



رقم التسلسل :

رقم الترتيب :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان: علوم الطبيعة والحياة

شعبة علوم بيولوجية

تخصص: تنوع حيوي وفسولوجيا النبات

التأثير السمي للألمنيوم (Al) على انبات ونمو بادرات القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)، صنف CIRTA

من اعداد:

احميم سامية - بنين ايمان

نوقشت من طرف لجنة المناقشة

جامعة الوادي	رئيسا	استاذ مساعدة قسم أ	بن الحبيب عبد الحميد
جامعة الوادي	مؤطرا	استاذ محاضر قسم ب	اسماعيل عسيلة
جامعة الوادي	ممتحنا	استاذ محاضر	منيرة قادري

الموسم الجامعي 2019 / 2020

شكر و عرفان

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على أشرف المرسلين وبعد:

" ربي أوزعني أن اشكر نعمتك علي وعلى والدي وأن اعمل صالحا ترضاه... "

الحمد لله الذي وفقني من اتمام هذه المذكرة فالحمد لله عدد خلقه وزنة عرشه ومداد كلماته
وكما قال صلى الله عليه وسلم " من لا يشكر الناس لم يشكر الله " يسعني ان اتقدم بالشكر
والتقدير والامتنان إلى الأستاذ المشرف " الدكتور عسيلة اسماعيل " الذي لم يبخل عنا
بإرشاداته وتوجيهاته القيمة في انجاز هذه المذكرة فجزاه الله عنا خير جزاء وجعله في ميزان
حسناته وادامه عوناً لكل طالب علم

واتقدم بالشكر والتقدير إلى الأساتذة الأفاضل أعضاء لجنة المناقشة لموافقتهم على الاشتراك
في مناقشة هذه المذكرة، وإلى كل أساتذة وموظفين كلية العلوم الطبيعية والحياة (جامعة
الوادي) وإلى كل الأساتذة الذين تدرست على أيديهم طوال مشواري الدراسي.
وأشكر كل من ساهم ولو بالكلمة الطيبة في اعداد هذا العمل المتواضع، سائلين المولى
تبارك أن يجزيهم عني كل الخير

الإهداء

تعب لخصته بين صفحات الاوراق وطياتها تتخلله تتاغم الحروف والكلمات إلى كل من
شاركني هذا الكأس وتحمل معي العقبات ونصلي على نور القلوب وسيد الوجود محمد صلى
الله عليه وسلم

اهدي ثمرة جهدي إلى من قال فيهما سبحانه وتعالى " وقضى ربك ألا تعبد إلا اياه
وبالوالدين إحسانا " إلى من كللها الله بالهيبة والوقار إلى من علموني العطاء بدون انتظار
وستبقى كلماتهم نجوما اهتدي بها طول المشوار إلى من أحمل إسميهما بكل افتخار إلى من
كان دعائهما سر نجاحي.... والداي العزيزين.....

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة أختي وأخواتي وأخص بالذكر خواتي دليلة ونادية بوجودهن
اكتسبت قوة لا حدود لها، إلى أبنائهن أزهار النرجس التي تفيض حبا وطفولة ونقاء " نور
الإيمان، محمد الأمين، اسينات، مارية، عبد الحاكم "

إلى اصدقائي في العمل، الغالية على القلب " شعبان نجاح" وأخي الذي لم تلده أمي "عطية
دويمي "

إلى من أجمل ما ادخله القدر في حياتي صديقاتي ورفيقات دربي " ونيس انتصار، ذويب
هنية "

بهدف دراسة تأثير أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) على إنبات ونمو بادرات القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) صنف CIRTA ، تم إنبات بذور القمح مخبريا في أطباق بتري معقمة وتمت معاملتها بتركيزات مختلفة من المحلول المعدني: (0، 75، 150، 300، 600) mg/l، وذلك في ظروف الظلام، ودرجة حرارة 25 ± 1 م°. أكدت النتائج المتحصل عليها تراجع صنف القمح CIRTA في أغلب المعايير المدروسة تحت تأثير إجهاد $AlCl_3$ في خصائص الإنبات وارتفاع نسب تثبيطها ومعايير نمو البادرات وارتفاع نسب تسممها أيضا. كما أظهر صنف القمح المدروس استجابة متفاوتة في الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية مع زيادة حدة الإجهاد في الوسط. بناء على النتائج المتحصل عليها فقد كان صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)، CIRTA، قليل التحمل وحساس لتأثير سمية الألمنيوم، خصوصا تحت تأثير التركيزات العالية منه. **الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)؛ سمية الألمنيوم؛ الإنبات؛ حركية المدخرات؛ النمو.

Résumé

Dans le but d'étudier l'effet des sels de chlorure d'aluminium (AlCl_3) sur la germination et la croissance des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf.): variété CIRTA. Les graines de blé ont été mises à germer dans des boîtes de Pétri stériles, et ont été traitées avec différentes concentrations de la solution minérale (AlCl_3): 0, 75, 150, 300, 600 mg/L. L'expérience a été menée au laboratoire sous des conditions de $25^\circ\text{C} \pm 1$ et à l'obscurité totale. Les résultats obtenus ont confirmé que le cultivar de blé CIRTA était affecté, pour la plupart des paramètres étudiés, sous l'influence du stress d'aluminium (Al), avec des taux d'inhibition élevés des propriétés de germination, ainsi que des taux importants de toxicité pour les paramètres de croissance des plantules. La variété de blé dur étudiée a également montré une réponse variable, en ce qui concerne l'efficacité de la mobilisation des réserves de semences, ce qui affecté par le stress métallique au milieu. Selon les résultats obtenus, la variété de blé dur CIRTA était sensible à l'effet toxique de l'aluminium, notamment sous l'influence des concentrations élevées de sels d' AlCl_3 .

Mots-clés : Blé dur (*Triticum durum* Desf.); toxicité d'aluminium; germination; mobilisation des réserves ; croissance.

Abstract

In order to study the effect of aluminum chloride salts (AlCl_3) on the germination and growth of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) seedlings: variety CIRTA. The wheat seeds were germinated in sterile Petri dishes, and were treated with different concentrations of the mineral solution (AlCl_3): 0, 75, 150, 300, 600 mg / L. The experiment was carried out in the laboratory under conditions of $25^\circ\text{C} \pm 1$ and in total darkness. The obtained results confirmed that the wheat cultivar CIRTA was affected, for most of the studied parameters, under the influence of aluminum (Al) stress, with high inhibition rates of germination properties, as well as of important toxicity for the seedlings growth parameters. The studied durum wheat variety also showed a variable response, with respect to the seed reserve mobilization efficiency, who was affected by metallic stress in the medium. According to the obtained results, the durum wheat variety CIRTA was sensitive to the aluminum toxic effect, especially under the influence of high AlCl_3 salts concentrations.

Keywords: Durum wheat (*Triticum durum* Desf.); aluminum toxicity; germination; reserves mobilization; growth.

الفهرس

شكر و عرفان

الإهداء

ملخص

الفهرس

فهرس الجداول

فهرس الوثائق

فهرس الاشكال

قائمة الإختصارات

مقدمة 2-1

الدراسة النظرية

الفصل الأول: بيولوجيا نبات القمح

I- نبذة تاريخية 4

I-1- تعريف القمح 4

I-2- الأصل الجغرافي للقمح 5

I-3- تصنيف القمح 6

I-3-1- التصنيف الوراثي للقمح الصلب 6

I-3-2- التصنيف العلمي لنبات القمح الصلب. *Triticum durum* 7

I-3-3- تصنيف الأقمح حسب مواسم الزرع 7

I-3-4- التصنيف حسب كمية البروتين 8

I-4- دورة حياة نبات القمح 8

- 8.....I-4-1- الطور الخضري (الإعاشي)..... 8
- أ- مرحلة الإنبات..... 8
- ب- مرحلة بداية الإشطاء..... 8
- ج- مرحلة بداية الصعود..... 9
- I-4-2- الطور التكاثري..... 9
- أ- مرحلة الصعود والانتفاخ..... 9
- ب- مرحلة الإسبال والإزهار..... 9
- I-4-3- طور النضج وتكوين الحبة..... 10
- I-5-5- التركيب النسيجي والكيميائي لحبة القمح..... 11
- I-5-1- التركيب النسيجي لحبة القمح..... 11
- I-5-2- التركيب الكيميائي لحبة القمح..... 12

الفصل الثاني: إجهاد كلوريد الألمنيوم

- II-1- نبذة عن المعادن الثقيلة..... 15
- II-2- عنصر الألمنيوم..... 15
- II-2-1- أصل وتاريخ الألمنيوم..... 15
- II-2-2- تعريف الألمنيوم..... 15
- II-2-3- كلوريد الألمنيوم..... 16
- II-2-4- الخصائص الفيزيائية والكيميائية لكلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$)..... 16
- II-3- تأثير إجهاد عنصر الألمنيوم على النبات..... 17
- II-3-1- تأثير سمية الألمنيوم على مورفولوجيا النبات..... 17

- 18 II -3-2- تأثير سمية الألمنيوم على فيسيولوجيا النبات
- 19 II -3-3- آليات مقاومة عنصر الألمنيوم لدى النباتات
- 20 II -3-3-1- مقاومة عنصر الألمنيوم بالتجنب
- 20 II -3-3-2- مقاومة عنصر الألمنيوم بالتحمل

الدراسة التطبيقية

الفصل الثالث: مواد وطرق الدراسة

- 25 III -1- المادة النباتية
- 25 III -2- المحاليل والأدوات والأجهزة المستعملة
- 26 III -3- طرق الدراسة
- 26 III -3-1- موقع التجربة
- 26 III -3-2- تحضير بذور القمح
- 26 III -3-3- تحضير المحاليل المعدنية
- 26 III -3-4- تصميم التجربة
- 27 III -3-5- المعايير المدروسة :
- 27 III -3-5-1- معايير الإنبات
- 27 III -3-5-1-1- النسبة المئوية للإنبات (GP%)
- 27 III -3-5-1-2- مؤشر الإنبات (GI)
- 27 III -3-5-1-3- مؤشر قوة البذور SVI
- 28 III -3-5-1-4- نسبة التثبيط
- 28 III -3-5-2- معايير نمو بادرة القمح

29	..... III-3-5-3- حركية المدخرات في البذور
29	..... III-3-5-3-1- وزن المدخرات المستعملة (WMR)
29	..... III-3-5-3-2- الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات (RME)
29	..... III-3-5-3-3- نسبة معدل استنفاد المدخرات (SRDP)
29	..... III-3-5-4- الكفاءة الأيضية للبذور
30	..... III-3-5-4-1- كمية مواد التنفس
30	..... III-3-5-4-2- كفاءة الأيض للبذور (SME)

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة

32	..... IV- النتائج
32	..... IV-1- تأثير الألمنيوم على مواصفات الإنبات
32	..... IV-1-1- النسبة المئوية للإنبات (GP%)
32	..... IV-1-2- مؤشر الإنبات (GI)
33	..... IV-1-3- مؤشر قوة البذور (SVI)
34	..... IV-1-4- نسب التثبيط: لنسبة الانبات (PI(GP%)، مؤشر الانبات (PI(GI) ومؤشر قوة البذور PI(SVI)
35	..... IV-2- تأثير الألمنيوم على نمو البادرة
	..... IV-2-1- وزن السويقة SHW، وزن الجذير RTW والنسبة جذير / سويقة (RTW/SHW)،
35	..... أيضا الوزن الكلي الجاف للبادرة (TSW)
	..... IV-2-3- نسبة السمية: وزن السويقة SHP%، وزن الجذير RTP% ووزن البادرة TSP%
36	.....
37	..... IV-3- تأثير الألمنيوم على حركية المدخرات في البذور

37	.....(WMR) وزن المدخرات المستعمل	IV-3-1
38	.....SRDP (%) نسبة معدل استنفاد المدخرات البذرية	IV-3-2
38	.....(RME) الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات البذرية	IV-3-3
39	.....تأثير الألمنيوم على أيض البذور	IV-4
39	.....(SMR) كمية مواد التنفس	IV-4-1
40	.....(SME) كفاءة الأيض للبذور	IV-4-2
42	.....المناقشة	IV
42	.....تأثير الألمنيوم على مواصفات إنبات بذور القمح	IV-1
35	.....تأثير الألمنيوم على نمو بادرات القمح	IV-2
45	.....تأثير الألمنيوم على حركية المدخرات وكفاءة أيض البذور	IV-3
47	.....الخلاصة العامة	
50	.....قائمة المراجع	
61	.....الملاحق	

فهرس الجداول

- الجدول 01: تصنيف نبات القمح الصلب. 7
- الجدول 02: المحتوى الكيميائي لحبة القمح. 12
- الجدول 03: بعض الخصائص لكلوريد الالمنيوم. 16
- الجدول 04: الخصائص التقنية لصنف القمح الصلب. 25
- الجدول 05: الأدوات والأجهزة والمحاليل المستعملة. 25
- الجدول 06: وزن السويقة SHW، وزن الجذير RTW، النسبة جذير/سويقة (RTW/SHW)،
أيضا الوزن الكلي للبادرة (TSW) لدى صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.):
CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. 36

فهرس الوثائق

- الوثيقة 01: منشأ وانتشار القمح. 5
- الوثيقة 02: مختلف مراحل دورة حياة القمح. 11
- الوثيقة 03: التكوين النسيجي لحبة القمح. 12
- الوثيقة 04: كلوريد الالمنيوم المائي. 16
- الوثيقة 05: تمثيل تخطيطي لسمية Al ودور مادة Al-chelating مثل بعض الأحماض
العضوية في إزالة سموم. 22

فهرس الاشكال

الشكل (01): نسبة الانبات GP(%) لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA،

بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. 32

الشكل (02) : مؤشر الانبات لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA، بدلالة

تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. 33

الشكل (03): مؤشر قوة البذور (SVI) لدى القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA،

بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. 34

الشكل (04): نسب التنبيط: لكل من نسبة الإنبات ($PI(GP\%)$ ؛ مؤشر الإنبات $PI(GI)$ ومؤشر قوة

البذور $PI(SVI)$ لدى القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA، بدلالة تركيز

أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. 35

الشكل (05): نسبة السمية لكل من وزن السويقة $SHP\%$ ، وزن الجذر $RTP\%$ و الوزن الكلي للبادرة

$TSP\%$ لصنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) المدروس بدلالة مستويات معدن كلوريد

الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. 37

الشكل (06) : وزن المدخرات المستعمل ونسبة استنفاد المدخرات لبذور القمح الصلب (*Triticum*

durum Desf.): صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. ... 38

الشكل (07): الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات البذرية (RME) لبذور القمح الصلب (*Triticum*

durum Desf.): صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. ... 39

الشكل (08): كمية مواد التنفس (SMR) لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف

CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. 40

الشكل (09) : كفاءة استقلابية البذور (SME) لدى صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.):

CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. 41

قائمة الاختصارات

الرمز	الكلمات الدلالية
%	النسبة المئوية
C°	الدرجة المئوية
AlCl ₃	كلوريد الألمنيوم
ml	مليمترا
g	غرام
GI	مؤشر الإنبات
GP	النسبة المئوية للإنبات
SVI	مؤشر قوة البذور
PI	نسبة التثبيط
SLDW	الوزن الجاف للبادرات
WMR	وزن المدخرات المستعمل
RME	الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات البذرية
SRDP	نسبة معدل استنفاد المدخرات
SME	كفاءة الأيض للبذور
SMR	كمية مواد التنفس
RTP	نسبة السمية للجذر
SHP	نسبة السمية للسويقة
TSP	نسبة السمية للبادرة

مقدمة

المقدمة

تعتبر زراعة النجيليات بصفة عامة والقمح بصفة خاصة من أقدم نشاطات الإنسان، فتاريخها من تاريخ البشرية فهي تبقى و إلى يومنا هذا المصدر الأساسي للتغذية في العالم (Morancho, 2000)، حيث يعد القمح بنوعيه من بين الحبوب الأكثر زراعة واستهلاكاً في العالم حيث يشكل الغذاء الأساسي لثلث سكان العالم، فالقمح أحد أهم المحاصيل الكبرى والاستراتيجية التي تحتاجها الشعوب في مختلف بقاع العالم بل كثيراً ما يساهم في توجيه السياسة الدولية نظراً لارتباطه بالأمن الغذائي، كما يعتبر القمح الصلب (*Triticum durum Desf.*) أكثر المحاصيل زراعة في العالم، وتتمركز زراعته في مناطق البحر الأبيض التي تمثل أكبر سوق استيراد لهذا المنتج وذلك يرجع إلى الاستهلاك الكبير للقمح الصلب من طرف شعوب المنطقة المتوسطية (Nazco et al., 2012).

يحتل القمح مكانة أولية من بين الحبوب المزروعة في الجزائر، وشغل مساحة تتعدى مليون هكتار سنوياً، رغم ذلك يبقى الإنتاج الوطني من القمح الصلب ضعيف بسبب عدم اكتفاء المردود حسب حاجيات الإستهلاك المتنامية مع الزيادة الديمغرافية، ويرتبط تذبذب إنتاج القمح وضعف المردود في الجزائر بالعديد من العوامل منها والطبيعية والغير طبيعية المسببة لمختلف الاجهادات اللاحوية (Chellali, 2007).

ومن أهم هذه العوامل التلوث بالمعادن الثقيلة، التي هي مشكلة بيئية وغذائية خطيرة وهي شديدة السمية وضارة جداً، حتى بتراكيز ضئيلة (Gang et al., 2013; Acharya et Sharma, 2014)، ومن الواضح ان لها تأثير سلبي على إنبات البذور وعلى العديد من العمليات الفسيولوجية التي تقلل من نمو النبات ونتاجيته (Carlson et al., 1991). ومن أكثر هذه المعادن انتشاراً الألمنيوم (Al Ranjbar et al., 2008 ; Exley et House, 2013).

وبناء عليه تمت هذه الدراسة حول تأثير مستويات متزايدة من أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) على صنف القمح الصلب (CIRTA (*Triticum durum Desf.*))، بهدف إبراز كفاءة نمو هذا الصنف وتقييم مدى تحمله للإجهاد المعدني.

كما نطرح الإشكال التالي:

ما مدى تأثير مستويات إجهاد الألمنيوم AI على إنبات ونمو بادرات القمح الصلب، صنف

؟CIRTA

وللإجابة على هذا الإشكال قسمت دراستنا إلى جزئين: جزء نظري وجزء عملي

جزء نظري يشتمل على فصلين الأول تطرقنا فيه إلى دراسة عامة حول بيولوجيا القمح، أما

الفصل الثاني ينطوي على دراسة عنصر الألمنيوم.

وجزء تطبيقي تمحور حول دراسة عملية موجزة في فصلين، الفصل الأول تضمن مواد وطرق

الدراسة وعرض لمختلف المعايير المدروسة، أما الفصل الثاني فسررنا النتائج وقمنا بتحليلها ومناقشتها

وفي الأخير حوصلنا مجمل بحثنا هذا في خلاصة عامة.

الفصل الأول:

بيولوجيا نبات القمح

I- نبذة تاريخية

تعتبر العائلة النيجيلية Gramineae هي إحدى أشهر الفصائل في احاديات الفلقة من النباتات المزهرة، تضم نحو 620 جنسا وحوالي 10000 نوعا، تنتشر زراعتها في جميع أجزاء العالم وتكون حولية، معمرة او عشبية عادة وتصنف محاصيل الحبوب إلى محاصيل شتوية تزرع في فصل الخريف وتنمو أساسا في فصل الشتاء مثل القمح و الشعير و الشوفان، ومحاصيل صيفية تحتاج إلى درجات حرارة أعلى، لذلك تزرع في فصل الربيع وتنمو في فصل الصيف مثل الذرة الصفراء والبيضاء، وتعد محاصيل الحبوب اساس تغذية الإنسان على المستوى العالمي (عباس وآخرون، 2008).

كما يعتبر القمح من اهم المحاصيل الاقتصادية في العالم حيث لعب هذا المحصول الاقتصادي الهام دورا كبيرا في تقدم البشرية منذ العصور القديمة، وحاليا من اكثر استخداما في غذاء الانسان والحيوان ويستخدم في صناعة العجائن الغذائية في جميع انحاء العالم (Cheftel et al., 1992).

I-1- تعريف القمح

القمح هو نبات عشبي حولي ينتمي الى النباتات الزهرية ذوات الفلقة الواحدة تابع للعائلة النجيلية Gramineae و جنس *Triticum* الذي بدوره يضم عدة أنواع أشهرها القمح الصلب *Triticum durum* والقمح اللين *Triticum aestivum* (Benlaribi , 1984)

كما يعد القمح من نباتات النهار الطويل وذاتي التلقيح، بحيث يتم داخل الوريقتين المحيبتين بزهرة النبتة ويحدث قبل ظهور الاسدية إلى الخارج.

حبة القمح ذات وزن يتراوح ما بين 45 الى 60 مع ذات شكل متطاوّل تقريبا وتعتبر عند النضج ثمرة لا تتفتح لأن الجدار الرقيق يلتصق بالبذرة ويكون متحدا مع الغشاء البذري الذي يدعى القصيرة (بارزياشي، 1972).

I-2- الأصل الجغرافي للقمح

لا يعرف أصل نبات القمح او منشأه تأكيدا، وقد كان هذا موضوعا للدراسة من قبل الكثير من الباحثين، حيث تدل الحفريات الأثرية على أن بداية زراعة القمح كانت قبل نحو 12000-6500 ق.م كجزء من العصر الحجري الحديث، وهناك إتفاق واسع النطاق من الادلة بأن اقدم منطقة زراعية للقمح المزروع كانت مرتبطة بمنطقة هلال الخصيب . (Lupton, 1987) ; Verheye, 2009 ; Shewry, 2010).

كما اشارت دراسات كل من Feldman (1955) و Zohary et Hopf (1994) إلى أن المعالم الأولى لزراعة القمح ظهرت في منطقة الهلال الخصيب في المنطقة التي تمتد من نهر الاردن إلى الفرات حوالي 9000 سنة ق.م (الشكل 1) كما أكد العالم Vavilov (1926) أن المنشأ الأصلي للقمح اللين هو جنوب غرب آسيا والقمح الصلب هو منطقة البحر الأبيض المتوسط (العراق، شمال افريقيا، اثيوبيا)، لينتشر فيما بعد في مناطق اخرى كالسهول الكبرى في امريكا الشمالية (داكوتا، كندا، ارجنتينيا) وجمهورية الاتحاد السوفياتي سابقا (Elias, 1995) (الوثيقة 02).



الوثيقة 01: منشأ وانتشار القمح (Zohary et Hopf, 2000).

3-I- تصنيف القمح

1-3-I- التصنيف الوراثي للقمح الصلب

صنف حسب عبد المجيد وآخرون (1975) على أساس عدد الكروموزومات إلى ثلاث مجاميع وتمثل في:

أ. الأقمح الثنائية **Diploides**: وتكون ثنائية المجموعة الكروموزومية ($2n = 18$) (Diploïdes)

ب. الأقمح الرباعية **Tetraploides**: بها 14 زوجا من الكروموزومات اي أنها رباعية المجموعة الكروموزومية ($2n = 28$) (Tétraploïdes).

ج. الأقمح السداسية **Hexaploides**: وهي سداسية المجموعة الكروموزومية: (Hexaploïdes) ($2n = 42$)

اما عبود (2008) فأقر ان هناك 3 أنواع فقط تشكل أكثر من 90% من القمح المزروع عالميا تشمل هذه الأنواع:

أ. **Triticum aestivum** (قمح سداسي): يسمى القمح العادي أو قمح الخبز أو الطري، وتنتشر زراعة في مختلف أنحاء العالم، والسنبلة تحتوي على (3-6) زهرات وتنتج (2-5) حبات.

ب. **Triticum durum** (قمح رباعي): يسمى القمح الصلب ويزرع في بعض الدول العربية وحوض البحر الأبيض المتوسط، والسنبلة تحتوي على (3-6) زهرات وتنتج (2-5) حبات.

ج. **Triticum compactum** (قمح سداسي): يسمى القمح المزدهم، يزرع في بعض أقطار جنوب غرب آسيا وأمريكا، والسنبال تحتوي (5-6) زهرات وتنتج (3-4) حبات صغيرة الحجم.

I-3-2- التصنيف العلمي لنبات القمح الصلب *Triticum durum*

يتم تصنيف القمح الصلب في المملكة النباتية كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول 01: تصنيف نبات القمح الصلب (APG III, 2009).

Embranchement : Spermatophyta	شعبة: النباتات الزهرية
Sous Embranchement : Angiospermae	تحت شعبة: مغطات
Classe: Monocotylédoneae	رتبة: القنعبيات
Ordre: Poales	صف: احاديات الفلقة
Famille: Poacea	عائلة: النجيليات
Genre : Triticum	جنس: القمح
Espèce : <i>Triticum durum</i> .	نوع: القمح الصلب

I-3-3- تصنيف الأقمح حسب موسم الزرع

تصنف الأقمح حسب مواسم زراعتها الى ثلاث أصناف

أ. الأقمح الشتوية *Les blés d'hiver*: تتراوح دورة نموها من 9 إلى 11 شهر وتتم زراعتها في

الخريف وتحصد في الربيع والصيف وهي أكثر تحملا للبرد، كما تتعرض هذه الأقمح إلى فترة ارتباج

تحت درجة حرارة منخفضة من 1 إلى 5 م° (الهلال، 2015).

ب. الأقمح الربيعية *Les blés de printemps*: تتراوح دورة نموها من 3 إلى 6 أشهر بحيث لا

تستطيع العيش في درجة حرارة منخفضة، إن قسوة الشتاء في بعض الدول تعوق زراعة الحبوب في

هذا الفصل لذلك يتم زراعة الحبوب مبكرا في الربيع ليتم حصاده في أوائل الخريف (رمضان

وآخرون، 2001).

ج. الأقمح الاختيارية *Les blés alternatives*: هي أقمح وسيطة بين الأقمح الشتوية والربيعية

وتتميز بأنها مقاومة للبرودة (Soltner, 2005).

I-3-4- التصنيف حسب كمية البروتين

يصنف القمح حسب كمية البروتين الى نوعين هما:

أ. قمح صلب: وفيه تزداد كمية البروتين (الفت وآخرون، 2001)، وحسب (محمد وحسان، 1982)

تمتاز بذوره بغناها بمادة الجلوتينين gluten ويستخدم في صناعة العجائن الغذائية.

ب. قمح لين: وتقل فيه نسبة البروتين وترتفع نسبة النشاء، وهو النوع المفضل في صناعة الخبز

(الفت وآخرون، 2001)، (محمد وحسان، 1982).

I-4- دورة حياة نبات القمح

تمر دورة حياة القمح بثلاث أطوار أساسية (الوثيقة 02):

I-4-1- الطور الخضري (الإعاشي)

ويشمل هذا الطور عدة مراحل:

أ. مرحلة الإنبات

تبدأ مرحلة الإنبات بمرور البذور من الحياة البطيئة إلى الحياة النشطة وذلك بتوفر الظروف

الداخلية والخارجية الملائمة (شايب، 2011)، فعند توفر الظروف الداخلية والخارجية عند وضع البذرة

في التربة تمتص الماء فتنتفخ ويتمزق غشاء البذرة في مستوى الجنين وتظهر كتلة بيضاء في منطقة

الكوليوريز وغلاف يحمي الجذير وتخرج إلى أن تصل إلى 5 جذور أولية تكون محاطة بشعيرات

خاصة وفي نفس الفترة تستطيل الريشة (كيال، 1979).

ب. مرحلة بداية الإشطاء

تبدأ مرحلة الإشطاء عند ظهور الورقة الثالثة للنبنة الفتية، وتتكون الساق الرئيسية في قاعدة

الورقة الأولى والفرع الثاني في قاعدة الورقة الثانية وهكذا. ويتوقف عدد الإشطاءات المنتجة بنوعية

الصنف؛ المناخ؛ التغذية المعدنية والمائية للنبات وكذلك كثافة الزرع (Masle, 1981).

ج. مرحلة بداية الصعود

تتميز هذه المرحلة بتشكل الإسطاء وبداية نمو البراعم المتميزة في ابط الورقة الأولى التي تعطي برعم الساق الرئيسية (Soltner, 1990)، تمثل نهاية الاضطواء نهاية المرحلة الخضرية، والتي تشير إلى بداية المرحلة التكاثرية (Gate, 1995).

I-4-2- الطور التكاثري

حسب (Soltner, 1980) فإن هذا الطور يشمل تشكيل ونمو السنبله وقد لاحظ نفس الباحث بأن المادة الجافة المتكونة خلال هذا الطور تتراكم كلية لتكوين المخزون، وقد تبين أن مدة هذه الفترة تتغير في حدود 18 يوم، وينقسم هذا الطور إلى مرحلتين أساسيتين:

أ. مرحلة الصعود والانتفاخ

تتميز هذه المرحلة بتناول السلاميات التي تشكل الساق وأثناء هذه المرحلة تتنافس الأسطاء الصاعدة الحاملة للسنابل مع الأسطاء العشبية من أجل عوامل الوسط. وتؤثر هذه الظاهرة على الأسطاء الفتية وتؤدي إلى توقف نموها (Masle, 1981 ; Abdelmajid, 2013).

تنتهي مرحلة الصعود عندما تأخذ السنبله شكلها النهائي داخل غمد الورقة التوجيهية المنفخة والتي توافق مرحلة الانتفاخ (Bahlouli et al., 2005).

ب. مرحلة الإسبال والإزهار

حسب (Bahlouli, 2005) يتحدد التسنبل بخروج السنبله من غمد الورقة الأخيرة، تزهو السنابل عموما خلال فترة تمتد ما بين 4 إلى 8 أيام بعد مرحلة الاسبال. ويتمثل الأزهار في ظهور أكياس اللقاح من السنبيلات بداية بوسط السنبله ثم يشمل البقية في المرحلة الخضرية يكون عدد السنبيلات ضمن السنبله الواحدة بين 20 و30 سنبيلة.

وأشار (Abbassenne., 1989) إلى أن درجات الحرارة المنخفضة خلال مرحلة الإنبال تسبب في خفض خصوبة السنابل.

I-4-3- طور النضج وتكوين الحبة

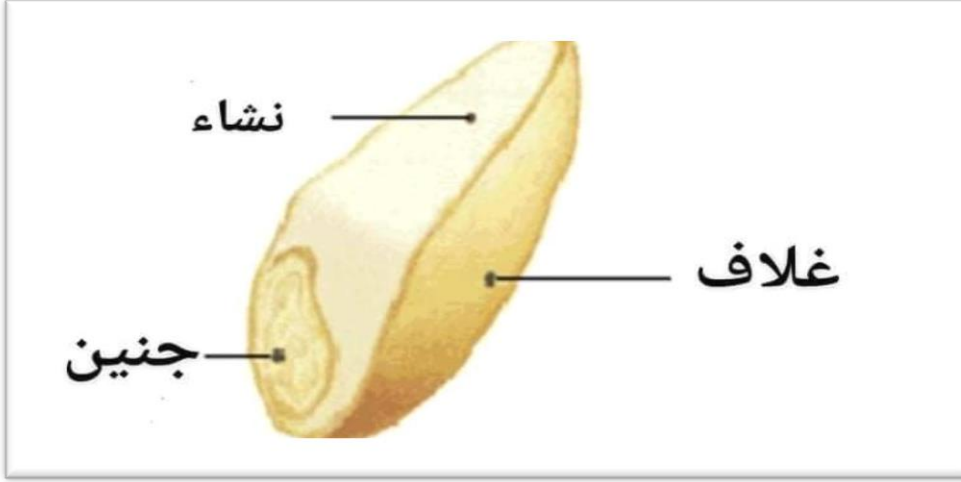
حسب (Gate, 1995 ; Barbottin et al., 2005) تتراكم مواد التخزين (النشاء والبروتين) الناتجة عن عملية التركيب الضوئي وانتقالها إلى سويداء الحبة والجنين ويتم تكوين الحبة على 3 مراحل وهي:

أ. **مرحلة الحبة الحليبية:** تتميز بزيادة الوزن الجاف للحبة كذلك زيادة نسبة الماء، وتكون النورة في هذه المرحلة خضراء وفي شكلها النهائي أما السويداء فتكون حليبية.

ب. **مرحلة الحبة العجينية:** يكتمل خلالها اصفرار النبات، أما الأوراق في السنابل والحبوب فتكون ممثلة بمادة عجينية غير متصلبة.

ج. **مرحلة الحبة الناضجة:** وفيها تأخذ الحبوب اللون الأصفر الذهبي ويجف النبات وتصبح القنابح والعصيفات هشة والحبوب صلبة.

ج.السويداء (L'albumen): وهو النسيج الأكثر وفرة في الحبة يتكون من الالبومين (Albumen) والاميلاز (amylacé) وخلايا طبقة الالورون (Aleurone).



الوثيقة 03: التكوين النسيجي لحبة القمح (Soltner, 1998)

I-5-2- التركيب الكيميائي لحبة القمح

يعتبر القمح مصدرا هاما للكربوهدرات، النشاء، الدهون والفيتامينات خصوصا فيتامين (B2, B1) وبعض الأملاح المعدنية والجلوتينين و Gluteinin والجلادين Gliding حيث بينت عشاتن (1985) أن تركيب حبة القمح مقدر على أساس 1% من المادة الجافة كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول 02: المحتوى الكيميائي لحبة القمح(عشاتن، 1985)

النسبة المئوية (%) من المادة الجافة	المادة التي تحتويها حبة القمح
14.3	مواد آزوتية (غلوتين)
1.9	مواد دهنية
2	مواد معدنية
2.9	سيليلوز
3.2	سكر
7.4	بنتوزوات
63.8	ماء

حيث أشارت (Feillet, 2000) أن هذه المركبات تتوزع بطريقة غير متساوية داخل مختلف

الأجزاء النسيجية للحبة كما يلي:

- السويداء L'albumen: تحتوي على النشاء.

- طبقة الألورون: غنية بالبروتينات والمواد المعدنية والبنزوات هي المركبات السائدة في الجدار

الخلوي.

- غلاف الحبة: يحتوي خصوصا على البنزوات والسيليلوز.

- الجنين البذرة: غني بالبروتينات والليبيدات والسكريات الذائبة.

الفصل الثاني:

إجهاد كلوريد الألمنيوم

II-1- نبذة عن المعادن الثقيلة

خلال العقود الماضية أدت الأنشطة البشرية والتصنيع السريع والزراعية الحديثة إلى زيادة التلوث بالمعادن الثقيلة في البيئة (Eapen et D'souza, 2005)، حيث أصبحت تشكل خطر عالمي بسبب لآثارها الضارة على الإنسان والحيوان والنبات، وعلى الرغم من وجود المعادن الثقيلة في قشرة الأرض على مستويات مختلفة، إلا أن المشكلة تنشأ عندما يتم إطلاقها بشكل زائد في التربة بسبب الأنشطة الطبيعية و/ أو الأنشطة البشرية. حيث تصنف العناصر الـ 53 التي تنتمي إلى كتلة d على

أنها معادن ثقيلة بناء على كثافتها ($5 < \text{g/cm}^3$) (Jarup, 2003).

بعض العناصر مثل Al, Hg, Cd, Cr وغيرها كونها غير ضرورية وبدون وظيفة فيسيولوجية، إلا أنها شديدة السمية حتى عند التراكيز المنخفضة جدا (Marschner, 1995 ; Briat et al., 2007 ; Barker et Pilbeam, 2007).

تنتج المعادن الثقيلة الأساسية وغير الأساسية عموما تأثيرات سامة شائعة على النباتات، مثل انخفاض الكتلة الحيوية وتثبيط النمو، وتغيير توازن الماء واستيعاب المغذيات، والشيخوخة، والتي تسبب في النهاية موت النبات. وهذا لا يخلق فقط مشاكل في النبات، لكن تدخل في السلسلة الغذائية أيضا (Mclaughlin et al., 1999).

II-2- عنصر الألمنيوم

II-2-1- أصل وتاريخ الألمنيوم

الألمنيوم مستخلص خام البوكسين، اكتشف عام 1808م وسماه العالم البريطاني Humphry Davy بالألمنيوم، عزل بصورة غير نقية (بودرة) في عام 1825م، بواسطة الدنماركي Oersted لكنه لم يعزل بصيفته المعدنية الخالصة إلا في عام 1827 م بواسطة العالم الألماني فريدريك وهلر (قاسم، 2009).

II-2-2- تعريف الألمنيوم

عنصر في الجدول الدوري له الرمز Al والعدد الذري 13، فلز ذو لون أبيض فضي من العناصر الكيميائية، وهو معدن يمكن تشكيله إلى أشكال مختلفة اي قابل للسحب، عنصر غير ذائبة في الماء في الشروط العادية. وهو أكثر المعادن وفرة في القشرة الأرضية إذ يؤلف 8.13% منها، الأكسجين 46.6% والسيليكون 27.7% (Guy, 1993). يحمل الاسم Aluminum المشتق من الكلمة اليونانية Alumen التي تطلق كيميائيا على مادة الشب Alum (قاسم، 2009).

الألمنيوم (Al) هو المعدن الأكثر إنتشارًا في البيئة، الذي يحدث بشكل طبيعي في الحالة ثلاثية التكافؤ (Al^{3+}) مثل السيليكات والأكاسيد والهيدروكسيدات، ولكن يمكن أن تتحد مع عناصر أخرى مثل الكلور، الكبريت، والفلور (Exley et House, 2013 ; Ranj bar et al., 2008).

II-2-3- كلوريد الألمنيوم

كلوريد الألمنيوم هو مادة تدخل في تفاعل مباشر بين عناصر الألمنيوم والكلور أو حمض كلوروهيدريك، ويتواجد على شكلين (Dorey, 2008 ; Bounais, 1999):

- إما خالي من الماء (الشكل اللامائي ل $AlCl_3$).
- الشكل hexahydrate $-AlCl_3$ هو أقل إذابة في وسط مائي، هذا المركب يتأين ويعطي $Al (H_2O)$ وثلاث أيونات للكلوريد (الوثيقة 04).



الوثيقة 04: كلوريد الألمنيوم المائي hexahydrate (قاسم، 2009)

II-2-4- الخصائص الفيزيائية والكيميائية لكلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$)

تبقى خصائص الألمنيوم صعبة للغاية ولا يزال هناك القليل من العمل في هذا المجال (Gourier et al., 2004) وأهم خصائص المميّزة لكلوريد الألمنيوم موضحة في الجدول التالي:

الجدول 03: بعض الخصائص لكلوريد الألمنيوم (Group Tessenderlo , 2000)

الخصائص	كلوريد الألمنيوم (AlCl ₃)
الحالة الفيزيائية والمظهر	صلب، مبلور أشهب إلى الأصفر
الصيغة الكيميائية	AlCl ₃
الكتلة الجزيئية	133.4
الرائحة	قوية
الكثافة (g/ml)	2.48
نقطة الانصهار (C°)	182.7
الذوبانية في الماء	في الماء 25م° 31.1%
PH	/
الكتلة الحجمية	800 غ/سم ³

II-3- تأثير إجهاد عنصر الألمنيوم على النبات

الإجهادات اللاحيوية هي مجموعة الظروف البيئية منفردة أو مشتركة والتي لها تأثير سلبي النمو التطور والتكاثر (Qualset et Jones, 1984)، ومن الصعب تحديد معنى الإجهاد في البيولوجيا (Bidinger, 2002; Adjab et al., 1987). فالإجهاد من وجهة نظر العلماء هو مجموعة من الظروف التي تسبب في إحداث تغيرات ملموسة في العمليات الفسيولوجية والتي تؤدي تدريجياً إلى إحداث الضرر وتغيرات مورفولوجية، ومن وجهة نظر علماء الفسيولوجي فإن الإجهاد (Stess) هو إنعكاس لمجموعة من الضغوط البيئية لإحداث تغيرات في فسيولوجيا النبات (الصعيدي، 2005).

III-3-1- تأثير سمية الألمنيوم على مورفولوجيا النبات

إن أول تأثير للألمنيوم في النبات هو الحد من نمو الجذور، وكذلك يؤدي إلى تثخن نهايات الجذور والجذور الرئيسية ويتغير لونها إلى البني، الحد من نمو الجذور يكون مرتبطاً بتكون الكالوس (Callose) حيث يعتبر مؤشر حساس لإصابة (Al) في الجذر. وكون الألمنيوم سمي يسبب في فقدان سيطرة قمة الجذور (apical dominance)، ولذا فإن نمو الجذر الرئيسي يتوقف كلياً وأن نمو الجذور الجانبية يتحفز، كما أن تركيب النواة والنوية تتأثر بالسمية وكذلك تركيب أجهزة Golgi. سمية

الألمنيوم لا تنشأ من تأثير AI في DAN بل سببها يعود إلى تأثير الألمنيوم في آليات التنظيم في نهايات الجذور (مظفر وآخرون، 2019).

وحسب Wang وآخرون (2006)، فالأعراض العامة لسمية الألمنيوم تتمثل في (التقرم العام، الأوراق الخضراء الداكنة الصغيرة والنضج المتأخر، إصفرار وموت أطراف الأوراق). في حالات أخرى، تظهر سمية AI على أنها عوز مستحث بالكالسيوم أو مشكلة نقل منخفضة للكالسيوم (تجعيد أو لف الأوراق الصغيرة وإنهيار نقاط النمو أو الأعناق). الجذور المصابة بالألمنيوم هي غليظة وهشة، كما تصبح أطراف الجذر والجذور الجانبية أكثر سمكاً وتصبح بنية اللون، مع العديد من الجذور الجانبية الضيقة ولكن تفتقر إلى التفرع الدقيق. هذه الجذور غير فعالة في امتصاص العناصر الغذائية والمياه.

III-3-2- تأثير سمية الألمنيوم على فيسيولوجيا النبات

يمارس الألمنيوم كأبي عنصر من المعادن الثقيلة تأثيرات سمية على النبات من خلال أربع آليات مقترحة وتشمل، أوجه التشابه مع الكاتيونات المغذية والتي تؤدي إلى المنافسة على الامتصاص عند سطح الجذر؛ التفاعل المباشر للمعادن الثقيلة مع البروتينات الوظيفية (SH) مجموعة السيلفيهدريل مما يعطل بنيتها ووظيفتها وبالتالي يجعلها غير نشطة؛ إزاحة الكاتيونات من مواقع الربط التي تؤدي إلى انهيار الوظيفة؛ توليد أنواع الاكسجين التفاعلية (ROS) والتي تؤدي بالتالي إلى اتلاف الجزيئات الكبيرة (Sharma et Dietz, 2009 ; Dalcorso et al., 2013).

كما اشارت Epstein (1969) إلى أن الألمنيوم الزائد يمكن أن يتداخل مع عملية التمثيل الغذائي من خلال التنافس على الامتصاص، أو تعطيل الإنزيمات، أو إزاحة العناصر الأساسية من المواقع

الوظيفية، أو تغيير بنية الماء. من المحتمل أن تنطوي العديد من هذه التأثيرات على تعديل بنية الغشاء ووظيفته.

وحسب اقتراحات (Kochian, 1995) و (Ryan et Delhaize, 1995)، فإن الألمنيوم قد يتفاعل مع جدار الخلية الجذرية، ويعطل غشاء البلازما ويمنع عمليات النقل على غشاء البلازما (الوثيقة 05)؛ قد يثبط نشاط الإنزيم وتكرار الحمض النووي، ويعطل مسارات نقل الإشارة ويمنع تكوين الأنابيب الدقيقة؛ قد يتفاعل Al أيضاً مع توازن Ca داخل الخلية الجذرية والمكونات الأخرى، وبالتالي يبدو أن Al يمنع استطالة الجذر من خلال استهداف مواقع متعددة من الخلايا الجذرية في وقت واحد، وليس من خلال استهداف موقع واحد فقط.

من المعروف أن أيونات المعادن مثل Al^{3+} تشكل مجمعات قوية وترسب الأحماض النووية، كما يؤدي تراكم Al^{3+} إلى زيادة الحزون المزدوج للحمض النووي، ويقلل من انقسام الخلايا في النسيج الإنشائي (Meriga et al., 2010).

بشكل عام، ثبت أن Al يتداخل مع انقسام الخلايا في جذور النباتات، يقلل من تنفس الجذور، يتداخل مع بعض الإنزيمات التي تحكم ترسب السكريات في جدران الخلايا، زيادة صلابة جدار الخلية (عن طريق ربط البكتين المتداخل)، وتتداخل مع امتصاص ونقل واستخدام العديد من العناصر (Ca، Mg، P، K) والمياه بواسطة النباتات (Foy, 1974 ; Ririson, 1975).

III-3-3- آليات مقاومة عنصر الألمنيوم لدى النباتات

تتباين استجابة الآلية النباتية المختلفة للإجهادات اللاحيوية حسب مرحلة نمو المحصول، وطول فترة التعرض للإجهاد، ويختلف هذا التأثير باختلاف النوع (عالمي، 2015)، حيث طورت النباتات استراتيجيتين رئيسيتين للمقاومة، وهما التجنب والتحمل، كما تشير الدراسات الفسيولوجية

المكثفة إلى أن للنباتات استراتيجيتان رئيسيتان داخلية وخارجية لإزالة سموم الألومنيوم وتحمله (Gupta, et al., 2014).

III-3-3-1- مقاومة عنصر الألمنيوم بالتجنب

لا يستطيع النبات تغيير الظروف البيئية التي يعيش فيها، ولكن بعض النباتات قادرة على مقاومة نوع معين من الإجهاد، تستطيع ان تمنع نوع أو تقلل من دخول الاجهاد اليها. والنباتات التي تقاوم الإجهاد بهذه الطريقة إما أن تستخدم طرق فيزيائية (طبيعية) تعزل بها أنسجتها عن الإجهاد، أو تستخدم طرقاً كيميائية أو اىضية لاستبعاد الاجهاد (Levitt, 1980).

النباتات ذات آليات التجنب تمنع امتصاص الألمنيوم بالطرق الفيزيائية أو الكيميائية الحيوية؛ على سبيل المثال، تستخدم الجذور عدة آليات مثل تحليل الكالوز؛ يتكاثف جدار الخلية عبر تعديلات عديد السكاريد؛ إفراز بعض الأحماض العضوية بقدرة التمثيل المحددة فقط في قمة الجذور كحمض المالك وحمض الستريك إستجابة ل AI مما يمكن أن يمنع بشكل فعال تناول الألمنيوم (Gupta, et al., 2014 ; Schmohl et al., 2000).

III-3-3-2- مقاومة عنصر الألمنيوم بالتحمل

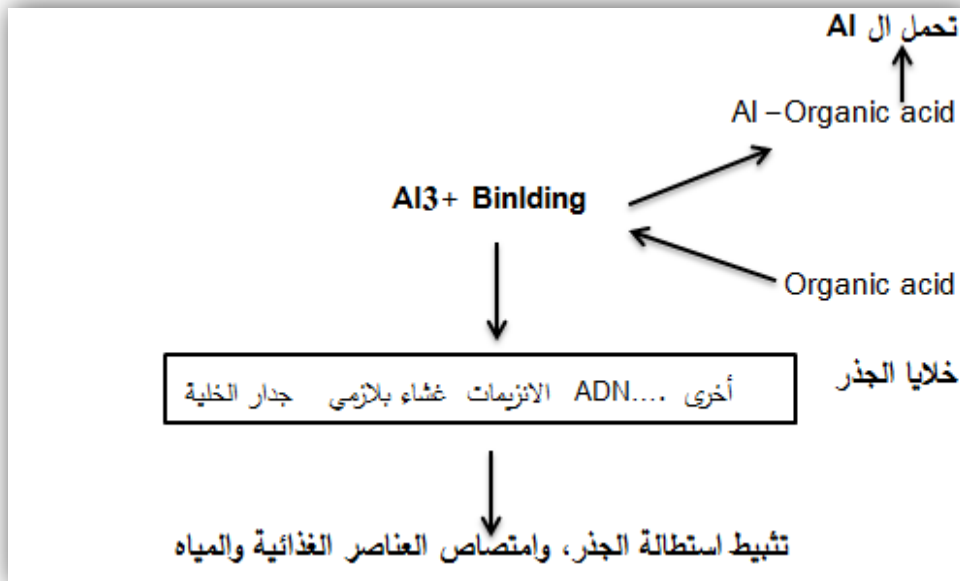
لا تستطيع بعض النباتات أن تمنع دخول الإجهاد إلى أنسجتها، ولكنها مع ذلك تقاوم الإجهاد، مع أن خلاياها تحتوي على الإجهاد وبالتالي فإن أنسجتها معرضة للشد، الذي من الممكن أن يسببها لإجهاد. وهي إما أن تمنع حدوث الشد أو تقلل من حدوثه (الصعيدي، 2005).

بغض النظر عن حظر دخول المعادن الثقيلة، تسمح الجذور أيضا بنقلها إلى أجزاء النبات الموجود فوق الارض (في حالة النباتات المعدنية أو النباتات شديدة التراكم أي النباتات التي يمكن أن تنمو في التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة)، ليتم تخليها بواسطة مركبات ذات وزن جزيئي منخفض ويتم

عزلها في فجوات تجعلها غير نشطة، أو استبعادها من مساحات خارج الخلية بواسطة ناقلات موجودة في غشاء البلازما (Fahr et al., 2013).

أن النباتات قادرة على إزالة السموم من الألمنيوم الخلوي في العصارة الخلوية عن طريق العديد من المركبات من بينها الأحماض الآمنية ومشتقاتها التي تخلق أيونات المعادن مثل: البرولين والهيسثيدين (Sharma et Dietz, 2013 ; Rai, 2002)؛ وكذا الأحماض العضوية حيث تشكل بعض الأحماض العضوية مثل حمض الستريك، حمض الأكساليك، وحمض الطرطريك مركباً ثابتاً مع Al^{3+} فيتم يثبت أيون Al^{3+} وبالتالي تثبيته وإزالة سميته (الوثيقة 05)، بالتالي إزالة سموم الألمنيوم؛ تكوين مجمعات غير ضارة باستخدام الروابط العضوية مثل الأحماض العضوية وغيرها. بعد ذلك تفرزها النباتات إلى عضيات خاصة مثل الفجوات (Kochian, 1995 ; Hue et al., 1986).

كما تتفاوت أنواع النباتات في تحملها لـ Al^{3+} الزائد في وسط النمو، في العديد من الأنواع حيث يتم التحكم في هذه الاختلافات وراثياً، الآليات الفسيولوجية الدقيقة للسمية أو التحمل لا تزال موضع جدل.



الوثيقة 05: تمثيل تخطيطي لسمية Al ودور مادة Al-chelating مثل بعض الأحماض العضوية في إزالة سموم Al (Delhaize et Ryan, 1995 ; Kochian, 1995).

الدراسة التطبيقية

الفصل الثالث:

مواد وطرق الدراسة

I-1- المادة النباتية

أستعمل في هذه الدراسة صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): CIRTA، ذو

الخصائص التقنية الموضحة في الجدول التالي:

الجدول 04: الخصائص التقنية لصنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): CIRTA

المنطقة الملائمة	الإنتاجية	خصائص مرفولوجية	أصل الصنف	الصنف	مصدر البذور
السهول الداخلية والمرتفعات	متوسط	لحبة صفراء شاحبة، صغيرة منبسطة	ملحي (قسنطينية)	CIRTA	مصالح تعاونية الحبوب والبقول الجافة لولاية (CCLS الوادي)

II-2- المحاليل والأدوات والأجهزة المستعملة

تم في هذه التجربة استعمال المحاليل والأدوات والأجهزة المشار إليها في الجدول التالي:

الجدول 05: الأدوات والأجهزة والمحاليل المستعملة

المواد والمحاليل	الأدوات	الأجهزة
- ماء مقطر - الأسيتون - محلول ماء الجافيل - كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3 \cdot 6H_2O$)	- أطباق بتري - الورق الصحي - سحاحة - ورق الألمنيوم - سحاحة - مقص	- ميزان حساس - حاضنة حرارية Etuve

III-3- طرق الدراسة

III-3-1- موقع التجربة

أجريت التجربة في قاعة مكيفة بكلية علوم الطبيعية والحياة بجامعة الشهيد حمه لخضر للموسم 2020/2019 في ظروف الظلام في درجة حرارة 25 ± 1 م°.

III-3-2- تحضير بذور القمح

تم انتقاء بذور سليمة ومتجانسة في اللون والحجم والشكل للصنف القمح الصلب CIRTA، وتم تعقيمها بنقعها في محلول ماء الجافيل (12°) بتركيز % 10 لمدة 10 دقائق، ثم غسلها جيدا ثلاث مرات بالماء المقطر.

III-3-3- تحضير المحاليل المعدنية

استعمل الماء المقطر وكلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) لتحضير المحاليل المعدنية التالية :

- التركيز الشاهد C0 (0 mg/l من $AlCl_3$).
- التركيز الأول C1 (75 mg/l من $AlCl_3$).
- التركيز الثاني C2 (150 mg/l من $AlCl_3$).
- التركيز الثالث C3 (300 mg/l من $AlCl_3$).
- التركيز الرابع C4 (600 mg/l من $AlCl_3$).

III-3-4- تصميم التجربة

أجري اختبار الإنبات في أطباق بتري بأبعاد 9 سم تحتوي على طبقتين من الورق الصحي، تم وضع 20 بذرة لكل طبق بتري، تم اعتماد أربع معاملات (التركيز المعدنية) لكل معاملة خمس تكرارات، وتم السقي بمعدل 5 و 7 ملل بالتناوب اليومي مع استبدال الورق الصحي لكل 48 ساعة، وذلك لتفادي تراكم أملاح كلوريد الالمنيوم. أجريت التجربة في ظروف الظلام ودرجة حرارة 25 ± 1

م°، تم حساب عدد البذور النابتة يوميا طيلة ايام التجربة، وبعد 7 أيام من التجربة قمنا بمختلف القياسات للمعايير المراد دراستها لمختلف المعاملات.

III-3-5- المعايير المدروسة:

بعد 7 أيام من الزرع قمنا بدراسة مختلف المعايير، بحيث تم اخذ القياسات للعينات (10 عينات / تكرار / معاملة) وهي طازجة، ومن أجل تقدير المادة الجافة تم تجفيف العينات عند C° 80 لمدة 48 ساعة.

III-3-5-1- معايير الإنبات

III-3-5-1-1- النسبة المئوية للإنبات (GP%)

تم اعتماد اليوم السابع من التجربة لتحديد نسبة الإنبات النهائية، وحسب (Tanveer et al., 2010) تم حسابها كما هو موضح في المعادلة التالية:

$$GP\% = (\text{Germinated seeds} / \text{Total seed}) \times 100$$

III-3-5-1-2- مؤشر الإنبات (GI)

تم تقدير مؤشر الانبات GI لتقييم أداء الإنبات تحت المعاملات المطبقة حسب Abdul-Baki et Anderson (1973) وفق المعادلة التالية :

$$GI = (7 * n1) + (6 * n2) + (5 * n3) + (4 * n4) + (3 * n5) + (2 * n6) + (1 * n7)$$

حيث: n1, n2, ..., n7 عدد البذور النابتة في اليوم الأول والثاني ... حتى اليوم السابع.

III-3-5-1-3- مؤشر قوة البذور SVI

ويعتمد في هذا المعيار اليوم السابع من التجربة وحسب Abdul- Baki et Anderson (1973) تحسب بإجراء جداء بين الطول الكلي للبادرة (LP) والنسبة المئوية للإنبات (GP%) وفق المعادلة التالية:

$$SVI = (LP) \times GP\%$$

تم قياس الطول الكلي للبادرة (LP) بقياس أطوال كل من السويقة والجذير باستخدام ورقة مليمتريه وذلك بأخذ 10 عينات طرية لكل تكرار / معاملة.

III-3-5-1-4- نسبة التثبيط

تم التعبير عن نسبة تثبيط كل من النسبة المئوية للإنبات $PI(GP\%)$ ، مؤشر الانبات $PI(GI)$ ومؤشر قوة البذور $PI(SVI)$ حسب **Benech Arnold et al (1991)** وفق المعادلات التالية:

$$PI(GP\%)=100 - (GP\%_{\text{treatment}} / GP\%_{\text{control}}) \times 100$$

$$PI(GI)=100 - (GI_{\text{treatment}} / GI_{\text{control}}) \times 100$$

$$PI(SVI)=100 - (SVI_{\text{treatment}} / SVI_{\text{control}}) \times 100$$

III-3-5-2- معايير نمو بادرة القمح

• تم تقدير الأوزان الجافة لكل من الجذير RTW والسويقة SHW باستخدام ميزان حساس وذلك بتجفيف العينات والتي قيست أطوالها مسبقا لكل معاملة لدى صنف القمح المدروس كما تم إحتساب الوزن الجاف الكلي للبادرة TSDW، أيضا النسبة RTW/SHW

• نسبة السمية

تم تقدير نسبة السمية لأوزان كل من السويقة $SHWP(\%)$ ، الجذير $RTWP(\%)$ والوزن الكلي

للبادرة $TSWP(\%)$ من قبل **Abdul-Baki and Anderson (1973)** باستخدام الصيغ التالية:

$$RTWP(\%) = (RTW_{\text{control}} - RTW_{\text{treatment}}) / RTW_{\text{control}} \times 100$$

$$SHWP(\%) = (SHW_{\text{control}} - SHW_{\text{treatment}}) / SHW_{\text{control}} \times 100$$

$$TSWP(\%) = (TSDW_{\text{control}} - TSDW_{\text{treatment}}) / TSDW_{\text{control}} \times 100$$

III-3-5-3- حركية المدخرات في البذور

III-3-5-3-1- وزن المدخرات المستعملة (WMR)

تم وزن 10 بذور جافة قبل الإنبات لصنف القمح المدروس وأخذ متوسط هذه الأوزان كوزن

أولي (SDW_i)؛ حيث WMR يحسب بالعلاقة التالية (Soltani et al., 2006):

$$WMR \text{ (mg seed)} = SDW_i - SDW_r / N^{\circ}S$$

حيث أن : SDWI الوزن الجاف الأولي للبذور؛ SDW_r الوزن الجاف لبقايا البذور؛ $N^{\circ}S$ عدد

البذور .

III-3-5-3-2- الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات (RME)

حسب (Soltani et al., 2006) قدرت الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات (RME) عن طريق

قسمة الوزن الجاف للبادرة SLDW على وزن المدخرات المستعمل WMR وفق المعادلة التالية:

$$RME \text{ (mg mg}^{-1}\text{)} = SLDW / WMR$$

III-3-5-3-3- نسبة معدل استنفاذ المدخرات (SRDP)

تم التعبير عن نسبة معدل استنفاذ المدخرات حسب (Soltani et al., 2006) وفق العلاقة

$$\text{التالية: } SRDP \% = (WMR / SDW_i) \times 100$$

III-3-5-3-4- الكفاءة الأيضية للبذور

حسب (Rao et Sinha 1993) تم تعريف الكفاءة الأيضية للبذور على أنها قيمة الوزن الجافة

للسويقة والجذر (g) المنتجة من 1 وحدة (g) من وزن البذور الجافة التي تم استنفاذها، وبالتالي يمكن

القول على أنه كلما ارتفعت قيمة كفاءة الأيض للبذور (SME) ارتفعت معه كفاءة إنبات البذور، حيث

سيتم استعمال المزيد من المدخرات لنمو الجذور والسويقات.

III-3-5-4-1- كمية مواد التنفس

تم حساب كمية مواد التنفس (SMR) حسب (Rao et Sinha.,1993) كالتالي:

$$SMR = SDW_I - (SHW + RTW + RSW)$$

حيث ان: SDW_I الوزن الاولي للبذور؛ SHW الوزن الجاف للسويقة؛ RTW الوزن الجاف

للجذور؛ SDW_r الوزن الجاف لبقايا البذور

III-3-5-4-2- كفاءة الأيض للبذور (SME)

حسب (Rao et Sinha.,1993) تم حساب كفاءة الأيض للبذور (SME) باستخدام الصيغة

$$SME = SHW + RTW / SMR \quad \text{التالية :}$$

الفصل الرابع:

النتائج والمناقشة

IV- النتائج

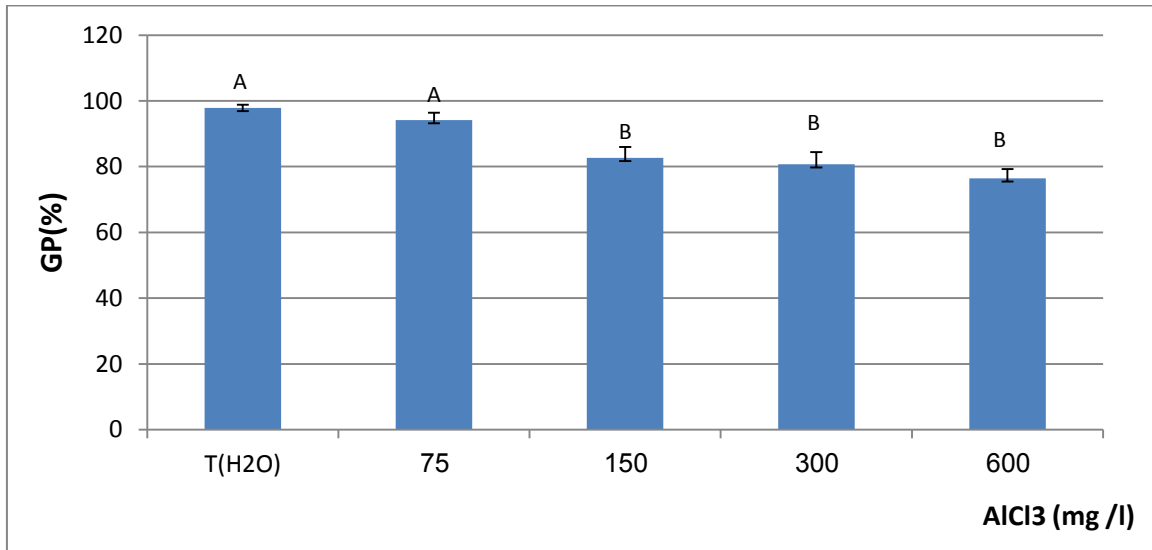
IV-1- تأثير الألمنيوم على مواصفات الإنبات

IV-1-1- النسبة المئوية للإنبات (GP%)

نلاحظ من خلال الشكل (01) أن متوسط نسبة الإنبات لبذور صنف القمح CIRTA تتناقص كلما زاد تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم في الوسط حيث سجلت أقل نسبة إنبات عند التركيز (600gm/l) بقيمة 76% مقارنة بالشاهد 97%.

حسب نتائج تحليل ANOVA نجد أن التباين في تأثير عامل الإجهاد على بذور الصنف

CIRTA كان جد عالي المعنوية (الملحق 01: الجدول 01).



الشكل (01): نسبة الإنبات (GP%) لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم (AlCl₃) في الوسط.

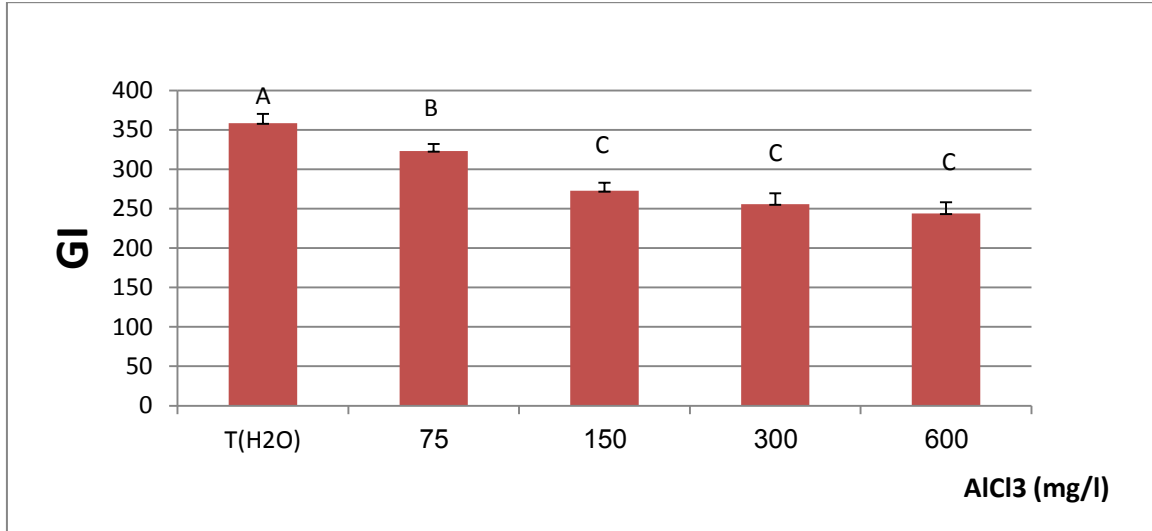
IV-1-2- مؤشر الإنبات (GI)

يتبين من الشكل (02) أن مؤشر إنبات GI بذور صنف القمح CIRTA ينخفض بزيادة تركيز

أملاح كلوريد الألمنيوم AlCl₃ في الوسط. من خلال نتائج تحليل التباين ANOVA نجد أن التباين في

تأثير عامل الإجهاد على مؤشر انبات بذور القمح صنف CIRTA كان جد عالي المعنوية ($P < 0.001$) (الملحق 1: الجدول 2).

كما نشير إلى وجود علاقة ارتباط إيجابية قوية بين مؤشر الإنبات ونسبة الإنبات حيث قدرت ب $r=0.990$ (الملحق 06: الجدول 01).



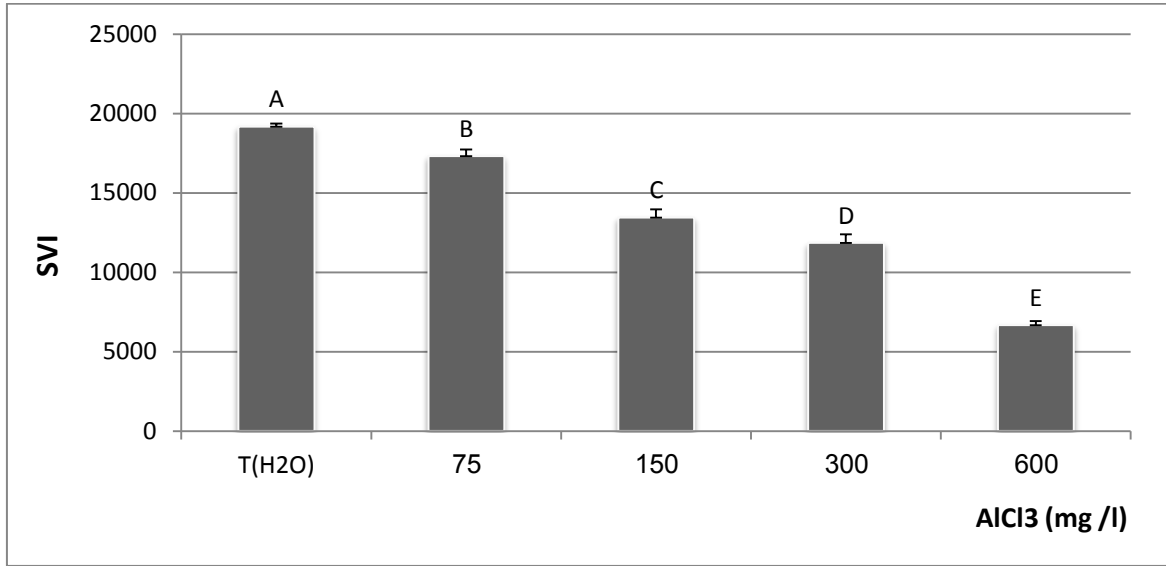
الشكل (02) : مؤشر الانبات لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

IV-1-3- مؤشر قوة البذور (SVI)

من خلال الشكل (03) نلاحظ أن مؤشر قوة البذور عند صنف القمح المدروس تتناقص تدريجياً كلما زاد تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم $AlCl_3$ في الوسط مقارنة بالشاهد.

حسب نتائج تحليل ANOVA نجد أن الاختلاف في تأثير عامل الإجهاد $AlCl_3$ على مؤشر قوة بذور القمح كان جد عالي المعنوية (الملحق 1 : الجدول 3).

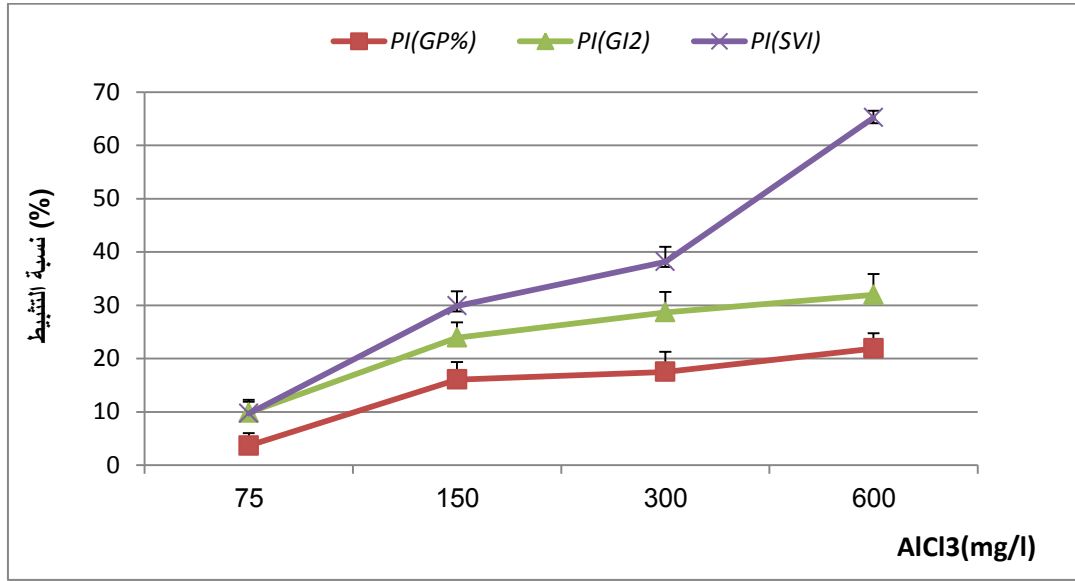
كما توجد علاقة ارتباط إيجابية قوية بين مؤشر قوة البذور ونسبة الانبات ومؤشر الإنبات حيث قدرت على التوالي $r=0.959$ ، $r=0.934$ (الملحق 06: الجدول 01).



الشكل (03): مؤشر قوة البذور (SVI) لدى القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم (AlCl₃) في الوسط.

IV-1-4- نسب التثبيط: لنسبة الانبات (PI(GP%))، مؤشر الانبات (PI(GI)) ومؤشر قوة البذور (PI(SVI))

نلاحظ من خلال الشكل (04) ان نسب التثبيط تتزايد كلما زاد تركيز أملاح AlCl₃ في الوسط، وذلك لكل معايير مواصفات الإنبات المدروسة. من خلال نتائج تحليل التباين ANOVA نلاحظ أن كل الفروقات لتأثير عامل الإجهاد بخصوص نسب تثبيط كل من GP ، GI و SVI كانت عالية المعنوية ($P \leq 0.001$) (الملحق 01: الجدول 4، 5، و6).



الشكل (04): نسب التثبيط: لكل من نسبة الإنبات PI(GP%) ; مؤشر الإنبات PI(GI) ومؤشر قوة البذور PI(SVI) لدى القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم (AlCl₃) في الوسط.

IV-2- تأثير الألمنيوم على نمو البادرة

IV-2-1- وزن السويقة SHW، وزن الجذير RTW والنسبة جذير/ سويقة (RTW/SHW)،

أيضا الوزن الكلي الجاف للبادرة (TSW)

يتبين بشكل عام من خلال الجدول (06) انخفاض في متوسط وزن السويقة والجذير، أيضا الوزن الكلي لبادرات صنف القمح الصلب CIRTA تزامنا مع ارتفاع تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم في الوسط، كما تم تسجيل اضطراب في النسبة RTW/SHW تحت تأثير تركيز أملاح AlCl₃ مقارنة بالعينات الشاهد.

بالنسبة لنتائج تحليل ANOVA سجلنا فروقات جد عالية المعنوية بالنسبة لمختلف معايير النمو

المدرسة (الملحق 02 : الجدول 01، 02 و 3).

ونشير الى وجود علاقة ارتباط إيجابية قوية بين مؤشر قوة البذور SVI ووزن الجذير وكذا وزن

السويقة حيث قدرت ب $r = 0.988$ ، $r = 0.898$ (الملحق 06: الجدول 01).

الجدول 06: وزن السويقة SHW، وزن الجذير RTW، النسبة جذير/سويقة (RTW/SHW)، أيضا الوزن الكلي للبادرة (TSW) لدى صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم (AlCl₃) في الوسط.

TSW (mg)	RTW/SHW (mg)	RTW (mg)	SHW (mg)	AlCl ₃ (mg/l)	القمح الصلب (<i>T durum</i>)
18,206 ± 0,398	0.8826 ± 0.0386	8.262 ± 0.190	9.944 ± 0.334	T(H ₂ O)	
16.820 ± 0.350	0.7960 ± 0.0333	7.328 ± 0.257	9.492 ± 0.238	75	
15.720 ± 0,366	0.8105 ± 0.0490	6.748 ± 0.233	9.034 ± 0.312	150	صنف CIRTA
12,914 ± 0.471	1.0998 ± 0.0951	6.162 ± 0.234	6.752 ± 0.389	300	
11.064 ± 0,357	0.7126 ± 0.0468	4.358 ± 0.191	6.706 ± 0.275	600	

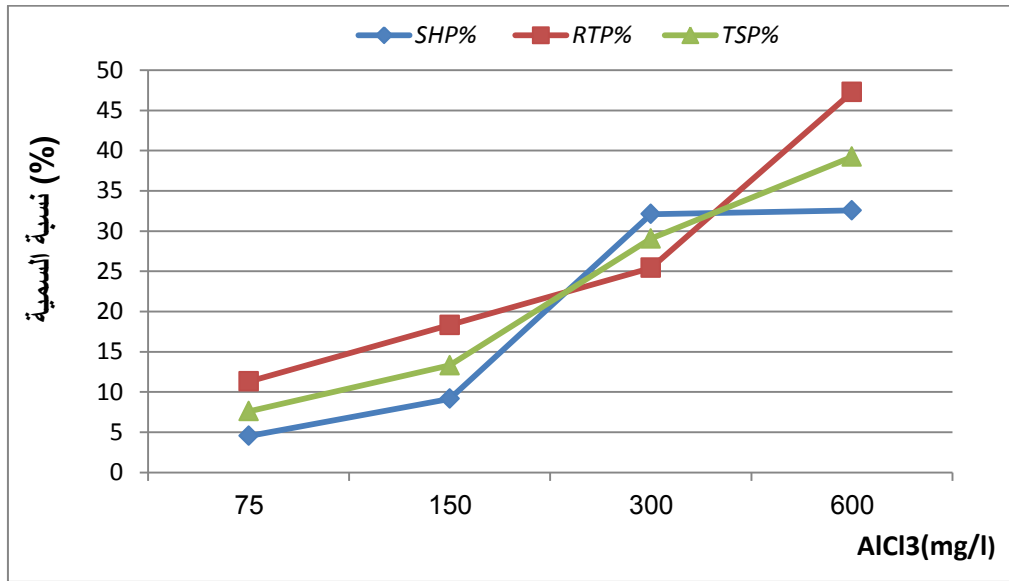
القيم المعطاة: المتوسط ± الانحراف المعياري حيث (n =20)

IV-2-2- نسبة السمية: وزن السويقة %SHP، وزن الجذير %RTP ووزن البادرة %TSP

يتضح من خلال الشكل (05) أن نسبة السمية لكل من وزن السويقة والجذير والوزن الكلي للبادرة عند صنف القمح CIRTA تتزايد بارتفاع تركيز أملاح AlCl₃ في الوسط، خاصة نسبة السمية لوزن الجذر %RTP حيث قدرت ب 47.25% تحت تأثير التركيز الاعلى (600gm/l).

وحسب نتائج تحليل التباين ANOVA فإن اختلاف تأثير تركيز كلوريد الالمنيوم AlCl₃ على نسب السمية لأوزان كل من الجذير، السويقة والبادرة كان جد عالي المعنوية (الملحق 02: الجدول 04، 05 و 06).

ونشير إلى وجود علاقة ارتباط سلبية قوية بين مؤشر قوة البذور SVI ونسب السمية لوزن الجذير وكذا وزن السويقة حيث قدرت ب $r = -0,898$ ، $r = -0,988$ (الملحق 06: الجدول 01).



الشكل (05): نسبة السمية لكل من وزن السويقة %SHP، وزن الجذر %RTP و الوزن الكلي للبادرة %TSP لصنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) المدروس بدلالة مستويات معدن كلوريد الألمنيوم (AlCl₃) في الوسط.

IV-3- تأثير الألمنيوم على حركية المدخرات في البذور

IV-3-1- وزن المدخرات المستعمل (WMR)

نرى من خلال الشكل (06) تراجع في متوسط وزن المدخرات المستعمل WMR لدى بذور صنف القمح الصلب CIRTA كلما زاد تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم في الوسط، خاصة تحت تأثير التراكيز (600mg/l) ، (300mg/l) ، (150mg/l) ، وكانت أقل قيمة (22,33 mg seed) عند التركيز (600mg/l) ، مقارنة بالعينات الشاهد التي سجلت أكبر قيمة (33,210 mg seed).

من خلال نتائج تحليل التباين ANOVA نجد أن هناك فروقات جد عالية المعنوية لتأثير عامل

الإجهاد على وزن المدخرات المستعمل (الملحق 03: الجدول 01).

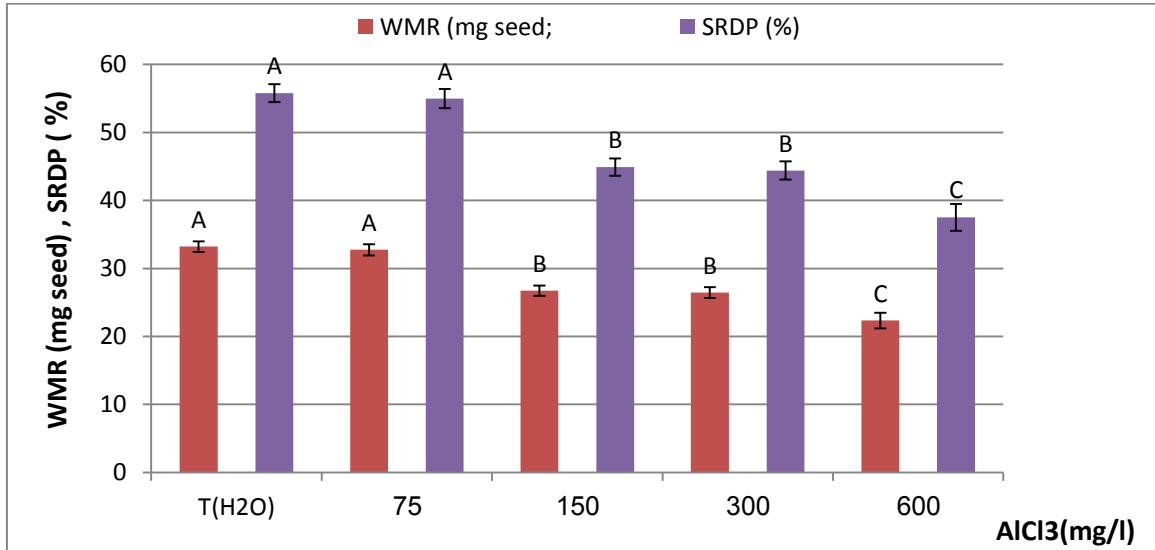
IV-3-2- نسبة معدل استنفاد المدخرات البذرية (SRDP (%

نلاحظ من خلال الشكل (06) انخفاض في SRDP بزيادة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم $AlCl_3$ في الوسط مقارنة بالعينات الشاهد، وسجلت أقل قيمة (37,51 %) عند التركيز (600mg/l)، في حين سجلت أعلى قيمة (55,78 %) عند العينات الشاهد.

كما أكدت نتائج تحليل التباين ANOVA أن هناك اختلاف جد عالي المعنوية ($P < 0.001$)

لتأثير عامل الاجهاد على معدل استنفاد المدخرات البذرية SRDP (الملحق 03: الجدول 02).

كما نشر إلى وجود علاقة ارتباط إيجابية جد قوية بين معدل استنفاد المدخرات البذرية SRDP ووزن الجذير ووزن السويقة حيث $r = 0.940$ ، $r = 0.862$ ، ونسجل علاقة ارتباط سلبية قوية بين نسب سمية كل من الجذير والسويقة مع وزن المدخرات المستعمل حيث $r = -0,940$ ، $r = -0,862$ (الملحق 06: الجدول 01).

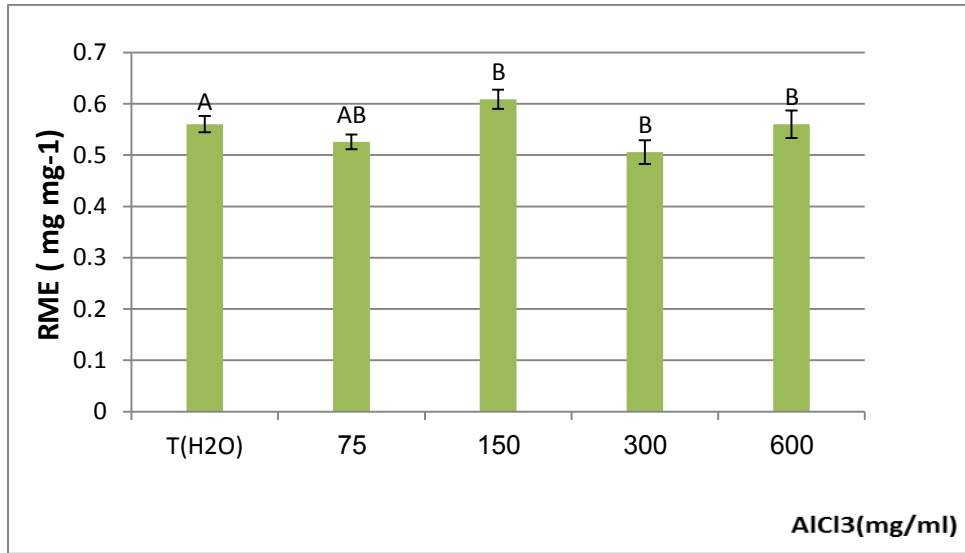


الشكل (06): وزن المدخرات المستعمل ونسبة استنفاد المدخرات لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

IV-3-3- الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات البذرية (RME)

نلاحظ من خلال الشكل (07) أن متوسط الكفاءة التحويلية لإستعمال المدخرات البذرية كان متفاوت تحت تأثير تراكيز أملاح كلوريد الألمنيوم $AlCl_3$ في الوسط، وسجلت أقل قيمة (0.5057mg mg^{-1} عند التركيز (300mg/l)، في حين سجلت أعلى قيمة (0,6088 mg mg^{-1} عند التركيز (150mg/l).

حسب نتائج تحليل التباين ANOVA نجد ان تأثير عامل الإجهاد على الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات البذرية كان ذو تباين عالي المعنوية (P=0.009) (الملحق 03: الجدول 03).



الشكل (07): الكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات البذرية (RME) لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf. : صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

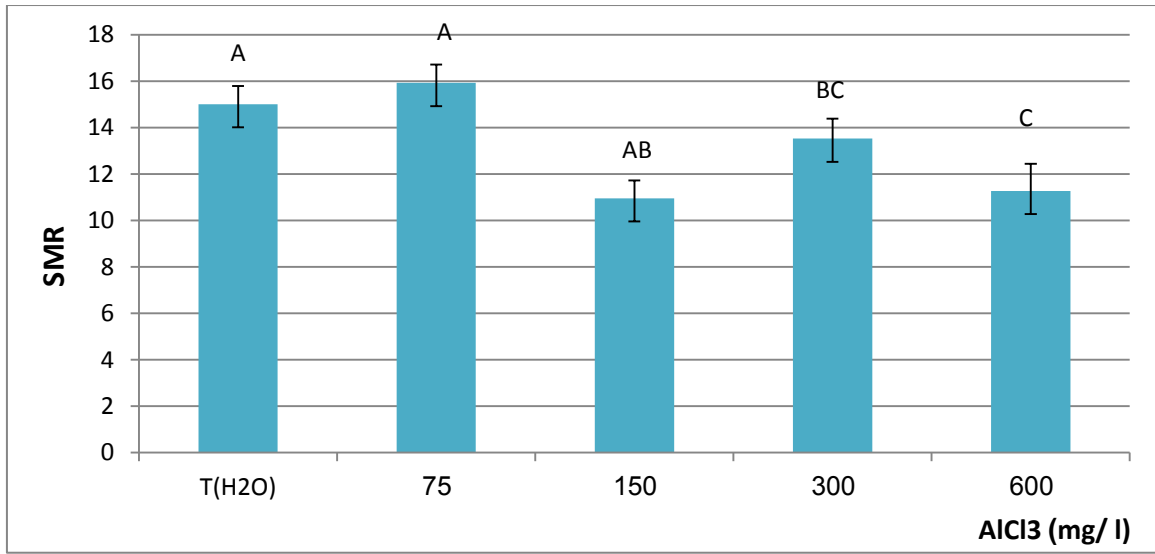
IV-4- تأثير الألمنيوم على أيض البذور

IV-4-1- كمية مواد التنفس (SMR)

يتضح من خلال الشكل (08) تناقص في كمية مواد التنفس، لبذور القمح الصلب، بنسب متفاوتة عند التركيز (600mg/l) ، (300mg/l) ، (150mg/l)، حيث سجلت أقل قيمة (10,954 mg) تحت تأثير التركيز (150mg/l)، باستثناء التركيز الأضعف من أملاح $AlCl_3$ في الوسط والتي سجلت عندها أعلى قيمة لكمية مواد التنفس (15,924 mg)، وذلك مقارنة بالعينات مقارنة بالشاهد.

أظهرت نتائج تحليل التباين ANOVA وجود اختلاف جد عالي المعنوية لتأثير عامل الاجهاد على كمية مواد التنفس (الملحق 03: الجدول 04).

نلاحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية قوية بين كل من كمية مواد التنفس مع نسبة الإنبات ومعدل استنفاد المدخرات البذرية بقيم $r = 0.843$ ، $r = 0.868$ ، وعلاقة ارتباط إيجابية متوسطة مع وزن الجذير ووزن السويقة بقيم $r = 0.687$ ، $r = 0.519$ (الملحق 06: الجدول 02).

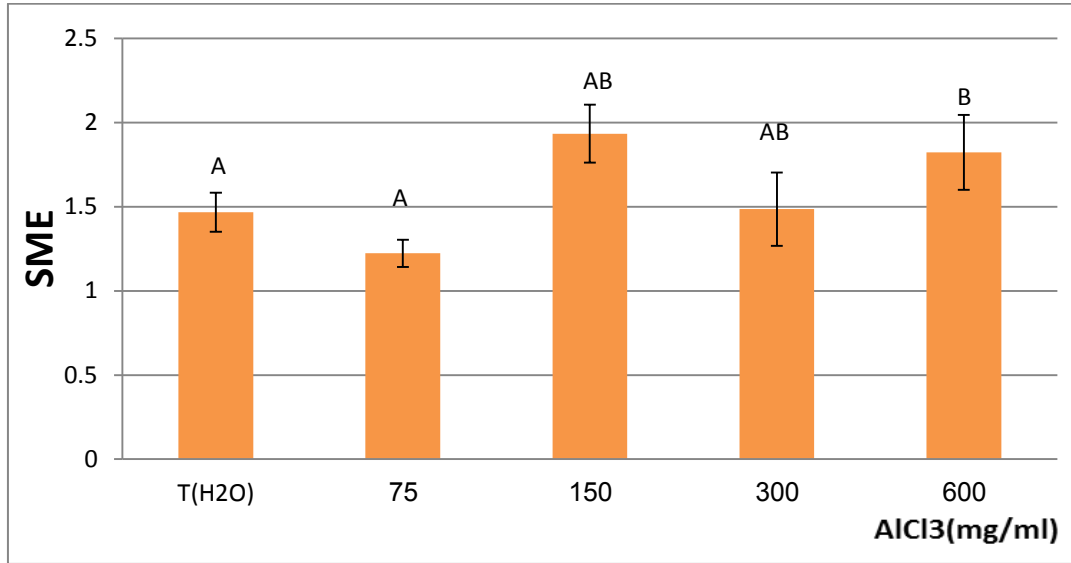


الشكل (08): كمية مواد التنفس (SMR) لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

IV-4-2- كفاءة الأيض للبذور (SME)

من خلال الشكل (09) نلاحظ عموماً اضطراب في كفاءة أبيض البذور SME مع زيادة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم في الوسط، حيث سجلت أعلى قيمة (1,934) تحت تأثير التركيز (150mg/l)، في حين سجلت أقل قيمة (1,2233) عند التركيز (75mg/l).

من خلال تحليل التباين ANOVA تبين وجود فرق معنوي في تأثير عامل الإجهاد على كفاءة الأيض لبذور القمح الصلب CIRTA (الملحق 03 : الجدول 05).



الشكل (09) : كفاءة استقلابية البذور (SME) لدى صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): CIRTA، بدلالة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

اعتمادا على مصفوفة الارتباط Pearson (الملحق 06: الجدول 01 و 02)، تمكنا من إثراء

العديد من العلاقات والتداخلات بين المعايير المدروسة (الانبات، نمو البادرة، حركية المدخرات وأيض البذور) وقد أدرجنا أهمها أثناء عرضنا للنتائج وتحليلها.

IV- المناقشة

IV-1- تأثير الألمنيوم على مواصفات إنبات بذور القمح

العديد من النباتات في مراحل إنبات البذور والشتلات حساسة للعوامل البيئية. لذلك، غالبًا ما يُنظر إلى تغيير نمو النبات في مرحلة الإنبات والشتلات تحت إجهاد المعادن الثقيلة على أنه مؤشر مهم لتقييم تحمل النبات للمعادن الثقيلة (Peralta et Videa, 2002).

كما أن إنبات البذور عملية معقدة تبدأ بامتصاص الماء لتنشيط البروتينات الإنزيمية (Atici et al 2005). تبين من خلال النتائج المتحصل عليها عموماً انخفاض في متوسط نسبة الإنبات GP% عند صنف القمح CIRTA كلما زاد تركيز أملاح $AlCl_3$ في الوسط، هذه النتيجة تتفق إلى ما توصل إليه كل من (Lima et copelend, 1990; Panda et al., 2009 ; Inostroza-Blancheteau et al., 2012) في أنواع نباتية مختلفة، حيث أن انخفاض نسبة الإنبات بزيادة تراكيز المعادن الثقيلة، يدل على أن هذه الأخيرة تعيق الإنبات عن طريق منع امتصاص الماء، إضافة إلى تثبيط أو تدمير نشاط هياكل البروتين عن طريق ربط المعادن الثقيلة ومجموعات السلفهيدريل (Hall, 2002 ; Capuana, 2011). و تشير دلائل أخرى إلى أن بعض المعادن الثقيلة تقلل من تحلل الإمدادات الغذائية عن طريق تقليل نشاط الأميلاز والفوسفاتاز الحمضي، مما يتسبب في حدوث عيوب في إنبات البذور (Mihoub, 2005). كما فسّر العديد من المؤلفين الآخرين تأثير المعادن على إنبات البذور على أنه انخفاض في امتصاص الماء ونقله، أو التسبب في موت الأنسجة أو التسمم الجنيني على الأقل (Bewley, 1983) و تشير دراسات سابقة إلى أن انخفاض إنبات البذور ونمو البادرات تحت تأثير المعادن يعزى إلى تغيير في سلوك النفاذية الغشائية و وصول المغذيات (et al., 1999) (Shafiq et al., 2008 ; Shaukat

يعتبر مؤشر قوة البذور SVI كمحدد لمستوى نشاط البذور أثناء الإنبات وكمؤشر احتمال الظهور السريع والكامل للبادرات (Mondo et al., 2013)، كما اتضح من خلال النتائج أن مؤشر قوة البذور يتناقص تدريجيا كلما زادا تركيز المعدن في الوسط مقارنة بالشاهد حيث نرى أنه كانت هناك علاقة مباشرة بين تركيز المعدن الثقيل وانخفاض مؤشر القوة وقد لوحظ نتائج مماثلة من قبل Channappagoudar (2005)، وهذا ما يتوافق أيضا مع نتائج دراسة Bauldh و Singh (2011) في تأثير المعادن الثقيلة على القمح والبالزاء. حيث قوة البذور هي مقياس لمدى الضرر الذي يتراكم مع انخفاض الصلاحية، ويتراكم الضرر في البذور حتى تصبح البذور غير قادرة على الإنبات وتموت في النهاية (Copeland, 2012).

أظهرت النتائج زيادة في معدل تثبيط كل من نسبة ومؤشر الإنبات ومؤشر قوة البذور مع زيادة تركيز أملاح كلوريد الالمنيوم $AlCl_3$ في الوسط، وهذا يتوافق مع ما توصل اليه Wang وآخرون (2010)، كما لوحظ نتائج مماثلة في دراسات أخرى: Morzack وآخرون (1982) عند *Spartina alterniflora*، و Nakos وآخرون (1979) عند *Pinus helipensis*، و Islam وآخرون (2007)، و Sengar وآخرون (2009) عند الشعير، الأرز والذرة.

كما فسر العديد من الباحثين انخفاض نسبة ومؤشر الإنبات ومؤشر قوة البذور وكذا الإرتفاع في زيادة نسب التثبيط على أنه راجع إلى انخفاض في امتصاص الماء ونقله أو التسبب في الموت أو الضرر الجنيني أو يعود إلى تراكم الأيونات السامة للمعدن Al^{+} ؛ Cl^{-} في الجنين (Bewley, 1983) و (Becerril et al., 1989 ; Black et al., 1989). وهذا يؤدي إلى التأثير على نشاط البروتينات الإنزيمية ومن بينها الأميلاز والبروتياز مما يؤدي إلى تثبيط الإمداد الغذائي للجذر المتنامي (Shaukat et al., 1999) ; (Shafiq et al. 2008)

IV-2- تأثير الألمنيوم على نمو بادرات القمح

إن انخفاض متوسط أوزان السويقة والجذير لصنف القمح المدروس CIRTA يفسر بزيادة سمية معدن كلوريد الألمنيوم في الوسط، وهذا متوافق مع نتائج دراسة Meriño وآخرون (2010)، الذين وجدوا أن الانخفاض في الوزن الجاف للبراعم والجذور كان مصحوباً بزيادة AI في الوسط. ومن المعروف أن تناقص وزن الجذير والسويقة يرجع إلى اضطراب في العناصر الغذائية وامتصاص الماء وهذا الاضطراب راجع إلى تركيز المعدن في الوسط Wang وآخرون (2006)، كما نلاحظ من خلال النتائج انخفاض في مؤشر الجذير/ السويقة وقد يكون هذا الاختلاف ناتج عن التغيرات الهيكلية والمورفولوجية للجذر (عدم وجود شعيرات الجذر، تقزم الجذور وسماكة أو تحول الجذور إلى اللون البني) Tariq وآخرون (2007) وربما ترجع هذه التغيرات الهيكلية إلى التعرض المباشر إلى السمية الجذرية بسبب المعادن والتراكم التفاضلي لأيونات المعادن في الجذور الناشئة وهذا قد يتسبب في بطئ حركة المعدن نحو السويقة (Fargasova, 1994).

نعلم إن تطورات الجذور مرحلة حساسة للغاية من نمو النبات وحساسة للغاية للتغيرات البيئية Chen, وآخرون (2003)، مما يجعلها طريقة سريعة ومفيدة لدراسة آلية سمية المعادن على النباتات Talebi وآخرون (2014). من خلال نتائج الدراسة تبين تزايد في نسب السمية لوزن كل من السويقة والجذير والوزن الكلي للبادرة تزامناً مع زيادة شدة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم $AlCl_3$ في الوسط وهذا ما أكدته أيضاً Shaikh وآخرون (2013) في دراستهم على تأثير المعادن الثقيلة على إنبات القمح، كما أن هذه النتائج متوافقة مع النتائج التي حصل عليها كل من (Habtamu et al., 2010; Radha et al., 2013; Gang et al., 2013) حيث أكدوا أن السمية النباتية للمعادن الثقيلة على الجذور كانت حادة عند التركيزات الأعلى. كما ذكر Rout وآخرون (2001) أن الألمنيوم يتداخل مع

انقسام الخلايا عند طرف الجذر والجذور الجانبية، ويقلل من تنفس الجذر ويعمل على استقرار فوسفور التربة بحيث يصعب الوصول إليه ويسبب اضطراباً في حجم الجذر ومنطقة الجذور.

أظهر Mihailovic وآخرون (2008) أن Al يمنع امتصاص Ca^{2+} ، Mg^{2+} و N عبر الجذر، كما أقر Vitarello و Haug (1990) أن التعرض الطويل لمعدن Al يوقف نمو الجذور والذي يعزى تماماً إلى نقص العناصر الغذائية، خاصة P، K، Ca و Mg.

تبين من خلال النتائج أن نسب تسمم الجذر كانت أكثر منه عند السويقة للبادرة وهذا راجع إلى أن الجذير هو الجزء الأول من النبات الذي يتلامس مع المغذيات والمعادن، وبالتالي فهي أكثر حساسية للمعادن من السويقة (Yusuf et al., 2011 ; Shah et al., 2010).

كما أفاد العديد من المؤلفين أن تثبيط استطالة الجذر تحت تأثير المعادن الثقيلة قد تكون بسبب التداخل المعدني مع انقسام الخلية، بما في ذلك حث الانحرافات الصبغية والانقسام غير الطبيعي (Liu, 2009 ; Jiang, 2001 ; Radha, 2010).

IV-3- تأثير الألمنيوم على حركية المدخرات وكفاءة أيض البذور

إن وزن المدخرات المستعمل والكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية سمتين رئيسيتين لزيادة نشاط البذور لتحسين الإنبات ونمو البادرة، كما يعتبر نشاط الاستقلاب الخلوي من العمليات المهمة والحاسمة لعملية الإنبات Bewley وآخرون (2013)؛ Cheng وآخرون (2013).

من خلال نتائج الدراسة تبين تناقص في متوسط الوزن الجاف للبادرة SLDW ووزن المدخرات المستعمل WMR، أيضاً انخفاض في معدل استفاد المدخرات البذرية SRDP بزيادة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم في الوسط. يمكن تفسير هذه النتائج بأن تعرض البذور لسمية المعادن الثقيلة تسبب تغيرات خلوية ونقل الكتلة الحيوية للنبتة Thornton وآخرون (1987)، كما أن الألمنيوم يقلل من إنتاج الكتلة الحيوية عن طريق منع امتصاص الفوسفور بواسطة الخلية (Palma et al., 2002).

على ضوء النتائج المتحصل عليها سجلنا أيضا تزايد في كل من كمية مواد التنفس وكفاءة أيض البذور بزيادة تركيز المعدن. وفقا لبعض التقارير يقلل الألمنيوم من النمو والكتلة الحيوية والنيتروجين وكمية التنفس، ومن المعروف أيضا أن تناقص وزن الجذور والبراعم والنبتة بشكل عام يرجع إلى اضطراب وانخفاض العناصر الغذائية وامتصاص الماء (Wang, 2006)، كما أنه قد يتغير توازن الأيونات في السيتوبلازم وانخفاض أيض المغذيات وهو نتيجة الاضطرابات التي يسببها AI والتي تؤثر على نفاذية وبنية وأنشطة الإنزيمات في أغشية الخلايا (Seregin et Ivanov, 2001).

من المعروف أيضا أن إنبات البذور وتطورها يعتمد على احتياطات السويداء والمخزون، تحت تأثير المعاملات المعدنية تتسبب في انخفاض الخلايا الإنشائية الموجودة في هذه المنطقة وتنشيط بعض الإنزيمات الموجودة في الجنين وخلايا السويداء وتبدأ في هضم وتخزين الطعام الذي تم تحويله إلى شكل قابل للذوبان وينتقل إلى الأطراف الجذرية وباقي النبتة، كما يمكن للمعادن الثقيلة تعطيل هذه الإنزيمات عن طريق التفاعل مع مجموعة بروتينات السيلفهدريل (group sulfhydryl) وإعاقة الوظيفة البيولوجية الأساسية للإنزيمات (Shakya et al., 2008).

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

أجريت هذه الدراسة على أحد أصناف القمح الصلب (*Triticum durum Desf*)، وهو الصنف CIRTA. ويهدف دراسة استجابة بذور وبادرات هذا الصنف من القمح لتراكيز مختلفة من أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط، أجريت تجربة مخبرية لتحديد بعض استجابات الصنف المدروس والمتمثلة في بعض المعايير التي تتضمن مؤشرات الإنبات ونمو البادرة، وحركية المدخرات والكفاءة الأيضية في البذور.

أظهرت النتائج المتحصل عليها تأثير أملاح كلوريد الألمنيوم على إنبات صنف CIRTA، وقد كانت نسب التأثير متباينة من معيار لآخر، والجدير بالذكر أن التراكيز المتزايدة من أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط أثرت سلبيا على مختلف خصائص الإنبات، حيث عرفت اختلالا في عملة الإنبات ونمو بادرات القمح بشكل عام، والذي يترجم بانخفاض في مختلف المعايير: نسبة الإنبات، مؤشر الإنبات، مؤشر قوة البذور، وزن الجذير والسويقة والوزن الكلي للبادرة، وكذا وزن المدخرات المستعمل ونسبة استنفاد المدخرات البذرية...، حيث أن صف القمح الصلب المدروس CIRTA سجل معدلات نسبية عالية لسمية أوزان الجذير، السويقة والبادرة، كما أبدت هذه المعايير جملة من الارتباطات المعنوية الإيجابية.

عموما نستنتج أن لعنصر الألمنيوم Al تأثير سلبي على إنبات ونمو بادرات صنف القمح الصلب CIRTA الذي كان حساسا لإجهاد عنصر الألمنيوم في الوسط.

انطلاقا من هذه الدراسة ونظرا للنتائج المتحصل نوصي بما يلي:

اختبار صنف القمح الصلب CIRTA تحت تأثير معادن ثقيلة أخرى ومقارنته بأصناف أخرى محلية ومستوردة، أيضا تنفيذ التجارب على مراحل متقدمة من النمو وتحديد مدى كفاءة تحمله في ظروف هذا النمط من الإجهاد.

الخلاصة العامة

من جهة أخرى محاولة محاكات التجربة ميدانيا، في الظروف البيئية الطبيعية، وبالتالي إمكانية التقييم الكمي والنوعي للمحصول من القمح تحت تأثير هذا النوع من العناصر السامة في الأوساط البيئية.

قائمة المراجع

المراجع باللغة العربية

1. بارزياشي عادل .، (1972). انتاج المحاصيل الحقلية، مطبعة الطبري، جامعة دمشق، سوريا .
2. رمضان محمد، ماجد حبيب علام و ابراهيم رزق .، (2001) . تكنولوجيا الحبوب والزيوت. كلية الزراعة. جامعة عين شمس .- مصر . ص 11 ص 112.
3. شايب غ.، (2012). شروط ومصير تراكم البرولين في الأنسجة النباتية تحت نقص الماء وانتقال صفة التراكم إلى الأجيال. رسالة دكتوراه، جامعة منتوري، قسنطينة، ص 235.
4. الصعيدي س ح.، (2005). تربية النباتات تحت ظروف الإجهادات المختلفة والموارد الشحيحة (TowInput) والأسس الفيسيولوجية لها . دار النشر للجامعات، مصر، ص22-29
5. عباس لطيف عبد الرحمان، طيف عبد الرحمان، علي حسين عبده، حسين هادي محمد و ابراهيم خليل الاسود .، (2008). مجلة الفتح كانون الاول، العدد السابع والثلاثون .
6. عبد المجيد جاد .، (1975) . وصف وتركيب نباتات المحاصيل والحشائش.
7. عبود (2008). الكشف عن منظمات النمو (الجبريلين والاكسين) في نبات القمح، مجلة العلوم الزراعية العراقية، العراق.
8. عشاتن .، (1985). تأثير نسبة الماء في التربة على بعض اصناف القمح المزروعة في الجزائر . مذكرة تخرج لنيل شهادة دراسات عليا D.E.S ، جامعة قسنطينة، ص:4.
9. عولمي. ع.، (2015). تحليل مقاومة القمح الصلب (*Triticum turgidum var durum*) للإجهادات اللاحيوية في آخر طور النمو. أطروحة دكتوراه العلوم تخصص بيولوجيا النبات. جامعة فرحات عباس. سطيف 1. ص: 05-10
10. الفت حسين الباجوري، عبد المقصود محروس المراكبي ومحمد سامي الحبال.، (2001) . تكنولوجيا المحاصيل . مركز التعليم المفتوح، ص 57-66 - جامعة عين شمس.

قائمة المراجع

11. قاسم لن محمد عبد الله أبو طويل..، (2009). تأثير التعرض للألمنيوم على النمو والعمليات الإدراكية والسلوكية في الفأران. رسالة استكمال لمتطلبات درجة الدكتوراه في العلوم (مسار البئة والتلوث) في قسم علم الحيوان.كلية العلوم.الرياض.
12. كرم هاشم الملاح، ناظم احمد حسن وانتصار منصور عبد الرسول..، (2009). المجلة العراقية للبيطرة.
13. كيال حامد ..، (1979) . محاصيل الحبوب والبقول، جامعة دمشق سوريا، ص 11-230.
14. محمد وليد اسود وحسان بشير الورع ..، (1982) . علم النبات التقسيمي . مديرية الكتب والمطبوعات الجامعة. ص 345، 265، 264.
15. مظفر أ د ا، وحيدة ع ا، فاتح ع ح، صالح م أ ..، (2019). تغذية النبات-النظري والعملي . دار الكتب العلمية . ص338.
16. الهلال ع ..، (2005). فسيولوجيا النبات تحت اجهادي الجفاف والملوحة . دار النشر العلمي والمطابع، المطبعة الثانية، الرياض، ص : 168 - 269 .

المراجع باللغة الأجنبية

1. Abbassenne F., Bouzerzour H., Hachemi L., (1998). Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride d'altitude. Ann. Agron. INA.18, P :24-36.
2. Abdul-Baki, A. A., et Anderson,J.D.(1973).Vigor determination in soybean seed by multiple criteria 1. Crop Science, 13(6), 630- 633.
3. Adjab M., (2002). Recherche des traits morphologiques, physiologiques et biochimiques d'adaptation au déficit hydrique chez différents géotypes de blé dur (*Triticum durum*).Thèse de magistère. Faculté des sciences, Univer. Annaba : 84p.
4. André. B et Pierre. C., (1983). Travaux pratiques de biologie animale (zoologieembryologie-histologie). p 96-98.

5. 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.
6. Atici,O.,Agar,G.,Battal,P., (2005). Changes in phytohormone contents in chickpea seeds germinating under lead or zink stress. Biol. Plant. 49: 215-222.
7. Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hassous K.L., (2005). Selection of highyielding of durumwheat (*Triticum durum* Desf.) under semi arid conditions. Journal of Agronomy 4, pp: 360-365.
8. Barbottin A., Lecomte C. , Bouchard C., Jeuffroy M., (2005). Nitrogen Remobilization during Grain Filling in Wheat. Crop science, vol. 45, P:1141–1150.
9. Barker, A. V., and Pilbeam, D. J., (2007). *Hand Book of Plant Nutrition*. Boca Raton, FL: Taylor and Francis.
10. Barron C., Surget A., Rouau X., (2007). Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticumaestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolicacid composition. Journal of Cereal Science 45, pp: 88-96.
11. Bauddh, K., & Singh, R. P., (2011). Differential toxicity of cadmium to mustard (*Brassica juncia* L.) genotypes under higher metal levels. Journal of environmental biology.
12. Becerril, J., lez-Murua, C.Gl., Munoz-Rueda, A. et De Felipe M.R., (1989). Changes induced by cadmium and lead in gas exchange and water relations of clover and lucerne. Plant Physiol. Biochem.-Wierzbicka M. et Obidzinska J., (1998). The effect of lead on seed imbibition and germination in different plant species. Plant Sci., 137, 155–171.
13. Becerril, J., lez-Murua, C.Gl., Munoz-Rueda, A. et De Felipe M.R., (1989). Changes induced by cadmium and lead in gas exchange and water relations of clover and lucerne. Plant Physiol. Biochem., 27, 913–918.
14. Benech Arnold, R. L., Fenner, M., et Edwards, P. J. (1991). Changesingerminability, ABA content and ABA embryonicsensitivity in developingseeds of Sorghumbicolor (L.) Moench. induced by water stress during grain filling. New Phytologist, 118(2), 339–347.
15. Benlaribi M., 1984- Facteur de productivité chez six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Thèse de magistère, I.S.N, Université de Constantine, 18 - 9.

16. Bewley, J., Bradford, K., Hilhorst, H., Nonogaki, H., (2013). Physiology of development, germination and dormancy. New York: Springer Books.
17. Bewley, J.D. et Black M., (1983). Physiology and biochemistry of seeds. New York.
18. Bidinger F.R., Mahalakshmi V, and Rao G.D.P, (1987). Assessment of drought resistance in Pearl millet (*Pennisetum American leek*). II. Estimation, Aust. J, Agric. Res. 38: 49-59.
19. Bonjean A , (2001). Histoire de la culture des cereals et en particulier celle de blé tendre (*Triticumaestivum L.*) dossier de l'environnement de l'inra, 21, pp : 29-37.
20. Brenneisen P., Steinbrenner H., Sies H., (2005). Selenium, oxidative stress, and health aspects. *Molecular Aspects of Medicine*. 26(4-5): 256-267.
21. Briat, J. F., Curie, C., and Gaymard, F., (2007). Ironutilization and metabolism in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.* 10, 276–282.
22. Buraimoh. A.A, S.A.Ojo , J.O.Hambolu and S.S.Adebisi . (2011), Effects of oral administration of aluminium chloride on the histology of the hippocampus of wistar rats.
23. Capuana, M.,(2011). Heavy metals and woody plantsbiotechnologies for phytoremediation. *J. Biogeo Sci. For.* 4:7-15.
24. Channappagoudar BB, Jalager BR and Biradar NR., (2005). Allelopathiceffect of aqueousextracts of weedspecies on germination and seedling growth of somecrops. *Karnataka J. Agric. Sci.*
25. Cheftel J.C et Cheftel H., (1992). Introduction à la biochimie et à la tachnologie des aliments .V1.Tec & Doc. Paris.Lavoisier: p 381.
26. Chellali B., (2007). Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une>.
27. Cheng X, Cheng J, Huang X, Lai Y, Wang L, DU W, Wang Z, Zhang H., (2013). Dynamic quantitative trait loci analysis of seed reserve utilization during three germination stages in rice. *PLoS One* 8, e 80002.
28. Copeland LO, Mcdonald M., (2012) Principles of seed science and technology. Springer Science et Business Media.
29. Dalcorso G, Manara A, and Furini A.,(2013a). An overview of heavymetal challenge in plants: fromroots to shoots. *Metallomics* 5, 1117-1132.
30. -Delhaize, E. and Ryan, P.R. (1995) *Plant Physiol.* 107: 315-332
31. Eapen, S., and D'souza, S. F., (2005). Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxicmetal. *Biotechnol. Adv.* 23, 97-114.

32. Efsteyn E., (1969). Mineralmetabolism o halophytes. SeeRef. 88, pp 345-53.
33. Elias E.M., (1995). Durumwheatproducts. In Fonzo, N., di (ed.), Kaan, F., (ed.), Nachit, M., (ed). Durum wheat quality in the Mediterranean eanregion = La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne. Zaragoza: Ciheam-Iamz. Options Méditerranéennes Série A. 22, pp: 23 31.
34. Fahr, M., Laplaze, L., Bendaou, N., Hocher, V., Mzibri, M. E., Bogusz, D., et al., (2013). Effect of lead on rootgrowth. *Front. Plant Sci.* 4:175.
35. Fargasova, A., (1994). Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *Sinapsis alba* seeds. *Bull. Environ. Contam.Toxicol.* 52: 452-456.
36. Feillet P., (2000). Le grain de blé: composition et utilisation. Ed. INRA. Paris, pp: 17-18.
37. Feldmann J., (1955). La zonation des algues sur la côte atlantique du Maroc. *Bull. Soc. Nat. Et Physique*, 35(1): 9-18.
38. Foy, C. D., (1974). Effects of aluminum on plant growth. SeeRef. 22, pp. 601- 42. - Rorison, I. H., (1965). The effect of aluminum on the uptake and incorporation of phosphate by excisedsanfoinroots. *New Phytol* 63:23-27.
39. Gang, A., Vyas, A. &Vyas H., (2013).Toxic effect of heavy metals on germination and seedling growth of wheat. *J. Environ. Res. Develop.*, 8(2), 206-213.
40. Gate P., (1995). *Ecophysiologie du blé; Technique et documentation*: Lavoisier, Paris. p 429, 351.
41. Gourier .C.F et fréry. N., (2004). Aluminium.
42. Group. Tessengerlo (2000). Fiche de données de sécurité : Chlorure d'aluminium forme liquide.
43. Guy Muller., (1993). Thèse: Conhibition à l'étude expérimentale des effets de sels aluminiques chez le rat en développement.
44. Habtamu, A., Derara, A. &Tesfaye F., (2013). Effect of copper and zinc on seed germination, phytotoxicity, tolerance and seedling vigor of tomato (*Lycopersiconesculentum* L. cultivar Roma VF). *International Journal of Agricultural Science Research*, 2(11), 312-317.
45. Hall, J.L., (2002). Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *J. Exp. Bot.* 53:1-11.
46. Haug, A., Vitarello, V., (1996). Aluminium coordination to calmodulin: Thermodynamic and kinetic aspects. *Coordination Chemistry Reviews*; 149: 113-124.

47. House E, Polwart A, Darbre P, Barr L, Metaxas G, Exley C., (2013). The aluminium content of breast tissue taken from women with breast cancer. *Med Biol* 27(4): 257–266.
48. Inostroza-Blancheteau C, Rengel Z, Alberdi M, de la luz Mora M, Aquea F, Arce Johnson P, Reyes-Diaz M., (2012). Molecular and physiological strategies to increase aluminium resistance in plants. p 39.
49. Islam E, Yang X, Li T, Liu D, Jin X, Meng F., (2007). Effect of Pb toxicity on root morphology, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. *J Hazard Mater.* 147:806-16. 15 .Sengar RS, Gautam M, Sengar RS, Sengar RS, Garg SK, Sengar.
50. Islam E, Yang X, Li T, Liu D, Jin X, Meng F., (2007). Effect of Pb toxicity on root morphology, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. *J Hazard Mater*; 147: 806-16. 15.
51. Jarup, L., (2003). Hazards of heavy metal contamination. *Br. Med. Bull.* 68, 167-182.
52. Jiang W, Liu D and Liu X., (2001). Effects of copper on root growth, cell division, and nucleolus of *Zea mays*. *Biol. Plant.*, 44(1): 105-109.
53. John R, Gadgil K and Sharma G., (2009). Heavy metal toxicity: Effect on plant growth, biochemical parameters and metal accumulation by *Brassica juncea* L. *Inter. J. Plant Prod.* 3: 66 -70.
54. Jones, R.A. and Qualset, C.O., 1984 : Breeding crops for environmental stress tolerance. In G.B. Collins and J.G. Petolino, eds. *Application of Genetic Engineering to Crop Improvement*. Nijhoff/Junk, Dordrecht. pp :305-340.
55. -Kochian, L.V. (1995) *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 46: 237-260.
56. Levitt J., (1980). *Response of plants to environmental stress*. Vole 2, water radiation, salt and other stresses .Academic press. New York.
57. Lima M. L, Copeland L., (1990). The effect of aluminum on the germination of wheat seeds. *J. plant Nutr.* 13.
58. Liu D, Jiang W, Meng Q, Zou J, Gu J and Zeng M., (2009). Cytogenetical and ultrastructural effects of copper on root meristem cells of *Allium sativum* L. *Biocell.* 33: 25-32.
59. Lupton F. G. H., (1987). *Wheat Breeding, Its scientific basis*. Springer science +Business Media, B.V. p 566.
60. Mackey J., (1966). Species relationship in *Triticum*. *Proc. 2nd Int. Wheat Genet. Symp.*, Lund 1965. *Hereditas*, suppl. 2: p 237-276.

61. Marschner, H., (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Boston, MA: Academic Press.
62. Masle Meynard J., (1981). Relation entre croisement et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver, influence des conditions de nutrition. *Agronomie*.1 (5), P: 621.
63. Mclaughlin M. J, Parker D. R and Clark J. M., (1999). Metal and micronutrients-foodsafety issues. *Field CropsRes*. 60, 143-163.
64. Meriga B, Attitalla IH, Ramgopal M, Ediga A and Kavikishor PB., (2010). Differential tolerance to aluminum toxicity in rice cultivars: involvement of antioxidative enzymes and possible role of aluminum resistant locus. *Academic Journal of Plant Sciences* 3: 53- 63.
65. Meriño-Gergichevich C, Alberdi M, Ivanov A.G, Reyes-Diaz M., (2010). Al^{3+} - Ca^{2+} Interaction in plants growing in acid soils: Al-phytotoxicity response to calcareous amendments. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10: 217-243.
66. Mihailovic N., Drazic G, Vucinic Z., (2008). Effects of aluminium on photosynthetic performance in Al-sensitive and Al-tolerant maize inbred lines. *Photosynthetica*. 46: 476-480.
67. Mihoub A, Chaoui A, El-Ferjani E., (2005). Biochemical changes associated with cadmium and copper stress in germinating pea seeds (*Pisum sativum* L.) *Comptes Rendus Biologies*. 328: 33-44.
68. Mondo, V. H. V., Cicero, S. M., Dourado-Neto, D., Pupim, T. L., et Dias, M. A. N., (2013). Seed vigor and initial growth of corn crop. *Journal of Seed Science*, 35(1), 64 - 69.
69. Morancho J., (2000). Production et commercialisation du blé dur dans le monde. Opoméditerranéen. La production du blé dur dans la région méditerranéenne nouveau defis. *Serie A no 40*: 29-33.
70. Morzcek EJ, Funicelli NA., (1982). Effect of lead and on germination of *Spartina alterniflora* seeds at various salinities. *Environ Exp Bot*; 22:23-32. 13.
71. Nakos G., (1979). Lead pollution: fate of lead in soil and its effects on *Pinus halepensis*. *Plant Soil*; 50: 159-61. 14.
72. Naragana, L., Sayamala, H., (1989). Response of Pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) genotypes to aluminum toxicity, *Indian. J. plant physiol*. 32: 17-24

73. Nazco R., Villegas D., Ammar K., Pena RJ., Moragues M., et Royo C., (2012). Can Mediterranean durum wheat landraces contribute to improved grain quality attributes in modern cultivars. *Euphytica* Vol 185, pp: 1-17.
74. Palma JM, Sandalio LM, Javier Corpas F, Romero- Puertas MC, McCarthy I and del Rio LA., (2002). Plant proteases, protein degradation and oxidative stress: role of peroxisomes. *Plant Physiology and Biochemistry* 40: 521-530.
75. Panda ,S. K., Matsumoto, H. , (2007). Molecular physiology of aluminum toxicity and tolerance in plants. *Botanical Review*. 73.
76. Peralta-Videa JR, Gardea-Torresdey JL, Gomez E, Tiermann KJ, Parsons JG and Carrillo G., (2002). Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc at different pHs upon alfalfa growth and heavy metal uptake. *Environmental Pollution*, 119: 291-301.
77. Pta N, Gaurav SS, Kumar A., (2013). Molecular Basis of Aluminium Toxicity in Plants: A Review. *Am J of Plant Sci*. 4:21- 37.
78. PTSI., (2011) Structure de la matière.
79. Radha J, Srivastava S, Solomon S, Shrivastava AK and Chandra A., (2010). Impact of excess zinc on growth parameters, cell division, nutrient accumulation, photosynthetic pigments and oxidative stress of sugarcane (*Saccharum* spp.). *Acta Physiol. Plant*, 32: 979-986.
80. Rahman MS, Wilson JH, and Aitken A., (1977). Determination of spikelet number in wheat. II. Effect of varying light level on ear development. *Austr. J. Agric. Res.*, 26: 575-581.
81. Rai V. K., (2002). Role of amino acids in plant responses to stress. *Biol. Plant*. 45, 481- 487.
82. Ranjbar A, Khani-Jazani R, Sedighi A, Jalali-Mashayekhi F, Ghazi-Khansari M, Abdollahi M., (2008). Alteration of body total antioxidant capacity and thiol molecules in human chronic exposure to aluminum. *Toxicol Environ Chem* 90: 707-713.
83. Rao D. G. and Sinha S. K., (1993). Efficiency of mobilization of seed reserves in sorghum hybrids and their parents as influenced by temperature regimes. *Seed Research*. 2(2), 97-100.
84. Rout G, Samantaray S and Das P., (2001). Enlarge-aluminium toxicity in plants. A review. *Agronomie* 21: 3-21.
85. Samuel. A. O ,Boramoh. A.A, Joseph. O. H, Sunday. S. A., (2012), Effects of aluminium chloride exposure on the cerebral cortex of adult wistar rats were not transferable to the offspring.

86. Sengar RS, Gautam M, Sengar RS, Sengar RS, Garg SK, Sengar K, et al., (2009). Lead stress effects on physio biochemical activities of higher plants. *Rev Environ Contam Toxicol.* 196: 1-21.
87. Seregin I.V, Ivanov V.B., (2001). Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants. *Fiziol.Rast.(Moscow).*48: 606-630.
88. Shafiq, M., Iqbal, M. Z., & Mohammad, A., (2008). Effect of lead and cadmium on germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala*. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 12(3), 61- 66.
89. Shah, F.R., Nasir, A., Masood, K.R., Peralta-Videa, J.R. et Firozud Din Ahmad., (2010). Heavy metal toxicity in plants. In M. Ashraf, M. Ozturk & M.S.A. Ahmad (Eds.), *Plant adaptation and phytoremediation* (pp. 71-98). Springer.
90. Shaikh, I.R., Shaikh, P.R., Shaikh, R.A. & Shaikh A.A., (2013). Phytotoxic effects of heavy metals (Cr, Cd, Mn and Zn) on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination and seedlings growth in black cotton soil of Nanded, India. *Research Journal of Chemical Sciences*, 3 (6).
91. Shakya, K., Chettri, M.K., Sawidis, T., (2008). Impact of heavy metals (copper, zinc, and lead) on the chlorophyll content of some mosses. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 54, 412 - 421.
92. Sharma, S. S., and Dietz, K. J. (2009). The relationship between metal toxicity and cellular redox imbalance. *Trends Plant Sci.*14, 43–50.
93. Shaukat, S. S., Mushtaq, M., & Siddiqui, Z. S., (1999). Effect of cadmium, chromium and lead on seed germination, early seedling growth and phenolic contents of *Parkinsonia aculeata* L. and *Pennisetum americanum* (L.) Schumann. *Pakistan Journal of Biological Science*.
94. Shewry, P. R., (2009). Wheat. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 60. (6): 1537-1553.
95. Soltani A, Gholipour M, Zeinali, E., (2006). Seed reser veutilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany* 55, 195-200.
96. Soltner D., (1980). *La grande production végétale*. P 20-30.
97. Soltner D., (1990). *Phytotechnie spéciale, Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles éd. p 464.*
98. Soltner D., (1998). *Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.*

99. Soltner D., (2005). Les grandes productions végétales. 20^{ème} Edition. Collection science et techniques agricoles. p 472.
100. Song HP, Delwiche SR, Line MJ, (1998). Moisture distribution in a mature soft wheat grain by three-dimension magnetic resonance imaging. *Journal of Cereal Science* 27, pp: 191-197.
101. Springer-Verlag. Bourrelier, P.H. et Berthelin J., (1998). Contamination des sols par les éléments traces: les risques et leur gestion. Paris: Lavoisier.
102. Talebi S.M.N, Kalat A.L.S., (2014). Darban, The Study Effects of Heavy Metals on Germination Characteristics and Proline Content of Triticale (*Triticosecale Wittmack*), *Int. J. Farming Allied Sci.* 3: 1080–1087.
103. Tanveer A, Rehman A, Javaid M.M, Abbas R.N, Sibtain M, Ahmad A, Zamir M.S, Chaudhary K.M et Aziz A., (2010). Allelopathic potential of *Euphorbia helioscopia* L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34, 75–81.
104. Thornton FC, Schaedle M and Raynal DL, (1986). Effect of aluminum on the growth of sugar maple in solution culture. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 892-896.
105. Vavilov N.I., (1926). Centres of origin of cultivated plants. *Bulletin of Applied Botany and Plant Breeding (Leningrad)*, 16; 139-248.
106. Verheye W. H., (2010). *Soils, Plant Growth and Crop Production*. Eolss Publishers Company Limited, Vol. 1. p 438.
107. Wang JP, Harsh R, Guo-Ping Z, Neville M and Zhou X., (2006). Aluminium tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.): physiological mechanisms, genetics and screening methods. *J. Zhejiang Univ. Sci.*
108. Wibarco., (2012). Fiche de données de sécurité selon 1907/2006/CE, Article 31.
109. Y.X. Chen, Y.F. He, Y.M. Luo, Y.L. Yu, Q. Lin, M.H., (2003). Wong, Physiological mechanism of plant roots exposed to cadmium, *Chemosphere*. 50 789–793.
110. Yusuf M, Fariduddin Q, Hayat S et Ahmad A., (2011). Nickel: an overview of uptake, essentiality and toxicity in plants. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 86, 1-17.
111. Zohary D and Hopf M., (1994). Domestication of plants in the old world. 2nd Oxford Carendon Press. P: 39- 46.
112. Zohary D, and Hopf M., (2000). Domestication of plants in the old world. Oxford University Press, Oxford.

الملاحق

الملاحق

الملحق 01: جداول تحليل التباين Anova لمعايير الإنبات

الجدول 01: تحليل التباين للنسبة المئوية للإنبات GP%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	2403	600,71	11,16	0,000
Error	30	1614	53,81		
Total	34	4017			

الجدول 02: تحليل التباين Anava مؤشر الإنبات (GI)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	65776	16444,1	16,67	0,000
Error	30	29598	986,6		
Total	34	95374			

الجدول 03: مؤشر قوة البذور (SVI)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	670819536	167704884	140,34	0,000
Error	30	35850307	1195010		
Total	34	706669844			

الجدول 04: نسب التنشيط لنسبة الإنبات PI(GP%)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	1286	428,566,27	0,003	
Error	24	1641	68,37		
Total	27	2927			

الجدول 05: نسبة التنشيط مؤشر الإنبات PI(GI)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	1995	665,1	48,60	0,000
Error	24	1856	77,33		
Total	27	3851			

الجدول 06: نسبة التثبيط مؤشر قوة البذور PI(SVI)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	11102,4	3700,81	95,43	0,000
Error	24	930,8	38,78		
Total	27	12033,2			

الملحق 02: جداول تحليل التباين Anova لمعايير نمو البادرة

الجدول 01: وزن السويقة SHW

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	478,1	119,536	24,26	0,000
Error	245	1207,3	4,928		
Total	249	1685,5			

الجدول 02: وزن الجذير RTW

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	426,4	106,606	43,02	0,000
Error	245	607,1	2,478		
Total	249	1033,5			

الجدول 03: تحليل التباين لوزن الجذير/سويقة (RTW/SHW)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	4,314	1,078	56,65	0,000
Error	245	39,758	0,1623		
Total	249	44,072			

الجدول 04: تحليل التباين لنسبة سمية وزن السويقة SHP%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	33,004	11001,4	22,82	0,000
Error	196	94,510	482,2		
Total	199	127,514			

الجدول 05: تحليل التباين لنسبة سمية وزن الجذير RTP%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	36,307	12102,4	31,22	0,000
Error	196	75,977	387,6		
Total	199	112,284			

الجدول 06: تحليل التباين لنسبة سمية وزن البادرة TSP%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	31,442	10480,6	45,88	0,000
Error	196	44,773	228,4		
Total	199	76,215			

الملحق 03: جداول تحليل التباين لمعايير حركية المدخرات وأيض البذور

الجدول 01: تحليل التباين لوزن المدخرات المستعملة WMR (mg/seed)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	4,268	1067,04	27,48	0,000
Error	245	9,514	38,83		
Total	249	13,782			

الجدول 02: تحليل التباين لنسبة معدل استنفاد المدخرات البذرية SRDP (%)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	12,040	3010,0	27,48	0,000
Error	245	26,837	109,5		
Total	249	38,877			

الجدول 03: تحليل التباين للكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات البذرية RME (mg mg-1) :

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	0,2883	0,0720	83,48	0,009
Error	245	50,811	0,2074		
Total	249	53,694			

الجدول 04: تحليل التباين كمية مواد التنفس (SMR)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	972,9	243,2	26,16	0,000
Error	245	9681,2	39,52		
Total	249	10654,1			

الجدول 04: تحليل التباين لكفاءة الأيض للبذور (SME)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	16,80	4,20	02,87	0,024
Error	245	358,98	1,465		
Total	249	375,78			

الملحق 04: مقارنة المتوسطات وتصنيفها في مجموعات Grouping

الجدول 01: مقارنات Fisher للنسبة المئوية للإنبات GP%

Metal	N	Mean	Grouping
(AICI3)	7	97,86	A
T(H2O)	7	94,29	A
C1	7	82,14	B
C2	7	80,71	B
C3	7	76,43	B
C4	7		

الجدول 02: مقارنات Fisher لمؤشر الإنبات (GI)

Metal	N	Mean	Grouping
(AICI3)	7	358,6	A
T(H2O)	7	323,29	B
C1	7	272,7	C
C2	7	255,7	C
C3	7	244,0	C
C4	7		

الجدول 03: مقارنات Fisher مؤشر قوة البذور (SVI)

Metal	N	Mean	Grouping
(AICI3)	7	19170	A
T(H2O)	7	17311	B
C1	7	13444	C
C2	7	11852	D
C3	7	6672	E
C4	7		

الجدول 04: مقارنات Fisher وزن السويقة SHW(mg)

Metal	N	Mean	Grouping
(AICI3)	50	9,944	A
T(H2O)	50	9,492	AB
C1	50	9,034	B
C2	50	6,752	C
C3	50	6,706	C
C4	50		

الجدول 05: مقارنات Fisher وزن الجذير (mg) RTW

Metal	N	Mean	Grouping
(AlCl3)	50	8,262	A
T(H2O)	50	7,328	B
C1	50	6,748	BC
C2	50	6,162	C
C3	50	4,358	D

الجدول 06: مقارنات Fisher لوزن الجذير (mg) الجذير/سويقة (RTW/SHW)

Metal	N	Mean	Grouping
(AlCl3)	50	10,998	A
T(H2O)	50	0,8826	B
C1	50	0,8105	BC
C2	50	0,7960	BC
C3	50	0,7126	C

الجدول 07: مقارنات Fisher لوزن المدخرات المستعملة (mg/seed) WMR

Metal	N	Mean	Grouping
(AlCl3)	50	33,210	A
T(H2O)	50	32,744	A
C1	50	26,736	B
C2	50	26,438	B
C3	50	22,33	C

الجدول 08: مقارنات Fisher لنسبة معدل استنفاد المدخرات البذرية (SRDP %)

Metal	N	Mean	Grouping
(AlCl3)	50	55,78	A
T(H2O)	50	54,99	A
C1	50	44,90	B
C2	50	44,40	B
C3	50	37,51	C

الجدول 09: مقارنات Fisher لكفاءة التحويلية لاستعمال المدخرات البذرية (RME (mg mg-1)

Metal (AlCl3)	N	Mean	Grouping
T(H2O)	50	0,6088	A
C1	50	0,5603	AB
C2	50	0,5510	B
C3	50	0,5258	B
C4	50	0,5097	B

الجدول 10: مقارنات Fisher كمية مواد التنفس (SMR)

Metal (AlCl3)	N	Mean	Grouping
T(H2O)	50	15,924	A
C1	50	15,004	A
C2	50	13,524	AB
C3	50	11,27	BC
C4	50	10,954	C

الجدول 11: مقارنات Fisher لكفاءة الايض للنبور (SME)

Metal (AlCl3)	N	Mean	Grouping
T(H2O)	50	1,934	A
C1	50	1,823	A
C2	50	1,468	AB
C3	50	1,468	AB
C4	50	12,233	B

الملحق 05: صور من العمل التطبيقي



حاضنة

ميزان حساس



الملحق 06: جداول نتيجة دراسة الارتباط

الجدول 01: مصفوفة الارتباط لبيرسون بين المعايير الإنبات المدروسة لصنف القمح الصلب

المدرّوس (Triticum durum Desf.): CIRTA

عمود 1	GP %	GI	SVI	PI(GP%)	PI(GI)	PI(SVI)	RTW	SHW	RTW/SHW
GI	0,990								
SVI	0,959	0,934							
(%PI(GP	-1,000	-0,989	-0,953						
PI(GI)	-0,990	-1,000	-0,934	0,989					
PI(SVI)	-0,959	-0,934	-1,000	0,953	0,934				
RTW	0,914	0,897	0,988	-0,905	-0,897	-0,988			
SHW	0,883	0,886	0,898	-0,870	-0,887	-0,898	0,883		
RTW/SHW	0,010	-0,041	0,173	-0,013	0,041	-0,173	0,244	-0,233	
TSW	0,925	0,919	0,970	-0,914	-0,919	-0,970	0,969	0,972	-0,002
SHP%	-0,882	-0,886	-0,898	0,870	0,887	0,898	-0,883	-1,000	0,233
RTP%	-0,914	-0,897	-0,988	0,905	0,897	0,988	-1,000	-0,883	-0,244
TSP%	-0,925	-0,919	-0,970	0,914	0,919	0,970	-0,968	-0,972	0,002
WMR	0,982	0,949	0,980	-0,982	-0,949	-0,980	0,940	0,862	0,124
RME	-0,095	-0,010	-0,047	0,118	0,010	0,047	0,021	0,339	-0,574
SRDP	0,982	0,949	0,980	-0,982	-0,949	-0,980	0,940	0,862	0,124
SMR	0,834	0,772	0,770	-0,847	-0,772	-0,770	0,687	0,519	0,262
SME	-0,670	-0,587	-0,615	0,687	0,587	0,615	-0,525	-0,315	-0,351

الجدول 02: مصفوفة الارتباط لبيرسون بين المعايير نمو البادرة لصنف القمح الصلب

المدرّوس (Triticum durum Desf.): CIRTA

	TSW	SHP%	RTP%	TSP %	WMR	RME	SRDP	SMR
SHP%	-0,972							
RTP%	-0,969	0,883						
TSP%	-1,000	0,972	0,969					
WMR	0,927	-0,862	-0,940	-0,927				
RME	0,190	-0,339	-0,021	-0,190	-0,176			
SRDP	0,927	-0,862	-0,940	-0,927	1,000	-0,176		
SMR	0,619	-0,519	-0,687	-0,619	0,868	-0,620	0,868	
SME	-0,429	0,315	0,524	0,429	-0,733	0,782	-0,733	-0,968