



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Constantine 1 Frères Mentouri
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département de biologie et écologie végétae

قسم بيولوجيا وعلم البيئة النباتية

مذكرة التخرج لنيل شهادة الماستر

الميدان: علوم الطبيعة والحياة

الفرع: علوم بيولوجية

التخصص: التنوع الحيوي وفيزيولوجيا النبات

عنوان المذكرة:

سلوك بعض الأنماط الوراثية لنبات القمح الصلب *Triticum durum Desf*
اتجاه بعض عوائل الوسط شبه الجاف

من إعداد الطالبة:

رسول صبرينة

لجنة التقييم

شيباني صالح

بولعسل معاد

زغمار مريم

أستاذ محاضر أ

أستاذ محاضر أ

أستاذ محاضر ب

رئيسا:

مشرفا:

مناقشا:

السنة الجامعية:

2024-2023



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

شكر و عرفان

الحمد لله رب العالمين و الصلاة والسلام على النبي الأمين المبعوث رحمة للعالمين محمد وعلى ال بيته الطيبين الطاهرين، أما بعد الحمد لله الذي وفقني وأعاني على إتمام هذا العمل وأسأله سبحانه وتعالى أن يجعل هذا الجهد خالصا لوجهه الكريم و ينفع به الجميع.

أتقدم بخالص الشكر والعرفان إلى أستاذي الفاضل "بولعسل معاد" الذي كان لي الشرف الكبير أن يتولى الإشراف على هذه المذكرة والذي منحني كل ثقته ولم ييخل علي بنصائحه القيمة خصوصا على الجهود التي بذلها في إطار متابعته الدائمة لهذا العمل وتعمده بالتصويب في جميع مراحل نجاهه و زودني بالتوجيهات والإرشادات التي ذلت ما واجهته من صعوبات خاصة في فترة مرضي المفاجأة فجزاه الله عني كل خير.

كما أتقدم بالشكر الجزيل للأساتذة أعضاء لجنة المناقشة الموقرة على وقتهم وجهدهم في قراءة و تقييم هذا العمل، وعلى ملاحظاتهم البناءة ومشاركتهم الفعالة في تصويبه

إلى أمي وأبي العزيزين، مصدر دعمي وإلهامي، أشكركما على كل الحب والتشجيع اللذين منحتموني إياها طوال حياتي.

إلى زوجي الحبيب، رفيق دربي وشريك حياتي، الذي وقف بجاني دائما وكان

سندي في كل الأوقات، شكرا على كل لحظة دعم وتشجيع.

إلى أخي الغالي، أختي الغالية وابنتها الحبيبة أشكركم على حبكم ودعمكم.

شكر خاص جدا لدكتورة المستقبل حاجي تقى مثال العلم وحسن الخلق في تقديم

يد العون بكل رحابة صدر. وإلى كل من ساهم من قريب أو بعيد من

أساتذة وطلبة في خروج هذا العمل إلى النور.

فאלلهم انفعني بما علمتني وانفع بي

والحمد لله على حسن التمام والختام.



فهرس المحتويات

| الصفحة | البيان |
|-------------------------------------|---|
| / | شكر و عرفان |
| II | فهرس المحتويات |
| VII | قائمة الأشكال |
| IX | قائمة الجداول |
| X | قائمة الملاحق |
| 2 | مقدمة |
| الفصل الأول: استعراض النتائج | |
| 04 | I. النموذج النباتي |
| 04 | 1.1. تعريف القمح |
| 04 | 2.1. القمح الصلب <i>Triticum durum</i> |
| 05 | 3.1. الأصل الجغرافي للقمح |
| 06 | 4.1. الأصل الوراثي للقمح |
| 09 | 5.1. الدراسة التصنيفية لنبات القمح |
| 09 | 1.5.1. التصنيف النباتي |
| 10 | 2.5.1. التصنيف الجيني للقمح |
| 11 | 3.5.1. التصنيف حسب مواسم الزراعة |
| 11 | 6.1. الوصف المورفولوجي للقمح |
| 12 | 1.6.1. الجهاز الخضري (L'appareil végétatif) |
| 12 | 1.1.6.1. الجهاز الهوائي (L'appareil aéween) |
| 12 | 2.1.6.1. الجهاز الجذري (L'appareil radulaire) |
| 15 | 2.6.1. الجهاز التكاثري (L'appareil reproductif) |
| 16 | 7.1. دورة حياة نبات القمح |
| 20 | 8.1. أهمية القمح في العالم والجزائر |
| 21 | 9.1. العوامل المحددة لإنتاج القمح |
| 21 | 1.9.1. المحددات البيئية |

| | |
|----|---|
| 21 | 2.9.I. المحددات الحيوية |
| 22 | .II. الإجهاد (Stress) |
| 25 | .1.II. الإجهاد المائي (stress Hydrique) |
| 26 | .2.II. تأثير الإجهاد المائي على النبات |
| 27 | .1.2.II. تأثير الإجهاد المائي على مؤشرات النمو المرفولوجية |
| 28 | .2.2.II. تأثير الإجهاد المائي على مؤشرات النمو الفيزيولوجية |
| 30 | .3.2.II. تأثير الإجهاد المائي على نمو القمح ومردوده |
| 32 | .3.II. تكيف النباتات مع الإجهاد المائي |
| 34 | .4.II. التعديل الأسموزي |
| 34 | .5.II. الصفات البيوكيميائية المتعلقة بالإجهاد المائي |
| 34 | .1.5.II. البرولين (proline) |
| 35 | .2.5.II. الكلوروفيل |
| 36 | .2.5.II. السكريات الذائبة |
| 37 | .III. الهرمونات النباتية (Phytohormones) |
| 37 | .1.III. عموميات حول الهرمونات النباتية |
| 38 | .2.III. الأوكسين (Auxines) |
| 38 | .1.2.III. تعريف الأوكسين |
| 40 | .2.2.III. التأثير الفيزيولوجي للأوكسين |
| 41 | .3.III. الجبريلين (Gibberellin) |
| 41 | .1.3.III. تعريف الجبريلين Gibberellin |
| 42 | .2.3.III. التأثير الفيزيولوجي للجبريلين |
| 42 | .4.III. السيتوكينات (Cytokinines) |
| 42 | .1.4.III. تعريف السيتوكينات |
| 43 | .2.4.III. التأثير الفيزيولوجي للسيتوكينات |
| 44 | .5.III. حمض الأبسيسيك (Acide Abscissique) |
| 44 | .1.5.III. تعريف حمض الأبسيسيك (ABA) |

| | |
|---------------------------------------|---|
| 45 | 2.5.III. التأثيرات الفيزيولوجية لحمض الأبسيسيك |
| 46 | 6.III. الإيثيلين (Ethylene) |
| 46 | 1.6.III. تعريف الإيثيلين |
| 46 | 2.6.III. التأثير الفيزيولوجي للإيثيلين |
| 49 | 7.III. دور الهرمونات النباتية في مقاومة الإجهاد اللا إحيائي |
| 49 | 8.III. دور الهرمونات النباتية في مقاومة الإجهاد المائي |
| الفصل الثاني: طرق ووسائل العمل | |
| 53 | 1. المادة النباتية |
| 54 | 2. خطوات العمل |
| 54 | 1.2. مكان تنفيذ البحث |
| 54 | 2.2. المياه المستعملة |
| 55 | 3.2. اختيار البذور |
| 55 | 4.2. الزرع |
| 56 | 5.2. السقي |
| 56 | 6.2. الترقيع |
| 57 | 7.2. التسميد |
| 57 | 3. تطبيق بالإجهاد المائي |
| 57 | 4. المعاملة بالهرمونات النباتية |
| 59 | 5. السعة الحقلية |
| 59 | 6. القياسات المرفولوجية |
| 59 | 1.6. متوسط طول الساق الرئيسي |
| 59 | 2.6. متوسط المساحة الورقية |
| 59 | 3.6. تقدير الوزن الجاف للبادرات (g) |
| 60 | 7. القياسات البيوكيميائية |
| 60 | 1.7. تقدير الكلوروفيل |
| 60 | 2.7. تقدير السكريات المذابة |
| 61 | 3.7. تقدير البرولين |
| 62 | 8. الدراسات الإحصائية |

| الفصل الثالث: النتائج والمناقشة | |
|---------------------------------|--|
| 65 | I. المعاملة بالإجهاد المائي خلال مرحلة الإنبال |
| 65 | 1.1.I. القياسات المورفولوجية |
| 65 | 1.1.1.I. متوسط طول النبات |
| 66 | 2.1.1.I. متوسط المساحة الورقية |
| 67 | 2.I. القياسات الفيزيولوجية |
| 67 | 1.2.I. متوسط نسبة الكلوروفيل الكلي |
| 69 | 3.2.I. متوسط محتوى البرولين |
| 70 | 3.I. دراسة مصفوفة تحليل الارتباط للمتغيرات المدروسة |
| 72 | II. المعاملة بهرموني النمو AIA و GA ₃ رشا على صنفين من نبات القمح الصلب تحت ظرف الإجهاد المائي في مرحلتي نمو البادرة والاستطالة |
| 72 | 1.II. القياسات المورفولوجية |
| 72 | 1.1.II. مرحلة نمو البادرة |
| 72 | 1.1.1.II. متوسط طول البادرة بـ (cm) |
| 73 | 2.2.1.II. متوسط الوزن الجاف في البادرات (g) |
| 74 | 2.1.II. مرحلة الاستطالة |
| 74 | 1.2.1.II. متوسط طول الساق الرئيسي بـ (cm) |
| 75 | 2.2.1.II. متوسط المساحة الورقية بـ (cm ²) |
| 77 | 2.II. القياسات الفيزيولوجية |
| 77 | 1.2.II. تقدير الكلوروفيل |
| 79 | 2.2.II. تقدير السكريات الذائبة |
| 80 | 3.2.II. تقدير البرولين |
| 84 | خاتمة |
| 87 | قائمة المراجع |
| 104 | الملاحق |
| 110 | الملخص |

قائمة الأشكال، الجداول
والملاحق

| الرقم | عنوان الشكل | الصفحة |
|-------|---|--------|
| 01 | منطقة الهلال الخصيب منشأ القمح | 05 |
| 02 | رسم تخطيطي يوضح الأصل الوراثي للقمح | 07 |
| 03 | تاريخ تطور نسل القمح | 08 |
| 04 | مخطط يبين الوصف المورفولوجي للقمح الصلب | 14 |
| 05 | رسم تخطيطي لحبة القمح | 15 |
| 06 | مخطط يوضح مراحل دورة نبات القمح | 18 |
| 07 | مراحل دورة حياة نبات القمح | 19 |
| 08 | أنواع الإجهادات عند النباتات | 22 |
| 09 | تصنيف الإجهاد | 23 |
| 10 | الإجهاد المائي: البلدان الأكثر تأثراً بحلول عام 2040 | 25 |
| 11 | تأثيرات الإجهاد المائي على النبات | 27 |
| 12 | تأثيرات الإجهاد المائي على العمليات المرفولوجية والفيزيولوجية والبيوكيميائية للنباتات | 30 |
| 13 | استراتيجيات استجابة النبات للإجهاد المائي (التهرب، التجنب، المقاومة) | 32 |
| 14 | الصيغة الكيميائية للكلوروفيل a و b | 35 |
| 15 | صورة توضح دور الهرمونات النباتية في نمو النبات | 37 |
| 16 | البنية الكيميائية لـ 9 هرمونات نباتية | 38 |
| 17 | بعض أنواع الأوكسينات الطبيعية | 40 |
| 18 | الصيغة الكيميائية لحمض الجبريليك | 41 |
| 19 | بعض أنواع السايٹوكينات | 43 |
| 20 | التركيب الكيميائي لحمض الأبسيسيك | 44 |
| 21 | عملية إغلاق الثغور | 45 |
| 22 | التركيب الكيميائي للإيثيلين | 46 |
| 23 | دور الإيثيلين في عملية نضج الثمار | 47 |
| 24 | البيت الزجاجي مكان إجراء التجربة | 54 |
| 25 | مخطط يوضح شكل الأصص وأبعاده | 55 |
| 26 | طريقة زراعة البذور | 55 |
| 27 | مخطط التجربة | 56 |

| | | |
|----|---|----|
| 58 | مخطط بشرح التجربة -2- المعاملة بالهرمونات | 28 |
| 61 | العينات المتحصل عليها لتقدير كمية السكريات المذابة | 29 |
| 62 | العينات المتحصل عليها لتقدير البرولين | 30 |
| 63 | دورة حياة القمح الصلب | 31 |
| 65 | متوسط طول النبات لـ 6 أصناف من القمح الصلب تحت تأثير الإجهاد المائي | 32 |
| 66 | متوسط المساحة الورقية لـ 6 أصناف من القمح الصلب تحت تأثير الإجهاد المائي | 33 |
| 67 | متوسط محتوى الكلوروفيل لـ 6 أصناف من القمح الصلب تحت تأثير الإجهاد المائي | 34 |
| 68 | متوسط محتوى الأوراق من السكريات المذابة تحت تأثير الإجهاد المائي | 35 |
| 69 | متوسط محتوى الأوراق من البرولين تحت تأثير الإجهاد المائي | 36 |
| 72 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على طول البادرة | 37 |
| 73 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على الوزن الجاف | 38 |
| 74 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على متوسط طول الساق الرئيسي | 39 |
| 75 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على المساحة الورقية | 40 |
| 77 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من الكلوروفيل في مرحلة نمو البادرات | 41 |
| 77 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من الكلوروفيل في مرحلة الاستطالة | 42 |
| 79 | التأثير المتبادل المتداخل للإجهاد المائي و المعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من السكريات الذائبة في مرحلة نمو البادرات | 43 |
| 79 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي المعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من السكريات الذائبة في مرحلة الاستطالة | 44 |
| 80 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي و المعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من البرولين في مرحلة نمو البادرات | 45 |
| 81 | التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من البرولين في مرحلة الاستطالة | 46 |

| الصفحة | عنوان الجدول | الرقم |
|--------|--|-------|
| 09 | التصنيف النباتي للقمح | 01 |
| 09 | التصنيف النباتي لنبات القمح | 02 |
| 10 | التصنيف الجيني القمح Triticum | 03 |
| 16 | مراحل الدورة الفينولوجية | 04 |
| 21 | أهم أنواع العوامل الممرضة للقمح خلال دورة حياته | 05 |
| 33 | ميكانيزمات تكيف النبات مع الجفاف | 06 |
| 48 | أهم عائلات الهرمونات النباتية وبعض وظائفها الفيزيولوجية | 07 |
| 52 | قائمة القمح الصلب (Blé dur)، مناطق تأقلمها وبعض مميزاتا الزراعية | 08 |
| 58 | تقدير السعة الحقلية | 09 |
| 70 | مصفوفة الارتباط للقياسات المدروسة للشاهد | 10 |
| 71 | مصفوفة الارتباط للقياسات المدروسة للمجهد | 11 |

| الصفحة | عنوان الملحق | الرقم |
|--------|--|-------|
| 104 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط طول النبات | 01 |
| 104 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط المساحة الورقية | 02 |
| 104 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للكوروفيل | 03 |
| 105 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للسكريات المذابة | 04 |
| 105 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للبرولين | 05 |
| 105 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط طول البادرة | 06 |
| 106 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط الوزن الجاف للبادرة | 07 |
| 106 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط طول الساق الرئيسي (المعاملة بالهرمونات) | 08 |
| 106 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط المساحة الورقية (المعاملة بالهرمونات) | 09 |
| 107 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للكوروفيل (البادرات) | 10 |
| 107 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للكوروفيل (الساق طور الاستطالة) | 11 |
| 107 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للسكريات المذابة للبادرات (المعاملة بالهرمونات) | 12 |
| 108 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للسكريات المذابة للبادرات للساق في طور الاستطالة | 13 |
| 10 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للبرولين (طور البادرات) المعاملة بالهرمونات | 14 |
| 108 | جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للبرولين (طور الاستطالة) المعاملة بالهرمونات | 15 |

مقدمة

مقدمة:

تحتل زراعة الحبوب بشكل عام، والقمح بشكل خاص، مكانة هامة جدا في العالم نظرا لكونها تشكل الغذاء الأساسي ومصدر الطاقة لأكثر من 35% من سكان العالم. ويأتي القمح بنوعيه الصلب واللين في طليعة محاصيل الحبوب زراعة على النطاق العالمي نظرا لقدرته العالية على التكيف مع الظروف البيئية المتغيرة السائدة حاليا (حمودة، 2015). إلا أن التغيرات المناخية التي تعرفها مختلف الناطق على سطح الأرض أثرت سلبا على إنتاجية المحاصيل على المستوى العالمي وخاصة الجفاف في آخر دورة حيات النبات، لذلك لابد من محاولة إيجاد أصناف قادرة على التأقلم للعوائق المطروحة وخاصة عمل العجز المائي.

تشكل الأنظمة المناخية المتغيرة تهديدا حقيقيا للحياة على الأرض، ومع النمو الذي يعرفه سكان العالم بشكل مستمر يزداد الطلب على الغذاء، وأصبح بذلك تحقيق الاكتفاء الغذائي أمرا أكثر تعقيدا في ظل التحديات المناخية الراهنة (Amna et al., 2021)، في المناطق الجافة والشبه جافة تحد الإجهادات البيئية من نمو النبات وتؤثر سلبا على مردوده، وتعتمد مقاومة هذه الضغوط الخارجية أساسا على النمط الجيني الذي يطور الآليات المورفولوجية والفيزيولوجية والبيوكيميائية لتجنب وتحمل ظروف الإجهادات (نغار، 2013)، ويعد الجفاف أحد أبرز هذه التحديات حيث يؤثر سلبا على الإنتاجية الزراعية، ويقلل من نمو النبات وتطوره. مما يجعل من الصعب الحفاظ على نظام زراعي مستدام في جميع أنحاء العالم (Rasheed et al., 2020) (Azeem et al., 2022).

إن تقاوم مشكلة الجفاف جعل الكثير من الباحثين يهتمون بها سعيا لفهم الآليات التي تسمح للنبات بالتأقلم مع هذه الظاهرة أو انتخاب أصناف تتميز بالكفاءة الوراثية في مقاومة مختلف العوائق المحددة للإنتاج (2015، جامع)، وقد لجأت الكثير من الدراسات الحديثة إلى استعمال طرق تقنية مثل الهندسة الوراثية ومنظمات النمو الصناعية التي أثبتت فاعليتها في مقاومة النبات للإجهاد المائي ومن هذه المنظمات الأوكسين (AIA) والجبريلينات (GA_3) (محمد وآخرون، 2019).

وعليه ارتأينا القيام بهذا البحث بهدف محاولة فهم آليات و درجة استجابة 6 أصناف من القمح الصلب تحت ظروف الإجهاد المائي الذي يؤثر بشكل سلبي على نموه وتطوره ومردوده من جهة ومن جهة أخرى إظهار مدى التأثير الايجابي لمعاكسة الإجهاد المائي بالمعاملة بمنظمات النمو لصنفين من القمح الصلب من خلال ملاحظة استجابة الأنواع النباتية لعائق العجز المائي في مراحل معينة من دورة حياته وهذا من خلال تقدير معايير مورفولوجية وفيزيولوجية والتي تعطي فكرة على درجة التأقلم للأصناف المدروسة.

الفصل الأول: استعراض النتائج

I. النموذج النباتي

1.I. تعريف القمح

القمح نبات عشر حولي أحادي الفلقة (Monocotylédones)، ينتمي إلى جنس *Triticum* من فصيلة النجيليات سابقا والكثنيات حاليا، وهو عبارة عن نوع من الحبوب تعتبر البذور (الحبات) فيه فاكهة جافة تدعى برة (Caryopse) وتتكون من بذرة وأغلفة، وهناك العديد من أنواع القمح إلا أن أكثرها أهمية اقتصاديا على المستوى العالمي هما: القمح الصلب (*Triticum durum*) والقمح اللين (*Triticum aestivum*) (Feiller, 2000).

حسب Soltner (2012) فالقمح نبات ذاتي التلقيح (Auto-pollinisé) حيث أن التلقيح يكون داخل الورقتين المحيطتين بالزهرة (العصافات) وذلك قبل ظهور الأسدية لخارج مما يمنع التلقيح الخطي وهذا ما يساعد نبات القمح على حفظ نقاوته من جيل إلى آخر. إن إنتاج القمح وبخاصة الأصناف اللينة منه يعد عملية سهلة بشكل عام، نظرا لقدرته على التكيف مع تنوع التربة والمناخات الموجودة في مناطق مختلفة حول العالم. يزرع القمح في العديد من البلدان والمناطق باستثناء المناطق الحارة الإستوائية. (جابر، 2019).

2.I. القمح الصلب *Triticum durum*

يعتبر القمح الصلب أو القاصي ثاني أهم أنواع القمح بعد القمح اللين وهو عبارة عن عشب حولي متوسط الطول ذو أوراق غمدية مسطحة وإزهار قمي (سنبله) أزهاره مثالية. وهو معروف بحبوه الصلبة الزجاجية الغنية بالبروتين والجلوتين (Bouzini, 1998).

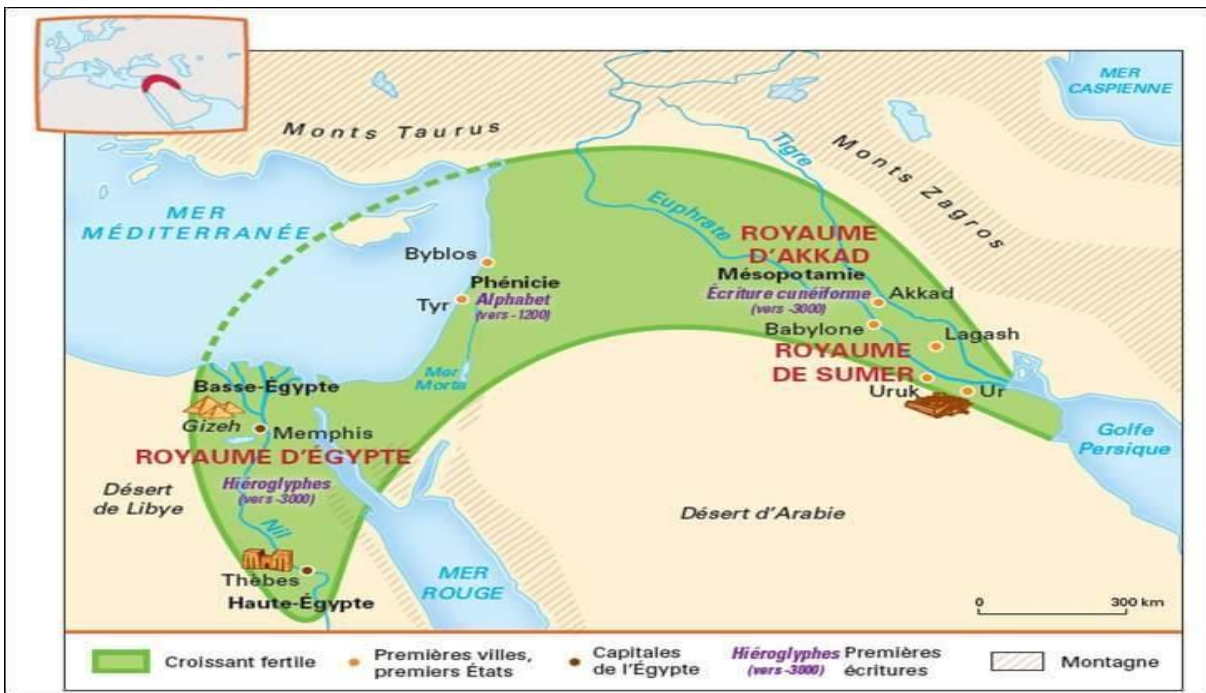
يزرع القمح الصلب في المناطق ذات المناخ شبه جاف، كما يزرع بشكل رئيسي على المروج الكندية وفي البلدان المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط، يستهلك بعد طحنه كسميد، الذي يستعمل بشكل رئيسي لصناعة الخبز والمعكرونة (Charvet, 2019)، بالإضافة لذلك فللمح استخدامات متنوعة في صناعة المواد الغذائية حيث يستعمل في إنتاج مجموعة واسعة من المنتجات مثل المعجنات والحلويات. كما تستخدم مشتقات الحبوب في صناعة العديد من المنتجات الغير غذائية كالأدوية، والورق والمنسوجات، الغراء، المنظفات والدهانات والبلاستيك ومؤخرا الوقود الحيوي (الوقود الأخضر). تعتمد جودة القمح على صلابة حيوية وتكوينه من البروتين والنشاء (Feillet, 2000).

3.I. الأصل الجغرافي للقمح

الأصل الجغرافي للقمح أحد المواضيع التي أثارت الكثير من الجدل والنقاش في القرن الماضي، واستعرض في هذا الصدد العديد من الفرضيات والنظريات (Tanno et willcox, 2006). يعد القمح من أوائل المحاصيل التي زرعها الإنسان منذ حوالي 7000 إلى 10000 سنة قبل الميلاد ضمن منطقة الهلال الخصيب بالشرق الأوسط، والتي تغطي كل من إيران، العراق، تركيا، سوريا، الأردن وفلسطين (Croston et al., 1998).

وأشار Lev-Yadun وآخرون (2000) إلى أن أصل الكلتيات ينحصر في منطقة أقل من الهلال الخصيب وقد اعتمدوا في هذا على دراسات نباتية، وراثية وأثرية.

تبين الخريطة شكل رقم (1) منطقة الشرق الأدنى المعروفة باسم الهلال الخصيب (المنطقة المحصورة داخل الحيز باللون الأخضر) والتي تضم كل من (فلسطين، الأردن، تركيا، سوريا، إيران، العراق) حيث تم انتشار أقدم البقايا الأثرية من الشعير، قمح Einkom (*Triticum monococoum*)، قمح Emmer (*Triticum Dicocum*)، التنوع الطبيعي للأقارب البرية في المنطقة والمؤشرات الجزيئية ومعلومات تسلسل الحمض النووي تدعم كون منطقة الهلال الخصيب وأطرافها الشمالية هو الموقع الأصلي لتدجين الحبوب "Triticeae" ومهد الزراعة منذ حوالي 10000 سنة (Feuillet et al., 2008).



شكل (1): منطقة الهلال الخصيب منشأ القمح (Paul Laurendeau, 2012).

ذكر Hillman وآخرون (2011) أن منشأ الأقماع البرية هو ضمن منطقة أبو هريرة على ضفاف نهر الفرات بدليل وجودها في هذه المنطقة إلى يومنا الحالي، وتشير الآثار بأن عملية تدجينه فقد تمت في ثلاث مناطق متقاربة (الهلال الخصيب).

- الأول ضمن أبو هريرة في سوريا.

- الثاني منطقة أريحا بالضفة الغربية في فلسطين.

- الثالث في منطقة Cayonu بتركيا.

واستنادا إلى الكثير من المعطيات الأثرية والنشئية، التطورية Phyllogenetics. يتضح وجود ثلاث مراكز رئيسية محتملة لنشوء القمح وهي: الشرق الأوسط، الشرق الأدنى، وشمال إفريقيا (Mackay, 2005). انتشرت زراعة القمح الصلب في المناطق الواقعة بين وادي الدجلة والفرات في العراق، ولاحقا ظهرت هذه الزراعة في مناطق أخرى تعتبر أيضا مركزا لتنوعه مثل: الشام، جنوب أوروبا وشمال إفريقيا كما انتشر أيضا في السهول الكبرى في أمريكا الشمالية والاتحاد السوفياتي (Elias, 1995) (Grignac, 1978).

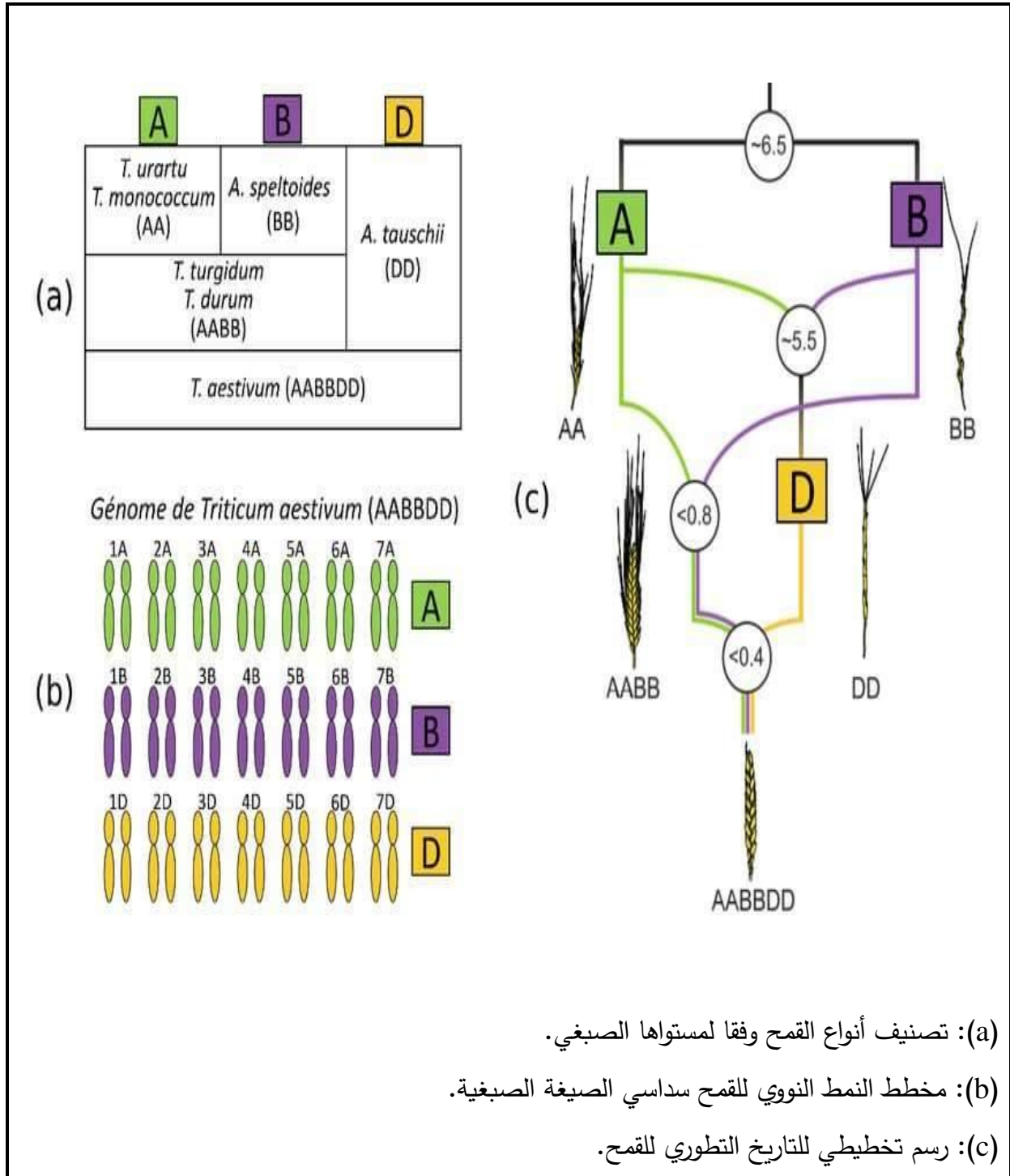
4.I. الأصل الوراثي للقمح

يعد القمح واحدا من النباتات الأكثر تنوعا وتعقيدا من حيث التركيب الوراثي، حيث يتبع جميع أصنافه الجنس *Triticum* الذي يضم العديد من الأنواع المهجنة والبرية كالقمح الصلب (*T.durum*) والقمح اللين (*T.aestivum*) والنوع قمح *Emmer* (*T.Dicoccum*)، والنوع *Einkom* (*T.monococoum*)، (*Mac*) (Fadden et Sears, 1967).

حسب Hayoun (2023) فإن أول تصنيف للقمح كان من قبل Schultz عام 1913، ثم تم تعزيزه من خلال الدراسات الخلوية لعدد الكروموزومات التي أجراها Sakamura عام 1918 والتي انتهت بتصنيف القمح إلى ثلاث مجموعات رئيسية: القمح ثنائي الصيغة الصبغية ($2n=14$, génome AA)، رباعي الصيغة الصبغية (القمح الصلب، AA et BB $2n=28$, génome) والقمح السداسي الصيغة الصبغية (القمح اللين، AA , BB et DD $2n=42$, génome).

يعتبر النوع *T.monococoum* L. *varurartu* ذو الصيغة الصبغية الثنائية ($2n=14$, AA) هو المانح للمجموعة الجينومية A، النوع *AegilopsSpeltoides* ثنائي الصيغة الصبغية ($2n=14$, BB) هو المانح للمجموعة الجينومية B، والنوع *Triticumtauschii* ($2n=14$, DD) هو المانح للمجموعة الجينومية D، ووجد النوعان *T.urartu* و *Ae.Speltondes* منذ حوالي 6.5 مليون سنة من سلف مشترك، في حين

النوع *T. tauschii* ينحدر من تهجين النوعين *T. urartu* و *Ae. Speltoides* منذ حوالي 5.5 مليون سنة، شكل رقم (2) (Marussen et al., 2014).



(a): تصنيف أنواع القمح وفقا لمستواها الصبغي.

(b): مخطط النمط النووي للقمح سداسي الصيغة الصبغية.

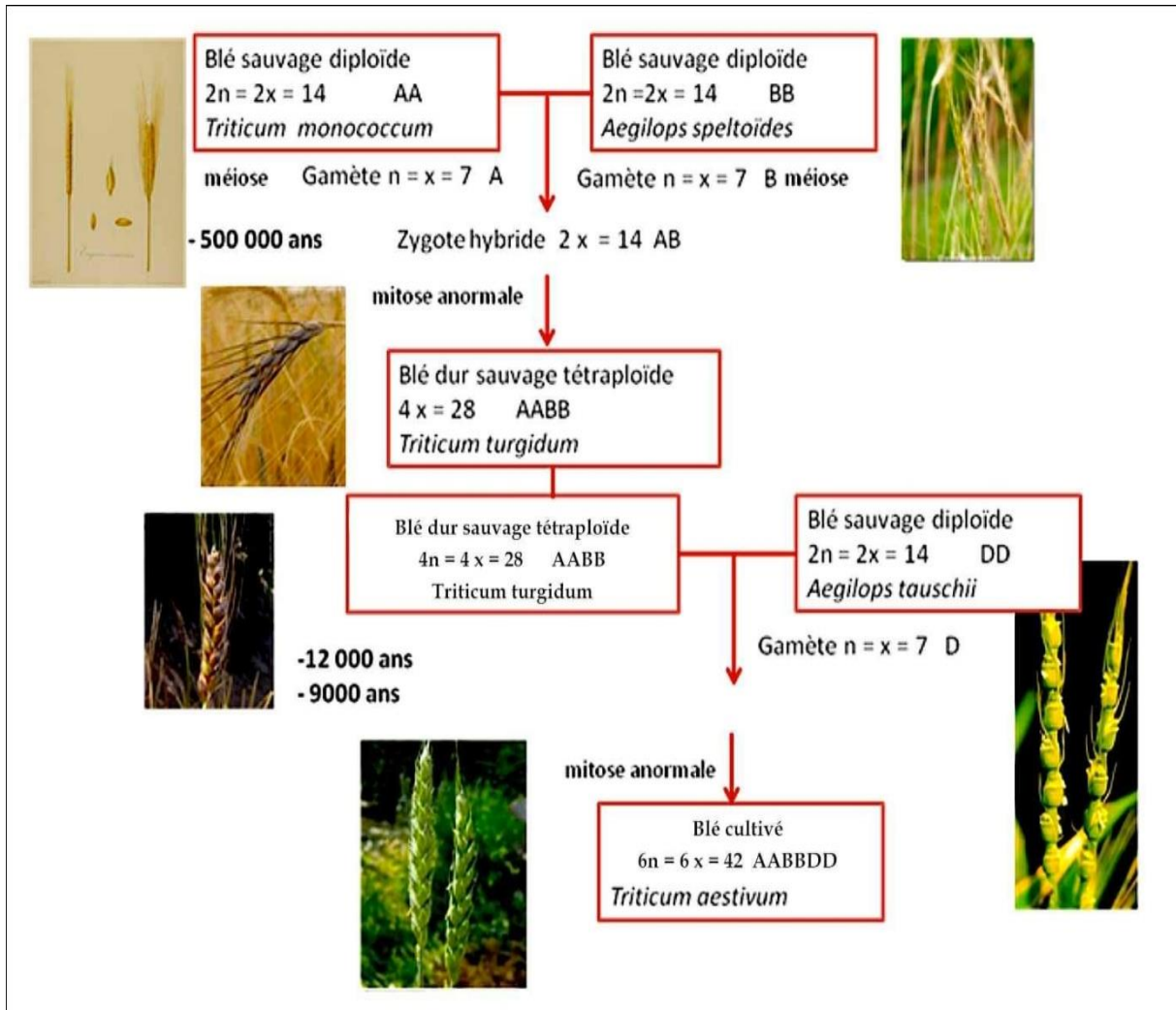
(c): رسم تخطيطي للتاريخ التطوري للقمح.

شكل رقم (2): رسم تخطيطي يوضح الأصل الوراثي للقمح (Marussen et al., 2014).

نتج القمح الصلب عن التصالب بين أجناس برية ذات الصيغة الصبغية (BB) والتي تعرف باسم *Ae.Speltondes* و جنس *T.urartu* ذو الصيغة الصبغية (AA) (Shewiy, 2009) ، (Feuillet et al., 2008).

بينما القمح اللين سداسي الصيغة الصبغية ($2n=42$) والذي يضم المجموعات الصبغية AA, BB et DD ، فيرجع تاريخ نشأته إلى حوالي 10000 سنة (الشكل C,B3).

ويفترض أنه نتج عن التصالب من أحد الأنواع رباعية الصيغة الصبغية $2n=28$ و *AA,BBT.Lurgidum* ونوع ثنائي الصيغة الصبغية (*DD*) *T.tauschi* (Marussen et al., 2014) شكل رقم (3).



شكل رقم (3): تاريخ تطور نسل القمح (Feldman et al., 1995).

5.I. الدراسة التصنيفية لنبات القمح

1.5.I. التصنيف النباتي

حسب (1960) Parts، (1960) Chade faud Emberger، (2000) Feillet يصنف القمح كما

هو مبين في جدول رقم (1).

جدول رقم (1): التصنيف النباتي للقمح.

| Classification | blé dur | blé tendre |
|----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Règne | Plantae (Règne végétale) | Plantae (Règne végétale) |
| Division | Magnoliophyta (Angiospermes) | Magnoliophyta (Angiospermes) |
| Classe | Liliopsida (Monocotylédons) | Liliopsida (Monocotylédons) |
| S/Classe | Commelinidae | Commelinidae |
| Ordre | Poale | Poale |
| Famille | Poaceae (ex Graminées) | Poaceae (ex Graminées) |
| S/Famille | Triticeae | Triticeae |
| Tribu | Triticeae (Triticées) | Triticeae (Triticées) |
| S/Tribu | Triticinae | Triticinae |
| Genre | <i>Triticum</i> | <i>Triticum</i> |
| Espèce | <i>Triticum durum</i> Desf. | <i>Triticum aestivum</i> L. |

وحسب APG III فيصنف نبات القمح حسب ما هو موضح في الجدول رقم (2).

جدول (2): التصنيف النباتي لنبات القمح حسب (APG III, 2009).

| Classification | blé |
|----------------|-----------------------------|
| Clade : | Angiosperme |
| Clade : | Monocotylédone |
| Clade : | Commelinidées |
| Ordre : | Poales |
| Famille : | Poaceae |
| Genre : | <i>Triticum</i> |
| Espèce | <i>Triticum aestivum</i> L. |

2.5.I. التصنيف الجيني للقمح

قام العلماء بتصنيف نبات القمح حسب عدد الكروموزومات وهو ما أشار إليه (2000) Feillet في

الجدول التالي:

جدول رقم (3): التصنيف الجيني القمح *Triticum* (Feillet, 2000).

| الشكل البري | الشكل المزروع | الاسم الشائع | عدد الكروموزومات (2n) | طبيعة الجينوم |
|---|------------------|----------------|--------------------------|---------------|
| T. boeoticum | T.monococcum | Engrain | 14 | AA |
| T. urartu | | | 14 | AA |
| T. dicoccoides | T. dicoccum | Blé poulard | 28 | AA BB |
| | T. durum | Blé dur | 28 | AA BB |
| | T. polonicum | Blé de polange | 28 | AA BB |
| | T. turgidum | | 28 | AA BB |
| | T. araraticum | | | |
| T. mon X T. spe x As (hypothetique) | T. aestivum | Blé tender | 42 | AA BB DD |
| | T. spelte | Epeautre | 42 | AA BB DD |
| | T. sphaerococcum | Blé indien | 42 | AA BB DD |
| | T. comatum | Nain | 42 | AA BB DD |
| | | Blé club | | |

3.5.I. التصنيف حسب مواسم الزراعة

حسب غناي (2019) عن (Soltner, 2005) يقسم القمح حسب مواسم زراعته إلى ثلاث مجموعات

وهي:

- القمح الشتوي (Les blés d'hiver)

يتمتع هذا النوع من القمح بدورة نمو تتراوح مدتها بين أربعة إلى سبعة أشهر ويزرع عادة خلال فصل الخريف، ما يجعله مناسباً للزراعة في المناطق ذات المناخ المتوسطي، حيث يتعرض لفترة ارتباج تحت درجات حرارة بين 1 و 5°م، مما يسمح له بالمرور من المرحلة الخضرية إلى المرحلة التكاثرية.

- القمح الربيعي (Les blés de printemps)

تتراوح دورة نمو هذا النوع من القمح من 3 إلى 6 أشهر، حيث لا تحتوي على فترات غير نشطة، بالإضافة إلى ذلك فإنه غير قادر على التكيف مع درجات حرارة منخفضة، تتأثر مرحلة الإنبال لهذا النوع من القمح بطول فترة الإضاءة.

- القمح المتناوب (Les blé salternatif)

يعتبر هذا النوع من القمح وسطياً بين أنواع القمح الشتوي والربيعي، ويتمتع بخاصية مميزة تتمثل في مقاومته للبرودة.

6.I. الوصف المورفولوجي للقمح

حسب lala (2011) و Fellahi (2013) القمح نبات عشبي حولي ذو نمط شتوي أو ربيعي، تعتمد دورة حياته على النوع، تاريخ الزراعة، الظروف المناخية، التربة ونوعيتها وخصوبتها، دورة حياته تتراوح من 6 إلى 9 أشهر عند معظم الأصناف.

نبات القمح كمعظم الكلثيات يتكون من الجهاز الخضري الذي يضم كل من الجهاز الهوائي والجهاز الجذري أما الجهاز الثاني فهو الجهاز التكاثري (Soltner, 2016) شكل رقم (4).

1.6.I. الجهاز الخضري (L'appareil végétatif)**1.1.6.I. الجهاز الهوائي (L'appareil aéween)****- الساق**

الساق أسطوانية، قائمة، ذات سلميات مجوفة (Internodes) تفصل بينهم عقد مصمتة (Nodes) (Clark, 2002). عدد السلميات في الغالب بين 5 و7 أغلبها مغلف بأغمد الأوراق التي تقوم بحماية السلميات الغضة وبدعمها أثناء النمو (محمد وآخرون، 2001).

ينمو الساق طولياً باستطالة سلامياته وتوجد منطقة النمو عند قاعدة كل سلامية، تبدأ السلامية السفلى أولاً في الاستطالة وتتبعها السلميات الأخرى حتى العلوية منها وهي أطولها وأقلها سمكا تحمل في نهايتها النورة، يختلف الطول النهائي للساق باختلاف الصنف والبيئة، إلا أنه يتراوح بين 60 سم إلى 150 سم (محمد، 2000)، تتميز الكثير من أنواع القمح بوجود ما يسمى بالساق (Barbes) التي تلعب دوراً مهماً عند امتلاء الحبوب والنضج، معظم نبات القمح لها سوق رئيسية وعدد من السيقان الفرعية (أشطاء) (Bougard, 2011) و(Boualal, 2007).

- الأوراق

كباقي الكئيات، الأوراق الخضرية في القمح مرتبة في صنفين متقابلين (Kirby, 2000)، لكل ورقة جزء قاعدي يسمى الغمد يلتف حول الساق وزائدة غشائية تدعى اللسن وزوج من الأذنا عند قاعدة النصل الشريطي (محمد، 2000).

2.1.6.I. الجهاز الجذري (L'appareil radicaire)

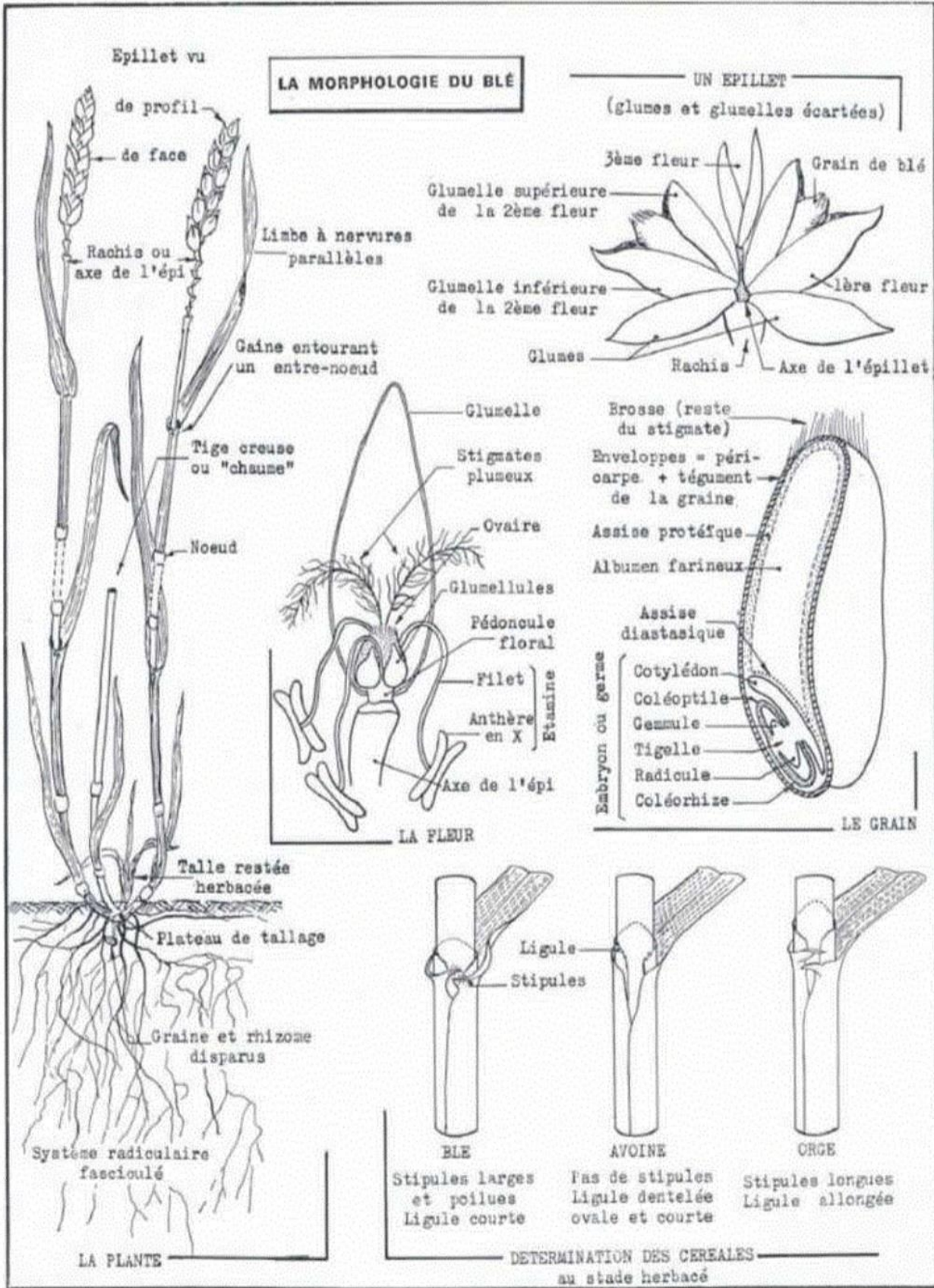
يتميز نبات القمح بنظام جذري ليفي وهو نوعان (Soltner, 1980):

- الجذور الجنينية

جذور أصلية، تنشأ من الجنين مباشرة عند الإنبات وذكر Moule (1971) أن النظام الجذري الجنيني يتكون من جذر رئيسي وزوجان من الجذور الجانبية أي خمسة جذور في المجموع وفي الأخير يظهر الجذر السادس انطلاقاً من lépiblaste.

- الجذور العرضية

تسمى أيضا الجذور التاجية، تظهر عند بداية الإشطاء، تعمل الجذور العرضية على تأمين التغذية والنمو للنبات بالتعاون مع الجذور الجنينية، عدد الجذور التاجية عموما حسب (Zeddig et al., 2007) هو جذران لكل شطاً متشكل، تتميز هذه الأخيرة بطول قطر أكبر من طول قطر الجذور الجنينية (2019، غناي).



شكل رقم (4): مخطط يبين الوصف المورفولوجي للمح الصلب (Soltner, 2005).

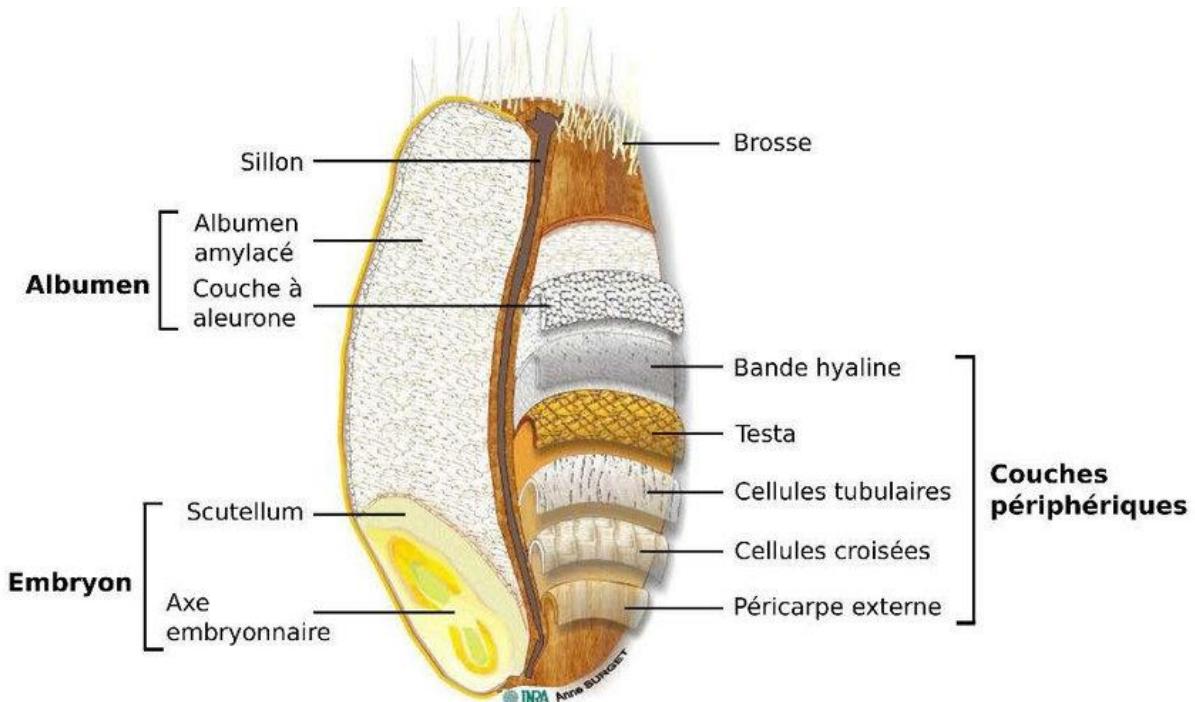
2.6.I. الجهاز التكاثري (L'appareil reproductif)

- النورة

عبارة عن سنبل (عنقود) مركبة مكونة من سنبيلات محمولة على محورها وتكون مرتبة بالتبادل على جانبي هذا المحور (Le rachis) (كذلك، 2000)، تحوي السنبيلة الواحدة من (1 إلى 5) زهرات تكون محمية من القاعدة بواسطة قنابطين 2bractées تسمى كل واحدة بالقنبعة أو العصفة La glume، واحدة علوية والأخرى سفلية، على محور السنبيلة تتوضع الأزهار محاطة بقنابطين تعرف كل واحدة بالعصيفة Glumelles (Dupond et Gugrard, 2001).

- الحبة

تختلف حبوب القمح في أحجامها وأشكالها وألوانها باختلاف الأصناف، يتراوح طولها بين 3 و 8 ملم وعرضها بين 2 و 4 ملم وسمكها 2.5 و 3.5 ملك وأوزانها 20 إلى 50 ملغ. حبة القمح متطاولة الشكل، قليلة أو كبيرة التحدب في وسطها أخدود عميق يظهر في نهايتها العلوية القليلة من الوبر، أما الجهة السفلية فتكون أكثر تغلضا يتمركز فيها الجنين (Feillet, 2000) شكل رقم (5).



شكل رقم (5): رسم تخطيطي لحبة القمح (Surget et Barron, 2005).

7.I. دورة حياة نبات القمح

هناك عدة مقاييس تستخدم لتقييم الدورة الحياتية نذكر منها: مقياس Jonard (1951)، مقياس Feekes (1954)، ومقياس Haun (1973) الذي يعتبر مهم لتحديد مراحل النمو الخضري، وأيضاً يوجد مقياس Zadoks (Zadoks et al., 1974) جدول رقم (4).
جدول رقم (4): مراحل الدورة الفينولوجية حسب (Soltner, 2005).

| | STADE | JONARD | FEEKES | ZADOKS | CARACTÉRISTIQUES (brin maître) |
|------------|---|--------|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| Levée | Levée | | | 7 | Sortie du coléoptile |
| | 1 feuille | | 1 | 10 | 1ère feuille traversant le coléoptile |
| | 2 feuilles | | | 11 | 1ère feuille étalée |
| | 3feuilles | | | 12 | 2ème feuille étalée |
| Tallage | Début tallage | | 2 | 21 | Formation de la 1ère talle |
| | Plein tallage | A | 3 | 22 | 2 à 3 talles |
| | Fin tallage | | 4 | 23 | |
| Montaison | Début Montaison Épi à 1 cm | B | 5 | 30 | Sommet de l'épi distant à 1 cm du plateau de tallage |
| | 1 nœud | C 1 | 6 | 31 | 1 nœud |
| | 2 nœuds | C 2 | 7 | 32 | 2 nœuds |
| | Gonflement L'épi gonfle la gaine de la dernière feuille. | | 8 | 37 | Apparition de la dernière feuille |
| | | D | 9 | 39 | Ligule juste visible (méiose mâle) |
| | | | 10 | 45 | Gaine de la dernière feuille sortie |
| | Épiaison | E | 10-1 10-2 10-3 10-4 10-5 | 49-51 53 55 57 59 | Gaine éclatée 1/4 épiaison 1/2 épiaison 3/4 épiaison Tous les épis sortis |
| Floraison | | | 10-5-1 | 61 | Début floraison |
| | | F | 10-5-2 | 65 | Demi-floraison |
| | | | 10-5-3 | 69 | Floraison complète |
| Maturation | Formation du grain | Mo | 10-5-4 | 71 | Grain formé |
| | | | 11-1 | 75 | Grain laiteux |
| | | 11-2 | 85 | Grain pâteux | |
| | | 11-3 | 91 | Grain jaune | |
| | | M | 11-4 | 92 | Grain mûr |

قسم Benlaribi وآخرون (2014) حسب شكل رقم (6) دورة حياة القمح إلى 3 مراحل أساسية وهي:

1. الفترة الخضرية (**Période végétative**): وتضم 3 أطوار:

- طور الزرع - البروز: La phase semis – levée

- طور البروز - بداية الإشطاء: La phase levée – début tallage

- طور بداية الإشطاء - بداية الصعود: La phase de but tallage – début montée

2. الفترة التكاثرية (**Période reproductrice**): وتضم 3 أطوار:

- طور تشكل بداءات التسنبل: La phase de formation d'ébauches d'épillets (AB)

- طور التمايز الزهري: La phase de spécialisation florale (stade BD Jonard)

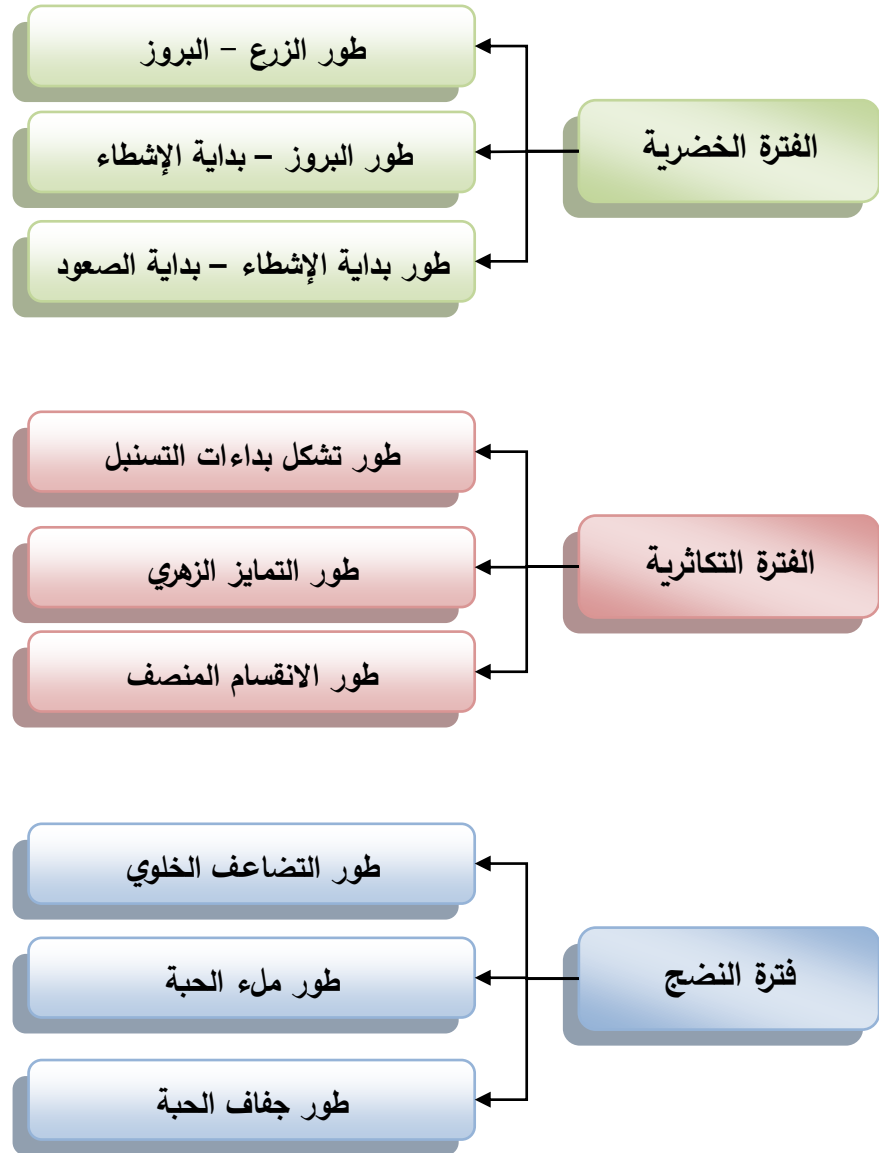
- طور الانقسام المنصف والإخصاب: La phase méiose – fécondation (stade DF Jonard)

3. فترة النضج (**Période NATURATION**): وتضم 3 أطوار:


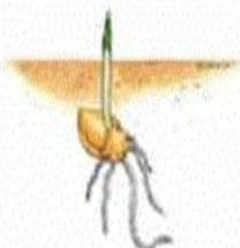
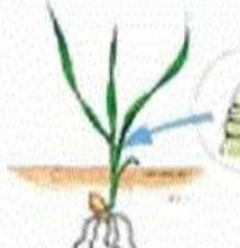









- طور التضاعف الخلوي: La phase de multiplication cellulaire

- طور ملء الحبة: La phase de remplissage du grain

- طور جفاف الحبة: La phase de dessiccation



شكل رقم (6): مخطط يوضح مراحل دورة نبات القمح (Benlaribi et al., 2014).

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 1- La germination | 2- La levée | 3- Trois feuilles | 4- Début tallage |
|  |  |  |  |
| 5- Épi à 1 cm | 6- Un nœud | 7- Méiose pollinique | 8- L'épiaison |
|  |  |  |  |
| 9- La floraison | 10- Bâillement | 11- Grain formé | 12- Épi à maturité |

شكل رقم (7): مراحل دورة حياة نبات القمح (AitSlimane et Ait Kaki, 2008).

8.I. أهمية القمح في العالم والجزائر

خلال السنوات الأخيرة، تراوح الإنتاج العالمي للقمح الصلب بين 35 و41 مليون طن، ويحتل بذلك المرتبة الثالثة بعد كل من الذرة والقمح اللين، يعتبر زراعة القمح الصلب أكثر ربحا نظرا لدوره كغذاء رئيسي لجزء كبير من سكان العالم، ويتميز بغناه بالبروتين والمعادن ومضادات الأكسدة مقارنة بالحبوب الأخرى (Marcotuli et al., 2020)، تعتبر منطقة البحر الأبيض المتوسط مركز زراعة القمح الصلب وأدى ظهور أصناف جديدة تتكيف بشكل أفضل مع البيئات الأخرى إلى توسع زراعة هذا النوع من القمح في مناطق عديدة في العالم (Hayoun, 2023). في الواقع تتم زراعة القمح الصلب حاليا بشكل رئيسي في المناطق ذات مناخ البحر الأبيض المتوسط، وتعتبر بلدان شمال إفريقيا أكثر الدول استيرادا لهذا النوع من القمح، أما بالنسبة لأهم المنتجين عالميا فتشمل تركيا، كندا تليها الجزائر وإيطاليا والهند (Sall et al., 2019).

في الجزائر تحتل زراعة الحبوب مكانة إستراتيجية ليس فقط بسبب دورها التقليدي كغذاء، ولكن أيضا بفضل دورها الاجتماعي، الاقتصادي والسياسي.

ومع ذلك، فإن إنتاج الحبوب لا يزال غير كاف، حيث لا يلبي إلا نسبة ضئيلة تتراوح بين 25 إلى 30% من احتياجات السكان (Chaurghal et al., 2016) الذي يصل إلى حوالي 8 مليون طن سنويا (FAO, 2022).

ووفقا لإحصائيات وزارة الفلاحة والتنمية الريفية الجزائرية، تقدر مجموع المساحة المخصصة لزراعة الحبوب بـ 3 185 647 هكتار منها 1 579 080 هكتار خاصة بزراعة القمح الصلب، بينما تحتل زراعة الشعير غالبية هذه المساحة، وقدر إنتاج الحبوب الوطني خلال عام 2019 بحوالي 56 مليون قنطار في المتوسط، ومع ذلك يبقى إنتاج الحبوب منخفضا ويتميز بعدم الاستقرار، ويرجع ذلك أساسا إلى تدهور الظروف المناخية خاصة مع موجات الحر العالية وظهور العجز المائي (Belagrouz et Chennal, 2016).

تعتبر كمية التساقط خلال السنة العامل المحدد الرئيسي للمناطق المخصصة لزراعة القمح وعلى هذا الأساس تتركز زراعة القمح في الجزائر في 3 مناطق تعتبر أكثر ملائمة وهي: المنطقة الساحلية بـ 600 مم، السهول الداخلية بـ 450 مم، والجزء الشمالي من الهضاب العليا بـ 350 إلى 400 مم، تبقى الجزائر واحدة من أكبر مستوردي القمح في العالم، ويعد العجز المائي وارتفاع درجات الحرارة في نهاية الدورة أكثر معوقات إنتاج القمح (Mansoui et al., 2018).

9.I. العوامل المحددة لإنتاج القمح**1.9.I. المحددات البيئية**

يتحدد محصول القمح في كثير من الأحيان بالظروف البيئية كما يتعرض لعدد كبير من الإجهادات الحيوية واللا حيوية. غالبا ما تكون الإجهادات اللا حيوية التي تحد من مردود القمح ذات طبيعة مناخية مثل: درجات الحرارة المرتفعة، الصقيع والجفاف أو ذات علاقة بالتربة مثل: حموضة التربة (Zahri et al., 2013).

2.9.I. المحددات الحيوية

خلال دورة حياته يتعرض القمح إلى عدة عوامل ممرضة حسب ما هو موضح في جدول رقم (5).

جدول رقم (5): أهم أنواع العوامل الممرضة للقمح خلال دورة حياته (بن شيخ، 2020).

| العوامل الممرضة | الأسماء العلمية | المصادر |
|-----------------|---|---|
| البكتيريا | Xanthomonascampestrispv. translucens | (Djebari, 2005) |
| | Erwiniarhapontici | |
| | Pseudomonas viridiflava | |
| | Pseudomonasfuscovaginae | |
| | Pseudomonassyringaepv. atrofaciens | |
| | Rathayibactertritici Clavibactertritici | |
| الفيروسات | BYDV (Barley Yellow DwafVirus) | (Boubetra et Mohamedu, 1998) (Sayoud et al., 1999) |
| | WSMV (Wheat Streak Mosaic Virus) | |
| | WSSMV Wheat Spindle Streak Mosaic Virus) | |
| | BSMV (Barley Stripe Mosaic Virus) | |
| النيماطودا | HeteroderaavenaeWollenweber | (Mokabli, 2002) |
| | HeteroderamamiMathews | |
| | Heteroderalatipons Franklin | |
| القوارض | Avenasterilis L. (folle avoine) | (Hamadache, 2013) |
| | Phalaris paradoxa L. (l'alpiste) | |
| | Sinapisarvensi L. (moutarde des champs) | |
| | Loliummultiflorum L. (le ray-grass) | |
| | Bromusrigidus L. Bromusmadritensis L. | |
| | Oxalis cernual L. | |
| الحشرات والطيور | Les insectes (la punaise des céréales, la cédidomyie jaune, la mouche mineuse, le puceron des céréales et la tordeuse des céréales) | (Boulal et al., 2007) |
| | Les oiseaux (les moineaux, la tourterelle) | |
| | Les rongeurs (les rats des champs et les souris) | |

II. الإجهاد (Stress)

الإجهاد هو في الأساس مفهوم فيزيائي، يعرّف على أنّه القوة المطبقة على وحدة سطح الجسم، واستجابة للإجهاد يقاوم الجسم التغير في الشكل والأبعاد (Hopkins, 2003)، وبالرغم من تعريف الإجهاد بشكل دقيق في علم الميكانيك يبقى أقل دقة في علم البيولوجيا (Majeed, 2016)، فقد عرّفه levitt (1980) أنّه كل عامل بيئي يخلق توترا وضغطا غير مناسب لحياة الكائنات الحية، أمّا مصطلح مقاومة الإجهاد فهو قابلية الكائن الحي للعيش بوجود هذا العامل المضر، بل حتى النمو في ظلّه، وبحسب Hopkins (2003) فالإجهاد هو كل ظرف خارجي معاكس يؤثر في النمو والأداء الوظيفي للنبات ويقلل من الإنتاجية.

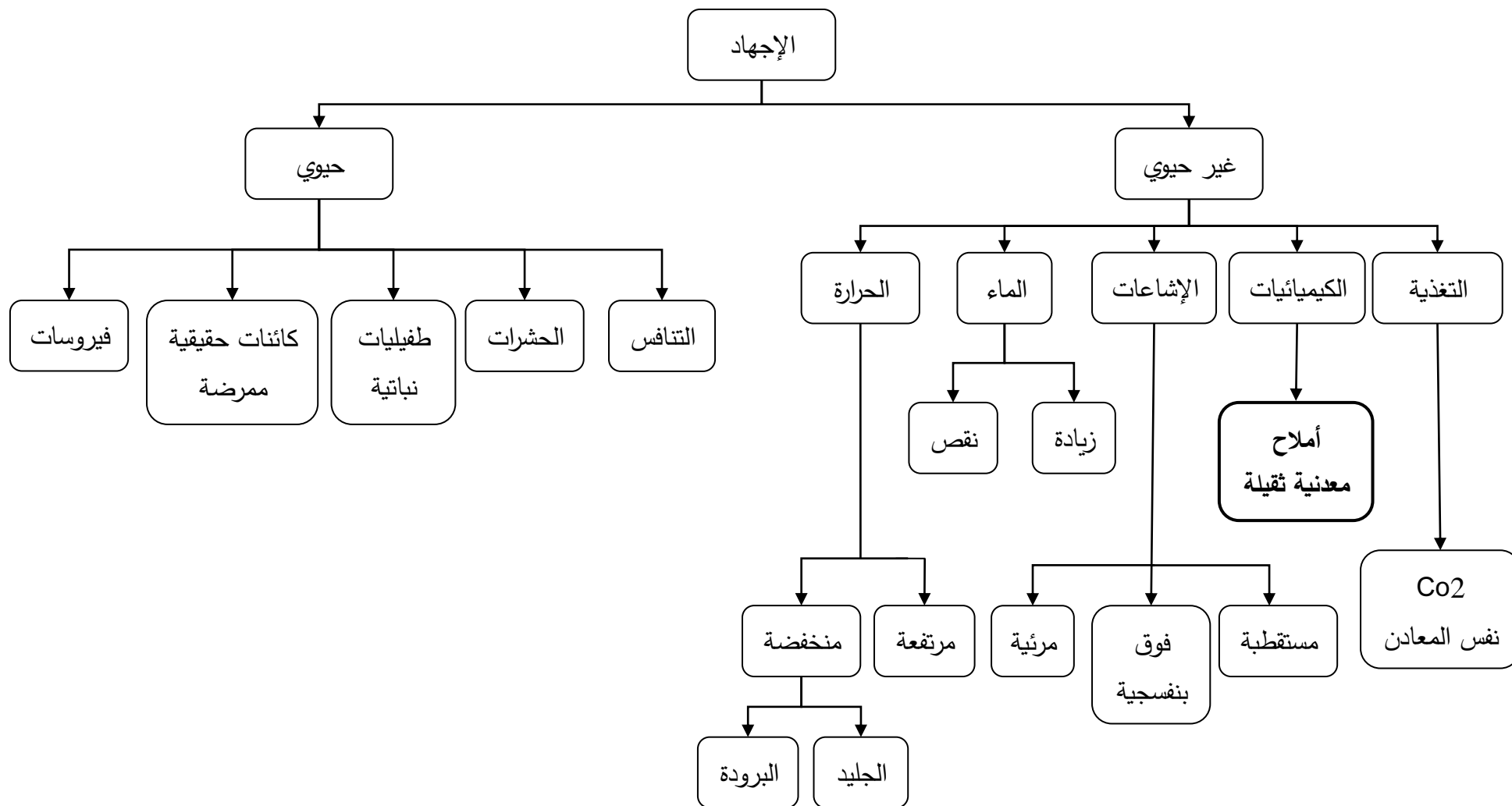
صنف Ernst وآخرون (2002) الإجهاد الذي يتعرض له النبات إلى إجهاد حيوي (Bioticstress) الناتج عن الكائنات الحية مثل: الفطريات، البكتيريا، الفيروسات وإجهاد لا حيوي (Abioticstress) والمتمثل في جميع العوامل البيئية: الماء (زيادة أو نقصان)، درجة الحرارة المرتفعة والجليد، الملوحة وغيرها والتي تؤدي إلى خلل في الأداء الوظيفي للنبات (Boucelha, 2015). شكل رقم (8)



شكل رقم (8): أنواع الإجهادات عند النباتات (Koubaa, 2019).

ويمكن لهذه العوامل منفردة أو متجمعة أو متداخلة فيما بينها أن تنتج تنوعا في الإجهاد مما ينجم عنه

تنوع في أنواع التأقلم على مستويات جزيئية، خلوية وعضوية (Ernst et al., 2002). شكل رقم (9)



شكل رقم (9): تصنيف الإجهاد حسب (Ernst et al., 2002).

1.II. الإجهاد المائي (stress Hydrique)

يشكل الإجهاد المائي تهديدا طبيعيا وعائقا دائما أمام الإنتاج الزراعي في مختلف أنحاء العالم (Moussa, 2017) خاصة في المناطق الجافة والشبه جافة التي تشهد اضطراب في التساقط من سنة إلى أخرى (Elmourid et al., 1996) وبحسب adda وآخرون (2005) فمناخ البحر الأبيض المتوسط يتميز بفترات جفاف لا يمكن التنبؤ بها مما يحد بشكل كبير من إنتاج النباتات والحبوب على وجه الخصوص. تتفاقم مخاطر ندرة المياه خاصة مع تغيير المناخ الناجم عن ظاهرة الاحتباس الحراري (witcombe et al., 2008) وتظهر توقعات معهد الموارد العالمية لعام 2040 أن ندرة الموارد المائية في تزايد مستمر، ومن المتوقع أن تواجه أكثر من 44 دولة مستويات عالية للغاية وعالية من الإجهاد المائي بحلول 2040. شكل رقم (10)



شكل رقم (10): الإجهاد المائي: البلدان الأكثر تأثرا بحلول عام 2040.

المصدر: (Statista.com-Tris-tanGaudiaul 21 mars2022)

كما توضح الخريطة في شكل رقم (10) فإن مناطق شمال إفريقيا والشرق الأوسط يعانيان أعلى مستويات الإجهاد المائي في العالم ويتحلمان بالفعل وطأة آثار تغيير المناخ (Statista.com-Tris-tan Gaudiaul 21 mars2022).

يعد الإجهاد المائي أحد أنواع الإجهاد البيئي الغير حيوي الذي يشير إلى قلة أو زيادة الماء في محيط النبات، وعلى هذا الأساس يستعمل تعبير إجهاد الجفاف Drought Stress والذي هو نوع من الإجهاد المائي

نتيجة لتقص الماء دون زيادته (ياسين، 1992) وعرف Frank (1987) مصطلح الإجهاد التجفيفي على أنه فقدان النبات للماء من سطح التربة عن طريق التبخر أو من النبات بعملية النتح.

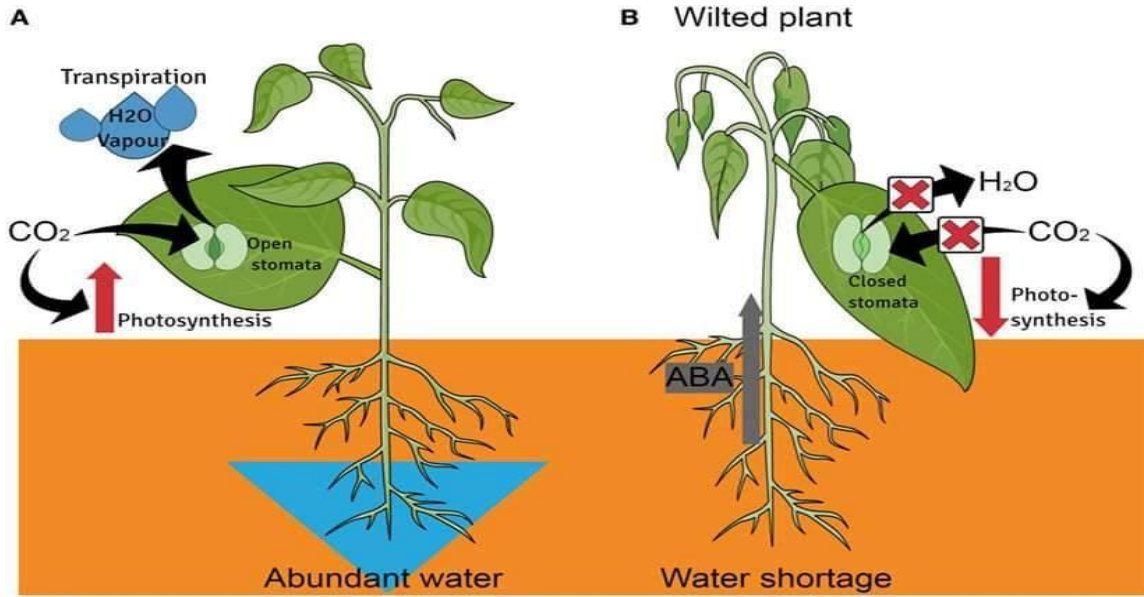
وذكرت Hayoun (2023) عن كل من (Tardieu, 2012) و (Du et al, 2013) أن الإجهاد المائي هو اختلال في التوازن بين كمية الماء المتاحة في التربة ومتطلبات النبات من النتح الناجم عن الظروف البيئية. أما (Passioura, 2006) فأشار أن الإجهاد المائي هو الحالة التي يُظهر فيها النبات انخفاضاً في النمو والإنتاج بسبب نقص الإمدادات المائية. في الزراعة نتحدث عن الجفاف عند استنزاف الماء في المنطقة الجذرية وهذا يعني أن محتوى الماء في التربة انخفض إلى ما يقارب النسبة المئوية للذبول الدائم (2000، الهلال).

قد يرجع سبب الإجهاد المائي عن النبات إلى الملوحة المفرطة في التربة أو إلى الصقيع الذي يؤدي إلى تبلور جزيئات الماء في الأنسجة النباتية مما يقلل الإنتاج الزراعي (Bousba, 2012) (Chaumeil, 2006). ويعد الجفاف أكبر عائق محدد لنمو المحاصيل ومردودها من باقي الإجهادات البيئية الأخرى (Zhu, 2002).

2.II. تأثير الإجهاد المائي على النبات

للإجهاد المائي تأثيرات سلبية متعددة وذلك على مستويات مرفولوجية، فيزيولوجية، هرمونية وكذلك على مستوى العمليات الحيوية.

فعلى المستوى المرفولوجي يؤدي الإجهاد المائي إلى انخفاض في النمو (Saab and Sharp, 2004)، أما من الناحية الفيزيولوجية فيؤدي إلى انغلاق الثغور ومن ثم خفض في معدل التركيب الضوئي والنتح (Lawle Cornic, 2002)، على المستوى الهرموني يؤدي الإجهاد المائي إلى تراكم حمض الأبسيسيك (ABA) في أوراق النباتات المجهددة وكذلك لوحظ تراكم للإثيلين مع انخفاض للسيتوكينين وهذا الخلل في التوازن الهرموني يكون له انعكاس على نمو النبات فيؤدي إلى الشيخوخة وحتى إلى الموت مع زيادة مدة الإجهاد المائي (Wilkinson and Davies, 2010). شكل رقم (11)



شكل رقم (11): تأثيرات الإجهاد المائي على النبات (Christell, 2021).

1.2.II. تأثير الإجهاد المائي على مؤشرات النمو المرفولوجية

يعد الجفاف من أهم العوامل الغير حيوية التي تؤثر على نمو النبات وتحد من تطوره ومردوده في المناطق الجافة والشبه جافة (AOA, 2001).

يعتبر كل من الذبول، اصفرار النبات، التساقط المبكر للأوراق أهم التغيرات المظهرية الملاحظة على النبات استجابة للعجز المائي ومع زيادة مدته قد يؤدي إلى موت النبات في أغلب الأحيان (Salehi et Bakh, 2016, in Hayoun, 2023).

حسب Yang (2021) فإن العجز المائي الشديد في مراحل النمو الخضري للنبات يؤدي إلى انخفاض طوله، ذبول الأوراق وتغير في مساحة وعدد الأوراق، وتعتبر الورقة العضو الأكثر حساسية لنقص الماء (Wassie et al, 2023) وفي دراسة لـ (1995) خلصت أن تعريض النبات للعجز المائي في مراحل نموه الخضري يؤدي إلى اختزال نمو كل من الساق، الأوراق والجذور ومن ثم خفض المادة الجافة المتراكمة، في بعض الأحيان لا يكون للجفاف الخفيف آثار سلبية على نمو الجذور (Valliere et al., 2019) in (wahab et al., 2022).

أشار Kabiri (2010) أن تأثير العجز المائي يختلف باختلاف مراحل نمو النباتات، وهو أقل تأثيراً في مراحل النمو الخضري مقارنة بتأثيره في المراحل التكاثرية التي تؤدي إلى خفض الحاصل والإنتاجية.

تشير العديد من الدراسات إلى أن العجز المائي يتسبب في العديد من التغيرات الفيزيولوجية والكيميائية والتي بدورها تؤدي إلى اختزال نمو النبات لا سيما تقلص حجم الورقة، استطالة الساق، كذلك يثبط انقسام الخلايا واستطالتها (Disante et al., 2011) in (2023، أحمد).

كما أكد خليل (2019) فإن الإجهاد المائي له تأثير على استطالة الخلايا أكثر من تأثيره على انقسامها كما أنه يُنقص في نمو الأعضاء التكاثرية (Neffar, 2013).

في دراسة للدّعي (2015)، أشارت إلى أن نقص الإمدادات المائية خفّض من عدد الأفرع لأغلب النباتات وذلك لقلة معدل التركيب الضوئي وبعض المغذيات الممتصة لحدوث تغيير في مستوى الهرمونات النباتية، وأشار احمد (2020) عن (حسن، 2014) أن الإجهاد المائي يسبب قلة انقسام واستطالة خلايا الساق نتيجة انخفاض الجهد المائي للخلايا النباتية، وأن اختزال الغطاء الخضري بشكل عام يسمح للضوء بالنفوذ بكميات كبيرة مما يثبط نشاط الأوكسين Auxine (هرمون نباتي) المرتبط بعملية استطالة الخلايا.

II.2.2. تأثير الإجهاد المائي على مؤشرات النمو الفيزيولوجية

ترتبط العمليات الفيزيولوجية التي تساهم بشكل كبير في نمو النباتات مثل: التنظيم الأسموزي، التركيب الضوئي، التبادل الأيوني، النتح، نقل المغذيات، التفاعلات الأيضية والتنفس وتوليد الطاقة (ATP) ارتباطا كبيرا بتوفر الماء (Zlatorowicz et al., 2017 in Hayoun, 2023).

يعد المحتوى المائي النسبي للأوراق أحد أهم المؤشرات الفيزيولوجية التي تحدد الحالة المائية للنبات وانخفاضه هو أول أعراض استجابة النبات للإجهاد المائي (Hussain et al., 2018).

وبحسب Kapoor وآخرون (2006) فإن هناك علاقة طردية بين المحتوى المائي النسبي وكذلك معدل نمو الأنسجة الورقية للنبات.

يؤثر الإجهاد المائي في عمليات الإنتاج الخلوي والانقسام مما يقلل من حجم وعدد الخلايا ويزيد من محتوى حمض الأبسيسيك Abscisic Acid الذي يؤدي غلق الثغور وبالتالي يؤثر على عمليتي التنفس والتركيب الضوئي وتدفق أيونات البوتاسيوم داخل الخلايا الخارجية (الفتلاوي، 2013).

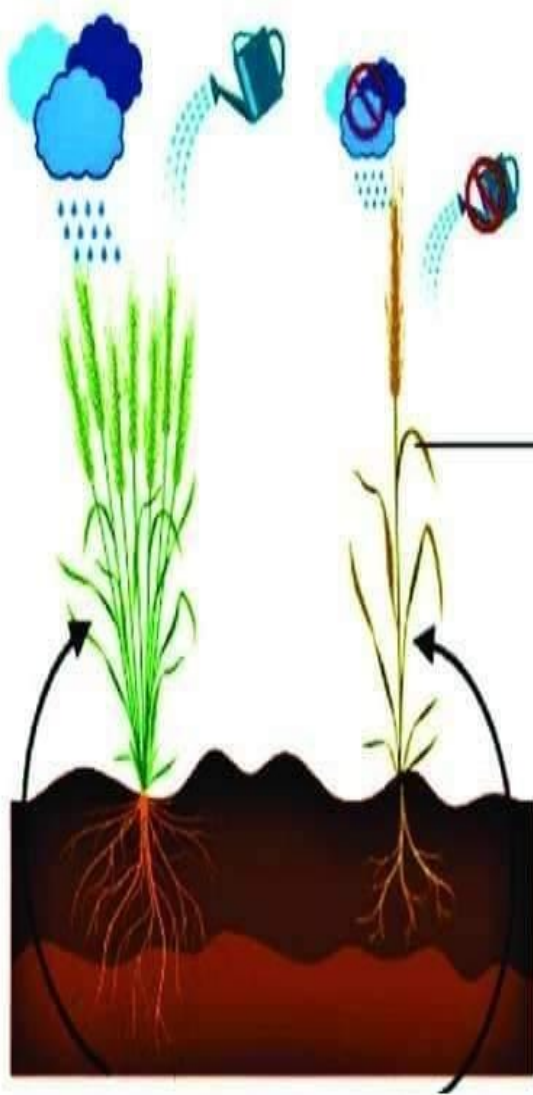
إذا كان انغلاق الثغور للتقليل من فقدان الماء وسيلة للنبات للتكيف مع الإجهاد المائي فهو يؤدي إلى خفض تدفق ثاني أكسيد الكربون ومن ثم تراجع معدل التركيب الضوئي (Hopkins, 2023) (Kappor,) (2020) (Saares et al, 2019).

يؤدي الإجهاد المائي إلى فقدان الأوراق للماء عن طريق زيادة النتح وتراكم الأثلين والتفاف الأوراق وهذا ما يسبب فقدان المساحة الورقية المسؤولة على عملية البناء الضوئي مما يؤدي إلى حمض المادة الجافة (Terfi et kadioglu, 2007).

تعتبر عملية التركيب الضوئي عملية حيوية حساسة لتأثيرات الإجهاد المائي (Lawlor, 2002). إن انخفاض معدل التركيب الضوئي هو استجابة حتمية لنقص الإمدادات المائية ويُعزى ذلك إلى محدودية الثغور (Iunnu cci et al, 2000) هذا ما خلصت إليه معظم الدراسات إلا أنه هناك أبحاث أخرى استنتجت أن هناك عوامل ثانية أساسية تساهم في تراجع معدل البناء الضوئي في ظل الإجهاد المائي غير غلق الثغور (Meyer and genty, 1999) فحسب (Da Matta, 2004) معدل التركيب الضوئي يتناقص مع التغيرات الكمية والنوعية للصبغات اليخضورية وتقلص مساحة الورقة وتدهور مستقبلات التمثيل الضوئي والنشاط الأنزيمي (Marocoet al., 2002) كذلك انخفاض محتوى الأوراق من الكلوروفيل تحت ظل الإجهاد المائي (parida et al., 2007) الذي يرجع أساسا إلى الإضرار بالبلاستيدات الخضراء بواسطة ROS (الجزور الأوكسجينية) يخفض من معدلات البناء الضوئي.

يسبب الإجهاد المائي الإجهاد التأكسدي مما يؤدي إلى إتلاف الأغشية البيولوجية والجزئيات الكبرى (الحمض النووي والبروتينات والدهون وأصباغ التمثيل الضوئي (Wahab et al., 2020) in (Aliet et al., 2020) (2022)

يؤدي الإجهاد المائي إلى غلق الثغور، انخفاض معدلات النتح، كما يسبب تراجع معدل التركيب الضوئي، والتنفس وامتصاص الأيونات والنقل وتكوين الكربوهيدرات وأيضا المغذيات ومحفزات النمو ويقوم بتنشيط الفعاليات الأنزيمية (Mewis et al, 2012) كذلك تراكم المواد الذائبة مثل Sorbitol و Manitol و Proline، وتراكم حمض الأيسيك (ABA) وتحفيز مضادات الأكسدة مثل: Ascorbate و Tocopyrorle وغيرها (Faizeatal, 2011). شكل رقم (12)



نبات مجهد
(جفاف)
نبات في ظروف
طبيعية (مروي)

التأثيرات المرفولوجية:

- تقلص المساحة الورقية.
- نقص حجم وعدد الأوراق.
- طول النبات.
- تسارع الشيخوخة.
- النضج الفوري.
- زيادة نسبة نمو الجزء الجذري إلى الجزء الخضري.

التأثيرات الفيزيولوجية:

- غلق الثغور.
- انخفاض معدل التركيب الضوئي.
- خفض النتج ومحتوى الماء النسبي.
- انخفاض محتوى الكلوروفيل.

التأثيرات البيوكيميائية:

- انخفاض في كفاءة الروبيسكو.
- ارتفاع إنتاج ROS.
- تراكم المواد المعدلة الحلولية.
- إعاقة نظام الدفاع المضاد للأكسدة.

شكل رقم (12): تأثيرات الإجهاد المائي على العمليات المرفولوجية والفيزيولوجية والبيوكيميائية للنباتات (Wahab et al., 2022)

II.3.2. تأثير الإجهاد المائي على نمو القمح ومردوده

تُعاني جميع المناطق المنتجة للقمح في دول العالم تقريبا من ندرة وقلة الإمدادات المائلة خلال دورة نمو القمح وهذا النقص يؤدي إلى انخفاض نمو وإنتاجية محصول القمح (Zhao et al., 2020)، من خلال التأثير على شكل النبات ووظائفه الحيوية (Hayoun, 2023). إن لندرة الماء تأثير محبط على إنتاجية المحاصيل

ومكوناتها (Bandurska etstroinski, 2003) حيث يمكن أن يقل المردود بسبب العجز المائي بنسبة 17 إلى 70% حسب ما ذكره (Daryanto et al, 2016 inwahab et al, 2022).

يؤثر الإجهاد المائي سلبا على مكونات المحصول الثلاثة الرئيسية وهي: عدد السنابل وعدد الحبوب في السنبل الواحدة ووزن 1000 حبة (Assem et al, 2006 in wahab et al, 2022) ويؤدي العجز المائي إلى الحد من نمو وحاصل القمح في كل مراحل نمو القمح حسب (Begget turner, 1981).

في دراسة لمنظمة الزراعة والغذاء الدولية (FAO) تم تحديد ثلاث مراحل حساسة لنقص الماء من دورة نمو محصول القمح:

- **المرحلة الأولى:** عند نهاية الإشتاء وبداية الاستطالة يصل طول النبات في هذه المرحلة إلى 15 cm تقريبا وفيها يتحدد عدد السنابل وعدد السنبليات.

- **المرحلة الثانية:** وهي طرد السنابل والإزهار حيث تؤثر هذه المرحلة في عدد الحب في السنبل.

- **المرحلة الثالثة:** مرحلة امتلاء الحبوب التي تؤدي إلى انخفاض المردود لاسيما إذا ترافق نقص الماء مع ارتفاع درجات الحرارة (FAO, 1986).

وجد Donaldson (1996) أن الإجهاد المائي يؤخر إنبات ونمو البادرات ويختزل مرحلة الإشتاء والاستطالة مما يؤثر في الحاصل ومكوناته مثل: عدد السنابل وعدد الحبوب في م² وحجم الحبة ووزنها، وفي دراسة لـ (المعيني، 2004) استخلص أن الإجهاد المائي في المراحل الخضرية لنمو محصول القمح قلص دورة حياته وبكّر بعملية الإزهار بينما الإجهاد في مرحلتي الإزهار والامتلاء قلص المدة الزمنية اللازمة للنضج.

العجز المائي الذي يسبق عملية الإزهار يُخفض في عدد البادرات السنبلية خلال هذه المرحلة (Oosterhius et Cartwright, 1983). ويؤدي حدوث العجز المائي في مرحلة الإزهار إلى اختزال دورة

حياة حبوب الطلع وبذلك نقص عدد الحبات في السنبل (عولمي، 2015) in (Debaek et al., 1996).

الإجهاد المائي خلال مرحلة ملء الحب ينقص وزن الحبة (Kabata et al., 1992) بسبب قصر

مرحلة ملء الحب الناتج من تسارع الشيخوخة (Benbella and paulsen, 1998).

في الأخير يمكن القول أن الجفاف أحد الإجهادات البيئية الشديدة التي تهدد إنتاجية المحاصيل في جميع

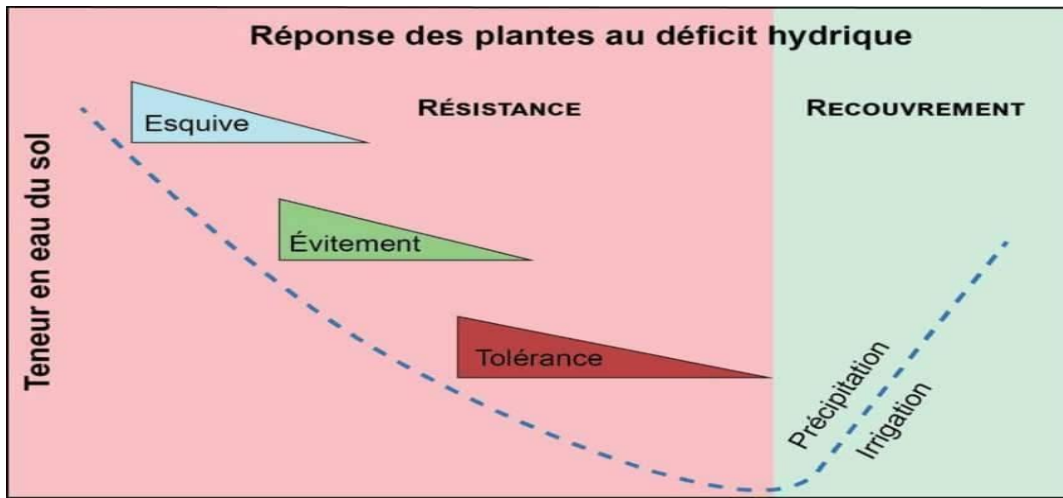
أنحاء العالم. ويكون الجفاف أكثر ضررا خلال مراحل التكاثر وملء الحبوب

(El Wahab et al., 2022).

3.II. تكيف النباتات مع الإجهاد المائي

إن تكيف النبات مع الإجهاد المائي هو نتيجة تداخل وتفاعل مجموعة من التغيرات الفيزيولوجية، التشريحية، المورفولوجية والفيزيولوجية وذلك للحفاظ على نمو النبات ومردوده (Hsissau, 1994 in zeghmar, 2019).

صنف levitt (1972) ثلاث آليات من خلالها تستطيع النباتات التعايش مع الإجهاد المائي وهي (التهرب، التجنب، المقاومة). شكل رقم (13)



شكل رقم (13): استراتيجيات استجابة النبات للإجهاد المائي (التهرب، التجنب، المقاومة) (Chen et al., 2016).

- **التهرب:** وهي النباتات التي لها القابلية على إكمال دورة حياتها بفترة قصيرة وجعل نموها يقتصر على المراحل التي تكون فيها الظروف المائية ملائمة حسب (Ali dib al, 1992) فلأن تقليص الدورة الفيزيولوجية للنبات هي أكثر وسيلة مستعملة في مناطق البحر الأبيض المتوسط لتقادي الآثار السلبية للجفاف وارتفاع درجات الحرارة في نهاية الدورة وعليه فإن التبرير هي آلية مهمة لتجنب العجز المائي في نهاية الدورة وتعتبر من أهم الصفات لتكيف النبات مع الجفاف (Slama et al, 2015 in zeghmar, 2019).

- **التجنب:** النباتات المتجنبة للإجهاد هي النباتات التي لها القابلية على الاحتفاظ بجهد مائي مرتفع داخل أنسجتها إما باستخلاص ماء أكثر من التربة أو باستعمال ماء التربة بصورة بطيئة في المراحل المبكرة للجفاف.

عرّف Blum (1998) التجنب بأنه قدرة النبات على الاحتفاظ بكمية كبيرة من الماء تمكنه من مواصلة مختلف العمليات الحيوية والمحافظة على حالة مائية جيدة من خلال استمرارية امتصاص الماء ومراقبة شديدة لفقده ومن الآليات المهمة للنبات في مقاومة الجفاف تطوير نظامها الجذري مقارنة بالجزء الخضري (loveys et al., 2007).

- المقاومة: هي النباتات التي لها القابلية على المحافظة على جهد مائي مُنخفض في خلاياها من خلال تراكم بعض الذائبات مثل السكريات بآلية تسمى التعديل الأسموزي مما يساعدها على القيام بنشاطاتها الحيوية واستعادة نموها بعد زوال تأثير الجفاف.

والجدول التالي يبين أهم وميكانيزمات تكيف الأنواع النباتية مع الجفاف.

جدول رقم (6): ميكانيزمات تكيف النبات مع الجفاف (Hamada, 2022).

| مؤشرات التأقلم | الآليات | أمثلة | المراجع |
|----------------|--|--|--|
| الفينولوجية | تجنب الجفاف | التبكير | - Grinac, 1987. - Ali Dib et al, 1991. - levitt, 1972. |
| المورفولوجية | تحسين امتصاص الماء | - نسبة نمو القسم الجذري إلى القسم الهوائي. - طول وكثافة الجذور. - عمق الجذور | - Baldy, 1973. - Benlaridoi et al, 1990. - Monneveux, 1991. - M Morgan, 1984. - Rawson, 1977. - Blum, 1980. |
| | الحد من فقدان الماء. | - التفاف الورقة. -المساحة الورقية. - توضع واتجاه الأوراق. | - Acevedo, 1988. - William, 1989. - Nachit et Ketal, 1991. |
| | القدرة على تحريك المواد الأيضية المخزنة. | - طول النبات. - طول عنق السنبل. - طول السفا. | |
| الفيزيولوجية | القدرة على التعديل الأسموزي. | - خفض عملية النتج. - غلق الثغور. - الحفاظ على جهد مائي مرتفع. -تراكم المواد المعدلة الحلولية. | - Morgan, 1984. - Monneveux et Nemmar 1986. - Schonfield et al 1988. |
| | المحافظة على التركيب الضوئي. | -محتوى الأوراق من الكلوروفيل. | - planchon, 1976. - Cummuluru et al. 1989. |

4.II. التعديل الأسموزي

يعد التعديل الأسموزي الميكانيزم الفيزيولوجي الأكثر انتشارا بين مختلف الأنواع النباتية لمقاومته العجز المائي (wang et al, 2003). ويُعرف التعديل الأسموزي على أنه عملية تراكم المواد الذاتية في النسيج النباتي استجابة لمختلف أنواع الإجهادات (Turner, 1979). تُسمى المواد المتراكمة (les osmolytes) ذات وزن جزيئي ضعيف وتشمل المواد الذائبة والقابلة للذوبان مثل: des ions de chlour، polyasine، glycine، bétaine، proline. يمنع تراكم هذه المواد فقدان الخلية لإنتاجها عن طريق المحافظة على التوازن المائي للخلية (wang et al.,2007 in Hayoun, 2023). كذلك في دراسة لنبات القمح لوحظ وجود علاقة طردية بين التعديل الأسموزي والمردود الحي من الحبوب (Ficher et al.,2005).

5.II. الصفات البيوكيميائية المتعلقة بالإجهاد المائي

1.5.II البرولين (proline)

يُعد البرولين أحد الأحماض الأمينية الطبيعية العشرين التي تدخل في تكوين السلاسل الببتيدية، يحوي مجموعة أمين ثانوية مرتبطة، يبلغ وزنه الجزيئي 115.13 غرام/مول، وصيغته الكيميائية هي $C_5H_9NO_2$. البرولين حمض أميني شديد الذوبان في الماء مما يجعله مُذابا مثاليا (Huang et al, 2008 in Hayoun, 2023).

يعتبر البرولين أكثر الأحماض الأمينية تأثرا تحت ظهور الإجهادات اللا حيوية (محب، 2020) فهو يقوم بدور واقٍ أسموزي فعال إذ أنه يتراكم في أنسجة النباتات المجهدة عن طريق تحفيز تخليقه مع وقف عملية هدمه (Delauneg and verma, 1993) وهو نفس ما أشار إليه (Kaur et al, 2017). بتجميع البرولين في ظل الإجهاد المائي في المجموع الخضري وأساسا في الأوراق إذ يكون معدل تراكمه فيها أعلى مما في بقية أجزاء النباتات الأخرى (Al-Hadi thie et al, 1989).

حسب Shtereva وآخرون (2008) فإن البرولين يعد أكثر الأحماض الأمينية التي تتكون كرد فعل عن الظروف الطبيعية الغير ملائمة التي يتعرض لها النبات.

الدور الرئيسي للبرولين تحت ظروف الإجهاد المائي هو مساهمته في التعديل الأسموزي والمحافظة على المستوى المائي في الخلية، كما أن تراكمه داخل الأنسجة يسمح بالحفاظ على إنتاج الخلايا (Ashral et foolad, 2007) بالإضافة لدور البرولين كمعدل أسموزي للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد المائي فهم

ويعمل كذلك كمضاد للأكسدة من خلال قدرته على تفكيك الجذور الحرة (Sazabasos et savouru, 2010) وكمجهد للأنزيمات المضادة للأكسدة مما يسمح بحماية الأغشية الخلوية (Ashral et foolad, 2007).

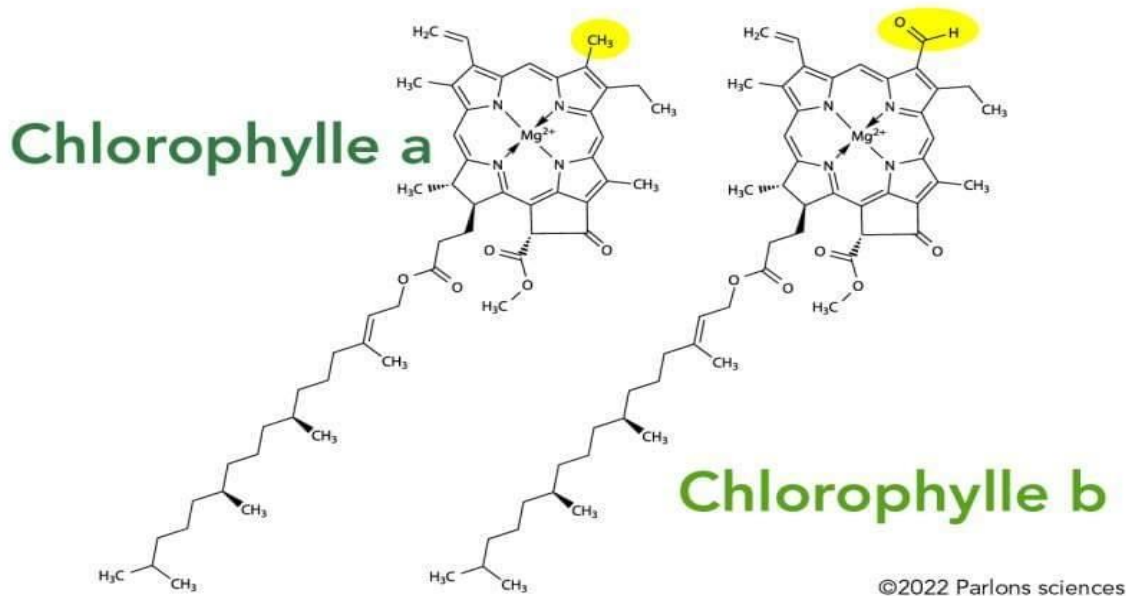
تراكم البرولين هو مقياس لتحمل النبات للإجهاد المائي، فعند ظروف الإجهاد المائي لنبات القمح يحدث تراكم للبرولين وتزداد نسبته بازدياد مدة الإجهاد (Ashral et foolad, 2007).

كما خلصت نتائج أبحاث (Keyven, 2010) أن تعرض القمح إلى إجهاد مائي يؤدي إلى تغيرات فيزيولوجية وكميو حيوية منها تراكم الكربوهيدرات والبرولين التي تزيد مقاومة النبات للجفاف. ويعد البرولين أحد أفضل الأحماض الأمينية تمت دراستها والتي تتراكم بشكل أكبر تحت ظروف الإجهادات فمثلا يرتفع تركيز البرولين في نبات القمح بنسبة 90% خلال الإجهاد المائي للنبات لمدة 7 أيام (Gontia-Mishra et al., 2016) in (Hayoun, 2023)

II.2.5. الكوروفيل

تعد البلاستيدات الخضراء مركز البناء الضوئي في النبات وفيها تنتظم جزيئات الكلوروفيل والصبغات الأخرى المساعدة والتي تساهم بصورة مباشرة أو غير مباشرة في إتمام عملية التركيب الضوئي (1990، عيسى) وتعد صبغة الكلوروفيل أهم الصبغات الطبيعية الموجودة في أوراق النبات والتي تتميز بقدرتها على امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية بهيئة مركبات عضوية (Johnson, 2000). شكل رقم

(14)



شكل رقم (14): الصيغة الكيميائية للكلوروفيل a و b.

إن سبب اصفرار وصغر حجم الأوراق في النباتات المعرضة للإجهاد المائي يعود إلى هدم صيغة الكلوروفيل وبطء سرعة تكونه وعدم وصول كميات كافية من النتروجين إلى الأوراق (gubta, 2011).

أشار Keyven (2010) إلى وجود انخفاض في تركيز صيغة الكلوروفيل لأصناف نبات القمح المعرضة للإجهاد المائي ويزداد هذا الانخفاض بزيادة شدة الإجهاد المائي.

ووجدمشاور (2006) أن الإجهاد المائي خفض محتوى الكلوروفيل a و b والكلوروفيل الكلي وهناك العديد من الدراسات أثبتت أن هناك علاقة ترابطية بين حالة الإجهاد المائي ومحتوى الكلوروفيل (Mohamed et al, 2005).

أثبتت نتائج Tahri (1997) أن زيادة تراكم البرولين في الأنسجة الورقية تحت ظرف الإجهاد المائي تتبعها انخفاض في محتوى الكلوروفيل (a و b)، أي وجود علاقة تناسبية عكسية بين تراكم البرولين وانخفاض محتوى الكلوروفيل. فالأصناف التي تراكم أكبر كمية من البرولين هي نفسها التي تشهد أكبر انخفاض في معدلات صيغة الكلوروفيل.

II.2.5. السكريات الذاتية

تساهم السكريات في تأقلم ومقاومة النباتات لمختلف الإجهادات وقد اقترحها العديد من الباحثين كآليات بديلة للإنتخاب وتحسين مقاومة الإجهاد المائي (عولمي، 2015).

تشارك السكريات في ظاهرة التعديل الحلولي التي تحمي الأغشية والأنظمة الأنزيمية وذلك بالمحافظة على إنتاج الخلايا بتخفيض كمونها الحلولي لتعويض انخفاض الكمون المائي للأوراق (Ludlow., 1990). أشار (Ali dib et al, 1990) أن تغيرات محتوى القمح من السكريات الذاتية أقل بكثير منها بالنسبة للبرولين، أما نتائج (Adjab, 2002) خلال معايرته للسكريات عند 5 أصناف من القمح الصلب فأبدت أن هذه الأخيرة تُبدي تراكما ضعيفا لها.

III. الهرمونات النباتية (Phytohormones)

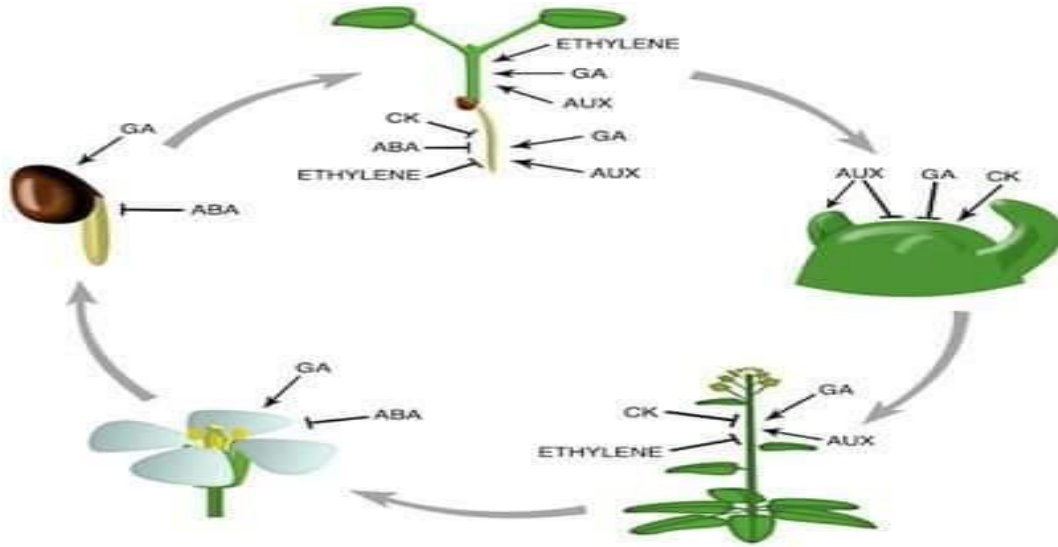
1.III. عموميات حول الهرمونات النباتية

يُعتبر العالم Charle Darwin (1880) أول من اهتم بدراسة الهرمونات النباتية من خلال أبحاثه حول الحركة عند النبات (Hollande et al., 2009)، وتم استعمال مصطلح هرمون نباتي لأول مرة من قبل الباحث (Thiman, 1948) حيث عرفه هذا الأخير على أنه: "مادة يتم إنتاجها في جزء معين بالنبات، يتم نقلها إلى جزء آخر للتحكم أو تنظيم أو تحفيز عملية فيزيولوجية محددة". (Véronique, 2021). والهرمون كلمة يونانية hormao وتعني الإثارة (granell et Carbanell, 2009).

تم تقديم مصطلح "هرمون" لأول مرة من قبل علماء فيزيولوجيا الحيوان لوصف المركبات التي تنتجها الغدد الخاصة وتنتقل عن طريق الدم أو الغدد اللمفاوية إلى أجزاء الجسم المختلفة، وأن الكميات القليلة منها قادرة على التأثير على العديد من العمليات الفيزيولوجية، وتختلف الهرمونات الحيوانية عن النباتية في أنها:

- تنتج الهرمونات الحيوانية في مناطق محددة مثل الغدد وتؤثر في أجزاء بعيدة عن منطقة تكوينها، أما فيما يتعلق بالهرمونات النباتية فغالبا لا نستطيع التمييز بين موقع صنع الهرمون وموقع تأثيره بالرغم من وجود بعض الأدلة على أن تأثيره يمتد إلى مناطق بعيدة عن منطقة تكوينه.
- الهرمونات الحيوانية متخصصة في التأثير بينما الهرمونات النباتية تحدث عدد كبير من التأثيرات.

الهرمونات النباتية هي مواد عضوية طبيعية، كما تشمل المركبات المصنعة داخل المختبرات والتي يُطلق عليها اسم منظمات النمو الصناعية (petter, 2005). تلعب هذه المواد دورا مهما في التنظيم الداخلي لنشاط النمو والعديد من ظواهر التكوين كالتسكون والإزهار، الاستجابة للضوء والحرارة (2000، عبد العظيم وآخرون). تعمل الهرمونات النباتية كإشارات كيميائية بإمكانها أن تُحفز أو تُثبط عمليات فيزيولوجية عديدة ومختلفة داخل النبات وعليه فإن كل مظاهر النمو وتطور النبات هو مُحصلة لتأثير مجموعة من الهرمونات النباتية بالتحفيز أو التثبيط (Lance et Heller, 2000)، (Petter, 2005). شكل رقم (15)



شكل رقم (15): صورة توضح دور الهرمونات النباتية في نمو النبات (Int.J.Adv.Res.Biol.Sci (2020)

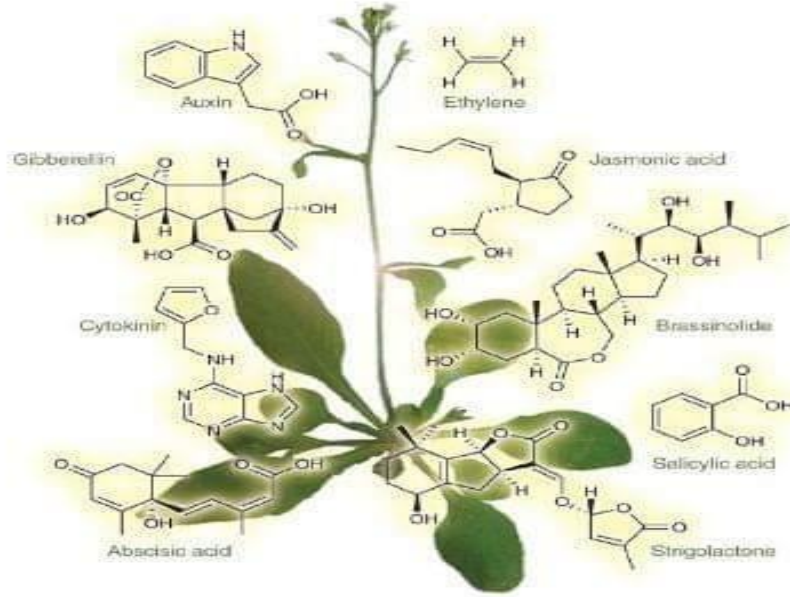
تنتج الهرمونات النباتية بتراكيز ضئيلة جدا، وفي أعضاء نباتية مختلفة ثم تنقل إلى أجزاء أخرى وتعمل وفقا لتراكيزها في تآزر أو تضاد ولكن أيضا في علاقة وطيدة مع المحفزات الخارجية مثل: درجة الحرارة، الضوء والماء وتوافر العناصر الغذائية (Suty, 2014).

تعمل الهرمونات النباتية على التحكم في نمو وتطور النبات، كما تسيطر على معظم العمليات الحيوية كانقسام الخلايا واستطالتها وتمايزها وعلى تكوين الأعضاء، كذلك مساهمتها في عمليات الإنبات والكمون وسقوط الأوراق والثمار (Davis, 1995)، كما تمنحها القدرة على التكيف مع تغيرات الظروف البيئية (Mort-Gaudry et al., 2017) ومقاومة الإجهاد (Khan et al., 2009).

من المعروف أن هناك خمس مجموعات للهرمونات النباتية: الأوكسينات (Auxines)، الجبريلينات (Gibberellins)، والسيتوكينات (Cytokinines)، والإيثيلين (Ethylene) وحمض الأبسيسيك (Acide Abscissique)، وتم مؤخرا إضافة مجموعتان تمارسان النشاط التنظيمي لنمو النبات Les brassinostévoïdes et Les polyamines. حيث تساهم CK في انقسام الخلايا وتأخير الشيخوخة وفي التفاعلات ضد العوامل المرضية (Suty, 2014) وتشارك AIA في عمليات انقسام الخلايا، استطالتها وتمايزها، بينما GA في تنظيم عمليات الإنبات، الإزهار والنمو.

ويُعتبر ABA مهندس الاستجابة للإجهاد المائي، أما الأيثيلين فيسرع النضج والشيخوخة لدى النبات

(Hopkins, 2003). شكل رقم (16)



شكل رقم (16): البنية الكيميائية لـ 9 هرمونات نباتية (Santner et al., 2009).

III.2. الأوكسين (Auxines)

III.2.1. تعريف الأوكسين

تُعتبر الأوكسينات أول الهرمونات النباتية المكتشفة وأكثرها دراسة (Chan and gresshoff, 2009). وقد أُطلق عليها لفظ **Auxine** وهو مأخوذ من اللغة اليونانية والذي يعتبر زيادة ونمو حيث أثبتت أعمال Haagen-Smit and went في أوائل القرن العشرين باستخلاص الأوكسين الطبيعي ومعرفة بنيته (Perrot-Rechemmann, 2011).

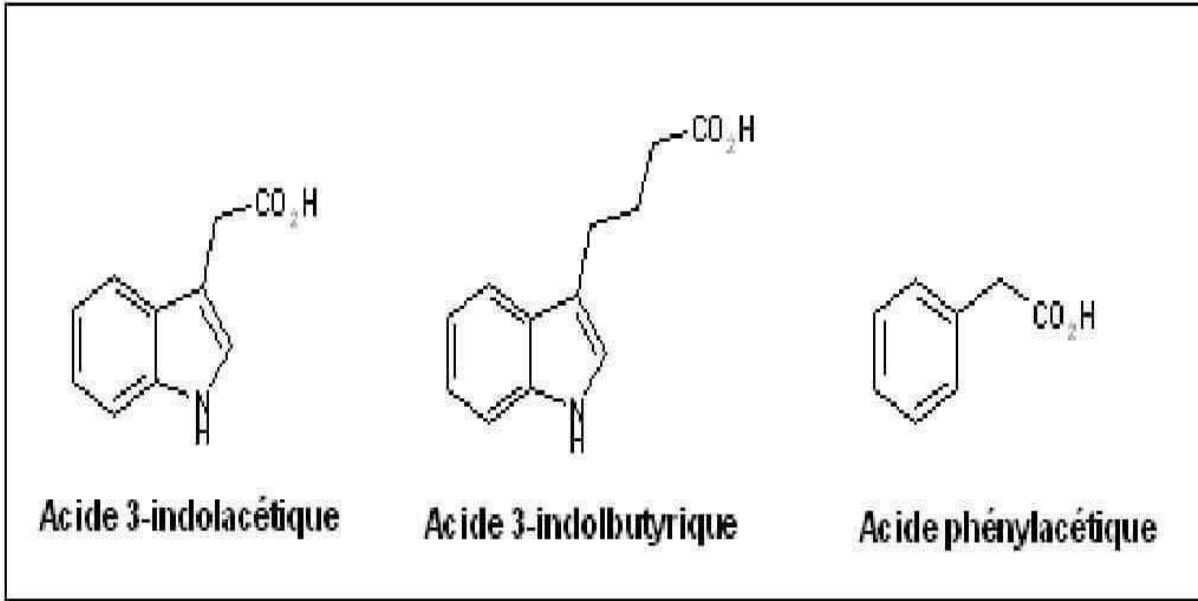
يتواجد الأوكسين في جميع الفروع النباتية من الطحالب إلى النباتات الوعائية (Cooke et al., 2002) ويتشكل في القمم النامية حيث الأنسجة المرستيمية ثم ينقل عبر محور النبات إلى مناطق تأثيره (2000، عبد الله).

تُشتق الأوكسينات من الحمض الأميني Tryptophane، وتساهم في معظم عمليات نمو النبات (Zaho, 2010)، وهي مركبات أندولية (أحماض أندولية: مركب عضوي عطري حلقي غير متجانس).

يُعتبر حمض الأندول-3-أستيك (AIA). من بين أهم الأوكسينات المتواجدة في النبات بصورتين حرة

أو مرتبطة مع الأحماض الأمينية وخاصة حمض Asparagine و Glutamine

(Haller et Lance, 2000). شكل رقم (17)



شكل رقم (17): بعض أنواع الأوكسينات الطبيعية (2005، معارفة).

III.2.2. التأثير الفيزيولوجي للأوكسين

كما هو معروف بالنسبة للأوكسينات ومعظم الهرمونات النباتية فإن إظهار تأثيرها على النبات يأتي إلى حد كبير من ملاحظة آثار الاستخدام الخارجي على النبات في مراحل مختلفة من حياته. وبشكل عام الأوكسين هو أحد الهرمونات النباتية الرئيسية والتي تلعب دورا حيويا في تنظيم عمليات النمو والتطور عن طريق تحكمه في كل من انقسام الخلايا، استطالتها وتمايزها (Perrot-Rechemmann, 2010) وهذا ما أشار إليه (Asgher et al., 2015) في دراسة تبين أن الأوكسين أندول-3-حمض الأستيك (AIA) يعزز العديد من مراحل النمو مثل: انقسام الخلايا، استطالتها وتمايزها. يُساهم الأوكسين في نمو وتطور النبات منذ المراحل الأولى من التطور الجنيني، كذلك يشارك في مراقبة وتنظيم تشكل النسيج الإنشائي للبراعم وتطور الأنسجة الورقية (Vanneste and Frinal, 2009).

يعمل الأوكسين على زيادة نمو الساق طوليا بتنشيط كل من ظاهرتي مرونة ومطاطية الجدار الخلوي وكلاهما مهم في عملية الاستطالة، كذلك يُحرض الأوكسين عملية الانقسام الخلوي بزيادة محتواها من الحامض النووي DNA والبروتين.

يُشجع الأوكسين نمو الجذور العرضية على العقد الساقية القريبة من الأرض فيستخدم كهرمون للتحذير، ويُطيل الأوكسين عمر الجزء الخضري للنبات وتمنع تكوين الأزهار ويستعمل خاصة في إنتاج المحاصيل والخضار الورقية، كذلك إنتاج ثمار خالية من البذور ويمنع ظهور البراعم على درنات البطاطا (Walker et al., 2002).

هناك العديد من الأبحاث التي أكدت دور الأوكسينات في تحمل النباتات للضغوط اللا إحيائية (Kazen, 2013).

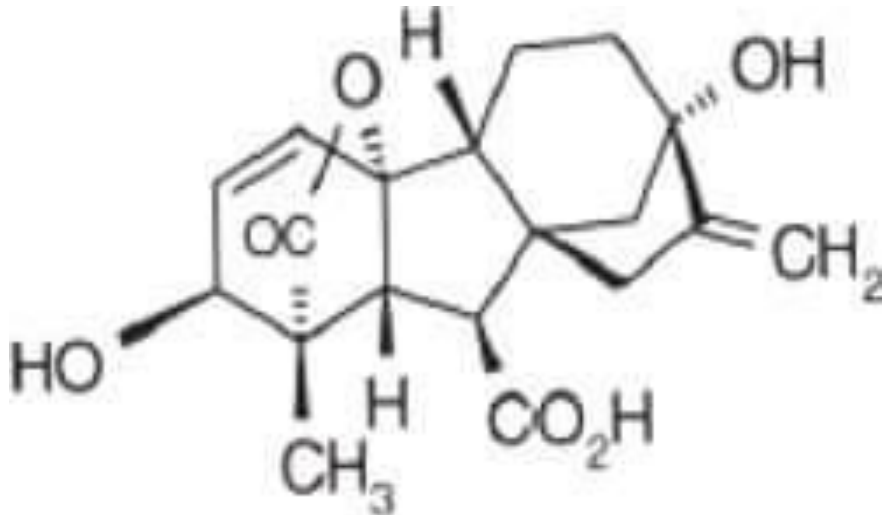
3.III الجبريلين (Gibberellin)

1.3.III تعريف الجبريلين Gibberellin

تم اكتشاف الجبريلين في مرحلة تالية لظهور الأوكسين، وهي هرمونات نباتية لها فعالية بيولوجية في تحفيز الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا أو كليهما، ويعود اكتشاف الجبريلينات للعالم الياباني Kurosawa عام 1927م، وتم استخلاصه لأول مرة بشكل مادة بلورية عام 1939م من راسح الفطر (Gibberella Fujikuro) وهي أصل تسمية الجبريلين (ارديني، 2003).

تتواجد الجبريلينات في النباتات الراقية والذنيئة، وقد أعطيت لهذا الهرمون النباتي رمز GA، ثم ترقيمتها من GA_1 إلى GA_n ولا يدل التسلسل الرقمي على أسبقية الاكتشاف، فالجبريلين المستخلص من الفطر كان أول أنواع الجبريلينات المستخلصة ومنح له الرقم 3 (GA_3) وهو الأكثر شيوعا بين الجبريلينات.

من أهم خصائص الجبريلينات: تذوب في الماء، بلورية الشكل، لونها أبيض وصلبة القوام، تشترك جميعها في حمل الهيكل الكربوني Gibbane لكن تأثيراتها مختلفة (2009، معارفة). شكل رقم (18)



شكل رقم (18): الصيغة الكيميائية لحمض الجبريليك (Oliveira, 2011).

حسب يعقوبي (2014) تتواجد الجبريلينات في الأوراق الفتية، القمم النامية للسيقان والبدور قبل النضج، يتحرك الجبريلين في جميع الاتجاهات ويرتبط انتقاله بسرعة انتقال العصارة الناضجة في النبات، وعلى ذلك تعتبر أنسجة اللحاء وسيلة انتقالية.

III.2.3. التأثير الفيزيولوجي للجبريلين

الجبريلين هرمون مهموأساسي لنمو النبات وتطوره في جميع مراحل دورة حياته من خلال تعزيز انقسام الخلايا واستطالتها (Kalra, 2018) وأشار جنديّة(2013) أن الجبريلين ينشط انقسام الخلايا في القمم النامية ويحث على نموها واتساعها، كما أن الجبريلين يسبب استطالة الخلايا لأنه يحفز على إنتاج الأوكسين. أشار الشحات(2000) أن الجبريلين يحفز استطالة الخلايا، والتغلب على التقزم الوراثي كذلك له تأثير في عمليات الإزهار وتكوّن الثمار البكرية، كسر سكون البذور والبراعم ولقد أكدت العديد من الدراسات العلمية أن للجبريلينات دور واضح في زيادة نسبة الإنبات لأنواع مختلفة من النباتات، وكسر كمون البذور وتحفيز الإزهار فضلا على تشجيعه استطالة الساق (حسونة،2003) ولوحظ تحسن الإنبات والنمو بإضافة حمض الجبريليك في ضل الإجهاد الملحي (Tuma et al., 2008).

ووجد Zahir وآخرون (2007) أن منظمات النمو عامة وحمض الجبريلين خاصة يلعب دور هام في زيادة معدل النمو الخضري ومردودية المحصول لنبات القمح وباقي النباتات.

III.4. السيتوكينات (Cytokinines)

III.1.4. تعريف السيتوكينات

السيتوكينات عبارة عن مركبات عضوية ذات قواعد آزوتية (قاعدة البيورين). ينتجها النبات الأخضر وتحضر صناعيا لتؤدي العديد من العمليات التنظيمية داخل النسيج النباتي (Kim et al., 2003). كانت تسمى بالكاينتينات (Davies, 2004). جاء اكتشاف هذا النوع من الهرمونات من ملاحظة تأثير بعض المركبات التي تحوي الأدينين في تحفيز الانقسام الخلوي عند بعض النباتات (الأدينين: قاعدة آزوتية من نوع البيورين تدخل في تركيب الأحماض النووية) (Zaiger Tair, 2006) حيث اكتشف Skoog أن الأدينين تظهر تشجيعا لانقسام خلايا نخاع الدخان واستطاع نفس العالم استخلاص Kinetin من الحيوانات المنوية للرنجة (صقر،2002). بعد سنوات من اكتشاف Kinetin تمكن (Latham, 1967) من استخلاص السيتوكينات في صورة بلورية نقية من حبوب الذرى السكرية سماه Zeatin. شكل رقم (19)



شكل رقم (19): بعض أنواع السايوتوكينات (2005، معارفة).

تخلق السايوتوكينات في قمم الجذور ثم تنتقل عبر الأوعية الخشبية الناقلة إلى المجموع الخضري وخاصة الأوراق (2009، معارفة) وحسب الشحات (2000) فإن هرمون السايوتوكين اللازم للانقسام الخلوي يتجمع في جنين البذور.

III.2.4. التأثير الفيزيولوجي للسايوتوكينات

تعد السايوتوكينات من الهرمونات النباتية المهمة والأساسية في جميع مراحل نمو النبات (Li et al., 2022) in (Wahab et al., 2022) et (Seil et al., 2015) et (2021). لدوره في تنظيم العديد من العمليات الفيزيولوجية، الأيضية فضلا عن تأثيراته التكوينية (ياسين، 2000).

من أهم التأثيرات الرئيسية للسايوتوكينات هو تحفيز انقسام الخلايا وتوسعها لتشكيل الكامبيوم الوعائي، كما أن لها دور في تمايز وتشكل الأعضاء النباتية من خلال حث الكالس وتكوين البراعم الجانبية، بالإضافة إلى ذلك تساهم السايوتوكينات في كسر السيادة القمية، وتأخير الشيخوخة من خلال دعمها لعملية بناء البروتينات والكربوهيدرات والبلاستيدات الخضراء، وزيادة نشاط الإنزيمات المسؤولة عن البناء الضوئي (Jain, 2011).

في السنوات الأخيرة توجهت أنظار العالم نحو الاستخدام التجاري لمنظمات النمو النباتية، بما في ذلك السايوتوكينات بهدف تعزيز جودة محاصيل الحبوب الإستراتيجية وزيادة إنتاجيتها (2003، عروشة) فحسب (Mazri, 2020) تستخدم السايوتوكينات على نطاق واسع في التكاثر النسيجي للنباتات حيث إضافة السايوتوكينات إلى وسط النمو تحرض انقسام، تمايز ونمو الخلايا، وذلك من خلال التأثير على تراكيز الهرمونات النباتية الداخلية مما يؤدي إلى استجابات مورفولوجية مختلفة للنباتات.

تشجع الساييتوكينات تكوين الكلوروفيل وتمنع فقدانه، مما تساهم في الحفاظ على الاخضرار لفترة أطول للأوراق (Brenne et al., 2005) كما يزيد في عدد الأفرع والوزن الجاف للمجموع الخضري (Sahair et al., 2006).

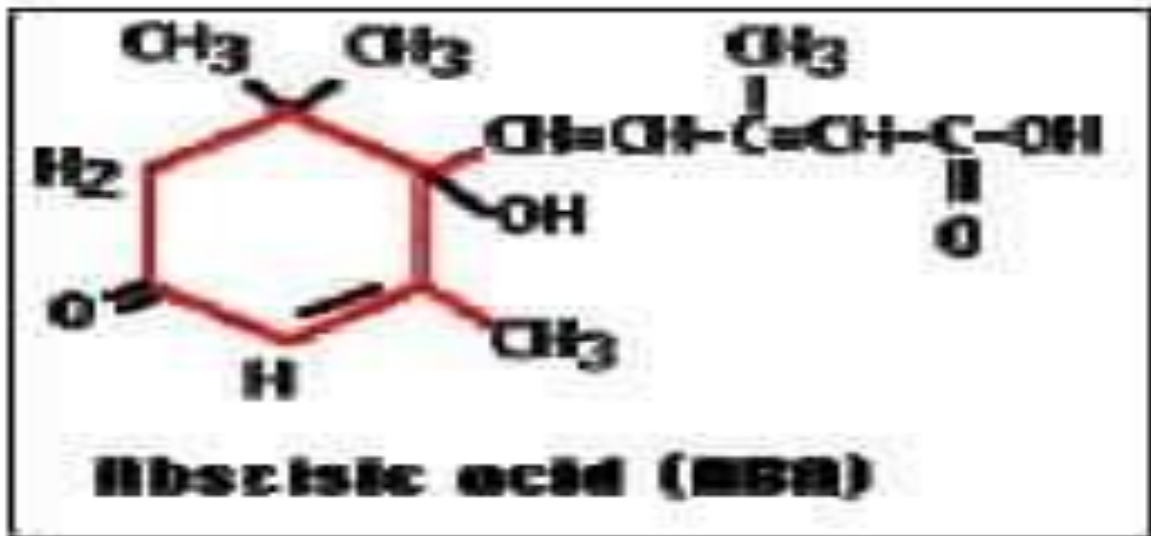
إن التحكم في الانقسام الخلوي وتعزيز عملية التركيب الضوئي، تأثير الشبخوخة، زيادة امتصاص المغذيات، تكوين أعضاء النبات، وتنظيم تطور الأزهار ليست سوى عدد قليل من الوظائف الحيوية المتعددة للسيتوكينات (Wahab et al., 2022) فقد استخدمت مؤخرًا من طرف المزارعين في تعزيز إنتاج المحاصيل في ظل الإجهاد المائي (الجفاف) ومقاومة أنواع البكتيريا المسببة للأمراض (Camara et al., 2018).

5.III. حمض الأبسيسيك (Acide Abscissique)

1.5.III. تعريف حمض الأبسيسيك (ABA)

تم اكتشاف هرمون الأبسيسيك الذي يُعتبر من أهم متطلبات النمو الرئيسية سنة 1960 من قبل العالم Wareing ومجموعة من مساعديه، يتواجد هذا الهرمون الذي ينتمي إلى مجموعة التربينات، في الجذور والأوراق يتم تخليقه داخل الكلوروبلاست.

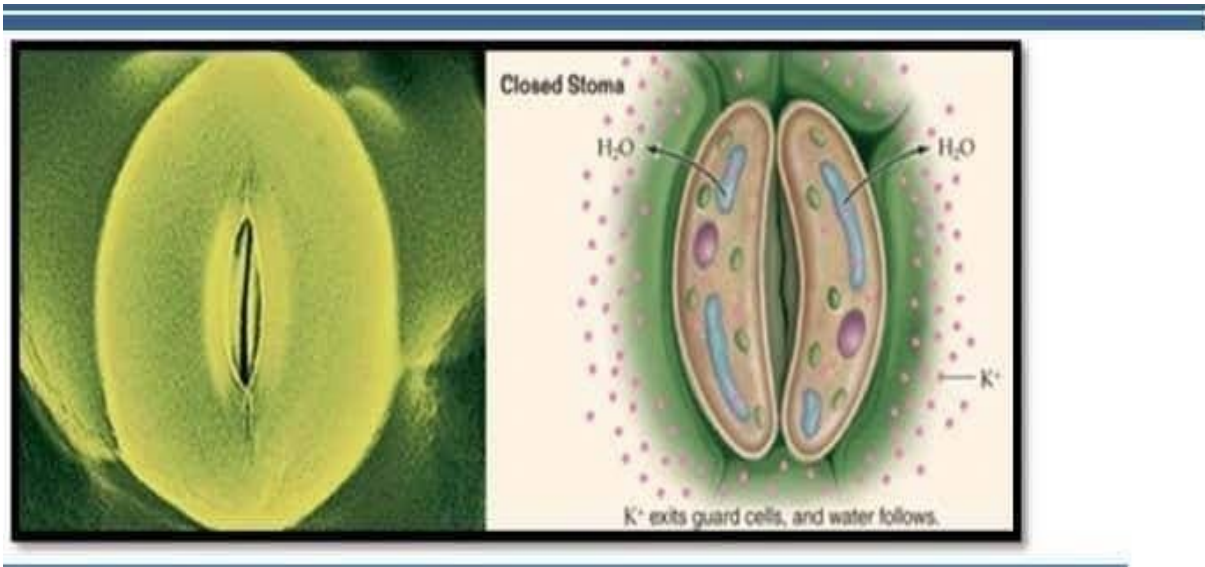
يلعب (ABA) دورا بارزا في استجابة النبات للإجهاد الحيوي واللاحيوي، تحفز سكون البذور وانفصال الأوراق. ومن بين وظائفه الأساسية تثبيط عمل الأنزيمات وخفض النمو، وإغلاق الثغور تحت ظروف الإجهاد المائي (Jaspard, 2011). شكل رقم (20)



شكل رقم (20): التركيب الكيميائي لحمض الأبسيسيك (2000، معارفة).

III.2.5. التأثيرات الفيزيولوجية لحمض الأبسيسيك

ينظم هرمون الإجهاد المائي (ABA) عمليات فيزيولوجية عديدة في النباتات. فنقص الإمدادات المائية للنبات يؤدي إلى تخليق (ABA) وتفعيل آليات التكيف لدى النبات لمقاومته الجفاف وهذا ما أكدته العديد من الدراسات (ULLAH et al., 2018)، (Ali et al., 2020) إذن فإن ABA الذي يتم تخليقه داخل النبات استجابة للإجهاد المائي له تأثيرات على مجموعة واسعة من العمليات الحيوية التي تؤدي إلى تجنب الجفاف. يؤدي حمض (ABA) إلى خفض عملية النتح في النباتات عن طريق تأثيره على عملية غلق الثغور مما يؤدي إلى فقدان الإنتاج الذي يعيق عملية نمو وتطور النبات (Jorge Lucendo, 2020). كما يساهم (ABA) بشكل كبير في تحفيز سكون البذور (Wahab., al 2022) in (Ali et al., 2022). كذلك تسريع تساقط وشيخوخة الأوراق (Wahab., al 2022) in (Rahman et al., 2021) عن طريق تقليل تساقط نشاط التمثيل الضوئي، هذا الانخفاض راجع إلى غلق الثغور الناتج عن (ABA) مما يحد من تأثير أوكسيد الكربون (CO_2) في الورقة، وبالتالي يمنع عملية التمثيل الضوئي (El Jaafari et al., 1993). شكل رقم (21)

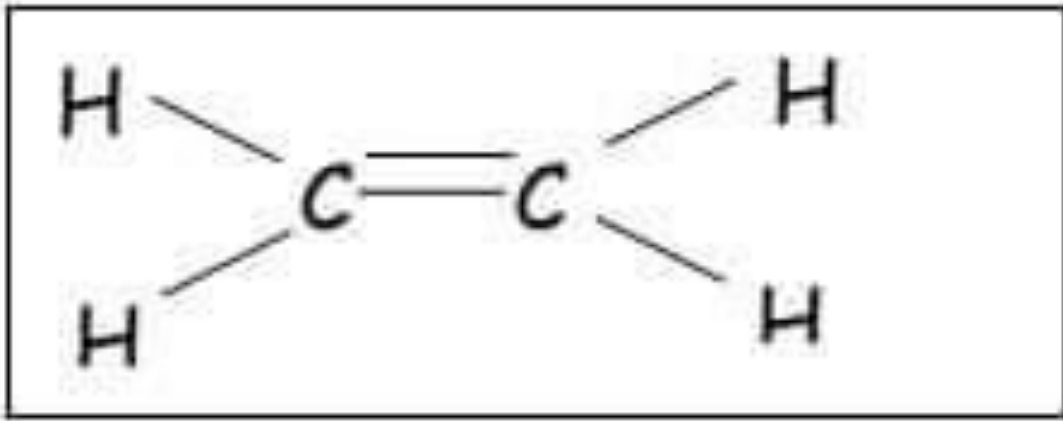


شكل رقم (21): عملية إغلاق الثغور (Chantal, 2009).

6.III. الإيثيلين (Ethylene)

1.6.III. تعريف الإيثيلين

في وقت قريب، لم يلق هذا المركب العضوي النشط الاهتمام الكاف كهرمون نباتي وربما يعزي تأخر اكتشافه إلى طبيعته كغاز متطاير يؤثر بتراكيز ضئيلة جدا، اكتسب الإيثيلين صفة هرمون بعد تطوير جهاز الكروماتوغرافي بالغاز (Gaz-Liquid Chromatographie)، أما قصة اكتشاف الأيثيلين فتعود إلى ملاحظة تأثير غاز الإنارة Illumination gaz الذي يؤثر في نمو النبات وتساقط الأوراق (Khaled et al., 2010). شكل رقم (22)



شكل رقم (22): التركيب الكيميائي للإيثيلين (2000، معارفة).

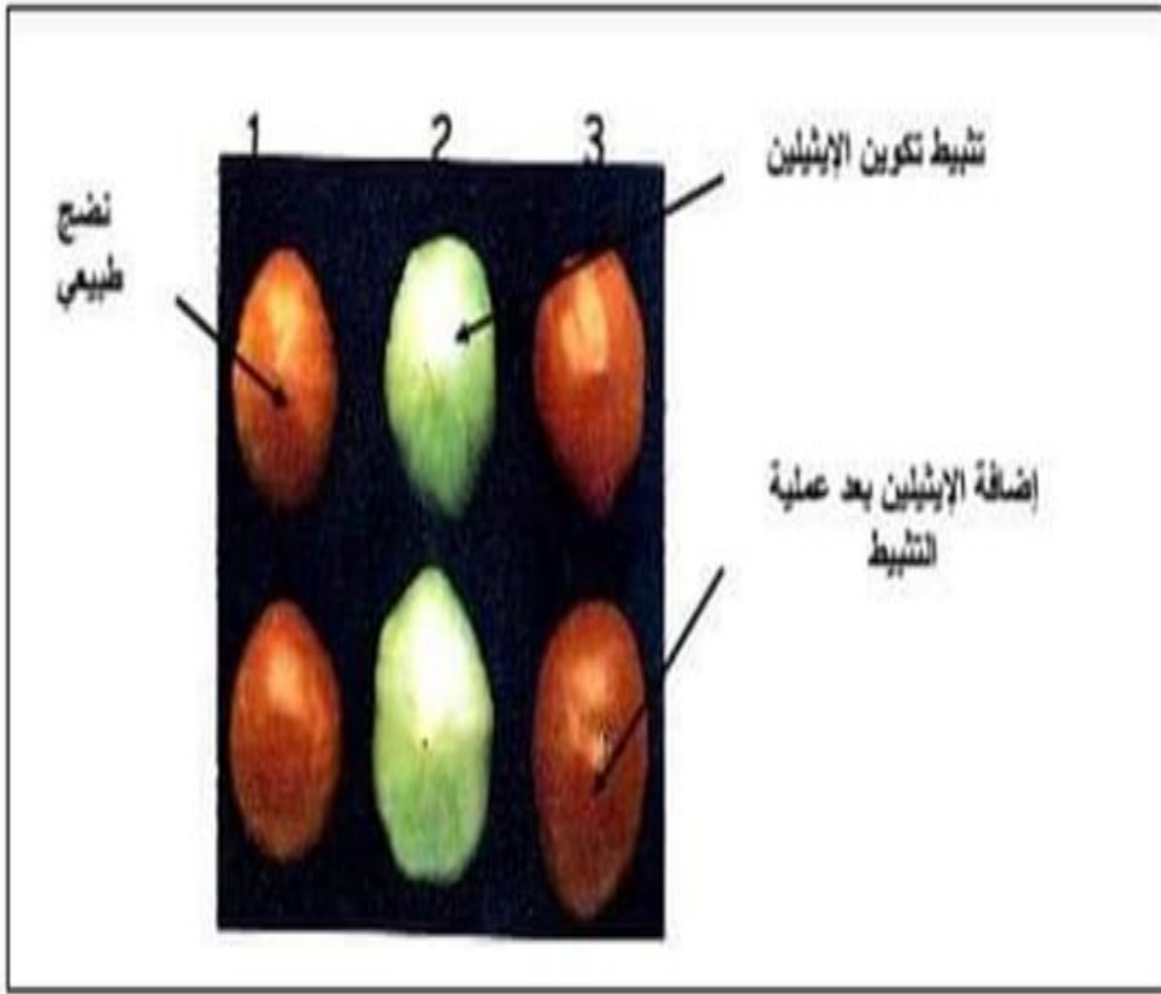
2.6.III. التأثير الفيزيولوجي للإيثيلين

الإيثيلين هو هرمون نباتي طبيعي مشتق من الميثيونين، يساهم في العديد من العمليات الفيزيولوجية مثل: استطالة النباتات، عملية الإزهار، ونضج الثمار، بالإضافة إلى ذلك يقوم الإيثيلين بتنظيم استجابة النبات للإجهادات الحيوية واللاحيوية (Roger et al., 2014).

يعتبر غاز الإيثيلين واحد من المركبات العضوية للمواد الهيدروكربونية غير المشعة ليس له طعم ولا لون ولا يعتبر ساما ولكنه أخف وزنا من الهواء وقابل للاشتعال، ويذوب بصعوبة في الماء، يعتبر الإيثيلين هرمونا نباتيا هاما في تنظيم النشاط الحيوي للنباتات والتفاعلات الفيزيولوجية الخاصة بها (2009، معارفة).

في عام 1934 أعلن العالم gamer عن اكتشاف غاز الإيثيلين خلال مراحل نمو النباتات الراقية والذيقع عليه مسؤولية نضج الثمار وتسويتها وهما زالت متصلة بالأشجار قبل قطافها (2009، معارفة). شكل رقم

(23)



شكل رقم (23): دور الإيثيلين في عملية نضج الثمار حسب (gamer 1934).

والجدول التالي يوضح أهم تأثيرات الهرمونات النباتية.

جدول رقم (7): أهم عائلات الهرمونات النباتية وبعض وظائفها الفيزيولوجية (Hopkins et al., 2003).

| الهرمون | مكان التخليق | الاكتشاف | الحركة | الدور الفيزيولوجي |
|--------------------|--|------------------------|--|---|
| الأوكسينات | قسم السيقان والأوراق الفتية | Went., 1928 | الأعلى قطبية من إلى الأسفل عبر اللحاء أو العكس | - تحفز تطاول السوق والجذور - تحفيز تطاول الخلايا وتمايزها - تحفيز الانقسام الخلوي - تحفيز تطور الأزهار والثمار اللحمية - يساهم في الانجذاب الضوئي Phototropisme - والانجذاب الأرضي gravitropisme |
| السيطوكينات | الجذور | Miller et al., 1956 | غير قطبية في كل الاتجاهات في الخشب واللحاء | - تحفز انقسام ونمو الخلايا - تحفز تجدد البراعم وإزالة السيطرة القمية - تمايز أعضاء النبات Morphogenèse - ضرورية لتحريك المواد المغذية - تؤخر شيخوخة الأوراق - كسر الحياة البطيئة للبذور والبراعم |
| الجبرلينات | مناطق النمو مثل قمم الأغصان والجذور الفتية | Yabuta et Sumiki, 1938 | غير قطبية في كل الاتجاهات تنتقل في الخشب واللحاء | - تنظم تطاول السوق - تحفز إنبات البذور - تحفز عملية الإزهار - يحفز تركيب α -amylase خلال إنبات البذور |
| الإيثيلين | جميع أعضاء النبات | Gane R., 1934 | في جميع الاتجاهات بالانتشار الغازي | - يحفز نضج الثمار - يقلل من السيطرة القمية - يؤخر الإزهار ويحفز نضج الثمار - يؤخر هجرة AIA - مسؤول عن مظاهر النمو الغير العادي |
| حمض الأبسيسيك | قلنسوة الجذور | Waring P.F., 1964 | | - مسؤول عن تحريك المواد المركبة ضوئياً إلى الحبوب خلال نضجها - ينظم إنبات البذور - يحفز تركيب البروتينات في الحبوب - يساهم في استجابات النبات للإجهاد المائي |
| الأمينات المتعددة | خلايا جميع النبات | | | - تحفيز النمو عموماً - رفع مقاومة النباتات للإجهاد الحراري |
| البراسينو-ستيروويد | حبوب الطلع، الأوراق والأزهار | | | - تنشيط تطاول الخلايا عن النيبتات النامية - تساهم في تطور النباتات |

III.7. دور الهرمونات النباتية في مقاومة الإجهاد اللا إحيائي

تتبع الهرمونات النباتية مكانة هامة في عمليات نمو وتطور النباتات، واستجابتها للإجهادات البيئية المتغيرة (ULLAH et al., 2018)، ويستغلها النبات في أوقات وفي أعضاء معينة طوال فترة نموه وتكاثره (Chumikima et al., 2019).

من المعروف أن نمو النبات وتطوره وشيخوخته تخضع لتنظيم هرمونات النمو النباتية. تشترك هذه الهرمونات في التحكم بوظائف حيوية متعددة بدءاً من النمو وحتى تحمل الإجهاد الحيوي واللا حيوي. وزاد انتشار استخدام الهرمونات لتحسين المحاصيل ومردودها حيث تقوم بتنسيق الإشارات المعقدة التي تنطوي على عمليات النمو والتكيف مع الإجهادات البيئية. قدمت الدراسات الحديثة دلائل هامة حول مشاركة كل من حمض (ABA) والأوكسين (AIA) والجبرلين (GA) والسايوتوكينات (CK) في تكيف النباتات مع مختلف الإجهادات البيئية. وقد أصبح فهم كيفية هذا التنسيق بين هذه الهرمونات المتعددة استجابة للإجهادات يمثل تحدياً كبيراً في مجال البحث.

إن استجابة النبات للإجهادات تختلف بتنوع النبات وكمية ونوع الأنسجة التي تتم فيها إنتاج الهرمونات النباتية (Wahab., al2022).

III.8. دور الهرمونات النباتية في مقاومة الإجهاد المائي

بين العديد من العلماء أن العجز المائي قلل بشكل واضح في محتوى الهرمونات النباتية المنشطة للنمو (GA, CK, IAI) في الوقت نفسه يؤدي الإجهاد المائي إلى رفع محتوى كل من (ABA) و(ET)، (Zang, 2011)، وتعد الهرمونات النباتية من بين أهم العوامل البيوكيميائية التي تؤثر على نمو النبات ومردوده وخاصة مساهمتها الواضحة في مقاومة النبات للإجهادات بما في ذلك الإجهاد المائي، et (Yu et al., 2020) (Singh et al., 2021) ويعد وجودها ضرورياً للنمو في ظل نقص الموارد المائية للنبات. (Rata et al., 2021)

يتبنى حمض (ABA) دوراً أساسياً في استجابة النباتات للإجهاد المائي، وبالإضافة إلى دوره في تنظيم حركة الثغور من خلال تحكمه في الخلايا الحارسة، يمكن لـ (ABA) أن يحفز ويستحدث الجينات المسؤولة عن تحليق البروتينات المقاومة للجفاف وهي:

- إنزيمات إزالة السمية (ROS).
- Dehydrins.
- البروتينات المنظمة (Rp) Regulatory protans.

- إنزيمات إشارة الفوسفوليبيدات (Phospholipid Signaling Enzymes (PSE).

وهكذا يمكن لـ (ABA) أن يساهم في مقاومة الإجهاد المائي (Fahad et al., 2021)، (Wahab., al, 2022)، (Wri et al., 2015).

كما لوحظ أن المحاصيل التي تحوي كميات أقل من (ABA) داخل أنسجتها الورقية أكبر تحملا للجفاف من تلك التي تحوي مستويات أعلى من البرولين (Parven et al., 2021)، يمكن لـ (ABA) كذلك أن يقلل نسبة ROS (الجذور الأوكسيجينية الفعالة) Reactive Oxygen Species لزيادة مقاومة النبات للجفاف (Wahab et al., 2022) in (Hasanuzzaman et al., 2021) بتعزيزه لنشاط SOD (superoxide) و (El-Yazied et al., 2022) (Peroxidase).

يؤدي الإجهاد المائي إلى زيادة محتوى ABA، ولكن يثبط تخليق CK ويسرع هدمه مما يقلل مستويات CK في الجذور والبراعم وهذا ما أشار إليه كل من العالمين (Nishiyam et al., 2011) و (Peleg and Blum Wald, 2011).

إن زيادة تركيز CK الداخليين خلال التطبيق الخارجي لـ CK بين آثار هذا الهرمون الإيجابية في تحسين مقاومة النبات للجفاف عن طريق تعزيزه لعملية التركيب الضوئي ويعزي ذلك إلى تحفيز CK لفتح الثغور وخفض نشاط (ABA)، كذلك رفع كفاءة استخدام الماء وزيادة نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة في الأوراق أي SOD، POD و CAT (Zavaleta et al., 2007) و (Bielah et al., 2017).

في بحث لـ (Werner et al., 2010) حول نبات *Arabidopsis thaliana*، بين أن انخفاض محتوى النبات من CK نتيجة الإجهاد المائي يؤدي إلى تعزيز نمو الجذور وهذا يزيد قدرتها على تحمل الشد المائي لا سيما من خلال امتصاص أفضل للمغذيات والماء.

إن ما تطرقت إليه سابقا حول الدور الفيزيولوجي للهرمونين (ABA) و (CK) يوضح أن لهذين الهرمونين أدوارا متضادة في تنظيم حركة الثغور، ففي ظل الإجهاد المائي يحفز ABA إغلاقها بينما يشجع CK بإضافته الخارجية فتحها (Peleg and Blum Wald, 2011) وعليه فإن الزيادة في مستوى CK إلى ABA مهم وبحسن في استجابة النبات للإجهاد المائي، وهذا التحسن يعزي إلى الحفاظ على سلامة الأغشية الخلوية وزيادة نمو الجذور (Nihiyana et al., 2011).

إن الإضافة الخارجية لـ CK يؤدي إلى زيادة في عملية النتح بسبب تحفيز CK لفتح الثغور، (Farber et al., 2016) مما يؤدي إلى رفع معدل التمثيل الضوئي في النبات تحت ظل الإجهاد المائي ويسمح له ذلك بتحمل أفضل (Raguera et al., 2013).

لأوكسين دور رئيسي في الحد من الإجهاد المائي من خلال وظيفته كمنظم لنمو الجذور (Kerver et al., 2018) كما أظهر IAI تأثير إيجابي في خفض تركيز ROS من خلال تنظيمه لنشاط بعض الأنزيمات المضادة للأكسدة (Shi et al., 2014)، كما أن هرمون الأوكسين يزيد في كمية المواد الغذائية الموجودة في عصارة الخلية (بن جامع، 2013)، وفي الآونة الأخيرة تم اكتشاف صلة ملموسة بين محتوى الأوكسين في الأنسجة النباتية واستجابة النبات للإجهاد الجفاف كما بينت هذه الدراسات الحديثة أن الأوكسين ينظم إنتاج ABA (حمض الأبسيسيك) وبالتالي استجابة النبات للجفاف (Farhangi et al., 2018).

وقد تشارك هرمونات أخرى في الاستجابة للإجهاد المائي مثل الإيثيلين (ET) وحمض الجبريلين (GA) (Larramza et al., 2014). فقد أشار أحمد (2010) أن حمض الجبريليك يحفز نمو النبات وتطوره في ظل ظروف الإجهاد اللاحيائي وتطبيقه يؤدي إلى تعديل الضغط الأسموزي في النباتات والحفاظ على محتوى الماء في الأنسجة، في دراسة أخرى لـ (Salvi et al., 2021) قام GA3 بتصحيح النمو القزمي الناتج عن الجفاف كما تؤدي إضافة GA3 إلى تعزيز تثبيط ABA وهو ما يساعد في تحمل النبات للإجهادات (Khan et al., 2004). بالإضافة إلى ذلك عزز GA3 نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة وبالتالي خفض مستوى ROS وهو ما يساهم في تحسين النمو تحت الإجهاد المائي (Manjizi et al., 2012).

وبالتالي يتم تنظيم الاستجابات للإجهاد المائي من خلال توازن هرموني معقد بين الهرمونات المنظمة للنمو والهرمونات المثبطة للنمو (Coul brouf, 2014) وخلاصة ما سبق هو أن الاستجابة المناسبة لإجهاد الجفاف يتطلب تفاعل هذه الهرمونات النباتية وتواصلها وتنسيقها فيما بينها (El Wahab, 2022).

الفصل الثاني:
طرق ووسائل العمل

1. المادة النباتية

تمت الدراسة على 6 أنواع من حبوب القمح الصلب (Triticum durum Desf.) كمادة نباتية تم الحصول عليها من مخبر تطوير وتثمين الموارد الوراثية النباتية بجامعة منتوري قسنطينة 1. حيث يوضح الجدول رقم (8) هذه الأنواع و بعض خصائصها مع الرمز المعطى لها بالتجربة.

جدول رقم (8): قائمة القمح الصلب (Blé dur)، مناطق تأقلمها وبعض مميزاتا الزراعية (ITGC, 2022).

| الرمز | اسم الصنف | سنة التسجيل | المستبط | منطقة التأقلم | مميزات الصنف |
|----------------|-----------------|-----------------|---------------|--|--|
| V ₁ | أمير (زمالة) | | أكساد | | - صنف يمتاز بمرود يبلغ 3.8 طن/هكتار وسطيا - نوعية حبوب جيدة - تحمل للأمراض خاصة مرض الصدأ الأصفر والبنّي - يتميز بصفة التبكير في النضج |
| V ₂ | ساورا | 2012 | أكساد 1107 | الهضاب العليا والسهول الداخلية الشرقيتين | - صنف متأخر، كثير الإشطاء، متوسط الطول ذو سنابل طويلة ومرتفعة الخصوبة - فائق التحمل للجفاف والبرودة - مقاوم للصدأ الأصفر، الصدأ البنّي، البياض الدقيقي |
| V ₃ | منصورة | م.ت.ز.و 2012 | م.ت.ز.ز. | السهول الداخلية والهضاب العليا الشرقيتين | - صنف كثير الإشطاء، متوسط الطول، ذو خصوبة مرتفعة - فائق التحمل للجفاف والبرودة - متحمل للصدأ الأصفر، الصدأ البنّي، البياض الدقيقي |
| V ₄ | عمار 6 | 2011 | إيكاردا | المناطق الساحلية وشبه الساحلية الوسطى | - صنف مبكر قائم - متحمل للجفاف، الرقاد - متحمل للصدأ الأصفر، البياض الدقيقي - متوسط التحمل للصدأ البنّي، التبّع السبتوري |
| V ₅ | وهبي | 2011 | م.ت.ز.و. | السهول الداخلية والهضاب العليا الشرقيتين | - صنف شبه مبكر متوسط الطول وكثير الإشطاء، فائق التحمل للرقاد - متحمل للجفاف والبرودة - متحمل للصدأ الأصفر، الصدأ الأسود - متوسط التحمل للبياض الدقيقي |
| V ₆ | واد البارد | 2016 | م.ت.ز.و. | الهضاب العليا والسهول الداخلية الشرقيتين | - صنف كثير الإشطاء، متوسط الطول - متحمل للجفاف والبرودة - متحمل للصدأ الأصفر، الصدأ البنّي، البياض الدقيقي، التبّع السبتوري |

2. خطوات العمل

1.2. مكان تنفيذ البحث

أجريت مراحل هذا البحث بالبيت الزجاجي النصف متحكم فيه بمجمع شعبة الرصاص وبمختبر تطوير وتثمين الموارد الوراثية النباتية بجامعة الإخوة منتوري بقسنطينة خلال الموسم الدراسي 2023-2024م، كما هو موضح في الشكل رقم (24)



شكل رقم (24): البيت الزجاجي مكان إجراء التجربة.

2.2. التربة المستعملة

استعملت في هذه التجربة تربة زراعية جلبت من مشتل شعبة الرصاص بمستوى جامعة قسنطينة، حيث تمت تنقيتها وإزالة الأعشاب الضارة والأحجار منها بعملية الغرلة وهذا بهدف مجانستها وتحضيرها للاستخدام الزراعي.

وضعت التربة بعد عملية تهيئتها في أصص مستطيلة ذات الأبعاد التالية:

- الطول: 30cm

- العرض: 22cm

- العمق: 19cm

والشكل رقم (25) يوضح أبعاد الأصص المستعملة



شكل رقم (25): مخطط يوضح شكل الأصص وأبعاده.

3.2. اختيار البذور

تم اختيار الأصناف المرغوبة للقمح الصلب (Blé dur) بحيث تكون بذور سليمة، غير متعفنة، حيث يتم وضع حبوب كل صنف في كيس خاص لنقلها إلى البيت الزجاجي أين تتم عملية زراعة هذه الحبوب في الأصص التي تم تحضيرها مسبقاً .

4.2. الزرع

تمت عملية الزرع للأصناف الستة المزروعة يوم: 2023/11/20م و تم زرع 8 بذور في كل أصيص . حيث طبقت قاعدة كثافة الزرع المعروفة أي 250 حبة/م²، ولدينا مساحة الأصص هي:

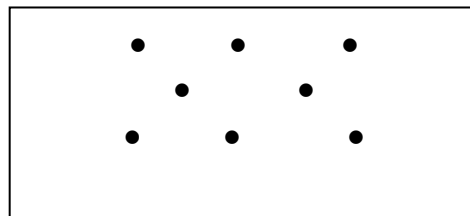
$$19\text{cm} \times 27\text{cm} = 513 \text{ cm}^2$$

$$X = \frac{513\text{cm}^2 \times 250}{10\,000\text{cm}^2}$$

$$X = 12.82 \text{ (حبة في كل إصيص)}$$

ومنه:

وبحذف حجم الأصيص تمت زراعة 8 حبات من بذور كل صنف بكل أصيص أين كان عدد المكررات



هو 2.

شكل رقم (26): طريقة زراعة البذور.

تمت زراعة البذور على عمق 2cm تقريباً لضمان النمو الجيد للنبات و يوضح الشكل 26 مخطط الزرع

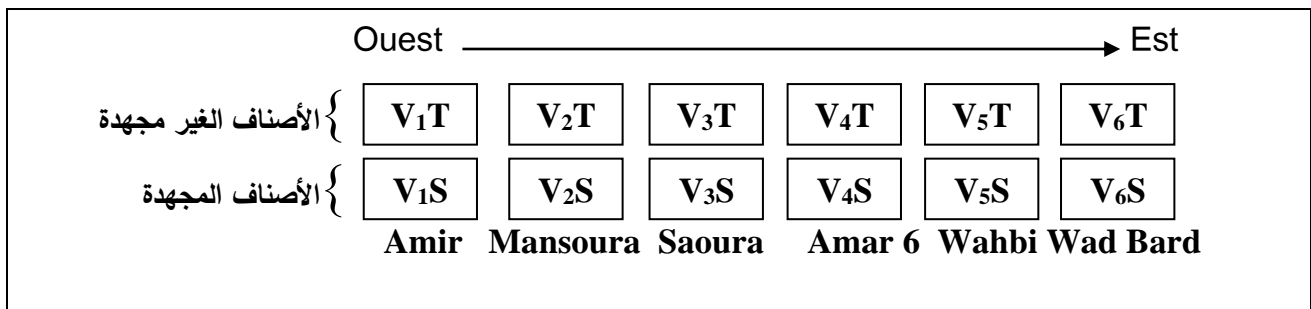
بالببيت الزجاجي.

5.2. السقي

تمت عملية السقي بماء الحنفية بمقدار 500 ml بمعدل مرة واحدة في الأسبوع وهذا حتى مرحلة الإشطاء حيث تم رفع الفترة إلى مرتين في الأسبوع ثم إلى 3 مرات في الأسبوع حتى مرحلة بداية الاسبال.

6.2. الترقيع

بدأت عملية البروز لكل الأصناف بعد حوالي (15 إلى 20 يوما) من الزرع، وبعد المتابعة المستمرة لاحظنا أن بعض البذور لم تنبت فقمنا بعملية الترقيع يوم: 2023-12-05 وذلك بعد إنبات البذور في أطباق بيتري بمستوى المخبر.



شكل رقم (27): مخطط التجربة.

7.2. التسميد

تمت عملية التسميد باستعمال NPK خلال مرحلة الصعود.

3. تطبيق بالإجهاد المائي

تمت التجربة بعاملين (مستوى الرطوبة والأنماط الوراثية) حيث استعملت خلالها 12 وحدة تجريبية بمستوى واحد من الرطوبة (30%) و6 أصناف من القمح الصلبين كان عدد المكررات هو 2. $12 = 2 \times 6 \times 1$ وحدة تجريبية.

تم تطبيق الإجهاد المائي في مرحلة بداية الإنبال أما اخذ القياسات المرفولوجية والكيميائية فصادفت مرحلة الامتلاء.

4. المعاملة بالهرمونات النباتية

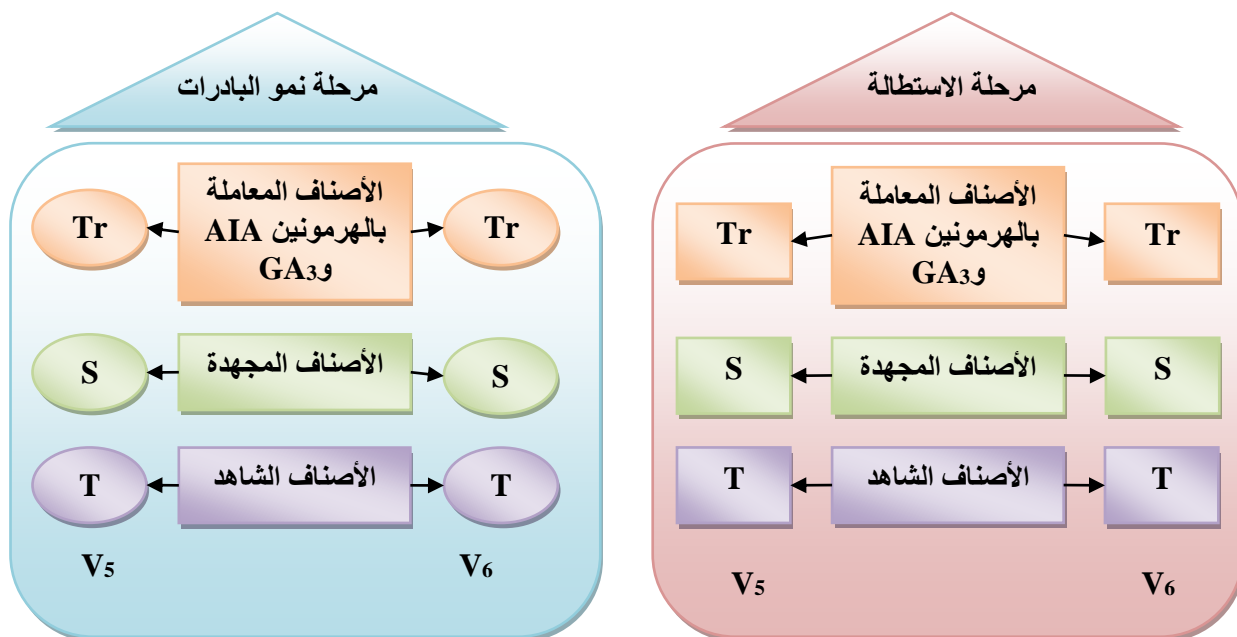
محاولة منا لخفض التأثير السلبي وتحفيز نمو النبات في ظل الإجهاد المائي المطبق على أصناف القمح الصلب ثم رش المجموع الخضري للمكرر 3 للصنفين (Wahbi) و(Wad Bard) المجهد بمنظمي نمو، حيث استخدمنا GA_3 وAIA، أما المكرر 2 فترك تحت تأثير الإجهاد المائي و المكرر 1 فأتخذ كشاهد دون تطبيق إجهاد وعومل بالماء العادي.

تم استعمال الأوكسين بتركيز 30 جزء/مليون (30pm) رشا وهرمون الجبريلين بتركيز 50 جزء/مليون رشا (50pm).

بعد تحضير المحلولين (AIA) و(GA_3) توضع في مرشة يدوية.

تمت عملية المعاملة بالهرمونات النباتية على الصنفين (Wahbi) و(Wad Bard) في مرحلة الصعود ومرحلة نمو البادرات هذه الأخيرة تم تطبيق عملية الرش الهرموني بعد 15 يوم من عملية الإنبات.

تم رش (AIA) صباحا حتى يحدث البلل التام للجزء الخضري، أما حامض الجبريليك (GA_3) فيرش مساء وذلك لإعطاء الوقت الكافي للنبات بامتصاص محلول (AIA) وهذا كل أسبوع. شكل رقم (28)



شكل رقم (28): مخطط بشرح التجربة -2- المعاملة بالهرمونات.

أخذت النتائج بعد 21 يوم من آخر معاملة بالهرمونات في كلتا المرحلتين.
أخذت نفس القياسات المرفولوجية والبيوكيميائية التي استعملت في الجزء الأول من البحث (ارتفاع النبات - المساحة الورقية - تقدير الكلوروفيل - تقدير السكريات المذابة - تقدير البرولين - تقدير الوزن الجاف بالنسبة لمرحلة نمو البادرات).

5. السعة الحقلية

تم حساب السعة الحقلية حسب المعادلة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية للماء في 100 غرام من التربة} = \text{وزن ماء التربة} \times 100 / \text{وزن التربة الجافة}$$

وذلك كما هو موضح في الجدول رقم (9)

جدول رقم (9): تقدير السعة الحقلية.

| المكررات | 1 | 2 | 3 |
|------------------------------------|--------|----------|----------|
| وزن الأصبص فارغ (g) | 550 | 532 | 554 |
| وزن الأصبص مملوء بالتربة مشبعة (g) | 12723 | 12567.48 | 12423.33 |
| وزن الأصبص والتربة جافة (g) | 9245 | 9190 | 9020 |
| وزن الماء (g) | 3478 | 3377.48 | 3403.33 |
| السعة الحقلية | 40% | 39.01% | 40.2% |
| المتوسط | 39.73% | | |

6. القياسات المرفولوجية

1.6. متوسط طول الساق الرئيسي

تم قياس الساق الرئيسي باستعمال مسطرة مدرجة بـ (cm).

2.6. متوسط المساحة الورقية

تم حساب المساحة الورقية يدويا باستعمال مسطرة مدرجة بـ (cm²). وذلك بقياس طول الورقة والعرض الأعظمي لها، يتم حساب المساحة بتطبيق القانون الطول جداء العرض، وضرب النتيجة في معامل التصحيح (0.79) (Voldongand Simpson, 1967).

$$\text{المساحة الورقية (cm}^2\text{)} = \text{طول الورقة} \times \text{العرض الأعظمي للورقة} \times \text{معامل التصحيح (0.79)}$$

3.6. تقدير الوزن الجاف للبادرات (g)

للحصول على الوزن الجاف، تم تجفيف الجزء الخضري للبادرة و كذلك الجزء الجذري وذلك بوضعها في حاضنة تحت درجة حرارة 90 درجة مئوية لمدة 48 ساعة ثم القيام بوزنها.

7. القياسات البيوكيميائية

1.7. تقدير الكلوروفيل

تم تقدير محتوى ورقة العلم من الكلوروفيل وفقاً لطريقة (Francis et al., 1970) والتي يمكن تلخيصها في المراحل التالية:

- أخذ 100mg من الأوراق الخضراء الغضة ويتم تقطيعها إلى قطع صغيرة توضع في أنابيب اختبار.
- إضافة 10ml من محلول مركب من مزيج (25% إيثانول و75% أسيتون).
- توضع في علب سوداء صغيرة وتحفظ في الظلام لمدة 48 ساعة.
- تقرأ الكثافة الضوئية على طول الموجة 645 و663 نانومتر لليخضور a و b على التوالي بواسطة جهاز Spectrophotometer.

- يتم حساب الكلوروفيل الكلي كما يلي:

$$\begin{aligned} \text{ChL (a) (m mol/mg MF)} &= 12.3 \text{ DO (663)} - 0.86 (645)/10 \\ \text{ChL (b) (m mol/mg MF)} &= 9.3 \text{ DO} - 3.6 (663)/10 \end{aligned}$$

2.7. تقدير السكريات المذابة

- تم إتباع طريقة (Dubois et al., 1956) والتي يمكن تلخيصها كما يلي:
- أخذ 100mg من الأوراق الغضة، تقطع إلى قطع صغيرة توضع في أنابيب اختبار.
 - إضافة 3ml من الإيثانول 80%.
 - توضع العينات في الظلام لمدة 48 ساعة.
 - يتم إضافة 20ml من الماء المقطر إلى كل أنبوب اختبار ويؤخذ منها 2ml وتوضع في أنابيب اختبار أخرى.
 - إضافة 1ml من الفينول 5%.
 - إضافة 5ml من حمض الكبريتيك المركز Acide Sulfurique.

- توضع الأنابيب في حمام مائي من 10 إلى 20 دقيقة 30°. الشكل رقم (29)



شكل رقم (29): العينات المتحصل عليها لتقدير كمية السكريات المذابة

- تقرأ الكثافة الضوئية على طول 490 nm.
- يتم حساب تراكيز السكريات حسب العلاقة التالية:

$$\text{السكريات} = \text{الكثافة الضوئية} \times 1.67 / \text{الوزن الجاف}$$

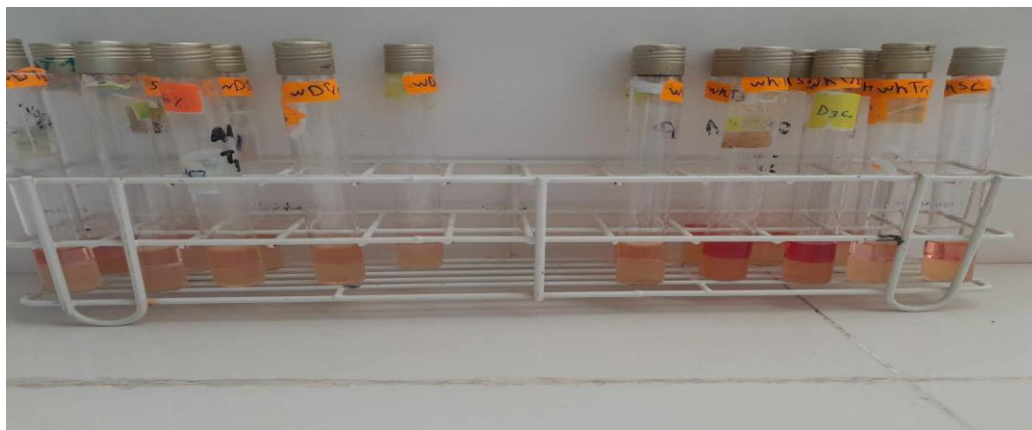
3.7. تقدير البرولين

تمت معايرة البرولين وفقا لطريقة (Troll et Lindsay., 1995)، والمعدلة من طرف (Monneveux et

(Nemmar., 1986) والتي يمكن تلخيصها في المراحل التالية:

- أخذ 100mg من الأوراق الغضة، تقطع إلى قطع صغيرة توضع في أنابيب اختبار.
- إضافة 2ml من الميثانول 40% ونضع الأنابيب في حمام مائي لمدة ساعة عند درجة حرارة 95°م، يتم إغلاق الأنابيب بإحكام لمنع تبخر المحلول.
- نأخذ 1ml من المحلول ووضعه في أنابيب زجاجية أخرى.
- إضافة 2ml من حمض الخل.
- إضافة 25mg من النينهيدرين.
- إضافة 1ml من محلول مركب من (10ml من الماء المقطر + 30ml من حمض الخل + 8ml من حمض الأرتوفوسفوريك).
- وضع الأنابيب في حمام مائي للمرة الثانية لمدة 30 دقيقة عند 95م فنحصل على لون أصفر إلى برتقالي تدريجيا حسب محتوى البرولين في العينة. شكل رقم (30)

- يتم إضافة 5ml من Toloéne لكل عينة.
- يتم الرج للحصول على طيقين وفصل الطبقة العليا.
- إضافة كمية قليلة من Na_2SO_4 .



شكل رقم (30): العينات المتحصل عليها لتقدير البرولين

- تقرأ الكثافة الضوئية على جهاز Spectrophotometer على طول الموجة 528 nm، تقدر كمية البرولين بالميكروغول/ملغ من المادة الجافة. وذلك باستعمال المعادلة التالية:

$$X = 0.62 \text{ DO (528/Ms)}$$

X = محتوى البرولين

DO = الكثافة الضوئية

Ms = المادة الجافة

8. الدراسة الإحصائية

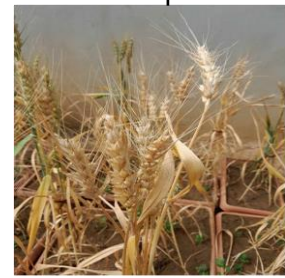
تمت معالجة النتائج المتحصل عليها في هذا البحث باستخدام تحليل التباين ANOVA لعاملين (النمط الوراثي ومستوى الرطوبة) في التجربة الأولى وتحليل التباين ANOVA بثلاث متغيرات بتداخلاتها (النمط الوراثي، مستوى الرطوبة، المعاملة بمنظمي النمو GA_3 و AIA) في التجربة الثانية من البحث بواسطة برنامج Excel Stat.



حبة ← مرحلة البروز والإنبات ← ظهور الورقتين ← ظهور الثلاث ورقات



شكل رقم (31): دورة حياة القمح الصلب



مرحلة الإشتاء

مرحلة النضج



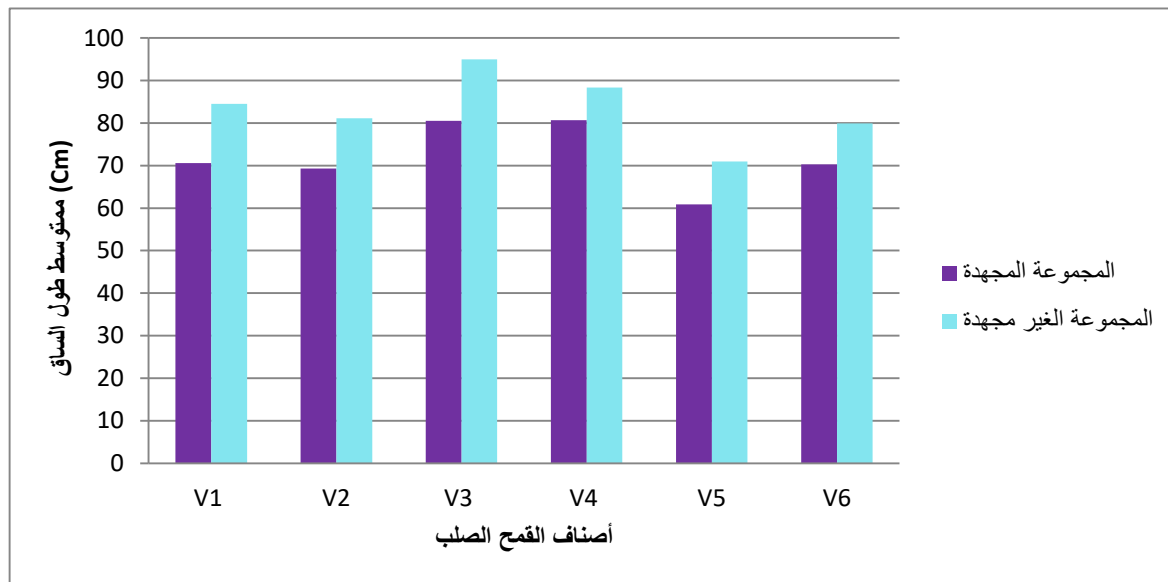
مرحلة الإزهار → مرحلة الإسبال → مرحلة الانتفاخ → مرحلة الاستطالة

الفصل الثالث:
النتائج والمناقشة

I. المعاملة بالإجهاد المائي خلال مرحلة الإنبال

1.I. القياسات المورفولوجية

1.1.I. متوسط طول النبات



شكل رقم (32): متوسط طول النبات لـ 6 أصناف من القمح الصلب تحت تأثير الإجهاد المائي (cm).

- تظهر النتائج الموضحة في الشكل رقم (32) تباينا في متوسط طول النبات عند أصناف القمح الصلب المدروسة، فقد سجلت أعلى قيمة لمتوسط طول الساق عند الصنف V₃ (94.96 cm)، أما الصنف V₅ فسجل أقل متوسط بـ (70.97 cm).
- أظهرت نتائج في شكل 31 الذي يمثل تأثير مستوى الرطوبة (30%) على أصناف القمح المدروسة، تراجع طفيف في قيم متوسط الساق الرئيسي مقارنة مع معاملة الشاهد وذلك عند جميع الأصناف المدروسة حيث سجل الصنف V₃ أعلى نسبة تراجع بـ (-15.20%)، أما الصنف V₁ فسجل أدنى نسبة تراجع قدرت بـ (-5.57%) مما يظهر انه يبدي مقاومة عالية مقارنة بباقي الأصناف.
- من خلال جدول التحليل الإحصائي ANOVA الخاص بمتوسط طول الساق الرئيسي الملحق 1 نلاحظ وجود فروقات جد معنوية (Pr < 0.05) بين الأنماط الوراثية المدروسة، كذلك معاملة المستوى الرطوبي (30%) في التجربة كانت د جد معنوية (Pr < 0.001)، أما التداخل بينهما (أنماط وراثية - مستوى الرطوبة) فجاء د جد معنوي (Pr < 0.001).

- هذه النتائج جاءت موافقة مع ما توصل إليه كل من (Farhad et al., 2011) و (Touchan et al., 2008) من أن الإجهاد المائي يؤدي إلى اختزال ارتفاع النبات لا سيما عندما يكون في بداية دورة حياته ويتناقص هذا التأثير مع المراحل المتأخرة من الدورة، وبمعزي الانخفاض الطفيف في ارتفاع متوسط طول النبات خلال مرحلة ملء الحب إلى تباطؤ معدل النمو بشكل كبير في هذه المرحلة، بالإضافة إلى ذلك تظهر هذه المرحلة تفوقا في عملية انتقال منتجات التمثيل الضوئي نحو الحبوب بالمقارنة مع انتقالها نحو الساق.

ويعود التباين بين الأنماط الوراثية في صفة متوسط طول النبات إلى التباين في مقدرة الأنسجة النباتية على الاحتفاظ بالماء الذي يعتبر عامل مهم وضروري لاستطالة الخلايا ومرنة الجدران الخلوية والقدرة على التمدد تحت ظروف العجز المائي (Cossyrove, 1989).

2.1.I. متوسط المساحة الورقية



شكل رقم (32): متوسط المساحة الورقية لـ 6 أصناف من القمح الصلب تحت تأثير الإجهاد المائي.

- تظهر النتائج في الشكل رقم (32) تباينا في قيم متوسط مساحة ورقة العلم عند أصناف القمح الصلب المدروسة في هذه التجربة، نلاحظ تقارب في قيم مساحة ورقة العلم عند الأصناف V_1 (29.06 cm^2)، V_4 (30.49 cm^2)، V_5 (31.36 cm^2)، V_6 (31.52 cm^2)، سجلت أعلى قيمة لمتوسط مساحة ورقة العلم عند الصنف V_6 (31.52 cm^2) أما أدنى قيمة فكانت للصنف V_3 فسجل أقل متوسط ب (17.13 cm^2).

- تشير النتائج في الشكل 32 إلى مدى التأثير السلبي للإجهاد المائي على متوسط مساحة ورقة العلم عند جميع الأصناف المدروسة في التجربة، سجل أعلى تراجع في متوسط المساحة الورقية عند الصنفين V_2

بنسبة (-23.93%) و V_3 بنسبة (-23.81%) أما أدنى قيمة تراجع في متوسط المساحة الورقية فكانت للصنف V_5 بنسبة (-7.58%).

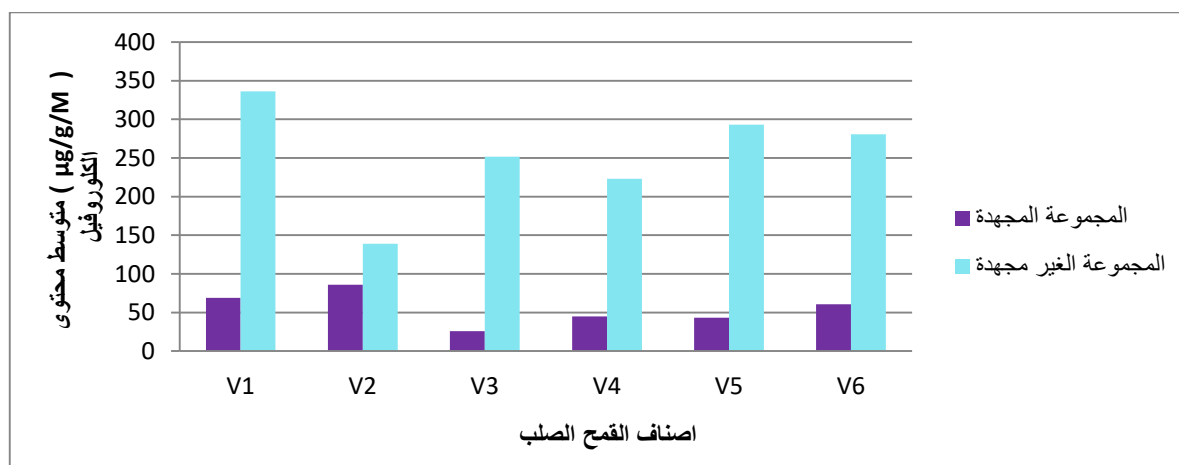
– تشير نتائج التحليل الإحصائي ANOVA في الملحق 2 إلى وجود فروقات معنوية ($Pr < 0.05$) بين الأنماط الوراثية المدروسة، كذلك المعاملة عند المستوى الرطوبي (30%) كانت جد معنوية ($Pr < 0.001$)، أما التداخل بينهما فكان غير معنوي ($Pr > 0.05$)، مما يعني أن استجابة الأنماط الوراثية للإجهاد المائي عند المستوى (30%) متماثل.

– هذه النتائج جاءت موافقة مع ما توصل إليه (Blam, 1996) و (Monneveux et Belhassem., 1996) إلى أن اختزال المساحة الورقية في ظروف الإجهاد المائي هي آلية يستخدمها النبات للتقليل من احتياجاته المائية.

– تعد ورقة العلم العضو الرئيسي الذي تحصل فيه أغلب عمليات التمثيل الضوئي وتأتي معظم مكونات حبات القمح من هذه الورقة، إن تقلص واختزال المساحة الورقية لأصناف القمح الصلب في هذه التجربة تحت ظروف الإجهاد المائي هي إستراتيجية تكيف تهدف إلى تقليل احتياجات النبات للماء، وهي أيضا صفة للهروب من الجفاف (Amukrame et al., 2002)، ويعزى الانخفاض في المساحة الورقية إلى اختزال حجم الخلايا بسبب الإجهاد المائي وانخفاض محتوى الماء النسبي وقدرة الخلايا على الاستطالة (الدرفاسي وآخرون، 2002)، فضلا على انخفاض محتوى الهرمونات المشجعة والمحفزة للنمو والاستطالة (GA_3 و AIA) (العودة، 2008).

2. I. القياسات الفيزيولوجية

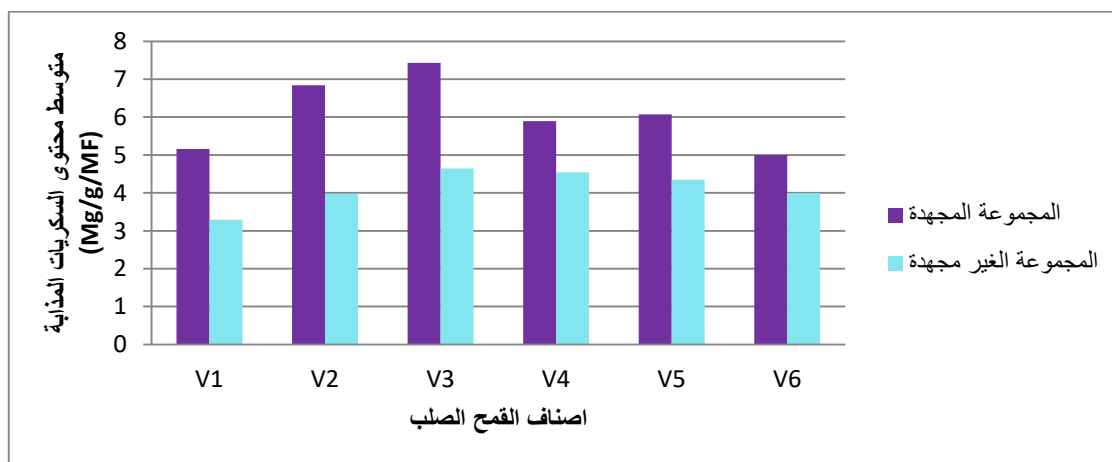
1.2.I. متوسط نسبة الكلوروفيل الكلي



شكل رقم (34): متوسط محتوى الكلوروفيل لـ 6 أصناف من القمح الصلب تحت تأثير الإجهاد المائي.

- توضح النتائج في الشكل رقم (34) تراجع وتدهور كبير لصيغة الكلوروفيل عند جميع الأنماط الوراثية المدروسة تحت تأثير الإجهاد المائي عند مستوى الرطوبة (30%) مقارنة مع معاملة الشاهد.
- يمثل الصنف V₃ أعلى نسبة تراجع بـ (-89.68%) أما الصنف V₂ فسجل أقل نسبة تراجع بـ (-38.31%).
- يشير جدول التحليل لإحصائي ANOVA في الملحق 3 إلى وجود فروقات جد معنوية (Pr < 0.001) بين أصناف القمح المدروسة، كذلك كانت فروق جد معنوية (Pr < 0.001) عند المعاملة بالمستوى الرطوبي (30%)، أما التفاعل بينهما فكان جد معنوي (Pr < 0.001).
- هذه النتائج جاءت موافقة مع دراسات (Hirche, 2006) و (Gurumurthy et al., 2019) التي أكدت أن محتوى النبات من صيغة الكلوروفيل ينخفض مع انخفاض المستوى الرطوبي.
- بينت الكثير من الدراسات أن محتوى النبات من الكلوروفيل يعد مؤشرا هاما لتقييم سلوك النبات في ظل العجز المائي (Zobayes et al., 2005)، حسب (Latfi et al., 2015) و (l'adjal et al., 2000) فإن تراجع محتوى الأوراق من الكلوروفيل يعزى إلى انخفاض الوزن الجاف للمجموع الجذري ومن ثم تراجع مقدرة النباتات على امتصاص الماء والعناصر المغذية لاسيما النيتروجين كما أن العجز المائي يؤدي إلى تراكم ROS التي تسبب تحلل أغشية التايلاكويد واختزال حجمها.
- إن الإجهاد المائي يزيد من نشاط الأنزيمات المحللة للكلوروفيل ومن ثم انخفاض نسبته في الأنسجة الورقية للنباتات المجهد (Pannerslevam et Ajithkumar, 2014)، كما يعود سبب الانخفاض أيضا إلى الاختزال الكبير للمساحة الورقية (التميمي، 2012).

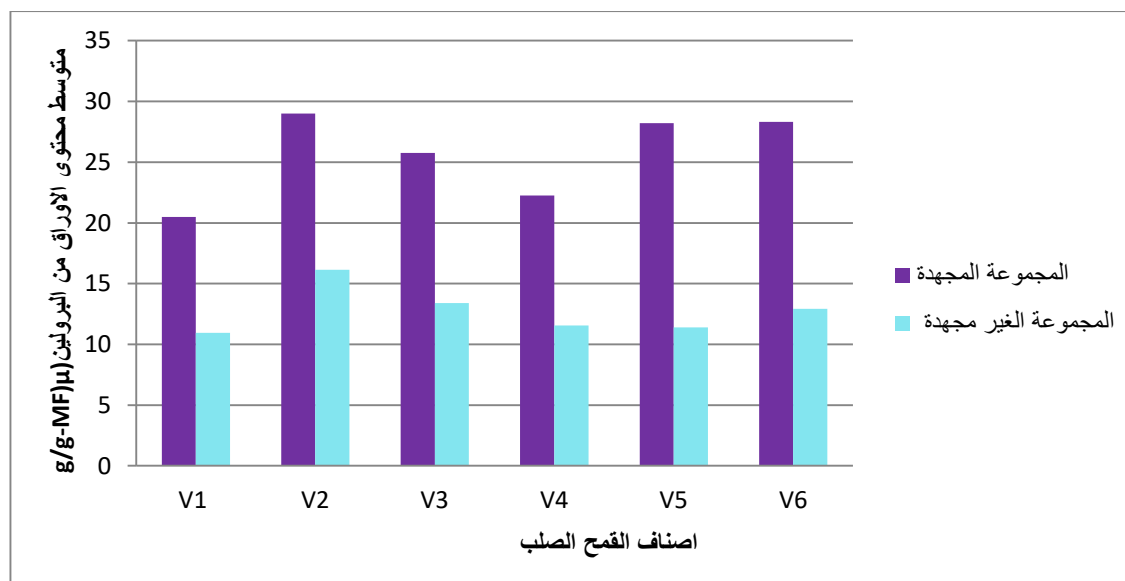
2.2.I. متوسط نسبة السكريات المذابة



شكل رقم (35): متوسط محتوى الأوراق من السكريات المذابة تحت تأثير الإجهاد المائي.

- أوضحت النتائج المحصل عليها من خلال الشكل رقم (35) أن أصناف القمح الصلب الستة المدروسة سجلت تراكم معتبر ومحسوس في تركيز السكريات بعد تطبيق الإجهاد المائي عند السعة الحقلية (30%) مقارنة مع الشواهد.
- سجلت أعلى نسبة زيادة في تراكم السكريات عند الصنف V₂ بـ (+72.04%)، أما أدنى نسبة زيادة فكانت عند الصنف V₆ بـ (+25.06%) مقارنة بالشواهد.
- بينت الدراسة الإحصائية ANOVA الخاصة بنسبة السكريات المذابة في الملحق 4 إلى وجود فروقات معنوية (Pr < 0.05) بين أصناف القمح المدروسة، كذلك سجلت فروقات معنوية (Pr < 0.05) بين الأصناف والمستوى الرطوبي أما التداخل بينهما فكان معنوي أي أن استجابة الأصناف كانت متماثلة.
- يعزى تراكم السكريات الذائبة في أنسجة الخلايا النباتية المجهدة إلى عملية إماهة النشاء مع إمكانية تثبيط تركيبه (Geigenbur et al., 1997). كما إن تراكم السكريات المذابة هي إحدى آليات التكيف مع الجفاف حيث تساهم في عملية التعديل الأسموزي وتختلف نسبة التراكم باختلاف الأنماط الوراثية (Benalaribi et monevus, 1998).
- إن هذه النتائج متوافقة مع ما أشار إليه (Deraissac, 1992) و (Adjeb, 2002) والمتمثلة في تراكم السكريات في الأنسجة الورقية للنبات المجهدة هو آلية للتكيف مع العجز المائي.

3.2.1. متوسط محتوى البرولين



شكل رقم (36): متوسط محتوى الأوراق من البرولين تحت تأثير الإجهاد المائي.

- للبرولين دور في حماية النبات من الإجهاد المائي فهو يعمل كمنظم أزموزي يساهم في التعديل الأسموزي من خلال المحافظة على نسبة الأغشية والأنزيمات وكمضاد للأكسدة (Farouq et al., 2009).
 - أوضحت النتائج المحصل عليها في الشكل رقم (36) أن جميع الأصناف في هذه الدراسة سجلت تراكم محسوس للبرولين بعد تطبيق الإجهاد المائي بمستوى السعة الحقلية (30%) مقارنة بالشواهد.
 - سجلت أعلى قيمة نسبة زيادة لمتوسط البرولين عند الصنف V₅ ب (+147.53%)، أما أدنى زيادة في التركيز فكانت لدى الصنف V₂ ب (+79.65%).
 - بين جدول التحليل الإحصائي ANOVA في الملحق 5 الخاص بكمية البرولين وجود فروقات معنوية جدا (Pr < 0.001) بين الأصناف المدروسة، كذلك فروقات معنوية جدا (Pr < 0.001) بين الأنماط الوراثية والمستوى الرطوبي (30%) أما التفاعل بينهما فكان معنوي أي أن استجابة الأصناف كانت متماثلة.
 - جاءت هذه النتائج متماثلة مع ما أشار إليه كل من (Snachezet et al., 2001)، (Manadzingen et al., 2016)، (Johari – Pire – Vatlon., 2009) والذي أكدوا جميعا على أن النبات يراكم البرولين في ظل العجز المائي لزيادة التركيز الحلولي والمحافظة على جهد الامتلاء وبالتالي التقليل من فقد الماء.
- البرولين هو أحد الذائبات الملائمة للنباتات والمساهمة بشكل فعال في عملية التعديل الأسموزي حيث تجنب تضرر الأغشية الخلوية للنباتات المجهد (Ahmed et al., 2019). كما تساهم عملية التعديل الأسموزي في الوقاية من الضر الناتج عن ROS (Al-Shehreen et al., 2016). ويسمح تراكم السكريات والبرولين معا للنباتات بمقاومة الإجهاد المائي بالمحافظة على إنتاج خلايا الأوراق وبالتالي استمرار تكاملها الوظيفي (Bensalem., 1993).
- وأثبتت العديد من الدراسات أن هناك علاقة ارتباط إيجابية من محتوى الأنسجة النباتية من البرولين مع الجفاف (Cechini et al., 2006) و (Zerrad et al., 2008).

3.1. دراسة مصفوفة تحليل الارتباط للمتغيرات المدروسة

جدول رقم (10): مصفوفة الارتباط للقياسات المدروسة للشاهد.

| | log | SF | Chlor | prol | suc |
|-------|--------|--------|--------|--------|-----|
| log | 1 | | | | |
| SF | -0,730 | 1 | | | |
| Chlor | -0,414 | 0,194 | 1 | | |
| prol | 0,308 | -0,358 | -0,841 | 1 | |
| suc | 0,629 | -0,367 | -0,356 | 0,1038 | 1 |

– يبين الجدول رقم (10) مصفوفة الارتباطات للقياسات المدروسة للأصناف الشاهدة حيث تظهر أهم الارتباطات المعنوية الموجبة:

– ارتباط معنوي قوي بين طول النبات ومحتوى الأوراق من السكريات.

كما تظهر أهم الارتباطات المعنوية السالبة :

– ارتباط معنوي قوي بين محتوى الأوراق من الكلوروفيل والبرولين.

– ارتباط معنوي قوي بين طول النبات و المساحة الورقية.

جدول رقم (11): مصفوفة الارتباط للقياسات المدروسة للمجهدة.

| | <i>log</i> | <i>SF</i> | <i>Chlor</i> | <i>prol</i> | <i>suc</i> |
|--------------|------------|-----------|--------------|-------------|------------|
| <i>log</i> | 1 | | | | |
| <i>SF</i> | -0,693 | 1 | | | |
| <i>Chlor</i> | -0,394 | 0,342 | 1 | | |
| <i>prol</i> | -0,475 | 0,008 | 0,126 | 1 | |
| <i>suc</i> | 0,312 | -0,806 | -0,326 | 0,305 | 1 |

– يبين الجدول رقم (11) مصفوفة الارتباطات للقياسات المدروسة للأصناف المجهدة حيث تظهر أهم الارتباطات المعنوية السالبة:

– ارتباط معنوي قوي بين المساحة الورقية ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل.

– ارتباط معنوي قوي بين طول النبات ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل

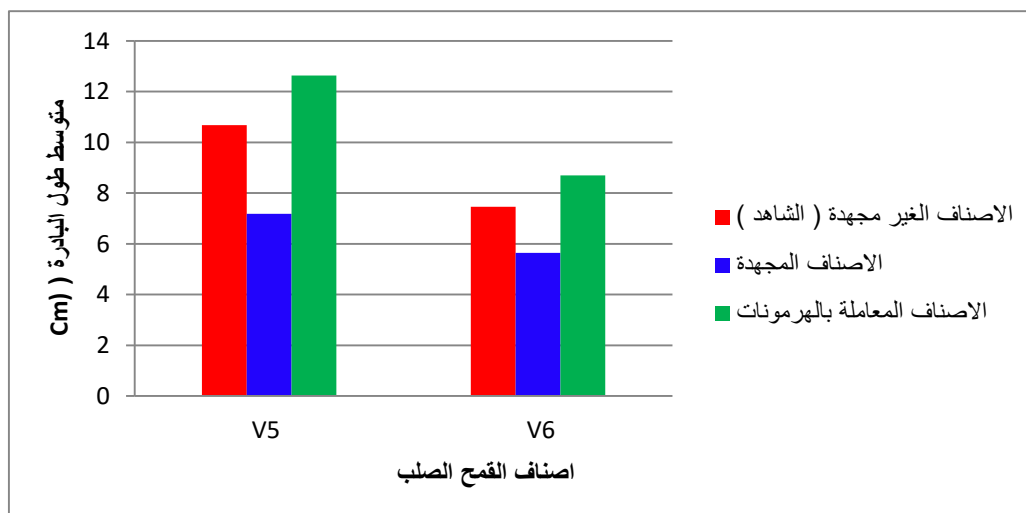
II. المعاملة بهرموني النمو AIA و GA₃ رشا على صنفين من نبات القمح الصلب تحت

ظرف الإجهاد المائي في مرحلتي نمو البادرة والاستطالة

1.II. القياسات المورفولوجية

1.1.II. مرحلة نمو البادرة

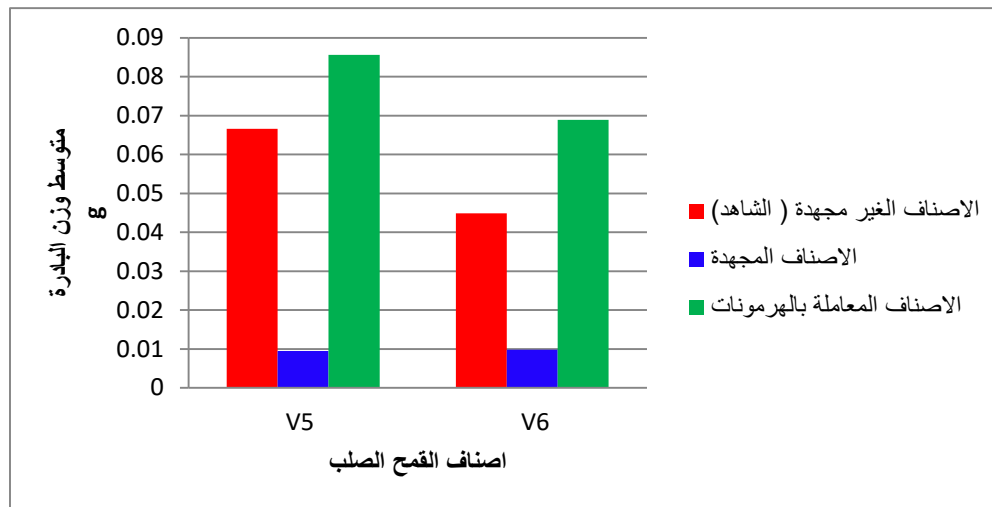
1.1.1.II. متوسط طول البادرة بـ cm



شكل رقم (37): التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على طول البادرة.

- من خلال الشكل رقم (37) الخاص بتأثير الرش بمنظمي النمو AIA و GA₃ معاً على متوسط طول البادرة لصنفين من القمح الصلب V₅ و V₆ تحت ظرف العجز المائي بين أن معاملة الإجهاد المائي قد أثرت سلباً على طول البادرة لكلا الصنفين مقارنة بالشاهد. حيث بلغت نسبة الانخفاض عند V₅ بـ (-41%)، أما V₆ فكانت نسبة الانخفاض (-56%).
- بخصوص تأثير التداخل بين منظمي النمو AIA و GA₃ رشا فكان واضحاً بزيادة إيجابية في طول البادرة لكلا الصنفين V₅ و V₆ مقارنة بالشاهد حيث بلغت الزيادة عند V₅ بـ (+32%) و V₆ بـ (+25.28%).
- بين جدول التحليل الإحصائي ANOVA في الملحق 6 أن هناك فروقات جد معنوية (Pr < 0.001) بين المعاملات الثلاث المدروسة في هذه التجربة، كما بين التحليل معنوية التفاعل بينها (Pr < 0.05).

II.2.1.2. متوسط الوزن الجاف في البادرات (g)

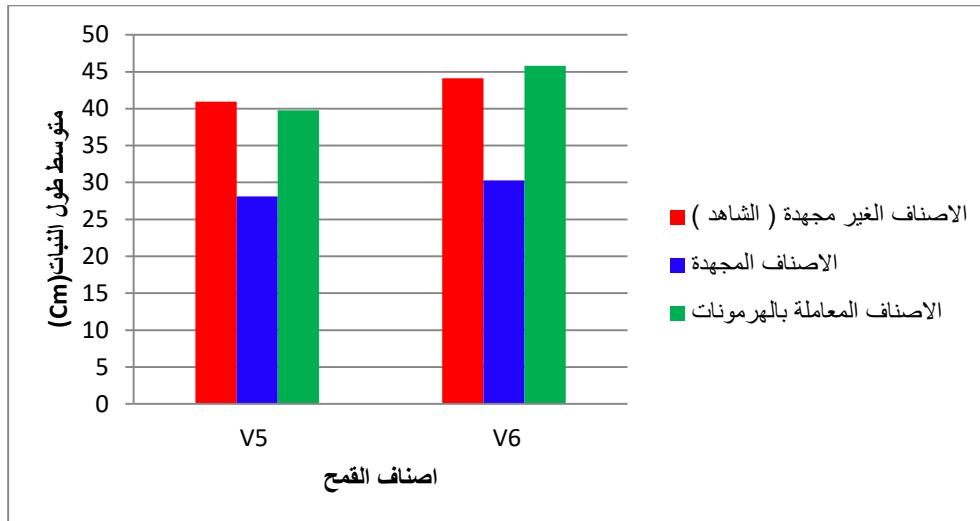


شكل رقم (38): التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على الوزن الجاف.

- من خلال الشكل رقم (38) بين أن معاملة الإجهاد المائي أثرت بشكل سلبي ولاحظنا تراجع محسوس في الوزن الجاف للبادرات لكلا الصنفين مقارنة بالشاهد. فكانت نسبة الانخفاض عند V₅ بـ (-85%)، أما V₆ فكانت (-78%).
- أما تأثير الرش بهرموني النمو AIA و GA₃ فكانت بزيادة إيجابية واضحة فاقت قيم الشاهد عند كلا الصنفين حيث بلغت عند V₅ بـ (+28.52%) أما V₆ فكانت (+53.45%).
- بينت نتائج جدول الإحصاء ANOVA في الملحق 7 وجود فروقات جد معنوية (Pr < 0.001) بين المعاملات الثلاث المدروسة، كما بين التحليل معنوية التفاعل بين هذه المستويات (Pr < 0.001).

2.1.II. مرحلة الاستطالة

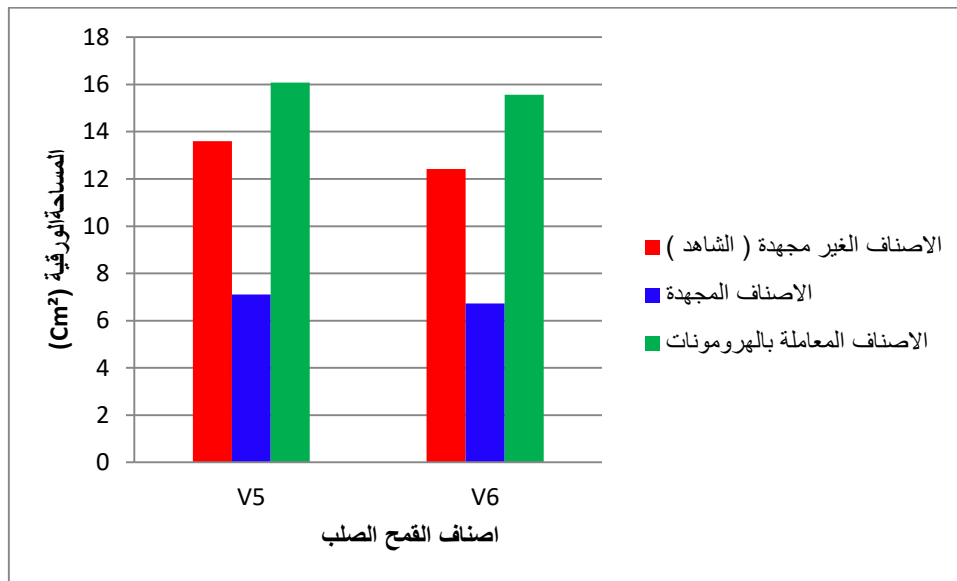
1.2.1.II. متوسط طول الساق الرئيسي بـ cm



شكل رقم (39): التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على متوسط طول الساق الرئيسي

- من خلال الشكل رقم (39) الخاص بتأثير الرش بمنظمي النمو GA_3 و AIA معاً على متوسط طول الساق الرئيسي فلاحظنا هناك تراجع في متوسط طول الساق عند المجموعة المجهدة مقارنة بالشاهد عند كلا الصنفين، حيث كانت نسبة الانخفاض عند V_5 (-31.32%)، أما V_6 فسجل انخفاض قدره (-34.33%).
- المعاملة بالرش الهرموني أوضحت تأثيراً إيجابياً قاربت إلى حد كبير من قيم الشاهد عند الصنف V_5 وعرفت زيادة طفيفة عند الصنف V_6 قدرت بـ (+4%).
- الدراسة الإحصائية الجدول ANOVA في الملحق 8 بين وجود فروقات جد معنوية ($Pr < 0.001$) بين المعاملات المدروسة، بينما التداخل بينهما فكان غير معنوي ($Pr > 0.05$).

II.2.2.1. متوسط المساحة الورقية (cm²)



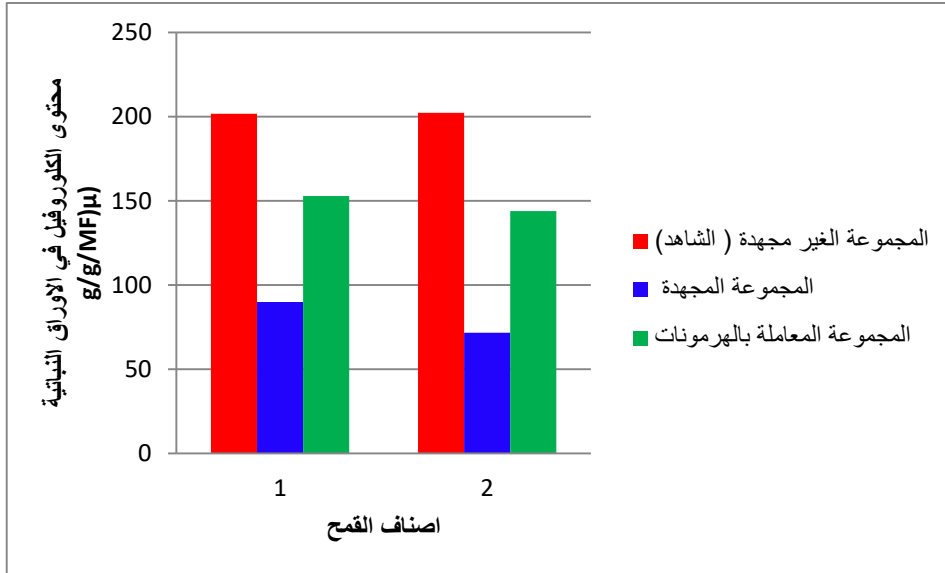
شكل رقم (40): التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على المساحة الورقية.

- من خلال النتائج الموضحة في الشكل رقم (40) الذي يمثل متوسط المساحة الورقية لنبات القمح الصلب للصنفين V₅ و V₆ سجلنا انخفاض وتراجع متوسط المساحة الورقية لكلا الصنفين عند المستوى الرطوبي (30%)، حيث يسجل V₅ نسبة تراجع قدرت بـ (-32.77%)، أما V₆ فسجل تراجع قدر بـ (-24.39%).
- فيما يخص المعاملة الهرمونية بمنظمي النمو AIA و GA₃ فنلاحظ تسجيل زيادة في مساحة الورقة مقارنة مع قيم الشاهد، حيث بلغت الزيادة عند الصنف V₅ بـ (+18.35%) أما الصنف V₆ فسجلنا زيادة قدرها (+16.62%).
- من خلال نتائج جدول التحليل الإحصائي ANOVA في الملحق 9 تبين أن هناك فروقات جد معنوية (Pr < 0.001) بين جميع المعاملات المدروسة، بينما التفاعل بينهما فكان معنوي (Pr < 0.05).
- من خلال نتائج القياسات المورفولوجية السابقة و المتعلقة بصنفين من القمح الصلب V₅ و V₆ المعاملة رشا بهرموني النمو أوكسين وجبريلين في مرحلتي نمو البادرات و طور الاستطالة تبين أن هناك أثر نمو ايجابي في صفات المجموع الخضري (متوسط طول البادرات، متوسط الوزن الجاف للبادرات، متوسط طول الساق، المساحة الورقية) وذلك لدى الصنفين مقارنة بالشاهد وهذه النتائج جاءت موافقة مع نتائج (جمال، 2012) حيث سجل زيادة في صفات نمو النبات المورفولوجية عند معاملتها بالهرمونيين.

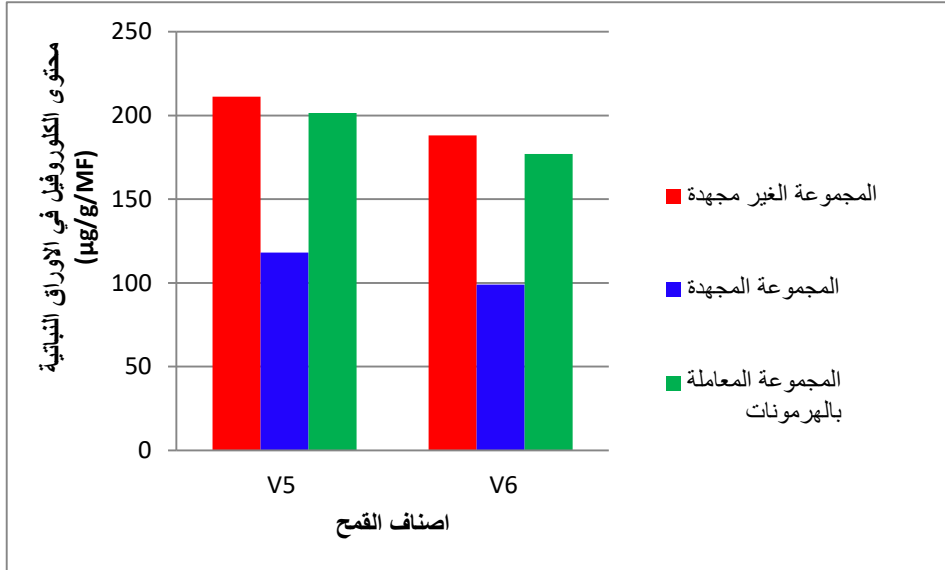
- أكدت دراسات كل من (الشحات، 1990) و (بن جامع، 2008) أن الهرمونات النباتية تحسن في نمو النبات المجهد من خلال تنشيط عملية الانقسام الخلوي و استطالة الخلايا وعليه فان هرمونات النمو تخفض الضرر الناجم عن العجز المائي. كذلك يساهم كل من AIA و GA₃ في التخفيف من أضرار العجز المائي للنبات بزيادة قدرته على امتصاص الماء (Byres et al., 1990).
- يمكن أن نرجع تحسن قياسات الصفات الخضرية المدروسة للأوكسين الذي يعزز انقسام الخلايا واستطالتها، كذلك تأثيره على مرونة جدار الخلية من خلال تحسين مطاطيته ولدونته. ينشط AIA نوع من الجينات لبناء RNA المهم لبناء البروتينات (Abbas, Djellal, 2012)، بالإضافة إلى دور وفعالية AIA في إظهار السيادة القمية ومن ثم ارتفاع النبات طوليا (Atia et al., 2010)، أما GA₃ فهو معروف بتعزيزه لطول الساق من خلال زيادته لطول وعدد وحجم الخلايا (عطية، 1999) ومن تم زيادة وزنه الجاف (الشحات، 1990) دون إهمال الدور التآزري للجبريلين الذي يرفع من تركيز AIA من خلال تخليقه لجزيئات AIA (المريقي، 2005) وخفض معدل هدمها من خلال تأثير GA₃ الذي يقلل من فعالية AIA Oxidase و Peroxidase (صالح، 1991) التي تقوم بتحلل AIA وهو ما توصل إليه (العتيدي، 1999) و (Abdel, 2000).
- إن هذا التأثير الإيجابي للهرمونات لا يرجع لأحد الهرمونات النباتية بمعزل عن الآخر (عطية، 2010) وهذا ما نريد إظهاره من خلال هذه الدراسة وهو إبراز العمل التعاوني بين هرموني النمو AIA و GA₃ في التخفيف من أضرار العجز المائي للنبات.

2.II. القياسات الفيزيولوجية

1.2.II. تقدير الكلوروفيل



شكل رقم (41): التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من الكلوروفيل في مرحلة نمو البادرات.

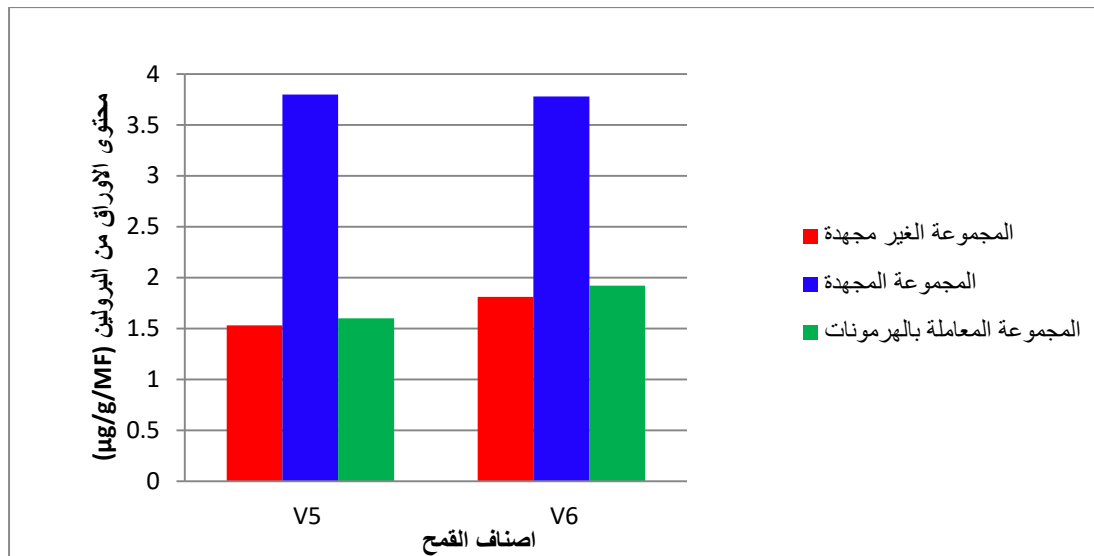


شكل رقم (42): التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من الكلوروفيل في مرحلة الاستطالة.

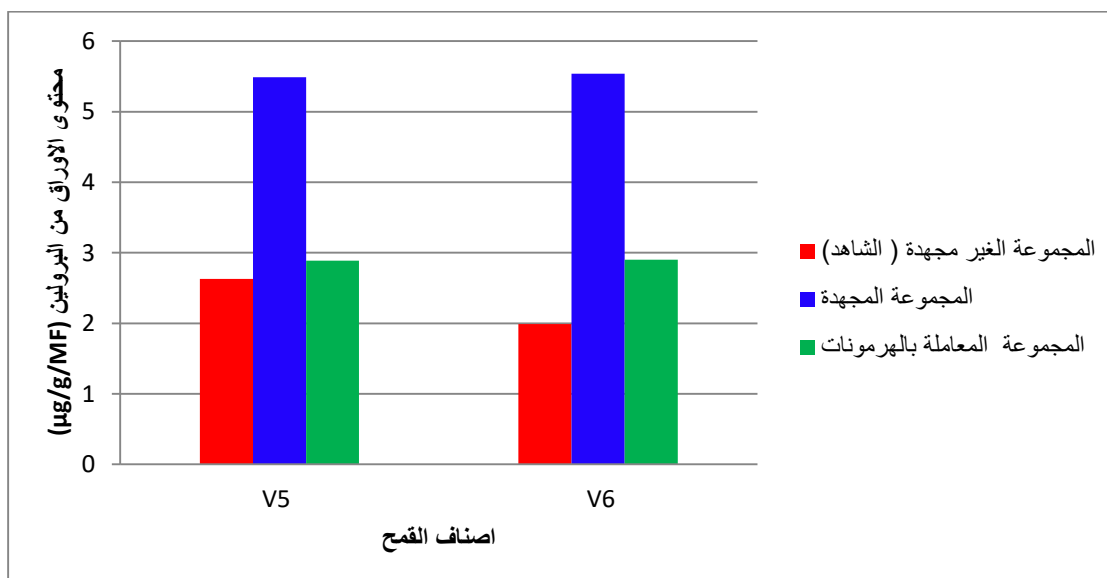
- بينت النتائج الموضحة في الشكلين 41 و 42 تراجع محسوس في معدل الكلوروفيل تحت ظرف الإجهاد المائي لكلا الصنفين V_5 و V_6 حيث في مرحلة نمو البادرة تفوق V_5 بأقل نسبة تراجع قدرت ب (-55.77%)، أما V_6 فسجل نسبة تراجع (-64.51%). أما في مرحلة الاستطالة فواصل V_5 تفوقه بتسجيل أقل نسبة تراجع ب (-24.17%)، وسجل V_6 نسبة (-28.95%).
- المعاملة الهرمونية رشا بمنظمي النمو AIA و GA_3 للصنفين V_5 و V_6 اختزلت بشكل كبير جدا نسبة تراجع الكلوروفيل حيث سجل V_5 نسبة تراجع قدرت ب (-24.17%)، أما V_6 فكانت نسبة التراجع (-28.95%) في مرحلة نمو البادرات، أما في مرحلة الاستطالة فأظهرت الهرمونات تأثيرا أكثر إيجابية وكانت نتائج التراجع أكثر وضوحا حيث سجل V_5 نسبة تراجع ضعيفة جدا قدرت ب (-4.58%)، أما V_6 فسجل نسبة (-5.94%) مقارنة بالشاهد.
- بينت نتائج التحليل الإحصائي ANOVA في الملحقين 10 و 11 وجود فروقات معنوية كبيرة ($Pr < 0.001$) بين جميع المعاملات المدروسة في هذه التجربة، بينما التفاعل بينهما فكان معنوي ($Pr < 0.05$) في مرحلة نمو البادرات، أما في مرحلة الاستطالة فسجلنا وجود فروقات معنوية ($Pr < 0.05$) بين جميع المعاملات، كذلك التفاعل بينهما كان جد معنوي ($Pr < 0.001$). وهذه النتائج جاءت موافقة مع دراسة (جمال، 2012) في أن المعاملة بهرموني الأوكسين والجبرلين تزيد في محتوى الأنسجة الورقية من الكلوروفيل.
- يرجع تناقص نسبة الكلوروفيل لكلا الصنفين V_5 و V_6 في مرحلتي نمو البادرة وكذلك مرحلة الاستطالة إلى التأثير السلبي للإجهاد المائي الذي يؤدي إلى خفض فتح الثغور تهدف التقليل من فقد الماء (جامع، 2015).
- يعزى تحسن معدل الكلوروفيل في الأنسجة الورقية عند المعاملة رشا بهرموني النمو AIA و GA_3 إلى دور منظمات النمو وخاصة المنشطة منها في تنشيط تركيب الكلوروفيل (عمراني، 2005)، كما يعتبر AIA من الهرمونات المثبثة لنشاط هرمونات الشيوخوخة المحللة لجزئية الكلوروفيل كذلك يزيد AIA من نشاط عملية التركيب الضوئي نتيجة زيادة المساحة الورقية، مما يؤدي في الأخير إلى توافر نواتج التركيب الضوئي لإجراء جميع الوظائف الحيوية النباتية وبالتالي زيادة نمو الجذور مما يعكس زيادة الوزن الجاف للبادرة (عباس وآخرون، 2012)، زيادة على ذلك يعمل الجبرلين على زيادة المساحة الورقية والتي تعني زيادة عدد البلاستيدات الخضراء وبالتالي زيادة محتوى الأنسجة الورقية من صيغة الكلوروفيل وهذا يعمل على زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري (عباس وآخرون، 2012)

- كذلك يجب التأكيد على دور الهرموني في خفض تركيز ROS من خلال تنظيم نشاط بعض الأنزيمات المضاد للأكسدة وهو ما يساهم في تحسين النمو (Shi et al., 2014) و (Manjez et al., 2012) من خلال الحفاظ على سلامة الأغشية الخلوية ومن بيتها أغشية البلاستيدات الخضراء وعليه زيادة محتوى الأنسجة الورقية من الكلوروفيل.

2.2.II. تقدير السكريات الذائبة



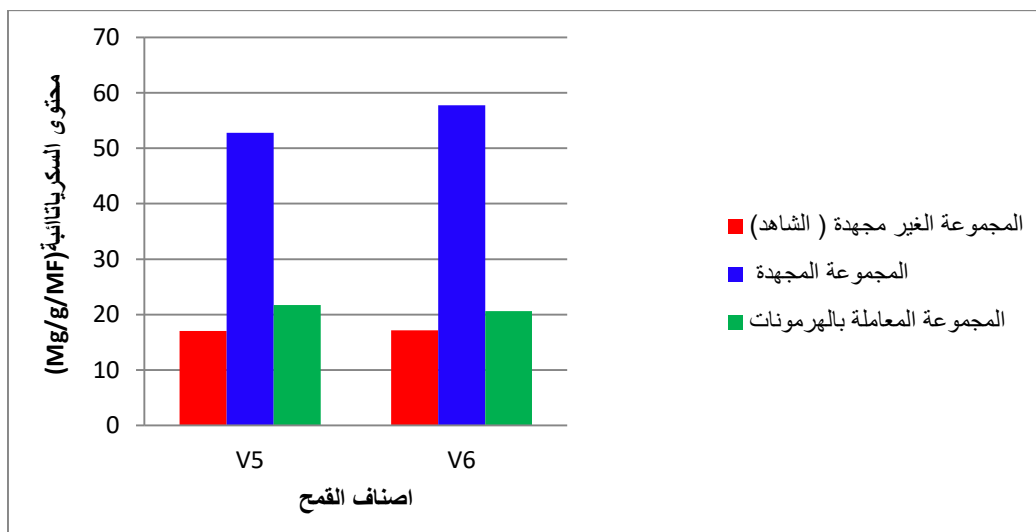
شكل رقم (43): التأثير المتبادل المتداخل للإجهاد المائي و المعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من السكريات الذائبة في مرحلة نمو البادرات.



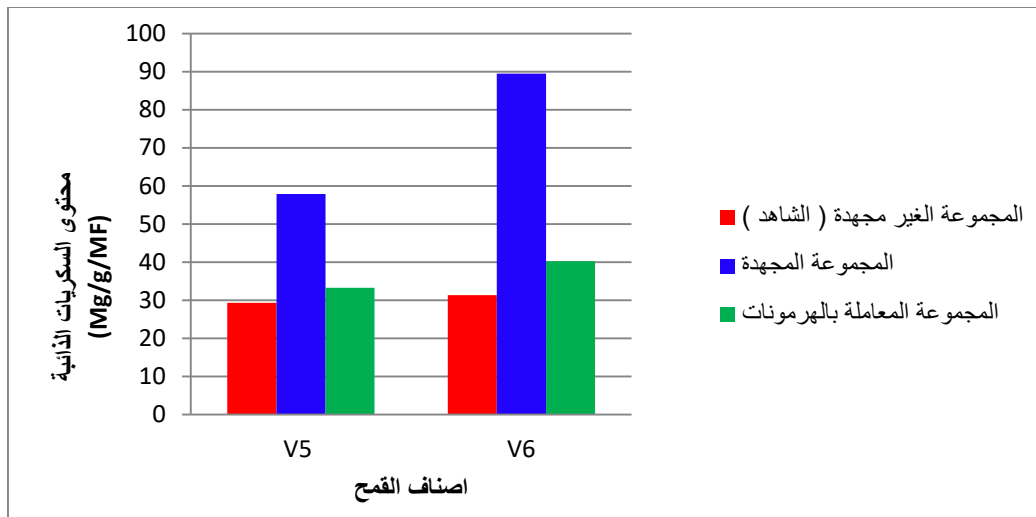
شكل رقم (44): التأثير المتداخل للإجهاد المائي المعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من السكريات الذائبة في مرحلة الاستطالة.

- بينت النتائج الموضحة في الشكلين 43 و 44 تراكم محسوس للسكريات الذائبة تحت ظرف الإجهاد المائي لكلا الصنفين V₅ و V₆ خلال مرحلة نمو البادرات ومرحلة الاستطالة.
- سجلنا تفوق V₅ في نسبة تراكم السكريات الذائبة خلال مرحلة نمو البادرات حيث قدرت الزيادة ب (+148.36%)، مقارنة ب V₆ التي سجل (+108.66%). أما في مرحلة الاستطالة فلاحظنا تفوق V₆ في تراكم نسبة السكريات الذائبة بتسجيله لزيادة قدرها (+244%) مقارنة ب V₅ الذي سجل (+108.74%).
- قلصت المعاملة الهرمونية رشا بمنظمي النمو AIA و GA₃ معاً نسبة تراكم السكريات الذائبة مقارنة بالشاهد، فقاربت الزيادة عند V₅ (+4.57%) و V₆ (+6.07%) في مرحلة نمو البادرات، أما في مرحلة الاستطالة فسجل V₅ نسبة زيادة قدرها (+2.66%)، و V₆ (+4.12%).
- بينت نتائج التحليل الإحصائي ANOVA في الملحق 12 و 13 وجود فروقات معنوية كبيرة (Pr < 0.001) بين جميع المعاملات المدروسة كما بين التحليل معنوية التفاعل بين هذه المستويات الثلاث.

3.2.II. تقدير البرولين



شكل رقم (45): التأثير المتداخل للإجهاد المائي و المعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من البرولين في مرحلة نمو البادرات.



شكل رقم (46): التأثير المتداخل للإجهاد المائي والمعاملة بهرموني النمو على محتوى الأوراق من البرولين في مرحلة الاستطالة.

- بينت النتائج الموضحة في الشكلين 45 و 46 تراكم محسوس للبرولين تحت ظرف الإجهاد المائي لكلا الصنفين V₅ و V₆ في مرحلتي نمو البادرات ومرحلة الاستطالة.
- أظهرت النتائج تفوق الصنف V₆ في نسبة مراكمة البرولين حيث سجل زيادة قدرها (+236.79%)، مقارنة بـ V₅ التي سجل (+210.40%) في مرحلة نمو البادرات. أما في مرحلة الاستطالة سجلنا كذلك تفوق لـ V₆ دائما بزيادة قدرها (+185.23%) و V₅ سجل (+97.44%).
- المعاملة الهرمونية المستخدمة في هذه التجربة أفضت إلى تراكم طفيف للبرولين مقارنة بالشاهد حيث قدرت في مرحلة نمو البادرات عند V₅ (+27.80%) وعند V₆ (+2.36%)، أما في مرحلة الاستطالة قدرت الزيادة بـ (+13.5%) عند V₅، و (+12.5%) عند V₆.
- بينت نتائج التحليل الإحصائي ANOVA في الملحقين 14 و 15 وجود فروقات معنوية كبيرة (Pr < 0.001) بين جميع المعاملات المدروسة كما بين التحليل معنوية التفاعل بين هذه المستويات الثلاث.

وعليه فإن معاملة التداخل رشا بمنظمي النمو AIA و GA₃ اختزلت بشكل واضح ولملوس نسبة الزيادة في تراكم المذيبات المعدلة لكلا الصنفين V₅ و V₆ وذلك في المرحلتين نمو البادرات وطور الاستطالة، ويمكن القول أن السبب راجع إلى مساهمة الهرمونيون في التقليل من أضرار العجز المائي حيث أن العديد من الدراسات أثبتت أن المعاملة الهرمونية ترفع من محتوى الماء في النباتات المجهد (فرشة، 2001) ومن ثم خفض تراكم البرولين والسكريات المذابة التي تزداد مع زيادة شدة العجز المائي.

يمكن تفسير هذا التحسن في التقليل من آثار العجز المائي إلى العمل التازري بين منظمي النمو AIA و GA₃ في معاكسة أضراره حيث دلت العديد من البحوث على تأثير الجبريلين على زيادة تركيز الأوكسين من خلال زيادة GA₃ من تحول الحمض الأميني Teyptopoène إلى AIA (بن حميدة وآخرون، 2005). كذلك دور الهرمونات في زيادة قدرة النبات على التكيف مع التغيرات والإجهادات البيئية. (Mort-Gaudry et al., 2017)، (Khan et al., 2009).

خاتمة

الخاتمة:

تتزايد مخاطر التغيرات المناخية بشكل سريع ومثير للقلق في السنوات الأخيرة وأضحت أحد القضايا الرئيسية المطروحة على الساحة العالمية، يعود ذلك إلى التبعات الخطيرة المحتملة لهذه التغيرات، والتي تهدد مستقبل الحياة على كوكب الأرض، ويعتبر الجفاف أحد أكبر التحديات التي تواجه القطاع الزراعي، حيث يؤدي نقص الموارد المائية إلى تأثيرات سلبية كبيرة على نمو وتطور وإنتاجية المحاصيل خاصة إذا تزامن مع المراحل التكاثرية من حياة النبات وترافق مع ارتفاع درجات الحرارة في آخر الدورة وهو ما تشهده منطقة البحر الأبيض المتوسط ومن ضمنها الجزائر.

الإستراتيجية الفعالة للتغلب على الجفاف وتحقيق الإنتاج المستدام هو البحث على أنماط وراثية متكيفة وذات الطاقة الإنتاجية العالية. ولجأ العلماء مؤخرا إلى استخدام ما يُعرف بمنظمات النمو لرفع مقاومة النبات للعجز المائي بعد دراسات أثبتت فعاليتها ونجاعتها في التخفيف من الأضرار السلبية التي يخلفها.

تهدف هذه الدراسة في جزءها الأول إلى تقييم 6 أصناف من القمح الصلب تحت ظروف العجز المائي. أما الجزء الثاني من البحث فعمدنا إلى معاكسة الآثار الضارة للعجز المائي باستخدام هرمونات النمو.

تمت الدراسة بالبيت الزجاجي ومختبر تطوير وتثمين الموارد الوراثية النباتية، حيث تم تعريض 6 أصناف من القمح الصلب إلى إجهاد مائي (مستوى الرطوبة 30%) طبق في مرحلة الإنبال والإزهار حيث تعتبر هذه الأخيرة أكثر مرحلة حساسية للجفاف لارتباطها المباشر بالموارد الحي، كذلك اخترنا منظمي النمو AIA و GA₃ بتراكيز محددة أثبتت فعاليتها في مواجهة الإجهاد المائي.

ولقد أظهرت النتائج أن جميع الأصناف المدروسة أبدت مقاومة للأثر السلبي للعجز المائي من خلال خفض المساحة الورقية ومراكمة البرولين والسكريات الذائبة والتي تعتبر أهم مقاييس تقييم استجابة الأصناف للإجهادات المختلفة. كما سجلنا تفوق الصنف V₂ الذي سجل أعلى نسبة تراجع في متوسط المساحة الورقية ومتوسط تراكم السكريات الذائبة والبرولين وأدنى نسبة في تراجع مستوى معدل الكلوروفيل، كما لمسنا نتائج جد مرضية في مقاومة الصنفين V₅ و V₆، أما ما يمكن قوله حول الصنف V₁ المعتمد مؤخرا في الجزائر والذي ما زال قيد التجارب فلاحظنا من خلال هذه الدراسة الأولية تميزه بسرعة التبرير وهي مؤشر جيد للتكيف مع الإجهاد المائي كذلك سجل تفوق في معيار متوسط طول النبات بالنسبة للأصناف المدروسة.

أبدت المعاملة الهرمونية المتمثلة في التداخل بين منظمي النمو AIA و GA₃ رشا للمجموع الخضري Wad Bard و Wahbi تحت ظرف الإجهاد المائي المطبق في مرحلة نمو البادرات وكذلك مرحلة الاستطالة نتائج جد إيجابية وبينت الدور الفعال للهرمونين المستخدمين في معاكسة التأثير السلبي للإجهاد المائي من خلال

تحسين الصفات المورفولوجية والتي تفوقت على مجموعة الشاهد (الغير معرضة للإجهاد والرشد) حيث سجلنا زيادة معنوية في كل متوسط ارتفاع النبات، متوسط المساحة الورقية، متوسط طول والوزن الجاف للبادرات عند كلا الصنفين، كذلك سجلنا تحسن إلى حد كبير مقارنة بالشاهد في الخصائص الفيزيولوجية من خلال رفع محتوى الأنسجة الورقية من الكلوروفيل وخفض تراكم البرولين والسكريات الذائبة وهو ما يدل على الدور الإيجابي للتداخل بين الهرمونين AIA و GA₃ في رفع مقاومة الصنفين V₅ و V₆ للعجز المائي المطبق عليها.

وعموماً خلصت هذه الدراسة بتجربتها الأولى والثانية إلى:

- خفض الموارد المائية للقمح الصلب في المراحل التكاثرية والامتلاء من دورة حياته أثر بشكل سلبي على نمو وتجلي ذلك في انخفاض أغلب الصفات المورفولوجية ومحتوى الكلوروفيل وزيادة محتوى المعدلات الأسموزية وبالتالي تخفيف الإجهاد المائي على نمو النبات.
- يعزى التباين بين الأنماط الوراثية في استجابتها للإجهاد المائي إلى مقدرة أسجتها على المحافظة على محتواها من الماء النسبي وقابليتها على إنتاج المادة الخاصة في ظل العجز المائي.
- حسن التداخل بين الهرمونين AIA و GA₃ رشا من المعايير المورفولوجية وذلك في المرحلة الخضرية، كما رفع من معدل الأصغة اليخضورية وخفض من تراكم البرولين والسكريات المذابة مما يؤكد مساهمة الهرمونين في مساعدة الصنفين على تجاوز عائق الجفاف.

التوصيات:

- زراعة الأصناف V₂، V₅، V₆ في المناطق التي تشهد فترات جفاف في المراحل الأخيرة من دورة حياة النبات واستعمالها كأباء في برامج التربية والتحسين الوراثي لمحصول القمح.
- مواصلة الأبحاث وتوسيعها لتعميق فهم دور الهرمونات النباتية وخاصة منشطات النمو في معاكسة الجفاف، وتعميم الدراسة على أصناف أخرى في مراحل مختلفة من دورة حياة النبات والتركيز على المرحلة التكاثرية واختيار التراكيز الفعالة.
- نوصي بإكمال هذه الدراسة الأولية لمحاولة إبراز الدور التآزري للهرمونات المنشطة للنمو في معاكسة الإجهاد المائي.
- تعميق البحوث والدراسات للإجابة على سؤال إلى مدى يمكن الاعتماد على منشطات النمو في تقييم أصناف القمح استجابة للإجهادات والإجهادات المائي خصوصاً من خلال تحديد معدل احتواء أنسجتها لمنشطات النمو وبالتالي هل يمكن استخدامها في انتقاء الأباء في عمليات التحسين؟

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

المراجع باللغة العربية:

1. اسعود عبد الرزاق، مؤمون خيتي، أسامة الشبلاق. سناء السليمان (2019). تأثير الجفاف على بعض الصفات الشكلية والغلة الحبية لطرز وراثية من القمح القاسي. المجلة السورية للبحوث الزراعية 6(1): 151-167 آنذار مارس. ص 154-160.
2. التميمي، محمد صلاح عليوي (2012). تأثير الرايزو بكنين والبتوانتيوم والإجهاد المائي في نمو وحاصل حنطة الخبز *Triticum costivum L*. أطروحة دكتوراه. قسم التربية والموارد المائية. كلية العلوم الزراعية. جامعة بغداد.
3. الشحات نصر أبو زيد (1990). الهرمونات النباتية والتطبيقات الزراعية. مكتبة مدبولي، القاهرة. مؤسسة عز الدين للطباعة والنشر. ص 17-518.
4. الدرفاسي، علي عبد الله ومحمد بن سليمان السويلم وفهد بن عبد الله اليجي وكامل عوض وعلي محمد العتر (2002). تأثير الري بماء الصرف الصحي المعالج في إنتاجية محصول القمح تحت ظروف الإجهاد المائي. مجلة جامعة الملك سعود للعلوم الزراعية. المجلد (4). العدد (2). ص (57-73).
5. الفتلاوي، سناء خادم عبد الامير. (2013). تأثير الرش بحامض الابسيسيك في تحمل نبات الحنطة (*Triticum aestivum L.*) تحت مستويات مختلفة من الاجهاد المائي . رسالة ماجستير . كلية التربية للعلوم الصرفية . جامعة كربلاء.
6. العبيدي حميد صالح حماد (1999). تأثير الجبريلين والسايكوسيل و نترات البوتاسيوم والارتباع وموعد الزراعة في حاصل أقراص وبنور القرنبيط. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد. العراق.
7. العودة، أيمن ومحمود صبوح وماجد مهلهل (2008). تحديد المراحل الحرجة للإجهاد المائي في بعض طرز القمح القاسي. المجلة العربية للبيئيات الجافة (1). 18-30.
8. المريقي أ (2005). كيمياء نباتات البساتين. دار الكتاب والوثائق المصري، مكان الطبع. ص 228-234.
9. بن جامع، عبد الله (2008). اليخضور الكيميائي لأوراق وبنور أصناف من القمح الصلب *Triticum durum Desf* النامية تحت ظروف الإجهاد المائي والمعاملة بالأوكسين (AIA) نقعا ورشا. رسالة ماجستير، جامعة منتوري. قسنطينة.

10. بن شيخ عمر (2020). البحث عن البكتيريا الجذرية من الجنسين *Bacillus* و *Pseudomonas* ذات النشاطية الضدية اتجاه عوامل عدوى الفيوزاريوم (*Fusariose*) في الحبوب تحت الظروف شبه الجافة. أطروحة دكتوراه. جامعة فرحات عباس. سطيف 1. كلية العلوم الطبيعية.
11. بسمة عزيز حميد الدعي (2015). تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد المائي والبيوتاسيوم في نمو نبات الحنطة (*Triticum aestivum L*) في مرحلة البطان. كلية التربية للعلوم الصرفية. جامعة كربلاء. مجلة كربلاء للعلوم الزراعية (المجلد الثاني - العدد الرابع)، ص 1-2.
12. الهلال، علي بن عبد المحسن (2000). فيسيولوجيا النبات تحت إجهادي الجفاف والملوحة. عمادة شؤون المكتبات. جامعة الملك سعود، الرياض.
13. حاتم جبار عطية. شروق محمد كاظم سعد الدين، بشير عبد الله إبراهيم (2010). تأثير منظمات النمو النباتية في بعض الصفات الخضرية للحبة السوداء. مجلة العلوم الزراعية العراقية. ص 82-84.
14. حمودة، أ. ب (2015). تأثير الإجهاد المائي على بعض ميكانيزمات القمح الصلب (*Triticum durum*). بحث مقدم لنيل درجة الماجستير. جامعة الإخوة منتوري، قسم بيولوجيا وايكولوجيا النبات، كلية علوم الطبيعة والحياة. قسنطينة، الجزائر.
15. جنديّة حسين (2003). فيزيولوجيا أشجار الفاكهة. الطبعة الأولى. الدار العربية للنشر والتوزيع. جمهورية مصر العربية.
16. فرشة عز الدين (2015). دور الهرمونات النباتية ومضادات الأكسدة في تحمل القمح الصلب للملوحة. مذكرة دكتوراه. جامعة الإخوة منتوري. كلية العلوم الطبيعية والحياة.
17. صالح، مصلح محمد سعيد (1991). فيسيولوجيا متطلبات النمو النباتية. الطبعة الأولى. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة صلاح الدين ع. ص 272.
18. صقر، م. ط (2000). أساسيات كيموحيوية وفيزيولوجيا النبات. كلية الزراعة، جامعة المنصورة.
19. عبد الحميد بن حميدة، محمد الجيلاني. جازم الالوسي. (2005) فيسيولوجية النبات.
20. عبد العظيم كاظم محمد (1985). علم النبات (الجزء الثاني). مؤسسة دار الكتاب للطباعة والنشر. جامعة الموصل.
21. عبد الله، نور عدنان عبد الكريم عريبي سبع الكرطاني (2017). تأثير التلقيح ببكتيريا *Pseudomonas Fluorescen* وبكتيريا *Azospiril lumbvadipillum* و *Tnchoderma harzianum* في

- بعض صفات النمو والهرمونات النباتية لمحصول الذرة الصفراء. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية. المجلد (17). العدد (1). 212-224.
22. عطية، حاتم جبار وخضير عباس جدوع (1999). منظمات النمو النباتية النظرية والتطبيق. دار الكتاب للطباعة. بغداد. ع. ص 327.
23. عمراني ن (2005). النمو الخضري والمحتوى الكيميائي للقول (*Vicia fabal L*) (الضيف *Aquadule* المعامل بمنظمي النمو الكيسين والأمينوغيرين II)
24. عولمي ع. م (2015). تحليل مقاومة القمح الصلب (*Triticum turgidum Var durum L*) للإجهادات اللاحيوية في آخر طور النمو. أطروحة دكتوراه العلوم، كلية علوم الطبيعة والحياة، جامعة سطيف -1- ص 221.
25. غروشة حسيين (2003). تأثير بعض منظمات النمو على النمو وإنتاج نباتات القمح النامية تحت ظروف الري في المياه المالحة. رسالة دكتوراه دولة. جامعة قسنطينة.
26. غناي عواطف (2019). خصائص *u. p.o.v* والتنوع عند الحبوب ذات السيقان التنبية (*Triticum Motdeum*) محاولة خلق تنوعية جديدة. أطروحة دكتوراه. جامعة الإخوة منتوري 1. كلية العلوم الطبيعية.
27. محب ط. ع (2002). فسيولوجيا الإجهاد. كلية الزراعة، جامعة المنصورة.
28. محمد. محمد (2000). زراعة القمح، منشأ المعارف. الإسكندرية. مصر. ص 35-65.
29. معارفية سارة (2009). تأثير الإجهاد الملحي على التوازن الهرموني لدى نباتات المحاصيل الحقلية. مذكرة ماجستير. جامعة الإخوة منتوري. قسنطينة 1.
30. ياسين، بسام طه (1992). فسلجة الشد المائي في النبات. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل.

المراجع باللغة الفرنسية:

1. **Abdalaal, K., Alkabtani, M., Attia, K., Hafez, K., Kira, L. Y. L., and Kunstler, A. (2021).** *The role of plant growth promoting bacteria in alleviating adverse effects of drought on plants.* *Biology*, 10(520), 1-16.
2. **Ashraf , M.F.M.R., and Foolad ,M.R(2007) .** *Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance.* *environmental and experimental botany* ,59(2),206-216.
3. **Adda, A., Sahnoun, M., Kaid Harch, M., and Merah, O. (2005).** *Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots.* *Comptes Rendus Biologies*, 328 (10-11), 918-927.
4. **Adjab, M. (2002).** *Recherches des traits morphologiques, physiologiques et biochimiques d'adaptation au déficit hydrique chez différents génotypes de blé dur(Triticum durum)* (Thèse de magistère, Faculté des Sciences, Université Annaba), 84 pages.
5. **Ait Slimane, A. T., and Kaki, S. (2008).** *Contribution à l'étude de l'interaction génotype-milieu pour la qualité technologique chez le blé dur en Algérie.* (Thèse de doctorat en sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba). pp. 26, 29, 56.
6. **APG III. (2009).** *An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : APG III.* *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 105-121.
7. **Ali Dib, A., Monneveux, P., and Araus, J. L. (1990).** *Breeding durum wheat for drought tolerance: Analytical, synthetic approaches and their connection in wheat breeding prospects and future approaches.* In L. Panayotov and S. Pavlos (Eds.), *Endes alpenae Bulgaria* (pp. 224-240).
8. **Ali, S., Hayat, K., Iqbal, A., and Xie, L. (2020).** *Implications of Abscisic Acid in the Drought Stress Tolerance of Plants.* *Agronomy*, 10, 1323.

9. **Arab Organization for Agricultural Development. (2001).**Annual report (pp. 56-88).
10. **Amokrane, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., and Djekoum, A. (2002).** *Caractérisation des variétés locales syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude.* Science et Technologie, Université Mentouri Constantine.
11. **Azeem, M., Haider, M. Z., Javed, S., Saleem, M. H., and Alatawi, A. (2022).** *Drought Stress Amelioration in Maize (*Zea mays L.*) by Inoculation of *Bacillus spp.* Strains under Sterile Soil Conditions.* Agriculture, 12, 50.
12. **Bandurska, H., Stroinski, A., and Kubis, J. (2003).** *The effect of jasmonic acid on the accumulation of ions of ABA, proline, and spermidine and its influence on membrane injury under water deficit in two barley genotypes.* Acta Physiologia Plantarum, 25(3), 279-285.
13. **Bauchar, R. (2012).** *Caractérisation de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*)* (Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri Constantine), 117 pages.
14. **Belagrouz, A., et Chennafi, H. (2016).** *Analyse du comportement du blé tendre sous labours Contrastes.* Editions Universitaires Européennes.
15. **Benlaribi, M. (2000).** *Cours de BV : Biologie de la reproduction.* Faculté SNV, Université des Frères Mentouri Constantine.
16. **Blum, A. (1996).** *Crop responses to drought and the interpretation of adaptation.* Plant Growth Regulation, 20(2), 135-148.
17. **Blum, A., and Al Hakim, A. (1998).** *Plant Breeding for Stress Environments. Dans L'évaluation de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces tétraploïdes sauvages et cultivées du blé.*(Thèse pour

- l'obtention du diplôme de l'École Pratique des Hautes Études, ENSA, INRA de Montpellier).
18. **Bogard, M. (2011).** *Analyse génétique et écophysiological de l'écart à la relation teneur en protéine-rendement en graines chez le blé tendre (*Triticum aestivum*)* (Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand 2), 169 pages.
 19. **Boucelha, L. (2015).** *Compréhension des mécanismes régissant l'endurcissement des graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp* (Thèse de doctorat, Université Houari Boumediene, Alger, Algérie), 166 pages.
 20. **Boulal, H., Zaghouane, O., El Mourid, M., and Rezzoui, L. (2007).** *Guide pratique de la conduite des céréales d'automne : Blé et orges dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie)*. ITGC, INRAA, ICARDA, Algérie, 176 pages.
 21. **Bozzini, A. (1988).** *Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In : Durum Wheat: Chemistry and Technology*, Fabriani, G. and Lintas, C. (eds). AACCC, St. Paul, Minnesota, p. 229.
 22. **Byers, R. E., Carbaugh, D. H., and Presley, C. N. (1990).** 'Stayman' fruit cracking as affected by surfactants, plant growth regulators and other chemicals. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(3), 405-411.
 23. **Caser, G. Abdel. (2009).** *Improving the Production of Well-Irrigated Cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* cv. *Snowball Y Imp*) by Foliar Spraying of Some Growth Regulators*. *Journal of Lan Koy Sulaimani Part A*, 12(1), 29-49.
 24. **Chaouch, N., L'Homme, J. P., Huard, F., and Aidaoui, A. (2016).** *Climate change in Algeria and its impact on durum wheat. Regional Environmental Change*, 16(6), 1623-1634.

25. **Chaumeil, P. (2006).** *Plasticité moléculaire de deux écotypes de pin maritime soumise à un stress osmotique.* Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, France.
26. **Charvet, J. P. (20 mars 2024).** Blé. Encyclopædia Universalis. Consulté sur <http://www.universalis.fr/encyclopedie/ble/>.
27. **Chadefaud, M. (1960).** *Les végétaux non vasculaires. Cryptogamie.* In Chadefaud, M., and Emberger, L. (Eds.), *Traité de Botanique systématique* (Vol. I, pp. xv +1018). Paris, Masson.
28. **Croston, R. P., and Williams, J. T. (1981).** *A world survey of wheat genetic resources.* IBPGR Bulletin, 80 :37-59.
29. **Deraissac, M. (1992).** *Mécanismes d'adaptation à la sécheresse et maîtrise de la productivité des plantes cultivées.* Agro Trop, 46(1), 23-39.
30. **Disante, K. B., Fuentes, B. D., and Cortina, J. (2011).** *Response to drought of Zn-stressed *Quercus suber* L. seedlings.* *Environmental and Experimental Botany*, 70(2-3), 96-103.
31. **Du, L., Tian, Q., Yu, T., Meng, Q., Jancso, T., Udvardy, Y., and Huang, Y. (2013).** *A comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data.* *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 23, 245-253.
32. **Elias, E. M. (1995).** *Durum wheat products.* In N. Di Fonzo (Ed.), F. Kaan (Ed.), and M. Nachit (Ed.), *Durum wheat quality in the Mediterranean region = La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne* (pp. 23-31). Zaragoza : CIHEAM-IAMZ. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; No. 22).
33. **El Mourid, M., and Karrou, M. (1996).** *Agriculture in arid and semi-arid regions of Morocco : Challenges and prospects.* *Al Awania*, 92, 69-81.

34. **El-Yazied, A. A., Ibrahim, M. F. M., Ibrahim, M. A. R., Nasef, I. N., Al-Qahtani, S. M., Al-Harbi, N. A., Alzuaibr, F. M., Alaklabi, A., Dessoky, E. S., Alabdallah, N. M., Omar, M. M. A., Ibrahim, M. T. S., Metwally, A. A., Hassan, K. M., and Shehata, S. A. (2022).** *Melatonin mitigates drought-induced oxidative stress in potato plants through modulation of osmolytes, sugar metabolism, ABA homeostasis and antioxidant enzymes.* *Plants*, 11, 1151.
35. **Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. M. A. (2009).** *Plant drought stress : Effects, mechanisms and management.* *Agronomy for Sustainable Development*, 29(1), 185-212.
36. **Fahad, S., Nie, L., Chen, Y. Y., Wu, C., Xiong, D., Saad, S., Hongyan, L., Cui, K., Huang, J., and Bogati, K. (2021).** *The Solanum melongena COP1-like manipulates fruit ripening and flowering time in tomato (Solanum lycopersicum).* *Frontiers in Plant Science*, 10, 369-382.
37. **Farhad, W., Cheema, M. A., Saleem, M. F., and Saqib, M. (2011).** *Evaluation of drought tolerance in maize hybrids.* *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(4), 523-528
38. **Feillet, P. (2000).** *Le grain de blé : Composition et utilisation.* Éditions Quae, INRA, Paris, 308 p.
39. **Feuillet, S., Langridge, P., and Wang, G. H. R. (2008).** *Cereal breeding takes a walk on the wild for a specific adaptation strategy by breeding programs : A case study.* *Crop Science*, 45, 174-1719.
40. **Feldman, M., Pton, F. G., and Miller, T. E. (1995).** *Wheats, Triticum spp. (Graminae, Triticinae).* In J. Smartt and N. W. Simmonds (Eds.), *Evolution of Crop Plants* (2nd ed., pp. 184-192). Longman Scientific and Technical.
41. **Fellahi, Z. (2013).** *Aptitude à la combinaison et héritabilité de quelques caractères agronomiques du blé tendre (Triticum aestivum L.).* Mémoire de magistère, Faculté des Sciences, Université Saad Dahleb Blida, Algérie, 124 p.

42. **Fisher, R. A., Sayre, K. D., and Reynolds, M. P. (2005).** *Osmotic adjustment in wheat in relation to grain yield under water deficit environments.* Agronomy Journal, 97(4), 1062-1071.
43. **Frank, A. B., Bauer, A., and Black, A. L. (1987).** *Effect of air temperature and water stress on apex development in spring wheat.* Crop Science, 27(1), 113-116.
44. **Gate, P. (1995).** *Ecophysiologie du blé : De la plante à la culture.* Éditions Tec et Doc Lavoisier, Paris, pp. 223-226.
45. **Geigenberger, P., Reimholz, R., Geiger, M., Merlo, L., Canale, V., and Stitt, M. (1997).** *Regulation of sucrose and starch metabolism in potato tubers in response to short-term water deficit.* Planta, 201(4), 502-518
46. **Gontia-Mishra, I., Sapre, S., Sharma, A., and Tiwari, S. (2016).** *Amelioration of drought tolerance in wheat by the interaction of plant growth promoting rhizobacteria.* Plant Biology, 18(6), 992-1000.
47. **Grignac, P. (1986).** *Amélioration des plantes : Cours photocopié pour les ingénieurs agronomes.* ENSA-INRA, Montpellier, France, 70 p.
48. **Hammada, A. R., and Osman, A. M. A. (2014).** *Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plant by application of amino acids and yeast extract.* Annals of Agricultural Science, 59(1), 133-145.
49. **Hayoun, H. (2023).** *Rôle des dérivés de glutamate et adaptation du blé dur à la sécheresse : Cas de la proline et de la glutamine.* (Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri, Constantine).
50. **Hillman, G., Hedges, R., Moore, C., Colledge, S., and Pettitt, P. (2001).** *New evidence of late glacial cereal cultivation at Abu Hureyra on the Euphrates.* The Holocene, 11(4), 383.

51. **Holland, J. J., Roberts, D., and Liscum, E. (2009).** *Understanding phototropism: From Darwin to today.* Journal of Experimental Botany, 60(7), 1969–1978.
52. **Hopkins, W. G. (2003).** *Physiologie végétale* (2e éd. Américaine, p. 51). De Boeck.
53. **Hopkins, W. G. (2003).** *Physiologie végétale* (2e éd. Américaine, pp. 454-455). De Boeck.
54. **Hsissou, D. (1994).** *Sélection in vitro et caractérisation des mutants de blé dur tolérants à la sécheresse.* Thèse de doctorat en sciences, université catholique de lovain.
55. **Huang, W. Y., Cai, Y., Hyde, K. D., Croke, H., and Sun, M. (2008).** *Biodiversity of endophytic fungi with 29 traditional Chinese medicinal plants.* Fungal Diversity, 33, 61-75.
56. **Hu, Y., and Chen, B. (2020).** *Arbuscular mycorrhiza-induced putrescine degradation into γ -aminobutyric acid, malic acid accumulation, and improvement of nitrogen assimilation in roots of water-stressed maize plants.* Mycorrhiza, 30, 329.
57. **Hussain, s.; Khalid, M.F., Saqib M.; Ahma S.; Zafar, W.; Rao, M.J.; Morillon, R Anjum, M.A. (2018).** *Drought Tolerance in Citrus Rootstocks Is Associated with Better Antioxidant Defense Mechanism.* Acta physiol. Plant, 40, 135.
58. **Kabata-Pendias, A., and Pendias, H. (1992).** Copper. *In Trace Elements in Soils and Plants* (2nd ed., pp. 95-108). CRC Press.
59. **Kabiri, R. (2010).** *Effect of salicylic acid to reduce the oxidative stress drought in the hydroponic cultivation of Nigella sativa.* Master's thesis, Keeman University, Shahid Beheshti.

60. **Kapoor, D., Bhardwaj, S., Landi, M., Sharma, A., Ramakrishnan, M., and Sharma, A. (2020).** *The impact of drought in plant metabolism : How to exploit tolerance mechanisms to increase crop production.* Applied Sciences, 10(5692), 1–19.
61. **Khan, S., Basit, A., Hafeez, M. B., Irshad, B., Bashir, S., Maqbool, M. M., Saddiq, M. S., Hasnain, Z., Aljuaid, B. S., et al. (2021).** Moringa leaf extract improves biochemical attributes, yield, and grain quality of rice (*Oryza sativa L.*) under drought stress. PLoS ONE, 16(25).
62. **Kirby, E. J. M., Appleyard, M., and Fellowsc, G. (1982).** *Effects of sowing date and varieties on main shoot leaf emergence and number of leaves of barley plants.* Agronomy, 5, 117-126.
63. **Laala, Z. (2010).** *Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (Triticum durum Desf.) Sous conditions semi-arides.* Mémoire magister, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Ferhat Abass Sétif (UFAS), 96 pages.
64. **Lawlor, D. W., and Cornic, G. (2002).** *Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants.* Plant, Cell and Environment, 25, 275-294.
65. **Levitt, J. (1982).** *Water stress.* In : "Responses of Plants to Environmental Stress, Water, Radiation, Salt and Other Stress" (pp. 25-282). New York : Academic Press.
66. **Lev-Yadun, S., Gopher, A., and Abbo, S. (2000).** *The cradle of agriculture.* Science, 288(5471), 1602-1603.
67. **Ludlow, M. M., and Muchow, R. C. (1990).** *A critical evaluation of traits for improving cropyield in water-limited environments.* Advances in Agronomy, 43, 107-143.

68. **Macfadden E.S. and Sears E.R.(1976).** *The origine of (Triticum Spelta)and ils free threshing hexaploid relatives . journal of Heredity.37 :81-89.*
69. **Majeed Kadhenabbas (2016).** *Abioticstress in plants .Researchargate .net*
70. **Manssouri A .Oudjehih , B ; Benbelkacem , A.Fellahi ,Z.E.A.,Bouzerzaour , H. (2018).** *Variation and relation hipsamong agronomic trait in durum wheat (triticum turgidum (L) Thell .ssp. Turgidum Conv. Durum (Desf) Mackey) under south Mediterranean growth condition :Stepwise and path analyse . II of Agronomy*
71. **Marcotuli ,I. ,Colasuonno,P.,Hsieh ,S. ,Fincher ,G.B.,andGadaleta,A.(2020).** *Nom-Starch polysaccharides in durum wheat ; areview. International journal of molecular Sciences ,21(8),2933*
72. **Marcussen T.,Sandve S.R. ,Heier I.(2014),** *Ancient hybridizations among The ancestral genomes of bread wheat .Science 345 :1250092 – 1250092.*
73. **MouhamedM.H.and El karmany M.F.(2005).** *Salinity Tolerance of some Mungbean varieties. Journal of Applied Sciences Research ,1(1) :78-84.*
74. **Moussa , K.A. ,Ismail,A.,Helmy ,M.,(2017).** *Introduction to plant stress .plant stress tolerance, An integrated omics approoch.*
75. **Neffar F.(2013)** *Analyse de l'expression des gènes impliqués dans défferents génotypes de blé dur (Triticum durum) et l'orge (Hordeum vulgare) soumis a la Sécheresse Ecologie et biologie végétale , université Ferhat Abbes ; Sétif ;Thèse doctorat .1p*
76. **Rasheed ,A ;Hassan, M.U. ;Aamer ,M. ;Baatool , M. Sheng ,F. ,Ziming ,W. U. ,Huijie (2020) ,** *I.A critical Review on the improvement of Drought stress tolerance in Rice (oryza Sativa l.). Not .Bot .Hort Agrobot .cluj- napoca 2020 ;48 ,1756-1788.*
77. **Rehman ,A. ; Azhar, M.T. ; Hinze ,I. ; qayyum , A.,li,H. ; peng , Z. ;qin. G. ;jia, Y. ;pan ,Z. ;He ,S.(2022).** *Inseight in to Abscisic Acid perception and signaling to increase plant tolerance to abiotic stress. j.plant Interaction .2021,16 ,222 ,237.*

78. **Passioura ,j.(2006)**. *Incea sing crop productivity when is scarce- feom breeding to field management* . Agricultural water management ,80(1-3) ,176-1a96.
79. **Paul-Emilie pilet (1961)**. *Les phytoormones de croissance :Methodes, Chimie , biochimie ,physiologie , Applications pratiques* , Massons . ; paris.
80. **Perveen,S. ; Hussain ,S.A. (2020)**. *Methionine-Induced changes in Growth , glycine betaine , Ascorbic Acid ,Total soluble proteins and Anthocyanin Contents of Two Zeamays l .varieties under salt stress* .j.Anim .plant Sci.2020,31,131-142.
81. **Saab I.N. , sharp R.E. (2004)** .*Nom-Hydraulic signals from maizo roots in drying siol :Inhibition of leaf elongation but not stomatal conductance* .planta.179 :466-474.
82. **Salehi-Lisar , S. Y., and Bakhshayeshan-Agdam, H. (2016)**. *Drought stress in plants : causes ,consequences , and tolerance. Drought S tress Tolerance in Plants*, Vol 1 : physiology and Biochemistry, 1-16.
83. **Sall AT , chiari T , legesse W , ahmed S, Ortiz R , Van Ginkel M , and bassi FM. (2019)** . *Durum wheat (triticum Durum Desf.) origin cultivation , and potential Expansion Sub–Saharan Africa* . Agronomy, 9 :263.
84. **Shewry p. , 2009 – wheat** .j Exp Bot 60.1537-1553.**Shewry pR, Halford NG, Tatham AS , popineau , lafiandra D ,Beltonsp (2003)**. *The high molecular weight subunits of wheat glutenin and their role in determining wheat processing*.
- 85.**Slama,A.,salem , M.B.,andzid,E.(2005)** .*Les céréales en tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanislmes de résistance*.science et changements planétaires/ sécheresse, 16(3) , 225-229
86. **Soltner D.(1980)** .*Les grand productions végétales*.11 Ed Masson 20-30-p. collection des sciences et des techniques agricoles .
87. **Soltner D. (2012)**.*Les grandes production de végétales* .collection Science et Techniques agricoles ,21em édition , 2012,p.472
88. **Soltner D. (2005)** .*Les grand productions végétales* .20em Edition . collection Science et techniques agricoles .472p.

89. **Soar ,C.j. , and loveys , B.R . (2007)** .*The effect of changing patterns in soil – moisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implications for converting full-cover irrigation in to a point – source irrigation system* .Aust .j. grape wine Res .13(1) ;2-13.
90. **Taiz , L. and E. zeiger (2010)** .*plant physiology* , 5Thed. , Sinauer Associates.
91. **Tannok , Willcox G (2006)**. *How fast was wild domesticated*. Science 311 (5769) :1886. Droit :10.4426/SCIENCE .11246 35.
92. **Tardieu ,F ; Cruiziat ,p.,Durand,J.L., Tribio ;E., and Zivy ,M (2006)**. *Perception de La sécheresse par la plante, conséquences sur la productivité et sur la qualité des produits récoltés. sécheresse et agriculture*. Ed. Université ESTO. INRA, Paris ,49-67.
93. **Touchan H ; M. Nachit. K. Drkazanli, and O. Mustafa (2008)**. *Ling Some Morpho- phenological Traits with yield in durum wheat in Dry conditions*. Research journal of Aleppo University ,2008,No69.
94. **Turner N.C.,(1986)**. *Adaptation to water deficits : A changing perspective*. Aust J plant physiol,13 ;175-190.
95. **Ullah ,A. ;Farooq (2021)**, *M. the drought stress for grain legumes and options for improvement* . Arch. Agron .soil sci.2021 ;1-18.
96. **Véronique .L.(2021)** .*identification et quantification des phytoormones dans les macroalgues de lest du canada* . mémoire présenté dans le cadre du programme de maitrise sur mesure (chimie) en vue de lobtention du grande de maitre ES sciences université du québec Rimouski.
97. **Wahab , A., Abdi , G, saleem ,M .H., Ali , B., Ullah, S., Shah , W. and Marc , R.A. (2022)** *plants physio- biochemical and phyto- hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress : A comprehensive view*. Plants, 11(13). ,1620.
98. **Wang W, vincur B ,Alman A.(2003)**. *plant responses to drought, salinity and temperatures: topwardes genetic engineering for stress tolerance*. planta 218 :1-14.

99. **Wassie ,W.A. ; An dualem AM. ; Mollam.T.(2023)** .*Growth physiological and Biochemical Responses of Ehiopian Redpepper (capsicum annum L.) cultivars to drought Stress* . the Scientific world journal .
100. **Witcombe , j.R., Hollington , p.a. , howarth , C.J., Reader ,S. ,a Sterls ,K.A. (2008)**. *Breeding for abiotic stress for sustainable agriculture. Physiological transaction of the Royal society B : Biological Sceinces*, 363 (1492) 703-716.
101. **Yada V,S. ; Modip., Dave A. , vijapura A. , patel D .and patel M(2020)**. **Effect of abiotic stress on crops. In sustainbel c rop production. Intech open : london , UK.**
102. **Yan L, Shiy. (2013)**. *Effect of drought stress on growth and development in winter wheat with aquasorb-fertilizer. J Food SciTechno5 :1502-1504.*
103. **Wang W, Vinocur B Alman A.(2003)** . *plant responses to drought ,Salinity and Temperatures : towards genetic engineering for stress tolerancec. Planta* 218 :1-14.
104. **Yannag X., lu M., wang y. ; liuz. And chens (2021)**. *Response Mechanisin of plant to drought stress .Horticultural .7 ,50.*
105. **Zadding H, Ghennai A, Zerafa C. and Benlaribi M., 2017**.*Contribution To early Study of tillering inhard wheat Triticum durum Desf. The Iraqi journal of Agricultural Sciences , 48(6) :1556-1562.*
106. **Zadoks J .C , Chang T.T. and KnzaK C.F., 1974-** *Adecimal code for the growth Stage of cereals . weeds Research , 14 :415-421.*
107. **Zahri S., Farih , A., badoc ,A. and Douira A .2013**.*Statut des principales maladies , cryptogamiques foliaires du blé au Maroc en 2013. Japp biosci ,77 , 6543-6549.*
108. **Zhao, W., Liu ,L., Shen , Q ., Yang , J ., Han X., Tian , F ., Wu ,J.(2020)**. *Effects of Water Stress on Photosynthesis, yield, and water Use Efficiency inwinter Wheat. Water,12.2021.*

109. **Zoghmar , M .2019** .*Adaptation à la sécheresse chez le blé dur (Triticum durum Desf.) Contribution de quelques soltés a L'ajustement osmotique: Cas des sucres solubles, proline, potassium et Nitrates.* These Doctrat en sciences .Université des Freres Mentouri Constantine.

الملاحق

الملحق رقم (01): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط طول النبات

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|--------------------|---------|----------|-------------|-----------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Liberté des degrés | Erreur | F | Probabilité | Probabilité critique pour F | |
| Échantillon | 2054,985 | 5 | 410,997 | 22,22874 | 1,10166E-05 | 3,10587524 | |
| Colonnes | 5082,897 | 1 | 5082,9 | 274,908 | 1,22992E-09 | 4,74722535 | |
| Interaction | 3100,355 | 5 | 620,071 | 33,53649 | 1,19094E-06 | 3,10587524 | |
| A l'intérieur | 221,8734 | 12 | 18,4894 | | | | |
| Total | 10460,11 | 23 | | | | | |

الملحق رقم (02): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط المساحة الورقية

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|--------------------|---------|----------|-------------|-----------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Liberté des degrés | Erreur | F | Probabilité | Probabilité critique pour F | |
| Échantillon | 422,6788 | 5 | 84,5358 | 11,59508 | 0,000293881 | 3,10587524 | |
| Colonnes | 255,1928 | 1 | 255,193 | 35,00271 | 7,07206E-05 | 4,74722535 | |
| Interaction | 27,09998 | 5 | 5,42 | 0,743417 | 0,605878435 | 3,10587524 | |
| A l'intérieur | 87,4879 | 12 | 7,29066 | | | | |
| Total | 792,4595 | 23 | | | | | |

الملحق رقم (03): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للكوروفيل

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|--------------------|----------|-------------|-------------|-----------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Liberté des degrés | Erreur | F | Probabilité | Probabilité critique pour F | |
| Échantillon | 19205 | 5 | 3841,031 | 7,955221636 | 0,00163106 | 3,1058752 | |
| Colonnes | 216866 | 1 | 216866,1 | 449,1548224 | 7,083E-11 | 4,7472253 | |
| Interaction | 30906 | 5 | 6181,291 | 12,80217089 | 0,00018257 | 3,1058752 | |
| A l'intérieur | 5794 | 12 | 482,8315 | | | | |
| Total | 272772 | 23 | | | | | |

الملحق رقم (04): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للسكريات المذابة

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|------------------|--------------------|----------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 18848,22 | 5 | 3769,64 | 0,975738 | 0,470735131 | 3,10587524 | |
| Colonnes | 3307,158 | 1 | 3307,16 | 0,856028 | 0,373084998 | 4,74722535 | |
| Interaction | 19394,99 | 5 | 3879 | 1,004044 | 0,456136265 | 3,10587524 | |
| A l'intérieur | 46360,53 | 12 | 3863,38 | | | | |
| Total | 87910,9 | 23 | | | | | |

الملحق رقم (05): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للبرولين

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-----------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 125,76 | 5 | 25,15199 | 6,288298814 | 0,004347 | 3,1058752 | |
| Colonnes | 1010,6 | 1 | 1010,623 | 252,6678112 | 1,999E-09 | 4,7472253 | |
| Interaction | 39,637 | 5 | 7,927467 | 1,981961636 | 0,15386831 | 3,1058752 | |
| A l'intérieur | 47,998 | 12 | 3,999808 | | | | |
| Total | 1224 | 23 | | | | | |

الملحق رقم (06): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط طول البادرة

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 32,0667014 | 1 | 32,0667014 | 101,111157 | 3,3737E-07 | 4,74722535 | |
| Colonnes | 38,1897028 | 2 | 19,0948514 | 60,2089532 | 5,5387E-07 | 3,88529383 | |
| Interaction | 2,98120278 | 2 | 1,49060139 | 4,70009153 | 0,03108727 | 3,88529383 | |
| A l'intérieur du groupe | 3,80571667 | 12 | 0,31714306 | | | | |
| Total | 77,0433236 | 17 | | | | | |

الملاحق رقم (07): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط الوزن الجاف للبادرة

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Échantillon | 134,425339 | 1 | 134,425339 | 1,64258675 | 0,22418139 | 4,74722535 |
| Colonnes | 21863,1053 | 2 | 10931,5527 | 133,576182 | 6,3101E-09 | 3,88529383 |
| Interaction A l'intérieur du groupe | 970,853344 | 2 | 485,426672 | 5,9315857 | 0,01617032 | 3,88529383 |
| Total | 23950,4351 | 17 | | | | |

الملاحق رقم (08): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط طول الساق الرئيسي (المعاملة

بالهرمونات)

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Échantillon | 0,08960556 | 1 | 0,08960556 | 0,88909101 | 0,36432077 | 4,74722535 |
| Colonnes | 41,1799111 | 2 | 20,5899556 | 204,299212 | 5,3936E-10 | 3,88529383 |
| Interaction A l'intérieur du groupe | 0,87271111 | 2 | 0,43635556 | 4,32964004 | 0,03840576 | 3,88529383 |
| Total | 1,2094 | 12 | 0,10078333 | | | |
| Total | 43,3516278 | 17 | | | | |

الملاحق رقم (09): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) لمتوسط المساحة الورقية (المعاملة بالهرمونات)

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F |
| Échantillon | 28,2501389 | 1 | 28,2501389 | 4,53967802 | 0,05449154 | 4,74722535 |
| Colonnes | 5054,3319 | 2 | 2527,16595 | 406,104896 | 9,5249E-12 | 3,88529383 |
| Interaction A l'intérieur du groupe | 37,6701444 | 2 | 18,8350722 | 3,02671657 | 0,08624396 | 3,88529383 |
| Total | 74,6752667 | 12 | 6,22293889 | | | |
| Total | 5194,92745 | 17 | | | | |

الملحق رقم (10): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للكوروفيل (البادرات)

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 0,06722222 | 1 | 0,06722222 | 0,00121145 | 0,97280675 | 4,74722535 | |
| Colonnes | 1090,21778 | 2 | 545,108889 | 9,8237485 | 0,00297202 | 3,88529383 | |
| Interaction | 127,217778 | 2 | 63,6088889 | 1,1463356 | 0,35027332 | 3,88529383 | |
| A l'intérieur du groupe | 665,866667 | 12 | 55,4888889 | | | | |
| Total | 1883,36944 | 17 | | | | | |

الملحق رقم (11): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للكوروفيل (الساق طور الاستطالة)

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 2,13555556 | 1 | 2,13555556 | 3,04113924 | 0,10671491 | 4,74722535 | |
| Colonnes | 187,234444 | 2 | 93,6172222 | 133,315665 | 6,3813E-09 | 3,88529383 | |
| Interaction | 12,4344444 | 2 | 6,21722222 | 8,85363924 | 0,0043442 | 3,88529383 | |
| A l'intérieur du groupe | 8,42666667 | 12 | 0,70222222 | | | | |
| Total | 210,231111 | 17 | | | | | |

الملحق رقم (12): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للسكريات المذابة للبادرات (المعاملة بالهرمونات)

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 658,724006 | 1 | 658,724006 | 3,93105827 | 0,07076957 | 4,74722535 | |
| Colonnes | 45943,166 | 2 | 22971,583 | 137,087203 | 5,4363E-09 | 3,88529383 | |
| Interaction | 92,4321778 | 2 | 46,2160889 | 0,27580312 | 0,76364522 | 3,88529383 | |
| A l'intérieur du groupe | 2010,82953 | 12 | 167,569128 | | | | |
| Total | 48705,1518 | 17 | | | | | |

الملحق رقم (13): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للسكريات المذابة للبادرات للساق في طور

الاستطالة

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 3,65400556 | 1 | 3,65400556 | 128,83859 | 8,9652E-08 | 4,74722535 | |
| Colonnes | 6,5716 | 2 | 3,2858 | 115,855828 | 1,425E-08 | 3,88529383 | |
| Interaction A l'intérieur du groupe | 0,87231111 | 2 | 0,43615556 | 15,3786484 | 0,00048868 | 3,88529383 | |
| Total | 11,43825 | 17 | | | | | |

الملحق رقم (14): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للبرولين (طور البادرات) المعاملة بالهرمونات

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 495,915022 | 1 | 495,915022 | 23,3660292 | 0,00040931 | 4,74722535 | |
| Colonnes | 5203,54481 | 2 | 2601,77241 | 122,587716 | 1,0321E-08 | 3,88529383 | |
| Interaction A l'intérieur du groupe | 345,024211 | 2 | 172,512106 | 8,12825327 | 0,00586647 | 3,88529383 | |
| Total | 6299,16918 | 17 | | | | | |

الملحق رقم (15): جدول تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للبرولين (طور الاستطالة) المعاملة بالهرمونات

| ANALYSE DE VARIANCE | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|--|
| Source des variations | Somme des carrés | Degré de liberté | Moyenne des carrés | F | Probabilité | Valeur critique pour F | |
| Échantillon | 1,3869E-05 | 1 | 1,3869E-05 | 17,6050776 | 0,00124104 | 4,74722535 | |
| Colonnes | 0,00021969 | 2 | 0,00010984 | 139,43512 | 4,9305E-09 | 3,88529383 | |
| Interaction A l'intérieur du groupe | 3,4588E-05 | 2 | 1,7294E-05 | 21,9527504 | 9,7805E-05 | 3,88529383 | |
| Total | 9,4533E-06 | 12 | 7,8778E-07 | | | | |
| Total | 0,0002776 | 17 | | | | | |

الملخص

المخلص باللغة العربية

أجريت الدراسة تحت ظروف متحكم بها بالبيت الزجاجي بشعبة الرصاص بجامعة الإخوة منتوري قسنطينة -1- وعلى مستوى مخبر تطوير وتثمين الموارد الوراثية النباتية خلال الموسم الجامعي 2013-2014.

تهدف هذه الدراسة لتقييم 6 أصناف من القمح الصلب تحت ظروف الإجهاد المائي في مرحلة الإنبال، بالإضافة إلى محاولة معاكسة تأثير الجفاف على صنفين من القمح الصلب وذلك باستعمال التداخل بين هرمونين نباتيين الأوكسين والجبريلين في مرحلة نمو البادرات ومرحلة الاستطالة وذلك من خلال تقدير بعض المعايير المورفولوجية (متوسط ارتفاع النبات، متوسط المساحة الورقية، الوزن الجاف للبادرات) بالإضافة إلى بعض المعايير الفيزيولوجية (محتوى الأوراق من الكلوروفيل، تراكم السكريات الذائبة والبرولين). النتائج المتحصل عليها أظهرت مدى التأثير السلبي للإجهاد المائي على الاصناف المدروسة كذلك التباين المعنوي فيما بينها.

أظهرت معاملة التداخل بين هرموني النمو الأوكسين والجبريلين نتائج إيجابية في التقليل من الآثار السلبية للإجهاد المائي من خلال رفع محتوى الأنسجة الورقية من الكلوروفيل وزيادة واضحة في المقاييس الخضرية.

Abstract

The study was conducted under controlled conditions in the glasshouse of Chaabat-El Rsas of Mentouri Brothers, Constantine-1, at the Laboratory of Plant Genetic Resources Development and Valorization during the academic year 2023-2024.

This study aims to evaluate six varieties of durum wheat under water stress conditions at the tillering stage, in addition to attempting to counteract the effect of drought on two varieties of durum wheat using the interaction between two plant hormones, auxin and gibberellin, at the seedling growth and elongation stages. This was done by estimating some morphological parameters (average plant height, average leaf area, dry weight of seedlings), in addition to some physiological parameters (chlorophyll content, accumulation of soluble sugars, and proline).

The results obtained showed the negative impact of water stress on the studied varieties as well as significant variation among them. The interaction treatment between the growth hormones auxin and gibberellin showed positive results in reducing the negative effects of water stress by increasing the leaf tissue chlorophyll content and a clear increase in vegetative indices.

Résumé

L'étude a été réalisée dans des conditions contrôlées dans la serre du Chaabat-El rsas, de l'Université des Frères Mentouri Constantine-1 et au laboratoire de développement et de Valorisation des Ressources Génétiques Végétales au cours de l'année universitaire 2023-2024.

L'objectif de cette étude est d'évaluer 6 variétés de blé dur sous des conditions de stress hydrique au stade de l'épiaison, ainsi que d'essayer d'atténuer l'effet de la sécheresse sur deux variétés de blé dur en utilisant l'interaction entre deux hormones végétales, l'auxine et la gibbérelline, au stade de la germination et de l'étirement, en évaluant quelques paramètres morphologiques (hauteur moyenne de la plante, surface foliaire moyenne, poids sec des pousses) ainsi que quelques paramètres physiologiques (teneur en chlorophylle des feuilles, accumulation de sucres solubles et de proline).

Les résultats obtenus ont montré l'impact négatif du stress hydrique sur les variétés étudiées ainsi que la variation significative entre elles. Le traitement combinant les hormones de croissance auxine et gibbérelline a montré des résultats positifs pour atténuer les effets négatifs du stress hydrique en augmentant la teneur en chlorophylle des tissus foliaires et en montrant une augmentation notable des paramètres de croissance.

| | |
|---|--|
| السنة الجامعية 2023-2024 | مقدمة من طرف: رسول صبرينة |
| <p>عنوان المذكرة: سلوك بعض الأنماط الوراثية لنبات القمح الصلب <i>Triticum durum Desf</i> تجاه بعض عوائل الوسط شبه الجاف</p> | |
| <p>مذكرة للحصول على شهادة الماستر في العلوم البيولوجية</p> | |
| <p>ملخص:</p> <p>أجريت الدراسة تحت ظروف متحكم بها بالبيت الزجاجي بشعبة الرصاص بجامعة الإخوة منتوري قسنطينة -1- وعلى مستوى مخبر تطوير وتثمين الموارد الوراثية النباتية خلال الموسم الجامعي 2013-2014.</p> <p>تهدف هذه الدراسة لتقييم 6 أصناف من القمح الصلب تحت ظروف الإجهاد المائي في مرحلة الإنبال، بالإضافة إلى محاولة معاكسة تأثير الجفاف على صنفين من القمح الصلب وذلك باستعمال التداخل بين هرمونين نباتيين الأوكسين والجبرلين في مرحلة نمو البادرات ومرحلة الاستطالة وذلك من خلال تقدير بعض المعايير المورفولوجية (متوسط ارتفاع النبات، متوسط المساحة الورقية، الوزن الجاف للبادرات) بالإضافة إلى بعض المعايير الفيزيولوجية (محتوى الأوراق من الكلوروفيل، تراكم السكريات الذائبة والبرولين).</p> <p>النتائج المتحصل عليها أظهرت مدى التأثير السلبي للإجهاد المائي على الاصناف المدروسة كذلك التباين المعنوي فيما بينها.</p> <p>أظهرت معاملة التداخل بين هرموني النمو الأوكسين والجبرلين نتائج إيجابية في التقليل من الآثار السلبية للإجهاد المائي من خلال رفع محتوى الأنسجة الورقية من الكلوروفيل وزيادة واضحة في المقاييس الخضرية.</p> <p>كلمات مفتاحية: القمح الصلب، الإجهاد المائي، منظمات النمو، منظم النمو الأوكسين، منظم النمو الجبرلين.</p> | |
| <p>مخبر البحث: تطوير وتثمين الثروات الوراثية النباتية (جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري)</p> | |
| <p>رئيس اللجنة: د. شيبالي الصالح</p> <p>المشرف: د. بولعلل معاد</p> <p>الممتحن: د. زغبان مريم</p> | <p>أستاذ محاضر أ – جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري</p> <p>أستاذ محاضر أ – جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري</p> <p>أستاذ محاضر أ – جامعة قسنطينة 1 الإخوة منتوري</p> |