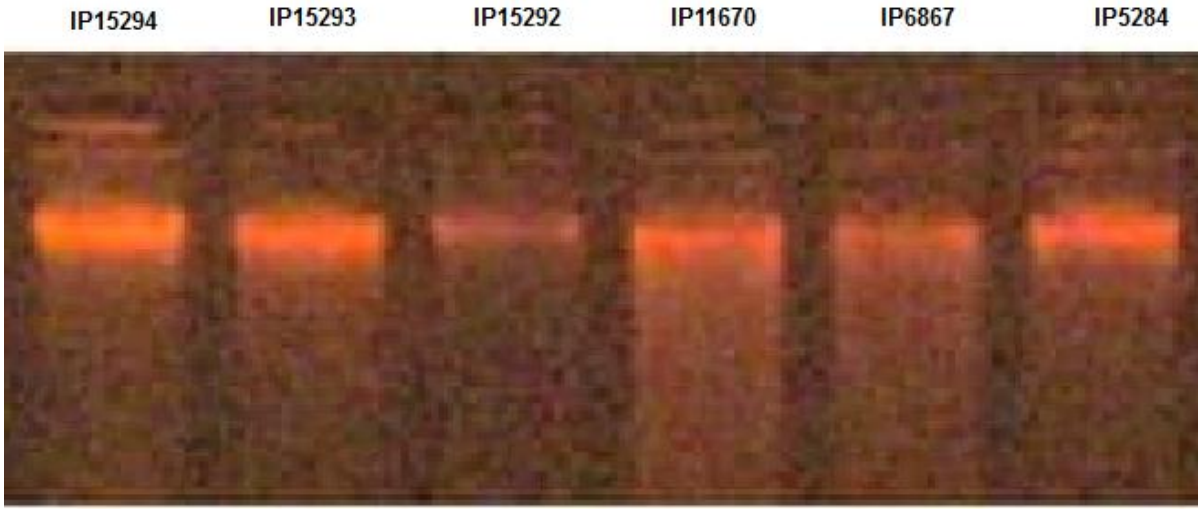


الشكل 4: شجرة القرابة لطرز الدخن المدروسة بناءً على الصفات الحقلية المدروسة.

6.3. نتائج الدراسة الوراثية

1.6.3. اختبار نوعية وجودة الـ DNA المستخلص على هلامة الأغاروز بواسطة الرحلان الكهربائي

يبدو الحمض النووي DNA المستخلص على هلامة الأغاروز على شكل حزم أو عصابات مضيئة، حيث تتميز العينات الجيدة باحتوائها على جزيئات DNA ذات وزن جزيئي مرتفع، لذلك نجد الـ DNA بأعلى الهلامة دالاً على نوعية جيدة عندما تكون خالية من التقطعات، الشكل(5)، أمَّا عند حدوث تقطعات في شريط الـ DNA أثناء عمليات التحضير، فإنَّ ذلك يؤدي إلى الحصول على جزئيات DNA تتدرج في أوزانها الجزيئية، وتظهر على هلامة الأغاروز على شكل خط مضيء طويل أسفل قطع DNA السليمة تدعى Smeer.



الشكل 5: اختبار نوعية الحمض النووي DNA المستخلص من الطرز المدروسة من الدخن بعد تمريرها على هلامة الأغاروز 0.8%

2.6.3. تقدير تركيز DNA باستخدام المطياف الضوئي Spectrophotometer

أظهر حساب النسبة بين قراءات تركيز عينات الـ DNA المُستخلص من الطرز المدروسة عند موجات ضوئية بطول 280/260 نانومتر وباستخدام المطياف الضوئي قيماً تتراوح بين 1.851 و 1.964 وهي تُشير إلى نقاوة جيدة من الـ DNA، كما قُدِّرت تراكيز عينات الـ DNA ما بين (0.263 ng/µl – 0.450) في المحلول المنظم الذي خزنت فيه هذه العينات، ويوضح الجدول (26) نتائج تقدير تراكيز الـ DNA المستخلص من العينات المدروسة ثم مددت عينات DNA جميعها لتصبح 40 ng/ µl.

جدول 26: قراءات المطياف الضوئي عند أطوال موجات 260 و 280 نانومتر وتحديد تركيز ونقاوة عينات الحمض النووي DNA المستخلصة مقدراً بالميكروغرام/ميكروليتر.

الطرز المدروسة	ΔOD_{260}	ΔOD_{280}	النقاوة (النسبة بين القرائتين)	تركيز الـ DNA (ng/µl)
IP5284	0.45	0.24	1.875	0.338
IP6867	0.65	0.35	1.857	0.263
IP11670	0.52	0.27	1.925	0.390
IP15292	0.50	0.27	1.851	0.375
IP15293	0.60	0.31	1.935	0.450
IP15294	0.55	0.28	1.964	0.413

حيث ΔOD : الامتصاصية عند طول الموجة

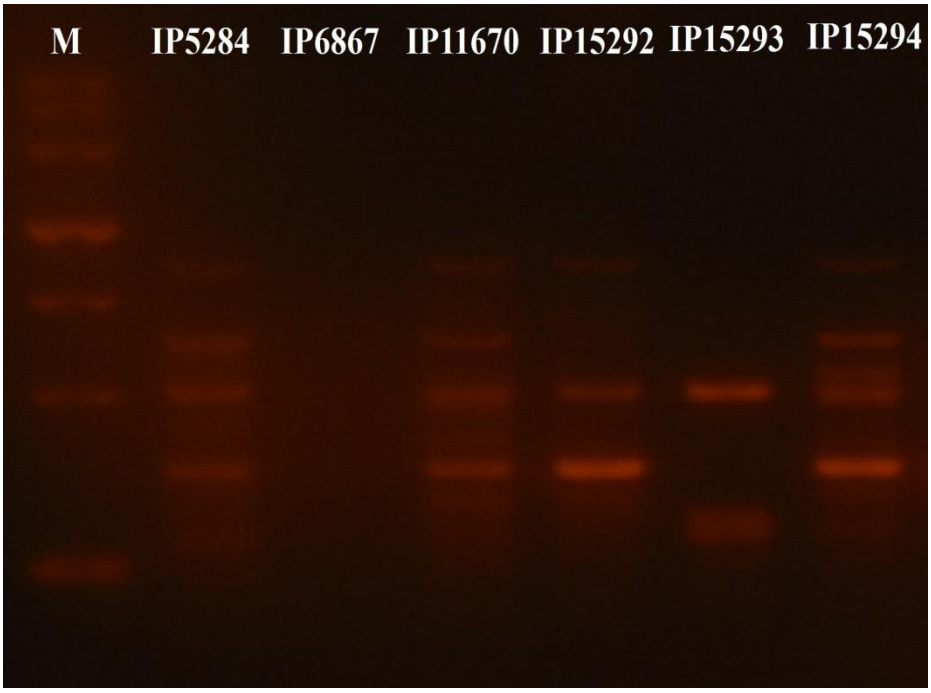
3.6.3. التُعددية الشكلية الناتجة عن تطبيق تقنية ISSR في طرز الدخن المدروسة

تضمنت الدراسة اختبار 20 بادئة، ويبين الجدول (27) أنّ 15 بادئة منها أثبتت فعاليتها في إعطاء تعددية شكلية بين الطرز المدروسة في تفاعل التسلسل البوليميرازي، في حين لم تعطِ خمس بادئات ISSR2، ISSR4، ISSR10، ISSR11، ISSR12 أيّ نتائج تضخيم لغياب المواقع المكملة لتسلسلات تلك البادئات، ونجم عن استخدام هذه البادئات ما مجموعه 59 حزمة بمتوسط قدره 3.933 كان منها 56حزمة متباينة شكلياً بمتوسط قدره 3.733، كما تراوح عدد الحزم لكل بادئة من حزمة واحدة كأقل عدد مع البادئ (ISSR32) و5 مع البادئات (ISSR1، ISSR6، ISSR9، ISSR13، ISSR33)، أي أن هذه البادئات قد غطت جزء كبير من مجين (جينوم) الدخن، بمتوسط 3.933 حزمة لكل بادئة، كما وتراوحت النسبة المئوية للتعددية الشكلية من 66.66 % مع البادئة ISSR15 إلى 100% مع البادئة ISSR3، ISSR5، ISSR6، ISSR7، ISSR8، ISSR9، ISSR13، ISSR14، ISSR32، ISSR33، ISSR35، ISSR40، وهذا يدل على فعالية البادئات في الكشف عن التباين الوراثي بين الطرز المدروسة، وبمتوسط قدره (94.77%)، و توافقت هذه النتائج مع كل من(Li *et al.*,2012)، (Dvo *et al.*,2015) (Krishna *et al* 2021) (Venkatesan *et al.*,2021) (Padhiyar *et al.*,2013).

حُسب معامل التعددية الشكلية PIC لكل بادئة على حده، وهو يُعد كمعيار يدل على الإمكانية والمقدرة الخاصة لتسلسل الموقع المدروس باستخدام البادئة الخاصة به في تمييز التباينات الوراثية وإظهارها بين الطرز المختلفة، حيث يؤخذ بالحسبان عند حساب معامل PIC عدد الحزم الظاهرة ونسبة تكرارها عند مجموعة العينات المدروسة، فضلاً عن أنّ الحزم الزوجية المميزة للطراز الواحد (أو لعدة طرز) تشكل تعددية شكلية واحدة، ومن ثمَّ كلما اقتربت قيمة PIC من (1) كانت المقدرة على تمييز التباينات الوراثية وإظهارها أكبر، ويمكن أن يعطي PIC قيمة (0) عندما تُظهر البادئة حزمة وحيدة

ثابتة عند العينات كلها، لذلك يمكن عدّ هذه البادئة غير ذات أهميةٍ في تمييز الطرز الوراثية عن بعضها، حيث أنّها لم تُظهر أيّ تعددية شكلية (الشكل 6).

تراوحت قيم معامل التعددية الشكلية (PIC) من 0.052 عند البادئة ISSR8 كأقل قيمة، و0.492 عند البادئة ISSR13 كأعلى قيمة، وبلغ المتوسط العام 0.373، مما يشير إلى قدرة البادئات المستعملة على التمييز بين الطرز المدروسة.



الشكل 6: صورة هلامة الآغاروز 2% لملاحظة التعددية الشكلية الناتجة عن استخدام البادئة (ISSR6) في جميع الطرز المدروسة، M يمثل المؤشر الجزيئي لتحديد أطوال وأحجام حزم الحمض النووي DNA.

جدول 27: رموز البادئات المستعملة وعدد الحزم الكلّية والمتباينة شكلياً، النسبة المئوية للتعددية الشكلية%، وقيم معامل التعددية الشكلية PIC في الطرز المدروسة.

اسم البادئة	عدد الحزم الكلّية	عدد الحزم المتباينة شكلياً	النسبة المئوية للتعددية الشكلية%	PIC
ISSR1	5	4	80	0.471
ISSR3	4	4	100	0.480
ISSR5	4	4	100	0.472
ISSR6	5	5	100	0.448
ISSR7	4	4	100	0.375
ISSR8	2	2	100	0.052
ISSR9	5	5	100	0.420
ISSR13	5	5	100	0.492
ISSR14	4	4	100	0.398
ISSR15	3	2	66.66	0.490
ISSR32	1	1	100	0.291
ISSR33	5	5	100	0.341
ISSR35	4	4	100	0.214
ISSR37	4	3	75	0.331
ISSR40	4	4	100	0.321
المجموع	59	56		
المتوسط	3.933	3.733	94.77	0.373

يتبين من الجدول (28) وجود 22 حزمة فريدة (واسمة) للطرز المدروسة والتي لها دور في تحديد البصمة الوراثية لذلك الطراز دون بقية الطرز المدروسة، منها 18 حزمة موجودة، و4 حزم غائبة، وقد ميَزت هذه الحزم بين جميع الطرز المدروسة، حيث امتلك الطراز IP5284 أكبر عدد من الحزم الفريدة بمعدّل 6 حزم، في حين بلغ أقل عدد من الحزم الفريدة في الطراز IP6867 (حزمة واحدة)، وهذا يدل على التنوع الوراثي بين الطرز المدروسة، والذي استطاعت البادئات المدروسة الكشف عنه. فكلما زاد عدد الحزم الفريدة دل ذلك على وجود تنوع وراثي كبير.

جدول 28: عدد الحزم الفريدة (الموجودة والغائبة) في الطرز المدروسة الناتجة عن تطبيق تقنية ISSR.

الطراز	عدد الحزم الموجودة	عدد الحزم الغائبة	المجموع
IP5284	+6		6
IP6867	+1		1
IP11670	+3	-1	4
IP15292	+3		3
IP15293	+4	-1	5
IP15234	+1	-2	3
المجموع	+18	-4	22

نلاحظ من الجدول(29) أنّ البادئة (ISSR1) أعطت أكبر عدد من الحزم الفريدة وبلغ عددها 3 حزم، كما أعطت البادئات (ISSR3، ISSR9، ISSR13، ISSR33، ISSR40) حزمتين فريدتين، أما بقية البادئات أعطت كل منها حزمة فريدة واحدة فقط.

جدول 29: عدد الحزم الفريدة مع البادئات المدروسة.

اسم البادئ	عدد الحزم الفريدة
ISSR1	3
ISSR3	2
ISSR5	1
ISSR6	1
ISSR7	1
ISSR8	1
ISSR9	2
ISSR13	2
ISSR14	1
ISSR15	1
ISSR32	1
ISSR33	2
ISSR35	1
ISSR37	1
ISSR40	2
المجموع	22

4.6.3. تحديد درجة القرابة الوراثية بين الطرز الوراثية المدروسة من الدخن

يُفيد تحديد درجة القرابة الوراثية بين الطرز المدروسة في برامج تربية النبات، في تأمين قاعدة وراثية عريضة، للاستفادة منها في برامج التهجين. تمَت دراسة العلاقة الوراثية بين طرز الدخن المدروسة بتطبيق مصفوفة النسب المئوية لعدم التوافق Percent Disagreement Values (PDV)، ويدلّ ارتفاع قيم هذه المصفوفة على وجود تباعد وراثي، وبتناقصها تزداد القرابة الوراثية بين الطرز المدروسة، ويتم إنشاء هذه المصفوفة وفقاً لعدد وحدات التضاعف المشتركة.

يُلاحظ من الجدول(30) أنّ أعلى قيمة لمصفوفة النسب المئوية عدم التوافق PDV هي 0.6019 بين الطراز IP6867 والطراز IP15294 مما يدل على وجود تباعد وراثي بينهما أي أن نسبة التشابه بينهما وصلت إلى 40%، بينما كانت أقل قيمة لـ PDV هي 0.3027 بين الطراز IP5284 والطراز IP11670 مما يدل على وجود تقارب وراثي بينهما أي وصلت نسبة التشابه بينهما إلى 70%.

جدول 30: مصفوفة النسب المئوية لعدم التوافق (PDV) بين الطرز المدروسة والناتجة عن تطبيق متوسطات المجموعات الزوجية غير المزانة UPGMA بتطبيق تقنية الـ ISSR، حسب (Nei، 1987).

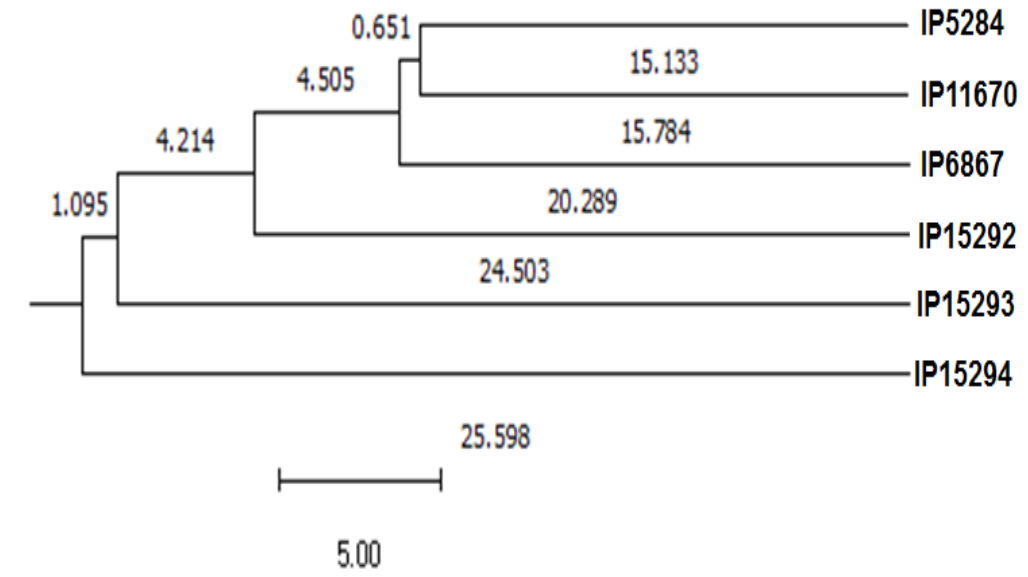
	IP5284	IP6867	IP11670	IP15292	IP15293	IP15294
IP5284	***					
IP6867	0.3200	***				
IP11670	0.3027	0.3113	***			
IP15292	0.3928	0.4411	0.3834	***		
IP15293	0.5564	0.4815	0.4611	0.4611	***	
IP15294	0.5024	0.6019	0.4713	0.4713	0.5130	***

5.6.3. التحليل العنقودي Cluster analysis للطرز الوراثية المدروسة من الدخن

يسمح التحليل العنقودي بتقسيم الطرز المدروسة إلى مجموعات، تبعاً لدرجة القرابة الوراثية فيما بينها، وقد تتجمع العينات ضمن مجموعة واحدة بناءً على موطنها الأصلي، أو بناءً على أصلها ونسبها.

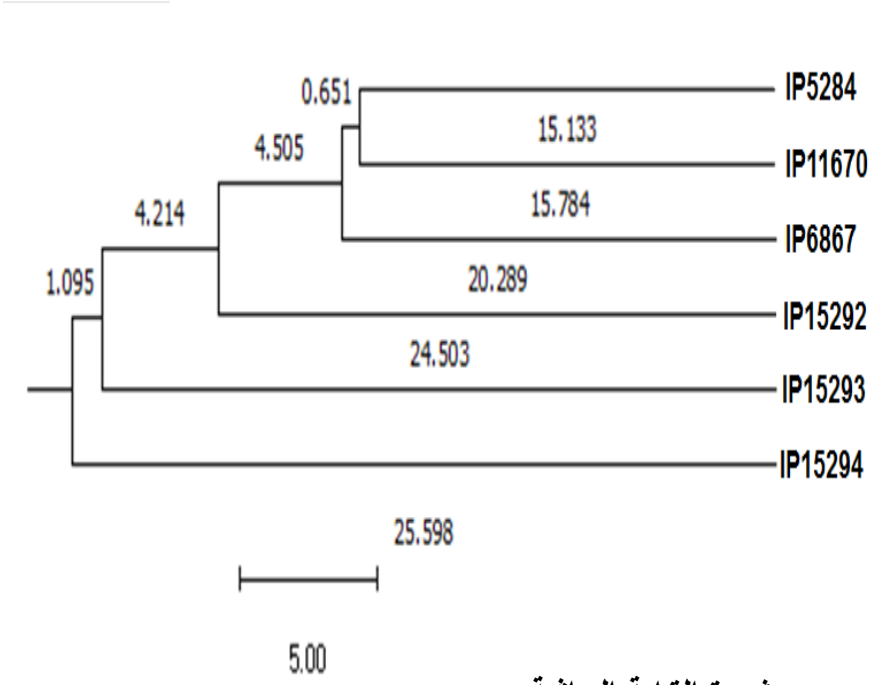
أُجري التحليل العنقودي للنتائج التي تمَّ الحصول عليها بهدف إنشاء شجرة القرابة الوراثية Dendrogram لتحديد درجة القرابة الوراثية، ويُلاحظ من الشكل(7) أنّ الطرز المدروسة توزعت في عنقودين رئيسين ضم الأوّل الطراز IP15294 بينما ضم الثاني تحت عنقودين حيث ضم تحت العنقود الاول الطراز IP15293 وتفرع تحت العنقود الثاني إلى تحت عنقودين ضم تحت العنقود الاول الطراز IP15292 بينما انفصل تحت العنقود الثاني إلى تحت عنقودين ضم تحت العنقود الاول الطراز IP6867 بينما ضم تحت العنقود الثاني الطرازين IP5284 و الطراز IP11670.

الشكل7: التحليل العنقودي للطرز المدروسة من الدخن، الناتج عن استخدام تقنية ISSR

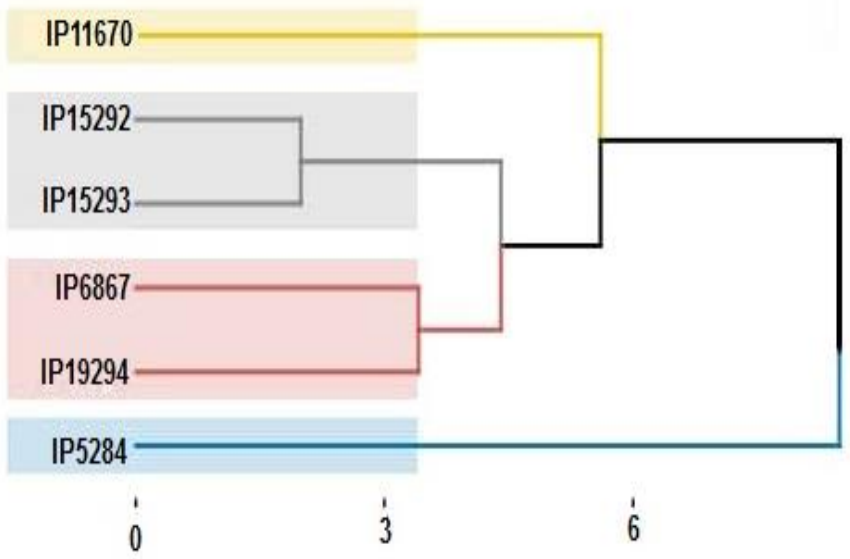


6.6.3. المقارنة بين التوصيف الحقلي والتوصيف الجزيئي للطرز المدروسة من الدخن

يوضح الشكل (8)، مقارنة بين شجرة التوصيف اعتماداً على الصفات الحقلية المدروسة وشجرة التوصيف الجزيئي للطرز المدروسة من الدخن، حيث انفصلت شجرة القرابة اعتماداً على الصفات الحقلية إلى تحت عنقودين ضم العنقود الاول الطراز IP5284 في حين ضم العنقود الثاني بقية الطرز المدروسة و الذي بدوره انقسم إلى تحت عناقيد، اما شجرة القرابة الوراثية فقد انفصلت إلى تحت عنقودين ضم العنقود الاول الطراز IP15294 في حين ضم العنقود الثاني بقية الطرز و كان الطرازان IP5284 و IP11670 الاقرب، حيث لم يتوافق انفصال الطرز الوراثية المدروسة من الدخن في شجرة التوصيف الجزيئي مع انفصالها في شجرة التوصيف الحقلي، وهذا يدل على أنّ الطرز المدروسة هي طرز بيئية وليست طرز وراثية، حيث أن العوامل البيئية تؤدي دوراً كبيراً في التنوع الوراثي وبالتالي التنوع المظهري للأنواع، ويمكن أن توفر نظرة ثاقبة للعمليات التطورية والتغيرات البيئية التي أدت إلى التنوع الكبير في نبات الدخن، حيث تضم مناطق زراعة الدخن مجموعة واسعة من الظروف المناخية والبيئية بالإضافة إلى تفضيلات المزارعين المتنوعة والممارسات الزراعية المختلفة التي تؤدي إلى الاختلاف في التكيف المحلي، لذا يعد تقييم التنوع الحيوي في أنواع الدخن أمراً مهماً لأنه يسهل وضع استراتيجيات حفظ واستخدام المصادر الوراثية ودراسة تطورها (Stich *et al.*, 2010).



شجرة القرابة الوراثية



شجرة القرابة اعتماداً على الصفات الحقلية

الشكل 8: المقارنة بين شجرتي القرابة اعتماداً على الصفات الشكلية والكمية وشجرة القرابة الوراثية لطرز الدخن المدروسة

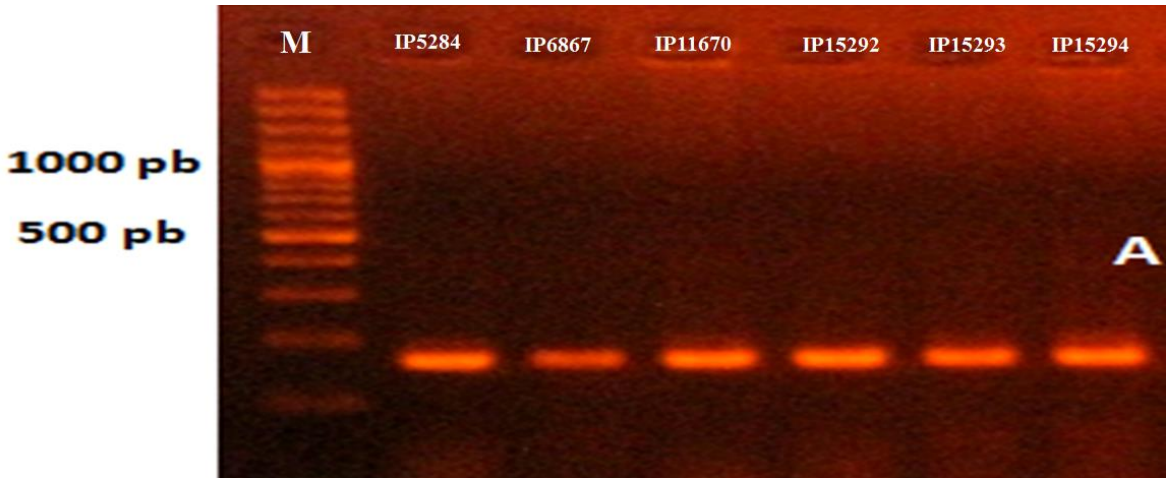
7.6.3. دراسة التباينات الأليلية في مورثات الديهيدرين (*Dhn*) و مورثات الدريب (*DREB*s) المسؤولة عن تحسين تحمل الجفاف باستعمال تقانة الـ PCR في الطرز الدخن المدروسة

تجدر الإشارة إلى أنّه تم استخلاص DNA لدراسة التباينات الأليلية لمورثات الديهيدرين، من بادرات نباتات الدخن بعمر أربع أسابيع بعد تعريضها PEG 6000 بتركيز −0.8 ميغا باسكال، حلّلت عينات DNA لطرز الدخن المدروسة، واستخدمت 6 أزواجاً من البادئات التي تتعرف على مواقع مورثات الديهيدرين والدريب (*Dhn1*، *Dhn9*، *DREB1, DREB2*، *DREB4*، *DREB7*). أظهرت نتائج الدراسة تباينات (تعددات شكلية) Polymorphisms مابين قطع DNA المضاعفة بالنسبة للموقع الواحد ما بين الطرز المدروسة، حيث تعكس هذه التباينات اختلافات وراثية على مستوى الموقع، وتدل على وجود قرائن مختلفة للموقع نفسه في الوزن الجزيئي لمورثات الديهيدرين والدريب المسؤولة جزئياً عن تحمّل الجفاف، و كانت هذه التباينات الشكلية في الوزن الجزيئي بين نظائر الموقع الواحد كبيرة أحياناً، في حين كانت على درجة عالية من التَّماثل في بعضها الآخر، وأمكن تمييزها بسهولة على هلامة ميتافور آغاروز 4%، حيث أظهر تفاعل PCR بالنسبة لمورثة (*Dhn1*) وجود نمطين شكليّين (AA–BB) للمورثات تباينت بالظهور والغياب بين الطرز المدروسة، حيث أن الطراز الوراثي IP15292 امتلك النمطين الشكليين AA– BB في حين أن الطراز IP5284 امتلك النمط الشكلي AA فقط، والطراز IP15294 امتلك النمط الشكلي BB الجدول (31).

جدول 31: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع ديهيدرين (*Dhn*1) في الطرز المدروسة.

الطرز / مورثات الديهيدرين	IP11670	IP15292	IP15293	IP5284	IP6867	IP15294	الأنماط الشكلية
Dhn1	----	AA	----	AA	----	----	2
	----	BB	----	----	----	BB	

أظهرت مورثة الديهيدرين*Dhn9* نمط شكلي واحد (AA) (الشكل 9)، ظهر في كافة الطرز المدروسة كما هو مُبّين في الجدول (32).



الشكل 9: هلامة الميتافورآغاروز (4%) لمورثة Dhn9: مؤشر وزن جزيئي 1Kpb

جدول 32: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع ديهيدرين (*Dhn9*) في الطرز المدروسة.

مورثات الديهيدرين / الطرز	IP11670	IP15292	IP15293	IP5284	IP6867	IP15294	الإنماط الشكلية
Dhn9	AA	AA	AA	AA	AA	AA	1

أعطت مورثة *DREB*1 نمطاً شكلياً واحداً (AA) تباين في الظهور والغياب عند الطرز المدروسة، حيث ظهر النمط الشكلي (AA) عند كل من الطرز IP5284 وIP6867 ، بينما غاب عند باقي الطرز المدروسة كما هو موضح في الجدول (33).

جدول 33: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع دريب (*DREB* 1) في الطرز المدروسة.

مورثات الدريب / الطرز	IP11670	IP15292	IP15293	IP5284	IP6867	IP15294	الأنماط الشكلية
DREB1	----	----	----	AA	AA	----	1

أما في المورثة (*DREB2*) فقد ظهر أيضاً نمط شكلي واحد (AA) عند كل من الطرز IP15292، IP15293، IP5284 وIP6867 ، وغاب عند باقي الطرز المدروسة كما هو موضح في الجدول (34).

جدول 34: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع دريب (*DREB* 2) في الطرز المدروسة.

مورثات الدريب / الطرز	IP11670	IP15292	IP15293	IP5284	IP6867	IP15294	الأنماط الشكلية
DREB2	----	AA	AA	AA	AA	----	1

بالنسبة للمورثة (*DREB4*) فقد أظهرت نمطاً شكلياً (AA) عند كل الطرز IP5284، IP6867، IP15294 بينما غاب في بقية الطرز المدروسة كما هو موضح بالجدول (35).

جدول 35: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع دريب (*DREB* 4) في الطرز المدروسة.

الطرز / مورثات الدريب	IP11670	IP15292	IP15293	IP5284	IP6867	IP15294	الأنماط الشكلية
DREB4	----	----	----	AA	AA	AA	1

بالنسبة للمورثة (*DREB7*) فقد أظهرت نمطين شكليين (AA،BB)، حيث ظهر النمط الشكلي (AA) عند كافة الطرز المدروسة وغاب في الطراز IP15294، بينما ظهر النمط الشكلي (BB) عند كل من الطرازين IP5284 و IP6867 بينما غاب في بقية الطرز المدروسة كما هو موضح في الجدول (36).

جدول 36: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد النظائر المكتشفة لموقع دريب (*DREB* 7) في الطرز المدروسة.

الطرز / مورثات الدريب	IP11670	IP15292	IP15293	IP5284	IP6867	IP15294	الأنماط الشكلية
DREB7	AA	AA	AA	AA	AA	----	2
	----	----	----	BB	BB	----	

بالنسبة لمورثات الديهيدرين، نُلاحظ تفوق المورثة *Dhn9* بعدد القرائن (النظائر) التي أعطتها والبالغة 6 قرائن مع الطرز المدروسة كافة ضمن نمط شكلي واحد، تلتها المورثة *Dhn1* بـ 4 قرائن ضمن نمطين شكليين، اما بالنسبة لمورثات *DREB*، أعطت المورثة *DREB7* أعلى عدد من القرائن والبالغ 7 قرائن مع الطرز المدروسة ضمن نمطين شكليين، بينما أعطت المورثة *DREB1* أقل عدد من القرائن والبالغ قرينين مع الطرز المدروسة ضمن نمط شكلي واحد فقط كما هو موضح في الجدول (37).

جدول 37: الأنماط الشكلية الناتجة عن تفاعل الـPCR وعدد القرائن المكتشفة للمواقع مورثات الديهيدرين و مورثات دريب(*DREB*) في الطرز المدروسة.

الطرز / مورثات DREB وDhn	IP11670	IP15292	IP15293	IP5284	IP6867	IP15294	مجموع القرائن(عدد الحزم الكلية)
Dhn1	----	AA	----	AA	----	----	4
	----	BB	----	----	----	BB	
Dhn9	AA	AA	AA	AA	AA	AA	6
DREB1	----	----	----	AA	AA	----	2
DREB2	----	AA	AA	AA	AA	----	4
DREB4	----	----	----	AA	AA	AA	3
DREB7	AA	AA	AA	AA	AA	----	7
	----	----	----	BB	BB	----	

مكنت تقانة الـ PCR في كشف التباينات الشكلية لقطع DNA للمواقع الوراثية المدروسة، إذ تعكس الأنماط المختلفة الناتجة عن تفاعل الـ PCR عدد النظائر الخاصة لكل مورثة ضمن الطرز المدروسة، وهذه الاختلافات ما هي إلا نتيجة اختلاف أطوالها وأوزانها الجزيئية وتعكس اختلافاً في عدد النيوكليوتيدات المكونة لها والتي تُعطي فكرة عن الطفرات التي

تعرض لها موقع ما، فكلما كان عدد القرائن لموقع ما أكبر كان ذلك دليلاً على أنّ هذا الموقع تعرض لعددٍ أكبر من الطفرات التي أثرت في بنية المورثة وأدت إلى تغيير في الوزن الجزيئي سواء كان نقصاناً أو زيادة أو تبديلاً (Divya *et al*.,2021).

بيّن تفاعل الـ PCR اختلاف مورثات الديهيدرين و ***DREB*** في عدد القرائن لدى الطرز للدخن، حيث يشير عدد القرائن إلى عدد المواقع الأليلية للمورثة التي ننحكم بالصفات المدروسة و المرتبطة بقدرة النبات على تحمل الإجهادات اللاإحيائية، حيث أن زيادتها تُعد دلالة على زيادة تحمل الطراز للجفاف (Chakraborty *et al.*, 2022). حيث أظهرت النتائج تفوق الطراز IP5284 بعدد الأليلات (القرائن) حيث امتلك ٧ ألائل (قرائن)، تلاه الطراز IP6867 بـ 6 ألائل (قرائن)، في حين امتلك الطراز IP11670 أقل عدد من الألائل (القرائن) قرينين فقط كما هو موضح في الجدول (38).

جدول 38: الأنماط الشكلية وعدد القرائن الكلية لمورثات الديهيدرين و *DREB* مع الطرز المدروسة.

الطرز / مورثات DREB وDhn	IP11670	IP15292	IP15293	IP5284	IP6867	IP15294	مجموع النظائر
Dhn1	0	2	0	1	0	1	4
Dhn9	1	1	1	1	1	1	6
DREB1	0	0	0	1	1	0	2
DREB2	0	1	1	1	1	0	4
DREB4	0	0	0	1	1	1	3
DREB7	1	1	1	2	2	0	7
المجموع	2	5	3	7	6	3	26

8.6.3. معامل الانحدار المعياري

تساهم المعلمات الجزيئية في توفير الوقت والجهد اللازم في برامج التحسين الوراثي وتربية النبات التي قد تستغرق العديد من السنوات، حيث من خلال معرفة التركيب الوراثي يمكن اخذ فكرة مسبقة عن أداء الطرز حقلياً وذلك لأن الشكل المظهري ما هو إلا نتاج للتركيب الوراثي الذي يتحكم بما بحمله الفرد من صفات وتفاعله مع البيئة، فمهما اختلفت ظروف البيئة فإن التركيب الوراثي يبقى ثابتاً، في حين أنّ الشكل الظاهري يتغير بتغير ظروف البيئة.

باستخدام معامل الانحدار يمكن التنبؤ بالتغيير في قيمة المتغير التابع أو المتغيرات التابعة بالاعتماد على المتغيرات المستقلة، فإذا كانت العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع موجبة يكون المتغير المستقل ذا قدرة كبيرة على زيادة قيم المتغير التابع، والعكس صحيح، أما معامل الانحدار المعياري فيستخدم للتنبؤ بالقيم المعيارية للمتغير التابع (الصفات الشكلية والفيزيولوجية والبيوكيمائية) من خلال القيم المعيارية للمتغير المستقل (البادئات المستخدمة في الدراسة) أي يقارن معامل بيتا الموحد قوة تأثير كل متغير مستقل بالمتغير التابع، حيث زيادة أو نقصان المتغير المستقل بمقدار وحدة واحدة سوف تؤثر على المتغير التابع زيادة او نقصاناً بمقدار وحدة واحدة بغض النظر فيما إذا كان للمتغيرات نفس واحدة القياس.

دُرس معامل الانحدار بين بادئات مورثات الديهيدرين و *DREB* المتخصصة وتأثيرها في تركيز البروتينات الكلية المنحلة (الجدول 39)، حيث كان لزوج بادئات المورثة *DREB7* تأثيراً إيجابياً في تركيز البروتينات الكلية المنحلة، ويمكن تفسير ذلك بأن هذه المورثة تنتمي إلى مجموعة المورثات التي تشفر البروتينات المسؤولة عن حماية الخلايا من تأثيرات الإجهادات اللاإحيائية المختلفة، والتي تتحكم في تراكم المواد الذائبة التوافقية (الإنزيمات الرئيسية للتخليق الحيوي مثل البرولين)؛ وتعمل على حماية وتثبيت هياكل الخلايا من الجفاف والضرر الناجم عن الجذور الأوكسجينية الحرة (إنزيمات إزالة السموم مثل الجلوتاثيون ، الكاتالاز، ديسموتاز ، بيروكسيداز الأسكوربات، وما إلى ذلك)؛ إنزيمات استقلاب الأحماض الدهنية، ومثبطات البروتيناز ، وبروتينات نقل الدهون؛ وبروتينات أخرى (LEA والبروتينات المضادة للتجمد، ، إلخ) ، كما انها تعمل على تنظيم نقل إشارة الإجهاد وتعديل التعبير المورثي، وبالتالي تساهم في تحسين الاستجابة للإجهاد (Prasad and Lata .,2011).

جدول 39: معامل الانحدار لبادئات مورثات الديهيدرين و*DREB* المتخصصة المرتبطة بتركيز البروتينات الكلية المنحلة في طرز الدخن المدروسة.

الصفة	بادئات المورثة	معامل الانحدار Regression coefficient(B)	معامل الانحدار المعياري Standardized regression coefficient (Beta)
تركيز البروتينات الكلية المنحلة	*DREB7*	1.923±0.580	0.856

4. الاستنتاجات Conclusions

1. تُحسن زيادة التسميد الآزوتي جميع الصفات الشكلية والكمية، حيث تفوقت نباتات طرز الدخن المدخلة في الصفات المدروسة كافة عند استخدام معدّل التسميد الآزوتي الأعلى 60 كغ.هكتار$^{-1}$.

2. لوحظ أنّ متوسط ارتفاع النبات ومتوسط عدد السلاميات ازداد وبفروقاتٍ معنوية مع زيادة معدّل التسميد الآزوتي المستخدم، حيث كانت قيم هذه الصفات الأعلى معنوياً عند معدّل التسميد الآزوتي الأعلى (60 كغ.هكتار$^{-1}$)، بالمقابل كانت الأدنى معنوياً عند معاملة الشاهد.

3. تؤدّي زيادة كمّية التسميد الآزوتي حتى معدّل 60 كغ. هكتار$^{-1}$ إلى زيادة حجم المساحة الورقية (حجم المسطح الخضري) أي زيادة حجم المصدر، ومن ثمّ كفاءة نباتات الدخن التمثيلية، وهذا يؤدي إلى زيادة الغلّتين الحبيّة والحيويّة.

4. لوحظ أنّ متوسط طول العثكول كان الأعلى معنوياً عند كل من الطراز IP5284 و الطراز IP6867 دون فروق، كما أنّ متوسط طول العثكول كان الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند زراعة الطراز الوراثي IP11670 عند معاملة الشاهد.

5. يتّسم الطراز IP5284 بمقدرة تكيفية أكثر مع ظروف المنطقة البيئية المستهدفة، حيث تفوّق في كل من صفات متوسط وزن البذار، متوسط وزن الألف حبة، متوسط الغلة الحبية ، متوسط الغلة الحيوية و دليل الحصاد بالمقارنة مع بقية الطرز المدروسة.

6. تفوق الطراز IP5284 عند معدّل التسميد الآزوتي (60 كغN. هكتار$^{-1}$) في معظم الصفات المدروسة.

7. تساعد زيادة كمية التسميد الآزوتي المُضاف في المراحل التطورية المناسبة في زيادة عدد الحبوب، ووزنها، وهذا يؤدي إلى زيادة الغلّة الحبية.

8. لوحظ أن تركيز البروتينات الكلية المنحلة يزداد تدريجياً مع معدل التسميد الآزوتي، حيث أن أعلى قيمة لتركيز البروتينات الكلية كان تحت معاملة التسميد N60 (60 كغN. هكتار$^{-1}$) بالمقارنة مع بقية المعاملات.

9. لوحظ وجود اختلاف في تركيز البروتينات الكلية المنحلة في الطرز المستخدمة حيث حقق الطراز IP5284 بالمقارنة مع بقية الطرز، كما أن تركيز البروتينات الكلية كان الأعلى في الطراز IP5284 تحت تأثير معاملة التسميد N60 (60 كغN. هكتار$^{-1}$) بينما كان الطراز IP11670 الأدنى معنوياً تحت تأثير معاملة الشاهد.

10. لُوحظ من خلال تحليل درجة القرابة بالاعتماد على الصفات الحقلية المدروسة وجود أقل درجة قرابة بين الطرازينIP11670 و IP5284، في حين لُوحظت أعلى درجة قرابة بين الطرازين IP15292 و IP15293

11. أثبتت تقنية ISSR فعاليتها في التَّمييز بين الطرز المدروسة، فتمكنت من إعطاء تُعددية شكلية Polymorphic بين طرز الدخن المدروسة، فأعطت منتجات التضخيم قرابة 59 حزمة، وكان متوسط قيم معامل التعددية الشكلية 0.373.

12. لُوحظ أنّ أعلى قيمة لمصفوفة النسب المئوية عدم التوافق PDV كانت بين الطراز IP6867 والطراز IP15294 مما يدل على وجود تباعد بينهما، بينما كانت أقل قيمة لـ PDV بين الطراز IP5284 والطراز IP11670 مما يدل على وجود تقارب وراثي بينهما.

13. تفوقت بادئة المورثة *Dhn9* بعدد الأليلات (القرائن) التي أعطتها والبالغة 6 قرائن مع الطرز المدروسة كافة ضمن نمط شكلي واحد، تلتها بادئة المورثة *Dhn1* بـ 4 أليلات (قرائن) ضمن نمطين شكليين

14. تفوقت بادئة المورثة *DREB7* بعدد الأليلات (القرائن) التي أعطتها والبالغة 7 أليلات (قرائن) مع الطرز المدروسة ضمن نمطين شكليين، بينما أعطت بادئة المورثة *DREB*1 أقل عدد من الأليلات (القرائن) والبالغ قرينين مع الطرز المدروسة ضمن نمط شكلي واحد فقط

15. تفوق الطراز الوراثي IP5284 بعدد الأليلات (القرائن) و البالغة 7 أليلات (قرائن)، تلاه الطراز الوراثي IP6867 بـ 6 أليلات (قرائن)، في حين امتلك الطراز الوراثي IP11670 أقل عدد من الأليلات (القرائن) قرينين فقط وهذا يشير إلى أنّها طرز وراثية أكثر تحملاً للجفاف.

16. لوحظ وجود علاقة ارتباط بين بادئة مورثة *DREB7* و تركيز البروتينات الكلية المنحلة.

17. تعد الطرز المدروسة طرز بيئية وليست وراثية لعدم توافق انفصال شجرة القرابة الوراثية والشجرة اعتماداً على الصفات التطورية والكمية.

5. التوصيات والمقترحات Recommendations

- ✓ يُوصى بإضافة الأسمدة الآزوتية بمعدل (60 كغ.هكتار$^{-1}$)، لتحسين الصفات الشكلية والكمية، والحصول على أعلى غلّة حبية، وغلة حيوية، وتركيز بروتينات كلية منحلة.
- ✓ يُوصى بزراعة طراز الدخن IP5284، لأنّه الأكثر تكيفاً مع ظروف المنطقة البيئية المستهدفة، وأكثر استجابةً لمعاملات التسميد بالمقارنة مع بقية الطرز المدروسة، بسبب تفوقه في الغلّة الحبية (9910 كغ.هكتار$^{-1}$)عدد البذار ووزنها في النبات الواحد، وزن الألف حبة و تركيز البروتينات الكلية المنحلة (30 µg.ml).
- ✓ يُوصى بإجراء المزيد من الدراسات حول تسميد محصول الدخن، لما له من أهمية اقتصادية من خلال إدخال المزيد من معدّلات التسميد وفي مواقع بيئية مختلفة.
- ✓ يُوصى بإدخال الطرز المتفوقة في تجارب إنتاجية موسعة لتحديد حزمة الممارسات الزراعية المثلى واعتمادها في سورية.
- ✓ يُوصى بتطبيق تقنية الـ ISSR في الدراسات المتعلقة بمحصول الدخن، كونها أثبتت فعّالية جيدة في تقويم التنوع الوراثي له.
- ✓ نقترح دراسة التباينات في تعبير مورثات الـ *DREB* عند الدخن وعلى مستوى RNA باستخدام تقانات حديثة مثل تقانة Real–Time PCR في المراحل المختلفة من عمر النبات .
- ✓ نقترح استخدام خرائط QTL في المستقبل وتقدير المسافة بين المورثات المسؤولة عن الصفات الفيزيولوجية والمورثات المشفرة لمورثات DREB.
- ✓ نقترح إجراء التسلسل النيكليوتيدي لجميع المورثات من عائلة (*DREB*) في الطرز المدروسة، والقيام بتسجيل هذه المورثات في بنك المعلومات NCBI بالاعتّماد على نتائج التسلسل النيكلوتيدي من أجل حفظ الملكية للأصناف المحلية المدروسة.
- ✓ نقترح تحليل القيمة العلفية لطرز الدخن المدروسة.
- ✓ نقترح زراعة هذه الطرز في مناطق بيئية مختلفة ولعدة أعوام.

المراجع References

المراجع العربية

الأنصاري، مجيد حسن (1981). **إنتاج المحاصيل الحقلية. مطابع وزارة التعليم العالي والبحث العلمي**. مطبعة دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل.

السعدي، إيمان لازم (2000). **تأثير الحش والتسميد الآزوتي في حاصل العلف الأخضر وحاصل البذار ومكوناته للدخن**. رسالة ماجستير. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الزراعة، جامعة بغداد.

سيد، محمود هيثم (2001). **استخدام مؤشرات من الدنا DNA في انتخاب مورثات المقاومة للأمراض في الشعير**، جامعة دمشق، كلية الزراعة، أطروحة دكتوراه.

علي، نور الدين شوقي، حمد الله سليمان راهي، عبد الوهاب عبد الرزاق شاكر. (2014). **خصوبة التربة**. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. دار الكتب العلمية للطباعة والنشر والتوزيع.

كاظم، زحل رضيوي، أحمد محمود فارس (2014). **تقدير الحجم الامثل لانتاج محصول الدخن في محافظة بغداد للموسم الانتاجي 2010**. مجلة ديالي للعلوم الزراعية، 6(2):164-171، 2014.

المجموعة الإحصائية الزراعية (2020). **المجموعة الإحصائية الزراعية**. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية.

المنظمة العربية للتنمية الزراعية. (2023). **الكتاب السنوي للإحصائيات الزراعية العربية. المجلد (41)**. الخرطوم.

يعقوب، رلى؛ نمر، يوسف (2011). **تقانات إنتاج محاصيل الحبوب والبقول (الجزء النظري)**. منشورات جامعة دمشق.

اليونس، عبد الحميد أحمد (1987). **محاصيل البذار**. كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.

المرجاني، علي حسن فرج. (2005). **تأثير مستوى الإضافة الأرضية بال ورشها NPK في نمو وحاصل الحنطة Triticum aestivum L** . رسالة ماجستير. قسم التربة. كلية الزراعة_ جامعة بغداد. ع. ص219.

References in English

Abdulhakeem, A., Falusi, O., Adebola, M., and Yusuf, D. (2019). **Genetic diversity studies for morphological traits in pearl millet (Pennisetum glaucum L.) landraces of Northern Nigeria.** *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 7*, 060-070. doi: 10.30574/gscbps.2019.7.2.0070

Acevedo. E. and E. Fereres. (1993). **Resistance to abiotic stresses. In ; Plant Breeding**, ed. MD Haward, NO Bosemark, I Romagosa, London; Chapman and Hall Pp. 406-421.

Agarwal, P. K., Agarwal, P., Reddy, M. K., and Sopory, S. K. (2006). **Role of DREB transcription factors in abiotic and biotic stress tolerance in plants**. Plant CellRep.25, 1263–1274. doi: 10.1007/s00299-006-0204-8

Agarwal, P. K., Agarwal, P., Reddy, M., and Sopory, S. K. (2006). **Role of DREB transcription factors in abiotic and biotic stress tolerance in plants**. *Plant cell reports, 25*, 1263-1274.

Ahluwalia, O., Singh, P. C., and Bhatia, R. (2021). **A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria**. *Resources, Environment and Sustainability, 5*, 100032. doi: https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100032

Ajeigbe, H. A., Akinseye, F. M., Kamara, A. Y., Tukur, A., and Inuwa, A. H. (2020). **Productivity, water- and nitrogen-use efficiency, and profitability of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*) under different nitrogen applications in semiarid region of Nigeria**. *International Journal of Agronomy, 2020*, 1802460. doi: 10.1155/2020/1802460

AL-Atawneh, N., Shehadeh, A., Amri, A., and and Maxted, N. (2009). **Conservation field guide to medics of the Mediterranean Basin**. *ICARDIA*.

Ali, E. A. (2010**). Grain yield and nitrogen use efficiency of Pearl Millet as affected by plant density, nitrogen rate and splitting in sandy soil**. *J. Agric. and Environ. Sci, 7*, 327-335.

Andrews, D. J., and Kumar, K. A. (1992). **Pearl Millet for Food, Feed, and Forage**. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (Vol. 48, pp. 89-139): Academic Press.

Animasaun, D., Morakinyo, J., Mustapha, O., and Krishnamurthy, R. (2015). **Assessment of genetic diversity in accessions of pearl millet (Pennisetum glaucum) and napier grass (Pennisetum purpureum) using microsatellite (ISSR) markers**. *Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding, 4*.

Animasaun, D., Morakinyo, J., Mustapha, O., and Krishnamurthy, R. (2019**). Genome size and ploidy variations in Pearl Millet (Pennisetum glaucum) and Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) genotypes**. *Acta Agronómica, 68*, 299-305. doi: 10.15446/acag.v68n4.75939

Annamalai, R., Namasivayam, A., Pillai, A., and Dharmaraj, L. (2020). **Assessment of variability and character association in Pearl Millet [Pennisetum glaucum (L.) R.Br.].** *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9, 3247-3259. doi: 10.20546/ijcmas.2020.906.388

Arshewar, S., Karanjikar, P., Dambale, A., and Kawde, M. (2018). **Effect of nitrogen and zinc levels on growth, yield and economics of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.)**. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*(3), 2246-2253.

Arya, G., Manivannan, V., Marimuthu, S., and N, S. (2022). **Effect of foliar application of nano-urea on yield attributes and yield of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.).**

International Journal of Plant and Soil Science, 502-507. doi: 10.9734/ijpss/2022/v34i2131293

Ausiku, A. P., Annandale, J. G., Steyn, J. M., and Sanewe, A. J. (2020). **Improving Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*) Productivity through Adaptive Management of Water and Nitrogen**. *Water, 12*(2). doi:10.3390/w12020422

Ayad, W., Hodgkin, T., Jaradat, A., and Rao, V. R. (1997). **Molecular genetic techniques for plant genetic resources**. Report of an IPGRI Workshop, 9-11 October 1995, Rome, Italy.

Ayub, M., Nadeem, M., Tanveer, A., Tahir, M., and Khan, R. (2007). **Interactive effect of different nitrogen levels and seeding rates on fodder yield and quality of pearl millet**. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 44*.

Bashir, E. M. A., Ali, A. M., Ali, A. M., Melchinger, A. E., Parzies, H. K., and Haussmann, B. I. G. (2013). **Characterization of Sudanese pearl millet germplasm for agro-morphological traits and grain nutritional values**. *Plant Genetic Resources, 12*(1), 35-47. doi: 10.1017/S1479262113000233

Bhat, M. A., Mir, R. A., Kumar, V., Shah, A. A., Zargar, S. M., Rahman, S., and Jan, A. T. (2021). **Mechanistic insights of CRISPR/Cas-mediated genome editing towards enhancing abiotic stress tolerance in plants**. *Physiol Plant, 172*(2), 1255-1268. doi: https://doi.org/10.1111/ppl.13359

Bhuva, H., Detroja, A., and Khanpara, M. (2018). **Requirement of nutrients for pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) production under Saurashtra conditions**. *International Journal of Environmental Sciences and Natural Resources, 9*(4), 128-131.

Bornet, B., and Branchard, M. (2001). **Nonanchored Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers: Reproducible and specific tools for genome fingerprinting**. *Plant Molecular Biology Reporter, 19*(3), 209-215. doi: 10.1007/BF02772892

Bornet, B., Goraguer, F., Joly, G., and Branchard, M. (2002). **Genetic diversity in European and Argentinian cultivated potatoes (*Solanum tuberosum subsp. tuberosum*) detected by inter-simple sequence repeats (ISSRs).** *Genome, 45*(3), 481-484. doi: 10.1139/g02-002

Borovskii GB, Stupnikova IV, Antipina AI, Vladimirova SV, Voinikov VK., (2002). **Accumulation of dehydrin-like proteins in the mitochondria of cereals in response to cold, freezing, drought and ABA treatment.** BMC Plant Biol. 11; 2(1): 5.

Botstein, D., White, R., Skolnick, M. H., and Davis, R. W. (1980). **Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms**. *American journal of human genetics, 32 3*, 314-331.

Boyer, J. S. (1982). **Plant Productivity and Environment**. *Science, 218*(4571), 443-448. doi: 10.1126/science.218.4571.443

Bradford, M. M. (1976). **A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding**. *Analytical Biochemistry, 72*(1), 248-254. doi: https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3

Brandeland, M. (2006). **Geneflow: A Publication about Agricultural Biodiversity**: Bioversity International.

Brunken, J., de Wet, J. M. J., and Harlan, J. R. (1977). **The morphology and domestication of pearl millet**. *Economic Botany, 31*(2), 163-174. doi: 10.1007/BF02866587

Cai, B., and Ge, J. (2004**). The effect of nitrogen amount on photosynthetic rate of sugar beet**. *Nature and Science, 2*(2), 60-63.

Cedric, M., Jehin, L., Saïdou, A.-A., Thuillet, a.-c., Couderc, M., Sire, P., . . . Vigouroux, Y. (2010**). Genetic basis of pearl millet adaptation along an environmental gradient investigated by a combination of genome scan and association mapping**. *Molecular Ecology, 20*, 80-91. doi: 10.1111/j.1365-294X.2010.04893.x

Chakraborty, A., Viswanath, A., Malipatil, R., Semalaiyappan, J., Shah, P., Ronanki, S., . . . Thirunavukkarasu, N. (2022). **Identification of candidate genes regulating drought tolerance in Pearl Millet**. *International Journal of Molecular Sciences, 23*(13). doi:10.3390/ijms23136907

Chandana, P., Madhavi, A., M.A, A., and Krishna, A. (2018). **Influence of nutrient management practices on growth and yield of Pearl Millet in Melia dubia based agri-silvi system.** *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7*, 4734-4745. doi: 10.20546/ijcmas.2018.708.498

Chen, Y., Id, Orcid., Li, C., Zhang, B., Yi, J., Yang, Y., Kong, C., Lei, C., Gong, M (2019). **The role of the late embryogenesis-abundant (lea) protein family in development**. *Genes, 10*(2), 2073-4425. doi: doi: 10.3390/genes10020148.

Choi. D. W., B. Zhu. and T. J. Close. (1999). **The Barly dehydrine multigene family : sequences, allels types, chromosomesassignment, and expression characteristics of 11 Dhn gene of cv. Dicktoo Theor. Appl.** Genet 98: 1234-1247.

Choi**.** D.W, M.C. Koag, and T.J. Close.(2000). **Map location of Dhn gene determined by gene – specific PCR**. Theor. Appl Genet. 101; 350-354.

Choudhary, S. K., Shekhawat, S., Harish, Barupal, M., Kumar, M., and Shekhawat, N. S. (2021). **Genetic diversity among different landraces of Pearl millet [Cenchrus americanus (L.) Morrone syn. Pennisetum glaucum (L.) R. Br.].** *Vegetos, 34*, 919 - 927.

Chowdari, K., Davierwala, A., Gupta, V., Ranjekar, P., and Govila, O. (1998). **Genotype identification and assessment of genetic relationships in Pearl Millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br] using microsatellites and RAPDs.** *Theoretical and Applied Genetics, 97*, 154-162.

Chowdhury, M. A., Vandenberg, B., and Warkentin, T. (2002). Cultivar **identification and genetic relationship among selected breeding lines and cultivars in chickpea (*Cicer arietinum* L.).** *Euphytica, 127*(3), 317-325. doi: 10.1023/A:1020366819075

Ciampitti, I. A., and Vyn, T. J. (2011). **A comprehensive study of plant density consequences on nitrogen uptake dynamics of maize plants from vegetative to reproductive stages**. *Field Crops Research, 121*(1), 2-18. doi: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.10.009

Close. T.J, A.A. korll, and P.M. chandler. (1989). **A cDNA - based comparison of dehydration – induced proteins (dehydrins) in barely and corn.** Plant Mol Biol . ; 13 (1) : 95 – 108.

Close. T.J, N.C. Meyer, and J. Rdik. (1995). **Nucleotide sequence of a gene encoding a585 kilodalton barley dehydrin that lacks of serine tract**. Plant physiol. ; 107 (1): 289-290.

Close. T.J. (1997). **Dehydrins: A commonatity in respons of plants to dehydration and low temperatures physiol.** plant 100. 291 – 296.

Coca. M, C. Almoguera, and J. Jordano. (1994). **Expression of sun flower low- molecular – weight heat shock proteins during embryogensis and persistence after germination : localization and possible functional implication.** Plant Mol . Biol. 25: 479-492.

Cui, J., Xia, X., Zhao, Y., Liu, M., Xiao, N., Guo, S., . . . Li, S. (2022**). Interpreting varietyandndash;locationandndash;fertilizer interactions to enhance Foxtail Millet productivity in northern China**. *Agronomy, 12*(9). doi:10.3390/agronomy12092216

Danyluk. J, A. Perron , M. Houde, A. Limin, B. fowler, N. Benhamou, and f. Sarhan. (1998). **Accumulation of an acidic dehydrin in the vicinity of the plasma membrane during cold acclimation of wheat**.Planet cell; 10: 623 – 638

De Kalbermatten, G. (2007). **Désertification et ressources naturelles, environnement et sécurité alimentaire**. *agriculture and développement rural*, 4.

Deshmukh, V., Patil, H., Deshmukh, J., and Madrap, I. (2010). **Pearl millet characterization by using ISSR marker.** *Asian Journal of Bio Science, 5*(1), 138-139.

Devienne-Barret, F., Justes, E., Machet, J. M., and Mary, B. (2000**). Integrated control of nitrate uptake by crop growth rate and soil nitrate availability under field conditions.** *Annals of Botany, 86*(5), 995-1005. doi: https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1264

Divya, K., Kavi Kishor, P. B., Bhatnagar-Mathur, P., Singam, P., Sharma, K. K., Vadez, V., and Reddy, P. S. (2019). **Isolation and functional characterization of three abiotic stress-inducible (APX, Dhn and HSC70) promoters from Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.).** *Molecular Biology Reports, 46*(6), 6039-6052. doi: 10.1007/s11033-019-05039-4

Divya, K., Palakolanu, S. R., Kavi Kishor, P., Rajesh, A. S., Vadez, V., Sharma, K. K., and Mathur, P. B. (2021). **Functional characterization of late embryogenesis abundant genes and promoters in Pearl Millet *(Pennisetum Glaucum L.*) For abiotic stress tolerance.** *Physiol Plant, 173*(4), 1616-1628. doi: https://doi.org/10.1111/ppl.13544

Dudhate, A., Shinde, H., Yu, P., Tsugama, D., Gupta, S., Liu, S., and Takano, T. (2021). **Comprehensive analysis of nac transcription factor family uncovers drought and salinity stress response in Pearl Millet *(Pennisetum Glaucum*)**. *BMC Genomics, 22*. doi: 10.1186/s12864-021-07382-y

Dure. L., M. Crouch., J. Harado., D. Ho T-H, and J. Mundy. (1989). **Common amino acid sequence domains the LEA proteins of higher plants**. Plant Mol. Biol. 12: 475-486.

Dure. L.. (1993). **Structural motifs in LEA proteins**.Pp 91-103.

Dvo, Z., kov, k., Hlsn, P., epkov, e., Janovská, D., Viehmannová, I., . . . Milella, L. (2015). **Comparative analysis of genetic diversity of 8 millet genera revealed by ISSR markers**. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27, 1. doi: 10.9755/ejfa.2015.04.077

Espartero. J, J.A. Pintor – Toro, and J.M. Pardo. (1994). **Differential accumulation of S – adenosyl methionine synthetase transcripts in response to salt stress**. plant Mol. Biol. 25: 217 – 227.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). **FAOSTAT Statistical Database, Statistical Division**. Rome 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). **The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources**. https://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/seeds-pgr/sow/sow2/en/. 2023.

Fayed, M., Salem, M., and El-Kader, O. (2016). Pearl Millet (Pennisetum glaucum L.) As **affected by some agricultural treatments**. *Journal of Plant Production, 7*, 393-400. doi: 10.21608/jpp.2016.45375

Fernandez, M., Figueiras, A., and Benito, C. (2002). **The use of issr and rapd markers for detecting dna polymorphism, genotype identification and genetic diversity among barley cultivars with known origin.** *Theoretical and Applied Genetics, 104*, 845-851.

alau. G.A., H. Y-C. Wang., and D.W. Hughes. (1993). **Cotton LEA 5 and LEA 14 encode a typical late embryogenesis – abundant proteins**. Plant Physiol. 101: 695-696.

Galiba. G, A. Quarris., J. Sutka., A. Morgounov., and J. W. snap. (1995). **RFLP mapping of the vernalization (Vrn1) and frost resistance (Fr1) genes on chromosome 5A of Whea**t. Theor apple Genet, 90: 1174-1179.

Gauchan, D., and Smale, M. (2003). **Choosing the 'right'tools to assess the economic costs and benefits of growing landraces: an example from bara district, central terai, nepal**. *Plant Genetic Resources Newsletter, 134*, 18-25.

Gautam, S., Singh, D., Kumar, V., Ramand, S., and Babu, A. (2020). **Effect of nitrogen and phosphorus levels on growth, yield and nutrient uptake of Pearl Millet *(Pennisetum Glaucum L*)**. *Inter Arch Appl Sci Technol, 11*, 101-105.

Gawai, D., Moharil, M., Jadhav, P., and Gahukar, S. (2017**). Differential gene expression in Foxtail Millet *(Setaria Italica*) under water stress**. *International Journal of Research in Applied, 5*(1), 99-104.

Grašič, M., Golob, A., Vogel-Mikuš, K., & Gaberščik, A. (2019). **Severe Water Deficiency during the Mid-Vegetative and Reproductive Phase has Little Effect on Proso Millet Performance**. *Water, 11*(10). doi:10.3390/w11102155

Guerrero. F. D, J. T. Jones, and J. E. Mullet. (1990). **Turgor- responsive gene transcription and RNA levels increase rapidlly when pea shoots are wilted : sequence and expression of three inducible gene.** Plant Mol. Biol. 51: 11-26.

Harlan, J. R., J. M. J. D. Wet and A. B. L. Stemler (1976), ***Origins of African Plant Domestication*** (pp. 409-452). JAN M. J. DE WET and ANN B. L. STEMLER, Berlin, New York: De Gruyter Mouton.

Hay, R. K. M. (1995). **Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop physiology.** *Annals of Applied Biology, 126*(1), 197-216. doi: https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1995.tb05015.x

Herzer S, Kinealy K, Asbury R, Beckett P, Eriksson K, Moore P., (2003). **Purification of native dehydrin from Glycine Max cv., Pisum sativum, and Rosmarinum officinalis by affinity chromatography.** Protein Expr Purif.; 28(2):232-240.

Hitchcock, A. (1951). **Manual of the grasses of the us**. *USDA Misc. Pub, 200*.

Hu, H., and Xiong, L. (2014). **Genetic engineering and breeding of drought-resistant crops.** *Annual Review of Plant Biology, 65*(1), 715-741. doi: https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040000

IBPGR, I. (1993). **Descriptors for Sorghum *[Sorghum Bicolor (L.)* Moench]**. *International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy*, 432.

Ibrahim, A., Abaidoo, R., Fatondji, D., and Opoku, A. (2015). **Determinants of fertilizer microdosing-induced yield increment of pearl millet on an acid sandy soil**. *Experimental Agriculture, -1*, 1-17. doi: 10.1017/S0014479715000241

Ingram. J. and D. Bartels. (1996). **The molecular Basis of Dehydration Tolerance in plants. Annu. Rev. plant physiol.** Plant Mol. Biol. 47:377-403.

Isah, S., Gbanguba, A., Abdullah, Y., Bubuche, T., and Mohammed, T. (2020). **Effects of Variety and Nitrogen Levels on the Performance of Pearl Millet: *Pennisetum Glaucum* (L.) R**. BR. *Journal of Human, Earth, and Future, 1*, 188-196. doi: 10.28991/HEF-2020-01-04-04

Jade, S. S., Takawale, P. S., and Bahulikar, R. A. (2021). **The utility of ISSRs for the identification of interspecific hybrids between pearl millet (Pennisetum glaucum [L.]**

R.Br.) × napier grass (Pennisetum purpureum Schumach). *Plant Genetic Resources, 19*(2), 104-111. doi: 10.1017/S1479262121000149

Jadhav, R. P., Khafi, H. R., and Raj, A. D. (2011). **Effect of Nitrogen and Vermicompost on Protein Content and Nutrients Uptake in Pearl Millet [*Pennisetum Glaucum* (L.) R. Br. Emend Stuntz].** *Agricultural science digest, 31*, 319-321.

Jangra, S., Rani, A., Yadav, D., Yadav, RC., Yadav, NR. (2021). **Promising versions of a commercial pearl millet hybrid for terminal drought.** *Journal of Genetics, 100*(88). doi: https://doi.org/10.1007/s12041-021-01337-8

Joshi, M. P., Pankhaniya, R., and Mohammadi, N. K. (2018). **Response of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) to levels and scheduling of nitrogen under south Gujarat condition.** *International Journal of Chemical Studies, 6*(1), 32-35.

Joshi, S., Gupta, V. S., Aggarwal, R. K., Ranjekar, P., and Brar, D. (2000**). Genetic diversity and phylogenetic relationship as revealed by inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism in the genus Oryza.** *Theoretical and Applied Genetics, 100*, 1311-1320.

Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M., and Sharma, A. (2020). **The Impact of Drought in Plant Metabolism: How to Exploit Tolerance Mechanisms to Increase Crop Production.** *Applied Sciences, 10*(16). doi:10.3390/app10165692

Karp, A. (1997). ***Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies*:** Bioversity International.

Khadadiya, M., Patel, A., Desai, L., Patel, U., and Desai, N. (2020). **Effect of integrated nutrient management on content, uptake and quality of summer pearlmillet (*Pennisetum glaucum* L.) under south Gujarat condition**. *International Journal of Chemical Studies, 8*(4), 2239-2244.

Koag MC, Fenton RD, Wilkens S, Close TJ., (2003). **The binding of maize DHN1 to lipid vesicles. Gain of structure and lipid specificity.** Plant Physiol.; 131(1):309-316.

Krishna, S., Laljibhai, L., Vipulkumar, & Patil, H. (2021). **Genetic diversity in finger millet [*Eleusine coracana* (L.) *Gaertn*] Using ISSR markers**. *The Pharma Innovation Journal*. 10, 31-39.

Kumar, P., Kumar, R., Singh, S., and Kumar, A. (2014a). **Effect of fertility on growth, yield and yield attributes of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) under rainfed condition.** *Agriways, 2*(2), 89-93.

Kumar, R., Harish, S., Dalal, V., Malik, L., Chugh, P., Garg, K., and Raj. (2014b). **Studies on variability, correlation and path analysis in Pearl Millet [Pennisetum Glaucum (L.) r. Br.] genotypes**. *Forage research, 40*(3), 163-167.

Kumar, S., Hash, J. C., Basava, R. k., and Srivastava, R. (2020). **Identification of polymorphic SSR markers in elite genotypes of pearl millet and diversity analysis**. *Ecological Genetics and Genomics, Ecological Genetics and Genomics. (accepted)*. doi: 10.1016/j.egg.2019.100051

Kumari, S., Kumar, B., Anand, R., and and Prasad, S. M. (2018). **Evaluating the Effect of nitrogen on Crop growth, yield and Quality of Finger Millets (*Eleusine coracana*) Under Upland Rainfed Ecosystem of Jharkhand.** *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7*(7), 2394-2397. doi: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.707.279

Lane, A., and Jarvis, A. (2007). **Changes in climate will modify the geography of crop suitability: agricultural biodiversity can help with adaptation**. *Journal of SAT Agricultural Research, 4*.

Larid, J. (2007). **Crop diversity: a secret weapon, Gene flow, Publication about Agricultural Biodiversity**. *Bioversity International*, 31-32.

Lata, C., and Prasad, M. (2011). **Role of DREBs in regulation of abiotic stress responses in plants.** *Journal of Experimental Botany, 62*(14), 4731-4748. doi: 10.1093/jxb/err210

Lawyer, F. C., Stoffel, S., Saiki, R. K., Chang, S.-Y., Landre, P. A., Abramson, R. D., and Gelfand, D. H. (1993). **High-level expression, purification, and enzymatic characterization of full-length Thermus aquaticus DNA polymerase and a truncated form deficient in 5'to 3'exonuclease activity**. *Genome research, 2*(4), 275-287.

Lee, D., Hanna, W., Buntin, G., Dozier, W., Timper, P., and Wilson, J. (2009). **Pearl millet for grain.** Bulletin 1216. https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=B1216andtitle=pearl-millet-for-grain

Lemgharbi, M., Badreddine, B., Souilah, R., Ladjel, T., Djabali, D., and Boubekeur, N. (2016). **Biodiversity of Pearl Millet [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.] in Southern Algeria (Hoggar Region).** *American Journal of Plant Sciences, 07*, 1673-1684. doi: 10.4236/ajps.2016.712158

Li, W., Zhi, H., Wang, Y.-f., Li, H.-q., & Diao, X.-m. (2012). **Assessment of Genetic Relationship of Foxtail Millet with Its Wild Ancestor and Close Relatives by ISSR Markers**. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(4), 556-566. doi: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60042-2

Lisse T, Bartels D, Kalbitzer HR, Jaenicke R., (1996). **The recombinant dehydrin-like desiccation stress protein from the resurrection plant Craterostigma plantagineum displays no defined three-dimensional structure in its native state**. Biol Chem. 377(9): 555-561.

Lobell, D. B., and Gourdji, S. M. (2012**). The influence of climate change on global crop productivity.** *Plant physiology*, *160*(4), 1686-1697.

Londo, J. P., Chiang, Y.-C., Hung, K.-H., Chiang, T.-Y., and Schaal, B. A. (2006). **Phylogeography of Asian wild rice, Oryza rufipogon, reveals multiple independent domestications of cultivated rice, *Oryza sativa***. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 103*(25), 9578-9583. doi: 10.1073/pnas.0603152103

Lopez CG, Banowetz G, Peterson CJ, Kronstad WE., (2001).**Differential accumulation of a 24-kd dehydrin protein in wheat seedlings correlates with drought stress tolerance at grainfilling**. Hereditas.; 135(2-3): 175-181.

Maharana, S., Singh, D. S., and Scholar, M. (2021**). Effect of Iron and Zinc on growth and yield of Pearl millet.** *Pharma Innovation, 10*(10), 546-550.

Mahesh, B., Vaja. (2010). **Evaluation for genetic purity and diversity of Pearl Millet hybrids (Pennisetum glaucum (L.) Br. R.) through biochemical and molecular markers.** (M.Sc M.Sc), Junagadh Agricultural University, jau,junagadh. Retrieved from http://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/5810018401

Malakar, P., Gupta, M., Gupta, V., Thakur, N., Mali, N., and Kanwadiya, A. (2022). **Effect of cultivars and fertility levels on yield and economics of pearl millet under rainfed condition of Jammu region**. *The Pharma Innovation J, 11*(4), 1054-1059.

Maniatis, T., and Fritsch, E. J SAMBROOK 1982 **Molecular Cloning A Laboratory Manual Cold Spring Harbor Laboratory.** *New York*.

Marchais, L., and Tostain, S. (1997). **Analysis of reproductive isolation between pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) and P. ramosum, P. schweinfurthii, P.**

squamulatum, Cenchrus ciliaris. *Euphytica, 93*(1), 97-105.

McCubbin W. D., Kay C. M., (1985). **Hydrodynamic and optical properties of the wheat Em protein.** Can. J. Biochem. 63: 803-810.

Mengel, and Kirkby, E. A.. (2004). **Principles of plant nutrition**. *Annals of Botany, 93*(4), 479-480. doi: 10.1093/aob/mch063

Merlot S., and Giraudat J., (1997). **Genetic analysis of abscisic acid signal transduction.** Plant Physiol. 114: 751-757.

Meyers, R. L., and Meinke, L. J. (1994). **Buckwheat: a multi-purpose, short-season alternative** (1994).

Momma M, Kaneko S, Haraguchi K, Matsukura U., (2003).**Peptide mapping and assessment of cryoprotective activity of 26/27-kDa dehydrin from soybean seeds**. Biosci Biotechnol Biochem.; 67(8): 1832-1835.

Muchow, R. C., and Davis, R. (1988). **Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment II. Radiation interception and biomass accumulation.** *Field Crops Research, 18*(1), 17-30. doi: https://doi.org/10.1016/0378-4290(88)90056-1

Mullis, K., Faloona, F., Scharf, S., Saiki, R., Horn, G., and Erlich, H. (1992). **Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction**. *Biotechnology Series*, 17-17.

Nagaoka, T., and Ogihara, Y. (1997). **Applicability of inter-simple sequence repeat polymorphisms in wheat for use as DNA markers in comparison to RFLP and RAPD markers.** *Theoretical and Applied Genetics, 94*, 597-602.

Nei, M. (1987). **Molecular Evolutionary Genetics**. **Chapter 9: Genetic Distance Between Populations** (pp. 208-253): Columbia University Press.

Newton, C. R., and Graham, A. (1997). ***PCR*** (2nd ed ed.). Oxford, OX, UK : New York: BIOS Scientific Publishers

Nonami. H, and J. S. Boyer. (1990). **Wall extensibility and cell hydraulic conductivity decrease in enlarging stem tissues at low water potentials.** Plant physiol. 93:1610-1619.

Obeng, E., Cebert, E., Singh, B., Ward, R., Nyochembeng, L., and Mays, D. (2012). **Growth and grain yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) genotypes at different levels of nitrogen fertilization in the southeastern United States**. *Journal of Agricultural Science, 4*, 155-163. doi: 10.5539/jas.v4n12p155

Oumar, I., Mariac, C., Pham, J.-L., and Vigouroux, Y. (2008). **Phylogeny and origin of pearl millet (*Pennisetum glaucum* [L.] R. Br) as revealed by microsatellite loci**. *Theoretical and Applied Genetics, 117*(4), 489-497. doi: 10.1007/s00122-008-0793-4

Padhiyar, S., Supreeth, H., Solanki, R., Mungra, K., and Tomar, R. S. (2023). **Assessment of molecular diversity among Pearl Millet [*Pennisetum Glaucum* (l.) R. Br.] Maintainer (b) and restorer lines**. *Annals of Arid Zone, 62*, 55-63. doi: 10.59512/aaz.2023.62.1.6

Pages M., Vilardell J., Jensen A.B., Alba M. M., Torrent M., Goday A., (1993). **Molecular biological responses to drought in maize. In Global Enviromental Change, NATO Adv**. Sci. Inst. Ser., Vol. I 16, Interacting Stresses on Plants in a Changing Climate, ed. M. B. Jackson, C. R. Blake, Pp. 583-591.

Palta, J. A., and Fillery, I. R. P. (1995). **N application increases pre-anthesis contribution of dry matter to grain yield in wheat grown on a duplex soil**. *Australian Journal of*

Agricultural Research, 46(3), 507-518.

Pandey, R., Maranville, J., and Bako, Y. (2001). **Nitrogen fertilizer response and use efficiency for three cereal crops in Niger.** *Communications in Soil Science and Plant Analysis - COMMUN SOIL SCI PLANT ANAL, 32*, 1465-1482. doi: 10.1081/CSS-100104206

Parcy F., Valon C., Raynal M., Giraudat J., (1994). **Regulation of gene expression programs during Arabidopsis seed development roles of the ABI3 locus and of endogenous abscisic acid**. Plant Cell 6: 1567-1582.

Parmar, A., Tripathi, M., Tiwari, S., Tripathi, N., Parihar, P., and Pandya, R. (2023). **Characterization Of Pearl Millet [Pennisetum Glaucum (L.) R Br.] Genotypes Against Downey Mildew Disease Employing Disease In- dexing and ISSR Markers**. *Octa Journal of Biosciences, 10*(2), 134-142.

Paterson, A. H., Tanksley, S. D., and Sorrells, M. E. (1991). **DNA markers in plant improvement**. *Advances in agronomy, 46*, 39-90.

Ponnaiah, G., Gupta, S., Blümmel, M., Maheswaran, M., Sumathi, P., Atkari, D., . . . Duraisami, V. (2018). **Genotypic variation in forage linked morphological and biochemical traits in hybrid parents of Pearl Millet**. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 18, 163-175. doi: 10.5958/0974-181X.2018.00016.1

Portères, R. (1976). **Origins of African Plant Domestication.African Cereals: Eleusine, Fonio, Black Fonio, Tejf, Brachiaria, paspalum, Pennisetum, and African Rice**. In J. R. Harlan, J. M. J. D. Wet and A. B. L. Stemler (Eds.), *Origins of African Plant Domestication* (pp. 409-452). JAN M. J. DE WET and ANN B. L. STEMLER, Berlin, New York: De Gruyter Mouton.

Powell, J. B., and Burton, G. W. (1968). **Polyembryony in Pearl Millet, Pennisetum typhoides1**. *Crop Science, 8*(6), cropsci1968.0011183X000800060041x. doi: https://doi.org/10.2135/cropsci1968.0011183X000800060041x

Powell, W., Thomas, W. T. B., Baird, E., Lawrence, P., Booth, A., Harrower, B., . . . Waugh, R. (1997). **Analysis of quantitative traits in barley by the use of Amplified Fragment Length Polymorphisms**. *Heredity, 79*(1), 48-59. doi: 10.1038/hdy.1997.122

Prasad, S., Singh, M., and Singh, R. (2014). **Effect of nitrogen and zinc fertilizer on pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under agri-horti system of eastern Uttar Pradesh.** *The Bioscan, 9*(1), 163-166.

Pujarula, V., Pusuluri, M., Bollam, S., Das, R. R., Ratnala, R., Adapala, G., . . . Gupta, R. (2021). **Genetic Variation for Nitrogen Use Efficiency Traits in Global Diversity Panel and Parents of Mapping Populations in Pearl Millet**. *Frontiers in Plant Science, 12*.

Rafalski, J. A., Vogel, J. M., Morgante, M., Powell, W., Andre, C., and Tingey, S. V. (1996). **Generating and Using DNA Markers in Plants.** In B. Birren and E. Lai (Eds.), *Nonmammalian genomic analysis* (pp. 75-134). San Diego: Academic Press.

Rajendra Prasad, M. (2022). **Expression of a *Pennisetum glaucum* gene DREB2A confers enhanced heat, drought and salinity tolerance in transgenic Arabidopsis**. *Molecular Biology Reports, v. 49*(no. 8), pp. 7347-7358-2022 v.7349 no.7348. doi: 10.1007/s11033-022-07527-6

Rakesh, K., Umesha, C., and Balachandra, Y. (2021). **Influence of Nitrogen and Zinc Levels on Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L.).** *Biological Forum – An International Journal, 13*(1), 128-130.

Raymond, R. (2001). **Gen flow Junior targets youth for a better tomorrow**. *IPGRI, Annual*

Report, Rome , Italy., 22.

Reddy, S. B. P., Madhuri, K. N., Venkaiah, K., and Prathima, T. (2016). **Effect of Nitrogen and Potassium on Yield and Quality**. *International journal of Agriculture Research, Innovation and Technology, 4*, 2319-1473.

Roberts. J. K, N. A. Desimon, W. L. Lingle, and L. Dure. (1993). **Cellular concentrations and uniformity of cell- type accumulation of tow LEA proteins in cotton embryos**. Plant cell 5: 769-780.

Robertson. M. (2003). **Increased dehydrin promoter activity caused by Hv SPY is independent of the ABA response pathway.** Plant J. 34(1): 39-46

Rogers, S. O., and Bendich, A. J. (1989). **Extraction of DNA from plant tissues**. In S. B. Gelvin, R. A. Schilperoort and D. P. S. Verma (Eds.), *Plant Molecular Biology Manual* (pp. 73-83). Dordrecht: Springer Netherlands.

Rostamza, M., Chaichi, M., Jahansooz, M., Mashhadi, H., and Sharifi, H.-R. (2011). **Effects of Water Stress and Nitrogen Fertilizer on Multi-Cut Forage Pearl Millet Yield, Nitrogen, and Water Use Efficiency.** *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42*, 2427-2440. doi: 10.1080/00103624.2011.609252

Saghai – Maroof. M.A, R.B. Biyashev., G.P. Yang, Q. Zhang, and R.W. Allard. (1994). **Extraordinarily polymorphic microsatellite DNA in barley: species diversity, chromosomal locations, and population dynamics.** Proc Natl Acad Sci USA 91: 5466 -5470.

Saiki, R. K., Scharf, S., Faloona, F., Mullis, K. B., Horn, G. T., Erlich, H. A., and and Arnheim, N. (1985). **Enzymatic amplification of beta-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia**. *Science, 230*(4732), 1350-1354. doi: https://doi.org/10.1126/science.2999980

Sankar, S. M., Satyavathi, C. T., Singh, M., Bharadwaj, C., Singh, S. P., and Barthakur, S. (2013). **Genetic Variability and Association Studies in Pearl Millet for Grain Yield and High Temperature Stress Tolerance**. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development, 28*, 71-76.

Senthilvel, S., Jayashree B Fau - Mahalakshmi, V., Mahalakshmi V Fau - Kumar, P. S., Kumar Ps Fau - Nakka, S., Nakka S Fau - Nepolean, T., Nepolean T Fau - Hash, C., and Hash, C. (2008). **Development and mapping of simple sequence repeat markers for pearl millet from data mining of expressed sequence tags**. *BMC plant biology, 8*(1471-2229 (Electronic)), 119. doi: https://doi.org/10.1186/1471-2229-8-119

Serwer, P. (1983). **Agarose gels: Properties and use for electrophoresis**. *Electrophoresis, 4*(6), 375-382.

Shahin, M., Abdrabou, R. T., Abdelmoemn, W., and Hamada, M. M. (2013). **Response of growth and forage yield of pearl millet (*Pennisetum galucum*) to nitrogen fertilization rates and cutting height.** *Annals of Agricultural Sciences, 58*(2), 153-162.

Shepherd, K. D., Cooper, P. J. M., Allan, A. Y., Drennan, D. S. H., and Keatinge, J. D. H. (2009). **Growth, water use and yield of barley in Mediterranean-type environments**. *The Journal of Agricultural Science, 108*(2), 365-378. doi: 10.1017/S0021859600079399

Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K., (1996). **Molecular responses to drought and cold stress. Curr. Opin.** Biotechnology. 7:161-167.

Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K., (1997). **Gene expression and signal transduction in water-stress response.** Plant physiol**.** 115:327-334.

Shinozaki. K, and K. Yamaguchi – Shinozaki. (1997). **Molecular cold stress.** Curr. Opin.

Biotechnol . 7: 161-167.

Shivhare, R., and Lata, C. (2017). **Exploration of Genetic and Genomic Resources for Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Pearl Millet**. *Frontiers in Plant Science, 7*. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02069

Shixu Li, Zhao.Q, Zhu.D, and Jingjuan Yu. (2018). **A DREB-Like Transcription Factor From Maize (Zea mays), ZmDREB4.1, Plays a Negative Role in Plant Growth and Development.** PMCID: PMC5893645 doi: 10.3389/fpls.2018.00395

Singh, J., Reddy, P. S., Reddy, C. S., and Reddy, M. K. (2015). **Molecular cloning and characterization of salt inducible dehydrin gene from the C4 plant *Pennisetum glaucum***. *Plant Gene, 4*, 55-63. doi: https://doi.org/10.1016/j.plgene.2015.08.002

Singh, M., and Nara, U. (2023). **Genetic insights in pearl millet breeding in the genomic era: challenges and prospects**. *Plant Biotechnology Reports*. doi: 10.1007/s11816-022-00767-9

Singh, S., Yadav, Y., Yadav, H. P., and Yadav, N. (2014). **Studies on genetic variability and trait association for grain yield and its components in Pearl Millet [Pennisetum Glaucum (L.) R. Br.]**. *Forage research, 40*, 91-94.

Singh, V.P. and Arora, A. (2001). **Intraspecific variation in nitrogen uptake and nitrogen utilization efficiency in wheat (Triticum aestivum L**.). Crop Sci. 186: 239-244.

Smil, V. (2000). **Nitrogen in Agriculture**. In V. Smil (Ed.), *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production* (pp. 0): The MIT Press.

Sneath, P. H., and Sokal, R. R. (1973). **Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification.**

Springer.

Srivastava, J., and Damania, A. (1989). **Use of collections in cereal improvement in semi-arid areas**. *The use of plant genetic resources.*, 88-104.

Srivastava, R., Kushwah, R. B. S., Lakshmi, V., Bollam, S., Pusuluri, M., Tara, T., . . . Gupta, R. (2019). **Genome-wide association studies (GWAS) and genomic selection (GS) in pearl millet: advances and prospects**. *Frontiers in Genetics*. doi: 10.3389/fgene.2019.01389

Stich, B., Haussmann, B. I., Pasam, R., Bhosale, S., Hash, C. T., Melchinger, A. E., and Parzies, H. K. (2010**). Patterns of molecular and phenotypic diversity in Pearl Millet [*Pennisetum Glaucum* (l.) R. Br.] From west and central africa and their relation to geographical and environmental parameters**. *BMC plant biology*, *10*(1), 1-10.

Sunil, C., Rawson, A., and Anandharamakrishnan, C. (2022). **Millets: an overview**. *Handbook of Millets-Processing, Quality, and Nutrition Status*, 1-21.

Suresh, G., Guru, G., and Lokanadhan, S. (2020). **Effect of plant growth regulators and nutrient levels on yield attributes and yield of Pearl Millet**. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9*(6), 306-311.

Talasila, V., Rajesh Singh, Kishore, C. R., and and Singh, A. C. (2019). **Effect of planting density and nitrogen levels on growth and yield of Fodder Pearl millet (*Pennisetum Glaucum* L.).** *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8*(7), 312-318. doi: https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807.038

Tautz, D., and Renz, M. (1984). **Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes.** *Nucleic acids research, 12*(10), 4127-4138.

Taylor, J. R. N. (2016). **Millet Pearl: overview**. In C. Wrigley, H. Corke, K. Seetharaman and J. Faubion (Eds.), *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)* (pp. 190-198). Oxford:

Academic Press.

Teulat. B, N. Zoumarou - Wallis, B. Rotter, M. Ben Salem, H. Bahri, and D. This. (2003). **QTL for relative water content in field- grown barley and their stability across Mediterranean environments.** Theor Apple Genet. 108 (1): 181 – 188.

Togas, R., Yadav, L. R., Choudhary, S. L., and Shisuvinahalli, G. V. (2017). **Effect of integrated use of fertilizer and manures on growth, yield and quality of Pearl Millet**. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6*, 2510-2516. doi: 10.20546/ijcmas.2017.608.297

Varshney, R., Shi, C., Thudi, M., Cedric, M., Wallace, J., Qi, P., . . . Xu, X. (2017). **Pearl millet genome sequence provides a resource to improve agronomic traits in arid environments**. *Nature Biotechnology, 35*. doi: 10.1038/nbt.3943

Velten J and Oliver MJ., (2001). **Tr288, a rehydrin with a dehydrin twist**. Plant Mol Biol.; 45(6):713-722.

Venkatesan, J., Ramu, V., Sethuraman, T., Sivagnanam, C., & Doss, G. (2021**). Molecular marker for characterization of traditional and hybrid derivatives of Eleusine coracana (L.) using ISSR marker.** *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 178. doi: 10.1186/s43141-021-00277-1

Wang, P., Wang, H., Wang, Y., Ren, F., and Liu, W. (2018). **Analysis of BHLH genes from Foxtail Millet (*Setaria Italica*) and their potential relevance to drought stress**. *PLOS ONE, 13*(11), e0207344. doi: 10.1371/journal.pone.0207344

Weising, K., and Gardner, R. C. (1999). **A set of conserved PCR primers for the analysis of simple sequence repeat polymorphisms in chloroplast genomes of dicotyledonous angiosperms**. *Genome, 42*(1), 9-19. doi: 10.1139/g98-104

Whitsitt MS, Collins RG, Mullet JE., (1997). **Modulation of Dehydration Tolerance in Soybean Seedlings (Dehydrin Mat1 Is Induced by Dehydration but Not by Abscisic Acid.** Plant Physiol. 114(3):917-925.

Winslow, M., and Thomas, R. (2007). **Desertification in the middle east and north africa: warning signs for a global future**. *Agriculture and Rural Development, 14*(1), 10-12.

Yadav, M., Jadav, N., Kumar, D., Raval, C., and Chaudhari, D. (2021a). **Effect of different nutrient management practices on growth, yield attributes and yield of transplanted Pearl Millet (*Pennisetum Glaucum* L.).** *International Journal of Plant and Soil Science, 33*, 260-266. doi: 10.9734/IJPSS/2021/v33i2230704

Yadav, O. P., Gupta, S. K., Govindaraj, M., Sharma, R., Varshney, R. K., Srivastava, R. K., . . . Mahala, R. S. (2021b). **Genetic Gains in Pearl Millet in India: Insights Into Historic Breeding Strategies and Future Perspective**. *Frontiers in Plant Science, 12*. doi: 10.3389/fpls.2021.645038

Yadav, O., Upadhyaya, H., Reddy, K., Jukanti, A., Pandey, S., and Tyagi, R. (2017). **Genetic resources of pearl millet: status and utilization.** *Indian Journal of Plant Genetic Resources, 30*(1), 31-47. http://doi.org/10.5958/0976-1926.2017.00004.3

Yang, R., Chen, M., Sun, J.-C., Yu, Y., Min, D.-H., Chen, J., . . . Zhang, X.-H. (2019). **Genome-Wide Analysis of LIM Family Genes in Foxtail Millet (Setaria italica L.) and Characterization of the Role of SiWLIM2b in Drought Tolerance**. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(6). http://doi.org/10.3390/ijms20061303

Yang, S., Wang, L., Akhtar, K., Ahmad, I., and Khan, A. (2022). **Optimizing nitrogen fertilization and variety for millet grain yield and biomass accumulation in dry regions.** *Agronomy, 9*, 1-13. doi: 10.3390/agronomy12092116

Yu, Z., Wang, X., and Zhang, L. (2018). **Structural and functional dynamics of dehydrins: a plant protector protein under abiotic stress**. *International Journal of Molecular Sciences, 19*(11), 3420.

Zhong, C. Y., Cheng, A. C., Wang, M. S., Zhu, D. K., Luo, Q. H., De Zhong, C., . . . Duan, Z. (2009). **Antibiotic susceptibility of riemerella anatipestifer field isolates**. *Avian diseases, 53*(4), 601-607.

Zietkiewicz, E., Rafalski, J., and Labuda, D. (1994**). Genome fingerprinting by simple sequence repeat (ssr)-anchored polymerase chain reaction amplification**. *Genomics, 20*, 176-183. doi: 10.1006/geno.1994.1151

Abstract

The study was carried out in Abu Jerash farm at Agricultural college , Damascus university, during two agricultural seasons 2020/2021 and 2021/2022, with the aim of studying the response of six introduced pearl millet genotypes to different nitrogen fertilizations' rates (control, 20, 40, and 60 kg.Nha^{-1}), depending on some morphological, biochemical and productive traits. The experiment was carried out according to a SPLIT-RCBD design, with three replications for each treatment and genotype. The genetic study was carried out in the biotechnology laboratory of Agricultural college , Damascus university, and the genetic relationship between the studied genotypes was determined using ISSR technique.

The results of the statistical analysis showed that there were significant differences between the different nitrogen fertilization treatments on the studied traits, where fertilization treatment (60 kg.ha^{-1}) surpassed in all the studied traits in both seasons. As for the genotypes, IP5284 genotype surpassed in the traits, leaf area (5648.5 cm^2. plant^{-1}), panicle length (28.83 cm), thousand seed weight (29.80 g), grain yield (9910.4 kg.ha-1), harvest index (23.26%) in both seasons, while the lowest significantly was IP11670. As for the interaction, IP5284 genotype at nitrogen fertilization rate of (60 kg N.ha-1) outperformed the rest of the studied genotypes under the influence of other fertilization treatments in seed weight per plant (226.5g), thousand seed weight (30.33g), grain yield (11325kg.ha^{-1}) and Biological yield (46033 kg.ha^{-1}).

It was noticed that there was a difference in the concentration of the total soluble proteins in the genotypes used under the influence of the nitrogen fertilization treatments, where genotype IP5284 surpassed at the fertilization rate (60 kg N. ha^{-1}) in the concentration of the total proteins compared to the other treatments, and by analyzing the degree of genetic relationship depending on the morphological traits, it was found that the lowest relationship degree was observed between genotypes IP11670 and IP5284, while the highest was observed between genotypes IP15292 and IP15293.

There were positive and highly significant correlations between leaf area and grain weight per plant (r = 0.95**), leaf area and biological yield (r = 0.92**), panicle length and thousand seed weight (r = 0.83*), tillers number and total dry weight per plant (r = 0.99**), grain

weight per plant and biological yield (r = 0.91**), thousand seed weight and total soluble protein concentration (r = 0.88 *), biological yield and harvest index (r=0.88*).

To determine the genetic relationship between the studied pearl millet genotypes, 20 pairs of ISSR primers were used, where 15 pairs proved effective in distinguishing and showing polymorphism between the studied genotypes. The amplification products gave approximately 59 alleles, with an average of 3.933, of which 56 band were morphologically distinct with an average of 3.733. The number of bands per primer ranged from one band as minimum number with primer (ISSR32) and 5 with primers (ISSR1, ISSR6, ISSR9, ISSR13, ISSR33), with an average of 3.933 bands per primer. For each primer, the polymorphism information content (PIC) ranged from 66.66% with prefix ISSR15 to 100% with The prefix ISSR3, ISSR5, ISSR6, ISSR7, ISSR8, ISSR9, ISSR13, ISSR14, ISSR32, ISSR33, ISSR35, ISSR40, with an average of (94.77%). It was also observed through the percent disagreement values (PDV) matrix that IP6867 and IP15294 are the genetically furthest away, while IP5284 and IP11670 are genetically closest. By comparing the morphological tree based on the studied field traits and the molecular dendrogram for the studied types of millet, it was revealed that the separation of the studied Millet genotypes in the molecular dendrogram did not coincide with their separation in the morphological tree, and this indicates that the studied types are environmental types and not genotypes.

In the study of dehydrin and DREB genes allelic variations, Dhn9 gene was superior in the number of alleles it gave, amounting to 6 alleles with all the studied genotypes within one morphotype, followed by Dhn1 gene with 4 alleles within two morphotypes, while the DREB7 gene was superior in the number of alleles which it gave, amounting to 7 alleles with the studied genotypes within two morphotypes, while DREB1 gene gave the least number of alleles, amounting to two alleles with the studied genotypes within one morphotype only, and genotype IP5284 had the largest number of alleles (7 alleles), followed by the genotype IP6867 with 6 alleles, this indicates that they are more drought tolerant genotypes, while the IP11670 genotype had the least number of alleles (only two), and by studying the regression coefficient, it was found that there is a correlation between DREB7 gene and the concentration of total soluble proteins.

Keywords: millet, nitrogen fertilization, total soluble proteins concentration, ISSR, allelic variations, dehydrin genes, DREB

Syrian Arab Republic

Damascus university

Agricultural college

Department of Field Crops

Studying the adaptive ability of some introduced genotypes of Pearl Millet (*Pennisetum glaucum* L) in response to some agricultural practices and their characterization using molecular markers

requirements for the A dissertation submitted in Field Crops of the degree of Ph.D. in Field Crops Sciences

by

Kinana Yassin Hassoun

Co-Supervisor

Dr. Yuesef Nemer

Assistant Prof. Faculty of Agriculture

Department of Field Crops

Damascus University

Supervisor

Dr. Salam Lawand

Assistant Prof. Faculty of Agriculture

Department of Field Crops

Damascus University

Damascus - 2023