



جامعة الزاوية
إدارة الدراسات العليا والتدريب
كلية العلوم
قسم الأحياء – شعبة علم النبات

**دراسة المقدرة على استعادة النمو لأصناف القمح الصلب المعرضة
للجفاف في المراحل المتقدمة من نمو المحصول**
**Study on the Capacity of Growth Recovery in
Durum Wheat Varieties Subjected to Drought
at Advanced Stages of Crop Development**

مقدّم من الطالب: مولود علي محمد الفزاني

مشرف ثاني:

د. آمال فرج احتيوش

الدرجة العلمية: أستاذ مشارك

مشرف اول:

د. عمر الطاهر التومي

الدرجة العلمية: استاذ مساعد

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات الإجازة العالية الماجستير بتاريخ 2026/03/04م

الموافق 15 رمضان 1447هـ قسم الأحياء كلية العلوم جامعة الزاوية

الإقرار:

أقر أنا: **مولود علي محمد الفزاني**، بأنّ ما اشتملت عليه هذه الرسالة إنّما هو نتاج جهدي الخاص، باستثناء ما تمت الإشارة إليه حيثما ورد، وأنّ هذه الرسالة ككل أو أي جزء منها لم يقدّم من قبلي لنيل أي درجة علمية، أو بحث علمي لدى أي مؤسسة تعليمية أو بحثية أخرى، وللجامعة حق توظيف الرسالة والاستفادة منها مصدرًا مرجعيًا للمعلومات؛ لغرض الاطلاع أو الإعارة أو النشر، بما لا يتعارض وحقوق الملكية الفكرية المقرّرة بالتشريعات النافذة.

التوقيع

التاريخ / / 2026م

الملخص:

تُعد قضايا الجفاف وتغير المناخ من التحديات الرئيسية التي تواجه إنتاج القمح الصلب *Triticum durum*، مما يستلزم فهمًا عميقًا لاستجابة الأصناف المختلفة للإجهاد المائي. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم القدرة الفسيولوجية والمورفولوجية لستة أصناف من القمح الصلب على استعادة النمو بعد تعرضها للإجهاد المائي خلال مرحلة امتلاء الحبوب، التي تعدّ المرحلة الأكثر حساسية في دورة حياة النبات؛ نظرًا لتأثيرها المباشر على الكفاءة الإنتاجية. تم تنفيذ التجربة في محطة صفيت للبحوث الزراعية خلال موسم خريف (2023-2024)، باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. وخلال التجربة، تم إيقاف الري لمدة خمسة وعشرين يومًا لتعريض النباتات للإجهاد المائي، ثم استؤنف الري بعد انتهاء فترة الجفاف لمتابعة استجابة النباتات وقدرتها على استعادة نموها. شملت الدراسة قياس عدد من الصفات الحيوية، مثل: قوة النمو الأولية للبادرات، ارتفاع النبات، عدد التفرعات، مساحة الورقة، عدد السنابل، ووزن ألف حبة. بالإضافة إلى ذلك، أُجري تحليل كيميائي لمحتوى النباتات من الكلوروفيل (A) و(B)، البرولين، والسكر، لتحديد التغيرات الفسيولوجية، والبيوكيميائية الناتجة عن الإجهاد المائي. أظهرت النتائج وجود فروق معنوية بين الأصناف في قدرتها على مقاومة الجفاف واستعادة النمو، حيث تميزت السلالتان (B49DYT.17) و(B49DYT.2)، بالإضافة إلى الصنف (كريم) بقدرتها العالية على التكيف. وتجلت هذه القدرة في احتفاظها بمستويات مرتفعة من الكلوروفيل والبرولين مقارنةً بالأصناف الأخرى؛ حيث بلغت الفروق المعنوية في تركيز الكلوروفيل بين المعاملتين البعلية والمروية (0.03 مقابل 0.007) للسلالة B49DYT.17، و(0.03 مقابل 0.006) للسلالة B49DYT.2. كما كان الصنف (B49DYT.2) هو الأكثر احتفاظًا بالبرولين، حيث بلغت قيمته 124 ميكروغرام/غرام في ظروف الجفاف. إن هذا الاحتفاظ بمستويات عالية من الكلوروفيل تحت الإجهاد يعكس قدرة هذه الأصناف على حماية جهازها الضوئي والحفاظ على كفاءة عملية البناء الضوئي، مما يعزز من قدرتها على التعافي والنمو بعد زوال الإجهاد. كما تشير النتائج إلى أن قدرة الأصناف على استعادة النمو بعد الإجهاد ترتبط ارتباطًا وثيقًا بكفاءة استخدام الموارد المائية.

تساهم هذه الدراسة في تعزيز الفهم العلمي لآليات تحمل الجفاف في القمح الصلب، مما يمكن أن يسهم في تطوير استراتيجيات زراعية فعالة لتحسين إنتاجية القمح في المناطق المعرضة للجفاف. بالإضافة إلى ذلك، توفر النتائج معلومات قيمة للمربين والباحثين في مجال الزراعة لتحسين التنوع الوراثي واختيار الأصناف الأكثر ملاءمة للزراعة في الظروف المناخية المتغيرة. توصي الدراسة بضرورة إدراج هذه الأصناف ضمن برامج التحسين الوراثي لمقاومة الإجهادات غير الحيوية، خصوصًا في البيئات الجافة وشبه الجافة، بما يسهم في تحقيق الاستدامة الزراعية والأمن الغذائي وتقليل الاعتماد على الواردات.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب *Triticum durum*، الجفاف، استعادة النمو، الإنتاجية.

Abstract

Drought and climate change are major challenges facing durum wheat (*Triticum durum*) production, requiring a deep understanding of how different varieties respond to water stress. This study aims to evaluate the physiological and morphological ability of six durum wheat varieties to recover growth after exposure to water stress during the grain-filling stage, which is considered the most sensitive stage in the plant's life cycle due to its direct impact on productivity. The experiment was conducted at the SOFEAT Agricultural Research Station during 2023-2024 growing season, using a completely randomized block design. During the experiment, irrigation was suspended for twenty-five days to subject the plants to water stress, and then irrigation was resumed after the dry period to monitor the plants' response and their ability to recover growth. The study included measuring several biological characteristics, such as seedling vigor, plant height, number of branches, leaf area, number of spikes, and thousand-grain weight. Additionally, chemical analysis was performed on the plants' chlorophyll a and b content, proline, and sugars to identify physiological and biochemical changes resulting from water stress.

The results showed significant differences between the varieties in their ability to resist drought and restore growth, as the two lines (B49DYT.17) and (B49DYT.2) in addition to the variety (Kareem) were distinguished by their high ability to adapt. This ability was manifested in its retention of high levels of chlorophyll and proline compared to other varieties; the significant differences in chlorophyll content between the rainfed and irrigated treatments were (0.03 vs. 0.007) for line B49DYT.17, and (0.03 vs. 0.006) for line B49DYT.2. The variety (B49DYT.2) also exhibited the highest proline retention, reaching 124 $\mu\text{g/g}$ under drought conditions. This high chlorophyll retention under stress reflects the ability of these varieties to protect their photosynthetic system and maintain efficient photosynthesis, thus enhancing their recovery and growth capacity after the stress subsides. The results also indicate that the ability of varieties to recover growth after stress is closely related to the efficiency of water resource use. This study contributes to enhancing the scientific understanding of drought tolerance mechanisms in durum wheat, which can contribute to the development of effective agricultural strategies to improve wheat productivity in drought-prone areas. In addition, the results provide valuable information for breeders and researchers in the field of agriculture to improve genetic diversity and select varieties best suited for cultivation in changing climatic conditions. The study recommends that these varieties be included in genetic improvement programs to resist abiotic stresses, especially in arid and semi-arid environments, in order to contribute to achieving agricultural sustainability, food security and reducing dependence on imports.

Key words: Drought; Wheat *Triticum durum*; growth recovery; productivity.

الإهداء

إلى من منحوني الثقة والدعاء والدعم بلا حدود...

إلى أهلي الأكارم ...

إلى أساتذتي الأفاضل، الذين نهلت منهم علمًا وأخلاقًا...

إلى كل من ساندني ووقف معي خلال مسيرتي العلمية...

أهدي ثمرة هذا الجهد المتواضع...

الباحث

شكر وتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، فما كان لهذا العمل أن يرى النور لولا فضل الله وتوفيقه أولاً وأخراً. وإنه ليس لي أن أدعي تفرّدي بإنجاز هذا البحث، بل هو ثمرة جهد مشترك وعون كريم من أساتذة أجلاء، وأصدقاء أوفياء، وأهل صابرين فضلاء، بذلوا ما في وسعهم من البدء إلى الختام في سبيل إتمام هذا العمل.

أتوجّه بجزيل الشكر وعظيم الامتنان إلى مشرفي الفاضلين، الأستاذ الدكتور/ عمر طاهر التومي، والأستاذة الدكتورة/ آمال فرج أحتيوش، اللذين تفضّلاً بالإشراف على هذه الرسالة. لقد غمراني بفيض خبرتهما وغزير علمهما، ولم يبخلا بوقتتهما وجهدهما الثمين رغم كثرة أعبائهما ومسؤولياتهما. فلهما مني كل التقدير والعرفان، وأسأل الله أن يجزيهما عني خير الجزاء، وأن يبارك لهما في علمهما وعمرهما، ويديم عليهما موفور الصحة والعافية، كما يطيب لي أن أتقدم بخالص الشكر إلى كل من: الأستاذ الدكتور/ خليفة زنين، والأستاذ/ عبد الباسط الشريف، عضو هيئة التدريس بجامعة غريان.

ويمتد شكري وتقديري إلى الدكتور/ مختار عقوب مدير محطة البحوث الزراعية - مصراتة، والمهندس/ حسن تنتون مشرف التجارب (بالمحطة)، والمهندس / سالم الطوباشي المدير الحالي لمحطة صفيت البحثية، والمدير السابق المهندس/ خالد عبود، داعياً بالرحمة والمغفرة له، والشكر موصول لجميع المهندسين والفنيين في المحطة على تعاونهم المثمر.

ولا يفوتني أن أتوجه بوافر الشكر والامتنان إلى الأستاذ/ حسين الطالب، والمهندسة/ آمال الأزرق، الباحثين بمختبر تحليل التربة في مركز البحوث الزراعية والحيوانية - طرابلس)، على ما قدماه لي من عون ومساعدة قيمة في إجراء تحاليل التربة بمعامل المركز، وأيضاً إلى الأستاذ/ عادل الشريف، والأستاذة/ ربيعة الفزاني، والباحث/ علاء الدين بيترو، والباحث/ منير ضو بجامعة الزاوية و م. / انتصار الجليدي، الباحثة بكلية الزراعة بالريانية، على ما قدموه لي من مدّ يد العون والمساعدة لإنجاز هذا العمل.

كما نتوجه بالشكر لإدارة الدراسات العليا وعلى رأسهم الدكتوراه احلام راشد على تسهيل اجراءات هذه الدراسة.

وفي الختام، أتقدم بجزيل الشكر وعظيم التقدير لأعضاء لجنة المناقشة الموقرة على تفضلهم بقبول مناقشة هذه الرسالة وإثرائها بملاحظاتهم القيمة.

الباحث

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
الإقرار:.....	أ.....
الملخص:.....	ب.....
Abstract.....	ج.....
الإهداء.....	د.....
شكر وتقدير.....	ه.....
فهرس المحتويات.....	و.....
قائمة الأشكال.....	ط.....
قائمة الجداول.....	ك.....
قائمة الملاحق.....	ل.....
1. المقدمة Introduction.....	1.....
1.1. مشكلة الدراسة.....	2.....
2.1 أهمية الدراسة.....	2.....
3.1 الفرضيات Hypotheses.....	3.....
4.1 الأهداف Objectives.....	3.....
2. الدراسات السابقة Literature Review.....	4.....
1.2 نبات القمح Wheat Plant.....	4.....
1.1.2 المنشأ الوراثي لنبات القمح.....	4.....
2.1.2 المنشأ الجغرافي لنبات القمح.....	5.....
3.1.2 الأهمية الاقتصادية للقمح.....	5.....
4.1.2 أنواع القمح.....	6.....
5.1.2 زراعة القمح في ليبيا.....	7.....
6.1.2 التركيب الكيميائي للقمح.....	8.....
7.1.2 الوصف المورفولوجي للنبات القمح.....	9.....
8.1.2 بيئة نمو القمح.....	10.....
9.1.2 العوامل البيئية المؤثرة على نمو وإنتاجية القمح.....	11.....

11	1.9.1.2 تأثير الحرارة على نبات القمح
12	2.9.1.2 تأثير الإجهادات اللاحيوية على القمح
12	3.9.1.2 تأثير الملوحة على نبات القمح
13	4.9.1.2 تأثير الضوء على نبات القمح
13	5.9.1.2 تأثير الإجهاد المائي على القمح
14	2.2 الجفاف Drought
14	1.2.2 مفهوم الجفاف
15	2.2.2 أسباب حدوث الجفاف
15	1.2.2.2 الاستجابات الفسيولوجية Physiological Responses :
15	2.2.2.2 التغيرات الكيميائية الحيوية Biochemical Changes :
15	3.2.2.2 العوامل الجينية تعبير الجينات :
15	3.2.2 أهمية ودور الماء في النبات
16	4.2.2 تأثير الجفاف على النبات
17	1.4.2.2 تأثير الجفاف على الإنبات
17	2.4.2.2 تأثير الجفاف على نمو النبات
18	3.4.2.2 تأثير الجفاف على المحتوى الكيميائي للنبات
19	5.2.2 المعايير المورفولوجية في ظل الإجهاد المائي
19	1.5.2.2 الورقة:
19	2.5.2.2 التركيب الضوئي
20	3.5.2.2 الجذور:
21	3. المواد وطرق البحث Materials and Methods
21	1.3 التجربة وظروف إجرائها:
23	2.3 الصفات المدروسة
23	1.2.3 قوة النمو الأولى للبادرات Seedling early vigor :

23	.....	Plant height (سم) ارتفاع النبات
24	.....	3.2.3 زاوية توضع الأوراق العلوية على الساق الرئيس:
24	.....	4.2.3 مساحة الورقة العلمية Flag leaf area (سم ²):
24	.....	5.2.3 دليل المساحة الورقية Leaf Area Index (LAI):
24	.....	6.2.3 الوزن الجاف للنبات (غ) Plant dry weight:
24	.....	7.2.3 الصفات المرتبطة بالإنتاجية Yield associated traits:
25	.....	8.2.3 التحاليل الكيميائية
25	.....	1.8.2.3 محتوى الكلوروفيل a و b
25	.....	2.8.2.3 محتوى السكريات الكلية
27	.....	3.8.2.3 محتوى البرولين
27	.....	3.3 التصميم والتحليل الإحصائي
28	.....	4. النتائج Results
28	.....	1.4 قوة النمو الأولى للبادرات Seedling early vigor:
35	.....	2.4 الصفات المرتبطة بالإنتاجية Yield associated traits:
36	.....	3.4 التحاليل الكيميائية
40	.....	5. المناقشة Discussion
40	.....	1.5 الصفات المرتبطة بالنمو Growth traits
43	.....	2.5 الصفات المرتبطة بالإنتاجية Yield traits
43	.....	3.5 الصفات الكيميائية Chemical traits
46	.....	6. الخاتمة Conclusion
48	.....	7. المراجع References
57	.....	8. الملاحق Appendices

- شكل1: الأصل الوراثي للقمح الصلب (*Triticum durum* Desf) (Croton et Williams,1981) 4
- شكل2: مورفولوجيا نبات القمح (Bogard .2011) 10
- شكل3: أنواع الإجهادات (Gravet,2007) 14
- شكل4: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط طول النبات لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 30
- شكل5: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط عدد التفرعات لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كم تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 30
- شكل6: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط طول السفا لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 31
- شكل7: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط عدد البذور للسنبلة لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 31
- شكل8: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط وزن السنبل لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 32
- شكل9: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط وزن البذور لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 32
- شكل10: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط وزن 1000 حبة لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 33
- شكل11: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط طول الساق لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 33
- شكل12: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط زاوية توضع الأوراق لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 34
- شكل13: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط مساحة ورقة العلم لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 35
- شكل14: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على متوسط مساحة ورقة العلم لست من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري. 35

شكل15: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على محتوى السكر لسته من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري 36

شكل16: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على محتوى الكلوروفيل A لسته من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري 38

شكل17: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على محتوى الكلوروفيل B لسته من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري 38

شكل18: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط البرولين لسته من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري 39

قائمة الجداول

الصفحة	الجدول
8.....	جدول 1: التركيب الكيميائي لحبة القمح (Feillet,2000).
22.....	جدول 2: نتائج تحليل عينات التربة (PH ،EC ،TDS)
22.....	جدول 3: نتائج تحليل الإملح المذابة في التربة.
23.....	جدول 4 تدرج قوة النمو الأولى للبادرات
جدول 5: تقييم قوة النمو الأولى للبادرات لأصناف القمح الصلب تحت نظامي الزراعة البعلية والمروية	29.....
29.....	جدول 6 القيم الاحتمالية للفروقات بين المعاملات والإصناف والتداخل.
35.....	جدول 7: ترتيب النباتات. حُسب سماكة الساق الرئيسي.
37.....	جدول 8: متوسط القيم لبعض الصفات المرتبطة بالإنتاجية لستة من سلالات وأصناف القمح الصلب.
جدول 9: القيم الاحتمالية لتأثير نظام الري (بعلي ، مروى) والنمط الجيني (الاصناف) على الصفات	37.....
37.....	الكيميائية لنبات القمح

قائمة الملاحق

الصفحة	الملحق
57	ملحق 1: صفات المقدررة على استعادة النمو بعد حساب دليل الحصاد 2024
58	ملحق 2: بعض الأجهزة المستخدمة في الدراسة
59	ملحق 3: دراسة بعض الخصائص لتربة الحقل
60	ملحق 4: دراسة بعض الخصائص الفسيولوجية
61	ملحق 5: فترة إعداد الحقل ثم الحقل المعرض للأجهاد (فترة إيقاف الري لمدة 25 يوما)
63	ملحق 6: خارطة الزراعة والأصناف المستخدمة

جدول المختصرات (List of Abbreviations)

المختصر	الإنجليزية باللغة المصطلح	العربية باللغة المعنى
RCBD	Randomized Complete Block Design	الكاملة القطاعات تصميم العشوائية
TDS	Total Dissolved Solids	الكلية الذائبة الصلبة المواد
HI	Harvest Index	الحصاد دليل
LAI	Leaf Area Index	الورقية المساحة دليل

1. المقدمة Introduction

يُعد القمح من أهم المحاصيل الغذائية الاستراتيجية على مستوى العالم، حيث يُشكّل مصدرًا رئيسيًا للطاقة والغذاء لأكثر من 57% من سكان الأرض، ويحتل مكانة محورية في الأمن الغذائي العالمي. ويُزرع القمح في أكثر من 217 مليون هكتار سنويًا، وتُقدّر إنتاجيته بنحو 749 مليون طن حُسب إحصائيات منظمة الأغذية والزراعة لعام 2019 (FAO, 2020). وينقسم القمح إلى نوعين رئيسيين، هما: القمح اللين *Triticum aestivum* المستخدم في صناعة الخبز، والقمح الصلب *Triticum durum*، الذي يُستخدم في إنتاج المعكرونة، وذلك لاختلاف تركيب بروتين الغلوتين في كلٍ منهما (Shewry & Hey, 2015؛ حمودة، 2017). وقد شهدت إنتاجية القمح زيادة ملحوظة على مر العقود، مع تصدر دول مثل الصين والهند وروسيا للمشهد العالمي؛ حيث بلغ إنتاج العالم من حبوب القمح نحو 626 مليون طن، من مساحة تُقدّر بنحو 216 مليون هكتار (FAO, 2007)، في حين أشارت إحصائية أحدث عام 2019، إلى إنتاج بلغ 749 مليون طن (FAO, 2020؛ Jiang, 2022).

ورغم هذا التقدم المحقق في إنتاجية القمح عالميًا، فإن هذا المحصول ما يزال يواجه تحديات بيئية ومناخية حادة، يأتي على رأسها الإجهاد المائي (الجفاف)، ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة. فعند تعرض النبات للجفاف، تتغير التوازنات الأسموزية داخل الخلايا، مما يؤدي إلى فقد الماء، وانكماش البروتوبلازم، وظهور أضرار فسيولوجية تؤثر على السمات الشكلية للنبات كطول الساق، عدد السنابل، مساحة الأوراق، وأخيرًا الغلة النهائية.

وعلى المستوى المحلي، تتفاقم خطورة هذه المشكلة في ليبيا، حيث تُعد زراعة القمح نشاطًا زراعيًا حيويًا واستراتيجيًا، يحتل المرتبة الأولى بين المحاصيل الحقلية من حيث الأهمية. إلا أن هذا القطاع يعاني من تحديات بيئية ومواردية معقدة. وتشير الإحصاءات إلى أن الإنتاج المحلي لا يغطي سوى حوالي 27% من الاحتياج السنوي، بمتوسط إنتاجية يبلغ 1.25 طن/هكتار، مقارنة بالمتوسط العالمي البالغ 4.6 طن/هكتار (Alabasi, 2018)، مما يضطر البلاد إلى استيراد ما يزيد على 1.46 مليون طن سنويًا من القمح (Elkhouly & Shefsha, 2023). وتعود أسباب ضعف الإنتاج المحلي إلى عدد من العوامل البيئية والمناخية، أبرزها: محدودية الأراضي الزراعية، انخفاض خصوبة التربة، التصحر، تملح التربة نتيجة تسرب مياه البحر، والأهم من ذلك شحّ الموارد المائية، وتكرار نوبات الجفاف (Abagandura & Park, 2016؛ Faraj et al., 2020). كما أن الممارسات الزراعية التقليدية ماتزال ذات كفاءة فنية منخفضة نسبيًا (0.69)، مما يُفاقم من تدني الإنتاجية (Buba et al., 2017).

وفي ظل هذه التحديات، يُعدّ الإجهاد المائي (الجفاف) أحد أبرز المعوقات التي تؤثر سلبيًا في نمو وإنتاجية القمح، لا سيما في نظم الزراعة المطرية التي تعتمد على الهطول غير المنتظم كما هو الحال في ليبيا. ولأن ليبيا تقع ضمن المناطق الجافة، فإن العديد من المحاصيل، ومن ضمنها القمح،

تواجه إجهادات بيئية متعددة، تشمل الجفاف وارتفاع درجات الحرارة والملوحة. ونظرًا لاختلاف استجابة النباتات لهذه الظروف باختلاف الأنواع، بل وداخل النوع النباتي الواحد (راشد احتيوش، 2021)، فقد أصبح من الضروري تحديد الأصناف الأكثر مقاومة لهذه الظروف، وبالأخص مقاومة الجفاف. ومن هذا المنطلق، تبرز الحاجة إلى دراسة القدرة على استعادة النمو لأصناف القمح الصلب المعرضة للجفاف في المراحل المتقدمة من نمو المحصول، باعتبارها خطوة مهمة نحو دعم برامج تطوير زراعة القمح في ليبيا، وتحقيق الأمن الغذائي من خلال تحسين كفاءة الإنتاج المحلي.

1.1. مشكلة الدراسة

تواجه ليبيا فجوة كبيرة بين إنتاج القمح واستهلاكه، ويرجع ذلك إلى مجموعة من العوامل البيئية والمواردية، إلا أن "الجفاف" يظل العامل الأشد تأثيرًا في تدني الإنتاجية. ويُعدّ ضعف قدرة الأصناف المزروعة على التعافي بعد التعرض للإجهاد المائي، أحد أهم المحددات التي تحد من كفاءة الزراعة وإنتاجيتها. وانطلاقًا من ذلك، تتمحور هذه الدراسة حول السؤال البحثي الرئيس: ما مدى قدرة أصناف القمح الصلب المختلفة على استعادة نموها (Recovery) بعد التعرض للإجهاد المائي في المراحل المتقدمة من النمو؟

2.1 أهمية الدراسة

تكتسب هذه الدراسة أهميتها من كونها تسلط الضوء على صفة "القدرة على استعادة النمو"، وهي مؤشر حيوي يساعد على تقييم درجة تحمّل أصناف القمح للجفاف. وتُعد هذه الصفة أساسًا لاختيار الأصناف الأكثر تكيفًا مع الظروف البيئية القاسية، مما يسهم في تحسين الإنتاجية وتعزيز الأمن الغذائي المحلي، خاصة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة.

3.1 الفرضيات Hypotheses

1. للجفاف تأثير سلبي واضح في الصفات الشكلية والفسولوجية لأصناف القمح الصلب، خصوصًا قدرتها على استعادة النمو بعد الإجهاد المائي.
2. تختلف أصناف القمح الصلب من حيث درجة مقاومتها للجفاف، ومدى قدرتها على التكيف والتعافي.
3. تؤثر هذه الفروقات في الأداء الإنتاجي والصفات المرتبطة بالمحصول تحت ظروف الجفاف.

4.1 الأهداف Objectives

1. تقييم صفة "القدرة على استعادة النمو" كمؤشر فسيولوجي فعال لاختيار الأصناف الأكثر تكيفًا.
2. دراسة الصفات الشكلية والفسولوجية والإنتاجية المرتبطة بتحمل الجفاف.
3. تحديد التباين بين الأصناف في الأداء الإنتاجي، وقدرتها على مقاومة الإجهاد المائي.

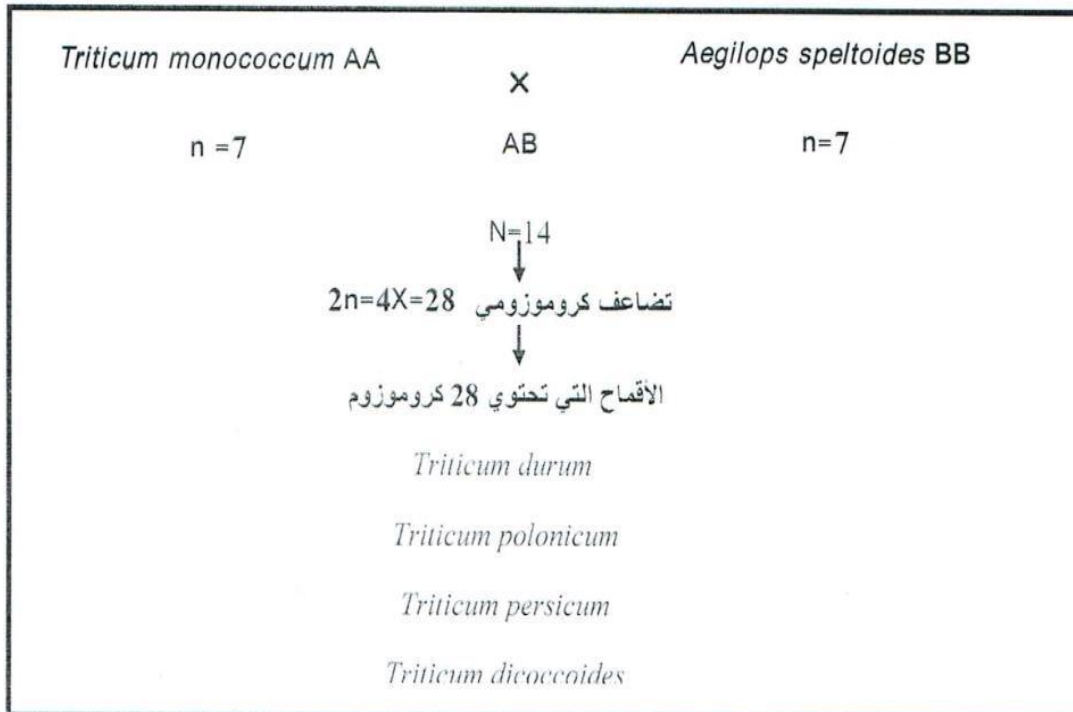
2. الدراسات السابقة Literature Review

1.2 نبات القمح Wheat Plant

نبات القمح *Triticum aestivum* L. هو نبات ينتمي لعائلة / النجيليات، حولي، يستعمله الإنسان بكثرة في غذائه اليومي على شكل دقيق لاحتوائه على الألبومين النشوي. يعتبر القمح *Triticum sp* من أغنى الفصائل النباتية ذوات الفلقة الواحدة، وهي أعشاب سنوية تضم 800 جنس، وأكثر من 6700 نوع يضم جنس *Triticum*، منها أربعة برية، والبقية زراعية (حامد، 1979). وهو نبات ذو تلقح ذاتي، يساعد في حفظ نقاوة الأصناف من جيل لآخر، حيث تمنع حدوث التلقيح الخلطي. يصل طول نبات القمح إلى أكثر من متر وأقل من 1.40 متر، وتزن حبة قمح واحدة ما بين 45، إلى 60 ملغ، ويكون على شكل أشكال متطاولة، وهي ثمرة التصق بها الغلاف الثمري، مما يجعلها تنفتح عند نضجها (Soltner, 1980).

1.1.2 المنشأ الوراثي لنبات القمح

نشأ القمح الصلب نتيجة التهجين الطبيعي الذي حدث بين أجناس برية تعرف باسم *Aegilops speltoides* (AA) و *Triticum monococcum* (BB) جنس، مما أدى بعد التضاعف الكروموسومي إلى تكون (*Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoides*) (AA, BB)، والذي يُعدّ السلف المباشر للقمح الصلب الحديث (Croston et Williams, 1981). ويظهر الشكل (1) هذا



الأصل الوراثي للقمح الصلب بشكل واضح.

شكل 1: الأصل الوراثي للقمح الصلب (*Triticum durum* Desf) (Croton et Williams, 1981)

2.1.2 المنشأ الجغرافي لنبات القمح

يعتقد أن الموطن الجغرافي الأصلي للقمح يوجد في المناطق الغربية لإيران، شرق العراق وجنوب شرق تركيا، يعتبر القمح أحد أول المحاصيل التي زرعت وحصدت من قبل الإنسان منذ نحو 7000 إلى 10000 سنة، ضمن منطقة الهلال الخصيب بالشرق الأوسط (Croston and Williams, 1981) قسم العالم Vavilov الموطن الأصلي لمجموعات القمح إلى ثلاث مناطق، هي: منطقة سوريا وشمال فلسطين تمثل المركز الأصلي لمجموعة الأقمح الثنائية. والمنطقة الأثيوبية والتي تعتبر المركز الأصلي لمجموعة الأقمح الرباعية. والمنطقة الأفغانية الهندية حيث تعد المركز الأصلي لمجموعة الأقمح السداسية. بالإضافة إلى ذلك، لقد انتشر القمح الصلب في المناطق الواقعة بين دجلة والفرات في العراق، ثم ظهر بعد ذلك في مناطق أخرى تُعدّ أيضاً مراكز لتنوعه، مثل الشام، وجنوب أوروبا، وشمال أفريقيا (Elias, 1995)

3.1.2 الأهمية الاقتصادية للقمح

يُعد القمح من أهم المحاصيل الزراعية من الناحية الاقتصادية، ويُعتبر محصولاً استراتيجياً في العديد من دول العالم، خصوصاً في أوروبا، الشرق الأوسط، وشمال أفريقيا. يُساهم القمح في توفير نحو 20% من السعرات الحرارية المستهلكة عالمياً، ويُزرع على ما يُقارب 13 إلى 15% من الأراضي الزراعية في العالم. كما يُشكّل مصدراً غذائياً رئيسياً لأكثر من ملياري شخص حول العالم (Erenstein et al., 2022). يُعد القمح من أقدم المحاصيل المزروعة، إذ تم إنتاجه قبل غيره من المحاصيل بفضل قدرته على النمو في نطاق واسع من الظروف البيئية. ورغم الزيادة المستمرة في إنتاجه خلال العقود الأربعة الماضية، فقد لوحظ تراجع في المعروض منذ عام 1949، مما أدى إلى ارتفاع أسعاره من 17 إلى 37 سنناً للكيلوغرام في السنوات الأخيرة. ولمواجهة هذا الارتفاع وتلبية الزيادة في الاستهلاك البشري، بات من الضروري رفع الإنتاج بمعدل سنوي يُقدَّر بنحو 20% من دون التوسع الأفقي في المساحات المزروعة. (Gill, 2004). ويُزرع محصول القمح في إقليم الساحل الليبي وفق نظامي الزراعة البعلية والمروية. تزداد زراعته البعلية في المناطق الشرقية من الساحل مقارنة بالمناطق الوسطى والغربية، وذلك بسبب هطول كميات كافية من الأمطار التي تدعم نمو هذا المحصول. أما في المنطقة الوسطى، فإن زراعة القمح تعتمد غالباً على الري نظراً لقلّة الأمطار. وفي المناطق الغربية، يتم زراعته بنظامي البعل والري. يحتل محصول القمح المرتبة الثانية في التركيب المحصولي للحبوب بعد الشعير (FAO, 2023). كما تنتشر زراعة القمح في مختلف مناطق الساحل الليبي، بما في ذلك البطنان، الجبل الأخضر، بنغازي، سرت، المرقب، طرابلس، والزاوية. ومع ذلك، تختلف أهمية زراعة القمح وإنتاجه من منطقة إلى أخرى. بوجه عام، يشهد إنتاج القمح في ليبيا تراجعاً ملحوظاً، حيث لا يغطي الإنتاج المحلي احتياجات الاستهلاك. وتُعد المنطقة الشرقية، وخاصةً الجبل الأخضر، من أبرز المناطق إنتاجاً للقمح، تليها بنغازي. نظراً للفجوة الكبيرة بين الإنتاج والاستهلاك، تبرز الحاجة إلى العمل على زيادة إنتاج القمح، سواء من خلال التوسّع في المساحات المزروعة أو استخدام أصناف

محسنة ذات إنتاجية عالية (Elkhouly & Shefsha, 2023). تتمتع حبوب القمح بأهمية اقتصادية عالمية، حيث تُستخدم في مجالات متعددة وفقاً (لقوادري، 2011)، إذ تدخل في إنتاج الأصباغ المتنوعة المستعملة في الصناعات النسيجية، كما يُستخرج منها الزيوت من جنين الحبوب، ويُنتج السليلوز ومشتقاته من قشور وبقايا النباتات، ليستعمل في صناعة الورق والكرتون. وتُستخدم المواد الأيضية للحبوب كمصدر للطاقة في إنتاج مواد التلميع والتنظيف، إضافةً إلى دورها في إنتاج مواد محسنة تدخل في بعض الصناعات الغذائية مثل المشروبات المنعشة، وبدائل الحليب، ومنتجات الألياف الأخرى. كما تُعد مصدراً مهماً لتوفير مختلف أنواع الأعلاف، فضلاً عن كونها الغذاء الأساسي والرئيسي للعديد من الشعوب.

4.1.2 أنواع القمح

يُعد القمح من أكثر المحاصيل تنوعاً من الناحيتين الوراثية والمورفولوجية، حيث ينتمي إلى جنس *Triticum*، الذي يضم أنواعاً متعددة، يمكن تصنيفها وفق معايير مختلفة، أهمها: القوام، توقيت الزراعة، والأصول البرية والزراعية.

1. حَسَب القوام

أ/ **القمح الصلب *Triticum durum* Desf**: يُستخدم أساساً في صناعة المكرونة والكسكس، ويتميز بصلابته وحبوبه وارتفاع محتواها من البروتين. وهو النوع الأكثر ملاءمة للمناطق الجافة وشبه الجافة، وقد اكتسب تمايزاً جعله يحظى باهتمام المزارعين منذ القدم، مما ساهم في اتساع نطاق زراعته ليحل محل بعض الأقماح البرية في مناطق واسعة من الأردن وسوريا وفلسطين.

ب/ **القمح اللين *Triticum aestivum* L**: يُستخدم على نطاق واسع في صناعة الخبز والمعجنات، ويزرع في البيئات الرطبة نسبياً، ويتميز بإنتاجية أعلى من القمح الصلب في الظروف المثالية.

2. حَسَب توقيت الزراعة

أ/ **القمح الشتوي**: يُزرع في الخريف، ويُحصد في أواخر الربيع أو أوائل الصيف، ويحتاج إلى فترة سبات باردة خلال فصل الشتاء. ويُعد النوع السائد في بلدان المغرب العربي، بما في ذلك ليبيا، نظراً لملاءمته لمناخ البحر المتوسط (Abouzied, 2018)

ب/ **القمح الربيعي**: يُزرع في الربيع، ويُحصد في الصيف، ويُزرع غالباً في المناطق ذات الشتاء القاسي أو القصير.

3. الأنواع البرية والزراعية الأخرى

أ/ **القمح وحيد الحبة *Triticum monococcum***: ينتشر في مناطق العراق وسوريا ومصر، ويزرع في مناطق الأمطار الكافية (300-500 ملم). إلا أنه مهدد بالانقراض في المناطق الجافة، نتيجة الرعي الجائر والاستصلاح الزراعي.

ب/ القمح ثنائي الحبة المزروع *Triticum dicoccum*: يوجد في مجموعات صغيرة في العراق والأردن وفلسطين وسوريا، كما يُزرع في اليمن، الذي يُعد أحد المراكز الثانوية لمورثات القمح. وقد انتقلت زراعته تاريخياً عبر القوافل العربية، ولاحظ الباحثون تنوعه أيضاً في تونس.

ج/ القمح ثنائي الحبة البري أو قمح إيمر *Triticum dicoccoides*: ينتشر في منطقة الهلال الخصيب، إضافة إلى مناطق جبل عبد الرحمن في تونس، والأردن وسوريا ولبنان، حيث تتراوح كمية الأمطار بين 300-600 ملم سنوياً، كما يوجد بكثرة في اليمن.

د/ قمح أورارتو *T. urartu*: يتواجد في جبل العرب، والمناطق الشمالية الشرقية من سوريا، إضافة إلى جبال لبنان الشرقية، وهو مهدد بالانقراض في البيئات الجافة (عبد الوهاب، 2016).

5.1.2 زراعة القمح في ليبيا

تُعد زراعة القمح من الأنشطة الزراعية الاستراتيجية ذات الأهمية البالغة للأمن الغذائي في ليبيا، حيث يُزرع نوعان رئيسيان، هما: قمح الخبز *Triticum aestivum L* والقمح الصلب *Triticum durum Desf*. ويُشكّل هذان النوعان الركيزة الأساسية في النظام الغذائي للمجتمع الليبي ومنتجات المخازن والمعكرونة، إذ يُقدَّر متوسط استهلاك الفرد من القمح اللين بما يتراوح بين 130-180 كجم سنوياً، في حين يتراوح استهلاك الفرد من القمح الصلب بين 60-75 كجم سنوياً. تتم زراعة القمح في ليبيا وفق أنماط زراعية متباينة، تعكس التنوع المناخي والمائي في البلاد، ويمكن تلخيصها في ثلاثة أنماط رئيسية:

الزراعة المطرية: وتتركز في المناطق الشمالية الشرقية، خاصة في منطقة الجبل الأخضر، حيث يتراوح معدل الهطول المطري بين 300 و500 ملم سنوياً.

الزراعة بالري التكميلي: وتنتشر في المناطق الشمالية الغربية والوسطى، حيث لا تكفي الأمطار لتغطية الاحتياجات المائية للمحصول.

الزراعة بالري الدائم: وتُمارس فزان، الكفرة، والسريير، بالاعتماد على مياه الآبار والأنهار في المناطق الصحراوية الجنوبية مثل الجوفية (Shreidi et al., 2016).

وتتركز غالبية الإنتاج في المنطقة الشرقية، ولا سيما في الجبل الأخضر، تليها منطقة بنغازي. ورغم ذلك، يظل حجم الإنتاج المحلي أقل بكثير من حجم الاستهلاك، مما يجعل ليبيا تعتمد بدرجة كبيرة على الاستيراد لتغطية العجز الغذائي. وتشير دراسة (الشريدي وسبيطة، 2009) إلى أن مشروعات الري الدائم تُعد من أهم ركائز الأمن الغذائي في ليبيا، غير أنها تعاني من مشكلات عديدة تحد من فعاليتها. ورغم تخصيص استثمارات كبيرة لدعم إنتاج القمح، خصوصاً في المشاريع الاستراتيجية القائمة في مناطق الري الدائم والري التكميلي، فإن مستويات الإنتاجية ما تزال دون المستوى المأمول. ويُعزى ذلك إلى مجموعة من التحديات، أبرزها الضغوط الحيوية مثل انتشار الأمراض النباتية (كالصدأ والتفحم)، الآفات الزراعية، والحشائش. والضغوط غير الحيوية، وتشمل الجفاف، ملوحة التربة، وضعف خصوبة الأراضي، والتغيرات المناخية. بالإضافة إلى المشكلات الهيكلية، المتمثلة في محدودية

توافر البذور المحسنة عالية الإنتاجية، غياب استراتيجية وطنية واضحة لإنتاج القمح، وقصور الاستثمار في البحث العلمي والإرشاد الزراعي (Mohamed, Bhuyan, & Elmesaly, 2013). وفي هذا السياق، أوضحت دراسة (المغربي وآخرين، 2021) أن ضعف منظومة الإرشاد الزراعي وقلة الكفاءات الفنية يُسهمان بدورهما في تدني الإنتاجية. الأمر الذي يجعل من الضروري تبني سياسات فعالة تقوم على تعزيز برامج البحث العلمي، وتطبيق التقنيات الزراعية الحديثة، إضافة إلى بناء قاعدة بيانات وطنية شاملة، تُسهم في صياغة برامج تطويرية متكاملة، يتم تنفيذها بالتنسيق بين المؤسسات البحثية والجهات الزراعية ذات الصلة.

6.1.2 التركيب الكيميائي للقمح

تعد الكربوهيدرات المكوّن الرئيس في القمح، حيث تشكّل ما نسبته 65–75% من الوزن الجاف للحبة، وتتركز بشكل أساسي في الإندوسبرم. ويُمثل النشا غالبية هذه الكربوهيدرات، بنسبة تتراوح بين 60–70%، ويتكوّن من مركبي الأميلوز والأميلوبكتين. كما يحتوي القمح الكامل على الألياف الغذائية بنسبة تُقدّر بـ 10–15%، وتوجد أساساً في النخالة، وتشمل السليلوز، الهيميسليلوز، واللجنين. وتلعب هذه الألياف دوراً مهماً في تحسين عملية الهضم، وتقليل خطر الإصابة بأمراض القلب والسكري من النوع الثاني (FAO, 2020). أما البروتينات، فتتراوح نسبتها في القمح بين 8–15% تبعاً للصنف والظروف الزراعية، وتتركز في الإندوسبرم واللجنين. ويتكوّن بروتين القمح من نوعين رئيسيين: بروتينات قابلة للذوبان في الماء مثل الألبومينات والغلوبيولينات، وأخرى غير قابلة للذوبان، أبرزها الغلوتين، الذي يتكون من الجليادين والغلوتينين، ويُعد مسؤولاً عن مرونة العجين وقدرته على التخمير. تشير دراسات الجودة إلى أن خصائص الخبز تتأثر بشكل مباشر بمحتوى الغلوتين وقوته ونسب مكوناته الدقيقة، حيث تؤدي الاختلافات في تركيب البروتين إلى تباين واضح في خصائص العجين وجودة الخبز الناتج (أبو الروس والهبيل، 2021).، إلا أن هذه الدهون، التي تتركز في اللجنين، تُعد ذات قيمة غذائية مهمة، وتشمل الدهون غير المشبعة مثل حمض اللينوليك (Omega-6)، وحمض الأوليك، إضافة إلى نسبة منخفضة من الدهون المشبعة. وتؤكد منظمة الصحة العالمية (WHO, 2021) أهمية الدهون غير المشبعة في القمح الكامل لصحة القلب والأوعية الدموية جدول 1.

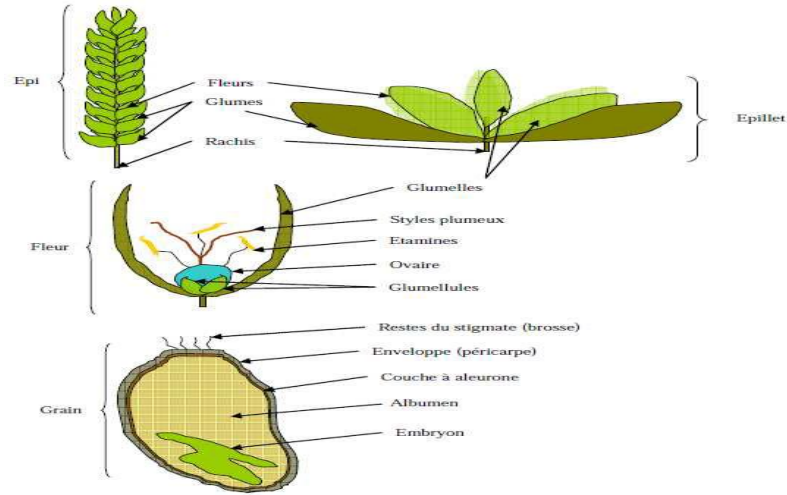
جدول 1: التركيب الكيميائي لحبة القمح (Feillet, 2000).

المحتوى (%)	المكونات
71-67	نشاء
15-10	بروتين
10-8	سكريات معقدة
4-2	سيليلوز
3-2	سكريات حرة
3-2	ليبيد
2.5-1.5	معادن

ويُعد القمح أيضًا مصدرًا جيدًا لمجموعة من الفيتامينات، لاسيما مجموعة فيتامينات B مثل الثيامين (B1)، الريبوفلافين (B2)، النياسين (B3)، والبيريدوكسين (B6)، والتي تتركز في الطبقات الخارجية للحبة وفي الجنين. كما يحتوي جنين القمح على فيتامين E بتركيز جيد، وهو معروف بدوره كمضاد للأكسدة. إلى جانب ذلك، يحتوي القمح على معادن أساسية مثل الحديد، الزنك، المغنيسيوم، الفسفور، البوتاسيوم، والسيلينيوم، وتتركز هذه العناصر في النخالة والجنين، في حين تقل نسبتهما في دقيق القمح الأبيض بسبب إزالة هذه الأجزاء أثناء عملية الطحن. كما يتميز القمح الكامل باحتوائه على مركبات نباتية فعالة تُعرف بالمركبات الثانوية، وتشمل الفينولات، الفلافونويدات، والليغنانات، وهي مركبات ذات خصائص مضادة للأكسدة، وقد ثبت دورها في الوقاية من بعض أنواع السرطان والأمراض المزمنة (Khan et al., 2022).

7.1.2 الوصف المورفولوجي للنبات القمح

يتكوّن نبات القمح من جهازين رئيسيين: الجهاز الخضري والجهاز التكاثري، ويُعد فهم كل منهما ضروريًا للتعرف على وظائف النبات الحيوية، وآلية نموه وتكاثره. يبدأ الجهاز الخضري بالجنين، حيث يمتلك القمح نظاماً جذرياً من النوع الليفي، يتكوّن من جذور جنينية تُعرف أيضًا بالجذور الأولية، تنمو مباشرة من الجنين عند الإنبات، وتلعب دوراً محورياً في امتصاص الماء والعناصر الغذائية خلال المراحل الأولى من حياة النبات. مع تطور النبات، تظهر جذور عرضية تنشأ من العقد القاعدية في قاعدة الساق، منتشرة أفقياً وعمودياً، لتكوّن شبكة كثيفة تسهم في تثبيت النبات وتعزيز قدرته على امتصاص العناصر من التربة. ينتقل النمو بعد ذلك إلى الساق، التي تتسم بكونها قائمة، أسطوانية الشكل، ومجوفة من الداخل باستثناء العقد الصلبة. تنقسم الساق إلى سلاميات، وهي المناطق الممتدة بين العقد، وتكون مجوفة، وعقد تُعد مراكز رئيسية لنمو الأوراق والجذور العرضية. ويتراوح طول الساق عند النضج الكامل بين 70 إلى 120 سم، وفقاً للصنف والظروف البيئية المحيطة. أما الأوراق، فهي بديلة وذات طبيعة نجيلية، مكوّنة من غمد يحيط بالساق ويغطي جزءاً من السلامية، ونصل مسطح وطويل وضيق، ينمو بزواوية حادة من الغمد، ويمتاز بعروقه المتوازية (Sharma et al., 2023). كما تحتوي الورقة على اللسين، وهو غشاء شفاف عند التقاء الغمد بالنصل، يمنع دخول الماء والأتربة، إضافة إلى الأذينات، وهما نتوءان صغيران يساعدان في احتضان الساق. وتُغطى الأوراق بطبقة شمعية تقلل من فقد الماء، ما يتيح لها أداء دورها الحيوي في عملية البناء الضوئي بفعالية.



شكل2: مورفولوجيا نبات القمح (Bogard .2011)

عند وصول النبات إلى مرحلة التزهير، يبدأ الجهاز التكاثري في التكوّن، وتظهر النورة التي تأخذ شكل سنبله نهائية، تتكوّن من ساق زهرية رئيسية، تحمل سنبيلات منتظمة في صفين متقابلين. كل سنبله تحتوي عادة على زهرتين إلى خمس زهرات، وقد يزداد العدد في بعض الأصناف. وتُغطى السنبله بغصافة خارجية تحيط بها من الخارج، وأخرى داخلية تُسمى اللّمة، والتي قد تنتهي بسفًا، وهي سنّة طويلة بارزة (Riederer & Müller, 2006).

8.1.2 بيئة نمو القمح

يُعد القمح *Triticum spp* من المحاصيل الاستراتيجية على مستوى العالم، ويتميز بقدرته على النمو في بيئات متنوعة، مما يعكس مرونته العالية في التكيف، مع اختلافات المناخ والتربة ومصادر المياه، وقد أكدت دراسة أجريت في ليبيا حول تقييم تراكيب وراثية مختلفة من القمح الصلب تحت ظروف مطرية متباينة، أن القمح قادر على التأقلم مع التغيرات المناخية، مما يبرز مرونته البيئية العالية (Albayan Scientific Journal, 2023) ومع ذلك، فإن إنتاجيته وجودته ترتبطان بشكل وثيق بالعوامل البيئية المحيطة به، والتي تُعد محددات رئيسية لنجاح زراعته، حيث أوضح دليل تقنيات إنتاج القمح الصلب واللين، الصادر عن وزارة الزراعة الليبية، أن التربة والمناخ ونظام الري تؤثر تأثيرًا مباشرًا على كمية وجودة المحصول (وزارة الزراعة الليبية، 2022)، كما أشارت دراسة (Al-Sayed, 2024) إلى أن التغيرات المناخية مثل ارتفاع درجات الحرارة تؤثر سلبيًا على إنتاجية القمح، من خلال زيادة الاحتياجات المائية وتقليل كفاءة استخدام الموارد

تختلف الظروف المثالية لنمو القمح حسب نوعه؛ فالقمح الشتوي يُزرع عادة في الخريف، ويحتاج إلى فترة برودة (vernalization) لتحفيز الإزهار، مما يجعله مناسبًا للمناطق ذات الشتاء البارد والمعتدل، أما القمح الربيعي، فيُزرع في الربيع، ولا يتطلب نفس فترة البرودة، لذا يُفضل في البيئات ذات الشتاء الدافئ أو الحار مثل بعض مناطق شمال إفريقيا، وهذه المعلومات معروفة في كتب

فسيولوجيا النبات وإنتاج المحاصيل، وهي مدعومة في الدليل الفني "المرجع الشامل في إنتاج وفسولوجيا القمح" (حسانين، 2023)

تشير تقارير منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2024) إلى أن المحاصيل الرئيسية في ليبيا، وعلى رأسها القمح والشعير، تُزرع في نطاقات بيئية متعددة تشمل المناطق الساحلية وكذلك المناطق الجنوبية وشبه الصحراوية، على الرغم من محدودية الأراضي الصالحة للزراعة، وهو ما يعكس قدرة هذه المحاصيل على التكيف مع تباين البيئات الزراعية داخل البلاد

أما بالنسبة للمياه، فإن احتياجات القمح تختلف باختلاف النظام الزراعي المستخدم. ففي الزراعة البعلية (المعتمدة على الأمطار)، تكون كمية الأمطار السنوية المناسبة ما بين 300 إلى 600 ملم، في حين الزراعة المروية، يُستخدم الري التكميلي أو الدائم لتلبية احتياجات النبات. إجمالاً، يحتاج القمح إلى نحو 4000-5000 متر مكعب من الماء للهكتار الواحد، على مدار دورة حياته، ويُعد توزيع هذه الكمية على مراحل النمو المختلفة أمرًا حاسمًا لضمان نمو سليم وإنتاجية جيدة. تلعب الرياح أيضًا دورًا بيئيًا مهمًا، حيث تسهم في عملية التلقيح، خاصةً في الأصناف ذات التلقيح الذاتي، ولكن الرياح القوية خلال فترة الإزهار أو امتلاء الحبوب قد تتسبب في تساقط السنابل أو تضرر النباتات. يُعد الإجهاد المائي من أبرز المشاكل التي تؤثر سلبًا على إنتاجية محصول القمح، خاصة في ظروف الزراعة البعلية. إذ يؤدي الإجهاد إلى تركيز المحاليل داخل الخلايا، وجفاف وانكماش البروتوبلازم، وفقدان الماء، ما ينتج عنه أضرار على الصفات المورفولوجية والفسولوجية للنبات مثل: طول الساق، طول السلاقيات، عدد الأوراق ومساحتها، عدد السنابل، النضج، وغيرها من الصفات الأخرى (Faraj, Ismail, & Ab- (Rahim, 2020). وفيما يتعلق بالتربة، يفضل القمح الترب الطينية الطميية الجيدة التهوية والصرف، كما يمكن زراعته في الترب الرملية بشرط توفر الري والمادة العضوية بشكل كافٍ. ويُعد توازن درجة الحموضة من العوامل المؤثرة أيضًا، حيث تنمو النباتات بشكل أمثل في تربة ذات pH يتراوح بين 6.0 و8.0. ورغم تحمله النسبي للملوحة، إلا أن القمح يبدأ بفقد إنتاجيته عند تجاوز ملوحة التربة 6 dS/m، علمًا أن تفاوت الأصناف في مدى تحملها للملوحة يمكن استغلاله لزراعة القمح في المناطق المتأثرة، كالسواحل أو الأراضي الجافة (المدني & درياق، 2023).

9.1.2 العوامل البيئية البيئية المؤثرة على نمو وإنتاجية القمح

1.9.1.2 تأثير الحرارة على نبات القمح

يُعد تأثير الإجهاد الحراري على نبات القمح عميقًا وشاملاً، حيث يؤثر بشكل مباشر على نموه، تطوره، وإنتاجيته. عندما تتجاوز درجات الحرارة عتبة 31 درجة مئوية، يؤدي ذلك إلى سلسلة من الاضطرابات الفسيولوجية والبيوكيميائية المعقدة، والتي تؤول في نهاية المطاف إلى انخفاض ملحوظ في إنتاجية القمح. تؤثر درجات الحرارة المرتفعة سلبًا على كفاءة عملية التمثيل الضوئي، مما يسفر عن تقليل محتوى الكلوروفيل (Ehtaiwesh, 2016)، وانخفاض إجمالي الكتلة الحيوية (Paudel et al.,

(Poudel & Poudel, 2020; 2021). علاوة على ذلك، يسهم الإجهاد الحراري في إعاقة امتصاص الماء وتورم الخلايا، مما يؤدي إلى الذبول وتدهور النمو (Abidin et al., 2021; Gyawali et al., 2024). تزيد درجات الحرارة المرتفعة أيضاً من إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS Reactive Oxygen Species)، والتي تسبب أضراراً مؤكسدة للدهون والبروتينات والحمض النووي (Poudel & Poudel, 2020; Gyawali et al., 2021). يعيق الإجهاد الحراري بشكل كبير معدلات إنبات البذور، ويؤثر سلباً على تطور الشتلات في مراحلها المبكرة (Poudel & Poudel, 2020). وتُعد مراحل الإزهار وتعبئة الحبوب حساسة بشكل خاص للإجهاد الحراري، مما يؤدي إلى انخفاض في عدد الحبوب وقابليتها للحياة (Poudel & Poudel, 2020). يمكن أن تساعد استراتيجيات مثل التربة من أجل تحمل الحرارة، والتنفيذ لممارسات زراعية في تخفيف آثار الإجهاد الحراري (Gyawali et al., 2021; Abidin et al., 2024). تظهر نباتات القمح استجابات تكيفية متنوعة، بما في ذلك إنتاج بروتينات الصدمة الحرارية، وآليات مضادة للأكسدة للتكيف مع الإجهاد (Poudel et al., 2021).

2.9.1.2 تأثير للإجهادات اللاحيوية على القمح

أُجريت دراسة خلال خمسة مواسم زراعية (2009/2008 – 2013/2012) على مستوى محطة التجارب الزراعية للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) بسطيف، بهدف تحليل مقاومة خمسة أجيال لثلاث سلالات من القمح الصلب للإجهادات اللاحيوية في آخر طور النمو. وأظهر تحليل التباين وجود تغيرات وراثية واضحة في الصفات المدروسة عند الأباء. كما كانت قيم معامل التوريث في النطاق الواسع مرتفعة جداً بالنسبة للمردود الحبي والمردود الاقتصادي لدى الأجيال والسلالات، مما يؤكد أهمية هاتين الصفتين في برامج الانتخاب. (عبد الله، هواس، & أحمد، 2020). أظهرت النتائج أن العشائر الثلاثة المدروسة حققت معدلات أعلى من معدلات الأباء لمعظم الصفات، إلا أن الانتخاب المبكر عند الجيل الثالث (F3)، كان قليل الفعالية بسبب التأثير القوي لتفاعل النمط الوراثي مع البيئة، وهو ما ألغى أي تقدم وراثي ملحوظ. في المقابل، كان الانتخاب المتأخر عند الأجيال (F5، F6، F7) أكثر فاعلية، وخاصة في تحسين المردود الحبي. كما بيّنت دراسة الارتباط أن المردود الحبي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالمردود الاقتصادي وعدد السنابل، في حين ظهرت علاقة ارتباط معنوية سلبية بين درجة حرارة الغطاء النباتي وكلّ من المردود الحبي والاقتصادي (عولمي، 2015).

3.9.1.2 تأثير الملوحة على نبات القمح

تؤثر ملوحة التربة ومياه الري بشكل كبير على نباتات القمح، حيث تؤثر على سرعة ومعدلات الإنبات (germination rates) (Ehtaiwesh, 2019). كما تؤثر الملوحة على نمو وإنتاجية محاصيل الحبوب كالقمح والشعير. حيث يؤدي إجهاد الملوحة إلى تغييرات فسيولوجية وبيوكيميائية، تعيق إنتاجية نبات القمح، مما يتطلب فهماً أعمق لآلية تأثيرها واستراتيجيات الإدارة المحتملة. تؤدي مستويات الملوحة إلى تقليل معدلات الإنبات بشكل كبير؛ حيث يظهر قمح الدورم (durum wheat)

مرونة أعلى مقارنة بقمح الخبز (bread wheat)، مع أفضل معدل إنبات عند مستويات ملوحة منخفضة، وانخفاض حاد عند مستويات أعلى من الملوحة (Bemmoussat et al., 2025). كما تتأثر معايير النمو مثل ارتفاع النبات، ومساحة الأوراق، وعدد (الأفرع) بشكل سلبي مع زيادة ملوحة التربة، مع انخفاض ملحوظ في إنتاج الحبوب عند التركيزات العالية (Hoggas et al., 2025; Ehtaiwesh, 2022)

4.9.1.2 تأثير الضوء على نبات القمح

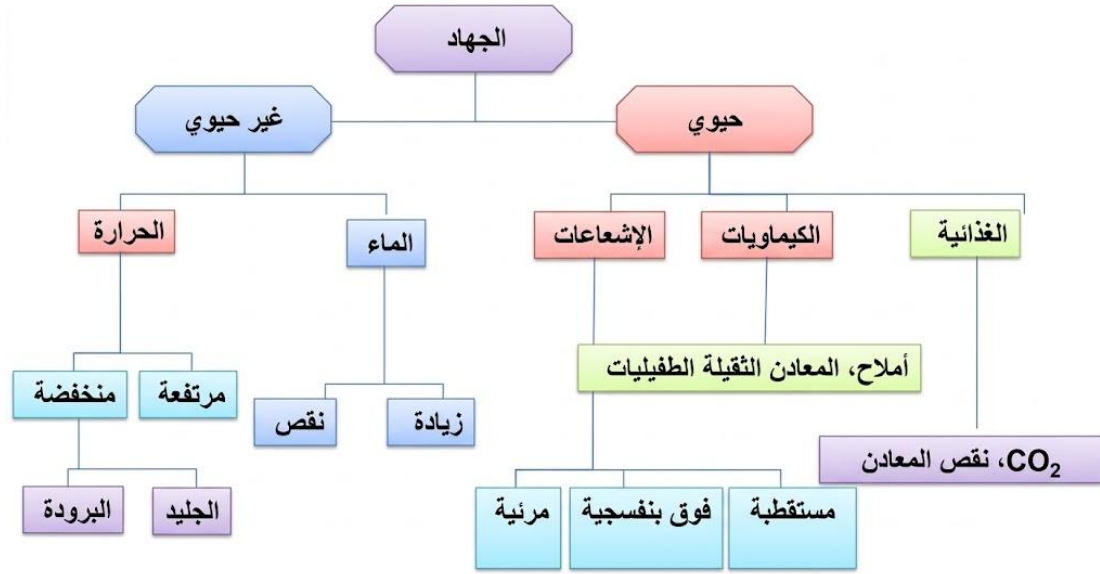
يؤثر الضوء على نباتات القمح *Triticum aestivum L.* من نواحٍ متعددة، معدلة نموها وتطورها وعملياتها الفسيولوجية. أشارت الأبحاث إلى أن جودة الضوء وكثافته ومدة تعريضه، تلعب دوراً مهماً في معايير النمو المختلفة مثل ارتفاع النباتات، وتركيب الكلوروفيل، وموعد الإزهار (Destiana et al., 2022). أوضحت الدراسات أن نباتات القمح التي تعرضت لظروف ضوئية طبيعية حققت ارتفاعاً أكبر وصحة أفضل، مقارنة بتلك المزروعة في الظلام. كما أظهرت الأبحاث أن المصادر الضوئية المختلفة تؤثر بشكل كبير على مستويات الكلوروفيل وامتصاص المعادن (Sahin et al., 2022).

5.9.1.2 تأثير الإجهاد المائي على القمح

يؤدي الإجهاد المائي في المناطق الجافة وشبه الجافة من حوض المتوسط خلال فترة امتلاء الحبوب إلى حدوث انخفاض كبير في الغلتين الحبية والبيولوجية (Ehdaie and Waines, 1996; Ehtaiwesh, 2023). ويتطلب تحسين تحمل القمح للجفاف ضرورة تقييم جميع التراكيب الوراثية للجفاف (Golabadi et al., 2006)، ما شكل هاجساً حقيقياً لمربي النبات، حيث طُوّر فسيولوجيو النبات معاييراً لسبر التباين الوراثي لتحمل الجفاف بهدف عزل الطرز الوراثية الأكثر تحملاً وإنتاجيةً استجابةً لظروف الجفاف، (Ghanem & Al-Farouk, 2024).

وتُعد تجارب مقارنة الإنتاجية (Yield Trials) لتقويم أداء السلالات المباشرة المتمخضة عن برامج التربية والتحسين الوراثي ضمن مدى واسع من الظروف البيئية، أو المواقع والمواسم المتباينة بيئياً، مهمة جداً عند الرغبة في التربية والتحسين الوراثي لظروف الزراعة المطرية (Fernandez et al., 1992). وعادةً ما تُنفذ تجارب الكفاءة الإنتاجية ضمن بيئات متباينة (Contrasting environments)، كأن تُنفذ تجارب تقويم أداء الطرز الوراثية لتحمل الإجهاد المائي تحت ظروف الزراعة المطرية في المناطق التي تتسم بقلّة معدل الهطول المطري فيها، وأيضاً تحت ظروف الزراعة المروية، لمعرفة الطرز الأكثر تحملاً، من خلال تحديد نسبة الانخفاض في الغلة الحبية بالمقارنة مع ظروف الزراعة المناسبة. وقد اقترحت العديد من معايير الانتخاب (Selection Criteria) لتقويم أداء الطرز الوراثية في البيئات المجهدّة وغير المجهدّة. الإجهاد النباتي هو أي عامل بيئي داخلي أو خارجي، حيوي أو غير حيوي، يسبب اضطراباً أو ضغطاً على العمليات الفسيولوجية، الكيميائية، أو المورفولوجية في النبات،

مما يؤدي إلى تقليل نموه، إنتاجيته، أو صحته العامة (الشمري،2015)، شكل 4 يوضح أنواع الإجهادات:



شكل3: أنواع الإجهادات (Gravet,2007)

2.2 الجفاف Drought

1.2.2 مفهوم الجفاف

يُعد الجفاف في النبات استجابة معقدة، تشمل العديد من التغيرات الفسيولوجية والجزيئية، التي تهدف إلى تقليل فقدان الماء وضمان بقاء النبات. ومن أبرز هذه الاستجابات التصنيع السريع لهرمون الإجهاد "حمض الأبسيسيك (ABA)"، الذي يُعد مكونًا رئيسيًا في آليات تحمل الجفاف، حيث يساهم في إغلاق الثغور لتقليل فقدان الماء. ويتم تنظيم هذه العملية عبر زيادة التعبير عن جينات NCED، المسؤولة عن تصنيع الحمض في نباتات مزهرة مثل البازلاء والطماطم (Nambara & Marion-Poll, 2005). كما يختلف تحمل الجفاف بشكل ملحوظ بين الأنواع النباتية، إذ تستطيع بعض النباتات غير الوعائية، وبعض النباتات الوعائية التكيف والبقاء في ظل ظروف الجفاف الشديدة (Zhang et al., 2006).

أما في نباتات القمح، فيُعرّف الجفاف بأنه ضغط بيئي معقد، يؤثر بعمق في نموها وإنتاجيتها. يتمثل أساسًا في انخفاض توفر المياه في التربة، وغالبًا ما يقترن بزيادة الملوحة وارتفاع درجات الحرارة المحيطة، ويُشار إليه مجتميًا بمصطلح الجفاف الفسيولوجي. يُظهر القمح حساسية عالية للجفاف خلال المراحل الحرجة للنمو، مثل الإزهار وتعبئة الحبوب، ما يؤدي إلى انخفاضات حادة في الغلة. وتتمثل استجابة النبات للجفاف في مجموعة من التغيرات المورفولوجية، والفسيولوجية، والبيوكيميائية،

والجزئية، التي تعتمد على استراتيجيات متعددة مثل: تجنّب الضغط، والهروب، والتحمل، وهي استجابات أساسية في برامج تربية أصناف القمح المقاومة للجفاف، وفي وضع ممارسات إدارة زراعية فعالة (Fahad et al., 2022).

2.2.2. أسباب حدوث الجفاف

يحدث الجفاف، ويمكن عزو الجفاف في نباتات القمح إلى عوامل عدة مترابطة، تتعلق بشكل أساسي بالاستجابات الفسيولوجية، والبيوكيميائية، والوراثية لنقص المياه. إن فهم هذه الأسباب أمر بالغ الأهمية لتحسين تحمل الجفاف في أصناف القمح. توضح الأقسام الآتية الجوانب الرئيسية التي تسهم في الجفاف في نباتات القمح:

1.2.2.2 الاستجابات الفسيولوجية Physiological Responses :

يؤدي نقص المياه إلى تقليل التوصيل الثغري والتبخر، وهي استجابات تجنبية فورية للحفاظ على المياه. تطور الجذور: يمكن أن يحفز الإجهاد المائي الخفيف تطور الجذور الجانبية، مما يعزز من قدرات امتصاص المياه (Hu et al., 2015).

2.2.2.2 التغيرات الكيميائية الحيوية Biochemical Changes :

يؤدي الجفاف إلى حدوث تغير في استقلاب الكربوهيدرات، مما يزيد من توفر السكريات والنشويات، التي تعتبر حيوية للطاقة خلال الضغوط (Hu et al., 2015). تراكم الأسموليتات: يساعد تراكم المواد الواقية مثل البرولين والسكريات في الحفاظ على ضغط الخلية، وحماية الهياكل الخلوية أثناء الجفاف (Gharbi et al., 2019).

3.2.2.2 العوامل الجينية تعبير الجينات :

تظهر بعض الجينات المتعلقة بتحمل الجفاف، مثل تلك المشاركة في تخليق المواد الأوزموحامية وانتقال الإشارات، تعبيراً مختلفاً تحت ظروف الجفاف (Gahlaut et al., 2014). عوامل النسخ: تم تحديد عوامل النسخ المستجيبة للجفاف الجديدة، مما يدل على وجود شبكة تنظيمية معقدة تستجيب لضغط المياه (Mohammadi et al., 2007).

3.2.2 أهمية ودور الماء في النبات

الماء هو عنصر حيوي أساسي في نمو النباتات، حيث يختلف محتواه حسب نوع النبات وأجزائه والبيئة المحيطة. على سبيل المثال، تحتوي أوراق الخس على 90-93% من الماء، في حين يحتوي الخشب المقطوع حديثاً على 30-50% (Leclerc, 1999). يرتبط معظم الوظائف الفيزيولوجية للنباتات بالماء والمواد الذائبة. الماء يلعب دوراً حيوياً في صلابة الأنسجة النباتية، ودعم الأعضاء التي تنفتح إلى الأنسجة الدعامية. عندما تكون التغذية المائية غير كافية، تفقد خلايا النبات الماء، مما يؤدي إلى انكماشها وذبول النبات. كما أن الإنتاج والنمو يساعدان في تغلغل الجذور في التربة (Kies, 1977). كما أن الماء له دور حيوي في نقل العناصر المعدنية والمواد العضوية داخل النبات، حيث يساهم في تثبيت بنية الخلية

وتنظيمها، كونه المكون الأساسي للسيتوبلازم. كما ينقل المواد العضوية الناتجة من الأوراق إلى باقي أجزاء النبات عبر وسط مائي، بالإضافة إلى نقل منتجات الاستقلاب الخلوي (Morad, 1995). الماء الذي تمتصه النبات من التربة يمثل نسبة ضئيلة (قاربة 1%) من إجمالي الماء الذي تمتصه الجذور. هذا الماء ينتقل باستمرار من التربة إلى الجو عبر النبات، وتختلف كمية الماء المفقودة بين الأنواع المختلفة من النباتات (Morad, 1995). على سبيل المثال، النباتات العشبية تعوض محتواها المائي يومياً من خلال عملية النتح، مما يساعد في تنظيم حرارة الأجزاء الهوائية للنبات، والتخلص من الحرارة الزائدة الناتجة عن أشعة الشمس (Mayer, 1956). كذلك الماء يعتبر وسطاً مناسباً لعمل الأنزيمات، ويدخل في العديد من التفاعلات البيوكيميائية. كما أن الفائض المائي في التربة يؤثر سلباً على خصائصها الفيزيائية والكيميائية والحيوية، مما يعيق تنفس الجذور وتطورها، ويسهل ظهور الأمراض (Moise, 1976). من جهة أخرى، العجز المائي يؤثر بشكل كبير على إنتاج المحاصيل، خصوصاً خلال فترة النمو (Hanks and Rasmussen, 1982).

4.2.2 تأثير الجفاف على النبات

يُعد الإجهاد المائي من أبرز العوامل التي تحد من الإنتاج الزراعي، وخاصة في محصول القمح، الذي يُزرع غالباً في بيئات تعتمد على الأمطار. وتلعب الجذور دوراً محورياً في امتصاص الماء والتكيف مع ظروف الجفاف، حيث أظهرت دراسة (Placido et al., 2020)، أن خطأ ناقلاً للقمح يحتوي على قطعة كروموسومية من *Agropyron elongatum*، يمتلك قدرة على الحفاظ على نمو الجذور في ظل نقص المياه، إذ يرتبط ذلك بانخفاض مستوى النسخ لجين كثافة الجذور الجانبية (LRD)، في حين يزداد تعبير هذا الجين في القمح الشائع عند التعرض للجفاف. وقد تبين أن تثبيط تعبير هذا الجين في القمح أدى إلى تحسين نمو الجذور، وزيادة حجم الحبوب وعددها، مما يشير إلى إمكانية توظيفه في تحسين استجابة المحصول للإجهاد المائي. ولا يقتصر تأثير الجفاف على الجذور فحسب، بل يمتد ليشمل مختلف العمليات الفسيولوجية والمورفولوجية في النبات. فهو يسرع من عملية الشيخوخة، ويتسبب في تساقط الأوراق وضعف تكوين الأزهار، كما يؤدي إلى تغيرات إنزيمية، وبروتينية، وكربروهيدراتية في الأنسجة النباتية (بوزيتون وعمروش، 2013). ويؤثر كذلك في كفاءة البناء الضوئي، حيث يؤدي نقص الماء إلى انغلاق الثغور في الخلايا الحارسة، مما يحد من دخول ثاني أكسيد الكربون، ويقلل بشكل واضح من معدل التركيب الضوئي (محب، 2011). إضافة إلى ذلك، فقد أظهرت دراسات على القمح الصلب أن الإجهاد المائي يحدث خللاً في التوزيع الأيوني داخل الأوراق والجذور، حيث يتراكم كل من Ca^{2+} و K^{+} و Cl^{-} و Na^{+} بمستويات متفاوتة، وهو ما يغير من توازن العناصر الغذائية، ويعيق النمو الطبيعي، خصوصاً عند ارتفاع تركيز البوتاسيوم، الذي يحد من امتصاص أيونات أخرى مهمة خلال المراحل المبكرة من النمو (Montaion).

1.4.2.2. تأثير الجفاف على الإنبات

تُعتبر مرحلة الإنبات الأولى من المراحل الأكثر حساسية لتأثير الجفاف، حيث يعتمد نجاحها على توافر كمية كافية من الماء لتنشيط الإنزيمات المسؤولة عن تفكيك المواد المخزنة في البذور. يؤدي نقص الماء إلى: تأخير أو منع حدوث الإنبات، نتيجة لعدم كفاية الامتصاص المائي للبذور، مما يعطل عملية التمثيل الغذائي (Hussain et al., 2018). اختلال التوازن الهرموني، حيث ينخفض مستوى هرمون الجبريلين، المتعلق بالإنبات في حين يرتفع مستوى حمض الأبسيسيك الذي يثبط النمو (Fahad et al., 2017). تراكم المركبات السامة، مثل الأيونات الحرة التي تسبب تلف الأغشية الخلوية (Ashraf & Harris, 2013).

2.4.2.2. تأثير الجفاف على نمو النبات

يؤثر الجفاف بشكل كبير على نمو نباتات القمح وعائدها وإنتاجيتها العامة، إذ يرتبط أساساً بمحدودية توافر المياه، التي تؤثر على مختلف العمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية للنبات. ومن أبرز مظاهره تقليص ارتفاع النبات، وانخفاض عدد الأوراق، وتراجع المساحة الورقية نتيجة إغلاق الثغور للحد من فقدان الماء، وهو ما يؤدي إلى ضعف عملية التمثيل الضوئي (Gogoi et al., 2024; Chaves et al., 2003). كما يُعجل الجفاف من النضج وشيخوخة الأوراق، ويقلل من محتوى الكلوروفيل، مما ينعكس سلباً على كفاءة البناء الضوئي. وتزداد سوء حالة المياه داخل النبات تحت ظروف الإجهاد المائي، فتأثر سلامة الغشاء الخلوي والنمو العام (Nyaupane et al., 2024). كذلك يُضعف نمو الجذور ويقلل من كفاءة امتصاص العناصر الغذائية (Comas et al., 2013)، فضلاً عن تراجع معدلات الانقسام الخلوي والطاقة الضرورية للنمو (Barnabás et al., 2008). إضافة إلى ذلك، يحفز الجفاف إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) التي تسبب أضراراً مؤكسدة للبروتينات والدهون والحمض النووي، وقد تؤدي إلى موت الخلايا المبرمج. ولمواجهة هذه الظروف، تُفعل نباتات القمح آليات دفاعية، من خلال تراكم بعض المركبات وإنتاج إنزيمات مضادة للأكسدة مثل سوبر أوكسيد ديسموتاز (SOD)، وكاتالاز (CAT) للتخفيف من آثار الإجهاد (Nyaupane et al., 2024). وفي هذا السياق، أشارت دراسة (Hafez et al., 2021) إلى أن استخدام الكمبوست الدودي والفحم الحيوي يمثل إحدى الاستراتيجيات الفعالة لتحسين جودة التربة، وتعزيز قدرة القمح على مواجهة الإجهاد المائي والملوحة. فقد أظهرت النتائج أن الكمبوست الدودي يعزز نمو القمح وإنتاجيته، في حين كان للفحم الحيوي تأثير أوضح في تحسين بعض الصفات. وعند دمجها معاً تحقق تأثيراً تآزرياً أدى إلى تحسين النمو والإنتاجية، وزيادة محتوى الماء والكلوروفيل، وتحسين امتصاص العناصر الغذائية، مع خفض مستويات الإجهاد التأكسدي. وسُجلت أفضل النتائج عند 75% من السعة الحقلية، حيث ارتفعت الإنتاجية وامتصاص العناصر الغذائية مقارنة بالمعاملات الأخرى. وتؤكد هذه النتائج أن المعاملات العضوية كالفحم الحيوي والكمبوست الدودي قادرة على تعزيز استدامة إنتاج القمح، والتخفيف من الأثر السلبي للجفاف وإجهاد الملوحة.

3.4.2.2 تأثير الجفاف على المحتوى الكيميائي للنبات

يؤدي الجفاف في المراحل الحساسة للنبات، مثل فترة الإزهار وتكوين الحبوب، إلى تقليل عدد السنابل وحجم الحبوب، نتيجة ضعف التلقيح وعدم اكتمال نمو الأعضاء التناسلية (Saini & Westgate, 2000). كما يسبب اضطراباً في عملية التمثيل الضوئي، مما يؤدي إلى نقص تراكم الكربوهيدرات في الحبوب (Araus et al., 2002)، وانخفاض الجودة النوعية للحبوب مثل مستوى البروتين، والغلوتين (Gooding et al., 2003). بالإضافة إلى ذلك، يؤثر الجفاف على المكونات الكيميائية للنبات، بما في ذلك الكلوروفيل والسكريات والبرولين، حيث يلعب كل منها دوراً مهماً في استجابة النبات للإجهاد المائي.

أولاً: الكلوروفيل

الكلوروفيل يُعد الصبغة الأساسية المسؤولة عن عملية البناء الضوئي في نبات القمح، حيث يقوم بامتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية تُستخدم في تصنيع الكربوهيدرات، وأي تغيير في مستوياته، ينعكس مباشرة على كفاءة التمثيل الضوئي وإنتاجية النبات. وعند تعرض القمح للجفاف، يتأثر محتوى الكلوروفيل بشكل واضح، يؤدي نقص الماء إلى تسارع شيخوخة الأوراق وانخفاض محتوى الكلوروفيل فيها، نتيجة لتأثير الإجهاد المائي على التركيب الفسيولوجي للنباتات، مما يقلل من كفاءة التمثيل الضوئي ويُضعف نمو النبات. (Arfan, Athar & Ashraf, 2007) كما أن تراكم أنواع الأكسجين التفاعلية تحت تأثير الإجهاد المائي يسبب تلفاً للأغشية والبروتينات المرتبطة بالكلوروفيل، مما يسرع من تدهوره. وإلى جانب ذلك، يقلل الجفاف من كفاءة الأنظمة اليخضورية داخل البلاستيدات، فيضعف تكوين وصيانة الكلوروفيل. ونتيجة لذلك، ينخفض تركيزه في الأوراق، مما يؤدي إلى تراجع قدرة النبات على امتصاص الضوء، وانخفاض معدل البناء الضوئي، وهو ما ينعكس في النهاية على ضعف النمو وتراجع الإنتاجية، خصوصاً في المراحل الحساسة مثل الإزهار وتعبئة الحبوب (Lim, Kim, & Nam, 2007).

ثانياً: السكريات

السكريات تمثل المكوّن الأساسي للنمو وتخزين الطاقة في القمح، إذ تتحول عبر عملية البناء الضوئي إلى نشا يتراكم في الحبوب، ويحدد وزنها وجودتها. وتحت ظروف الجفاف يحدث اختلال واضح في ديناميكية السكريات، حيث يتراجع تراكم النشا في الحبوب نتيجة لانخفاض البناء الضوئي وقلة الكربوهيدرات المتاحة، في حين تزداد السكريات الذائبة الحرة مثل السكروز، والجلوكوز، والفركتوز في الأوراق والجذور، وتُعد هذه الزيادة استجابة تكيفية تساعد النبات على ضبط الضغط الأسموزي، والحفاظ على توازن الماء داخل الخلايا (Al-Hakimi & Khan, 2017). كما تعمل السكريات الذائبة كجزئيات واقية، تحافظ على البروتينات والأغشية الخلوية من التلف الناتج عن الإجهاد المائي. وبذلك، فإن تأثير الجفاف لا يقتصر على تقليل تراكم السكريات في الحبوب، ومن ثم

خفض الإنتاجية، بل يمتد ليشمل إعادة توزيعها داخل النبات كجزء من آليات الدفاع والتكيف (Khanna, 2024)..

ثالثاً : البرولين

البرولين، وهو أحد الأحماض الأمينية الحرة المهمة في النبات، فيُعد من أبرز المركبات التي ترتبط بآليات التكيف مع الإجهاد المائي (Renzetti, Funck, & Trovato, 2024). إذ يزداد تراكمه في أنسجة القمح بشكل ملحوظ عند التعرض للجفاف، حيث يلعب دوراً محورياً في تنظيم التوازن الأسموزي، من خلال الحفاظ على ضغط مناسب داخل الخلايا، يساعدها على الاحتفاظ بالماء. كما يساهم في حماية البروتينات والأغشية عبر تفاعله مع البروتينات والدهون الغشائية، مما يحافظ على استقرار بنيتها، ويمنع تلفها. وإلى جانب ذلك، يعمل البرولين كمضاد للأكسدة، يقلل من الأضرار الناتجة عن تراكم أنواع الأكسجين التفاعلية، إضافةً إلى كونه مخزناً للكربون والنيتروجين، يمكن إعادة استخدامه بعد تحسن الظروف لتجديد عمليات النمو. وبذلك فإن تراكم البرولين يُعد مؤشراً فسيولوجياً مهماً على قدرة القمح في التكيف مع الجفاف، ويعكس إحدى أهم الاستجابات الدفاعية التي تضمن استمرارية حياته وإنتاجيته. (عاكول، 2011).

5.2.2. المعايير المورفولوجية في ظل الإجهاد المائي

1.5.2.2. الورقة:

تعتبر الورقة العضو الأكثر تأثراً بالإجهاد المائي، حيث يتوقف نمو النصل وتبدأ الورقة في الالتفاف بعد الإزهار. وقد أظهرت الدراسات، مثل دراسة (Brisson, 1996)، أن الإجهاد المائي يؤثر على طول الأوراق النهائية، مما يؤدي إلى شيخوخة سريعة للأوراق. وفقاً للباحث (Ait Kaki, 1993)، يمكن أن يكون هذا المعيار أساسياً لفهم آلية مقاومة الإجهاد المائي. بالإضافة إلى ذلك، يؤدي الإجهاد المائي إلى تقليص المساحة الورقية، مما يقلل من المساحة المتاحة لاستقبال الضوء، ومن ثم يؤثر سلباً على عملية بناء المركبات العضوية.

2.5.2.2. التركيب الضوئي

أصبح الجفاف من أهم العوامل التي تعيق تطوير الزراعة، خصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعاني من نقص المياه (Zhao et al., 2020). وتُظهر الدراسات أن تأثيره على القمح يرتبط بشكل أساسي بعملية التمثيل الضوئي، والتي تتأثر بطريقتين رئيسيتين: الأولى عبر الحد من دخول غاز CO₂ إلى الأوراق، نتيجة إغلاق الثغور وارتفاع مقاومتها، مما يعيق عملية التركيب الضوئي (Oosterhuis and Walker, 1987). أما الثانية، فتتمثل في التغيرات الأيضية داخل الخلايا وعضياتها المسؤولة عن البناء الضوئي، حيث ينعكس الإجهاد المائي على كفاءة عمل الأنظمة اليخضورية، ويؤدي إلى انخفاض محتوى الأوراق من الأصبغة الخضراء (Holaday et al., 1985). وقد أوضحت نتائج (Zhao et al., 2020) أن انخفاض التمثيل الضوئي الصافي (Pn)، وتركيز

الكربون الداخلي (Ci)، وموصلية الثغور (Gs)، والتبخر (E)، كان أكثر وضوحًا تحت ظروف الإجهاد المائي المعتدل والشديد، مما تسبب في انخفاض ارتفاع النبات والكتلة الحيوية وحجم الحبوب. في المقابل، تبين أن الإجهاد الخفيف (60-80% من السعة الحقلية) لم يقلل من التمثيل الضوئي بشكل كبير مقارنة بالري الجيد، بل ساعد على تحسين الكتلة الجافة، وزيادة وزن 1000 حبة بنسبة 2.07%، وحجم الحبوب بنسبة 1.95%، وهو ما يعكس كفاءة أعلى في استخدام المياه وإنتاجية أفضل لموارد الري. تُظهر هذه النتائج أن الإجهاد المائي، وخاصة في مستوياته المعتدلة والشديدة، يحد بشكل كبير من قدرة القمح على القيام بالتمثيل الضوئي من خلال تقليص المساحة الورقية وإغلاق الثغور، في حين يمكن للإجهاد الخفيف أن يمثل استراتيجية مناسبة لترشيد استهلاك المياه مع الحفاظ على إنتاجية جيدة في المناطق الجافة.

3.5.2.2. الجذور:

تعد الدراسات التي تناولت الصفات الجذرية في سياق الإجهاد المائي قليلة، على الرغم من أهميتها في مقاومة الجفاف. تختلف مورفولوجيا الجهاز الجذري بين الأنواع النباتية، حيث تتحدد بناءً على النوع الوراثي، كما أنها ترتبط بشكل وثيق بالشروط التربوية والمناخية. تتأثر الجذور بشكل كبير في حالات نقص المياه، وقد أشار (Chopart, 1985) إلى أن عدد الجذور يتأثر بشكل ملحوظ في ظل العجز المائي.

3. المواد وطرق البحث Materials and Methods

أجريت هذه الدراسة في موسم النمو 2023/2022 م. وفيها تم تقييم أداء ستة أصناف من القمح الصلب تحت ظروف الإجهاد المائي خلال فترة معينة من حياة النبات.

موقع الدراسة

أجريت الدراسة في 2023-2024 محطة صفيت للبحوث الزراعية، التي تبعد بنحو 92 كم عن مركز مدينة الزاوية، وتقع على سلسلة جبال نفوسة على بعد بنحو 30 كم .

المادة النباتية

في هذه الدراسة تم استخدام عدد من أصناف القمح الصلب (*Triticum durum*)، التي تم الحصول عليها من محطة البحوث الزراعية بمصراتة، والأصناف هي: (B49DYT.11)، (B49DYT.15)، (B49DYT.17)، (B49DYT.21)، (B49DYT.2)، (B49DYT.17)، (B49DYT.17) (كريم). تُستخدم هذه السلالات في التجارب الحقلية لتقييم أدائها تحت ظروف مناخية وتربوية مختلفة، ويُعتمد عليها لترشيح أفضلها لاعتمادها لاحقاً كأصناف مسماة.

أولاً: السلالات المستخدمة في التجربة

السلالات (B49DYT.11)، (B49DYT.15)، (B49DYT.17)،

(B49DYT.21)، (B49DYT.2) هي خطوط وراثية تجريبية حديثة، تم تطويرها ضمن برامج الانتخاب الوراثي لتحسين القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.). وقد سجلت تحت رموز كودية وهي في مرحلة التقييم الميداني والفسولوجي. يُرجح أن هذه السلالات ناتجة عن تهجينات موجهة، تهدف إلى تطوير أصناف متحملة للجفاف وعالية الإنتاجية، وأنها أظهرت تفاوتاً في الكفاءة الإنتاجية، ومحتوى الكلوروفيل والبرولين تحت ظروف الإجهاد (Blum, A. 2011)

ثانياً: صنف القمح كريم (Karim)

يعد صنف كريم من أهم أصناف القمح الصلب المطورة في تونس، ويُستخدم على نطاق واسع في برامج التحسين الوراثي، نظراً لتحمله الجفاف وثبات إنتاجه وجودته العالية في الطحن وصناعة المكرونة (Nachit et al., 1998).

1.3 التجربة وظروف إجرائها:

نُفذت التجربة في حقل تجريبي، تم تقسيمه إلى قطعتين رئيسيتين، تمثلان معاملتي التجربة:

- المعاملة الأولى (الشاهد): تمت فيها عملية الري بانتظام.
 - المعاملة الثانية (الإجهاد المائي): خضعت لقطع الري بهدف إحداث الإجهاد.
- تم تطبيق الإجهاد المائي خلال مرحلة الاستطالة، وهي المرحلة التي تسبق التزهير مباشرة، نظراً لأهميتها في تحديد إنتاجية القمح. وقد تمثلت طريقة تطبيق الإجهاد في إيقاف الري لمدة 25 يوماً متواصلة في قطعة المعاملة، وذلك ابتداءً من بداية مرحلة الاستطالة، وبعد انتهاء المدة، استؤنف الري بشكل طبيعي حتى نهاية الموسم. في المقابل، استمرت الريات في قطعة الشاهد بشكل

منتظم طوال فترة التجربة، حيث تم ريها مرتين أسبوعيًا، بواقع ساعتين لكل عملية ري، منذ الزراعة وحتى الحصاد، بما في ذلك فترة الاستطالة. تم تسميد الحقل مرة واحدة فقط عند الزراعة.

تحضير التربة

بدأت مرحلة تجهيز الحقل، حيث شملت عمليات الحراثة والتقليب لتهيئة التربة، تلتها عملية التسميد بحسب متطلبات التجربة. عقب تجهيز التربة، تم تقسيم الحقل إلى قسمين رئيسيين: أحدهما خُصص للمعاملة، والآخر اعتمد كشاهد للمقارنة. ثم قُسم كل من القسمين إلى وحدات تجريبية صغيرة (مربعات)، بلغ عددها 18 مربعًا في كل قسم، وذلك لتطبيق المعاملات التجريبية بدقة وتكرار مناسب يُعزز من موثوقية النتائج الإحصائية. في بداية العمل الميداني، تم أخذ أربع عينات تربة من عمق 20 سم، بهدف تحليل خصائصها الفيزيائية والكيميائية. وقد أُجري هذا التحليل في مركز البحوث الزراعية والحيوانية بمدينة طرابلس، وذلك للتعرف على حالة التربة وملاءمتها لزراعة القمح الصلب تحت نظم الري المختلفة. بعد الحصول على نتائج التحليل المعملية، تم استخدامها كأساس لتفسير الاختلافات في النمو والإنتاجية بين المعاملات، وربطها بخصائص التربة جداول 2 و 3.

جدول 2: نتائج تحليل عينات التربة (PH، EC، TDS)

العينة	PH	EC (meq/L)	TDS (mg/L)
1	7.8	253	126.3
2	7.9	240	156.1
3	7.9	170.5	110.8
4	7.7	163	106

جدول 3: نتائج تحليل الأملاح المذابة في التربة.

	Ca	Mg	Co ₃	HCo ₃	CL
1	2	0.1	صفر	2.3	1.3
2	1.4	0.6	صفر	1.8	2
3	1.3	0.5	صفر	2	0.9
4	1.7	0.2	صفر	1.9	1

المعاملات الزراعية

تمت زراعة البذور آليًا في ستة سطور، حيث يبلغ طول كل سطر 1.0 متر، مع ترك مسافة 20 سم بين كل سطر وآخر، و5 سم بين كل نبات وآخر، ضمن السطر نفسه. كما تم ترك مسافة 50 سم بين كل صنف والذي يليه. تم مراعاة وجود جميع الأصناف المدروسة في كل قطعة تجريبية، مع تكرار كل

صنف ثلاث مرات، حيث تم توزيع الأصناف المدروسة بشكل عشوائي في كل قطعة تجريبية. وستكون هناك قطعتان تجريبيتان: واحدة للشاهد، والأخرى للمعاملة.

تم تعريض النباتات للإجهاد المائي بشكل منفصل، من خلال إيقاف عملية الري لمدة 25 يومًا، بدءًا من منتصف شهر مارس وحتى العاشر من شهر أبريل. بعد هذه الفترة، تم السماح للنباتات باستعادة النمو، من خلال ريها بانتظام بكميات كافية من المياه حتى تصل إلى مرحلة النضج الفسيولوجي، والتي تتمثل في اكتمال عملية امتلاء الحبوب. بعد 25 يومًا من استعادة النمو، تم قياس العديد من الصفات الشكلية والفسيولوجية والكمية.

2.3. الصفات المدروسة

تم دراسة قوة النمو الأولى للبادرات، ارتفاع النبات (سم)، زاوية توضع الأوراق العلوية على الساق الرئيس، مساحة الورقة العلمية، دليل المساحة الورقية، الوزن الرطب والجاف للنبات، الصفات المرتبطة بالإنتاجية.

1.2.3. قوة النمو الأولى للبادرات **Seedling early vigor**:

تُعدّ قوة النمو الأولى للبادرات من الصفات الفسيولوجية المهمة التي تعكس قدرة النبات على النمو السريع خلال المراحل الأولى من حياته، مما يمنحه أفضلية تنافسية في ظروف الزراعة المختلفة. وقد تم تقييم هذه الصفة بعد مرور 15-20 يومًا من الإنبات، باستخدام مقياس مكوّن من خمس درجات يعتمد على المظهر العام للنمو، والكثافة الخضريّة، وارتفاع النبات. وقد استند في ذلك إلى المنهجية الواردة في دراسة (Singh et al., 2020)، التي اعتمدت تقنيات التصوير الرقمي لقياس الغطاء الأخضر والمساحة الورقية كمؤشرات غير مدمّرة لتقدير قوة النمو الأولى للبادرات.

جدول (4) درجات مقياس قوة النمو الأولى للبادرات وفقًا لـ (Singh et al., 2020)

الدرجة	الوصف
1	نمو ضعيف جدًا، بادرات قصيرة وضعيفة، كثافة خضرية منخفضة جدًا
2	نمو ضعيف، بادرات قصيرة نسبيًا، تغطية نباتية خفيفة
3	نمو متوسط، بادرات معتدلة الطول والكثافة
4	نمو جيد، بادرات طويلة نسبيًا، كثافة خضرية واضحة
5	نمو قوي جدًا، بادرات قوية وطويلة، ذات تغطية خضراء عالية جدًا

2.2.3. ارتفاع النبات (سم) **Plant height**:

ويمثل طول النبات بدءًا من نقطة ملامسة الساق الرئيسي لسطح التربة حتى قمة السنبلّة باستثناء السفا (IPGRI, 1994).

3.2.3. زاوية توضع الأوراق العلوية على الساق الرئيس:

حددت زاوية توضع الأوراق العلوية على الساق الرئيس كفاءة توزيع الطاقة الضوئية Light distribution efficiency بين أجزاء النبات الهوائية (الطوابق الورقية)، ومن ثمَّ تحديد كمية الطاقة الضوئية الواصلة إلى جميع أوراق النبات، وخاصةً الأوراق السفلية. وتم تبعاً لذلك تحديد كفاءة النبات التمثيلية، ومن ثمَّ معدل تصنيع وتراكم المادة الجافة، وكفاءة استعمال المياه. ويُحسب استناداً إلى مقياس scale مدرّج من 1-5 وفق الآتي:

1. تشكل الأوراق العلوية زاوية قائمة (90) مع الساق الرئيس.
2. تشكل الأوراق العلوية زاوية تعادل تقريباً (70) مع الساق الرئيس.
3. تشكل الأوراق العلوية زاوية تعادل تقريباً (50) مع الساق الرئيس.
4. تشكل الأوراق العلوية زاوية تعادل تقريباً (30) مع الساق الرئيس.
5. تشكل الأوراق العلوية زاوية أقل من (30) مع الساق الرئيس

4.2.3. مساحة الورقة العلمية Flag leaf area (سم²):

تم حساب المساحة الورقية يدوياً باستعمال المسطرة، وذلك بقياس طول الورقة والعرض الأعظمي لها، وضرب حاصل الجداء بمعامل التصحيح (0.79) (Voldong and Simpson, 1967). وتمت الدراسة على 5 نباتات من كل مكرر، أي بواقع 15 نباتاً لكل صفة مدروسة.

المساحة الورقية النظرية = طول الورقة × العرض الأعظمي للورقة

المساحة الورقية الفعلية = المساحة الورقية النظرية × معامل التصحيح (0.79)

5.2.3. دليل المساحة الورقية (LAI) Leaf Area Index:

يُعبّر هذا المؤشر عن درجة توزّج المحصول، أي مساحة المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي في وحدة المساحة من الأرض (م²). وحُسب نسبة المساحة الورقية لجميع النباتات الموجودة في متر مربع واحد من الأرض إلى مساحة القطعة التجريبية (1 م²).

6.2.3 الوزن الجاف للنبات (غ) Plant dry weight:

الوزن الجاف للنبات (غ) Plant dry weight: تم وضع النباتات في فرنٍ مسخن بشكلٍ مسبق على درجة حرارة 85 درجة مئوية مدة ثلاثة أيام، أو إلى حين الوصول إلى الوزن الجاف الثابت. وسجل متوسط الوزن لخمسة نباتات من كل قطعة تجريبية في كل مكرر، ومعامله.

7.2.3 الصفات المرتبطة بالإنتاجية: Yield associated traits:

1. متوسط عدد الحبوب في المتر المربع:

ويمثل حاصل ضرب متوسط عدد الحبوب في السنبلّة الواحدة بمتوسط عدد السنابل في المتر المربع.

2. متوسط وزن الألف حبة (غ) kernel weight-1000:

حيث تمّ حساب وزن 1000 حبة كالآتي:

$$\text{وزن الألف حبة (غ)} = \frac{\text{وزن العينة من الحبوب} - \text{وزن ما تحتويه من شوائب}}{\text{عدد الحبوب في العينة}} \times 1000$$

3. إنتاجية الحبوب (غ . م-2): Grain yield

تمّ فرط السنابل من النباتات المحصودة من 1 م²، وتم وزن الحبوب.

4. دليل الحصاد (%Harvest Index (HI): دليل الحصاد

يُعبّر دليل الحصاد عن النسبة المئوية بين وزن الحبوب إلى الوزن الجاف الكلي للنبات (حبوب + تبن). وتمّ حساب دليل الحصاد وفق المعادلة الآتية:

$$\text{دليل الحصاد (\%)} = \frac{\text{وزن الحبوب}}{\text{الوزن الجاف الكلي للنبات}} \times 100$$

8.2.3. التحاليل الكيميائية

1.8.2.3. محتوى الكلوروفيل a و b

يهدف هذا الإجراء إلى تقدير تركيز الكلوروفيل في أوراق النباتات، لما له من أهمية في تقييم كفاءة التمثيل الضوئي وحالة النمو الفسيولوجي للنبات. تم أخذ عينات من الأوراق الحديثة عند مرحلة نمو محددة، ووزن (0.2 غرام) من المادة النباتية الطازجة بدقة. وُضعت العينات في أنابيب اختبار تحتوي على (10 مل) من محلول الأسيتون بتركيز 80٪، ثم حُضنت في الظلام داخل الثلاجة لمدة 24 ساعة لتجنب تحلل الأصباغ بالضوء.

بعد انتهاء فترة الاستخلاص، رُشّحت العينات باستخدام ورق ترشيح نظيف، ثم نُقلت الرشاحة إلى أنابيب زجاجية شفافة لقياس الامتصاص الطيفي. تم قياس الامتصاصية عند الطولين الموجيين 645 و663 نانومتر باستخدام جهاز الطيف الضوئي (SPECTROPHOTOMETER)، وحُسب تركيز كلٍّ من الكلوروفيل A و B وفق المعادلات التي وضعها ARNON (1949) كما يأتي:

$$\bullet \text{ تركيز الكلوروفيل A (ملغم/لتر)} = (12.7 \times A_{663}) - (2.69 \times A_{645})$$

$$\bullet \text{ تركيز الكلوروفيل B (ملغم/لتر)} = (22.9 \times A_{645}) - (4.68 \times A_{663})$$

حيث تشير A663 و A645 إلى قيم الامتصاصية المقاسة عند الطولين الموجيين 663 و 645 نانومتر على التوالي.

2.8.2.3. محتوى السكريات الكلية

تم جمع العينات النباتية من المعاملات المختلفة، التي شملت الأصناف المدروسة تحت نظم الري المتباينة، بهدف تحليل محتواها الكيميائي. جففت العينات في فرن عند درجة حرارة ثابتة بلغت

70°م، حتى الوصول إلى وزن ثابت، ثم طُحنت باستخدام مطحنة كهربائية للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس صالح للتحليل.

تم وزن (0.5 غرام) من المادة الجافة بدقة باستخدام ميزان حساس، ثم أُضيف إليها (10 مل) من محلول الإيثانول بتركيز 80٪، داخل أنابيب اختبار محكمة الإغلاق. وُضعت الأنابيب في حمام مائي عند درجة حرارة 80°م لمدة ساعة واحدة، مع التحريك المستمر لضمان استخلاص السكريات الذائبة بفاعلية. بعد انتهاء مدة الاستخلاص، تُركت العينات لتبرد، ثم فُصلت بواسطة الطرد المركزي بسرعة (3000 دورة/دقيقة) لمدة عشر دقائق، وُجِع الراشح (SUPERNATANT) الناتج بعناية لاستخدامه في التحليل اللاحق. اعتمدت عملية التقدير على طريقة الفينول-حمض الكبريتيك (PHENOL-SULFURIC ACID METHOD) لتحديد محتوى السكريات الكلية في المستخلص. جرى تحضير محلول قياسي من الجلوكوز بتركيز مختلفة، لإنشاء منحنى معايرة يُستخدم في حساب تركيز السكريات في العينات.

ثم أُضيفت كميات محددة من كاشف الفينول وحمض الكبريتيك المركز إلى حجم معلوم من الراشح، ثم خلطت المكونات جيدًا، وترك المزيج ليتفاعل لمدة (30 دقيقة) في درجة حرارة الغرفة. قيس الامتصاص الناتج عند الطول الموجي (490 نانومتر)، باستخدام جهاز المطياف الضوئي (SPECTROPHOTOMETER)، بعد معايرة الجهاز بمحلول شاهد خالٍ من السكريات. حُسب محتوى السكريات الكلية للعينات وفق المعادلة الآتية:

$$\frac{(stdA_{sample} \times C)}{A_{std} \times W} = \text{محتوى السكريات الكلية (ملغم/غم)}$$

حيث:

(A_ SAMPLE): الامتصاصية المقاسة للعينات،

(C): تركيز محلول الجلوكوز القياسي (ملغم/مل)،

(A_ STD): الامتصاصية المقاسة للقياسي،

(W): وزن العينة الجافة (غم).

تم تكرار التحليل ثلاث مرات لكل عينة لضمان دقة النتائج، وإمكانية الاعتماد الإحصائي عليها. وسجلت جميع القراءات في جداول خاصة لتسهيل تحليل البيانات، كما استُخدم منحنى المعايرة لحساب التركيز الفعلي للسكريات الكلية استنادًا إلى قيم الامتصاص المسجلة..

3.8.2.3. محتوى البرولين

تم أخذ عينات ورقية بوزن 100 ملغ من كل طراز من الطرز الوراثة المدروسة، ومن كل معاملة، و وضعت كل على حدة في هاون خزفي، و تم أضيف إليها قليل من المحلول المائي لحمض سلفوساليسيليك (3%)، وتم سحق العينات بمساعدة كمية قليلة من الرمل المخبري النقي، ثم بعد ذلك فصلنا المستخلص بواسطة جهاز الطرد المركزي (3000 دورة/دقيقة) لمدة عشرة دقائق، ثم جمعنا محلول الاستخلاص وتم إكمال حجمه إلى 5 مل باستعمال حمض سلفوساليسيليك (3%)، أخذنا من المستخلص 2 مل وسنضيف إليه 2 مل من محلول النينهيدرين لتنشيط التفاعل (يتألف المحلول المنشط للتفاعل من 1.25 غ نينهيدرين + 30 مل حمض الخل الثلجي + 20 مل حمض N6 أورثوفوسفوريك)، و 2 مل من حمض الخل الثلجي. ووضعت الأنابيب في حمام مائي عند درجة الغليان مدة ساعة واحدة، ثم رفعت الأنابيب، وتم تبريدها بشكل مفاجئ، وذلك بوضعها في وعاء يحتوي على الماء المثلج. أضيف فيما بعد 4 مل من التولوين لكل أنبوب اختبار، وتم رج الأنابيب مدة عشر ثوانٍ، ثم تم قياس درجة الامتصاص عند طول موجي 520 نانو متر (Bates et al., 1973).

3.3. التصميم والتحليل الإحصائي

تم تنفيذ التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشوائية (Randomized Complete Block Design - RCBD). وتم تسجيل القراءات المطلوبة من النباتات الموجودة في الأسطر الداخلية لكل صنف من كل قطعة تجريبية. كما تم تبويب البيانات وتحليلها إحصائياً، وإجراء تحليل التباين الثنائي Two way Anova للصفات ذات الصلة بالنمو والإنتاجية، مع إجراء اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 0.5%.

4. النتائج Results

1.4 قوة النمو الأولى للبادرات :Seedling early vigor

يبين الجدول (5) وجود تباين بين الأصناف في قوة النمو الأولى للبادرات؛ حيث أظهرت الأصناف B49DYT.21 و B49DYT.2 قدرة أعلى على النمو المبكر تحت ظروف الزراعة البعلية، بينما أظهرت الأصناف كريم و B49DYT.15 أداءً أفضل تحت ظروف الزراعة المروية نتيجة توفر المياه وتحسن الظروف الملائمة للنمو

جدول:5 تقييم قوة النمو الأولى للبادرات لأصناف القمح الصلب تحت نظامي الزراعة البعلية والمروية

الصفة	الزراعة البعلية	الزراعة المروية	مستوى الأداء
كريم	متوسط	جيد	متفوق في المروي
B49DYT.11	ضعيف	متوسط	أداء منخفض إلى متوسط
B49DYT.15	متوسط	متوسط	متفوق في المروية
B49DYT.17	ضعيف	متوسط	أداء منخفض إلى متوسط
B49DYT.2	جيد جداً	جيد	متفوق في البعلية
B49DYT.21	جيد جداً	متوسط	متفوق في البعلية

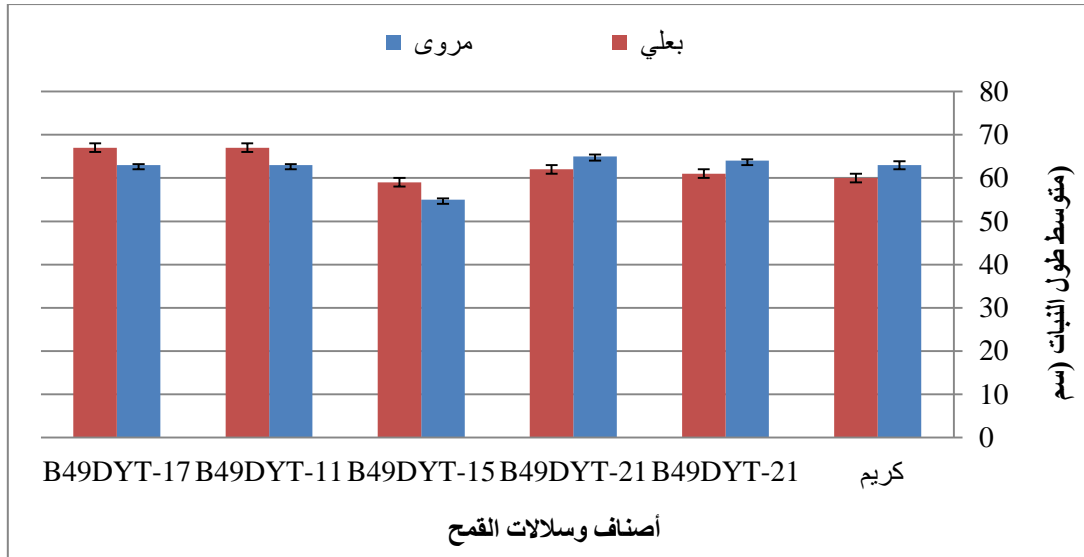
ويظهر الجدول (5) القيم الاحتمالية التي توضح الفروق بين معاملات الجفاف والأصناف المدروسة، إضافةً إلى تأثير التداخل بينهما. وقد تبين أن للجفاف تأثيراً معنوياً على عدد من الصفات، حيث كانت عدد البذور للسنبلة ($P = 0.04$)، الوزن الجاف للبذور ($P = 0.043$)، دليل الحصاد ($P = 0.046$)، مساحة الورقة ($P = 0.036$)، وطول الساق ($P = 0.019$) معنوية، في حين لم يظهر تأثير معنوي على طول النبات ($P = 0.15$)، عدد التفرعات ($P = 0.11$)، طول السفا ($P = 0.76$)، عدد السنابل ($P = 0.21$)، وزن السنبلة ($P = 0.19$)، وزن البذرة ($P = 0.46$)، وزن 1000 حبة ($P = 0.34$)، وإنتاجية البذور للنبات ($P = 0.32$).

جدول 6: القيم الاحتمالية للفروقات بين المعاملات والأصناف والتداخل.

التداخل (GxD)	الصنف Genotype (G)	الجفاف Drought (D)	الصفات Traits
< 0.01	0.41	0.15	طول النبات
< 0.01	0.62	0.11	عدد التفرعات
< 0.01	0.16	0.76	طول السفا
0.09	0.78	0.21	عدد السنابل
0.07	0.39	0.19	وزن السنبله
< 0.01	0.003	0.04	عدد البذور للسنبله
< 0.01	0.042	0.46	وزن البذرة
< 0.01	0.048	0.34	وزن 1000 حبة
< 0.01	0.45	0.32	إنتاجية البذور للنبات
< 0.01	0.51	0.043	الوزن الجاف للبذور
< 0.01	0.62	0.046	دليل الحصاد
0.174	0.047	0.036	مساحة الورقة
0.261	0.084	0.019	طول الساق

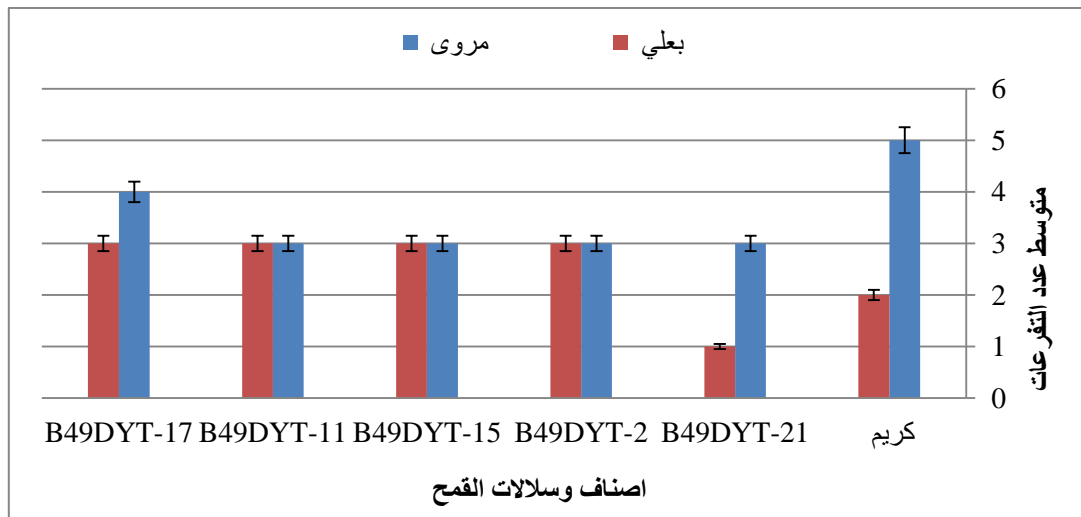
أما للصنف، فقد كان تأثيره معنويًا على عدد البذور للسنبله ($P = 0.003$)، ووزن البذرة ($P = 0.042$)، ووزن 1000 حبة ($P = 0.048$)، ومساحة الورقة ($P = 0.047$)، في حين لم يظهر تأثير معنوي في باقي الصفات مثل طول النبات، وعدد التفرعات، وطول السفا وعدد السنابل، وإنتاجية البذور للنبات، والوزن الجاف للبذور، ودليل الحصاد. وأما تأثير التداخل بين الجفاف والصنف ($G \times D$)، فقد كان معنويًا في أغلب الصفات الأساسية، حيث كان عدد التفرعات، وطول السفا، وعدد البذور للسنبله ($P < 0.01$) معنوية، كما أظهرت طول النبات، ووزن البذرة، ووزن 1000 حبة، وإنتاجية البذور للنبات، والوزن الجاف للبذور، ودليل الحصاد ($P < 0.01$) تأثيرًا معنويًا قويًا، في حين لم يكن معنويًا في مساحة الورقة ($P = 0.174$)، طول الساق ($P = 0.261$)، وعدد السنابل ($P = 0.09$). وتشير هذه النتائج إلى استجابة متفاوتة للأصناف تحت ظروف الإجهاد المائي، مع حساسية أكبر لبعض الصفات مثل عدد البذور للسنبله، والوزن الجاف للبذور، ودليل الحصاد، في حين تبقى صفات أخرى أقل تأثرًا.

يوضح الشكل (4) تأثير الجفاف على طول النبات للأصناف المختلفة لنبات القمح، حيث سجلت المعاملة البعلية طول نبات أعلى قليلًا، مقارنةً بالشاهد المروي في معظم الأصناف. وكان صنف B49DYT-17 و B49DYT-11 الأكثر طولاً تحت الريّ البعلي، تليهما أصناف أخرى ذات قيم متقاربة. في المقابل، سجّل الصنف B49DYT-15 أقل طول ضمن المعاملة البعلية. وأظهرت قياسات الخطأ المعياري تباينًا محدودًا بين المكررات.



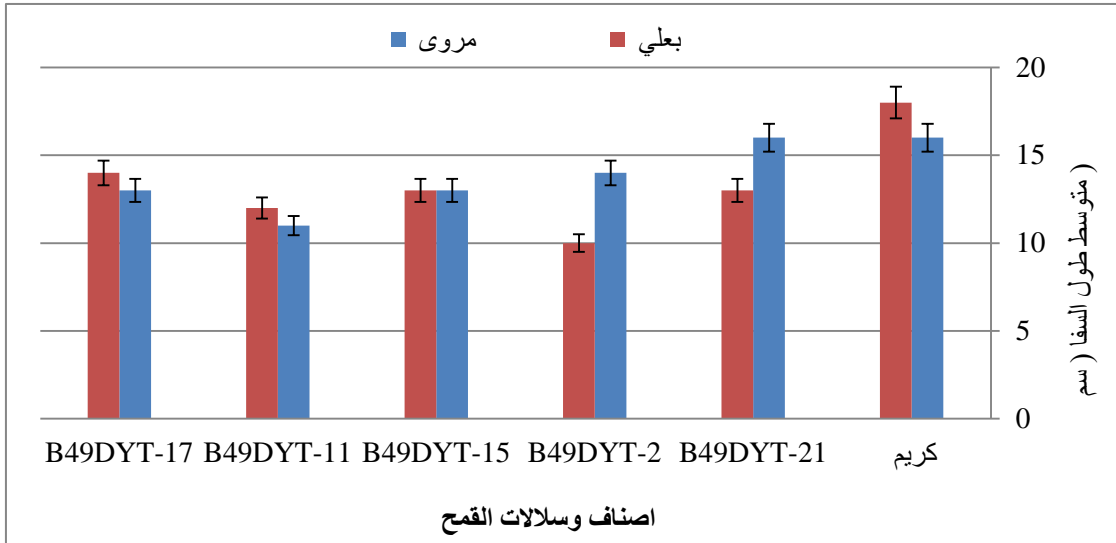
شكل 4: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط طول النبات لسنة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كم تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

تظهر النتائج في الشكل (5) تأثير الجفاف على متوسط عدد التفرعات تراجعًا واضحًا في معاملات الري البعلي مقارنةً بمعاملات الشاهد. حيث سجّلت الأصناف B49DYT-17 و B49DYT-15 و B49DYT-11 أعلى القيم نسبيًا ضمن الري البعلي، في حين كان B49DYT-21 الأدنى. كما لوحظ تقارب في استجابة الأصناف B49DYT-11 و B49DYT-15 و B49DYT-2 وجميعها مع قيم الشاهد.



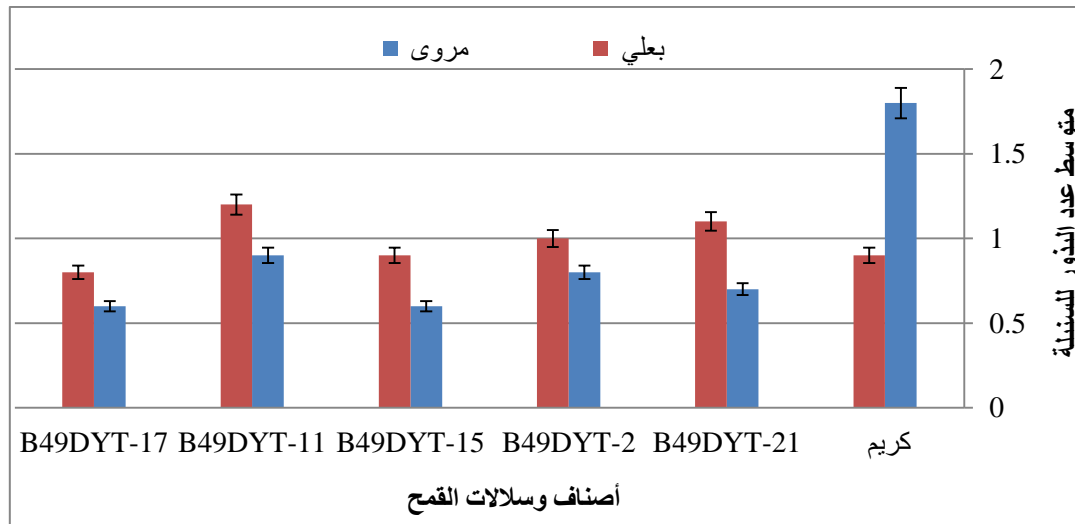
شكل 5: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط عدد التفرعات لسنة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كم تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

يوضح الشكل (6) تأثير الجفاف على متوسط طول السّفا تباينًا واضحًا في مختلف أصناف القمح تحت الري البعلي مقارنةً بالشاهد. حيث سجّلت الصنفان كريم و B49DYT-17 أعلى القيم ضمن الري البعلي، في حين سجّلت باقي الأصناف قيمًا أقل. كما لوحظ تقارب نسبي بين B49DYT-11 و B49DYT-15 و B49DYT-2 وجميعها مع معاملات الشاهد.



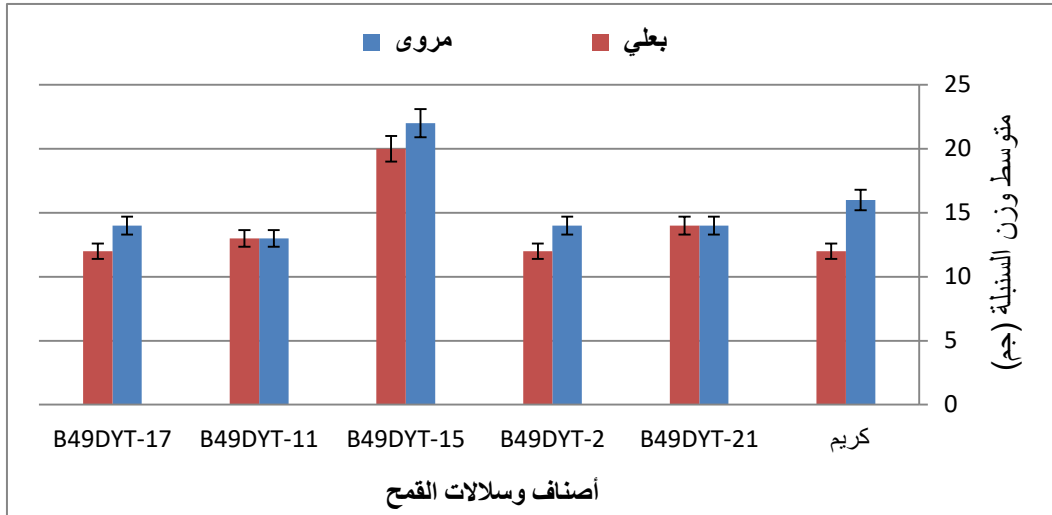
شكل 6: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط طول السفا لسته من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

يُظهر الشكل (7) تأثير الجفاف في متوسط عدد البذور للسنبلة لكل نبات في أصناف القمح تحت المعاملات المختلفة، إذ تشير النتائج إلى أن الصنف B49DYT-11 سجّل أعلى القيم، يليه الصنفان B49DYT-2 و B49DYT-21، مقارنة ببقية الأصناف، بينما سجّل صنف كريم أعلى قيمة في الشاهد.



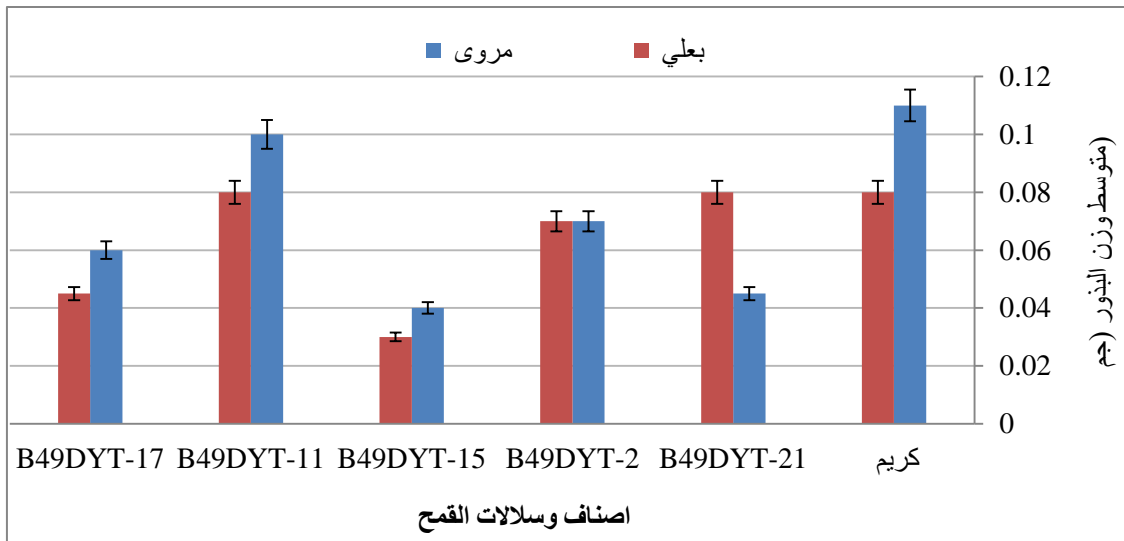
شكل 7: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط عدد البذور للسنبلة لسته من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

يُظهر الشكل (8) انخفاضًا في وزن السنبلة تحت المعاملة البعلية مقارنة بالشاهد في جميع الأصناف. حيث سجّل الصنف B49DYT-15 أعلى وزن للسنبلة في كلتا المعاملتين، رغم انخفاض قيمته في الحالة البعلية، يليه صنف B49DYT-21. كما انخفض وزن السنبلة في الأصناف B49DYT-17، وكريم و B49DYT-2 تحت المعاملة البعلية، مع بقاء ترتيب الأصناف متقاربًا بين المعاملتين.



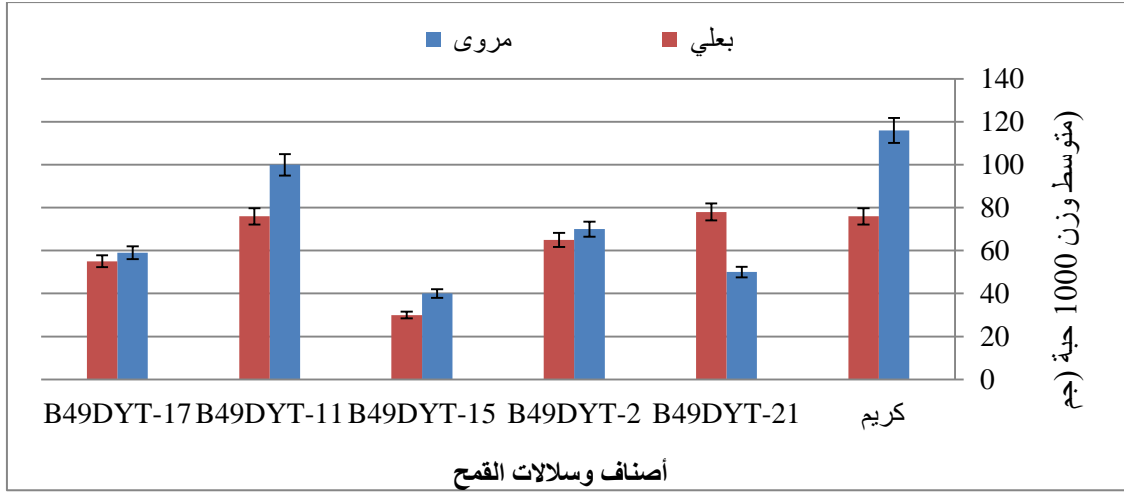
شكل8: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط وزن السنبله لسته من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

أظهر الشكل (9) تأثير الجفاف على وزن البذور الأصناف المختلفة تحت الري البعلي، وتشير النتائج إلى انخفاض عام في متوسط وزن البذور مقارنة بالشاهد المروي. سجل الصنف B49DYT-21 وكريم أعلى وزن للبذور ضمن ظروف البعلي، في حين كان B49DYT-15 أقل الأصناف.



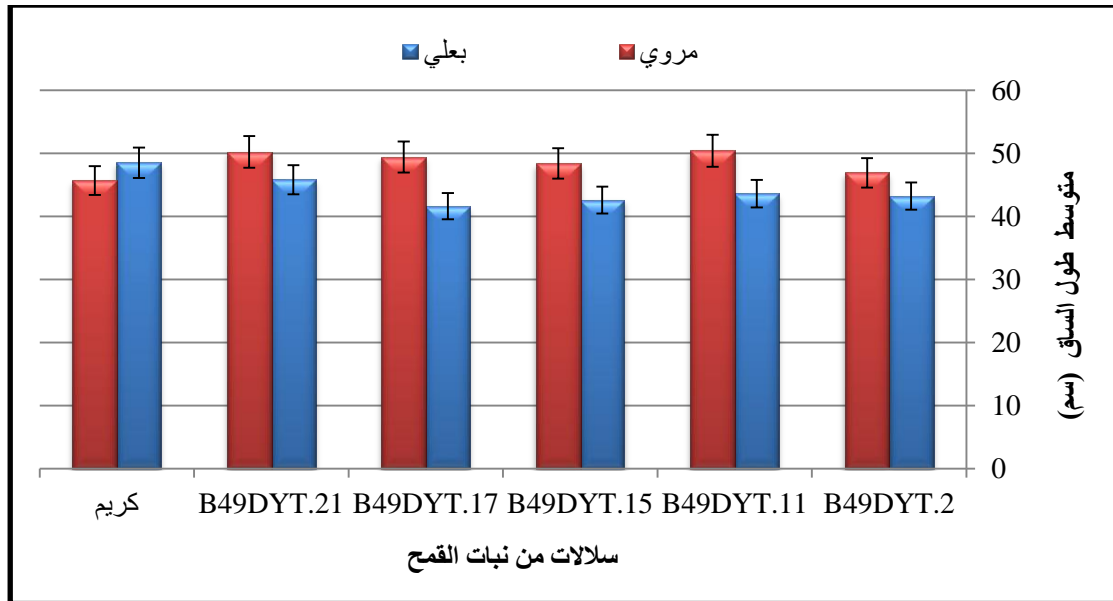
شكل9: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط وزن البذور لسته من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

يوضح الشكل (10) تأثير الجفاف على وزن (1000) حبة بالجرام، حيث تشير النتائج إلى أن الجفاف أثر سلباً على وزن الحبوب، وبين الشكل أن الأصناف النباتية اختلفت في استجابتها للجفاف حيث، سجل الصنف كريم وB49DYT-21 وB49DYT-11 أعلى وزن لـ1000 حبة تحت الري البعلي، وبقيم متقاربة فيما بينها، في حين أظهرت بقية الأصناف انخفاضاً أوضح مقارنةً بالشاهد المروي. كما كان التباين بين المكررات محدوداً تحت البعلي نتيجة تأثير الإجهاد المائي.



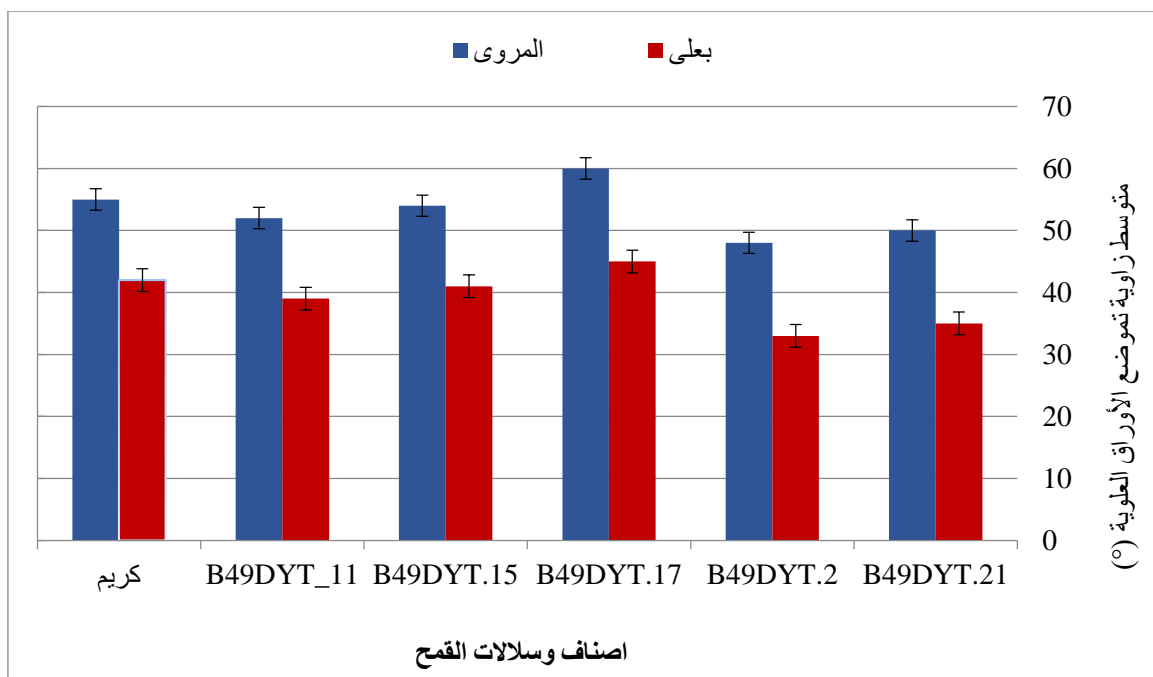
شكل10: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلبي) والصنف النباتي على متوسط وزن 1000 حبة لستة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

بعد قياس طول الساق لأصناف القمح (المروي) المدروسة، أظهرت النتائج زيادة واضحة لصنف (B49DYT.21) و (B49DYT.11)، بمتوسط طول (50سم) عن الشاهد. أما أصناف القمح (البعلبي) أظهرت النتائج انخفاضاً في متوسط طول الساق لكل السلالات عموماً، والسلالة (B49DYT.17) خصوصاً عن الشاهد. الشكل (11) يوضح ذلك.



شكل11: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلبي) والصنف النباتي على متوسط طول الساق لستة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

كما أظهرت النتائج في الشكل (12) تبايناً في متوسط زاوية تموضع الورقة العلوية على الساق الرئيس بين أصناف القمح المدروسة تحت نظامي الري. سجّلت أصناف معاملة الشاهد (الري المروي) زوايا تموضع أقل مقارنةً بالري البعلبي، وكان ذلك أكثر وضوحاً في الصنفين B49DYT- و B49DYT-21. في المقابل، ارتفعت زوايا تموضع الأوراق تحت نظام الري البعلبي، حيث أظهر الصنف B49DYT-17 أعلى متوسط للزاوية، في حين حافظت بقية الأصناف على نمط استجابة متفاوت بالنسبة للشاهد.



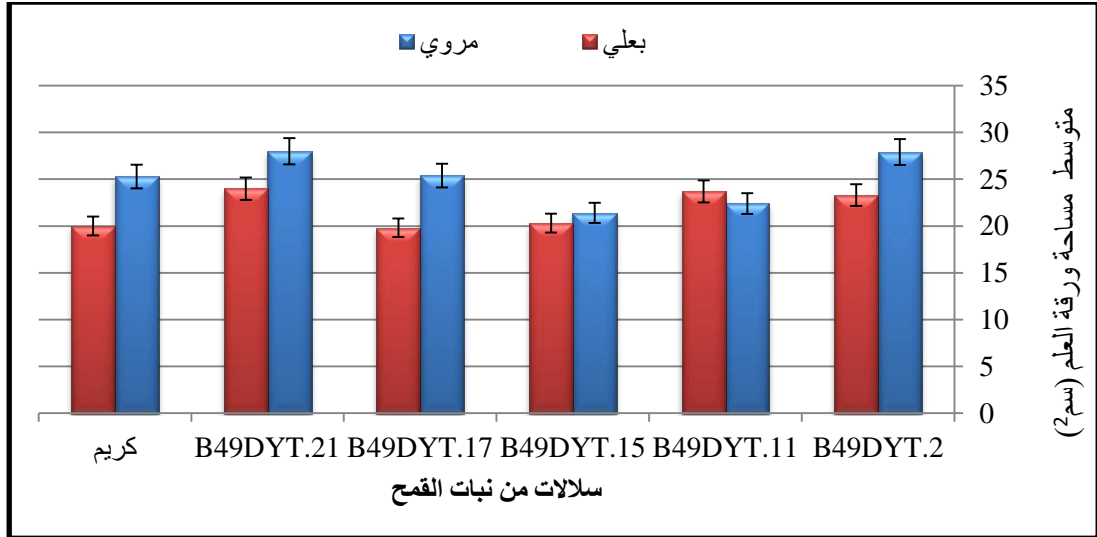
شكل 12: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلّي) والصنف النباتي على متوسط زاوية تموضع الأوراق لستة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

وأظهرت النتائج وجود فروق واضحة في سماكة الساق الرئيس بين أصناف القمح المدروسة، حيث يوضح الجدول (7) الترتيب التصاعدي لقيم سماكة الساق. حيث سجّل الصنف (B49DYT.15) أعلى قيمة لسماكة الساق، يليه الصنف كريم، في حين سجّل الصنفان (B49DYT.21) و(B49DYT.2) أقل القيم.

جدول 7: ترتيب النباتات حسب سماكة الساق الرئيسي

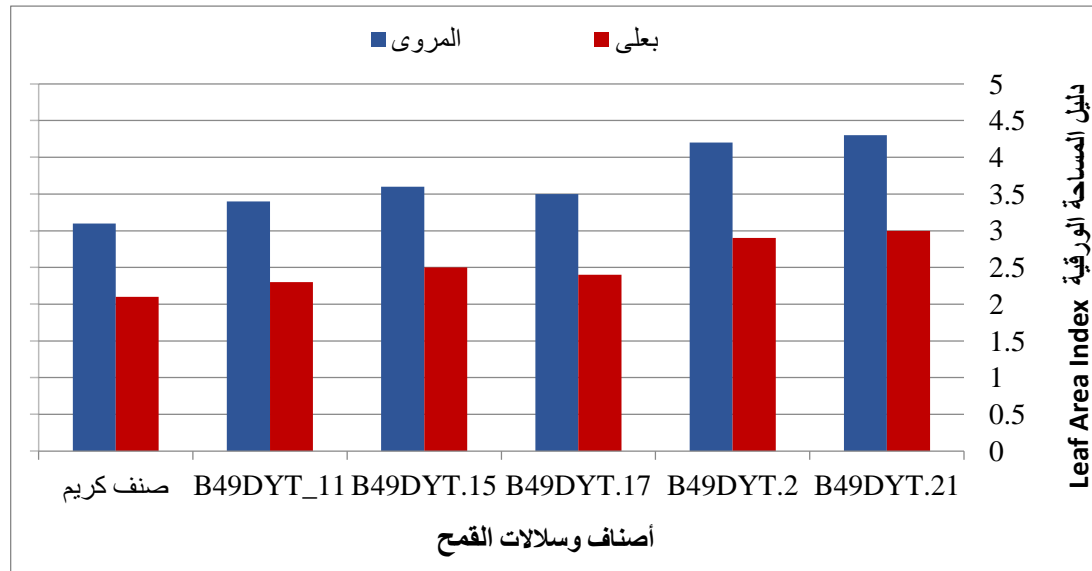
الصف	سماكة الساق الرئيسي (ملم)	الترتيب حسب السماكة	معلومات الصنف
B49DYT.15	5.1	1	الأعلى سماكة، تحمل جيد
كريم	4.8	2	سماكة جيدة، تحمل جيد جدا
B49DYT.17	4.4	3	متوسطة، لأداء مقبول
B49DYT-11	4.2	4	متوسطة، تحمل معتدل
B49DYT.21	4.0	5	أقل سماكة، حساسية للجفاف
B49DYT.2	3.8	6	الأضعف سماكة - أداء منخفض

يبين الشكل (13) تبايناً في متوسط مساحة الورقة بين سلالات القمح تحت نظامي الري. في معاملة الشاهد (الري المروي)، لوحظت زيادة واضحة في تركيز مساحة الورقة للسلالتين B49DYT-(21)، و (B49DYT-2)، في حين انخفضت المساحة في السلالتين (B49DYT-11) و (B49DYT-15) أما تحت الري البعلّي، فسجلت السلالات (B49DYT-21) و (B49DYT-11)، و (B49DYT-2)، زيادات متقاربة، في حين حافظت بقية السلالات على معدلاتها الطبيعية مقارنةً بالشاهد..



شكل 13: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط مساحة ورقة العلم لستة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

أظهرت النتائج في الشكل (14) تحت نظام الري البعلي وجود اختلافات بين الأصناف في قيمة المساحة الورقية (LAI). سجّل الصنف (B49DYT.21) أعلى قيمة بلغت 3.0، يليه الصنف (B49DYT.2) بقيمة 2.9، أما الأصناف كريم و (B49DYT.11) و (B49DYT.15)، و (B49DYT.17)، فقد تراوحت قيمها بين 2.1 و 2.5. كما أظهرت البيانات وجود تفاوت واضح بين الأصناف في هذا المتغير.



شكل 14: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط مساحة ورقة العلم لستة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

2.4. الصفات المرتبطة بالإنتاجية Yield associated traits:

يوضح الجدول (8) الأصناف والسلالات تحت الظروف البعلية اختلافات واضحة في الصفات المقاسة؛ حيث تراوح وزن 1000 حبة بين 30.00 غرام في السلالة (B49DY.15)، و 78.57 غرام في الصنف (B49DY.21). كما تراوحت إنتاجية البذور للنبات بين 1.6 غرام في الصنف

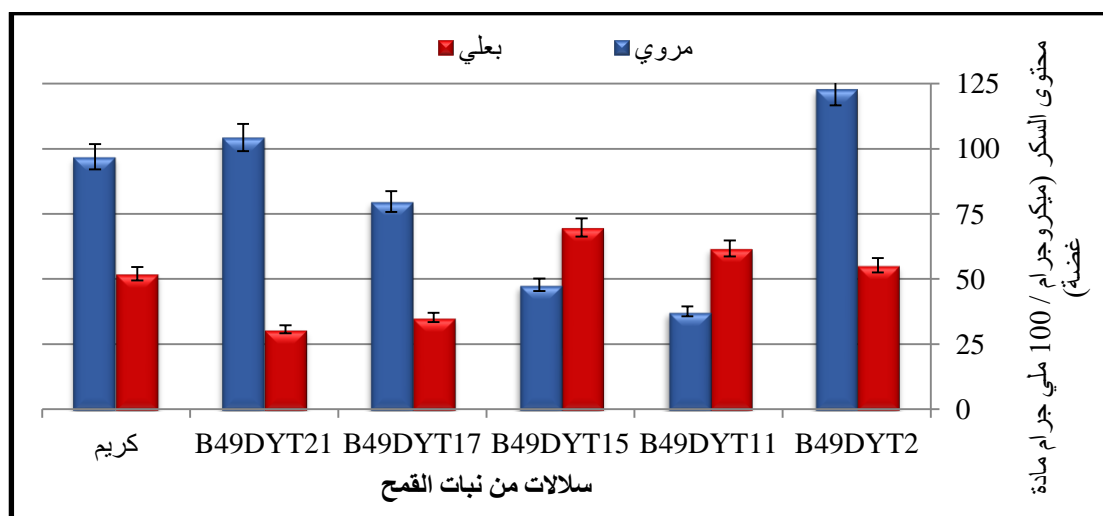
(B49DY.2) و4.5 غرام في السلالة (B49DY.11)، وسجل عدد الحبوب للنبات قيمًا تراوحت بين 4 و5 حبوب. أما دليل الحصاد، فتراوح بين 0.41 في الصنف (B49DY.2)، و0.87 في كل من (B49DY.21) ، و(B49DY.11). كما أظهرت الأصناف والسلالات اختلافًا واضحًا في أدائها تحت الظروف البعلية؛ حيث حقق الصنف (B49DY.11) أعلى قيمة في صفة دليل الحصاد % بين جميع الأصناف، تلاه الصنفان (B49DY.17) و(B49DY.21) بقيم مرتفعة. كما سجل الصنف (B49DY.15) قيمة متوسطة، في حين انخفض الأداء في الصنف (B49DY.11) بشكل ملحوظ مقارنة بالأصناف الأخرى. وسجل الصنف (B49DY.2) أقل قيمة تحت الظروف البعلية.

جدول 8: متوسط القيم لبعض الصفات المرتبطة بالإنتاجية لستة من سلالات وأصناف القمح الصلب

الصنف/ السلالة	إنتاجية البذور للنبات (جم)		وزن 1000 حبة (جم)		دليل الحصاد %	
	مروي	بعلي	مروي	بعلي	مروي	بعلي
كريم	9	3.60	112.50	75.00	0.71	0.80
B49DY.21	2.8	3.3	50.00	78.57	0.51	0.87
B49DY.2	3	1.6	71.43	66.67	0.63	0.41
B49DY. 15	5.4	3	40.91	30.00	0.30	0.71
B49DY. 11	2.4	4.5	100.00	75.00	0.48	0.87
B49DY. 17	4	3.6	57.14	50.00	0.60	0.82

3.4. التحاليل الكيميائية

أظهرت النتائج زيادة في محتوى السكر لسلالات القمح (المروي) للأصناف (B49DYT.2) و (B49DYT.21)، وانخفاض في الأصناف الأخرى عن الشاهد. من ناحية أخرى لوحظ زيادة لسلالات القمح (البعلي) لأصناف (B49DYT.15) و (B49DYT.11)، و(B49DYT.2)، وانخفاض في السلالات الأخرى عن الشاهد. الشكل (15) يوضح ذلك.



شكل 15: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على محتوى السكر لستة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري

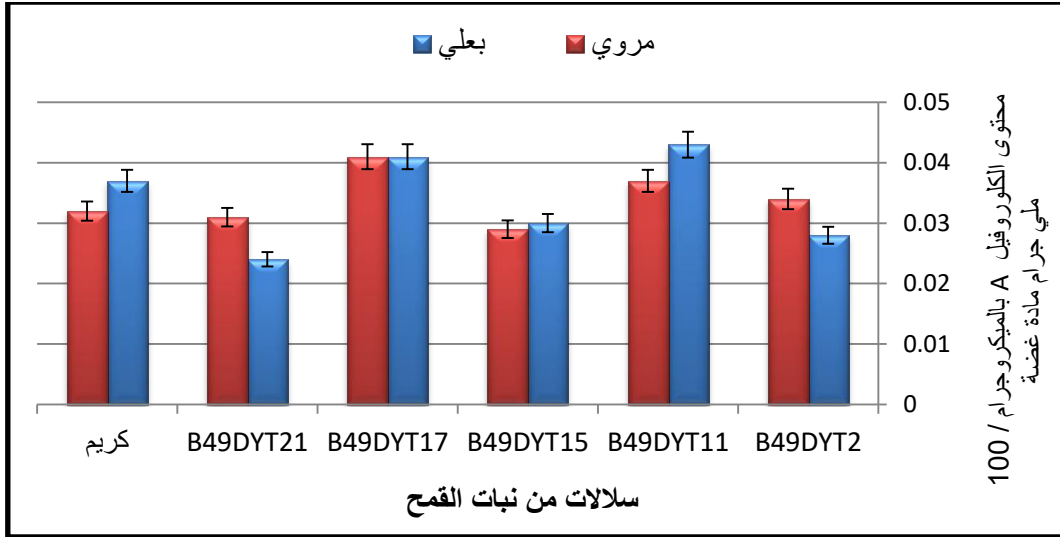
تشير القيم الاحتمالية في الجدول (9) إلى تأثيرات معنوية واضحة لنظام الري والنمط الجيني على الصفات الكيميائية لنبات القمح. بالنسبة للكلوروفيل a، كانت القيمة بين المعاملات 0.074، مما يعني أنه لا يوجد تأثير معنوي لنظام الري على هذه الصفة، في حين كانت القيمة بين الأصناف 0.048، مما يدل على وجود فروق معنوية بين الأصناف. التداخل (0.207) يشير إلى عدم وجود تأثير معنوي مشترك بين نظام الري والأصناف.

جدول 9: القيم الاحتمالية لتأثير نظام الري (بعلي ، مروى) والنمط الجيني (الأصناف) على الصفات الكيميائية لنبات القمح

التداخل (GxD)	الصنف Genotype (G)	الجفاف (D) Drought	الصفات Traits
0.207	0.048	0.074	الكلوروفيل a
0.087	0.031	0.002	الكلوروفيل b
0.046	0.024	0.001	الكاروتين
0.070	0.042	0.001	البرولين
0.062	0.053	0.003	محتوى السكر

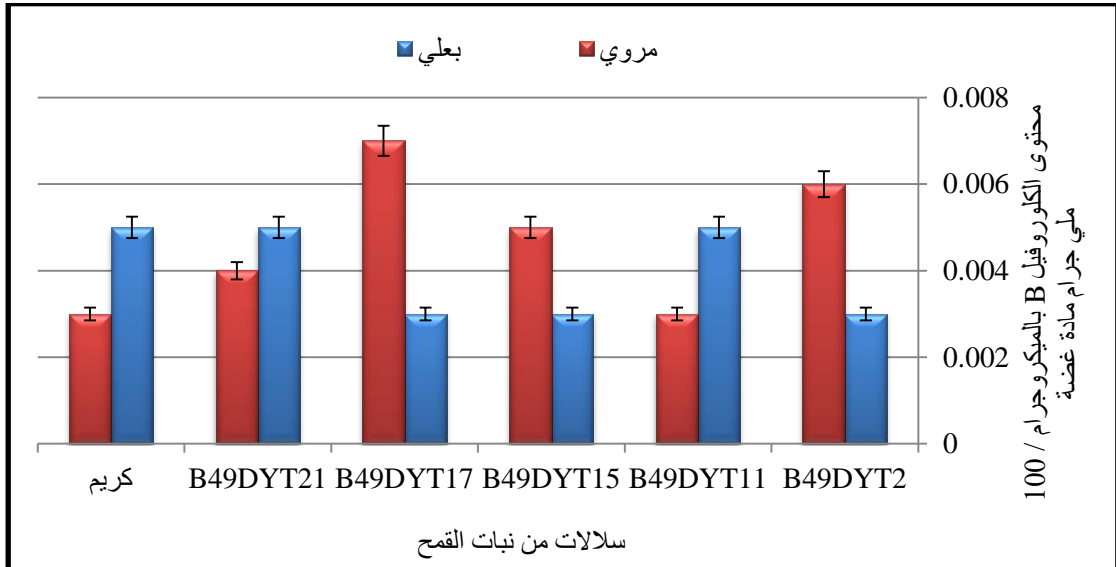
أما بالنسبة للكلوروفيل b، فقد أظهرت القيمة بين المعاملات (0.002) تأثيرًا معنويًا، مما يعني أن نظام الري له تأثير كبير على هذه الصفة، في حين كانت القيمة بين الأصناف (0.031) كذلك معنوية، مما يدل على وجود فروق بين الأصناف. التداخل (0.087) لا يظهر تأثيرًا معنويًا بالنسبة للكاروتين، كانت القيم 0.001 بين المعاملات و0.024 بين الأصناف، مما يشير إلى وجود تأثير معنوي لكل من نظام الري والأصناف. التداخل (0.046)، هنا يدل على وجود تأثير معنوي، مما يعني أن هناك تفاعلًا بين نظام الري والأصناف يؤثر على مستوى الكاروتين. فيما يتعلق بالبرولين، كانت القيم 0.001 بين المعاملات، و0.042 بين الأصناف، مما يدل على تأثير معنوي واضح لكل من نظام الري والنمط الجيني. التداخل (0.070) يظهر تأثيرًا قريبًا من المعنوي. أما محتوى السكر، فقد أظهرت القيم 0.003 بين المعاملات و0.053 بين الأصناف، مما يعني وجود تأثير معنوي لنظام الري، في حين تأثير الأصناف ليس معنويًا بشكل قوي. التداخل (0.062) يشير إلى تأثير ممكن ولكنه ليس قويًا.

أظهرت النتائج زيادة معنوية في تركيز الكلوروفيل لدى سلالتي القمح (B49DYT.11) و (B49DYT.17) تحت نظامي الري (البعلي والمروى). وسُجّلت القيم للسلالتين على التوالي كما يأتي: (0.043) في المعاملة البعلية، و(0.037) في المروية للسلالة الأولى، و(0.041) في كلتا المعاملتين (البعلية والمروية) للسلالة الثانية. وفي المقابل، سُجّل أدنى تركيز للكلوروفيل في نباتات القمح البعلية لدى السلالة (B49DYT.21)، في حين سُجّلت أقل قيمة في نباتات القمح المروية لدى السلالة (B49DYT.15)، كما هو موضح في الشكل (16).



شكل 16: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على محتوى الكلوروفيل A لستة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري

أظهرت النتائج كما هو موضح في الشكل (17) زيادة كبيرة ومعنوية في تركيز الكلوروفيل في نباتات القمح المروية، خاصة في السلالتين B49DYT-17 و B49DYT-2. بلغت القيم في السلالة الأولى 0.03 تحت إجهاد الري البعلي مقابل 0.007 في معاملة الشاهد الري المروي، وفي السلالة الثانية 0.03 مقابل 0.006 على التوالي. أما بقية السلالات فسجلت زيادات أقل. في المقابل، أظهرت جميع النباتات تحت الجفاف انخفاضاً أو عدم زيادة في الكلوروفيل مقارنةً بالشاهد، مما يعكس تأثيراً سلبياً واضحاً بهذا النظام.

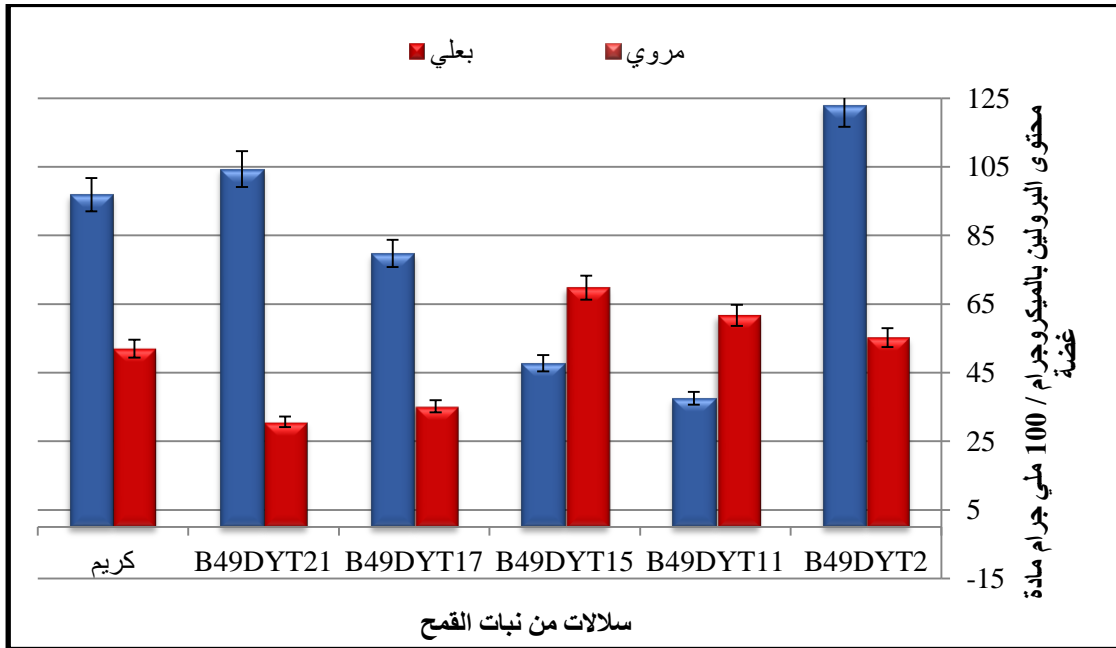


شكل 17: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصفة النباتي على محتوى الكلوروفيل B لستة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري

أظهرت النتائج أن الأصناف (B49DYT.2) و (B49DYT.21) سجلت زيادة ملحوظة في محتوى السكريات الكلية عند زراعتها تحت نظام الري المروي مقارنة بالري البعلي. أما الأصناف

الأخرى، فقد أظهرت زيادة طفيفة فقط في محتوى السكريات عند تطبيق الري البعلي. كما أظهرت البيانات أن نظام الري المروي ساهم في زيادة المساحة الورقية للنباتات مقارنة بالري البعلي، حيث كانت النباتات تحت الري المروي أكثر قدرة على إنتاج أوراق أوسع وأكبر.

يظهر الشكل (18) تبايناً في محتوى البرولين بين سلالات القمح تحت نظامي الري. في الشاهد (الري المروي)، سجل الصنفان (B49DYT-2) و (DYT-21)49B أعلى تراكمًا (55 و 105 mg/kg تقريبًا) مع فروق معنوية، في حين انخفضت القيم في بقية الأصناف مقارنة بالشاهد. أما تحت الري البعلي، فسجلت الأصناف (B49DYT-15) و (B49DYT-11) و (B49DYT-2) ارتفاعًا في المحتوى (70، 62، 124 mg/kg على التوالي)، في حين أظهرت الأصناف الأخرى قيمًا أقل من الشاهد.



شكل 18: تأثير التداخل بين الجفاف (مروي، بعلي) والصنف النباتي على متوسط البرولين لسنة من سلالات وأصناف القمح. تشير الأعمدة البيانية إلى متوسط القيم، كما تشير الخطوط العمودية إلى الخطأ المعياري.

5. المناقشة Discussion

1.5 الصفات المرتبطة بالنمو Growth traits

أظهرت النتائج وجود فروق معنوية واضحة بين المعاملات والأصناف، والتداخل بينهما في عدد من المتغيرات المدروسة، شملت قوة النمو الأولى للبادرات، وعدد البذور للسنبلة، ووزن 1000 حبة، والوزن الجاف للبذور، ودليل الحصاد، كما بينت نتائج تحليل التباين (ANOVA) أن هذه الصفات تأثرت معنويًا بكل من المعاملات الزراعية والأصناف، وكذلك بتداخلها. ويشير ذلك إلى أن اختلاف نظم الري والتسميد والمعاملات الزراعية الأخرى يسهم بشكل مباشر في تعزيز قدرة الأصناف على التعبير عن إمكاناتها الوراثية، ولا سيما خلال المراحل الأولى من النمو، مما ينعكس لاحقًا على مكونات الحاصل. وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه (Faraj et al. 2020; Erenstein et al. 2022a)، حيث أوضحوا أن الإدارة الزراعية المتكاملة، خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة، تؤثر بشكل كبير في قوة النمو المبكر وكفاءة استخدام الموارد، الأمر الذي يؤدي إلى تحسين صفات الإنتاجية مثل وزن الحبوب ودليل الحصاد.

كما أكد (Singh et al, 2020a) أن قوة النمو الأولى للبادرات تُعد مؤشرًا مهمًا للتفوق التنافسي للنبات في المراحل المبكرة، وترتبط ارتباطًا إيجابيًا بنمو المجموع الخضري وتراكم المادة الجافة. كما تعكس دلالة التداخل بين المعاملات والأصناف اختلاف الاستجابة الفسيولوجية والإنتاجية للأصناف تبعًا للظروف البيئية والإدارية، وهو ما يتوافق مع ما ذكره (Sharma et al. 2023; Savolainen et al., 2013)، حيث أشاروا إلى أن التباين الوراثي بين الأصناف يلعب دورًا أساسيًا في تحديد قدرتها على التكيف مع الظروف المختلفة. وفي هذا السياق، أوضح Al-Hakimi and (Khanna, 2024 ; Khan, 2017) أن الإجهاد المائي يؤثر سلبيًا في العمليات الأيضية وتراكم المواد الجافة، مما ينعكس على قوة النمو المبكر ودليل الحصاد، ووزن الحبوب.

وتؤكد هذه النتائج مجتمعة أهمية دراسة صفة قوة النمو الأولى للبادرات إلى جانب مكونات الإنتاجية، وأهمية تحليل التداخل (معاملة × صنف) عند تقييم الأصناف، لما لذلك من دور محوري في برامج التربية النباتية، الهادفة إلى اختيار أصناف عالية الكفاءة والإنتاجية، وقادرة على التكيف مع ظروف الزراعة المختلفة، خاصة في البيئات المتأثرة بالإجهاد المائي مثل الظروف السائدة في ليبيا، كما أشار إلى ذلك (Faraj et al. 2020؛ FAO 2023).

في المقابل، أظهر عدد البذور للسنبلة دلالة معنوية واضحة لتأثير كل من المعاملات والأصناف، مما يدل على أن التغيير في العوامل المدروسة ينعكس مباشرة على هذه الصفة. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Erenstein et al. 2022 ; Faraj et al. 2020)، حيث أكدوا أن عدد البذور للسنبلة يُعد من أكثر مكونات الحاصل استجابة للإدارة الزراعية، مما يبرز أهمية اختيار المعاملات المناسبة لتحقيق إنتاجية أعلى. وعند النظر إلى وزن البذور، نلاحظ أن الأصناف لها تأثير دال، مما يدل على أن

الاختلافات بين الأصناف يلعب دورًا رئيسيًا في تحسين هذه الخاصية. تأثير التداخل أيضًا كان ملحوظًا، مما يعكس أن كيفية تفاعل المعاملات مع الأصناف تؤثر بشكل كبير على النتائج. هذا يعني أن التعديلات في المعاملات قد تؤدي إلى نتائج مختلفة اعتمادًا على الصنف المستخدم. إلا أن هناك ارتباطًا قويًا بين المعاملات والأصناف في كيفية تأثيرها على الإنتاجية.

تعكس زاوية تموضع الأوراق العلوية على الساق الرئيس كفاءة اعتراض الضوء، وقدرة النبات على الاستفادة من الإشعاع الشمسي، حيث تساهم الزوايا الصغيرة (الأكثر انصبابًا) في تقليل التظليل الداخلي وتوزيع الضوء بشكل متساوٍ على الأوراق السفلى، مما يعزز البناء الضوئي الكلي، ويحسن قدرة النبات على استعادة النمو بعد التعرض للإجهاد المائي (Singh et al., 2020; Sharma et al., 2023). كما تقلل هذه الزوايا الفقد المائي الناتج عن التعرض المباشر لأشعة الشمس، مما يعزز الصفات الفسيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف (Khanna, 2024). في المقابل، الزوايا الكبيرة تحد من نفاذ الضوء إلى الأوراق الداخلية، مما يقلل الكفاءة الضوئية والأداء الإنتاجي للنبات (Lim et al., 2007). ويظهر التباين بين الأصناف، مثل B49DYT.21 وB49DYT.2، في زاوية الأوراق الأكثر انصبابًا وكفاءتها الضوئية الأعلى، مما يجعل هذه الصفات المورفولوجية مستهدفة في برامج التربية الوراثية، لاختيار الأصناف الأعلى إنتاجية وقدرة على التكيف في الظروف شبه الجافة (Erenstein et al., 2022; Sharma et al., 2023).

تلعب سماكة الساق الرئيس دورًا فسيولوجيًا محوريًا في تعزيز قدرة نبات القمح على التكيف مع ظروف الجفاف، خاصة خلال مرحلة ما بعد الإزهار، التي تتسم بانخفاض النشاط التمثيلي الضوئي. يُعزى ذلك إلى أن الساق السمكية تعمل كمخزن مؤقت وفعال للكربوهيدرات، ولاسيما الفركتان، التي تُعاد تعبئتها ونقلها إلى الحبوب خلال مرحلة الامتلاء، مما يضمن استمرارية عملية ملء الحبوب حتى عند تراجع كفاءة المسطح الورقي تحت الإجهاد (Lim et al., 2007). أظهرت نتائج الدراسة وجود تباين وراثي واضح بين الأصناف، حيث تميزت سلالات مثل B49DYT.15 وصنف كريم بسيفان أكثر سماكة، ما انعكس في انخفاض محدود لوزن الساق عند النضج، مما يدل على كفاءتها العالية في إدارة المخزون الداخلي، وإعادة توزيعه نحو الحبوب. وتؤكد دراسات سابقة أن الأصناف ذات السيقان السمكية تعتمد بدرجة أقل على الظروف البيئية الخارجية، وأكثر قدرة على موازنة العلاقة بين المصدر والمصب (Source-Sink)، وهو ما يساهم في تحسين وزن الحبوب ودليل الحصاد تحت ظروف الجفاف (Blum, 2011; Khanna, 2024).

في المقابل، كانت بعض النتائج غير معنوية بين الأصناف الأخرى، ويُعزى ذلك إلى محدودية التباين الوراثي في بعض الطرز، أو التأثير المتغير للظروف البيئية مثل شدة الإجهاد المائي ودرجة الري، والتي قد تقلل من ظهور فروق ذات دلالة إحصائية واضحة. يعكس هذا الأمر أن سماكة الساق وحدها ليست العامل الحاسم دائمًا، وإنما تتفاعل مع مجموعة من الصفات الفسيولوجية والبيئية لتحديد

الأداء الإنتاجي النهائي تحت الإجهاد. بناءً على ذلك، يمكن اعتبار سماكة الساق الرئيس صفة انتقائية فعّالة في برامج التربية النباتية لتحسين إنتاجية القمح في البيئات الجافة وشبه الجافة، مع ضرورة دمجها مع صفات فسيولوجية أخرى، لضمان قدرة عالية على تحمل الإجهاد المائي.

"يُشير التفوق الملحوظ للصنفين B49DYT.2 و B49DYT.21 في قيمة المساحة الورقية (LAI)، ضمن نظام الري المروي إلى كفاءتهما العالية في استغلال الظروف الزراعية المُثلى. تمثل هذه النتائج أساسًا مثيرًا لإجراء دراسات مستقبلية، تهدف إلى تقييم تأثير الري على أصناف أخرى، وتطوير تقنيات زراعية مبتكرة لتعزيز إنتاجية القمح. حيث يضمن نظام الري المروي توفير إمدادات مائية كافية لنمو النبات، مما يعزز قدرته على إنتاج الكتلة الخضرية. ويُحتمل أن هذين الصنفين قد طوّرا آليات فسيولوجية متقدمة، مثل استراتيجيات نمو الجذور، وتحسين قدرات التخزين، مما يجعلهما أكثر كفاءة في امتصاص واستخدام المياه المتاحة.

كما يبرز تأثير الري المروي الدور الحاسم لإدارة المياه في تعزيز نمو النبات الخضري وتوسيع المساحة الورقية، مما يدعم الهدف الثالث للدراسة، المتمثل في تقييم التباين بين الأصناف من حيث الأداء الإنتاجي، وقدرتها على مقاومة الإجهاد المائي. وتشير النتائج كذلك إلى أن الأصناف المتوقعة طورت استراتيجيات جذرية وتخزينية فعّالة، تمكّنها من استخدام المياه بكفاءة أعلى، بما يعزز إنتاجيتها، ويضمن استمرارية عملياتها الفسيولوجية الحيوية تحت ظروف شبه الجفاف (Erenstein et al., 2022; Khanna, 2024). وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه (شيوب، 2025)، حيث لوحظ أن الإجهاد المائي يقلل كفاءة التمثيل الضوئي، ويحد من التوسع الورقي، ويؤثر على تراكم السكريات في الأصناف الحساسة، في حين تحافظ الأصناف المتحملة نسبيًا على نشاطها الفسيولوجي، مما يعكس وجود تباين وراثي واضح في القدرة على التكيف مع نقص المياه.

أوضحت النتائج أن نظام الري كان له تأثير معنوي على كل من طول الساق، ومساحة الورقة، حيث أعطت الأصناف تحت نظام الري المروي قيمًا أعلى مقارنة بالبعلي. هذا متوقع بيولوجيًا، لأن توفر المياه بشكل كافٍ يعزز استطالة الخلايا، ويزيد من معدل الانقسام الخلوي، مما يؤدي إلى زيادة طول النبات ومساحة أوراقه، ومن ثم تحسين عملية البناء الضوئي. في المقابل، عدم ظهور فروق معنوية للتداخل بين الصنف ونظام الري في بعض الصفات، يدل على أن استجابة الأصناف متقاربة لنظام الري دون اختلافات كبيرة في التفاعل بينها، وهو ما قد يشير إلى تكيف هذه الأصناف مع ظروف بيئية معينة.

في المقابل، كانت بعض النتائج غير معنوية بين الأصناف الأخرى، ويُعزى ذلك إلى محدودية التباين الوراثي في بعض الطرز، أو التأثير المتغير للظروف البيئية مثل شدة الإجهاد المائي ودرجة الري، والتي قد تقلل من ظهور فروق ذات دلالة إحصائية واضحة. يعكس هذا الأمر أن سماكة الساق وحدها ليست العامل الحاسم دائمًا، وإنما تتفاعل مع مجموعة من الصفات الفسيولوجية، والبيئية لتحديد

الأداء الإنتاجي النهائي تحت الإجهاد. بناءً على ذلك، يمكن اعتبار سماكة الساق الرئيس صفة انتقائية فعّالة في برامج التربية النباتية لتحسين إنتاجية القمح في البيئات الجافة وشبه الجافة، مع ضرورة دمجها مع صفات فسيولوجية أخرى لضمان قدرة عالية على تحمل الإجهاد المائي.

2.5 الصفات المرتبطة بالإنتاجية Yield traits

أظهرت النتائج تبايناً واضحاً بين الأصناف في وزن 1000 حبة، إنتاجية البذور، الوزن الجاف للنبات، ودليل الحصاد، مما يعكس كفاءة الصنف في تعبئة المواد الغذائية، وتحويل نواتج التمثيل الضوئي إلى حبوب (Singh et al., 2020b; Sharma et al., 2023). أظهرت الأصناف B49DYT.11 و B49DYT.21 إنتاجية أعلى في الري المروي، في حين انخفضت قيم بعض الأصناف تحت الري البعلي نتيجة الإجهاد المائي، مما يشير إلى اختلاف التكيف الوراثي بين الأصناف (Faraj et al., 2020; Khanna, 2024). وتؤكد هذه النتائج الهدف الثالث للدراسة، المتمثل في تحديد التباين بين الأصناف في الأداء الإنتاجي، وقدرتها على مقاومة الإجهاد المائي، كما تدعم الهدف الثاني في دراسة الصفات الفسيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف.

3.5 الصفات الكيميائية Chemical traits

لوحظ تأثير معنوي لنظام الري على محتوى الكلوروفيل، مما يؤكد أن توفر المياه يعزز العمليات الفسيولوجية المرتبطة بتكوين الكلوروفيل، ويحافظ على كفاءة جهاز التركيب الضوئي، الأمر الذي ينعكس إيجاباً على النمو والإنتاجية، خاصة تحت الظروف غير المجهدة (Al-Hakimi & Khan, 2017; Khanna, 2024). كما أظهرت النتائج فروقاً معنوية بين السلالات، مما يشير إلى وجود تباين وراثي حقيقي في القدرة على الحفاظ على النشاط الضوئي تحت اختلاف نظم الري، وهو ما يمكن استغلاله في برامج التربية الوراثية، لتحسين الكفاءة الفسيولوجية والإنتاجية (Sharma et al., 2023; Savolainen et al., 2013). وتتوافق هذه النتائج مع ما أشار إليه (شيوب، 2025) عند دراسته لتحمل الطرز الوراثية للقمح للإجهاد المائي، حيث أوضح أن الأصناف المتحملة للجفاف تُظهر قدرة أفضل على الحفاظ على سلامة جهاز التمثيل الضوئي، وكفاءة الأصباغ الضوئية تحت نقص المياه، مما يعكس دور الكلوروفيل كمؤشر فسيولوجي مهم لتحمل الإجهاد. وبذلك تعكس هذه النتائج أهداف الدراسة مباشرةً، من خلال تقييم الصفات الفسيولوجية المرتبطة بتحمل الإجهاد المائي، وكذلك تحديد التباين الوراثي بين السلالات في أدائها الفسيولوجي والإنتاجي، مما يوفر أساساً علمياً موثقاً، لاختيار الأصناف الأكثر تكيفاً تحت ظروف الري المختلفة.

كما أظهر التداخل بين نظام الري والسلالة دلالة معنوية فقط لمحتوى الكاروتين، مما يشير إلى أن تراكم هذه الصبغة يتأثر بالتفاعل المشترك بين العوامل الوراثية والبيئية. ويُعزى ذلك إلى الدور الفسيولوجي المهم للكاروتينات كمضادات أكسدة، إذ تسهم في حماية الأغشية الخلوية، ومكونات جهاز التمثيل الضوئي من الأضرار الناتجة عن الإجهاد المائي، وزيادة أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS)

تحت ظروف الجفاف (Lim et al., 2007; Renzetti et al., 2024). وتوضح هذه النتيجة أن بعض السلالات تمتلك قدرة وراثية أعلى على تفعيل آليات الدفاع الأوكسدي عند تعرضها للإجهاد المائي، وهو ما يفسر دلالة التداخل (ري × سلالة) للكاروتين دون غيره من الأصباغ. وقد أشار (Al-Hakimi and Khan, 2017 ; Khanna, 2024) إلى أن زيادة الكاروتينات تحت الجفاف تُعد استجابة تكيفية، تسهم في الحفاظ على كفاءة البناء الضوئي، واستقرار النظام الأيضي للنبات. وبذلك ترتبط هذه النتائج مباشرةً بأهداف الدراسة، إذ تؤكد أهمية الصفات الفسيولوجية المرتبطة بآليات التحمل (مثل الكاروتين)، كمؤشرات فعالة لاختيار الأصناف الأكثر تكيفًا مع الإجهاد المائي، كما تبرز التباين الوراثي بين السلالات في استجابتها للإجهاد، مما يدعم توظيف هذه الصفة في برامج التربية لتحسين تحمل الجفاف والإنتاجية تحت ظروف الزراعة المحدودة بالمياه.

يعكس ارتفاع محتوى البرولين في بعض الأصناف تحت نظام الري البعلي استجابة فسيولوجية تكيفية للإجهاد المائي، إذ يعمل البرولين كمذاب أسموزي يساهم في الحفاظ على الاتزان المائي داخل الخلايا، وحماية البروتينات والأغشية الخلوية من الضرر الناتج عن الجفاف (عاكول، 2011; Khanna, 2024). كما يلعب البرولين دورًا مهمًا في تنظيم الجهد الأسموزي، وتقليل الأضرار التأكسدية الناتجة عن الإجهاد، مما يساعد النبات على الاستمرار في نشاطه الأيضي تحت الظروف غير الملائمة (Renzetti et al., 2024). وتتوافق هذه النتائج مع هدف الدراسة، المتعلق بتقييم الصفات الفسيولوجية المرتبطة بتحمل الجفاف، حيث يؤكد تراكم البرولين وجود تباين وراثي بين الأصناف في آليات التكيف مع نقص المياه، مما يجعله مؤشرًا فسيولوجيًا مهمًا، يمكن الاعتماد عليه في اختيار الأصناف الأكثر قدرة على مقاومة الإجهاد المائي في برامج التربية النباتية.

تُظهر النتائج أن نظام الري كان عاملاً حاسماً في التأثير على الخصائص الفسيولوجية والإنتاجية لأصناف القمح الصلب، ولاسيما محتوى السكريات الكلية والمساحة الورقية، وهو ما ينسجم مع السعي إلى فهم الصفات الفسيولوجية المرتبطة بتحمل الإجهاد المائي، وتفسير تباين استجابة الأصناف. فقد سجلت الأصناف B49DYT.2 و B49DYT.21 زيادة معنوية في محتوى السكريات الكلية، تحت نظام الري المروي مقارنةً بالري البعلي، ويُعزى ذلك إلى أن توفر المياه يعزز كفاءة التمثيل الضوئي، وتراكم نواتج الكربوهيدراتية، والتي تمثل مصدرًا مهمًا لدعم النمو والإنتاج (Taiz et al., 2015). وتدل هذه الاستجابة المتفوقة على امتلاك هذه الأصناف كفاءة وراثية أعلى في استغلال الموارد المائية والضوئية، مما يبرز التباين الوراثي في تحمل الظروف البيئية المختلفة. في المقابل، فإن الانخفاض النسبي في محتوى السكريات تحت الري البعلي يعكس تأثير الإجهاد المائي في تقييد النشاط التمثيلي وتقليل إنتاج المركبات الكربوهيدراتية، وهو ما تم الإبلاغ عنه في دراسات عديدة تناولت استجابة القمح للجفاف (Blum, 2011). وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه شيوب (2025)، حيث أوضح أن نقص المياه يؤدي إلى تراجع الصفات الفسيولوجية المرتبطة بالطاقة الحيوية للنبات، مع وجود فروق واضحة بين الطرز الوراثية في درجة التأثير.

كما بينت النتائج أن الري المروي أدى إلى زيادة المساحة الورقية، مما يعزز القدرة على اعتراض الضوء ويرفع كفاءة البناء الضوئي، وهو عامل أساسي في دعم النمو الخضري والإنتاجي. وتشير هذه الاستجابة إلى أن الأصناف المتفوقة قد طورت استراتيجيات فسيولوجية وجذرية أكثر كفاءة في امتصاص الماء واستخدامه، وهو ما يدعم تحديد التباين بين الأصناف في أدائها الإنتاجي، وقدرتها على مقاومة الإجهاد المائي، كما أكدت عليه دراسة (شيوب، 2025)، في غربلة الطرز الوراثية للقمح تحت ظروف الجفاف.

كما أظهرت نتائج الدراسة أن محتوى السكريات الكلية زاد بشكل ملحوظ في الأصناف B49DYT.21 و B49DYT.2 عند زراعتها، تحت نظام الري المروي مقارنةً بالري البعلي. ويُعزى ذلك إلى أن توفر المياه المستمر يعزز عمليات التمثيل الضوئي، مما يزيد من تراكم السكريات في النبات (Khanna, 2024; Al-Hakimi & Khan, 2017). كما يشير تفوق هذين الصنفين إلى أن لهما تكيّفًا وراثيًا يجعل استجابتهما للري المروي أكثر كفاءة، وقدرتهما على استغلال الموارد المائية والضوئية المتاحة أعلى (Sharma et al., 2023; Abdullah et al., 2020). يُعتبر ارتفاع محتوى السكريات مؤشرًا فسيولوجيًا هامًا لصحة النبات وكفاءة عملياته الحيوية، ويترجم بشكل إيجابي على جودة الحبوب والإنتاجية النهائية، بما يتوافق مع الهدف الأول للدراسة، المتعلق بتقييم الصفات الفسيولوجية المرتبطة بتحمل الإجهاد المائي. وبالمقابل، أظهرت النباتات المزروعة تحت نظام الري البعلي زيادة طفيفة فقط في محتوى السكريات، نتيجة للإجهاد المائي المحدود الذي يحد من نمو النبات وإنتاجه (Faraj et al., 2020).

6. الخاتمة Conclusion

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير نظام الري والتباين الوراثي بين الأصناف في القمح على صفات النمو، والإنتاجية، والمؤشرات الكيميائية والفسولوجية، بهدف تحديد الأصناف الأكثر ملاءمة للظروف البيئية المحلية. أظهرت الأصناف B49DYT.21 و B49DYT.11 تفوقًا واضحًا في الصفات الإنتاجية والفسولوجية تحت نظام الري المروي والبعلي على حد سواء، مما يجعلها مرشحة واعدة في برامج التربية والإكثار الزراعي، كونها تجمع بين الكفاءة الإنتاجية وتحمل الإجهاد المائي، الأمر الذي يُسهم في دعم جهود تعزيز الأمن الغذائي المحلي في البيئات الجافة وشبه الجافة.

كما أثبت نظام الري المروي فعاليته في تحسين طول النبات، ومساحة الأوراق، ومحتوى الكلوروفيل، والكاروتين، والسكريات الكلية، مما يعزز كفاءة البناء الضوئي واستمرارية النمو. في المقابل، أظهر نظام الري البعلي ارتفاعًا في محتوى البرولين في بعض الأصناف، وهو ما يعكس وجود آليات تكيف فسيولوجية للدفاع ضد الجفاف، يمكن استثمارها في تطوير أصناف أكثر تحملاً للإجهاد المائي. ورغم ظهور بعض النتائج غير المعنوية في عدة صفات، إلا أن ذلك يُعزى إلى محدودية الفروق الوراثية بين بعض الطرز، أو تقارب الأداء تحت شدة إجهاد مائي معتدلة، مما يشير إلى أن الاستجابة للجفاف ليست معتمدة على صفة واحدة، بل ترتبط بتكامل الصفات الفسيولوجية والمورفولوجية معًا. وعليه، فإن هذه النتائج لا تقلل من قيمة الأصناف المدروسة، بل تؤكد الحاجة إلى دراسات أوسع لتحديد العوامل المؤثرة بدقة أكبر.

التوصيات Recommendations

1. يُوصى بزراعة الصنفين B49DYT.21 و B49DYT.11 في المناطق التي تعتمد على نظام الري المروي، نظرًا لتفوقهما في عدد من صفات النمو والإنتاجية.
2. يُنصح بالاستفادة من الأصناف التي أظهرت قدرة فسيولوجية على التكيف مع الإجهاد المائي تحت الري البعلي، خاصة تلك التي سجلت ارتفاعًا في محتوى البرولين.
3. اعتماد الأصناف المتفوقة في هذه الدراسة كمصادر وراثية في برامج التربية والتحسين الوراثي، لتحسين الإنتاجية، وكفاءة استخدام المياه.
4. التركيز على الصفات الفسيولوجية والكيميائية، مثل محتوى الكلوروفيل، والكاروتين، والبرولين، كمؤشرات انتخابية في تقييم تحمل الأصناف للجفاف.
5. إجراء دراسات مستقبلية تشمل مواسم زراعية ومواقع بيئية مختلفة للتأكد من ثبات أداء الأصناف تحت ظروف مناخية متباينة.
6. توسيع نطاق البحث لدراسة العلاقات الارتباطية بين الصفات الإنتاجية والفسولوجية لتحديد أكثر الصفات تأثيرًا في تحمل الجفاف.
7. دراسة تأثير مستويات مختلفة من الري بدلًا من معاملتين فقط، بهدف تحديد الحد الأمثل لتوفير المياه دون التأثير على الإنتاجية.

8. تعزيز التكامل بين نتائج الأبحاث الحقلية والتحليل الكيميائية والفسيزيولوجية، لدعم الإدارة الزراعية المستدامة، وتحقيق الأمن الغذائي.
9. مقارنة الأصناف المتحملة للجفاف مع الأصناف المعروفة الأخرى، المتحملة لمعرفة آلية التحمل، والصفات التي تساعد على تحمل الضغوطات البيئية.

7. المراجع References

المراجع العربية.

- بوزيتون، س.، وعمروش، ف. (2013). تأثير الإجهادات البيئية على النمو والإنتاج النباتي. الجزائر: دار الهدى للطباعة والنشر.
- التومي، م. (2014). استراتيجيات تطوير الإنتاج الزراعي في المناطق الجافة. مجلة دراسات اقتصادية، (5)، 77-95.
- حامد، م. (1979). محاصيل الحبوب. القاهرة: دار المعارف.
- حسانين، م. (2023). المرجع الشامل في إنتاج وفسولوجيا القمح. مكتبة الزراعة العربية.
- حمودة، ع. (2017). القمح: زراعته وأهميته الغذائية والاقتصادية. القاهرة: دار الفلاح للنشر والتوزيع.
- راشد، فاطمة حسين، واحتياوش، آمال فرج. (2021). تقييم أداء أصناف من القمح الصلب (Durum Triticum Desf.) لتحمل الإجهاد الملحي في مرحلة النمو الخضري. مجلة العلوم التطبيقية، العدد 6، ص 152-170.
- الشريدي، خ.، وسبيطة، ن. (2009). تحديات إنتاج القمح في ليبيا وسبل تطويره. طرابلس: الهيئة العامة للبحوث الزراعية.
- الشمري، ع. (2015). الإجهادات البيئية وتأثيرها على نمو وإنتاج النبات. مجلة العلوم الزراعية، جامعة الملك سعود، 28، 45-62.
- شيبوب، و. (2025). غربلة الطرز الوراثية للقمح الطري لتحمل الجفاف في مراحل نمو مختلفة (رسالة ماجستير، جامعة الزاوية). مستودع جامعة الزاوية. <https://dspace.zu.edu.ly/handle/1/10>
- عاكول، س. ش. (2011). تأثير الجفاف ونقص الماء على تراكم البرولين الحر في أنسجة نبات الحنطة. مجلة الكوفة للعلوم الزراعية، 3(1)، 252-258.
- عبد الله، أ.، هواس، أ.، وأحمد، ت. ع. (2020). تقييم مجموعة من التراكيب الوراثية من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) وتقدير بعض المعالم الوراثية لصفاتها الكمية. المجلة الليبية للعلوم الزراعية، 11(2)، 123-135.
- عبد الوهاب، أ. (2016). التنوع الوراثي لمحاصيل الحبوب في المناطق الجافة من المشرق العربي. دمشق: المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد).
- عولمي، ن. (2015). تحليل العلاقة بين المؤشرات النباتية والمردود الاقتصادي لمحصول القمح باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (رسالة ماجستير، جامعة الجزائر).
- قوادري، م. (2011). اقتصاديات الإنتاج الزراعي. الجزائر: دار الهدى للطباعة والنشر.
- محب، أ. (2011). تأثير الإجهاد المائي على العمليات الفسيولوجية للنباتات. القاهرة: دار الفلاح للنشر.

المدني، ف. م.، ودرياق، ج. س. (2023). استخدام الفحم الحيوي (Biochar) في تحسين بعض خصائص التربة الرملية المزروعة بنبات القمح *Triticum durum* L. مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية، 8(2)، 436-452.

<https://doi.org/10.58916/jhas.v8i2.472>

المغربي، فتحي أحمد، وأبو رقيقة، سالم إبراهيم. (2021). مشكلات القطاع الزراعي في ليبيا. مجلة الجامعي، (33).

وزارة الزراعة الليبية. (2022). دليل تقنيات إنتاج القمح الصلب واللين. وزارة الزراعة الليبية أبو الروس، عبد الله، والهيل، سالم. (2021). تقييم صفات الجودة لأصناف من القمح المحلي والمستورد المستخدم في مطاحن القمح لإنتاج دقيق الخبز ومدى مطابقتها للمواصفات القياسية وتأثير ذلك على جودة الخبز. مجلة بحوث العلوم الزراعية والصناعية.

المراجع الأجنبية.

- Abagandura, G. O., & Park, D. (2016). Libyan agriculture: A review of past efforts, current challenges and future prospects. *Journal of Natural Sciences Research*, 6(18), 57-67. <https://iiste.org/Journals/index.php/JNSR/article/view/33146>
- Abidin, Z. U., Hussain, M., Waqas, M., Anwar, M., Nawaz, M., & Shahid, M.. (2024). Heat stress responses and mitigation strategies in wheat: An updated and comprehensive review. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(3), 13636. <https://doi.org/10.15835/nbha52313636>
- Abobbell, H., Ehtaiwesh, A., & Qarimidah, F. (2024). The Effect of Algal Biochar in Improving Wheat *Triticum aestivum* L Performance under Salinity Stress. *Al-Mukhtar Journal of Basic Sciences*. 22(3): 207-220.
- Abouzied, H. M. (2018). Screening of some Egyptian wheat cultivars under low soil moisture and molecular characterization using drought specific markers and DREB1 gene markers. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 18(3), 1-11. <https://doi.org/10.9734/JABB/2018/43111>
- Ait Kaki, Y. (1993). Contribution à l'étude des mécanismes morpho-physiologiques et biochimiques de tolérance au stress hydrique sur cinq variétés de blé dur (Mémoire de Magistère). Université d'Annaba,
- Alabasi, H. A. M. A. (2018). Technical efficiency of wheat production among adopters and non-adopters of new technology in Fezzan Region, Libya.
- Al-Hakimi, A. M., & Khan, M. A. (2017). Water stress effects on biochemical traits and antioxidant activities of wheat (*Triticum aestivum* L.) under in vitro conditions. *Journal of Experimental Botany*.
- Al-Sayed Ali, M. (2024, June 25). *Impact of climate change on wheat yield in Egypt. Nature Middle East*.

- Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P., & Royo, C. (2002). Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for? *Annals of Botany*, 89(7), 925–940. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf049>.
- Arfan, M., Athar, H. R., & Ashraf, M. (2007). *Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in sunflower (Helianthus annuus L.) grown under salt stress?* *Journal of Plant Physiology*, 164(6), 685–694.
- Ashraf, M., & Harris, P. J. C.. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, 51(2), 163–190.
- Barnabás, B., Jäger, K., & Fehér, A. (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell & Environment*, 31(1), 11–38. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x>
- Bemoussat, H., Belkhodja, R., & Ben Hamed, K.. (2025). Effects of salinity on germination and growth of Turkish wheat cultivars: Environmental and genetic interactions. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Research*, 2025. <https://doi.org/10.21412/bjaer.2025.76535>
- Blum, A. (2011). *Plant breeding for water-limited environments*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7491-4>
- Bogard, M., Jourdan, M., Allard, V., Martre, P., Perretant, M.-R., Ravel, C., Heumez, E., Orford, S., Snape, J., Griffiths, S., Gaju, O., Foulkes, J., & Le Gouis, J. (2011). Anthesis date mainly explained correlations between post-anthesis leaf senescence, grain yield, and grain protein concentration in a winter wheat population segregating for flowering time QTLs. *Journal of Experimental Botany*, 62(10), 3621–3636.
- Brisson, N. (1996). Drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological and molecular biological analysis. In *Plant Growth Regulation*, 20.79-83.
- Buba, S., Tizhe, I., & Usman, M. (2017). Analysis of technical efficiency of traditional wheat farming in Fezzan region, Libya. *African Journal of Agricultural Economics and Rural Development*, 5(4), 602–609. <https://www.premierpublishers.org/ajaerd/120920177624>
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought—From genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, 30(3), 239–264. <https://doi.org/10.1071/FP02076>
- Chopart, J. L. (1985). Développement racinaire de quelques espèces annuelles cultivées en Afrique de l’Ouest et résistance à la sécheresse en zone intertropicale. In: *Pour une lutte intégrée contre la sécheresse*. CILF éditions, Paris, 145–154.
- Comas, L. H., Becker, S. R., Cruz, V. M. V., Byrne, P. F., & Dierig, D. A. (2013). Root traits contributing to plant productivity under drought. *Frontiers in plant science*, 4, 442.

- Croston, R. P., & Williams, J. T. (1981). A world survey of wheat genetic resources. IBRGR. Bulletin/80/59.
- Destiana, N., Apriani, D., Nurhalimah, S., & Apriani, N. (2022). The effect of light on the early growth wheat (*Triticum aestivum* L). *BIOEDUPAT*, 2(2), 54–57. <https://doi.org/10.30598/bioedupat.v2.i2.pp54-57>
- Ehdaie, B., & Waines, J. G.. (1996). *Genetic variation for contribution of pre-anthesis assimilates to grain yield in spring wheat*. *Journal of Genetics & Breeding*, 50, 47–56.
- Ehtaiwesh, A. (2019). The Effect of Salinity on Wheat Genotypes during Germination Stage. *Al-Mukhtar Journal of Sciences*. 34(1): 63-75.
- Ehtaiwesh, A. F. (2022). Evaluation of some Libyan Barley *Hordeum vulgare* L Genotypes for Salinity Tolerance at Booting Stage. *Academy journal for Basic and Applied Sciences (AJBAS)* 4(3): 1-17.
- Ehtaiwesh, A. F. A. (2016). Effects of salinity and high temperature stress on winter wheat genotypes. Thesis dissertation submitted to Kansas state university, USA. <http://hdl.handle.net/2097/34545>.
- Ehtaiwesh, Amal (2023). Screening barley *Hordeum vulgare* L. genotypes for drought tolerance. *Journal of Misurata University for Agricultural Sciences*.4 (2): 52-66.
- Elias, A. B.. (1995). *Geographic expansion of wheat cultivation from Mesopotamia to global regions*. In *Global Wheat History and Distribution* (pp. 45–60). Agricultural Heritage Press.
- Elkhouly, A. R., & Shefsha, H. A.. (2023). The role of the Libyan agricultural sector in the development: An analytical study. *International Journal of Sustainable Agriculture*, 1(1), 22–30. <https://doi.org/10.54536/ijsa.v1i1.1740>
- Erenstein, O., Jaleta, M., Mottaleb, K. A., Sonder, K., Donovan, J., & Braun, H. J. (2022). Global trends in wheat production, consumption and trade. In M. P. Reynolds & H. J. Braun (Eds.), *Improving wheat* (Springer). <https://doi.org/10.1007/>
- Fahad, S., Bajwa, A. A., Nazir, U., et al. (2017). Crop production under drought and heat stress: Plant responses and management options. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1147. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01147>
- Fahad, S., Baloch, M. K., Saud, S., Khan, F., Ullah, A., Bajwa, A. A., ... & Siddique, K. H. M. (2022). *Drought stress in wheat: Impacts and adaptation mechanisms*. *Frontiers in Plant Science*, 13, 884585. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.884585>
- FAO. (2007). FAOSTAT: Production and yield of wheat, 2007.. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat>.
- FAO. (2007). The state of food and agriculture 2007: Paying farmers for environmental services. FAO. <https://www.fao.org/3/a1200e/a1200e00.htm>

- FAO. (2015). World Agriculture: Towards 2015/2030 – An FAO perspective. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a85d3143-2e61-42cb-b235-0e9c8a44d50d/content/y4252e13a.htm>
- FAO. (2020). FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FAO. (2020). *Statistical Yearbook – Crops and Food Security Data*. Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2022). *FAOSTAT: Crops and livestock products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2023). GIEWS Country Brief — Libya. FAO.
- Faraj, F. S., Abuhadi, F. H., & Abdrabul, A. M. (2020). Determinants of wheat production in Libya. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(12), 178–191. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/V10-I12/8284>
- Faraj, F. S., Ismail, F., & Ab-Rahim, R. (2020). Determinants of wheat production in Libya. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(12), 1–15.
- Feillet, P. (2000). **Wheat grain composition**. In *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press.
- Fernandez, G. C. J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In Kuo, C. G. (Ed.), *Adaptation of food crops to temperature and water stress* (pp. 257–270). AVRDC — The World Vegetable Center, Taiwan
- Gahlaut, V., Mathur, S., Dhariwal, R., Khurana, J. P., Tyagi, A. K., Balyan, H. S., & Gupta, P. K. (2014). A multi-step phosphorelay two-component system impacts on tolerance against dehydration stress in common wheat. *Functional & Integrative Genomics*, 14(4), 707–716. <https://doi.org/10.1007/S10142-014-0398-8>
- Ghanem, H. E., & Al-Farouk, M. O. (2024). *Wheat drought tolerance: morpho-physiological criteria, stress indexes, and yield responses in newly sand soils*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 43, 2234–2250
- Gharbi, F., Guizani, A., Zribi, L., Ben Ahmed, H., & Mouillot, F. (2019). Differential response to water deficit stress and shade in two wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars. *Pakistan Journal of Botany*, 51(4).
- Gill, B. S. (2004). *Wheat: Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement (Vol. 1)*. CRC Press.
- Gogoi, L., et al.. (2024). Drought induced impact on growth and yield of wheat and mustard: A comparative study. *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*. <https://doi.org/10.18805/bkap731>

- Golabadi, M., Arzani, A., & Mirmohammadi Maibody, S. A.. (2006). Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 1(5), 162–171.
- Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R., & Schofield, J. D. (2003). Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science*, 37(3), 295–309. <https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0501>
- Grain yield and it's components of some bread and hard wheat cultivars under dryland and supplemental irrigation at Massa El-jabal Al-Akhdar Libya conditions. (2023). *Albayan Scientific Journal*, 4, 36–46.
- Gravett, K. J. A. (2007). Stressful “memories” of plants: Evidence and possible mechanisms, *Plant Science*, 173(6), 603–608,..
- Gyawali, A. J., Bhandari, D., Gadai, N., & Shrestha, J. (2021). Heat stress effect on wheat: A review. *INWASCON Technology Magazine*, 3, 05–08. <https://doi.org/10.26480/itechmag.03.2021.05.08>
- Hafez, E. M., Mazrou, Y. S. A., Alshaal, T., Rady, A. M. S., El-Sherif, A. M. A., Omara, A. E.-D., Abd El-Monem, A. M., & Hafez, E. M.. (2021). The integrated amendment of sodic-saline soils using biochar and plant growth. .
- Hanks, R. J., & Rasmussen, V. P.. (1982). Water stress and crop production: Physiological and agronomic considerations. *Advances in Agronomy*, 35, 1–36. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60121-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60121-6)
- Hoggas, D., El-Basyoni, I., & Al-Dosary, M.. (2025). Impact of salinity stress on wheat: Growth, yield, and physiological responses. *Journal of Plant Stress Biology*, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.jpsb.2025.03.004>
- Holaday, A. S., Smillie, R. M., & Fellows, G. M.. (1985). Chlorophyll content and photosynthetic responses of wheat under water stress. *Journal of Experimental Botany*, 36(1), 15–24. <https://doi.org/10.1093/jxb/36.1.15>
- Hossain, M. A., Wani, S. H., Bhattacharjee, S., Burritt, D. J., & Tran, L. S. P. (Eds.). (2016). *Drought Stress Tolerance in Plants, Volume 1: Physiology and Biochemistry*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-28899-4>
- Hu, M., Shi, Z., Zhang, Z., Chen, Y., & Ding, Y. (2015). Wheat acclimate to water deficit by modifying carbohydrates metabolism, water use efficiency, and growth. *Brazilian Journal of Botany*, 38(3), 505–515. <https://doi.org/10.1007/S40415-015-0169-3>
- Hussain, H. A., Men, S., Hussain, S., Chen, Y., Ali, S., Zhang, S., Zhang, K., Li, Y., Xu, Q., & Liao, C. (2018). Chilling and drought stresses in crop plants. *Frontiers in Plant Science*, 9, 393. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00393>
- Jones, H. G., & Jones, M. M.. (1989). Physiological responses of wheat to water stress. *Plant and Soil*, 119(1), 23–36. <https://doi.org/10.1007/BF02202915>

- Kellogg, E. A. (2015). Poaceae. In K. Kubitzki (Ed.), *The Families and Genera of Vascular Plants, Vol. XIII: Flowering Plants. Monocots* (pp. xv–416). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-15332-2>
- Khan, J., Zahoor Khan, M., Ma, Y., Meng, Y., Mushtaq, A., Shen, Q., & Xue, Y. (2022). Overview of the composition of whole grains' phenolic acids and dietary fibre and their effect on chronic non-communicable diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19 (5), 3042. [\[https://doi.org/10.3390/ijerph19053042\]](https://doi.org/10.3390/ijerph19053042)[\]\(https://doi.org/10.3390/ijerph19053042\)](https://doi.org/10.3390/ijerph19053042)
- Khanna, S. M. (2024). Plant metabolism during water deficit stress: A review. *Agricultural Reviews*, 45(3), 448–455. [\[https://doi.org/10.18805/ag.R-2381\]](https://doi.org/10.18805/ag.R-2381)[\]\(https://doi.org/10.18805/ag.R-2381\)](https://doi.org/10.18805/ag.R-2381)
- Kies, C.. (1977). Water relations and turgor in plants: Physiological aspects. *Annual Review of Plant Physiology*, 28, 125–147.
- Leclerc, H.. (1999). *Plant water content and distribution in different tissues*. Éditions Quae.
- Lim, P. O., Kim, H. J., & Nam, H. G. (2007). Leaf senescence. *Annual Review of Plant Biology*, 58, 115–136.
- Mayer, A. M.. (1956). *Plant physiology: Water, transpiration, and temperature regulation*. McGraw-Hill.
- Mohamed, A., Bhuyan, K., & Elmesalmy, M. (2013). Libyan agriculture: A review of past efforts, current challenges and future prospects
- Mohammadi, M., Kav, N. N. V., & Deyholos, M. K. (2007). Transcriptional profiling of hexaploid wheat *Triticum aestivum* L. roots identifies novel, dehydration-responsive genes. *Plant Cell and Environment*, 30(5), 630–645. <https://doi.org/10.1111/J.1365-3040.2007.01645.X>
- Moise, J. C.. (1976). *Soil water and plant growth: Effects of water excess on soil and roots*. Academic Press.
- Morad, M.. (1995). *Water relations and nutrient transport in plants*. Arab Scientific Publishers.
- Nachit, M. M., Elouafi, I., Pagnotta, M. A., & Porceddu, E. (1998). Molecular linkage map for durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) and its potential use in breeding for drought tolerance. In: *Durum wheat improvement in the Mediterranean region: New challenges*. CIHEAM, Zaragoza, Spai
- Nambara, E., & Marion-Poll, A.. (2005). Abscisic acid biosynthesis and catabolism. *Annual Review of Plant Biology*, 56, 165–185. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144046>
- Nyaupane, S., Shahi, D., Dhungana, S., Kandel, Y. R., & Sharma, S. (2024). Drought stress effect, tolerance, and management in wheat – a review. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2296094. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2296094>

- Oosterhuis, D. M., & Walker, W. R.. (1987). Effects of water stress on photosynthesis in wheat. *Plant Physiology*, 84(3), 812–817. Ph.D. Dissertation, Clemson University, USA.
- Placido, D. F., Sandhu, J., Sato, S., Nersesian, N., Quach, T., Clemente, T. E., Staswick, P. E., & Walia, H. (2020). The LATERAL ROOT DENSITY gene regulates root growth during water stress in wheat. *Plant Biotechnology Journal*, 18(8), 1955–1968. <https://doi.org/10.1111/pbi.13355>
- Poudel, P. B., & Poudel, M. R.. (2020). Heat stress effects and tolerance in wheat: A review. *Journal of Biology and Today's World*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.35248/2322-3308.20.09.217>
- Renzetti, M., Funck, D., & Trovato, M. (2024). Proline and ROS: A unified mechanism in plant development and stress response? *Plants*, 14(1), 2.
- Riederer, M., & Muller, C. (Eds.). (2006). *Biology of the Plant Cuticle. Annual Plant Reviews, Volume 23*. Blackwell Pub..
- Şahin, M., Kılıç, E., & Osma, E. (2022). The effects of light produced in different ways on *Triticum aestivum* L. (wheat) and *Hordeum vulgare* L. (barley). *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 15(3), 916–930. <https://doi.org/10.18185/erzifbed.1093191>
- Saini, H. S., & Westgate, M. E.. (2000). Reproductive development in grain crops during drought. *Advances in Agronomy*, 68, 59–96. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60843-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60843-3)
- Savolainen, O., Lascoux, M., & Merilä, J. (2013). Ecological genomics of local adaptation. *Nature Reviews Genetics*, 14(11), 807–820. <https://doi.org/10.1038/nrg3522>
- Sharma, R., Kumar, R., Singh, M., & Mehta, R. (2023). Structural, functional, nutritional composition and analytical profiling of *Triticum aestivum* L. *Applied Biological Chemistry*, 66(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s13765-023-00804-3>
- Shewry, P. R., & Hey, S. J.. (2015). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security*, 4(3), 178–202.
- Shreidi, A., El-Juhami, A., & Ben-Mahmoud, M.. (2016). Wheat production in Libya: Current status and future prospects. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(4), 45–54.
- Singh, A., Ganapathysubramanian, B., Singh, A. K., & Sarkar, S. (2020). Non-destructive phenotyping for early seedling vigor in direct-seeded rice. *Plant Methods*, 16, 90. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-00666-6>
- Singh, A., Kumar, A., & Singh, S. (2020). Physiological seedling vigour parameters of wheat as influenced by different seed invigoration techniques. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 8(8), 1549-1552.
- Soltner, D. (1980). *Les grandes productions végétales*. Éditions Sciences et Techniques Agricoles.

- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. S. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sinauer Associates
- Volding, H. D., & Simpson, G. M. (1967). Leaf area as indicator of potential grain yield in wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 47, 359–365
- World Health Organization. (2021). WHO Healthy diet. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-die>
- Zhang, J., Jia, W., Yang, J., & Ismail, A. M. (2006). Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses. *Field Crops Research*, 97(1), 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.08.018>
- Zhao, L.-L., Zank, G. P., Adhikari, L., Nakanotani, M., Telloni, D., & Carbone, F. (2020a). Spectral features in field-aligned solar wind turbulence from Parker Solar Probe observations. *The Astrophysical Journal*, 898(1), Article 113. <https://doi.org/10.3847/1538-4357>

8. الملاحق Appendices

ملحق 1: صفات المقدره على استعادة النمو بعد حساب دليل الحصاد 2024

الصف/ السلالة	المعاملة	طول النبات (cm)	عدد التفرعات	طول السفا	عدد السنابل	وزن السنبله (g)1	عدد البذور للسنبله	وزن البدره (g)1	وزن 1000 حبه (g)1	إنتاجية البذور للنبات (g)1	الوزن الجاف للنبات (g)1	دليل الحصاد	لوزن الجاف للنبات (g)1	دليل الحصاد
1 (كريم)	1 (بعلي)	56.5	2	18.5	4	0.9	12	0.08	75.00	3.60	5	0.80	5	0.80
2 (B49DYT-21)	1 (بعلي)	58	1	13	3	1.1	14	0.08	78.57	3.3	4	0.87	4	0.87
3 (B49DYT-2)	1 (بعلي)	63	3	10	2	0.8	12	0.07	66.67	1.6	4	0.41	4	0.41
4 (B49DYT-15)	1(بعلي)	59	3	13	5	0.6	20	0.03	30.00	3	4	0.71	4	0.00
5 (B49DYT-11)	1(بعلي)	55	3	12	5	0.9	12	0.08	75.00	4.5	5	0.87	5	0.87
6 (B49DYT-17)	1(بعلي)	66	3	14.5	6	0.6	12	0.05	50.00	3.6	4	0.82	5	0.82
1 (كريم)	2 (مروي)	67	5	16	5	1.8	16	0.11	112.50	9	13	0.71	13	0.71
2 (B49DYT-21)	2 (مروي)	68	3	16	4	0.7	14	0.05	50.00	2.8	6	0.51	6	0.51
3 (B49DYT-2)	2 (مروي)	64	3	14	3	1	14	0.07	71.43	3	5	0.63	5	0.63
4 (B49DYT-15)	2 (مروي)	56	3	13	6	0.9	22	0.04	40.91	5.4	18	0.30	18	0.63
5 (B49DYT-11)	2 (مروي)	61	3	11	2	1.2	12	0.10	100.00	2.4	5	0.48	5	0.30
6 (B49DYT-17)	2 (مروي)	65	4	13	5	0.8	14	0.06	57.14	4	7	0.60	7	0.60

ملحق 2: بعض الأجهزة المستخدمة في الدراسة



جرار زراعي



جهاز الطيف الضوئي



آلة البذر الى



جهاز هزاز العينات



ميزان حساس



جهاز قياس نسبة الملوحة

ملحق 3: دراسة بعض الخصائص لتربة الحقل



ملحق 4: دراسة بعض الخصائص الفسيولوجية



ملحق 5: فترة اعداد الحقل ثم الحقل المعرض للأجهاد (فترة إيقاف الري لمدة 25 يوم)





ملحق 6: خارطة الزراعة والاصناف المستخدمة

