الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم بيولوجيا وفيزيولوجيا النبات

مذكرة مقدمة كجزء من متطلبات نيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان: علوم الطبيعة والحياة

شعبة:علوم بيولوجية

تخصص: تنوع حيوي و فيزيولوجيا النبات

الموضوع:

دراسة تأثير الاجهاد الملحي على خصائص انبات بعض أصناف القمح الصلب المزروعة محليا (واحات واد سوف وواد ريغ)

✓ من إعداد:

- فار شفيق
- هيمة عبد الغاني

نوقشت يوم : 27/ 05/ 2025 من طرف لجنة المناقشة :

- أ. بن الحبيب عبد الحميد	رئيسا	جامعة الوادي
- أ. غمام عماره الجيلاني	مشرفا	جامعة الوادي
-أ. غرائسة نورة	ممتحنا	جامعة الوادي

الموسم الجامعي : 2025/2024

شكر وعرفان

نحمد الله تعالى ونشكره، الذي بنعمته تتم الصالحات، وبفضله أُنجز هذا العمل المتواضع بعد جهدٍ استمر طيلة أشهرٍ من البحث، التعلم، والتفكير العلمي المتواصل.

نتقدم بجزيل عبارات الشكر والعرفان إلى أستاذنا المشرف الفاضل "*غمام عمار الجيلاني*"، الذي لم يبخل علينا بوقته ولا بعلمه، فكان لنا موجّهًا ناصحًا، ومصدرًا للثقة والدعم العلمي طيلة مراحل إعداد هذه المذكرة. لقد كانت ملاحظاته الدقيقة وتوجيهاته الرصينة سببًا في رفع جودة هذا العمل وتطوير رؤيتنا البحثية.

كما لا يسعنا إلا أن نعبر عن امتناننا الكبير لجميع الأساتذة الذين تتلمذنا على أيديهم خلال سنوات دراستنا، فقد كانوا لنا قدوة في الجدية والعطاء العلمي، وكانوا حجر الأساس في بناء تكويننا الأكاديمي.

نخص بالشكر والامتنان والدينا الأعزاء، الذين غمرونا بدعواتهم ومساندتهم النفسية والمادية، فكانوا السند الحقيقي في مسيرتنا العلمية، وإليهم نهدي كل نجاح نحققه، حاضرًا ومستقبلًا.

ولا ننسى أن نوجه كلمات الشكر إلى كل من رافقنا في هذا المشوار من زملاء وأصدقاء، الذين تقاسمنا معهم لحظات التعب، والاجتهاد، والفرح بتحقيق الإنجاز.

لكل من ساهم، من قريب أو بعيد، في إنجاز هذا العمل العلمي، نتوجه بجزيل الشكر والتقدير، سائلين المولى عزّ وجلّ أن يجزيهم عنا خير الجزاء .

إهداء

إلى من غرس في حب العلم، وسقاني من نبع الحكمة . . .

إلى والديّ العزيزين، سندي ونبراس دربي، شكراً لما قدمتماه من دعاء، وصبر، وتضحية.

إلى أساتذتي الكرام، من علّموني أن العلم رسالة، وأن الصبر مفتاح النجاح، كل الشكر والتقدير.

إلى من كانوا الرفقة في هذا الطريق، أصدقائي وزملائي، أشاركم ثمرة هذا الجهد، وذكريات لا تُنسى.

أهدي هذا العمل المتواضع إلى كل من آمن بي ودعمني، فبكم كان الإنجاز ممكناً.

. . . هيمة عبد الغاني

إهداء

إلى من كانت خطواتنا امتدادًا لأحلامهم، وسعينا ثمرةً لتضحياتهم،

إلى والدينا الأعزاء، من علّمونا أن العزيمة لا تُهزم، وأن القلوب العامرة بالإيمان لا تعرف المستحيل... إليكما نهدي هذا العمل، عربون وفاء واعتراف بجميلٍ لا يُقابل.

إلى من حملوا مشعل العلم، وساروا به إلينا بنُبل وتفانٍ، أساتذتنا الأجلاء، تقديرًا لعطائكم النبيل، وتخليدًا لأثر كلماتكم في رحلتنا العلمية.

إلى رفاق الدرب، الذين تشاركنا معهم كل لحظة من السهر والتحدي والفرح، هذا الإهداء يحمل في طيّاته امتنانًا لرفقتكم الصادقة.

إلى كل روح نقية دعمت، وكل يد امتدّت بالعون، وكل قلب صدق في الدعاء، لكم جميعًا نهدي هذا العمل، راجين من الله أن يكون لبنة في بناء مستقبل نافع.

...فارس شفيق

الملخص

الملخص

بهدف انتقاء أصناف القمح الصلب *Triticum durum Desf* المزروعة في منطقتي واد سوف وواد ريغ الأكثر تحملا للإجهاد الملحي قمنا بدراسة تهدف إلى معرفة مدى تأثير مستويات مختلفة من الملوحة باستعمال محاليل متفاوتة التركيز من ملح NaCl على عشرة أصناف من القمح الصلب المزروعة محليا وهي (الهذبة، البليوني، خلوف، الكحلة، فيترون، واد البارد، فرطاس، G4، فريطيسي، السيميتو) خلال مرحلة الإنبات، حيث شملت الدراسة قياس مؤشرات متعددة، أهمها: نسبة الإنبات، سرعة الإنبات، مؤشرا قوة الإنبات (SVI I وSVI II)، أطوال الجذير والسويقة، الوزن الجاف للبذور والبادرات، المحتوى الرطوبي، إضافة إلى المحتوى المعدني والعضوي لبقايا البذور و البادرات. وقد تم تحليل النتائج إحصائيًا وتصنيف الأصناف حسب تفوقها ومتوسط ترتيبها في كل مؤشر.

أظهرت النتائج المسجلة أن أصناف القمح الصلب المزروعة محليا تبدي استجابات متفاوتة ومقاومة للملوحة وتحافظ على وظائفها الحيوية بدرجات متفاوتة لكن كان للملوحة تأثيرا سلبيا على أغلبية المعايير المدروسة حيث سجلنا انخفاضا في قيم أغلب المؤشرات الفيزيولوجية والمورفولوجية المدروسة عند جميع الأصناف حسب مستويات الإجهاد الملحي المطبق خاصة عند التراكيز الملحية العالية. وكان صنف البليوني هو الأفضل بشكل عام، حيث حافظ على نسب إنبات مرتفعة، وسجل أفضل أداء في مؤشرات الطول والوزن، وكذلك في مؤشري قوة الإنبات، ما يدل على مقاومته العالية للملوحة. كما أظهرت أصناف فرطاس و سيميتو وG4 توازنا في معظم المعايير.

بالمقابل، كان الصنف خلوف هو الأقل مقاومة، إذ سجل قيمًا ضعيفة في غالبية المؤشرات، لا سيما الوزن الجاف، ونسبة الإنبات، ومؤشري القوة.

على المستوى الفسيولوجي، لوحظ أن الإجهاد الملحي أدى إلى انخفاض ملحوظ في المحتوى الرطوبي والمادة العضوية في البذور والبادرات، وارتفاع في نسبة المادة المعدنية في البذور المتأثرة.

الكلمات المفتاحية :

Triticum durum Desf، قمح محلي، ملوحة، الإنبات، مقاومة، المعاييرالمورفولوجية والمعايير الفيزيولوجية.

ABSTRACT

In order to select the most salt-tolerant **Triticum durum Desf*** (durum wheat) varieties cultivated in the regions of Oued Souf and Oued Righ, we conducted a study aimed at evaluating the impact of different salinity levels using NaCl solutions of varying concentrations on ten locally cultivated durum wheat varieties: (El-Hadba, Bellioni, Boukhlouf, El-Kahla, Vitron, Oued El-Bared, Simeto, Fertas, G4, and Fritissy) during the germination stage. The study involved measuring several key indicators, including: germination rate, germination speed, seedling vigor indices (SVI I and SVI II), radicle and coleoptile lengths, dry weight of seeds and seedlings, moisture content, as well as the mineral and organic content of seed and seedling residues. Statistical analysis was performed, and the varieties were ranked according to their average performance in each indicator.

The results showed that the local durum wheat varieties exhibit varying responses and levels of salt tolerance, maintaining their vital functions to different extents. However, salinity had a generally negative impact on most of the studied parameters, with reductions observed in the majority of physiological and morphological indicators across all varieties, especially at high salinity concentrations. Overall, the Bellioni variety performed best, maintaining high germination rates and showing superior performance in terms of length, weight, and seedling vigor indices, indicating high salt tolerance. The Fertas, Simeto, and G4 varieties also showed balanced performance across most parameters.

In contrast, the Boukhlouf variety was the least tolerant, displaying low values in most indicators, particularly dry weight, germination rate, and vigor indices.

At the physiological level, salt stress led to a noticeable decrease in moisture content and organic matter in seeds and seedlings, along with an increase in mineral content in the affected seeds.

Key Words:

Triticum durum Desf, local wheat, salinity, germination, tolerance, morphological and physiological parameters

الفهرس

الفهرس

شكر وعرفان 2

إهداء 3

إهداء 4

الملخص 6

ABSTRACT 7

الفهرس 9

قائمة الاختصارات 14

قائمة الجداول 16

قائمة الوثائق 17

المقدمة العامة 19

الجزء الأول: الجزء النظري 21

الفصل الاول: عموميات حول نبات القمح (القمح الصلب *Triticum durum*) 22**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

1-1. تعريف القمح الصلب 23

1-2. الموطن الأصلي ونشأة القمح الصلب 23

1-3. الانتشار الجغرافي التاريخي 24

1-4. الاصل الوراثي للقمح الصلب 25

1-4-1. التركيب الوراثي للقمح الصلب 25

1-5. تصنيف القمح الصلب(*Triticum durum*) 25

1-5-1. التصنيف حسب مواسم الزراعة 26

1-5-2. التصنيف حسب كمية البروتين 26

1-6. تركيب القمح الصلب*(Triticum durum)* 27
1-6-1. التركيب المورفولوجي لنبات القمح 27
1-6-2. التركيب الكيميائي 27
1-6-3. وصف بذور القمح الصلب المورفولوجي والنسيجي 28
1-6-4. التركيب النسيجي(Histological Structure) 29
1-7. المراحل الفينولوجية لنبات القمح الصلب*(Triticum durum)* 29
1-7-1. الطور الخضري(Vegetative Stage) 30
1-7-2. الطور التكاثري(Reproductive Stage) 31
1-7-3. طور النضج(Maturity Stage) 32
1-8. احتياجات القمح الصلب*(Triticum durum)* 32
1-8-1. الاحتياجات المائية 32
1-8-2. الاحتياجات الحرارية 33
1-8-3. احتياجات الضوء 34
1-8-4. احتياجات التربة 34
1-8-5. احتياجات التسميد للقمح الصلب 35
1-9. إنتاج القمح الصلب في الجزائر والعالم 36
1-9-1. الإنتاج العالمي من القمح الصلب 36
1-9-2. إنتاج القمح الصلب في الجزائر 36
1-9-3. الإنتاج المحلي للقمح الصلب في ولاية الوادي 37
الفصل الثاني: الاجهاد الملحي (Salt Stress) 39
2-1. تعريف الإجهاد في النبات(Plant Stress) 40
2-2. أقسام الإجهاد في النبات 40
2-2-1. الإجهاد المائي(Water Stress) 40
2-2-2. الإجهاد الملحي(Salt Stress) 41
2-3. اليات الاستجابات الفسيولوجية للنبات: 42

2-3-2. مصادر الملوحة..... 42
2-3-3. أسباب تملّح التربة..... 43
2-4. تأثير الملوحة على النبات..... 44
2-4-1. التأثيرات الفيزيولوجية..... 44
2-4-2. التأثيرات البيوكيميائية..... 46
2-4-3. التأثيرات البنيوية والمورفولوجية..... 47
2-5. تأثير الإجهاد الملحي على توازن العلاقات المائية في النبات..... 48
2-5-1. انخفاض الجهد المائي في التربة..... 48
2-5-2. التغير في نفاذية الأغشية الخلوية..... 48
2-5-3. تقليل التوصيل الهيدروليكي للجذر..... 48
2-5-4. التأثير على الضغط الجذري وفتح الثغور..... 48
2-5-5. التكيفات الفسيولوجية (التحمل الجزئي)..... 49
2-6. تأثير الملوحة على محتوى النبات من البرولين..... 49
2-6-1. آلية تأثير الملوحة على البرولين..... 49
2-6-2. تأثير الملوحة على تركيز البرولين في القمح الصلب..... 49
2-6-3. جدول تأثير الملوحة على محتوى البرولين في القمح الصلب..... 50
2-6-4. دور البرولين في تحسين التكيف مع الملوحة..... 50
2-7. تأثير الملوحة على مستوى السكريات في النبات..... 51
2-7-1. تأثير الملوحة على تراكم السكريات..... 51
2-11-2. آلية تأثير الملوحة على السكريات..... 51
2-11-3. تأثير الملوحة على السكريات في القمح الصلب..... 51
2-11-4. تأثير الملوحة على محتوى السكريات في القمح الصلب..... 52
2-7-5. دور السكريات في حماية النبات من الإجهاد الملحي..... 52
2-8. تأثير الملوحة على نبات القمح..... 53
2-8-1. تأثير الملوحة على النمو الخضري للقمح..... 53

2-8-2. تأثير الملوحة على التطور التكاثري للقمح..... 53
2-8-3. تأثير الملوحة على إنتاجية محصول القمح..... 53
2-8-6. الدراسات حول تأثير الملوحة على القمح الصلب..... 54
الجزء الثاني: الجزء العملي..... 56
الفصل الاول: المواد و طرق الدراسة 57
1. المادة النباتية 58
2. الملح المستخدم 60
3. طرق التجربة..... 60
3-1. تحضير المحاليل الملحية 60
3-2. تحضير البذور 61
3-3. تصميم التجربة 61
4. المعايير المدروسة 62
الفصل الثاني: النتائج و المناقشة..... 65
1. المعايير الفيزيولوجية..... 66
1-1.خاصية التشرب 66
1-2. استجابة خصائص انبات بذور أصناف القمح المحلية المدروسة إلى عامل الملوحة . 67
1-2-1.نسبة الإنبات 67
1-2-2. سرعة الإنبات 69
1-2-3. مؤشر قوة الإنبات 71
1-2-4. المحتوى الرطوبي 74
1-3. نسبة المادة العضوية..... 77
1-4.نسبة الرماد للبادرات 79
2. المعايير المورفولوجية 82
2-1. الوزن الجاف للبذور 82
2-2. طول الجذير 83

2-3. طول السويقة 85
2-4. طول البادرات 88
الخاتمة 91
قائمة المراجع 94
الملاحق 109

قائمة الاختصارات

الاختصار	المدلول
NaCl	كلوريد الصوديوم
C_0 ,C_1,C_2 ,C_3	تراكيز الملوحة للكلوريد الصوديوم
C_0	ماء مقطر
C_1	كلوريد الصوديوم بتركيز 3 غ/ل
C_2	كلوريد الصوديوم بتركيز 3 غ/ل
C_3	كلوريد الصوديوم بتركيز 3 غ/ل
ppm	Part Per Million – جزء في المليون
mmol/L	مليمول لكل لتر – وحدة تركيز مولي
SVI	Seedling Vigor Index I – مؤشر قوة البادرة الأول (طول البادرة × نسبة الإنبات
SVII	Seedling Vigor Index II – مؤشر قوة البادرة الثاني (الوزن الجاف × نسبة الإنبات)
FR	فرطاس (اسم صنف قمح)
KH	خلوف (اسم صنف قمح)
H	الهذبة (اسم صنف قمح)
S	السيميتو (اسم صنف قمح)
F	الفيترون (اسم صنف قمح)
OB	واد البارد (اسم صنف قمح)
B	البليوني (اسم صنف قمح)
K	الكحلة (اسم صنف قمح)
G4	G4(اسم صنف قمح)
T	الفريطيسي (اسم صنف قمح)
g/L	غرام لكل لتر (وحدة تركيز)
cm.%	وحدة مركبة: طول البادرة × نسبة مئوية
g.%	وحدة مركبة: وزن × نسبة مئوية
ROS	Reactive Oxygen Species –: أنواع الأوكسجين التفاعلية
α-amylase	إنزيم الألفا أميليز – ضروري لتحلل النشا
mg	ميليغرام
cm	سنتيمتر
%	نسبة مئوية
Na^+	أيون الصوديوم

Cl^-	أيون الكلوريد
ECe	التوصيلية الكهربائية لمستخلص التربة المشبع (Electrical Conductivity of extract)
dS/m	ديسيسيمينز/متر (وحدة قياس التوصيل الكهربائي)
SOS	Salt Overly Sensitive pathway(مسار استجابة النبات للملوحة)
ROS	Reactive Oxygen Species (أنواع الأوكسجين التفاعلية)
CAT	Catalase (إنزيم مضاد للأكسدة)
SOD	Superoxide Dismutase (إنزيم مضاد للأكسدة)
POD	Peroxidase (إنزيم مضاد للأكسدة)
P5CS	Δ1-pyrroline-5-carboxylate synthetase (إنزيم محفز لتخليق البرولين)
CO_2	ثاني أكسيد الكربون
K^+	أيون البوتاسيوم
Ca^{2+}	أيون الكالسيوم
NO_3^-	أيون النترات
ALA synthase	δ-aminolevulinic acid synthase (إنزيم مسؤول عن تخليق الكلوروفيل)
AABB	التركيب الوراثي للقمح الصلب (x = 284 كروموسوم)
FAO	منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة
APS	وكالة الأنباء الجزائرية (Algérie Presse Service)
INRA	المعهد الوطني للأبحاث الزراعية بتقرت .
CCLS	تعاونية الحبوب و البقول الجافة

قائمة الجداول

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
1	أهم مناطق زراعة (إنتاج) القمح الصلب في العالم	24
2	تصنيف القمح الصلب في المملكة النباتية وفقًا للتصنيف النباتي الحديث (Kellogg, 2015)	25
3	تصنيف القمح حسب مواسم الزراعة	26
4	تصنيف القمح الصلب حسب كمية البروتين	26
5	جدول يوضح القيمة الغذائية لمحتوى 100 غ من القمح الصلب	28
6	الأجزاء الرئيسية لحبة القمح	29
7	الطبقات النسيجية لحبة القمح الناضجة	29
8	الجدول الزمني لتطور إنتاج القمح في ولاية الوادي	38
9	تصنيف مصادر الملوحة في التربة	43
10	جدول يلخص تأثير الملوحة على الأجزاء الرئيسية في النبات	47
11	تأثير الملوحة على محتوى البرولين في القمح الصلب	50
12	تأثير الملوحة على محتوى السكريات في القمح الصلب	52
13	أصناف القمح المحلية المدروسة	58
14	تراكيز المحاليل المدروسة	61
15	نتائج تشرب بذور أصناف القمح المدروسة	66

قائمة الوثائق:

الرقم	عنوان الوثيقة	الصفحة
01	مراحل نمو القمح	30
02	صور حبوب أصناف القمح المدروسة	59
03	نسب التشرب عند الأصناف المحلية المدروسة	66
04	تغيرات نسبة الإنبات حسب الأصناف المدروسة	68
05	تأثير الملوحة على نسبة الإنبات	68
06	تغيرات سرعة الإنبات بدلالة الأصناف المدروسة من القمح	70
07	تغيرات سرعة الإنبات بدلالة تغيرات الملوحة	70
08	تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور II بدلالة أصناف القمح المدروسة	71
09	تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور II بدلالة تغيرات الملوحة	72
10	تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور I بدلالة الأصناف المدروسة من القمح	72
11	تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور I بدلالة تغيرات الملوحة	73
12	تغيرات المحتوى الرطوبي لبقايا البذور بدلالة أصناف القمح المدروسة	74
13	تغيرات المحتوى الرطوبي لبقايا البذور بدلالة الملوحة	75
14	تغيرات المحتوى الرطوبي للبادرات بدلالة أصناف القمح المدروسة	76
15	تغيرات المحتوى الرطوبي للبادرات بدلالة الملوحة	77
16	تغيرات نسبة المادة العضوية لبقايا البذور بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة	78
17	تغيرات متوسط نسبة المادة العضوية لبقايا البذور بدلالة تراكيز الملح	78
18	تغيرات نسبة المادة العضوية في البادرات بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة	79
19	تغيرات نسبة المادة العضوية في البادرات بدلالة التراكيز المستعملة في التجربة	79
20	تغيرات نسبة الرماد للبادرات بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة	80
21	تغيرات النسبة المتوسطة لرماد البادرات بدلالة تراكيز الملح	81
22	تغيرات الوزن الجاف للبذور بدلالة أصناف القمح	82
23	تغيرات متوسط طول الجذير بدلالة أصناف القمح المدروسة	84
24	تغيرات متوسط طول الجذير بدلالة الملوحة	85
25	تأثير تغيرات متوسط أطوال السويقة بدلالة الأصناف قيد الدراسة	86
26	تأثير تغيرات متوسط أطوال السويقة للأصناف قيد الدراسة بدلالة الملوحة	87
27	تغيرات متوسطات طول البادرات بدلالة الأصناف المدروسة	88
28	تغيرات متوسط طول البادرات بدلالة تراكيز الملح المستعمل	89

المقدمة

في ظل التزايد السكاني العالمي وما يرافقه من ضغوط بيئية، تواجه الزراعة تحديات كبرى تهدد استقرار الإنتاج الغذائي. وتُعد زراعة الحبوب من الركائز الأساسية في المنظومة الزراعية العالمية، نظرًا لدورها المحوري في تأمين الغذاء للإنسان والحيوان على حد سواء (Salama et al.2005) من بين هذه المحاصيل، يحتل القمح (*Triticum. spp*) مكانة استراتيجية، بوصفه المصدر الرئيسي للكربوهيدرات والبروتينات النباتية في النظام الغذائي للإنسان، فضلاً عن استخدام مكوناته الثانوية في تغذية الحيوان (Fita et al. 2015; نزيه.2008)، وبهذا يكتسي القمح دورا بالغ الأهمية في تحقيق الأمن الغذائي.

في الجزائر يُعتبر القمح الصلب (*Triticum durum*) المحصول الأول ضمن سلسلة الحبوب المزروعة، حيث تُعد زراعته من الأعمدة الرئيسية للأمن الغذائي، بل وتمتد لتكتسي طابعًا استراتيجيًا يتعلق بالأمن القومي (Feghhenabia et al., 2020) . ورغم تخصيص مساحات تتجاوز المليون هكتار سنويًا لهذا المحصول، إلا أن مردوده يبقى دون مستوى الطلب الوطني، بسبب محدودية الإنتاجية وعدم ملاءمة بعض الظروف البيئية، خاصة في ظل الطلب المتزايد المرتبط بالنمو الديمغرافي (Chellali. 2018).

وتُعد الملوحة من بين أخطر عوامل الإجهاد اللاحيائي التي تهدد إنتاجية القمح، خاصة في مناطق التربة المتدهورة أو المتأثرة بسوء الري والصرف، حيث تؤثر سلبًا على مختلف مراحل النمو، بدءًا من مرحلة الإنبات (Seleiman et al. 2022). حيث تؤدي زيادة تركيز الأملاح خاصة NaCl، إلى انخفاض الجهد المائي في الوسط، مما يعيق امتصاص الماء من طرف البذور ويُبطئ عملية التشرب، وهو ما قد يؤدي إلى تثبيط أو تأخير الإنبات (Sairam et al. 2002). كما أن تراكم الأيونات السامة مثل Na^+ و Cl^- في الأنسجة النباتية يتسبب في اختلال التوازن الأيوني وتلف الأغشية الخلوية، ويُحفّز إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS)، مما ينعكس سلبًا على سلامة الجنين والنشاط الفسيولوجي للبادرات (Sghayar et al. 2023).

وقد أظهرت دراسات حديثة أن استجابة أصناف القمح للملوحة تختلف حسب خلفياتها الوراثية، حيث تتمتع بعض الأصناف بقدرة فطرية على التكيّف من خلال آليات فسيولوجية متقدمة، مثل تحسين استخدام الاحتياطات الغذائية، وتحفيز إنتاج الأسموليتات، وتنشيط الأنظمة الدفاعية مثل الإنزيمات المضادة للأكسدة (Ali. 2023; Sghayar et al. 2023). وعليه، فإن تقييم سلوك أصناف القمح في ظل الملوحة يُعد أداة فعالة لانتقاء الأصناف المتحمّلة، كما يمثل خطوة علمية ضرورية في إطار برامج التحسين الوراثي وتوجيه السياسات الزراعية نحو زراعة أصناف أكثر تكيفًا مع التغيرات المناخية والظروف الترابية القاسية (Hussain et al., 2021).

في هذا الإطار، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الملوحة، من خلال تطبيق تراكيز مختلفة من NaCl، على خصائص الإنبات المورفولوجية والفسيولوجية لعشرة أصناف محلية من القمح الصلب، بهدف تصنيفها حسب مدى تحمّلها للإجهاد الملحي. حيث قسمت دراستنا إلى جزئين:

الجزء النظري: وفيه فصلين:

الفصل الأول: الدراسة التصنيفية والنباتية للقمح *Triticum durum Desf*

الفصل الثاني: الإجهاد الملحي.

الجزء التطبيقي: شمل فصلين:

الفصل الأول: الطرق ومواد الدراسة وتتضمن:

- دراسة تجريبية تم فيها زرع عشرة أصناف محلية لبذور القمح الصلب *Tritucum durum Desf*. وهي البليوني ، الهذبة، خلوف، الكحلة، سيميتو، فيترون، واد البارد، فرطاس، فريطيسي وG4 ، وذلك بمعاملتها بتراكيز مختلفة من المحاليل الملحية بهدف معرفة مدى مقاومة كل من هذه الأصناف للملوحة.

- دراسة مخبرية تم فيها قياس أهم المعايير المورفولوجية والفسيولوجية عند أصناف القمح المدروسة.

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة.

وفي الأخير اختتمت الدراسة بخلاصة تم فيها سرد أهم النتائج المتحصل عليها ومرفقة بالتوصيات.

الجزء النظري

الفصل الأول

عموميات حول نبات القمح القمح الصلب (*Triticum durum*)

1-1. تعريف القمح الصلب

القمح الصلب (*Triticum durum*) يُعد من المحاصيل الزراعية الاستراتيجية، وينتمي إلى الفصيلة النجيلية (*Poaceae*) .وجنس *Triticum* يتميز هذا النوع ببذوره الصلبة ذات المحتوى العالي من البروتين، مما يجعله عنصراً رئيسياً في تصنيع منتجات مثل السميد والمعكرونة، وهو ما يعزز من أهميته الغذائية والصناعية (Alzueta, Abeledo, Mignone, & Miralles, 2012). ينحدر القمح الصلب من منطقة الهلال الخصيب، لا سيما من المناطق الممتدة بين جنوب شرق تركيا وشمال سوريا والعراق وغرب إيران، والتي تُعتبر مركزاً للتنوع الوراثي الطبيعي لأنواع القمح البرية (Jaradat, 2017). وتشير الأدلة الأثرية والوراثية إلى أن هذا النوع تطور عبر تهجين القمح البري ثنائي الحبة (*Triticum dicoccoides*) منذ نحو 10,000 عام، نتيجة للانتخاب الزراعي المبكر (Feldman, 2001; Nesbitt & Samuel, 1996).

2-1. الموطن الأصلي ونشأة القمح الصلب

يُعتبر القمح الصلب (*Triticum durum*) من أقدم أنواع القمح المزروعة، ويُعتقد أن موطنه الأصلي يقع في منطقة الهلال الخصيب، خاصة جنوب شرق تركيا، وشمال سوريا، وشمال العراق. هذه المنطقة تُعرف بأنها المركز الأول الذي ظهر فيه القمح البري والقمح المهجن وفقًا لنظرية مراكز الأصل الزراعي التي وضعها العالم نيكولاي فافيلوف (Vavilov, 1951) .

تُشير الفرضيات العلمية الحديثة إلى أن القمح الصلب (*Triticum durum*) نشأ عن تهجين القمح ثنائي الحبة(*Triticum dicoccum*) ، الذي يتميز بوجود زوج من الحبوب في كل سنبلة. ويُعتقد أن هذا الأخير قد تكوَّن نتيجة عملية تهجين طبيعية جرت في العصر الحجري الحديث، قبل نحو 10,000 سنة، بين نوعين بريين هما *Triticum urartu*، المسؤول عن الجينومA ، و*Aegilops speltoides*، الذي ساهم في تكوين الجينوم (Feldman & Levy, 2015).

كما تُظهر هذه الفرضيات أن القمح الصلب يمثل مرحلة متقدمة في تاريخ تطور القمح، حيث أصبح أكثر ملاءمة للإنتاج الغذائي وتحسين جودة الطحين مع مرور الزمن(Ahmad, Jaleel, Salem, Nabi, & Sharma, 2010).

3-1. الانتشار الجغرافي التاريخي

بعد تدجين القمح الصلب في منطقة الهلال الخصيب، بدأ ينتشر تدريجيًا نحو الغرب، حيث وصل إلى بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط مثل مصر، تونس، الجزائر، المغرب، وإيطاليا. تؤكد الأدلة الأثرية أن القمح الصلب كان جزءً مهمًا من أنظمة الزراعة في الحضارات الفينيقية والرومانية، حيث استُخدم في صناعة الأغذية الأساسية مثل الخبز والمعكرونة (Feldman & Levy, 2015).

في الوقت نفسه، انتقل القمح الصلب شرقًا عبر طرق التجارة القديمة إلى إيران وشبه القارة الهندية. هذا الانتشار كان مدفوعًا بالحاجة إلى محاصيل غذائية ذات قدرة عالية على التأقلم مع الظروف المناخية المختلفة، مما ساعد على ترسيخ زراعته في مناطق متنوعة خارج موطنه الأصلي (Feldman & Levy, 2015).

خلال العصور الوسطى، استمر القمح الصلب في الانتشار تدريجيًا مع توسع النشاط التجاري والزراعي. أما في العصر الحديث، فقد ساهمت التبادلات الزراعية الكبرى، خاصة خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، في وصول زراعته إلى قارات جديدة. في أمريكا الشمالية، تمت زراعته لأول مرة في كندا والولايات المتحدة خلال القرن التاسع عشر، حيث لاقى نجاحًا كبيرًا بفضل ملاءمته للظروف المناخية. كما انتقل إلى أستراليا وأمريكا الجنوبية، حيث أصبح جزءًا رئيسيًا من الإنتاج الزراعي المحلي (Jaradat, 2017).

حاليًا، يزرع القمح الصلب بشكل أساسي في المناطق ذات المناخ المتوسطي، حيث الأمطار الشتوية والحرارة الصيفية المرتفعة، والجدول (1) يظهر أهم مناطق الإنتاج:

جدول1 : أهم مناطق زراعة (انتاج) القمح الصلب في العالم.

المنطقة.	الدول الرئيسية المنتجة
البحر الأبيض المتوسط	الجزائر، المغرب، تونس، إيطاليا، فرنسا
أمريكا الشمالية	كندا (ساسكاتشوان)، الولايات المتحدة (داكوتا الشمالية)
غرب آسيا وشمال أفريقيا	تركيا، سوريا، إيران، مصر
أمريكا الجنوبية وأستراليا	الأرجنتين، أستراليا الغربية

4-1. الاصل الوراثي للقمح الصلب

1-4-1. التركيب الوراثي للقمح الصلب

القمح الصلب *Triticum durum* يُصنَّف ضمن النباتات رباعية الصيغة الصبغية *Tetraploid* ، حيث يمتلك عددًا كروموسوميًا قدره 2 .28 = 4x = n يتكون تركيبه الوراثي من مجموعتين أساسيتين من الكروموسومات تُعرفان بالرمزين A وB، ويُرمز إلى هذا التركيب بـ AABB. نشأ هذا التكوين نتيجة تهجين طبيعي قديم بين نوعين من القمح البري، وهو ما أكسب القمح الصلب خصائص فسيولوجية مميزة، مثل ارتفاع محتواه من البروتين وصلابة حبته، مما يعزز مكانته بين أصناف القمح المختلفة (Feldman & Levy, 2015).

5-1. تصنيف القمح الصلب(*Triticum durum*)

يشكّل القمح الصلب أحد أهم الأنواع المزروعة من القمح، ويتميّز بتنوع تصنيفي يمكن تحليله من عدة زوايا: نباتية، وراثية، بيئية، وكيميائية.

جدول2 : تصنيف القمح الصلب في المملكة النباتية وفقًا للتصنيف النباتي الحديث (Kellogg, 2015) :

المرتبة التصنيفية	التصنيف
المملكة (Kingdom)	النباتات (Plantae)
الشعبة (Phylum)	النباتات الوعائية (Tracheophyta)
الصف (Class)	مغطاة البذور – أحاديات الفلقة (Liliopsida)
الرتبة (Order)	القبئيات (Poales)
الفصيلة (Family)	النجيلية (Poaceae)
القبيلة (Tribe)	Triticeae
الجنس (Genus)	القمح (*Triticum*)
النوع (Species)	القمح الصلب (*Triticum durum*)

1-5-1. التصنيف حسب مواسم الزراعة

يُصنف القمح الصلب بحسب موعد زراعته إلى نوعين رئيسيين:

جدول 3: تصنيف القمح الصلب حسب مواسم الزراعة.

الصنف	فترة الزراعة	خصائص
قمح شتوي	يُزرع في الخريف (أكتوبر– نوفمبر)	مقاوم للبرد، إنتاجية مرتفعة
قمح ربيعي	يُزرع في الربيع (فبراير– مارس)	مقاوم للجفاف والحرارة، دورة نمو أقصر

وتختلف الأصناف حسب المنطقة الجغرافية، حيث تفضل الأصناف الشتوية المناطق المعتدلة، بينما تنتشر الأصناف الربيعية في البيئات الجافة وشبه الجافة (Curtis, Rajaram, & Gómez Macpherson, 2002).

2-5-1. التصنيف حسب كمية البروتين

تلعب كمية البروتين دوراً رئيسياً في تصنيف القمح الصلب من حيث الجودة الصناعية والتغذوية. ويمكن تصنيفه إلى:

جدول 4: تصنيف القمح الصلب حسب كمية البروتين.

الفئة	نسبة البروتين في الحبة	الاستخدام
منخفض البروتين	< 11%	استعمالات محدودة، إنتاجية مرتفعة
متوسط البروتين	11–13%	جودة متوسطة، مناسبة لصناعة السميد
عالي البروتين	> 13%	جودة ممتازة، مثالي لصناعة المعكرونة عالية الجودة

تُفضل الأصناف ذات المحتوى البروتيني المرتفع لصناعة الباستا، حيث يُعد البروتين مؤشراً أساسياً على الجودة التكنولوجية للقمح الصلب (Sissons, 2008).

1-6. تركيب القمح الصلب*(Triticum durum)*

يمثل التركيب البنيوي والبيوكيميائي لنبات القمح الصلب أساساً لفهم خصائصه الفسيولوجية، واستخداماته الغذائية، واستجابته للضغوط البيئية كالإجهاد الملحي. ويمكن تقسيم هذا التركيب إلى أربع مستويات رئيسية:

1-6-1. التركيب المورفولوجي لنبات القمح

يتكون نبات القمح الصلب (*Triticum durum*) من عدة أجزاء نباتية متميزة، لكل منها وظيفة حيوية أساسية تسهم في نمو النبات وإنتاجيته. يمتلك النبات جهازًا جذريًا ليفيًا يعمل على امتصاص الماء والأملاح من التربة بالإضافة إلى تثبيت النبات في التربة، حيث يمتد أفقيًا ورأسيًا لدعم النمو. أما الساق، فهي مكونة من سلاميات وعقد، وتتميز بكونها مجوفة عند السلاميات، مما يسهم في مرونة النبات وقدرته على تحمل وزن الأوراق والسنبلة.

تحمل الساق أوراقًا شريطية طويلة ذات تعريق متوازٍ، وتقوم هذه الأوراق بوظيفة البناء الضوئي، مما يدعم إنتاج الطاقة الحيوية اللازمة للنمو. في القمة، تتطور السنبلة، التي تتكون من محور رئيسي يحمل عددًا من السنيبلات، وتعد السنبلة العضو التكاثري الأساسي للنبات. عند اكتمال دورة حياة النبات، تنتج الحبة، وهي ثمرة جافة غير متفتحة، تمثل الجزء الاقتصادي الأهم للقمح الصلب.

يُلاحظ التمايز المورفولوجي بوضوح خلال مراحل النمو المختلفة للنبات، بدءًا من طور الإنبات وحتى مرحلة النضج الكامل (Onaga & Wydra, 2016) .

1-6-2. التركيب الكيميائي

تتمتع حبوب القمح الصلب بتركيب كيميائي يجعلها مثالية لصناعة المعكرونة والسميد. تحتوي الحبوب على عدة مركبات هامة، منها الكربوهيدرات التي تشكل النسبة الكبرى من محتواها، حيث تشكل النشا 63–68% منها. كما تحتوي على البروتينات بنسبة 12–15%، ومن بينها الغلوتينين والغليادين، وهما المسؤولان عن خصائص العجن. بالإضافة إلى ذلك، يتسم القمح الصلب بمحتوى منخفض من الدهون (2% >) تتركز في الجنين، وتحتوي الحبوب على ألياف بنسبة 2–3%، والتي توجد أساسًا في طبقات الردة. كما يشير محتوى الرماد (1.5–2%) إلى وجود المعادن الأساسية مثل الحديد والمغنيسيوم والزنك، وكذلك بعض الفيتامينات مثل فيتامينات B.

الجدول أدناه يوضح محتوى 100 غ من القمح الصلب:

جدول 5: جدول يوضح القيمة الغذائية لمحتوى 100 غ من القمح الصلب.

المكوّن	النسبة التقريبية (%)
نشا	63–68
بروتين	12–15
ألياف	2–3
دهون	< 2
رماد	1.5–2

1-6-3. وصف بذور القمح الصلب المورفولوجي والنسيجي

تعد حبة القمح الصلب ثمرة غير قابلة للانفراط وتتميز بتكوينها من ثلاث أجزاء رئيسية، كل منها يؤدي وظيفة حيوية مختلفة. أولاً، النخالة (Bran) التي تحتوي على الطبقات الخارجية مثل الإبيكارب، البريكارب، والطبقة النووية، وهي غنية بالألياف والمعادن. ثانيًا، الإندوسبيرم (Endosperm) وهو الجزء الأكبر من الحبة، ويحتوي بشكل أساسي على النشا والبروتينات، خاصة الغلوتين، ويستخدم لصناعة السميد. وأخيرًا، الجنين(Germ) ، وهو الجزء النابت الذي يحتوي على دهون، فيتامينات، وإنزيمات ضرورية للنمو والنشوء.

يبلغ متوسط وزن الحبة من 40 إلى 60 ملغ، ويتأثر شكلها وحجمها بعوامل وراثية وبيئية. يشكل الإندوسبيرم حوالي 80–85% من كتلة الحبة الكلية، مما يبرز دوره المهم في توفير الطاقة والمغذيات (Heinis, 2010)، وتتكون من ثلاث أجزاء رئيسية:

جدول 6 :الأجزاء الرئيسية لحبة القمح.

الجزء	الوظيفة
النخالة (Bran)	تحتوي على الطبقات الخارجية (الإبيكارب، البريكارب، الطبقة النووية)، غنية بالألياف والمعادن.
الإندوسبيرم (Endosperm)	الجزء الأكبر، يحتوي على النشا والبروتينات (الغلوتين)، يستخدم لصناعة السميد.
الجنين (Germ)	الجزء النابت، غني بالدهون، الفيتامينات، والإنزيمات.

4-6-1. التركيب النسيجي(Histological Structure)

تتكون الحبة الناضجة من عدة طبقات نسيجية، يمكن تلخيصها كما يلي:

جدول 7 :الطبقات النسيجية لحبة القمح الناضجة.

الطبقة	الخصائص
الطبقة الخارجية (Epidermis)	خلايا سميكة الجدار، توفر الحماية.
الطبقة النووية (Nuclear Layer)	تحتوي على أنسجة ناقلة، تنقل المغذيات إلى الإندوسبيرم.
الإندوسبيرم النشوي	خلايا رقيقة الجدار مليئة بحبيبات النشا وبروتين الغلوتين.
الإندوسبيرم القرني (Aleurone Layer)	طبقة وحيدة الخلية، غنية بالإنزيمات، تلعب دوراً في الإنبات.
الجنين (Embryo)	يحتوي على السويقة، الريشة، والفلقة، وتعد مصدر الطاقة لبدء النمو.

1-7. المراحل الفينولوجية لنبات القمح الصلب(*Triticum durum*)

تمر نباتات القمح الصلب خلال نموها وتطورها بسلسلة من المراحل الفينولوجية المتعاقبة التي يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أطوار رئيسية. يبدأ النبات بالطور الخضري الذي يشمل نمو الجذور، الساق، والأوراق، حيث يتم التركيز على النمو الخضري وزيادة المساحة الورقية. بعد ذلك، ينتقل النبات إلى الطور التكاثري الذي يتضمن تطوير الأزهار، الإخصاب، وتكوين السنبلة. في النهاية، يدخل النبات في طور النضج، حيث يتم تكوين الحبوب ونضجها، استعدادًا للحصاد (White, 2006).

تتداخل هذه الأطوار في بعض الأحيان، ويختلف طول كل طور حسب عوامل مثل نوع الصنف، الظروف المناخية، والتقنيات الزراعية المتبعة. قد تؤثر العوامل البيئية مثل درجات الحرارة والإجهاد المائي في توقيت ومدة كل مرحلة، مما يؤدي إلى تفاوت في مواعيد النضج وخصائص الحبوب النهائية (White, 2006).

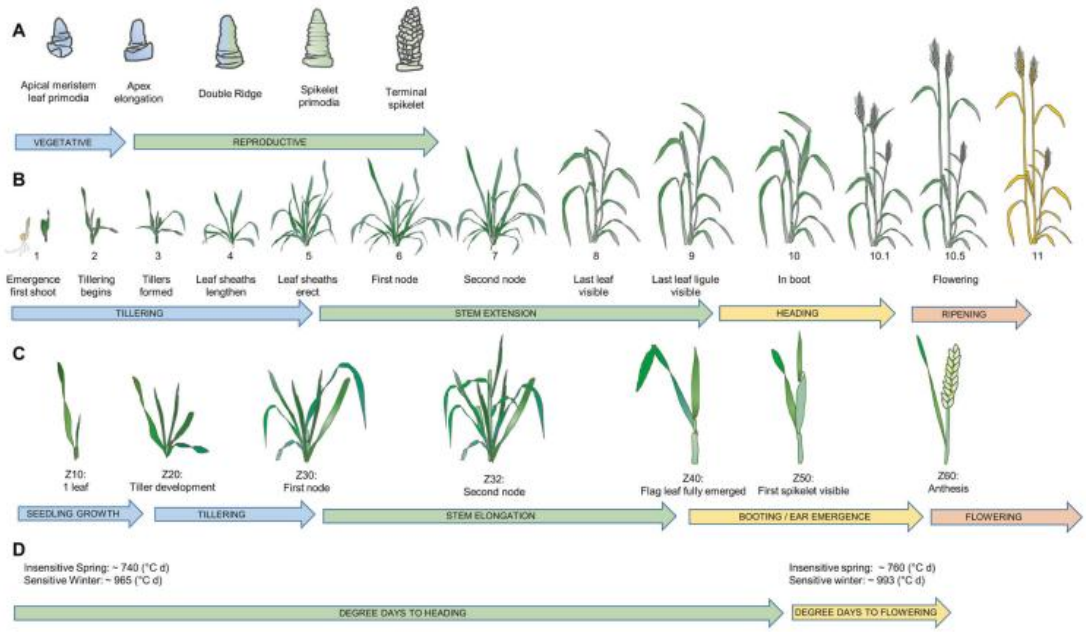


Fig. 1 Development stages in wheat. a Apex morphology, vegetative to reproductive (Moncur 1981). **b** Feekes Scale, stage 1–11 (Feekes 1941; Large 1954). **c** Zadoks Decimal Scale, score 0–100 (Zadoks et al. 1974). **d** Example of cumulative degree-days from emergence to heading and emergence to flowering for near-isogenic lines (NIL)s with differing vernalisation or photoperiod requirements grown in inductive conditions (Bloomfield et al. 2018 and pers. comm.).

الوثيقة رقم 1: مراحل نمو القمح(Hyles et al.2020) .

1-7-1. الطور الخضري(Vegetative Stage)

يمتد الطور الخضري من الإنبات وحتى بداية التبرعم، وهو يعد من أهم مراحل النمو في حياة النبات حيث يبدأ فيه تكوين المجموع الخضري (Slafer & Rawson, 1994) .في هذه المرحلة، يتطلب النبات توفر درجات حرارة معتدلة (15–22 °C) وإمدادات جيدة من الماء والعناصر الغذائية،

لأن أي إجهاد في هذه المرحلة يمكن أن يؤثر سلبًا على تطور السنيبلات والنمو الخضري (Graham, Welch, & Bouis, 2001).

المراحل الرئيسية في الطور الخضري: وتشمل:

1. **الإنبات** :تبدأ الحبة بامتصاص الماء، وتخرج الجذور الأولية (الريشة)، تليها السويق. تحدث هذه المرحلة خلال 4–10 أيام بعد الزرع حسب درجة الحرارة ورطوبة التربة (Slafer & Rawson, 1994).
2. **مرحلة التفرع** :**(Tillering)** تبدأ السيقان الجانبية (التفرعات) بالتشكل من العقد السفلية. يعتمد تطور هذه المرحلة على خصائص التربة ومستوى النيتروجين المتاح (Reynolds et al., 2009).
3. **استطالة الساق** :**(Stem elongation)** تبدأ السلاميات في النمو، ويتشكل النصل النهائي للورقة، حيث يستعد النبات للانتقال إلى المرحلة التكاثرية (Poltoretskyi et al., 2020) .

1-7-2. الطور التكاثري(Reproductive Stage)

يمثل هذا الطور الانتقال من النمو الخضري إلى إنتاج الأعضاء الزهرية والثمار، ويتضمن المراحل التالية:

1. **التبرعم** :**(Booting)** تظهر السنابل داخل غمد الورقة قبل خروجها، وتبدأ الأعضاء الزهرية في التمايز(Schmidt, Mamet, Ferrieri, Peak, & Siciliano, 2020) .
2. **الإزهار** :**(Anthesis)** تخرج السنابل وتبدأ الأزهار بالتفتح والإخصاب. تعتبر هذه المرحلة حساسة جداً للحرارة والإجهاد المائي (Ostmeyer et al., 2020).
3. **تكوين الحبوب** :**(Grain filling)** بعد الإخصاب، تبدأ الحبوب بالنمو من خلال تراكم النشا والبروتين داخل الإندوسبيرم. تعد هذه المرحلة حاسمة لتحديد المحصول النهائي حيث يرتبط عدد الحبوب وجودتها بمستوى التلقيح والظروف البيئية (El Jarroudi, Kouadio, Junk, & Bock, 2020; Slafer & Rawson, 1994).

1-7-3. طور النضج(Maturity Stage)

يتوج هذا الطور دورة حياة النبات ويشمل:

1. **النضج الفيزيولوجي** :**(Physiological maturity)** تتوقف الحبة عن النمو ويصل محتواها الرطوبي إلى 30–35%. يظهر خط أسود عند قاعدة الحبة كدليل على اكتمال نقل المغذيات إلى الحبة (T. Li et al., 2020).
2. **النضج التكنولوجي** :**(Harvest maturity)** يجف النبات وتصل الحبة إلى 12–15% من الرطوبة، وهي المرحلة المناسبة للحصاد والتخزين (Arous, Adda, Belkhodja, Bouzid, & Merah, 2020).

1-8. احتياجات القمح الصلب*(Triticum durum)*

القمح الصلب هو أحد المحاصيل الحقلية الهامة التي تحتاج إلى ظروف معينة لضمان نموها وتطويرها بشكل مثالي. تشمل احتياجات القمح الصلب كل من العناصر البيئية، المغذيات، والممارسات الزراعية التي تؤثر على جودة المحصول وإنتاجيته. يتم توزيع هذه الاحتياجات على عدة محاور رئيسية، تشمل الماء، الحرارة، الضوء، التربة، والمغذيات.

1-8-1. الاحتياجات المائية

يعد الماء من العناصر الأساسية التي تؤثر بشكل كبير على نمو وإنتاجية القمح الصلب، ويعتمد مقدار احتياجات القمح المائية على مرحلة النمو. في كل مرحلة، يتطلب القمح كميات متفاوتة من الماء لضمان نموه المثالي وتحقيق أفضل إنتاجية.

يُعتبر القمح الصلب من المحاصيل المتوسطة في احتياجاتها المائية مقارنةً مع محاصيل أخرى مثل الأرز. بشكل عام، يتطلب القمح الصلب حوالي 400–500 ملم من الأمطار أو الري خلال موسم النمو. يعتمد مقدار الري على الظروف المناخية المحلية وكذلك تقنيات الزراعة (Prasannakumar, Gopalkrishna, Kumara, & Guru, 2020).

- **الطور الخضري:**

في هذه المرحلة، يحتاج القمح الصلب إلى إمدادات منتظمة من الماء لدعم النمو الخضري والتفرع. يؤدي نقص الماء إلى قلة نمو المجموع الخضري وتراجع عدد الأوراق، مما يؤثر على قدرة النبات على التمثيل الضوئي وبالتالي يقلل من إنتاجيته. يُفضل الحفاظ على رطوبة التربة بشكل ثابت خلال هذه المرحلة لتشجيع التفرع والنمو السليم (Prasannakumar et al., 2020).

- **الطور التكاثري:**

يعد الطور التكاثري من أكثر المراحل حساسية لنقص الماء. تتطلب هذه المرحلة توفر المياه بكميات كبيرة، حيث أن نقص الماء في هذه المرحلة يؤثر بشكل مباشر على التلقيح وملء الحبوب. يمكن أن يؤدي نقص المياه إلى تقليل عدد الحبوب وجودتها، وبالتالي يؤثر على المحصول النهائي. يتطلب الأمر تنظيم الري بعناية لضمان توفير الماء الكافي للنبات (Chandra & Roychoudhury, 2020).

- **الطور النضجي:**

أثناء مرحلة النضج، يقل احتياج القمح للماء مقارنة بالمراحل السابقة، حيث يبدأ النبات في تقليل نموه وتوجيه طاقاته لتطوير الحبوب. ومع ذلك، يمكن أن يؤدي الإجهاد المائي في هذه المرحلة إلى تقليل حجم الحبوب وتقليص المحصول الكلي. من الأفضل تقليل الري في هذه المرحلة ولكن بدون الوصول إلى الإجهاد المائي الذي يمكن أن يؤثر سلبًا على المحصول (Onaga & Wydra, 2016).

1-8-2. الاحتياجات الحرارية

الحرارة تلعب دورًا أساسيًا في التأثير على نمو القمح الصلب، وتعد من العوامل البيئية التي تحدد نجاح الزراعة وجودة المحصول. تتطلب هذه المحاصيل درجات حرارة مناسبة في مراحل نموها المختلفة، حيث تتفاوت الاحتياجات الحرارية باختلاف الطور الفينولوجي.

- **الطور الخضري :**في مرحلة النمو الخضري، تكون درجات الحرارة المثالية ما بين 15-20 درجة مئوية. إذا ارتفعت درجة الحرارة عن 30 درجة مئوية، قد يتوقف التفرع، مما يؤدي إلى تقليل عدد التفرعات والسنيبلات. يعتبر هذا الطور حساسًا جدًا لارتفاع درجات الحرارة، التي قد تؤثر على تطوير المجموع الخضري للنبات (Wani, Mohan, & Singh, 2020).
- **الطور التكاثري :**عند الانتقال إلى الطور التكاثري، تحديدًا خلال الإزهار، تكون درجات الحرارة المثالية بين 18-22 درجة مئوية. إذا ارتفعت درجة الحرارة في هذه المرحلة، ينخفض معدل الإخصاب ويحدث فشل في التلقيح، مما يقلل من عدد الحبوب وجودتها. تُعد الحرارة العالية من العوامل التي تؤثر بشكل مباشر على الإنتاجية في هذه المرحلة (Wani et al., 2020).
- **الطور النضجي :**في مرحلة النضج، تؤثر درجات الحرارة المرتفعة بشكل ملحوظ على جودة الحبوب وحجمها. قد تؤدي الحرارة العالية إلى فقدان الرطوبة في الحبوب بشكل مبكر، مما يقلل من حجم الحبوب وجودتها. تُعتبر هذه المرحلة حساسة لدرجة الحرارة، حيث أن الإجهاد الحراري يمكن أن يؤثر بشكل كبير على الإنتاجية النهائية (Wani et al., 2020).

في فصل الربيع، إذا كانت درجات الحرارة منخفضة، قد يتأخر نمو النبات وتطوره. في المقابل، إذا كانت درجات الحرارة مرتفعة في أواخر الصيف، يمكن أن تؤثر سلبًا على كمية الحبوب وجودتها. هذه العوامل تجعل من المهم مراقبة درجات الحرارة وضبط الري والنشاط الزراعي وفقًا لها (Wani et al., 2020).

1-8-3. احتياجات الضوء

الضوء عنصر أساسي في عملية البناء الضوئي التي تدعم النمو والتطور الفسيولوجي لنباتات القمح الصلب. القمح نبات نهاري طويل، مما يعني أنه يحتاج إلى ساعات ضوء كافية في مختلف مراحل نموه لضمان صحة النبات وتحقيق الإنتاجية المطلوبة:

- **الطور الخضري :**في هذه المرحلة، يحتاج النبات إلى حوالي 10-12 ساعة من الضوء يوميًا لتعزيز عملية التمثيل الضوئي وإنتاج الطاقة اللازمة للنمو. توفير كمية كافية من الضوء يسهم في نمو المجموع الخضري، ويزيد من قدرة النبات على استيعاب العناصر الغذائية من التربة (Mueller et al., 2015).
- **الطور التكاثري :**أثناء المرحلة التكاثرية، يساعد الضوء في تحسين التلقيح وتشكيل الحبوب. نقص الضوء في هذه المرحلة يمكن أن يؤدي إلى تقليص حجم الحبوب وعددها، مما يؤثر بشكل مباشر على الإنتاجية. يعد الضوء أحد العوامل الحاسمة التي تؤثر في نجاح التكاثر وجودة المحصول (Mueller et al., 2015).

في المناطق التي تتمتع بفترات شتاء طويلة أو في الأماكن التي تشهد سحبًا كثيفة، يمكن أن يؤدي نقص الضوء إلى تباطؤ النمو وتدهور الإنتاجية. هذه الظروف تؤثر سلبًا على النباتات، خاصة في المراحل الحرجة من النمو، مما يفرض تحديات إضافية على المزارعين لتحقيق أعلى إنتاجية ممكنة (Mueller et al., 2015).

1-8-4. احتياجات التربة

تعتبر التربة من العوامل الأساسية التي تؤثر في نمو النباتات بشكل عام، وفي نمو القمح الصلب بشكل خاص. يتم تحديد قدرة التربة على دعم نمو القمح بناءً على خصائص متعددة تؤثر بشكل مباشر على صحة النبات وإنتاجيته.

- **الخصوبة :**تحتاج نباتات القمح الصلب إلى تربة غنية بالمغذيات الأساسية مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. تعد هذه العناصر المغذية أساسية لتحفيز النمو الخضري والإنتاجية. أي

نقص في هذه المغذيات يؤدي إلى تباطؤ النمو، خاصة في المراحل المبكرة من النمو (Ogden, Hoefgen, Roessner, Persson, & Khan, 2018).

- **درجة الحموضة :**ينمو القمح الصلب بشكل جيد في التربة التي تتراوح درجة حموضتها بين 6.0 و 7.5. التربة التي تكون حامضية جدًا أو قلوية جدًا يمكن أن تتسبب في تقليل قدرة النبات على امتصاص المغذيات، مما يؤدي إلى انخفاض الإنتاجية وضعف النمو (Ogden et al., 2018).
- **الصرف :**يحتاج القمح إلى تربة جيدة التصريف حيث أن التربة الثقيلة أو غير الجيدة في التصريف تؤدي إلى اختناق الجذور، مما قد يعرض النبات للأمراض الفطرية وتدهور في النمو. التربة المثالية تكون تلك التي توفر توازنًا بين التهوية والاحتفاظ بالماء (Fischer, 2011).

تعد التربة الرملية الممزوجة مع الطين من أفضل أنواع التربة لنمو القمح، لأنها توفر توازنًا جيدًا بين التهوية واحتجاز الماء، مما يسمح بتغذية النبات بشكل مستمر دون تعريضه لمشاكل التصريف أو الجفاف (Fischer, 2011).

1-8-5. احتياجات التسميد للقمح الصلب

المغذيات هي الأساس لنجاح أي عملية زراعية، وفي حالة القمح الصلب، تحتاج النباتات إلى مجموعة من المغذيات الأساسية:

- **النيتروجين :(N)** النيتروجين هو العنصر الأساسي الذي يعزز النمو الخضري، حيث يساعد في تكوين البروتينات وزيادة الكتلة الخضراء للنبات. يُضاف السماد النيتروجيني في بداية الموسم (قبل الزراعة) وأثناء مرحلة التفرع لتحقيق نمو سريع وتطوير جيد للمجموع الخضري. عادة ما تُضاف جرعات إضافية من النيتروجين أثناء مرحلة التفرع أو بداية النمو الخضري (Marschner, 2012).
- **الفوسفور :(P)** الفوسفور يعزز نمو الجذور ويزيد من قدرة النبات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية. يجب إضافة السماد الفوسفاتي في التربة قبل الزراعة أو في بداية الموسم الزراعي لضمان تغذية النبات في المرحلة المبكرة من نموه (Marschner, 2012).
- **البوتاسيوم :(K)** البوتاسيوم له دور كبير في تحسين مقاومة القمح للإجهادات البيئية مثل الجفاف أو الفيضانات. كما يساعد في عملية التمثيل الغذائي ويعزز النضج الجيد للحبوب. يضاف البوتاسيوم في بداية الموسم الزراعة، كما يمكن إضافته في مرحلة الإزهار أو النضج لضمان توازن نمو النبات (Marschner, 2012).

- الكبريت عنصر مهم في تكوين البروتينات والإنزيمات. يساهم في تحسين مقاومة النبات للأمراض وتوفير الطاقة الضرورية للنمو. يُضاف الكبريت إلى التربة عادة مع السماد النيتروجيني أو الفوسفاتي لضمان تحقيق التوازن الغذائي المناسب (Marschner, 2012).
- **العناصر الدقيقة :**(Micronutrients) تتطلب التربة أيضًا وجود عناصر دقيقة مثل الحديد (Fe)، المنغنيز(Mn) ، والزنك(Zn) ، التي تسهم في التوازن الغذائي للنبات. يمكن أن تكون هذه العناصر ضئيلة في التربة في بعض الأحيان، لذلك يمكن إضافة الأسمدة المحتوية عليها لضمان توفير احتياجات النبات خلال مراحل نموه المختلفة (Marschner, 2012).

1-9. إنتاج القمح الصلب في الجزائر والعالم

القمح الصلب هو أحد المحاصيل الأساسية في العديد من البلدان حول العالم، حيث يمثل جزءًا كبيرًا من الإنتاج الزراعي خاصة في المناطق الجافة. يساهم القمح الصلب في الأمن الغذائي والاقتصادي في العديد من الدول، ومن بينها الجزائر.

1-9-1. الإنتاج العالمي من القمح الصلب

القمح الصلب (*Triticum durum*) يعد من المحاصيل الغذائية الأساسية التي تشكل مصدراً رئيسياً للكربوهيدرات والبروتينات في العديد من دول العالم. يُزرع في مناطق تتسم بظروف مناخية خاصة تشمل درجات حرارة معتدلة، موسماً دافئاً، وتربة غنية بالمعادن. يشكل القمح الصلب عنصراً مهماً في صناعة المكرونة والمواد الغذائية الأخرى.

يُقدّر الإنتاج العالمي للقمح الصلب بحوالي 30-35 مليون طن سنويًا (FAO, 2020). وتعتبر بعض الدول من أكبر المنتجين لهذه المحاصيل، مثل الولايات المتحدة الأمريكية، كندا، روسيا، فرنسا، وإيطاليا، حيث توفر هذه الدول الظروف المناخية المثالية التي تسهم في تحسين الإنتاجية والجودة.

تشير بيانات منظمة الأغذية والزراعة (FAO) إلى أن الإنتاج الزراعي للقمح الصلب يعتمد بشكل كبير على توفر المياه، درجات الحرارة المناسبة، والتقنيات الزراعية الحديثة. وبالتالي، يمثل القمح الصلب عنصراً مهماً في تحقيق الأمن الغذائي على المستوى العالمي.

1-9-2. إنتاج القمح الصلب في الجزائر

- **الواقع الزراعي في الجزائر:**

تُعد الجزائر من الدول المنتجة للقمح الصلب، حيث يُزرع في مناطقها الصحراوية مثل ولاية الوادي، ولاية بسكرة، وولاية الجلفة .تُشير بيانات منظمة الأغذية والزراعة FAO إلى أن الجزائر تُنتج

سنويًا حوالي 3.9 مليون طن من القمح بشكل عام، مع العلم أن القمح الصلب يشكل جزءً كبيرًا من هذه الكمية (FAO, 2020) .

تُعتبر زراعة القمح الصلب في الجزائر استراتيجية، حيث تسعى الحكومة إلى تعزيز الإنتاج المحلي وتقليل الاعتماد على الاستيراد .في هذا السياق، تم تخصيص 1.6 مليون هكتار لزراعة القمح الصلب خلال موسم 25/2024، بهدف تحقيق الاكتفاء الذاتي من هذه المادة الأساسية .(FAO, 2020)

على الرغم من الجهود المبذولة، إلا أن الإنتاج المحلي لا يزال غير كافٍ لتلبية احتياجات السوق المحلي .لذلك، تستمر الجزائر في استيراد كميات كبيرة من القمح لتغطية الفجوة بين الإنتاج المحلي والاستهلاك، حيث يُتوقع أن تصل واردات القمح إلى حوالي 9 ملايين طن في موسم 25/2024. (FAO, 2020)

1-9-3. الإنتاج المحلي للقمح الصلب في ولاية الوادي

شهدت ولاية الوادي، الواقعة في الجنوب الشرقي للجزائر، تطورًا ملحوظًا في إنتاج القمح الصلب خلال السنوات الأخيرة، مما جعلها من أبرز الولايات المنتجة لهذا المحصول الاستراتيجي .

❖ **تطور إنتاج القمح الصلب في ولاية الوادي**

- **موسم 2018–2019** :بلغ إنتاج القمح الصلب حوالي 344,400 قنطار، بزيادة قدرها 27.5% مقارنة بالموسم السابق .
- **موسم 2022–2023** :توقعت مصالح الغرفة الفلاحية إنتاج أكثر من 304,000 قنطار من الحبوب، يتصدرها القمح الصلب .
- **موسم 2023–2024** :سجلت بعض المناطق، مثل وادي سوف، مردودية بلغت 120 قنطارًا في الهكتار، وهو رقم قياسي يُظهر نجاح الزراعة في المناطق الصحراوية .

❖ **العوامل المساهمة في تطور الزراعة**

- **الظروف المناخية** :رغم المناخ الصحراوي الحار والجاف، تعتمد الزراعة في الولاية على الري باستخدام المياه الجوفية، مما يساعد في تحسين الإنتاجية.
- **الجهود المبذولة** :تنفيذ مشاريع تطوير زراعي تهدف إلى تحسين استدامة الإنتاج، مثل زراعة القمح المقاوم للجفاف واستخدام التقنيات الحديثة في الري.

- **الدعم الحكومي** :توفير المعدات الزراعية الحديثة، مثل الحاصدات والشاحنات، لضمان حصاد الغلال في وقتها ونقلها إلى المخازن .

❖ **الجدول الزمني لتطور الإنتاج**

جدول 8: الجدول الزمني لتطور انتاج القمح في ولاية الوادي

الموسم الزراعي	إنـــتاج القمـــح الصلب (قنطار)	المـــــلاحظـــــات
2018–2019	344,400	زيادة بنسبة 27.5% عن الموسم السابق
2022–2023	304,000	توقعات بإنتاج وفير
2023–2024	مردودية 120 قنطار/هكتار	رقم قياسي في الإنتاجية

الفصل الثاني

الاجهـــاد الملحـــي (Salt Stress)

2-1. تعريف الإجهاد في النبات(Plant Stress)

صنّف (Pirasteh□Anosheh, Ranjbar, Pakniyat, & Emam, 2016) الإجهادات النباتية إلى نوعين رئيسيين بناءً على مصدر التأثير: الإجهاد الحيوي (Biotic stress) والإجهاد اللّاحيوي (Abiotic stress).ويُعرّف الإجهاد النباتي عمومًا بأنه أي عامل بيئي أو فسيولوجي يؤدي إلى اختلال التوازن في العمليات الحيوية للنبات، مما ينعكس سلبًا على نموه وتطوره. ويحدث الإجهاد عندما تتجاوز الظروف الخارجية حدود قدرة النبات على التكيّف، فتُفعّل استجابات فسيولوجية وكيميائية مثل زيادة إنتاج الجذور الحرة، تغيّر مستويات الهرمونات النباتية، وتعديل التعبير الجيني (Zhu, 2016).

- **الإجهاد الحيوي** :ينتج عن تأثير كائنات حية مثل الفطريات، البكتيريا، الفيروسات، والحشرات، مما يؤدي إلى أمراض أو تلف في الأنسجة النباتية.
- **الإجهاد اللّاحيوي** :ينجم عن عوامل غير حية كالجفاف، الملوحة، الحرارة، البرودة، والأشعة فوق البنفسجية، ويُعد من أبرز العوامل التي تؤثر على الإنتاج الزراعي العالمي.

2-2. أقسام الإجهاد في النبات

2-2-1. الإجهاد المائي(Water Stress)

يشكل الإجهاد المائي أحد أبرز العوامل البيئية التي تؤثر سلبًا على نمو النباتات وإنتاجيتها، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وقد صنّف (Kaur & Asthir, 2015) هذا النوع من الإجهاد إلى فئتين رئيسيتين، تختلفان في طبيعة الظروف البيئية المؤدية إليهما وفي الأثر الفسيولوجي على النبات:

- **إجهاد الجفاف :(Drought stress)** يحدث نتيجة انخفاض محتوى الرطوبة في التربة، إما بسبب قلة هطول الأمطار أو ارتفاع درجات الحرارة المفرطة، مما يحدّ من قدرة الجذور على امتصاص الماء الضروري للقيام بالوظائف الحيوية، ويؤدي إلى تقليل معدل البناء الضوئي وتثبيط نمو الأنسجة النباتية.
- **إجهاد الغمر :(Flooding stress)** ينشأ عندما تتشبع التربة بكميات مفرطة من الماء، كما هو الحال في ظروف الفيضانات أو الري الزائد، مما يقلل من توفر الأوكسجين في منطقة الجذور. هذا النقص في الأوكسجين يعيق عملية التنفس الهوائي ويؤدي إلى اختناق جذري يؤثر بدوره على قدرة النبات على امتصاص العناصر الغذائية والماء.

يُعدّ فهم هذين النمطين من الإجهاد المائي ضروريًا لتطوير استراتيجيات زراعية تهدف إلى تعزيز مقاومة النبات للظروف البيئية غير الملائمة، خاصة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة.

❖ **الآثار الفسيولوجية**:

- إغلاق الثغور (Stomatal closure) وتقليل التمثيل الضوئي.
- تراكم الأسمولات مثل البرولين لحماية الخلايا.
- انخفاض نمو الجذور والأوراق، وتأخير الإزهار (Kaur & Asthir, 2015).

2-2-2. الإجهاد الملحي (Salt Stress)

يُعدّ الإجهاد الملحي من أبرز أشكال الإجهادات غير الحيوية التي تعيق نمو النبات، خاصة في البيئات الزراعية التي تعتمد على مياه ري ذات ملوحة مرتفعة أو في الترب المتدهورة. وينشأ هذا النوع من الإجهاد نتيجة تراكم كميات مفرطة من الأملاح الذائبة، خصوصًا أيونات الصوديوم (Na^+) والكلوريد (Cl^-)، في منطقة الجذور، مما يؤدي إلى تأثيرات فسيولوجية معقدة:

- **إغلاق الثغور :(Stomatal closure)** كآلية دفاعية للحد من فقدان الماء بالتبخر، إلا أن ذلك يُسفر عن انخفاض في معدل التمثيل الضوئي نتيجة تقليل تبادل الغازات.
- **تراكم الأسمولات الداخلية :(Osmolytes)** تلجأ الخلايا النباتية إلى إنتاج مركبات مثل البرولين والجليسين-بيتاين، والتي تُسهم في المحافظة على التوازن الأسموزي، وحماية مكونات الخلية من التلف بفعل الإجهاد الأيوني.
- **التأثير على النمو والإنتاج :**يؤدي الإجهاد الملحي إلى تباطؤ نمو الجذور والأوراق، وتأخير في مرحلة الإزهار، وهو ما ينعكس سلبًا على الإنتاج الكلي وجودة المحصول.

تُظهر هذه التأثيرات التداخل المعقد بين الإجهاد الأسموزي والأيوني، مما يستدعي اعتماد استراتيجيات زراعية وتكنولوجية فعّالة لمواجهة الملوحة، خاصة في المناطق الصحراوية وشبه الجافة (Kaur & Asthir, 2015).

تشير الملوحة إلى تراكم الأملاح الذائبة في التربة أو في مياه الري بدرجات تؤثر سلبًا على النمو والإنتاجية النباتية، مما يجعلها من أبرز مظاهر الإجهاد اللّاحيوي الذي تواجهه النباتات (Munns & Tester, 2008).

▪**معيار التربة المالحة :**تعتبر التربة مالحة عندما تتجاوز التوصيلية الكهربائية (ECe) لمستخلصها المشبع 4 ديسيسيمينز/متر(dS/m) ، وهو المستوى الذي تبدأ عنده النباتات الحساسة بإظهار أعراض التضرر مثل الذبول وانخفاض النمو (Rengasamy, 2010).

▪**مكونات الأملاح المسببة للملوحة :**تشمل الأملاح الرئيسية المسؤولة عن الملوحة كلوريد الصوديوم(NaCl) ، كبريتات الصوديوم(Na_2SO_4) ، وكلوريد المغنيسيوم($Mg\ Cl_2$) ، والتي تساهم في زيادة الضغط الأسموزي للتربة وتقليل توافر الماء للنباتات (Shrivastava & Kumar, 2014).

2-3. اليات الاستجابات الفسيولوجية للنبات:

- **تنشيط جينات الاستجابة للملوحة:** من أبرز المسارات هو مسار إشارات SOS (Salt Overly Sensitive pathway)، الذي يساعد على تنظيم توازن الأيونات داخل الخلايا وتقليل السمية (Zhu, 2016).
- **إنتاج مركبات مضادة للأكسدة والسكريات الذائبة:** تسهم مضادات الأكسدة في تقليل الأضرار الناتجة عن الجذور الحرة، بينما تساعد السكريات الذائبة في تعديل الضغط الأسموزي داخل الخلايا (B. Gupta & Huang, 2014).
- **تعديل فيزيائي لبنية الجذور:** تعمل النباتات على إعادة تشكيل أنسجة الجذور لتقليل الامتصاص الزائد للأملاح الضارة والحفاظ على كفاءة امتصاص الماء (Munns & Tester, 2008).

2-3-2. مصادر الملوحة

تُعد ملوحة التربة من العوامل البيئية الرئيسية التي تؤثر سلبًا في الإنتاج الزراعي، لا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة مثل جنوب الجزائر. وتنتج الملوحة عن تراكم الأملاح الذائبة في منطقة الجذور، مما يسبب إجهادًا فسيولوجيًا للنباتات نتيجة لخلل في امتصاص الماء والعناصر الغذائية. تختلف مصادر الملوحة من حيث طبيعتها وأسبابها، ويمكن تصنيفها إلى مصادر طبيعية وأخرى بشرية كما يُوضّح في الجدول الآتي:

جدول 9: تصنيف مصادر الملوحة في التربة.

المصدر	الشرح
مصادر طبيعية (Primary salinization)	نتيجة لتجوية الصخور الغنية بالأملاح، أو تبخر الماء في المناطق القاحلة وشبه القاحلة مما يؤدي إلى تركّز الأملاح في الطبقات السطحية للتربة.
مصادر بشرية (Secondary salinization)	ناتجة عن النشاط الزراعي وسوء إدارة مياه الري والصرف، وتشمل:
-الري بمياه مالحة	مياه ذات توصيلية كهربائية عالية.
-ارتفاع منسوب الماء الأرضي	مما يؤدي إلى صعود الأملاح نحو سطح التربة.
- نظام صرف غير فعّال	يمنع تسرب المياه الزائدة، ما يؤدي إلى تراكم الأملاح.

2-3-3. أسباب تملّح التربة

تُعزى ملوحة التربة إلى مجموعة من المصادر الطبيعية والأنشطة البشرية التي تتفاعل مع الظروف المناخية والجيولوجية، مما يؤدي إلى تراكم الأملاح وتأثيرها السلبي على خصوبة التربة وإنتاجية النباتات.

- المصادر الطبيعية:(Primary salinization)

تنتج عن تجوية الصخور الغنية بالأملاح أو بفعل التبخر الشديد في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، مما يؤدي إلى تركّز الأملاح في الطبقات السطحية للتربة نتيجة نقص الغسل الطبيعي للأملاح.

- المصادر البشرية:(Secondary salinization)

ترتبط بالنشاط الزراعي غير المستدام وسوء إدارة المياه، وتشمل:

- استخدام مياه ري مالحة ذات توصيلية كهربائية مرتفعة.
- ارتفاع منسوب الماء الأرضي الذي يؤدي إلى صعود الأملاح capillary rise نحو سطح التربة.
- ضعف أنظمة الصرف، مما يمنع التخلص من المياه الزائدة ويؤدي إلى تراكم الأملاح.
- الإفراط في استخدام الأسمدة والمبيدات، ما يزيد العبء الملحي في التربة.

▪العوامل المساعدة على التملح:

- الري العشوائي أو المفرط دون مراعاة نوعية المياه.
- انخفاض كميات الأمطار في المناطق الجافة، مما يحد من غسل الأملاح.
- التبخر السطحي المرتفع الذي يسرّع من تجمع الأملاح في الأفق الزراعي للتربة.

تشير التقديرات العلمية إلى أن أكثر من 20% من الأراضي الزراعية المروية حول العالم تعاني من مشاكل التملح بدرجات متفاوتة، لاسيما في آسيا وشمال إفريقيا، ما يشكل تهديدًا للأمن الغذائي في هذه المناطق (Shrivastava & Kumar, 2014).

2-4. تأثير الملوحة على النبات

تؤثر الملوحة على النبات بشكل مباشر وغير مباشر من خلال سلسلة من التغيرات الفيزيولوجية و البيوكيميائية والبنيوية، ويمكن تلخيص تأثيراتها في النقاط التالية:

2-4-1. التأثيرات الفيزيولوجية

1. **الإجهاد الأسموزي(Osmotic Stress)**

يسبب ارتفاع تركيز الأملاح في الوسط الخارجي (التربة أو ماء الري) انخفاضًا في الجهد المائي، ما يعيق امتصاص الماء من قبل الجذور، ويؤدي إلى أعراض الذبول وقصور النمو (Munns & Tester, 2008).

2. **سمّية الأيونات(Ion Toxicity)**

تراكم أيونات Na^+ و Cl^- في الخلايا النباتية يخل بوظائف الأغشية الخلوية والإنزيمات، ويؤدي إلى موت الخلايا وتلف الأنسجة، خاصة في الأوراق القديمة (Zhu, 2016).

3. **اختلال التغذية المعدنية(Nutrient Imbalance)**

- الملوحة تعيق امتصاص عناصر ضرورية مثلK^+و Ca^{2+}و NO^+بسبب التنافس الأيوني.
- يؤدي ذلك إلى نقص تغذوي وتراجع في عمليات التمثيل الضوئي والبناء البروتيني (Parida & Das, 2005).

يُعد التمثيل الضوئي عملية حيوية أساسية لإنتاج الطاقة الكيميائية اللازمة لنمو النبات، وهو من أولى العمليات التي تتأثر سلبًا تحت تأثير الإجهاد الملحي على المستويين البنيوي والوظيفي. يتجلى هذا التأثير في:

4. **تثبيط كفاءة البناء الضوئي:(Photosynthetic Inhibition)**

يتسبب الإجهاد الملحي في انخفاض فعالية التمثيل الضوئي عبر عدة آليات منها:

- انخفاض محتوى الكلوروفيل نتيجة تحلل الصبغات أو توقف تركيبها (Parida & Das, 2005).
- إغلاق الثغور للحد من فقدان الماء، مما يقلل من تدفق ثاني أكسيد الكربون (CO^-) إلى الأنسجة الورقية ويحد من كفاءة التفاعلات الكربوكسيلية (Chaves, Flexas, & Pinheiro, 2009).
- تراكم الأيونات السامة Na^+ و Cl^- في الأوراق مما يؤدي إلى اختلال النشاط الإنزيمي في البلاستيدات الخضراء.

5. **الاضطرابات البنيوية في البلاستيدات الخضراء (Chloroplast Structural Alterations):**

تتسبب الملوحة في تفكك الأغشية الغرانوية (Grana disintegration) داخل الكلوروبلاستات، مما يؤدي إلى اختلال وظيفة النظام الضوئي II (Photosystem II) وانخفاض كفاءة امتصاص الطاقة الضوئية (Munns & Tester, 2008).

يُعد الكلوروفيل مكونًا أساسيًا في عملية التمثيل الضوئي، ويتأثر بشكل مباشر تحت ظروف الإجهاد الملحي. تؤدي الملوحة إلى انخفاض كبير في محتوى الكلوروفيل الكلي (chlorophyll a) وفي معظم النباتات الحساسة، مما يؤثر على كفاءة البناء الضوئي ونمو النبات.

6. آلية تأثير الملوحة على الكلوروفيل

- **التأثير الأيوني** :يؤدي تراكم أيونات الصوديوم (Na^+) والكلوريد (Cl^-) في الأوراق إلى تثبيط نشاط الإنزيمات المسؤولة عن تخليق الكلوروفيل، مثل δ-aminolevulinic acid synthase (ALA synthase)، مما يقلل من تكوين صبغة الكلوروفيل (MHPJC Ashraf & Harris, 2013).
- **الإجهاد التأكسدي** :يتسبب الإجهاد الملحي في زيادة إنتاج أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS) التي تؤدي إلى أكسدة جزيئات الكلوروفيل وتفككها (Parida & Das, 2005).
- **اضطراب امتصاص العناصر الدقيقة** :تؤدي الملوحة إلى انخفاض امتصاص العناصر المهمة مثل المغنيسيوم (Mg^{2+}) والحديد(Fe^{2+}) ، وهما عنصران أساسيان في تركيب جزيء الكلوروفيل.

2-4-2. التأثيرات البيوكيميائية

1. **زيادة إنتاج أنواع الأوكسجين التفاعلية(Reactive Oxygen Species)**

مثل بيروكسيد الهيدروجين H^-O^- وجذور الهيدروكسيلOH• ، التي تسبب **أكسدة البروتينات والدهون النووية**، ما يؤدي إلى تلف مكونات الخلية (Ahmad et al., 2010).

2. **تنشيط أنظمة الدفاع المضادة للأكسدة**

تشمل إنزيمات مثل الكاتالاز (CAT) والسوبرأوكسيد ديسموتاز (SOD) والبيروكسيداز (POD)، كاستجابة للتقليل من الإجهاد التأكسدي الناتج عن الملوحة.

3. **تراكم الأسمولات**

مثل البرولين والسكريات الذائبة، وهي مواد تحافظ على التوازن الأسموزي وتحمي البروتينات من الانهيار (MFMR Ashraf & Foolad, 2007).

2-4-3. التأثيرات البنيوية والمورفولوجية

1. **تثبيط النمو الخضري:** تظهر الملوحة من خلال قصر طول الساق، انخفاض عدد الأوراق، وانخفاض الكتلة الحيوية الكلية.
2. **تلف الخلايا وتهتك الأنسجة:** تراكم الأملاح في الفجوات العصارية يؤدي إلى موت الخلايا وتصبّغ أوراق النبات واحتراق أطرافها.
3. **تأثير سلبي على تطور الجذور:** يقل طول الجذر الرئيسي وعدد الشعيرات الجذرية، مما يؤثر على كفاءة امتصاص الماء والعناصر المعدنية (Flowers, Munns, & Colmer, 2015).

جدول 10 : جدول يلخص تأثير الملوحة على الأجزاء الرئيسية في النبات.

الجزء النباتي	التأثيرات الفسيولوجية الرئيسية	المراجع
الأوراق	-انخفاض مساحة وعدد الأورق - تراجع المحتوى الكلوروفيلي - احتراق واصفرار وتساقط مبكر للأوراق - انخفاض كفاءة البناء الضوئي والإنتاجية	(Munns & Tester, 2008; Yaghoubi Khanghahi et al., 2022)
الجذور	-انخفاض النمو الطولي والحجمي - تقليل عدد وكثافة الشعيرات الجذرية - إعاقة انقسام الخلايا في مناطق الامتداد النشط - ضعف امتصاص الماء والعناصر الغذائية الأساسية مثل K^+ وCa^{++}	(Z. Li et al., 2022; Quamruzzaman, 2022)
الساق	- تقزم الساق بسبب ضعف الانقسام والاستطالة الخلوية - ضعف صلابة الأنسجة الوعائية - إعاقة حركة الماء والمواد المغذية - ظهور بقع جافة أو شحوب في الساق نتيجة ترسيب الأملاح	Akay, & ,Arslan, Sezer ,Kiremit) (Tester, 2008 & 2022; Munns

2-5. تأثير الإجهاد الملحي على توازن العلاقات المائية في النبات

يُعد التوازن المائي من العوامل الجوهرية لنمو النباتات وبقائها، ويُقصد به قدرة النبات على تنظيم امتصاص الماء وفقده عبر العمليات الفسيولوجية المختلفة. ويؤدي الإجهاد الملحي إلى اختلال كبير في هذا التوازن بسبب تأثير الملوحة على المحتوى المائي للتربة، وعلى سلوك الأغشية الخلوية ووظيفة الثغور.

2-5-1. انخفاض الجهد المائي في التربة

- عند زيادة ملوحة التربة، ينخفض الجهد الأسموزي للمحلول المحيط بالجذور، مما يجعل من الصعب على النبات امتصاص الماء حتى لو كانت التربة رطبة (Munns & Tester, 2008).
- هذا الوضع يُعرف بـ"الإجهاد الأسموزي" ويشبه حالة العطش الفيزيولوجي، حيث تظل المياه متوفرة ولكن غير ميسّرة للنبات (Ahmed et al., 2022).

2-5-2. التغير في نفاذية الأغشية الخلوية

- الإجهاد الملحي يؤدي إلى **اضطراب في تركيب ووظيفة الأغشية البلازمية**، مما يقلل من كفاءة امتصاص الماء ونقله عبر خلايا الجذر (Zhu, 2016).
- تراكم الصوديوم في الخلايا يسبب **فقدان البوتاسيوم(K+)** ، وهو عنصر أساسي للحفاظ على ضغط الامتلاء الخلوي.(osmotic adjustment)

2-5-3. تقليل التوصيل الهيدروليكي للجذر

- تؤثر الأملاح على **قنوات الماء (Aquaporins)** في الجذور، مما يقلل من معدل انتقال الماء داخل الأنسجة الجذرية (D. Singh, Pandey, Thakur, Sharma, & Naraian, 2022).
- هذا يؤدي إلى **تراجع سريع في نقل الماء** من الجذر إلى الأوراق.

2-5-4. التأثير على الضغط الجذري وفتح الثغور

- الملوحة تقلل من **الضغط الجذري**، مما يحدّ من حركة الماء إلى الأعلى.
- كرد فعل، تغلق النباتات **الثغور** لتقليل فقدان الماء، وهذا يؤثر بدوره على عملية التمثيل الضوئي والنمو العام للنبات (Chaves et al., 2009).

2-5-5. التكيفات الفسيولوجية (التحمل الجزئي)

بعض النباتات تتكيف مع الإجهاد الملحي عبر:

- **زيادة التراكم الداخلي للذوائب الأسموزية** مثل البرولين، السكريات، والبيتائينات، للحفاظ على ضغط اسموزي داخلي ملائم (MFMR Ashraf & Foolad, 2007).
- **زيادة سمك طبقة الكيوتكل** لتقليل فقدان الماء عبر النتح.

2-6. تأثير الملوحة على محتوى النبات من البرولين

البرولين هو حمض أميني يُعتبر أحد أهم المركبات التي تساعد النباتات في التكيف مع ظروف الإجهاد البيئي مثل الملوحة. يلعب البرولين دورًا حيويًا في تعزيز قدرة النبات على مقاومة الإجهاد، ويُعد مؤشرًا مهمًا على استجابة النبات للإجهاد الملحي.

2-6-1. آلية تأثير الملوحة على البرولين

- **تراكم البرولين** :في الظروف الملحية، تتراكم كميات كبيرة من البرولين في أنسجة النباتات. هذا التراكم يعزى إلى تحفيز النشاط الأنزيمي للإنزيمات المسؤولة عن تخليق البرولين مثل **Δ1-pyrroline-5-carboxylate synthetase (P5CS)**، والذي يعمل على زيادة إنتاج البرولين في الخلايا تحت تأثير الملوحة (Zhao et al., 2017).
- **حماية الأغشية الخلوية** :البرولين يعمل كمثبت للأغشية الخلوية، ويحد من التأثيرات السلبية للإجهاد التأكسدي الناتج عن تراكم أنواع الأوكسجين التفاعلية(ROS) ، مما يحسن الاستقرار الخلوي ويحمي الأنزيمات والبروتينات من الأضرار التأكسدية (S. Singh, Singh, Tomar, Sharma, & Singh, 2022).
- **الاستجابة للتوازن المائي** :البرولين يساعد النبات في الحفاظ على توازن المياه داخل الخلايا عبر استعادة التوازن الأسموزي في بيئة عالية الملوحة. يعمل كمولد أسموزي يساعد في سحب الماء إلى الخلايا المجهدة.

2-6-2. تأثير الملوحة على تركيز البرولين في القمح الصلب

- **الزيادة في تركيز البرولين** :عندما يتعرض نبات القمح الصلب لضغوط ملحية، يبدأ في زيادة تراكم البرولين في أوراقه وجذوره، مما يعزز مقاومته للملوحة. كلما زادت شدة الملوحة، زاد تراكم البرولين(MFMR Ashraf & Foolad, 2007) .

- **الاختلاف بين الأصناف** :بعض أصناف القمح الصلب قد تظهر استجابة أفضل للإجهاد الملحي من غيرها، حيث تستطيع أن تزيد من محتواها من البرولين بشكل أسرع وأكثر فعالية، مما يعكس قدرتها على مقاومة التملح (Hassine, Ghanem, Bouzid, & Lutts, 2008).

2-6-3. جدول تأثير الملوحة على محتوى البرولين في القمح الصلب

تعد الملوحة من العوامل البيئية المؤثرة بشكل كبير على نمو النباتات، بما في ذلك القمح الصلب. أحد التأثيرات الحيوية للملوحة هو زيادة تراكم البرولين في الخلايا النباتية، وهو مركب يتم تكوينه استجابة للإجهاد الملحي، مما يساعد في حماية النباتات من تأثيرات هذا الإجهاد.

جدول 11 : تأثير الملوحة على محتوى البرولين في القمح الصلب.

تركيز NaCl (mM)	محتوى البرولين (وزن طازج µmol/g)	المـــــلاحظـــــــــة
0	2.5	المستوى الطبيعي
100	5	زيادة ملحوظة في البرولين
200	7.8	تراكم كبير في البرولين
300	10.3	أعلى تركيز للبرولين تحت الإجهاد

المصدر : تجربة على القمح الصلب تحت ظروف ملوحة مختلفة (MFMR Ashraf & Foolad, 2007)

2-6-4. دور البرولين في تحسين التكيف مع الملوحة

- **تحسين الاستقرار الأسموزي** :يساعد البرولين في رفع الضغط الأسموزي داخل الخلايا، مما يسمح للنبات بامتصاص المياه بشكل أكثر فعالية.
- **الحد من الإجهاد التأكسدي** :يعمل البرولين كمضاد أكسدة فعال، يقلل من تأثير الجذور الحرة الناتجة عن الملوحة ويخفف من التفاعلات الضارة داخل الخلايا.

2-7. تأثير الملوحة على مستوى السكريات في النبات

تؤثر الملوحة بشكل كبير على مستويات السكريات في النباتات، حيث يُعد التوازن السكري أحد الاستجابات الأساسية التي يطورها النبات لمواجهة الظروف القاسية مثل الإجهاد الملحي. تلعب السكريات دورًا حيويًا في مساعدة النبات على التكيف مع الإجهاد عن طريق الحفاظ على توازن الأسموزي، توفير الطاقة، والحد من التأثيرات السلبية للإجهاد التأكسدي.

2-7-1. تأثير الملوحة على تراكم السكريات

- **زيادة تراكم السكريات** :تحت تأثير الملوحة، يمكن للنباتات أن تزيد من تراكم السكريات مثل الجلوكوز، الفركتوز، السكروز، والمانيتول في أنسجتها. هذه السكريات تعمل كمولدات أسموزية تساعد النبات في امتصاص المياه وتحقيق التوازن الأسموزي الداخلي.
- **الاستجابة الأسموزية:** السكريات تعمل على ضبط الضغط الأسموزي في الخلايا، مما يساعد النباتات على الحفاظ على الماء داخل الخلايا تحت الظروف الملحية (A. K. Gupta & Kaur, 2005) .هذه الاستجابة تساعد في تقليل الجفاف الناتج عن الملوحة.

2-11-2. آلية تأثير الملوحة على السكريات

- **التحكم في توازن الطاقة** :عند تعرض النبات للملوحة، تتغير عمليات التمثيل الغذائي للسكريات. يقوم النبات بزيادة تخزين السكريات المعقدة مثل السكروز والنشا، مما يساعد على توفير الطاقة اللازمة لمواجهة الإجهاد البيئي (Hong, Yang, Zhang, & Shi, 2016).
- **تنشيط الإنزيمات المسؤولة عن التمثيل الغذائي للسكريات** :الملوحة قد تحفز نشاط الإنزيمات مثل **invertase** و**sucrose synthase**، التي تساهم في زيادة تراكم السكريات في النبات (Setter, 2012) .تعمل هذه الإنزيمات على تحطيم السكريات المعقدة إلى سكريات بسيطة لزيادة تخزين الجلوكوز والفركتوز.

2-11-3. تأثير الملوحة على السكريات في القمح الصلب

- **زيادة السكريات القابلة للذوبان** :في القمح الصلب تحت ظروف الملوحة، أظهرت الدراسات زيادة ملحوظة في مستوى السكريات القابلة للذوبان مثل الجلوكوز والسكروز في الأوراق والجذور. هذه الزيادة تساعد النبات في مواجهة الآثار السلبية للملوحة مثل انخفاض قدرة الامتصاص المائي (Parida & Das, 2005).

- **التباين بين الأصناف** : بعض الأصناف من القمح الصلب قد تكون أكثر قدرة على تراكم السكريات مقارنة بأصناف أخرى، مما يعكس قدرتها على التكيف بشكل أفضل مع ظروف الملوحة.

2-11-4. تأثير الملوحة على محتوى السكريات في القمح الصلب

تأثير الملوحة على محتوى السكريات في القمح الصلب يعد من المواضيع المهمة في دراسات إجهاد النباتات. حيث تسهم السكريات القابلة للذوبان في التكيف مع الظروف الملحية عن طريق تحسين قدرة النبات على مقاومة الإجهاد، وبالتالي تؤثر على نشاط الخلايا النباتية وتفاعلها مع المحيط.

جدول 12 : تأثير الملوحة على محتوى السكريات في القمح الصلب.

تركيز NaCl (mM)	مستوى السكريات (mg/g) وزن طازج	الملاحظة
0	22.5	المستوى الطبيعي للسكريات
100	31	زيادة ملحوظة في السكريات القابلة للذوبان
200	38.5	تراكم السكريات بشكل أكبر
300	45	أعلى تركيز للسكريات في الظروف الملحية

المصدر : *تجربة على القمح الصلب تحت ظروف ملوحة مختلفة*(Parida & Das, 2005)

2-7-5. دور السكريات في حماية النبات من الإجهاد الملحي

- **موازنة الضغط الأسموزي** :زيادة مستوى السكريات القابلة للذوبان في النبات يساعد في تعديل الضغط الأسموزي داخل الخلايا، مما يسمح بامتصاص المياه بشكل أكثر فعالية، مما يعزز بقاء النبات تحت الإجهاد الملحي.

- **الحد من الأضرار التأكسدية** :السكريات تعمل كمضادات للأكسدة حيث تقوم بحماية الخلايا من الأضرار الناتجة عن تراكم أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS) التي تتكون نتيجة للإجهاد الملحي (Chandra & Roychoudhury, 2020).

2-8. تأثير الملوحة على نبات القمح

الملوحة هي أحد العوامل البيئية التي تؤثر بشكل كبير على نمو نبات القمح، خاصة في المناطق التي تعاني من تجمع الأملاح في التربة بسبب الري غير المناسب أو الظروف المناخية. تؤدي الملوحة إلى تقليل إنتاجية المحاصيل بشكل ملحوظ، مما يشكل تحدياً كبيراً لزراعة القمح في العديد من المناطق.

2-8-1. تأثير الملوحة على النمو الخضري للقمح

- **تأثير ملوحة التربة على النمو الجذري**:
  - يؤثر الإجهاد الملحي على نمو الجذور بشكل مباشر من خلال تقليل قدرة الجذور على امتصاص الماء والعناصر الغذائية من التربة بسبب الضغط الأسموزي المرتفع في التربة المالحة (Munns & Tester, 2008).
  - يؤدي التراكم المفرط للأملاح في الجذور إلى موت الخلايا الجذرية وانخفاض امتصاص المياه، مما يضعف النمو الخضري للنبات ويؤثر على عدد الأوراق وحجم النبات.
- **تأثير ملوحة التربة على الأوراق**:
  - تؤدي الملوحة إلى تقليل معدل التمثيل الضوئي في الأوراق. حيث تؤدي زيادة تركيز الأملاح في الخلايا إلى تعطيل العمليات الأيضية في البلاستيدات الخضراء، مما يقلل من كمية الكلوروفيل ويؤثر على قدرة النبات على إجراء التمثيل الضوئي بفعالية (Läuchli & Grattan, 2007).

2-8-2. تأثير الملوحة على التطور التكاثري للقمح

- **تأثير الملوحة على الإزهار والتلقيح**:
  - تؤدي الملوحة إلى تعطيل عملية الإزهار والتلقيح في نبات القمح. عند تعرض النبات لإجهاد ملحي، تنخفض نسبة الإزهار والتكوين البذري بسبب التأثير على نمو الأنسجة الزهرية(MPJC Ashraf & Harris, 2004) .
  - يؤثر الإجهاد الملحي على نشاط الإنزيمات المسؤولة عن تكوين الهرمونات النباتية مثل الأوكسينات، مما يؤدي إلى تأخير الإزهار وتدهور التلقيح.

2-8-3. تأثير الملوحة على إنتاجية محصول القمح

- **انخفاض الإنتاجية**:

- يعتبر نقص المياه والعناصر الغذائية في بيئة ملحية من الأسباب الرئيسية لانخفاض الإنتاجية في نبات القمح. يؤدي ذلك إلى تقليل وزن الحبوب وحجمها، مما يؤدي إلى انخفاض المحصول الكلي (Wagdi, Metwally, Matar, & Yousef, 2013).
- تأثير الملوحة على عمليات التمثيل الغذائي الحيوية في النبات يقلل من إنتاجية المحصول في المناطق المروية بالمياه المالحة.

- **تأثير الملوحة على نوعية الحبوب**:

- بالإضافة إلى تقليل الإنتاجية، يمكن أن تؤثر الملوحة على جودة الحبوب، حيث تتسبب في تقليل نسبة البروتين في الحبوب وتدهور خصائص الجودة مثل النكهة والطعم (Zhao et al., 2017).

2-8-6. الدراسات حول تأثير الملوحة على القمح الصلب

- **دراسة تأثير الملوحة على نمو القمح في بيئات مختلفة:**

أظهرت الدراسات أن القمح الصلب يمكن أن يتحمل مستويات معتدلة من الملوحة، لكن الزيادة في الملوحة تؤدي إلى انخفاض كبير في نمو الجذور والأوراق والإنتاجية. مثل هذه الدراسات تسلط الضوء على أهمية اختيار الأصناف المقاومة للملوحة وتحسين تقنيات الري في المناطق المالحة (Khan, 2009).

- **دراسة تأثير الملوحة على التمثيل الغذائي في القمح:**

أظهرت الدراسات أن الملوحة تؤثر بشكل كبير على التوازن الأيوني داخل خلايا النبات، مما يعوق العديد من العمليات الحيوية مثل التمثيل الضوئي والتنفس الخلوي. كما يؤدي الإجهاد الملحي إلى زيادة إنتاج الأنواع التفاعلية للأوكسجين (ROS) وتراكم البرولين، مما يساعد في حماية النباتات من الأضرار الخلوية الناتجة عن الملوحة (Munns & Tester, 2008).

- **دراسة تأثير الملوحة على تراكم العناصر الغذائية في القمح:**

أشارت الدراسات إلى أن زيادة ملوحة التربة تؤدي إلى تراكم كميات عالية من الصوديوم والكلوريد في خلايا النبات، مما يؤثر سلبًا على امتصاص العناصر الغذائية الأساسية مثل البوتاسيوم

والكالسيوم. هذا التراكم يمكن أن يؤدي إلى تقليل فعالية عمليات النمو وتدهور صحة النبات (Chandra & Roychoudhury, 2020).

الجزء التطبيقي

الفصل الأول

الوسائل والطرق المستعملة

المواد وطرق الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير مستويات الإجهاد الملحي على خصائص الإنبات عند بعض الأصناف المختلفة من القمح الصلب المحلية (حبوب الأصناف محل الدراسة موضحة في الوثيقة 2).

1 -المادة النباتية:

استُخدمت في هذه الدراسة عشرة أصناف محلية من القمح الصلب، والتي تم جلب أغلبها من المعهد الوطني للأبحاث الزراعية (INRA) بتقرت .

جدول 13: أصناف القمح المحلية المدروسة

الصنف	الإسم بالانجليزية	الرمز	المصدر
صنف البليوني	Belyouni Variety	B	المحيط الفلاحي بلدية بن قشة
صنفG4	G4 Variety	G4	CCLS فرع الوادي
صنف الهذبة	Hedba Variety	H	INRA فرع تقرت
صنف خلوف	khelouf Variety	KH	INRA فرع تقرت
صنف الكحلة	Kahla Variety	k	المحيط الفلاحي بلدية بن قشة
صنف السيميتو	Siméto Variety	S	المحيط الفلاحي بلدية بن قشة
صنف الفيترون	Vitron Variety	V	CCLS فرع الوادي
صنف واد البارد	Oued El-Bared Variety	OB	CCLS فرع الوادي
صنف الفرطاس	Fertas Variety	Fr	INRA فرع تقرت
صنف الفريطيسي	Frityssi Variety	T	INRA فرع تقرت

- حبوب صنف خلوف

- حبوب صنف سيميتو

- حبوب صنف البليوني

- حبوب صنف فرطاس

- حبوب صنف فيترون

- حبوب صنف الكحلة

- حبوب صنف G4

- حبوب صنف واد البارد

- حبوب صنف فريطيسي

- حبوب صنف الهذبة

الوثيقة 2: صور حبوب أصناف القمح المدروسة (صور شخصية 2024).

2 -الملح المستخدم:

تم استخدام ملح كلوريد الصوديوم (NaCl) في هذه الدراسة، باعتباره الملح الأكثر وفرة في مياه الري والترب التي بها مشكل الملوحة. حيث استعملنا محاليل ملحية بتراكيز متفاوتة مرتبة كما يلي:

- التركيز الأول: ماء مقطر (تركيز 0غ/ل).

- التركيز الثاني: 3 غ/ل.

- التركيز الثالث: 6غ/ل.

- التركيز الرابع: 9غ/ل.

3 - طرق التجربة

3-1- تحضير المحاليل الملحية:

حضرنا في هذه المرحلة لترا واحدا من كل محلول ملحي بالتراكيز السابقة(0 غ/ل، 3غ/ل، 6 غ/ل ثم9غ/ل).
تم إعداد المحاليل الملحية وفقًا للخطوات التالية:

تم أولًا وزن الكميات المطلوبة من مسحوق كلوريد الصوديوم (NaCl) بدقة باستخدام ميزان إلكتروني حساس. ثم أُذِيبَت كل كمية في 0.5 لتر من الماء المقطر داخل دورق زجاجي، مع استخدام مخلاط مغناطيسي لضمان تجانس المحلول. أُعيدت العملية نفسها لكل تركيز ملحي على حدة.
بعد التأكد من تجانس المحلول، تم إجراء عملية التمديد عبر نقل كل محلول (باستثناء محلول الشاهد بتركيز 0 غ/ل) إلى بيشر مدرّج، ثم أُضيف له 0.5 لتر إضافي من الماء المقطر للوصول إلى الحجم النهائي المطلوب وهو 1 لتر. بعد ذلك، سُكبت المحاليل النهائية في قارورات بلاستيكية مخصصة، مع مراعاة رجّها جيدًا قبل كل عملية سقي لضمان بقاء المحلول الملحي متجانسًا. بعد التمديد تحصلنا على التراكيز الموضحة في الجدول (14).

جدول 14: تراكيز المحاليل المدروسة.

مستويات الإجهاد (التراكيز)		g/ L	Part per million	Milimole/L
الشاهد(ماء مقطر)	C_0	0 g/L	0 Ppm	0 Mmol
التركيز الأول	C_1	3 g/L	3×10^3 Ppm	51.33 Mmol
التركيز الثاني	C_2	6 g/L	6×10^3 Ppm	102.65 Mmol
التركيز الثالث	C_3	9 g/L	9×10^3 Ppm	153.99 Mmol

3 -2- تحضير البذور:

قمنا بانتقاء البذور السليمة والمتقاربة الأحجام من كل صنف مستعمل. عقمنا البذور المنتقاة من كل صنف بنقعها في مزيج مكون من 150مل ماء مقطر مع 5 مل من ماء جافيل لمدة 5 دقائق ثم غسلها بالماء العادي مرتين وأخيرا بالماء المقطر (للتخلص من أثر ماء الجافيل)، ثم جففنا البذور و وزنَاها. بعدها نقلنا البذور الجافة المعقمة (حسب كل صنف) إلى بيشر يحتوي على كمية من الماء المقطر للتشرب حيث تركت لمدة 4 ساعات، ثم أخرجناها وجففناها ثم وزناها من جديد.

3-3- تصميم التجربة:

بدأنا التجربة يوم 2024/12/22 بتحضير 120 إناء معقم وضعنا فيها أوراق ترشيح دائرية الشكل بسمك طبقتين لكل إناء (من أجل الحفاظ على الرطوبة)، حيث جهّزنا لكل صنف 12 إناء موزعة حسب التراكيز السابقة. ويعلَم كل إناء عن الآخر باسم الصنف وكذا تركيز المحلول. وأخيرا وضعنا في كل إناء 20 بذرة من البذور المحضرة سابقا من كل صنف مع نشر البذور بشكل منتظم في مساحة كل إناء، بواقع 3 مكررات لكل تركيز، ثم يسقى كل إناء بـ 10مل من التركيز المطلوب والمحضر سابقا، وأخيرا يغطَى الإناء بمناديل ورقية مسقية من نفس التركيز. يعاد السقي كل 48 ساعة بالمحلول المناسب لكل تركيز. مع مراعاة تثبيت درجة الحرارة في حدود 19 درجة مئوية وظلمة مناسبة داخل الغرفة المخصصة للإنبات.

4- المعايير المدروسة:

4-1 – المعايير الفيزيولوجية:

4-1-1- خاصية التشرب:

تحسب هذه الخاصية لكل صنف بالعلاقة المبينة من طرف (Almansouri et al.2001) :

$$\frac{\text{وزن البذور بعد التشرب}-\text{وزن البذور قبل التشرب}}{\text{وزن قبل التشرب}} \times 100$$

4-1-2- نسبة الإنبات:

لقد عدت البذرة نابتة عند ظهور الرشيم خارج قصرة البذرة (Ganatsa et al. 2008). حيث تم الحصول على نسبة الإنبات بحساب نسبة عدد البذور المنبتة لكل صنف (لكل تركيز) إلى إجمالي عدد البذور في بداية التجربة وفق المعادلة الموصوفة من طرف (Aghamir et al., 2016):

$$\text{نسبة الإنبات}\% = \frac{\text{عدد البذور المنتشة}}{\text{عدد البذور الكلية}} \times 100$$

4-1-3- مؤشر قوة الإنبات:

هو من أهم المؤشرات التكميلية بعد نسبة وسرعة الإنبات، لأنه يقيس القدرة الكاملة للبذور على دعم نمو البادرة وليس فقط الإنبات بحد ذاته وله معيارين، مؤشر القوة (I) ومؤشر القوة (II) حيث:

Seedling Vigor Index (SVI) هو مؤشر مركب يقيس جودة الإنبات بناءً على الطول الإجمالي للبادرات (جذير + سويقة) مضروبًا في نسبة الإنبات.

SVI = طول البادرة (cm) × نسبة الإنبات (%) (Janmohammadi et al.2008).

Seedling Vigor Index (SVII) هذا المؤشر يُعد امتدادًا للمؤشر الأول(SVI) ، لكنه يعتمد على الوزن الجاف للبذور بعد الإنبات بدلاً من طول البادرة. ويُعبر عن القدرة الكامنة للبذور على إنتاج مادة جافة (Dry Biomass) رغم تعرضها للإجهاد، وهو مؤشر أكثر دقة للحيوية الفسيولوجية تحت ظروف غير مثالية مثل الملوحة.

(SVII) = الوزن الجاف للبادرة (الجذر+الساق) × نسبة الإنبات (%) (Hamidi et al. 2023).

4-1-4- سرعة الإنبات :

و هي متوسط عدد الأيام اللازم لإنبات بذرة، تم حسابها بتطبيق معادلة أرنتون (Harrington) (دواي و إسماعيل.2004) و التي تقدم فكرة عن قوة البذور :

$$GR = \frac{N1\ T1 + N2\ T2 + N3\ T3 + \cdots\ldots}{N1 + N2 + N3 + \cdots\ldots}$$

حيث: N_1عدد البذور النابتة في الزمنT_1 .

4-1-5- المحتوى الرطوبي:

تم حسابه لكل من البذور و البادرات، و هو نسبة ما يحتويه النسيج النباتي من ماء وتم تقديره حسب Horwitz and Latimer, (2000) والموصوفة من طرف Zaier et al(2000) حيث يتم تحديد نسبة الماء بتجفيف المادة النباتية (البذور أو البادرات) في 100درجة مئوية.ويتم وزن المادة النباتية كل يوم إلى أن يثبت الوزن. وتحسب نسبة الماء بالعلاقة التالية:

$$\text{المحتوى الرطوبي } (\%) = \frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الرطب}} \times 100$$

4-1-6- نسبة المادة العضوية والمعدنية:

تقوم درجة الحرارة العالية بحرق وإزالة المادة العضوية من المادة الجافة، كما تحول المواد المعدنية للحشوة إلى كربونات وأكاسيد (Hoenig and de Kersabiec, 1996) نزن 3 g من المادة الجافة ونقوم بحرقها في فرن الحرق في درجة حرارة 550 °C ولمدة خمس ساعات (Merino et al., 2017) وتحسب النسبة المئوية للمادة العضوية والرماد بالطريقة التالية و الموصوفة من طرف (حميدي.2024):

المادة العضوية % = (وزن المادة الجافة - وزن الرماد)×100 / وزن المادة الجافة.

الرماد (المادة المعدنية)% = (وزن الرماد)×100 / وزن المادة الجافة.

4-2-المعايير المورفولوجية:

4-2-1- طول الجذير:

قمنا باختيار أطول جذير لعينة تتكون من ثلاث بادرات لكل صنف ولكل تركيز تم اختيارها عشوائيا، ثم حساب متوسط الطول. بحيث تم القياس باستعمال أوراق مليمتريه و تأخذ القياسات بوحدة السنتيميترcm.

4-2-2- طول السويقة:

تم قياس طول السويقة بنفس المبدأ السابق باستخدام ورق مليمتري.

4-2-3- طول البادرة:

تم تقدير طول البادرة عن طريق جمع قياسات الجذير والساق لكل صنف لكل عينة في حساب طول البادرة (طول الجذير+ طول السويقة).

4 -2-4- وزن البذور والبادرات:

اعتمدنا في أخذ قياسات الوزن استخدام الميزان الحساس حسب كل عينة.

الفصل الثاني

النتائج ومناقشتها

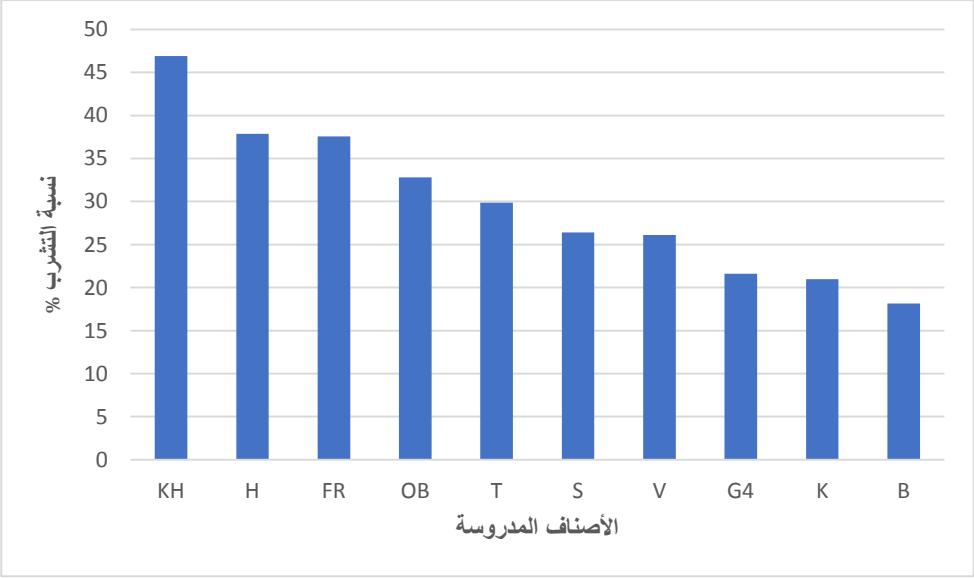
1 – المعايير الفيزيولوجية :

1-1. خاصية التشرب:

بينت نتائج نسب التشرب الموضحة في الجدول رقم (15) وكذا الوثيقة (3) أن هناك تفاوتًا واضحًا بين أصناف القمح الصلب المدروسة، حيث سجل الصنف KH أعلى نسبة تشرب (46.88%)، تليه الأصناف H وFR، رغم كونها من الأصناف ذات الوزن الأخف. من جهة أخرى، سجلت الأصناف الثقيلة مثل S و V نسب تشرب أقل (~26%)، مما يوحي بوجود علاقة عكسية بين الوزن الأولي للبذور ونسب تشربها.

جدول 15: نتائج تشرب بذور أصناف القمح المدروسة.

الأصناف	KH	H	FR	OB	T	S	V	G4	K	B
نسبة الشرب	46.88	37.84	37.57	32.80	29.87	26.40	26.12	21.62	20.97	18.15



الوثيقة رقم 3: نسب التشرب عند الأصناف المحلية المدروسة.

يمكن تفسير هذا الاختلاف في نسب التشرب بالمسامية العالية في القشرة، سرعة امتصاص الماء وكذا سماكة قشرة البذرة أو انخفاض في النفاذية المائية. كما أن اختلاف حجم البذور يلعب دورا في

اختلاف نسبة التشرب حيث أنه كلما كان حجم البذرة أكبر زاد سطح التلامس وبالتالي زيادة النفاذية والتشرب.

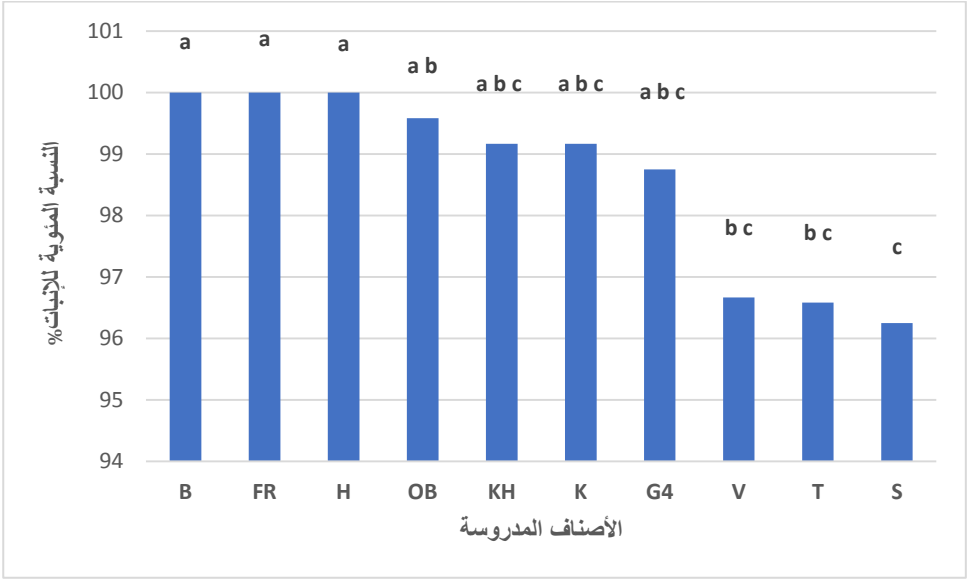
كما أن البذور الأخف قد تمتص ماءً بسرعة، لكن هذا لا يضمن نجاحها في النمو اللاحق دون توفر المخزون الكافي. وهذا ما ذهب إليه Bewley et al. (2013) حيث أشاروا إلى أن سرعة وكفاءة التشرب تتأثر بخصائص البذرة مثل: النفاذية، تركيب القشرة، وجود مواد مخاطية، ونشاط الأكوابورينات. كما لاحظ Ellis et Roberts (1981) أن البذور الخفيفة غالبًا تتشرب أسرع، لكن البذور الثقيلة أكثر ثباتًا ونموها أقوى.

1-2- استجابة خصائص إنبات بذور أصناف القمح المحلية المدروسة إلى عامل الملوحة:

1-2-1- نسبة الإنبات:

من خلال النتائج الممثلة بالوثيقة (4) و التي تمثل نسب الإنبات لمختلف أصناف القمح قيد الدراسة سجلنا فروقا معنوية مقسمة إلى خمس مجموعات حيث كان كل من الأصناف (H ,FR ,B) في المجموعة الأولى و التي سجلت أعلى نسبة تقدر بـ 100% لكل أصناف هذه المجموعة، بينما كانت النسبة الأقل عند الصنف السيميتو (S) بنسبة 96.25 % .

كما بينت النتائج عدم وجود فروق معنوية في هذه النسبة (الإنبات) في حالة اختلاف تراكيز الملح إلا أننا لاحظنا تناقصا في نسبة الإنبات بزيادة تراكيز الملح، حيث كانت أعلاها عند استخدام الماء المقطر (C_0) بنسبة 99.33%، وكانت أدناها (98.16%) في حالة التركيز الأعلى 9 غ / ل (C_3). كما تظهره الوثيقة (5) التي تمثل تأثير الملوحة على نسبة الإنبات.



الوثيقة رقم 4: تغيرات نسبة الإنبات حسب الأصناف المدروسة .

الوثيقة رقم 5: تأثير الملوحة على نسبة الإنبات.

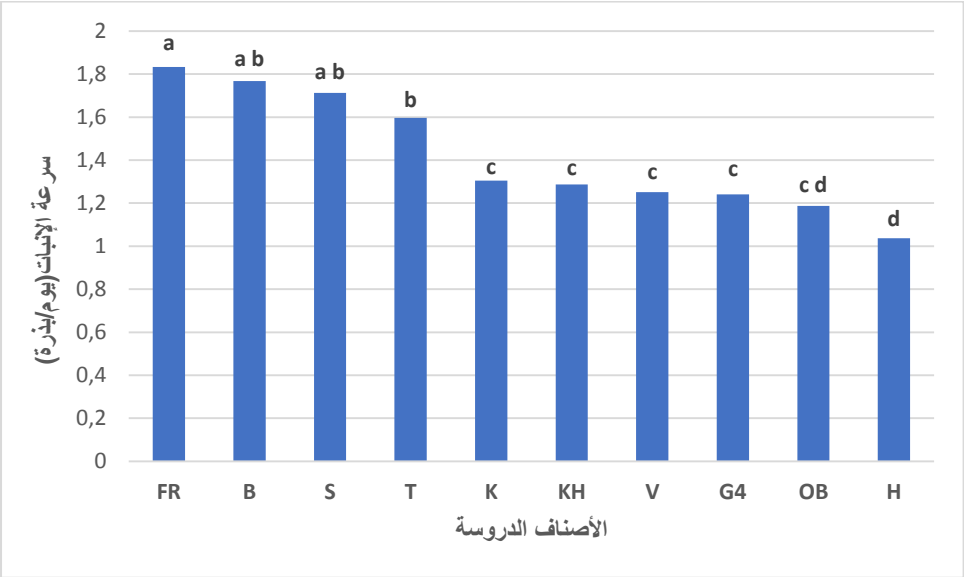
بينت نتائج الإنبات حسب الأصناف أن نسبته كانت جيدة، مع بلوغ بعض الأصناف نسبة إنبات 100% حتى في وجود الملوحة، مثل B و FRوH، مما يشير إلى تميزها الوراثي في تحمل الإجهاد الأسموزي. في المقابل، لوحظ انخفاض طفيف في الإنبات لدى بعض الأصناف الثقيلة الوزن مثل S وV، مما يؤكد أن وزن البذرة وحده لا يكفي كمؤشر على القدرة على الإنبات، بل تتدخل عوامل أخرى مثل الوقت اللازم لتكوين البذور آليات تسمح لها بتكييف ضغطها الاسموزي الداخلي. أيضا هذا قد يكون التأخير بسبب تغيير الإنزيمات والهرمونات الموجودة في البذرة (Botia et all 1998)

و أظهرت نتائج نسبة الإنبات حسب تراكيز الملوحة أن بذور القمح الصلب المحلية احتفظت بكفاءة عالية جدًا في الإنبات حتى عند تركيز 9 غ/ل للـ NaCl ، ما يدل على أن مرحلة الإنبات أقل حساسية للملوحة مقارنة بمراحل النمو اللاحقة. الانخفاض الطفيف في نسبة الإنبات مع زيادة تركيز الملح يُمكن تفسيره بتأثير أسموزي بسيط على بعض الأصناف، غير أنه لا يُعد دالًا من الناحية الإحصائية، مما يُبرز أهمية العوامل الوراثية في مقاومة الإجهاد في هذه المرحلة. وهو ما تأكده نتائج Almansouri et al. (2001) حيث لاحظوا أن القمح الصلب يستطيع الإنبات حتى عند ملوحة معتدلة، لكن التأثير يكون أوضح في مراحل النمو اللاحقة. كما أكد Munns et Tester (2008) أن الإنبات يمكن أن يستمر بشكل جيد حتى مع وجود الإجهاد، لكن نمو الجذير والسويقة يتأثر أسرع.

1-2-2- سرعة الإنبات:

تبيَن الوثيقة (6) التي تمثل تغيرات سرعة الإنبات بدلالة أصناف القمح المدروسة وجود فروقات معنوية بين الأصناف قيد الدراسة (ستة مجموعات من الفروقات) .حيث أن الصنف فرطاس (FR) كان هو الأبطء في الإنبات بمعدل (1.83يوم لإنتاش بذرة) متأخرا عن بقية الأصناف و التي كان أسرعها صنف الهذبة (H) و الذي بلغت سرعة إنباته (1.03 يوم لإنتاش بذرة).

من جهة أخرى فإن متابعة تغيرات سرعة الإنبات بدلالة الملوحة الوثيقة (7) تظهر وجود انخفاض في السرعة كلما زاد تركيز الملح مع وجود فروقات معنوية بين تأثير التراكيز المستعملة في هذه الدراسة، حيث كانت سرعة الإنبات الأبطء (1.3 يوم لإنتاش بذرة) عند التركيز (C_3) وكانت الأسرع (1.16) في حالة استعمال التركيز الشاهد (C_0).



الوثيقة رقم 6: تغيرات سرعة الإنبات بدلالة الأصناف المدروسة من القمح.

الوثيقة رقم 7: تغيرات سرعة الإنبات بدلالة تغيرات الملوحة.

إن الاختلاف المسجل في سرعة الإنبات بدلالة الأصناف يرجع لوجود التباين الجيني بين الأصناف المختبرة. وكشف تأثير التفاعل بين "النمط الجيني والملوحة" عن تباين استجابة أصناف القمح بين معاملات الملح (Zaghdoudi et al.2019).

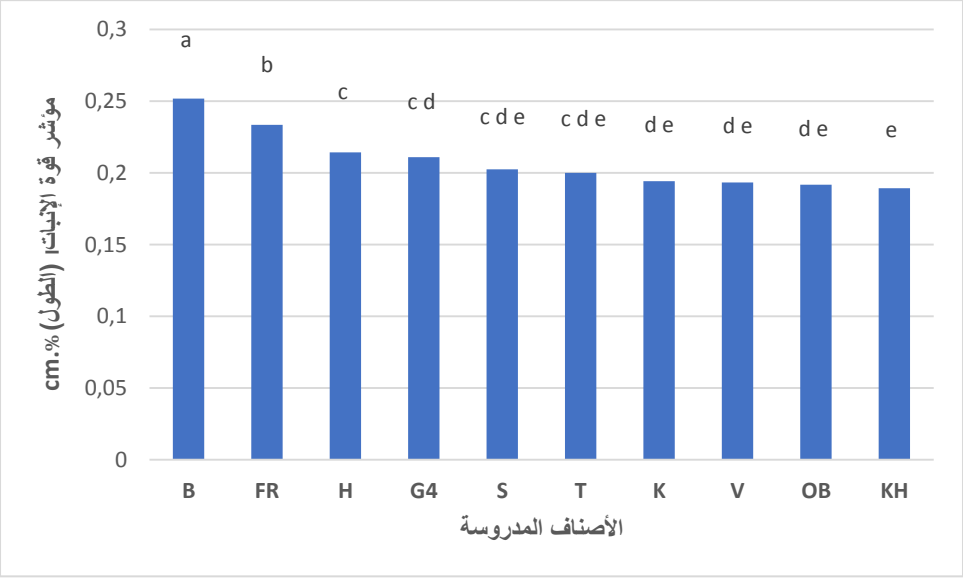
في حين أن زيادة تركيز أي نوع من المحاليل الملحية يؤثر سلبًا على إنبات البذور ونمو الشتلات، حيث لا تتمكن البذور من امتصاص الماء اللازم للإنبات، وذلك بسبب زيادة تركيز الأملاح في الوسط المحيط بالبذور، مما يؤدي إلى ارتفاع الضغط الاسموزي الذي يعيق عملية الإنبات. كما أن للملوحة تأثيرًا سلبيًا (Othman et al.2006)، وتتوافق هذه النتائج مع نتائج (2003) Pearson and Bauder (

حيث تؤكد نتائجهما التأثير السلبي من خلال رفع الضغط الاسموزي للوسط المحيط بالبذور أو من خلال وجود أيونات سامة في المحلول، مما يؤثر على إنبات الأجنة.

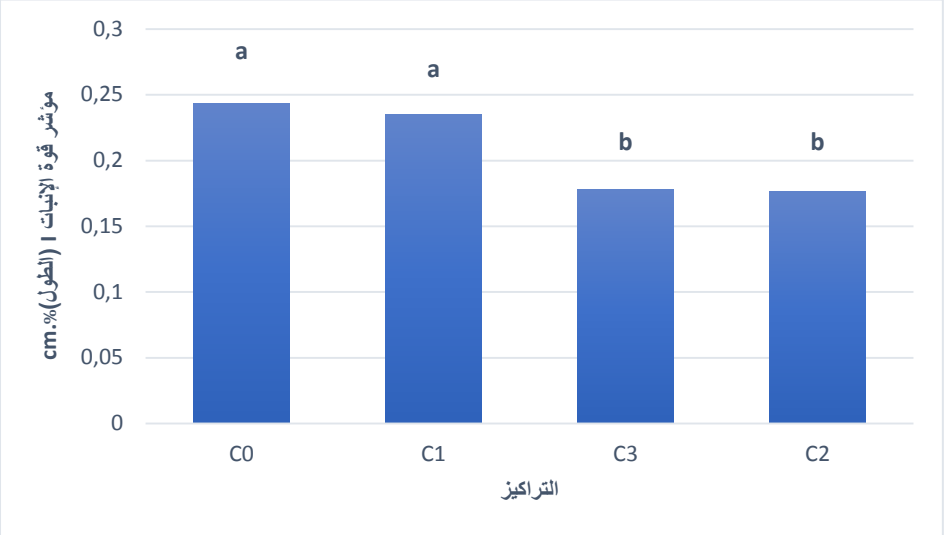
1-2-3- مؤشر قوة الإنبات:

1-3-2-1- مؤشر قوة نشاط البذور I (cm.%):

من خلال الوثيقة (8) التي تعبر عن تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور I (%.cm) بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة يتبين وجود اختلاف كبير في هذا المؤشر بين أصناف القمح قيد الدراسة حيث سجلنا سبعة مجموعات للفروق المعنوية المجموعة الأولى كانت صنف البليوني (B) الذي سجل أعلى قيمة (0.25cm.%) أما المجموعة الأخيرة فكانت لصنف خلوف (KH) حيث كانت قيمة المؤشر عنده (0.18cm.%). بينما لاحظنا وجود مجموعتين فقط للفروق المعنوية في حالة دراسة هذا المؤشر بدلالة تغيرات الملوحة (الوثيقة 9) حيث المجموعة الأولى شملت التركيزين (C_0 وC_1) مع ملاحظة أن التركيز C_0 بقيمة (.243cm.%0) متفوق على التركيز C_1، أما المجموعة الثانية (التركيزين C_3 وC_2) فسجلت قيمة أقل حيث القيمة الأقل كانت عند التركيز C_2 (0.176cm.%).



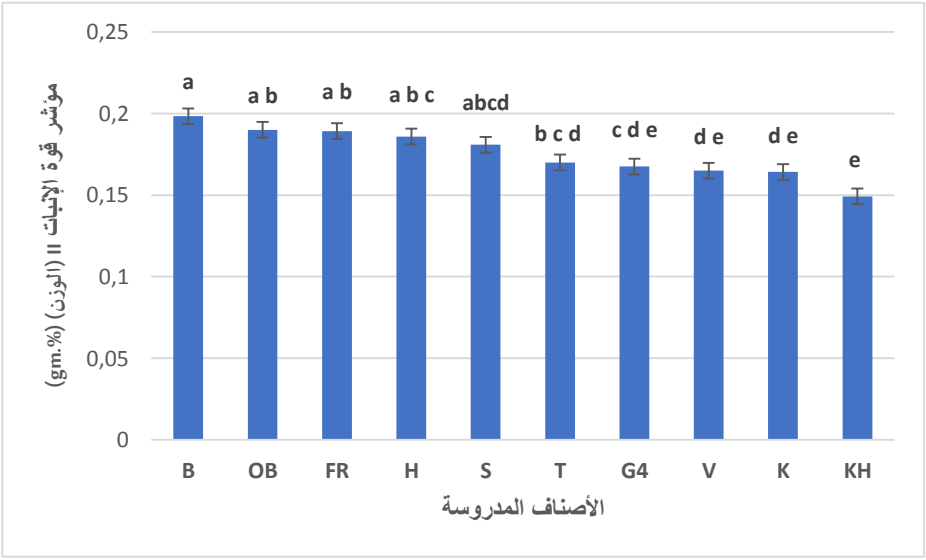
الوثيقة رقم 8: تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور I بدلالة الأصناف المدروسة من القمح.



الوثيقة رقم 9: تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور I بدلالة تغيرات الملوحة.

1-2-3-2- مؤشر قوة الإنباتII (g.%):

من خلال الوثيقة (10) لتغيرات مؤشر قوة نشاط البذور (g.%) **SV II** بدلالة تراكيز NaCl المستعملة في التجربة يظهر كذلك وجود تباين أكبر في هذا المؤشر بين أصناف القمح المدروسة حيث رصدنا ثمانية مجموعات للفروق المعنوية المجموعة الأولى كانت صنف البليوني (B) الذي سجل أعلى قيمة (0.19 g.%) أما المجموعة الأخيرة فكانت لصنف خلوف (KH) حيث كانت قيمة المؤشر عنده تقارب(0.15 g.%) بينما لاحظنا وجود ثلاث مجموعات للفروق المعنوية في حالة دراسة هذا المؤشر بدلالة تغيرات الملوحة الوثيقة (11) حيث المجموعة الأولى كانت للتركيز (C_0) و هو الأعلى قيمة (0.19gm.%) ، أما المجموعة الأقل (التركيزين C_3 وC_2) فسجلت قيمة قاربت(0.16gm.%).



الوثيقة رقم10 : تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور II بدلالة أصناف القمح المدروسة.

الوثيقة رقم11: تغيرات مؤشر قوة نشاط البذور II بدلالة تغيرات الملوحة.

يفسر التباين في مؤشر قوة الإنبات بين الأصناف المدروسة إلى الاختلافات الوراثية فيما بينها، والتي تؤثر في كفاءتها الفسيولوجية أثناء الإنبات. ويمكن أن يرجع إلى جودة البذور المستخدمة فالبذور ذات الحيوية العالية والوفيرة المواد المخزنة تمتلك قدرة أكبر على امتصاص الماء، تنشيط الإنزيمات، والتكيف مع الإجهاد الأسموزي والأيوني. في المقابل، تتأثر البذور منخفضة الجودة بسرعة بالملوحة، ما يؤدي إلى تأخر الإنبات(Soltani et al. 2001؛. Finch-Savage et Bassel. 2016).

كما أن لبعض خصائص البذور دور في تأخير عملية الإنبات كقساوة البذور ففي البذور القاسية، حتى لو وصل الماء جزئيًا، قد لا يكون كافيًا لتفعيل الإنزيمات مثل α-amylase وبالتالي لا يتم تفكيك النشاء والبروتينات الضرورية لتغذية الجنين.(Nonogaki H et al.2010)

أما الانخفاض الملحوظ في هذا المؤشر مع ارتفاع تراكيز الأملاح، فيُفسَّر بتأثير الإجهاد الملحي الذي يحدّ من قدرة البذور على امتصاص الماء الضروري للإنبات. ويُعزى ذلك إلى الزيادة في الضغط الأسموزي الناتج عن تركيز الأملاح المرتفع في الوسط الخارجي، مما يخلق بيئة غير ملائمة لبدء العمليات الحيوية داخل البذرة ويؤدي إلى تأخر أو تثبيط الإنبات .(Laouedj et al.2020)

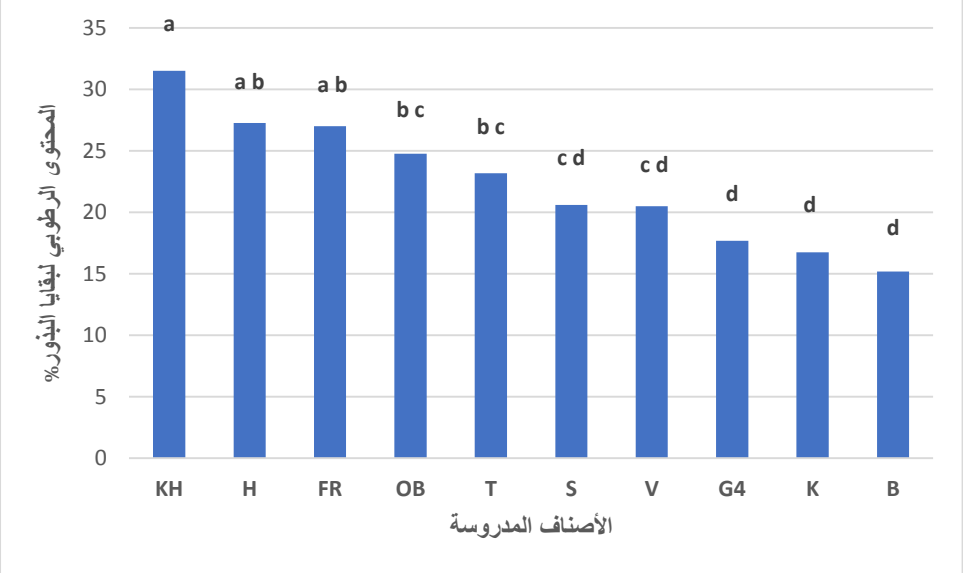
كما يؤثر الإجهاد الملحي بشكل كبير في المراحل الأولى من الإنبات، والكثير من البذور لا تنتش عموما في الأراضي شديدة الملوحة وذلك لعجز البذور على امتصاص الكمية اللازمة من الماء لإنتاشها في وجود تراكيز معتبرة من الأملاح (عولمي.2015).

1-2-4- المحتوى الرطوبي:

1-4-2-1- المحتوى الرطوبي لبقايا البذور:

حسب الوثيقة (12) التي تمثل تغيرات المحتوى الرطوبي بدلالة بقايا بذور أصناف القمح المستعملة في التجربة نلاحظ وجود فروقات معنوية مقسمة أصناف القمح إلى خمسة مجموعات أكبرها قيمة هو صنف خلوف (KH) والذي وصل محتواه الرطوبي إلى 31.50%، بينما كانت الأقل هي المجموعة الخامسة و التي ضمت كلا من الأصناف التالية (B , K , G4) بنسبة قاربت 16% حيث كان صنف البليوني (B) هو الأقل معنويا بنسبة قدرت بـ 15.17%.

في حين يتبين من الوثيقة (13) عدم وجود فروق معنوية بين تراكيز الملوحة، حيث كانت أعلى نسبة عند الشاهد (C_0) و كانت 24.16 % ، بينما كانت النسبة الأضعف عند التركيز الأعلى للملوحة (C_3) بنسبة قدرت بـ 20.76%.



الوثيقة رقم12: تغيرات المحتوى الرطوبي لبقايا البذور بدلالة أصناف القمح المدروسة.

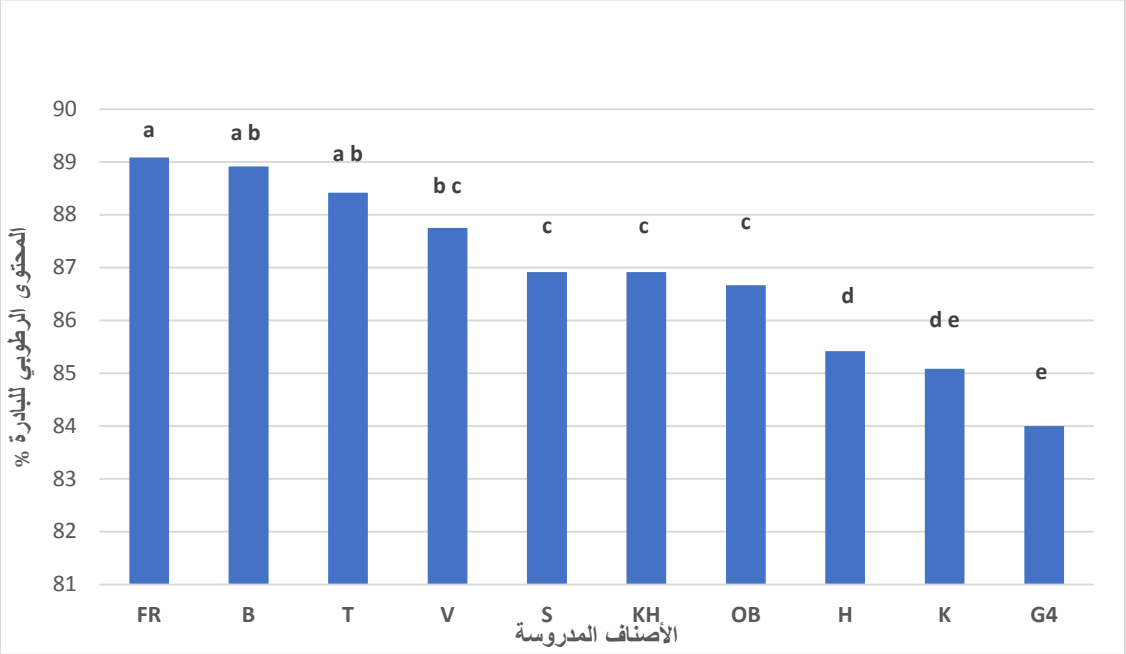
الوثيقة رقم13: تغيرات المحتوى الرطوبي لبقايا البذور بدلالة الملوحة.

إن الانخفاض التدريجي في المحتوى الرطوبي لبقايا البذور مع ارتفاع تراكيز الملوحة يرجع إلى الزيادة في الضغط الأسموزي الذي تسببه الأملاح، مما يعيق امتصاص الماء أو يؤدي إلى فقدانه من داخل البذرة. فكلما زادت الملوحة في الوسط الخارجي، انخفضت قدرة البذور على الاحتفاظ بالماء ضمن أنسجتها نتيجة الاختلال في توازن الجهد المائي. وتؤكد هذه الآلية ما أشار إليه (Munns et Tester 2008)، حيث أوضحا أن الملوحة تؤثر بشكل مباشر على قدرة البذور على الاحتفاظ بالماء بسبب ارتفاع الجهد الأسموزي في البيئة المحيطة، مما ينعكس سلبًا على كفاءة الإنبات.

1-2-4-2- المحتوى الرطوبي للبادرات:

حسب الوثيقة (14) التي تمثل تغيرات المحتوى الرطوبي بدلالة بادرات أصناف القمح المستعملة في التجربة نلاحظ وجود عدد كبير من الفروقات المعنوية بلغت سبعة مجموعات أكبرها قيمة هو صنف فرطاس (FR) والذي وصل محتوى بادرته الرطوبي إلى 89.08% ، بينما كانت الأقل هو الصنف (G4) بنسبة 84.00% .

في حين يتبين من الوثيقة (15) التي تعبر عن تغيرات المحتوى الرطوبي للبادرات بدلالة الملوحة، وجود انخفاض في المحتوى الرطوبي بشكل طردي مع زيادة تراكيز الملح. كما نلاحظ وجود فارق معنوي بين تأثير تراكيز الملوحة، حيث كانت أعلى نسبة عند التركيز الأكبر (C_3) حيث كانت 87.56%، بينما كانت النسبة الأضعف عند الشاهد (C_0) بنسبة قدرت بـ 85.86%.



الوثيقة رقم 14: تغيرات المحتوى الرطوبي للبادرات بدلالة أصناف القمح المدروسة.

الوثيقة رقم 15: تغيرات المحتوى الرطوبي للبادرات بدلالة الملوحة.

إن القيمة الأعلى للمحتوى الرطوبي تدل على قدرة أكبر على الاحتفاظ بالماء، بينما يمكن تفسير القيمة الأدنى بانخفاض الامتصاص أو سرعة تبخر أو تسرب الماء (Hay et all.2022).

الصنف (KH) رغم أنه الأضعف في مؤشرات مثل قوة الإنبات (SVIوSV II)، سجل أعلى محتوى رطوبي لبقايا البذور وهذا قد يعني أنه يمتص الماء بسهولة لكنه لا يستثمره بفعالية في النمو، أو أنه يعاني من "احتباس غير فعّال" للماء في الأنسجة. بينما الصنف (B)، الذي كان من بين الأفضل في النمو

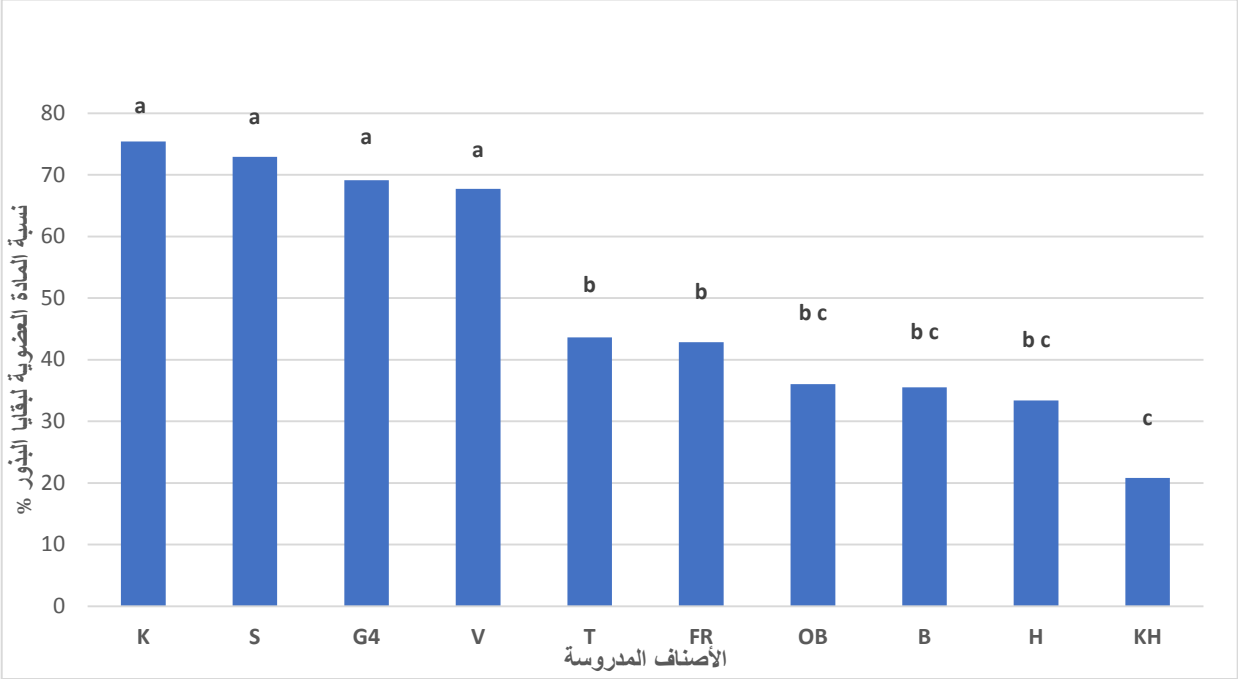
والقوة، سجل محتوى رطوبيا عاليا مما يشير إلى أنه يستخدم الماء بكفاءة عالية بدل الاحتفاظ به فقط وهذا مؤشر على كفاءة التمثيل الحيوي. وهو ما يتوافق مع Bewley et al (2013) (البذور ذات الأداء الأفضل ليست بالضرورة الأعلى في المحتوى الرطوبي، بل الأهم هو قدرتها على تحويل الماء الممتص إلى نمو فعلي).

3-1 – نسبة المادة العضوية:

1-3-1- نسبة المادة العضوية لبقايا البذور:

حسب الوثيقة (16) التي تمثل تغيرات نسبة المادة العضوية لبقايا البذور بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة نلاحظ وجود أربعة مجموعات لأصناف القمح المدروسة ذات فروقات معنوية، الأولى نجد فيها الأصناف (K,S,G4,V) حيث الصنف الكحلة (K) متفوق معنويا على جميع الأصناف الأخرى بنسبة تساوي 75.41%، بينما كانت المجموعة الخامسة الأقل والتي مثّلها صنف خلوف (KH) حيث كانت النسبة تقارب 20.79%.

أما من الوثيقة (17) والذي يمثل تغيرات متوسط نسبة المادة العضوية لبقايا البذور بدلالة تراكيز الملح فنلاحظ وجود ثلاث مجموعات ملحية لها الفروقات المعنوية بين تراكيز الملوحة، حيث كانت أعلى نسبة عند المجموعة الأولى و التي يمثلها التركيز (C_3) الذي قاربت نسبته 57.94 % ، بينما كانت المجموعة الأخيرة والتي نجد فيها التركيزين (C_0 وC_1) المجموعة الأضعف حيث أن التركيز(C_1) هو الأقل بنسبة تقارب 45.59 %.



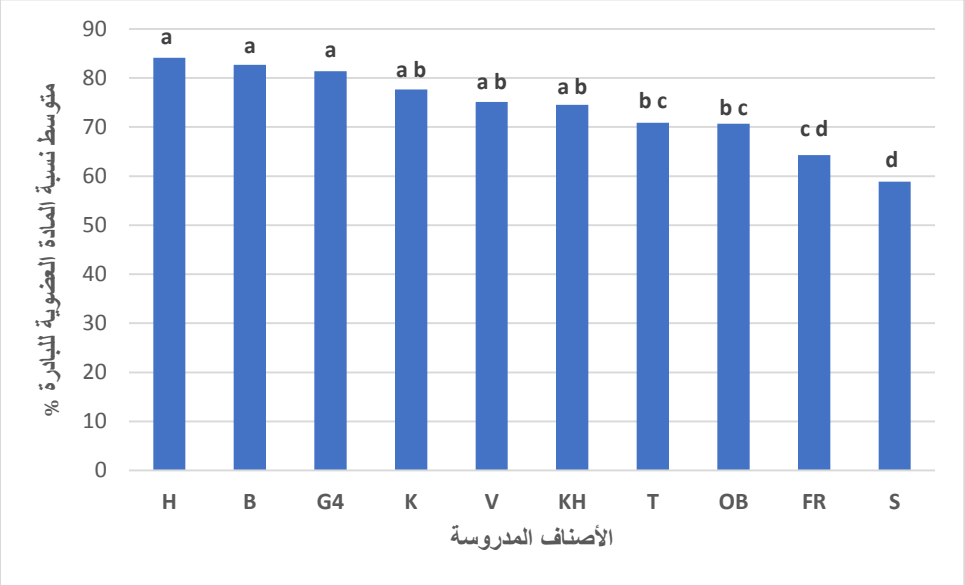
الوثيقة رقم 16: تغيرات نسبة المادة العضوية لبقايا البذور بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة.

الوثيقة رقم 17: تغيرات متوسط نسبة المادة العضوية لبقايا البذور بدلالة تراكيز الملح .

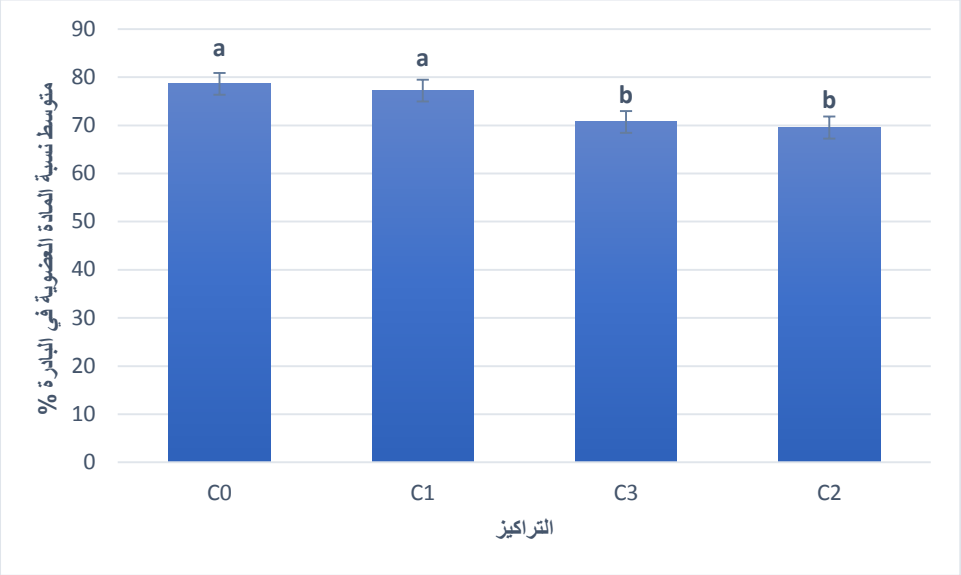
1-3-2- نسبة المادة العضوية في البادرات:

يتبين من الوثيقة (18) التي تمثل تغيرات نسبة المادة العضوية في البادرات بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة وجود أربع مجموعات للفروقات المعنوية، الأولى نجد فيها الأصناف(H,B,G4) حيث صنف الهذبة هو المتفوق على جميع الأصناف الأخرى بنسبة تقارب 84.08%، بينما كانت الأقل هي المجموعة الخامسة والتي مثلها صنف السيميتو (S) حيث كانت النسبة 58.88%.

أما من الوثيقة (19) والتي تمثل تغيرات متوسط نسبة المادة العضوية في البادرات بدلالة تراكيز الملح فنلاحظ عموما أن هناك تناقصا في نسبة المادة العضوية بزيادة الملوحة مع وجود مجموعتين من الفروق المعنوية بين تراكيز الملوحة، حيث كانت أعلى نسبة عند المجموعة الأولى و التي يمثلها التركيزين (C_0 وC_1) حيث كان الشاهد (C_0) متفوقا على التركيز الآخر بنسبة تساوي 78.62 %، بينما كانت المجموعة الثانية التي نجد فيها التركيزين (C_2 وC_3) المجموعة الأضعف حيث أن التركيز(C_2) هو الأقل بنسبة تقارب 69.53 %.



الوثيقة رقم 18: تغيرات نسبة المادة العضوية في البادرات بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة.

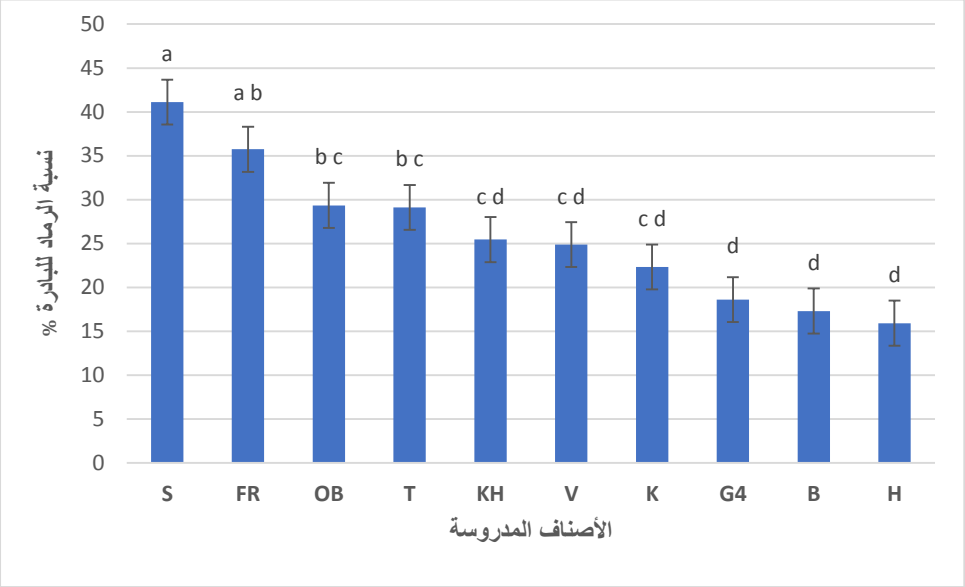


الوثيقة رقم 19 : تغيرات نسبة المادة العضوية في البادرات بدلالة التراكيز المستعملة في التجربة.

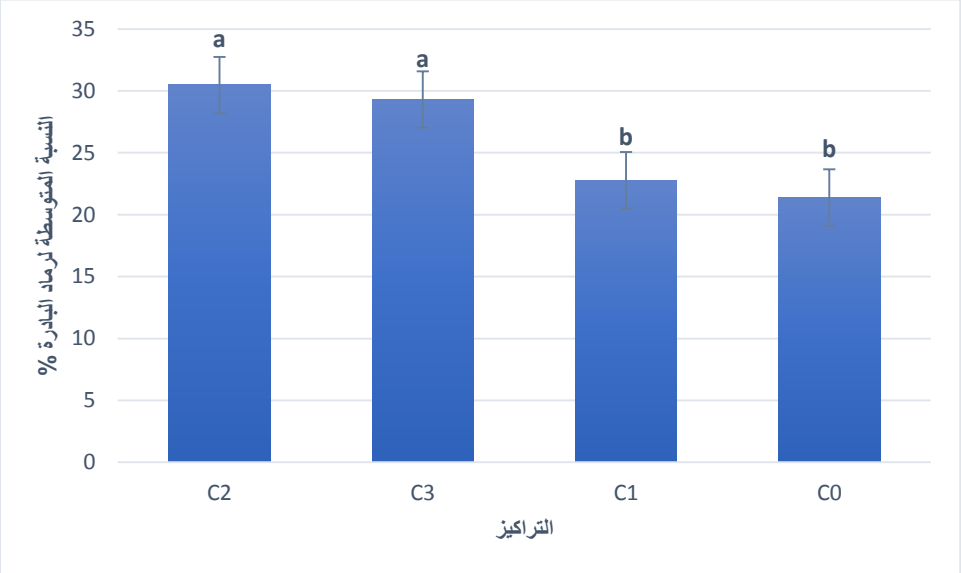
4-1 – نسبة الرماد للبادرات:

حسب الوثيقة (20) التي تمثل تغيرات نسبة الرماد للبادرات بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة نلاحظ وجود خمسة مجموعات للفروقات المعنوية، المجموعة الأولى نجد فيها فقط صنف السيميتو (S) و هو متفوق معنويا على جميع الأصناف الأخرى بنسبة تساوي 7.33% ، بينما كانت الأقل هي المجموعة الخامسة والتي مثّلها الأصناف (H,B,G4) حيث كان صنف الهذبة (H) هو الأقل و نسبته تقدر بـ 2.92%.

أما من الوثيقة (21) والتي تمثل تغيرات متوسط نسبة الرماد للبادرات بدلالة تراكيز الملح سجلنا كذلك تناسبا شبه طردي بين نسبة الرماد وزيادة الملوحة، ووجود مجموعتين للفروقات المعنوية بين تراكيز الملوحة، حيث كانت أعلى نسبة عند المجموعة الأولى والتي تضم التركيزين (C_2 وC_3) حيث كان التركيز (C_2) متفوقا على التركيز الآخر ونسبته تساوي 30.47 %، بينما كانت المجموعة الثانية التي نجد فيها التركيزين (C_0 وC_1) المجموعة الأقل حيث أن التركيز(C_0) هو الأقل بنسبة تقارب 21.38%.



الوثيقة رقم 20: تغيرات نسبة الرماد للبادرات بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة.



الوثيقة رقم21: تغيرات النسبة المتوسطة لرماد البادرات بدلالة تراكيز الملح.

نفسر الاختلاف في نسب كل من المادة العضوية والرماد بين الأصناف المختلفة لاختلافها الجيني حيث أن نسبة الرماد تتناسب عكسيا مع نسبة المادة العضوية، كما ترجع نسبة الرماد من المادة الجافة إلى عدة أسباب نذكر من أهمها: النوع الفسيولوجي للنبات والجزء النباتي الخاضع للدراسة وطور النمو ومكونات محلول التربة (Laudadio et al. 2009)

وتزداد نسبة الرماد بارتفاع الملوحة في الوسط كما تزداد بزيادة قدرة التشرب وانحلال المدخرات وهجرتها من الفلقة الى البادرة (Cybulska et al. 2014) .

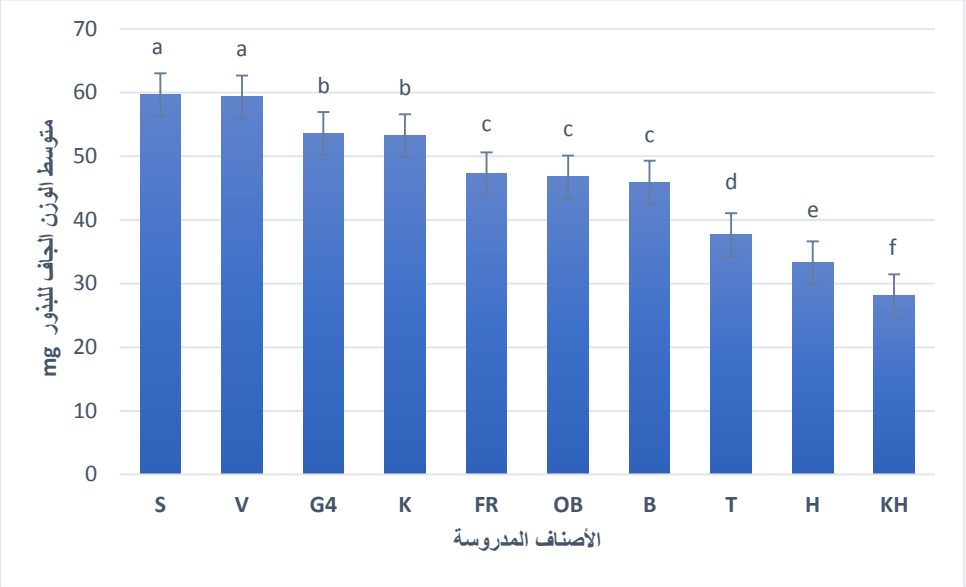
خلال مرحلة الإنبات في الظروف العادية يتم تنشيط العمليات الأيضية الحيوية داخل البذرة من أجل تفكيك المواد الغذائية المخزنة داخلها، خاصة النشويات والبروتينات، وتحويلها إلى مركبات بسيطة قابلة للاستخدام من طرف الجنين. كما يتم خلال هذه المرحلة إنتاج بروتينات جديدة ضرورية لبناء الخلايا، إضافةً إلى تشكّل أنسجة جديدة مثل الجذير والسويقة (البادرة)، وهو ما يعكس ارتفاعًا في كتلتها الحيوية على حساب الكتلة الحيوية لبقايا البذور(Soltani et al. 2001)

أظهرت النتائج أن الملوحة تؤثر سلبًا على نسبة المادة العضوية في كل من البذور والبادرات أثناء مرحلة الإنبات. ففي البذور، تحدّ الملوحة من امتصاص الماء وتنشيط الإنزيمات، مما يؤدي إلى تأخير التحلل الحيوي للمخازن الغذائية. أما في البادرات، فيظهر التأثير بشكل أوضح من خلال انخفاض إنتاج الكتلة الحيوية الفعلية وتراجع تكوين المركبات العضوية الجديدة، نتيجة تثبيط التنفس والخلل الأيوني. وتتوافق هذه الملاحظات مع ما ورد في دراسات Soltani et al. (2001) وParida et Das (2005).

2 – المعايير المورفولوجية:

2-1- الوزن الجاف للبذور:

من خلال النتائج التي تظهرها الوثيقة (22) لتغيرات الوزن الجاف للبذور بدلالة أصناف القمح قيد الدراسة، نلاحظ اختلافا كبيرا في الوزن الجاف لبذور الأصناف المدروسة عبرنا عنه بوجود ستة مجموعات للفروق المعنوية حيث المجموعة الأولى هي الأثقل وزنا، و ضمت صنفي سيميتو و فيترون (V,S) بحيث أن الصنف سيميتو هو المتفوق بوزن جاف لبذرته قدر بـ 56.67 mg، بينما كانت بذور الصنف خلوف (KH) و الذي يمثل المجموعة الأخيرة هي الأخف وزنا بين بقية الأصناف جميعا حيث كان وزنها 28.03 mg .



الوثيقة رقم 22: تغيرات الوزن الجاف للبذور بدلالة أصناف القمح.

يعتبر الوزن الجاف للبذور مؤشرًا حيويًا أساسيًا يُستخدم لتقدير جودة البذور وفعاليتها الفسيولوجية، فهو يُعبَر عن إجمالي المركبات العضوية المخزنة في البذرة، مثل الكربوهيدرات (خاصة النشا)، البروتينات، والدهون. وقد أظهرت نتائج الدراسة الحالية وجود فروق معنوية في هذا المؤشر بين أصناف القمح المدروسة، ويفسر هذا التباين بدرجة أولى إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف، بالإضافة إلى تأثير العوامل البيئية والخصائص المحلية لمواقع الزراعة.

حيث أن الاختلاف في التركيب الوراثي له تأثير مباشر على الكفاءة التمثيلية للنبات خلال مرحلة امتلاء الحبوب، مما ينعكس على مستوى تراكم المادة الجافة داخل البذور. وغالبًا ما تُظهر الأصناف التي

تتمتع بكفاءة أكبر في التمثيل الضوئي وقدرة أعلى على تعبئة الحبوب بالكربوهيدرات، مستويات مرتفعة من الوزن الجاف (Reynolds et al., 2009).

من جانب آخر، يرتبط هذا المؤشر كذلك بمستويات التعبير الجيني للإنزيمات المسؤولة عن عمليات تخليق وتراكم النشا والبروتين داخل الإندوسبيرم، مثل إنزيمADP-glucose pyrophosphorylase ، إلى جانب مجموعة من إنزيمات التخليق البروتيني، والتي يختلف نشاطها باختلاف الخلفية الجينية للصنف(Zhao et al., 2021).

كما أن للبيئة الزراعية دورًا تكميليًا مهمًا في تحديد الوزن الجاف، إذ يمكن لعوامل مثل درجة الحرارة، خصوبة التربة، ومستويات الرطوبة أثناء فترة ما بعد الإزهار، أن تؤثر سلبًا أو إيجابيًا على قدرة النبات في تكوين المادة الجافة. فارتفاع درجات الحرارة أو التعرض لإجهاد مائي في هذه المرحلة الحرجة يؤدي غالبًا إلى تثبيط التمثيل الحيوي وتقليص التراكم الكلي للمواد العضوية في البذرة (Farooq et al., 2011).

وتُظهر الأصناف المحلية التقليدية عادةً تباينًا واسعًا في الوزن الجاف نظرًا لطبيعتها الوراثية غير المتجانسة، مقارنةً بالأصناف المحسنة التي غالبًا ما تكون أكثر تجانسًا وثباتًا من حيث هذه الخصائص (Martínez-Moreno et al., 2020).

بناءً على ذلك، فإن التباين المسجل في الوزن الجاف بين الأصناف قيد الدراسة يُعكس الفروقات في كفاءة التمثيل الحيوي والتخزين، مما يجعل من هذا المؤشر أداة هامة في التمييز بين الأصناف الأكثر كفاءة خلال مراحل النمو الأولى، لا سيما في البيئات الهامشية أو المعرضة للإجهادات كالإجهاد الملحي.

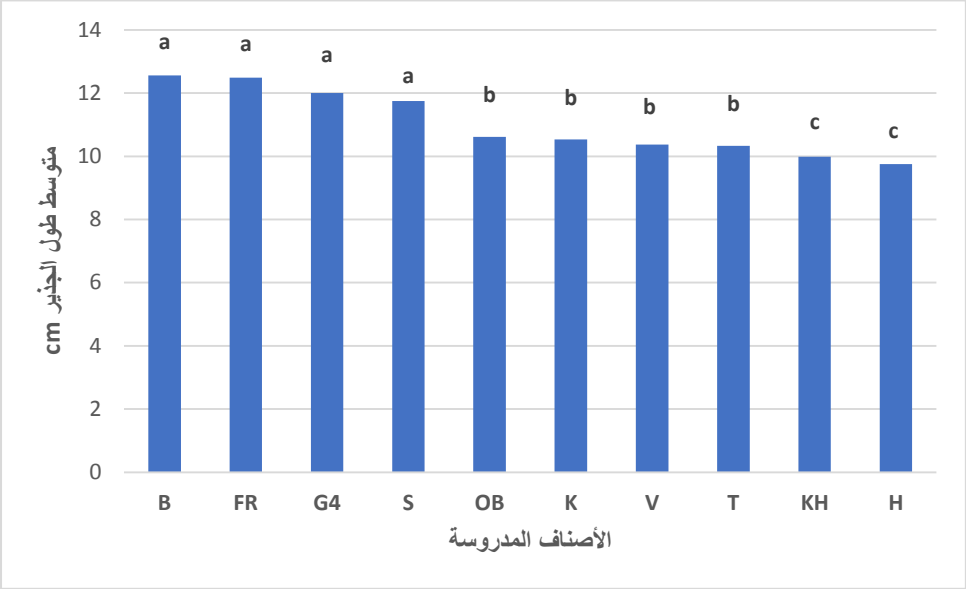
2 -2 – طول الجذير:

بعد قياسنا لطول الجذير لأصناف القمح المدروسة عند ثلاث مستويات ملوحة المقررة في التجربة تحصلنا على النتائج الممثلة في الوثيقتين (23-24) حيث لاحظنا أن الإجهاد الملحي يؤثر وبشكل سلبي على طول الجذير عند الأصناف الأربعة وبشكل متفاوت حسب كل صنف فكلما زاد تركيز الملوحة قلّ طول الجذير.

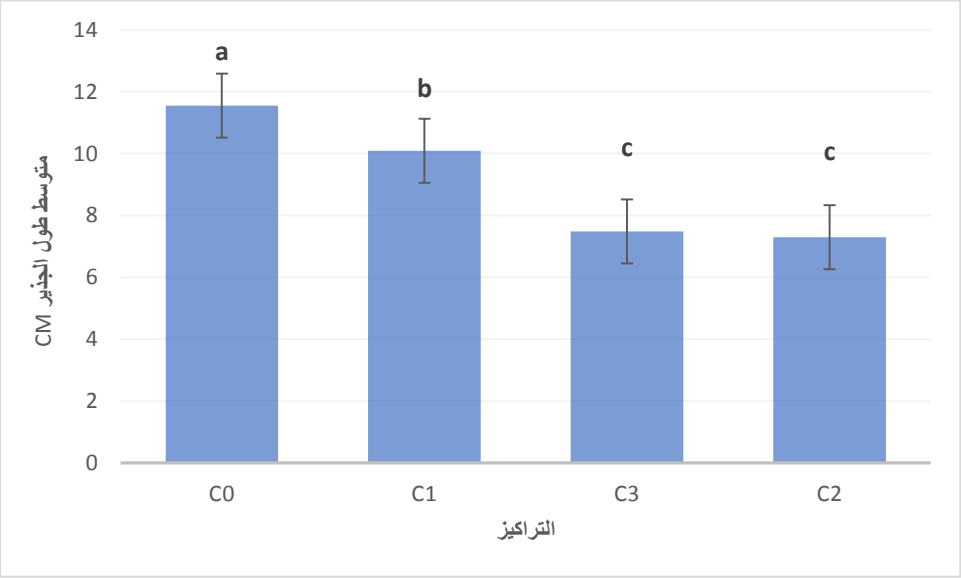
حيث ومن خلال نتائج الوثيقة (23) التي تعبر عن تغيرات طول الجذير بدلالة أصناف القمح المدروسة رصدنا وجود ثلاث مجموعات للفروقات المعنوية، المجموعة الأولى و التي تضم الأصناف (B,FR,G4 ,S) كانت هي الأطول جذيرا مقارنة ببقية الأصناف محلّ الدراسة، و كان صنف البليوني (B) متفوقا معنويا على بقية أصناف هذه المجموعة إذ بلغ متوسط طول الجذير لهذا الصنف 12.56 cm، بينما كان الصنف الهذبة من المجموعة الأخيرة التي نجد فيها (H,KH) هو الأقصر جذيرا طولا بطول لم يتجاوز 9.76 cm .

كما تظهر الوثيقة (24) تأثير تغيرات أطوال الجذير للأصناف محل الدراسة بدلالة الملوحة، حيث نلاحظ وجود ثلاث مجموعات للفروقات المعنوية، المجموعة الأولى والتي تضم الشاهد (C_0) هي

الأطول جذيرا، حيث بلغ متوسط طول الجذير للأصناف المدروسة 11.55cm، بينما شكل التركيز(C_1) المجموعة الثانية ، أما المجوعة الأخيرة فضمّت التركيزين (C_3وC_2) حيث أن التركيز (C_2) كان الأكثر تأثيرا حيث سجلنا جذيرات هي الأقصر طولا بطول لم يتجاوز 7.29 cm.



الوثيقة رقم23: تغيرات متوسط طول الجذير بدلالة أصناف القمح المدروسة.



الوثيقة رقم 24: تغيرات متوسط طول الجذير بدلالة الملوحة.

يمكن تفسير التراجع في طول الجذيرات تحت الإجهاد الملحي إلى أن الأنسجة الجذرية أكثر عرضة للتأثر المباشر بملوحة الوسط، فعند زيادة تركيز الأملاح في السايتوبلازم والفجوات العصارية

والوصول بالخلية الى حالة عدم الاتزان يظهر التأثير الضار للأملاح فتصبح سامة (الدليمي وآخرون.2024) وهو ما يؤثر على كفاءة الميتوكوندريا ويعيق إنتاج المنظمات الأسموزية الضرورية مثل البرولين . كما أن الإجهاد الملحي يُحدث استجابات فسيولوجية وجزيئية متفاوتة داخل مناطق الجذر (Yu, Y., et al. 2024)، ويقلل من الكتلة الحيوية الجذرية. فالملوحة تؤثر على نمو واستطالة أعضاء النبات، لأن زيادة التوتر الأسموزي لمحلول التربة حول الجذر يقلل من امتصاص الماء ويزيد من امتصاص الأملاح، مما يؤدي إلى تثبيط النشاط الأنزيمي في النمو وتوسع استطالة الخلايا ومن ثم ضعف في النمو(Laouedj et all.2020).

كما أوضح Azmi et Alam (1990) أن زيادة الملوحة تؤدي إلى انخفاض معنوي في نمو جذور أصناف مختلفة من القمح، و هو ما يتوافق مع أبحاث متعددة أظهرت تأثير الصنف وزيادة تركيز الملوحة في طول الجذر إذ أدى ارتفاع الضغط الحلولي مع زيادة الملوحة إلى انخفاض أطوال الجذور، كما هي الحال عند الفاصولياء Gholami et al(2009) ، د وار الشمس العوض(2012) والذرة الصفراء عبد الحميد(2004).

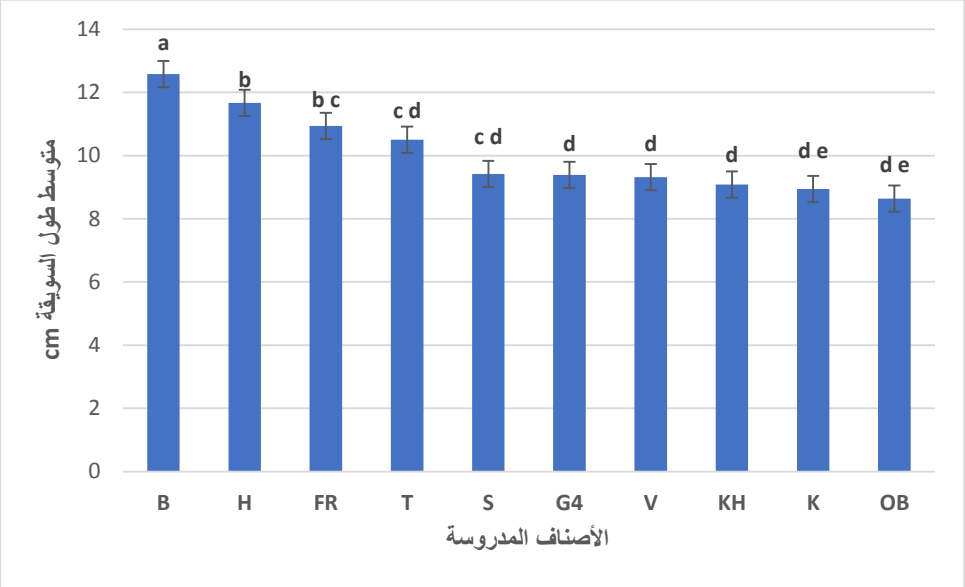
2 -3 – طول السويقة :

بعد أخذ قياسات أطوال السويقة لأصناف القمح المدروسة عند مستويات الملوحة المقررة في التجربة وحسب الأصناف المدروسة تحصلنا على النتائج الممثلة في الوثيقتين (25-26) حيث لاحظنا أن الإجهاد الملحي يؤثر وبشكل سلبي كذلك على طول السويقة عند الأصناف العشرة وبشكل متفاوت حسب كل صنف فكلما زاد تركيز الملوحة قل طول السويقة.

فمن خلال نتائج الوثيقة (25) الذي يعبر عن تغيرات طول السويقة بدلالة أصناف القمح المدروسة سجلنا وجود ستة مجموعات للفروقات المعنوية، المجموعة الأولى و التي تضم صنف البليوني (B) كان هو الأطول سويقة مقارنة ببقية الأصناف قيد الدراسة حيث بلغ متوسط طول السويقة لهذا الصنف 12.57 cm، بينما كان الصنف واد البارد (OB) من المجموعة الأخيرة التي ضمّت كلا من صنفي (OB وK) هو الأقصر سويقة بطول لم يتجاوز 8.63 cm .

كما تظهر الوثيقة (26) تأثير تغيرات متوسط أطوال السويقة للأصناف قيد الدراسة بدلالة الملوحة، تأثيرا سلبيا للملوحة على أطوال سويقات الأصناف المدروسة، حيث نلاحظ وجود ثلاث مجموعات للفروقات المعنوية، المجموعة الأولى والتي تضم التركيز(C_1) هي الأطول سويقة، حيث بلغ متوسط طول السويقة للأصناف المدروسة تحت تأثير هذا التركيز 9.47 cm، بينما شكّل التركيز(C_0)

المجموعة الثانية ، أما المجوعة الأخيرة فضمت التركيزين (C_3وC_2) حيث أن التركيز (C_3) سجلنا فيه الأقصر سويقة بطول لم يتجاوز 7.23 cm.



الوثيقة رقم25: تأثير تغيرات متوسط أطوال السويقة بدلالة الأصناف قيد الدراسة .

الوثيقة رقم 26: تأثير تغيرات متوسط أطوال السويقة للأصناف قيد الدراسة بدلالة الملوحة.

يمكن تفسير تقدم تأثير التركيز C_1 على تأثير الشاهد C_0 بأن مستويات الملوحة تأثر سلبًا في بعض الأحيان، وإيجابًا في أحيان أخرى، إذ تلعب المستويات المنخفضة دورًا محفزًا في تسريع الإنبات، وخاصةً ملح كلوريد الصوديوم (Ganatsas et Tsakaldimi.2007).

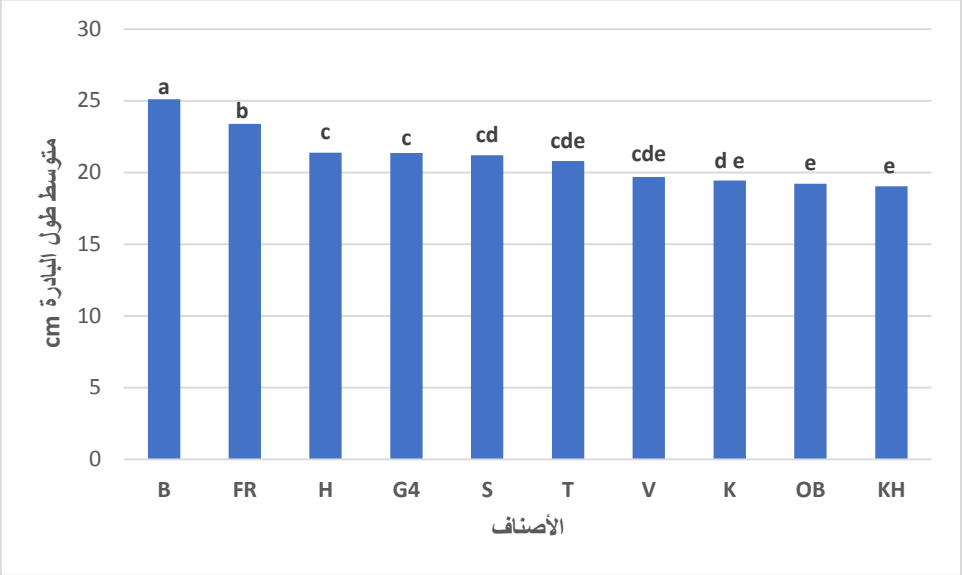
إن التباين في أطوال السويقات خلال مرحلة الإنبات تحت تأثير الملوحة يرجع إلى مجموعة من الآليات الفسيولوجية والبيوكيميائية المعقدة. حيث تؤدي زيادة تركيز الأملاح على المستوى الخلوي إلى ارتفاع الجهد الأسموزي في الوسط مما يُعيق امتصاص الماء ويُقلل من تمدد الخلايا، وهي عملية أساسية لنمو السويقة(Munns & Tester, 2008) . بالإضافة إلى ذلك، فإن التراكم السام لأيونات الصوديوم والكلور داخل الخلايا يخل بتوازن الأيونات، ويثبط النشاط الإنزيمي وانقسام الخلايا، ما يؤدي إلى تراجع ملحوظ في النمو الطولي (Zeng & Shannon, 2000).

كما أن الإجهاد الملحي يؤثر على التوازن الهرموني، إذ يُثبط الجيبريلينات والأوكسينات الضرورية للنمو، بينما يُفعّل الأبسيسيك، الذي يثبط بدوره النمو الخضري تحت الضغط الملحي (Julkowska et al., 2014).ومن الناحية الوراثية، تختلف استجابة البادرات بشكل واضح بين الأصناف ضمن نفس النوع النباتي، حيث تتميز بعض الأصناف بكفاءة أعلى في التكيّف مع الملوحة، عبر آليات مثل تراكم البرولين والسكريات الذائبة، وتفعيل أنظمة إخراج الأملاح، مما ينعكس في احتفاظها بأطوال جذور وسويقات أطول مقارنة بأصناف أكثر حساسية(Parida & Das, 2005) .

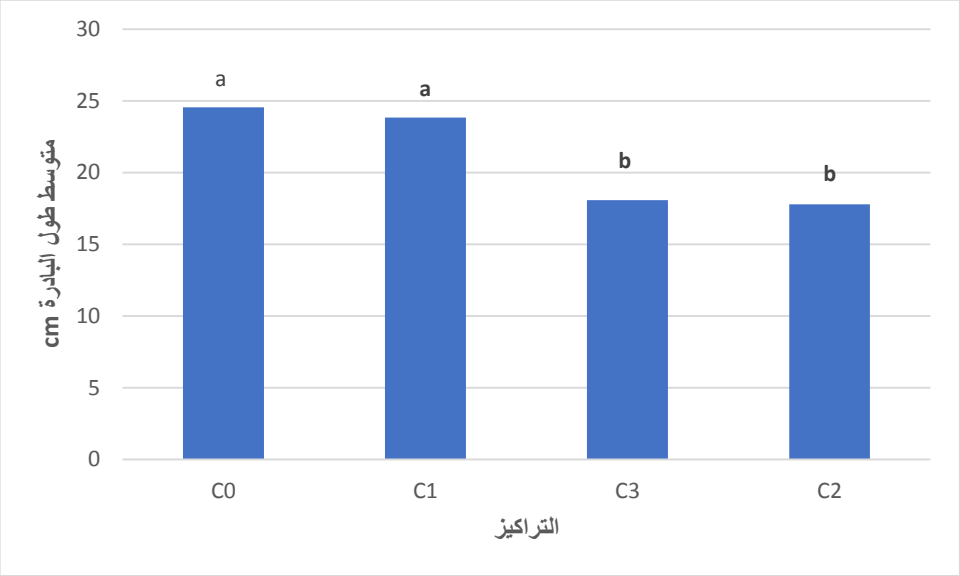
2-4- طول البادرات:

حسب الوثيقة (27) التي تمثل تغيرات طول البادرات بدلالة أصناف القمح المستعملة في التجربة نلاحظ وجود سبعة مجموعات للفروقات المعنوية، المجموعة الأولى نجد فيها فقط صنف البليوني (B) وهو متفوق على جميع الأصناف الأخرى بطول بادرة تقدر بـ 25.10cm، تليها المجموعة الثانية والتي نجد فيها صنف فرطاس (FR) فقط الذي وصل طول بادرته إلى 23.39cm، بينما كانت الأقل هي المجموعة السابعة والتي مثّلها صنف خلوف (KH) حيث لم يتجاوز طول بادرته 19.03cm.

أما من الوثيقة (28) والتي تمثل تغيرات متوسط طول البادرات بدلالة تراكيز الملح فنلاحظ وجود مجموعتين من الفروقات المعنوية بين تراكيز الملوحة، حيث كانت البادرات الأطول عند المجموعة الأولى و التي يمثلها التركيزين (C_0 وC_1) حيث أن التركيز (C_0) هو المتفوق معنويا بمتوسط طول للبادرة يساوي 24.55cm، بينما كانت المجموعة الأخيرة التي نجد فيها التركيزين (C_3 وC_2) المجموعة الأضعف حيث أن التركيز(C_2) هو الأقل معنويا بمتوسط طول للبادرة لم يتجاوز 17.78cm.



الوثيقة رقم27: متوسطات طول البادرات بدلالة الأصناف المدروسة.



الوثيقة رقم 28: تغيرات متوسط طول البادرات بدلالة تراكيز الملح المستعمل.

تُظهر النتائج أن أطوال البادرات تتناقص بشكل معنوي مع زيادة تركيز الملوحة، غير أن هذا التناقص لا يكون متجانسًا بين جميع الأصناف، حيث يلعب الأصل الوراثية دورًا حاسمًا في تحديد قدرة الأصناف على تحمّل الإجهاد. إذ أظهرت بعض الأصناف عن قدرة أفضل على الحفاظ على أطوال مقبولة للجذير والسويقة رغم ارتفاع الملوحة، ما يُشير إلى تفعيلها لآليات تكيفية فسيولوجية مثل إنتاج الأسموليتات، وتنشيط الأنزيمات المضادة للأكسدة (Sghayar et al.2023;Ali.2023).

ويفسر التأثير السلبي للملوحة على النمو الطولي للبادرات بوجود عدة آليات مترابطة، أولها الإجهاد الأسموزي الناتج عن ارتفاع تركيز الأملاح في المحلول الخارجي، مما يؤدي إلى تقليص قدرة البذور على امتصاص الماء خلال مرحلة الإنبات، وبالتالي يضعف تمدد الخلايا ويُقيّد نمو الأنسجة الجديدة (Munns et Tester.2008).كما يؤدي تراكم الأيونات السامة مثل Na^+ و Cl^- في الأنسجة الخلوية إلى اضطرابات في التوازن الأيوني والوظائف الأيضية، وهو ما ينعكس على انخفاض معدل انقسام الخلايا واستطالتها في أنسجة الجذير والسويقة(Sairam et al. 2002).

كما تُحفّز الملوحة إنتاج أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS) داخل الخلايا، مما يتسبب في أكسدة الأغشية وتلف البروتينات، وبالتالي يعيق الوظائف الحيوية الضرورية لنمو البادرة Hossain et). al.2021)وتُعد أنسجة الجذير أكثر حساسية لهذه التغيرات، نظرًا لكونها على تماس مباشر مع الوسط الملحي، مما يجعلها أكثر عرضة للإجهاد والتلف مقارنة بالسويقة(Arbaoui.2016) .

الخاتمة

محصول القمح الصلب من أهم المحاصيل الاستراتيجية ذات القيمة الغذائية والاقتصادية فهو من المحاصيل الأكثر انتشارا في العالم حيث يحتل المرتبة الثالثة عالميا من حيث الإنتاج.

ويعدَ مشكل تملح التربة من بين معوقات زراعة هذا المحصول، وجاءت هذه الدراسة على عشرة أصناف من القمح الصلب المزروعة في واحات واد سوف وواد ريغ بهدف الوقوف على مدى استجابة بذور و بادرات هذه الأصناف المدروسة لمحاليل ملحية مختلفة التراكيز (الملوحة) وبالتالي تحديد صنف القمح الصلب الأكثر تكيفا من بين الأصناف المحلية المزروعة في واحات واد سوف وواد ريغ مع الملوحة.

حيث تم تصميم التجربة بالاعتماد على القطاع العشوائي الكامل لثلاثة تكرارات في ثلاث تراكيز لكل صنف من الأصناف العشرة المدروسة. واعتمدنا في هذه التجربة على تقدير الخصائص الفيزيولوجية و المورفولوجية للإنبات.

حيث أظهرت نتائج تجربة الإنبات التي قمنا بها أن للإجهاد الملحي تأثيرا سلبيا على جميع الخصائص الفيزيولوجية و المورفولوجية مع وجود تفاوت في مدى تأثير الملوحة على هذه الأصناف بحيث يزداد التأثير السلبي بزيادة نسبة الملوحة عموما حيث:

أظهرت متابعة نتائج التقييم الفيزيولوجي و المورفولوجي لأصناف القمح المدروسة تحت تأثير الإجهاد الملحي اختلافا واضحًا في مدى الاستجابة خلال مرحلة الإنبات، حيث تميّز صنف البليوني (B) بأنه الأكثر تكيّفا فيزيولوجيا و مورفولوجيا، مما يشير إلى كفاءته العالية في مقاومة الإجهاد الملحي خلال هذه المرحلة.

كما أظهرت الأصناف فرطاس(FR) ، سيميتو(S) وG4 قدرة جيدة على الحفاظ على مؤشرات إنبات قوية.

في المقابل، سجّل الصنف خلوف (KH) أدنى أداء عبر معظم المعايير، مما يُشير إلى حساسيته العالية للملوحة خلال مرحلة الإنبات.

وتعود هذه الاختلافات أساسًا إلى الاختلافات الوراثية بين الأصناف، التي تحدد كفاءة كل صنف في امتصاص الماء، واستيعاب الأيونات، وتفعيل آليات الدفاع الأسموزي والتمثيل الحيوي في مرحلة الإنبات.

وفي الأخير تعتبر هذه النتائج أولية، ونأمل من الباحثين أن يوسعوا دراساتهم لأصناف أخرى، وأن يعمقوا الدراسة على بقية مراحل نمو أصناف نبات القمح المحلية (الخضرية والإزهار والإثمار) وكذا خصائص بذورها بطرق أكثر كفاءة لاكتشاف أو استحداث أصناف أخرى أكثر مقاومة للملوحة والحصول على معلومات مفيدة عنها واستعمالها لتحسين الإنتاج الوطني كما ونوعا وبالتالي تحقيق الأمن الغذائي القومي.

قائمة المراجع

قائمة المراجع العربية:

1 - احمد فتخان زبار الدليمي ، اثير محمد اسماعيل الجنابي ، ياسر صايل صخي. مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية 2- الجامعة العراقية. العدد الثالث والعشرون - المجلد الأول - علوم الحياة - آذار 2024م.ص156

3- العوض، دانيال . تأثير الملوحة(Nacl) في إنبات البذور ونمو البادرات المزروعة في المختبر لصنفين من عباد الشمس(Helianthus annuus L) مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العملية – سلسلة العلوم البيولوجية 34 (1) .2012.

4 - حميدي ب، (2024م)، تأثير المستخلصات المائية لبعض الأعشاب الضارة في فيزيولوجية وإنتاج محصوليArachis hypogaea وSolanum tuberosum، أطروحة دكتوراهLMD، جامعة حمة لخضر، الوادي

5- دواي , فيصل ؛اسماعيل ,هيثم. المشاتل والإكثار الخضري. كلية الزراعة, جامعة تشرين, مديرية الكتب والمطبوعات.2004. 329.

6 - عبد الحميد، عماد. تأثير الإجهاد الملحي في بعض المعايير الفيزيولوجية والشكلية عند بعض أصناف الذرة الصفراء(Zea mays L) مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الّزارعية.26(2)37،2004-50.

7- عولمي ع، (2015م)، تحليل القمح الـّصلب (L durunvorturgidumtriticum) الإجهادات الحيوية في آخر طور النّمو، أطروحة دكتوراه، جامعة فرحات عباس، سطيف ،01ص.16-1

8- -نزيه ر، (1980م)، إنتاج المحاصيل الحقلية، الجزء الأول، ص53-100.

قائمة المراجع الأجنبية:

1. Abbo, S., et al. (2010). [Title missing].
2. Aghamir, F., Bahrami, H., Malakouti, M. J., Eshghi, S., & Sharifi, F. (2016). Seed germination and seedling growth of bean (Phaseolus vulgaris) as influenced by magnetized saline water. Eurasian Journal of Soil Science, 5(1), 39–46. https://doi.org/10.18393/ejss.2016.1.039-046

3. Ahmad, P., Jaleel, C. A., Salem, M. A., Nabi, G., & Sharma, S. (2010). Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. Critical Reviews in Biotechnology, 30(3), 161–175.
4. Ahmed, H. G. M.-D., Zeng, Y., Shah, A. N., Yar, M. M., Ullah, A., & Ali, M. (2022). Conferring of drought tolerance in wheat (Triticum aestivum L.) genotypes using seedling indices. Frontiers in Plant Science, 13, 961049.
5. Almansouri, M., Kinet, J. M., & Lutts, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (Triticum durum Desf.). Plant and Soil, 231(2), 243–254.
6. Alzueta, I., Abeledo, L. G., Mignone, C. M., & Miralles, D. J. (2012). Differences between wheat and barley in leaf and tillering coordination under contrasting nitrogen and sulfur conditions. European Journal of Agronomy, 41, 92–102.
7. Ali, M. (2023). The impact of NaCl on germination parameters of wheat (Triticum aestivum L.). Journal of Food Science and Nutrition, 6(1), 166.
8. Alam, M., et al. (1990). Effect of salt stress on germination growth, leaf chemistry and mineral element composition of wheat cultivars. Acta Physiologiae Plantarum, pp. 215–220.
9. Arous, A., Adda, A., Belkhodja, M., Bouzid, A., & Merah, O. (2020). The contribution of green plant parts to grain filling of durum wheat under water deficit. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 26(4), [pages missing].
10. Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59(2), 206–216.
11. Ashraf, M., & Harris, P. J. C. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science, 166(1), 3–16.

12. Ashraf, M., & Harris, P. J. C. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. Photosynthetica, 51, 163–190.
13. Bewley, J. D., Bradford, K., & Hilhorst, H. (2012). Seeds: Physiology of development, germination and dormancy. Springer.
14. BOTIA, P., Carvajal, M., Cerda, A., & Martinez, V. (1998). Response of eight Cucumis melo cultivars to salinity during germination and early vegetative growth. Agronomie, 18, 503–513.
15. Chandra, S., & Roychoudhury, A. (2020). Penconazole, paclobutrazol, and triacontanol in overcoming environmental stress in plants. In Protective chemical agents in the amelioration of plant abiotic stress (pp. 510–534).
16. Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103(4), 551–560.
17. Chellali, B. (2018). Marché mondial des céréales. http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf
18. Curtis, B. C., Rajaram, S., & Gómez Macpherson, H. (2002). Bread wheat: Improvement and production. FAO.
19. Cybulska, I., Chaturvedi, T., Alassali, A., et al. (2014). Characterization of the chemical composition of the halophyte Salicornia bigelovii under cultivation. Energy & Fuels, 28(6), 3873–3883.
20. Debez, A., Ben Slimen, I. D., Bousselmi, S., et al. (2020). Comparative analysis of salt impact on sea barley from semi-arid habitats in Tunisia and cultivated barley. Plant Biosystems, 154(4), 544–552. https://doi.org/10.1080/11263504.2019.1651777
21. Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9(2), 373–409.

22. FAO. (2020). FAOSTAT: Crops and livestock products. Retrieved from https://www.fao.org/faostat
23. FAO & ITPS. (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
24. Feldman, M. (2001). Origin of cultivated wheat. In The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding (pp. 3–53).
25. Feldman, M., & Levy, A. A. (2015). Origin and evolution of wheat and related Triticeae species. In Alien Introgression in Wheat (pp. 21–76).
26. Feghhenabia, F., Hadi, H., Khodaverdiloo, H., & van Genuchten, M. T. (2020). Seed priming alleviated salinity stress during germination and emergence of wheat. Agricultural Water Management, 231, 106022.
27. Finch-Savage, W. E., & Bassel, G. W. (2016). Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. Journal of Experimental Botany, 67(3), 567–591. https://doi.org/10.1093/jxb/erv490
28. Fischer, R. (2011). Wheat physiology: A review of recent developments. Crop and Pasture Science, 62(2), 95–114.
29. Fita, A., Rodríguez-Burruezo, A., Boscaiu, M., Prohens, J., & Vicente, O. (2015). Breeding crops adapted to drought and salinity. Frontiers in Plant Science, 6, 978. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00978
30. Flowers, T. J., Munns, R., & Colmer, T. D. (2015). Sodium chloride toxicity and salt tolerance in halophytes. Annals of Botany, 115(3), 419–431.
31. Flowers, T. J., Munns, R., & Colmer, T. D. (2015). Sodium chloride toxicity and the cellular basis of salt tolerance in halophytes. Annals of Botany, 115(3), 419–431.
32. Ganatsas, P., & Tsakaldimi, M. (2007). Effect of light conditions and salinity on germination behavior and early growth of Umbrella Pine

(Pinus pinea L.) seeds. The Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 82(4), 605–610.

33. GANATSA, P., TAKALDIM, M., & THANOS, C. (2008). Seed and cone diversity and seed germination of Pinus pinea in Strofilia site of the Natura 2000 Network. Biodiversity and Conservation, 17, 2427–2439.
34. Gholami, A., Sharafi, S., Sharafi, A., & Ghasemi, S. (2009). Germination of different seed sizes of pinto bean cultivars as affected by salinity and drought stress. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(2), 555–558.
35. Graham, R. D., Welch, R. M., & Bouis, H. E. (2001). Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: Principles, perspectives and knowledge gaps.
36. Gupta, A. K., & Kaur, N. (2005). Sugar signalling and gene expression in relation to carbohydrate metabolism under abiotic stresses in plants. Journal of Biosciences, 30(5), 761–776.
37. Gupta, B., & Huang, B. (2014). Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. International Journal of Genomics, 2014, 701596.
38. Hamidi, B., Amara, D. G., et al. (2023). Cynanchum acutum L: Phytochemical screening, allelopathic and cyto/genotoxicity effects in the plant model Arachis hypogaea. Cradiva.
39. Hassine, A. B., Ghanem, M. E., Bouzid, S., & Lutts, S. (2008). An inland and a coastal population of the Mediterranean xero-halophyte species Atriplex halimus L. differ in their ability to accumulate proline and glycinebetaine in response to salinity and water stress. Journal of Experimental Botany, 59(6), 1315–1326.
40. Hay, F. R., Probert, R. J., & Dickie, J. B. (2022). Moisture sorption isotherms and seed storage: A systematic review and meta-analysis.

Frontiers in Plant Science, 13, Article 891913. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.891913

41. Heinis, J. J. (2010). Review of Principles of Cereal Science and Technology, by Jan A. Delcour and R. Carl Hoseney. St. Paul, MN: AACC International.
42. Hoenig, M., & de Kersabiec, A.-M. (1996). Sample preparation steps for analysis by atomic spectroscopy methods: Present status. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 51(11), 1297–1307.
43. Horwitz, W., & Latimer, G. (2000). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD: AOAC International.
44. Hossain, A., Skalicky, M., Brestic, M., et al. (2021). Consequences and mitigation strategies of abiotic stresses in wheat (Triticum aestivum L.) under the changing climate. Agronomy, 11(2), 241. https://doi.org/10.3390/agronomy11020241
45. Hussain, S., Maqbool, R., Akhtar, M., & Ameen, A. (2021). Salinity stress in wheat (Triticum aestivum L.) in the changing climate: Adaptation and management strategies. Frontiers in Agronomy, 3, 661932. https://doi.org/10.3389/fagro.2021.661932
46. Hyles, J., Bloomfield, M. T., Hunt, J. R., Trethowan, R. M., & Trevaskis, B. (2020). Phenology and related traits for wheat adaptation. Heredity, 125(5), 417–430. https://doi.org/10.1038/s41437-020-0320-1
47. Janmohammadi, M., Dezfuli, P. M., & Sharifzadeh, F. (2008). Seed invigoration techniques to improve germination and early growth of inbred lines of maize under salinity and drought stress. General and Applied Plant Physiology, 34, 215–226.
48. Jaradat, A. A. (2017). Agriculture in the Fertile Crescent: Continuity and change under climate change. CABI Reviews, 1–33.
49. Johnson, R., & Puthur, J. T. (2021). Seed priming as a cost-effective technique for developing plants with cross-tolerance to salinity stress. Plant Physiology and Biochemistry, 162, 247–257. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.034

50. Julkowska, M. M., et al. (2014). A spatio-temporal understanding of growth regulation during the salt stress response in Arabidopsis. Plant Cell, 26(5), 1955–1967. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3723617/
51. Kaur, G., & Asthir, B. (2015). Proline: A key player in plant abiotic stress tolerance. Biologia Plantarum, 59, 609–619.
52. Kaya, M. D. (2009). The role of hull in germination and salinity tolerance in some sunflower (Helianthus annuus L.) cultivars. African Journal of Biotechnology, 8(4), 597–600.
53. Kellogg, E. A. (2015). Flowering plants: Monocots – Poaceae (Vol. 13). Springer.
54. Khan, M. A. (2009). Impact assessment of sodium chloride on seedling parameters of different wheat genotypes in Pakistan. World Applied Sciences Journal, 7, 1494–1497.
55. Kiremit, M. S., Arslan, H., Sezer, İ., & Akay, H. (2022). Evaluating and modeling of the seedling growth ability of wheat seeds as affected by shallow-saline groundwater conditions. Gesunde Pflanzen, 74(2), 357–369.
56. Kondetti, P., Jawali, N., Apte, S. K., & Shitole, M. G. (2012). Salt tolerance in Indian soybean (Glycine max L.) varieties at germination and early seedling growth. Annals of Biological Research, 3(3), 1489–1498.
57. Laudadio, V., Tufarelli, V., Dario, M., et al. (2009). A survey of chemical and nutritional characteristics of halophyte plants used by camels in Southern Tunisia. Tropical Animal Health and Production, 41, 209–215.
58. Läuchli, A., & Grattan, S. R. (2007). Plant growth and development under salinity stress. In Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops (pp. 1–32).

59. Li, T., Ma, J., Zou, Y., et al. (2020). Quantitative trait loci for seedling root traits and the relationships between root and agronomic traits in common wheat. Genome, 63(1), 27–36.
60. Li, Z., Zhong, F., Guo, J., et al. (2022). Improving wheat salt tolerance for saline agriculture. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(48), 14989–15006.
61. Liu, L., Xia, W., Li, H., et al. (2018). Salinity inhibits rice seed germination by reducing α-amylase activity via decreased bioactive gibberellin content. Frontiers in Plant Science, 9, 275. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00275
62. Mansour, M. M. F. (1996). The influence of NaCl on germination and ion contents of two wheat cultivars differing in salt tolerance: Effect of gibberellic acid. Egyptian Journal of Physiology, 20(102), 59.
63. Martínez-Moreno, F., Solís, I., Royo, C., & Álvaro, F. (2020). Genetic progress and associated changes in agronomic traits of durum wheat cultivars in Spain during the last 70 years. Theoretical and Applied Genetics, 133(6), 1699–1710. https://doi.org/10.1007/s00122-020-03549-
64. Marschner, H. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants (3rd ed.). Academic Press.
65. Maucieri, C., Caruso, C., Bona, S., Borin, M., Barbera, A. C., & Cavallaro, V. (2018). Influence of salinity and osmotic stress on germination process in an old Sicilian landrace and a modern cultivar of Triticum durum Desf. Cereal Research Communications, 46(2), 253–262. https://doi.org/10.1556/0806.46.2018.07
66. Merino, A., Omil, B., Hidalgo, C., Etchevers, J. D., & Balboa, M. A. (2017). Characterization of the organic matter in wood ash from biomass power plants in relation to the potential use as amendments in agriculture. Land Degradation & Development, 28(7), 2166–2175.

67. Miller, T. E., & Cereal, D. (2019). [Book title missing].
68. Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology, 59, 651–681. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911
69. Müller, B., Hauser, M., Iles, C., Rimi, R. H., Zwiers, F. W., & Wan, H. (2015). Lengthening of the growing season in wheat and maize producing regions. Weather and Climate Extremes, 9, 47–56.
70. Nesbitt, M., & Samuel, D. (1996). From staple crop to extinction? The archaeology and history of the hulled wheats. In Hulled wheats (pp. 41–100).
71. Nonogaki, H. (2006). Seed germination—The biochemical and molecular mechanisms. Breeding Science, 56(2), 93–105. https://doi.org/10.1270/jsbbs.56.93
72. Nonogaki, H. (2014). Seed dormancy and germination—Emerging mechanisms and new hypotheses. Frontiers in Plant Science, 5, 233. https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00233
73. Ogden, M., Hoefgen, R., Roessner, U., Persson, S., & Khan, G. A. (2018). Feeding the walls: How does nutrient availability regulate cell wall composition? International Journal of Molecular Sciences, 19(9), 2691.
74. Onaga, G., & Wydra, K. (2016). Advances in plant tolerance to abiotic stresses. Plant Genomics, 10(9), 229–272.
75. Ostmeyer, T., Parker, N., Jaenisch, B., Alkotami, L., Bustamante, C., & Jagadish, S. K. (2020). Impacts of heat, drought, and their interaction with nutrients on physiology, grain yield, and quality in field crops. Plant Physiology Reports, 25(4), 549–568.
76. Othman, Y., Al-Karaki, G., Al-Tawaha, A. R., & Al-Horani, A. (2006). Variation in germination and ion uptake in barley genotypes under salinity condition. Agricultural Sciences, 2, 11–15.

77. Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60(3), 324–349. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010

78. Paranychianakis, N. V., & Chartzoulakis, K. S. (2005). Irrigation of Mediterranean crops with saline water: From physiology to management practices. Agriculture, Ecosystems & Environment, 106(2–3), 171–187.

79. Pearson, K. E., & Bauder, J. W. (2003). The basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. Water Quality and Irrigation Management, 1–9.

80. Pirasteh- Anosheh, H., Ranjbar, G., Pakniyat, H., & Emam, Y. (2016). Physiological mechanisms of salt stress tolerance in plants: An overview. In Plant- Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress (pp. 141–160).

81. Poltoretskyi, S., Tretiakova, S., Mostoviak, I., et al. (2020). Growth and productivity of winter wheat (Triticum aestivum L.) depending on the sowing parameters. Ukrainian Journal of Ecology, 10(2), 81–87.

82. Prasannakumar, N., Gopalkrishna, H., Kumara, A., & Guru, P. (2020). Remote sensing, climate change and insect pest: Can biotic interactions be explored? In Innovative Pest Management Approaches for the 21st Century: Harnessing Automated Unmanned Technologies (pp. 77–101).

83. Quamruzzaman, M. (2022). Genetic and physiological basis of salinity tolerance in wheat. Doctoral dissertation, University of Tasmania.

84. Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. Functional Plant Biology, 37(7), 613–620.

85. Reynolds, M. P., Bonnett, D., Chapman, S. C., et al. (2009). Raising yield potential of wheat. Journal of Experimental Botany, 60(7), 1899–1918. https://doi.org/10.1093/jxb/erp016

86. Royo, A., & Abió, D. (2003). Salt tolerance in durum wheat cultivars. Spanish Journal of Agricultural Research, 1(3), 27–35.
87. Sairam, R. K., Veerabhadra Rao, K., & Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to salinity stress in relation to their antioxidant activity. Agricultural Reviews, 23(2), 103–109.
88. Schmidt, M. P., Mamet, S. D., Ferrieri, R. A., Peak, D., & Siciliano, S. D. (2020). From the outside in: An overview of positron imaging of plant and soil processes. Molecular Imaging, 19, 1536012120966405.
89. Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., et al. (2022). Salinity stress in wheat: Effects, mechanisms and management strategies. Phyton - International Journal of Experimental Botany, 91(4), 915–934. https://doi.org/10.32604/phyton.2022.018684
90. Setter, T. L. (2012). Analysis of constituents for phenotyping drought tolerance in crop improvement. Frontiers in Physiology, 3, 180.
91. Sghayar, S., Toumi, A., Lamine, M., et al. (2023). Seed priming mitigates high salinity impact on germination of bread wheat (Triticum aestivum L.) by improving carbohydrate and protein mobilization. Plant Direct, 7(6), e497. https://doi.org/10.1002/pld3.497
92. Shrivastava, P., & Kumar, R. (2014). Soil salinity: A serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. Saudi Journal of Biological Sciences, 22(2), 123–131. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.12.001
93. Singh, D., Pandey, H., Thakur, K., Sharma, I., & Naraian, R. (2022). Aquaporins and their functions in water transportation in different plant species. Environmental Sustainability, 5(4), 443–456.
94. Singh, S., Singh, P., Tomar, R., Sharma, R., & Singh, S. K. (2022). Proline: A key player to regulate biotic and abiotic stress in plants. In Towards Sustainable Natural Resources: Monitoring and Managing Ecosystem Biodiversity (pp. 333–346). Springer.

95. Sissons, M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. Food, 2(2), 75–90.

96. Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M., & Zid, E. (2005). Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Sécheresse, 16(3), 255–229.

97. Soltani, A., Galeshi, S., & Zeinali, E. (2001). Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 50(3), 205–213. https://doi.org/10.1016/S0098-8472(03)00066-6

98. Sourour, A., Neila, R., Zoubeir, C., Saddreddine, B., Feker, K., Themir, B., Mayada, M., & Mongi, B. Y. (2014). Effect of salt stress (sodium chloride) on germination and seedling growth of durum wheat (Triticum durum Desf.) genotypes. International Journal of Biodiversity and Conservation, 6, 320–325.

99. Vavilov, N. I. (1951). The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants (Vol. 72). LWW.

100. Wagdi, E. M., Metwally, S. M., Matar, M., & Yousef, N. (2013). Effect of phosphorus in alleviation of adverse impacts of salinity on wheat grown on different soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44(13), 1921–1936.

101. Wani, S. H., Mohan, A., & Singh, G. P. (2020). Physiological, molecular, and genetic perspectives of wheat improvement. Springer Nature.

102. White, J. W. (2006). From genome to wheat: Emerging opportunities for modelling wheat growth and development. European Journal of Agronomy, 25(2), 79–88.

103. Yaghoubi Khanghahi, M., AbdElgawad, H., Verbruggen, E., Korany, S. M., Alsherif, E. A., Beemster, G. T., & Crecchio, C. (2022). Biofertilisation with a consortium of growth-promoting bacterial strains

improves the nutritional status of wheat grain under control, drought, and salinity stress conditions. Physiologia Plantarum, 174(6), e13800.

104. Yu, Y., et al. (2024). How plants sense and respond to osmotic stress. Journal of Integrative Plant Biology, 66(1), 1–15.

105. Zaghdoudi, H., Hannachi, A., & Fellahi, Z. E. A. (2019). Assessment of salt stress effect on wheat (Triticum aestivum L.) cultivars at seedling stage. [Unpublished research paper]. Academia.edu.

106. Zaier, M. M., Ciudad-Mulero, M., Cámara, M., Pereira, C., Ferreira, I. C., Achour, L., & Morales, P. (2020). Revalorization of Tunisian wild Amaranthaceae halophytes: Nutritional composition variation at two different phenotypic stages. Journal of Food Composition and Analysis, 89, 103463.

107. Zeng, L., & Shannon, M. C. (2000). Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. Crop Science, 40(4), 996–1003. https://doi.org/10.2135/cropsci2000.404996x

108. Zhao, C., Liu, B., Piao, S., Wang, X., Lobell, D. B., Huang, Y., & Ciais, P. (2017). Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(35), 9326–9331.

109. Zhao, C., Zhang, Y., Du, J., & Jin, X. (2021). Genetic regulation of starch biosynthesis and grain yield in wheat. The Crop Journal, 9(6), 1343–1357. https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.05.005

110. Zhu, J.-K. (2016). Abiotic stress signaling and responses in plants. Cell, 167(2), 313–324.

الملاحق

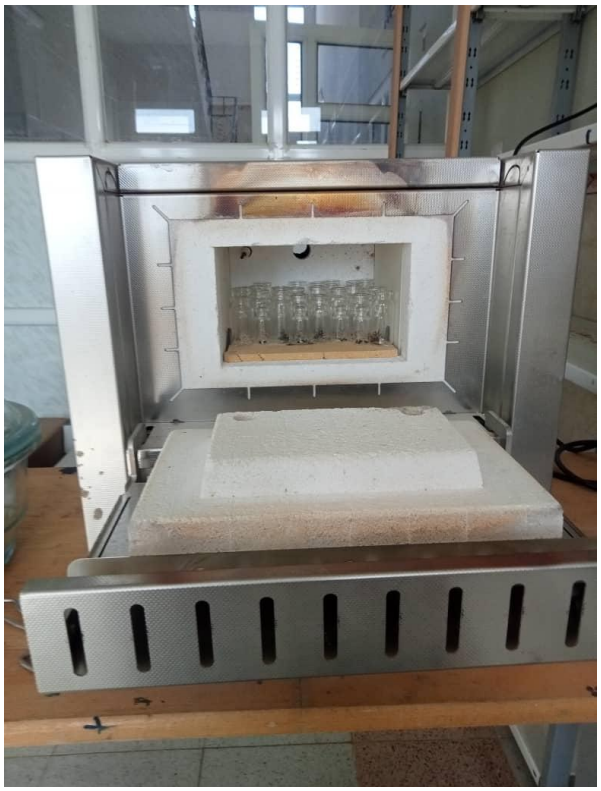
الوثيقة 1: بعض الأدوات المستخدمة في تعقيم البذور

الوثيقة 2: عملية وزن السويقة

الوثيقة 3: عملية وزن البذور

الوثيقة 4: انبات البذور

الوثيقة 5 : عملية التجفيف



الوثيقة 6 : عملية الحرق