رقم الترتيب:
رقم التسلسل:

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 و الحياة

شعبة علوم بيولوجية

تخصص: التنوع الحيوي و فيزيولوجيا النبات

الموضوع

تأثير إجهاد الألمنيوم (Al) على إنبات ونمو بادرات القمح الصلب(*Triticum durum* Desf.) صنف CIRTA

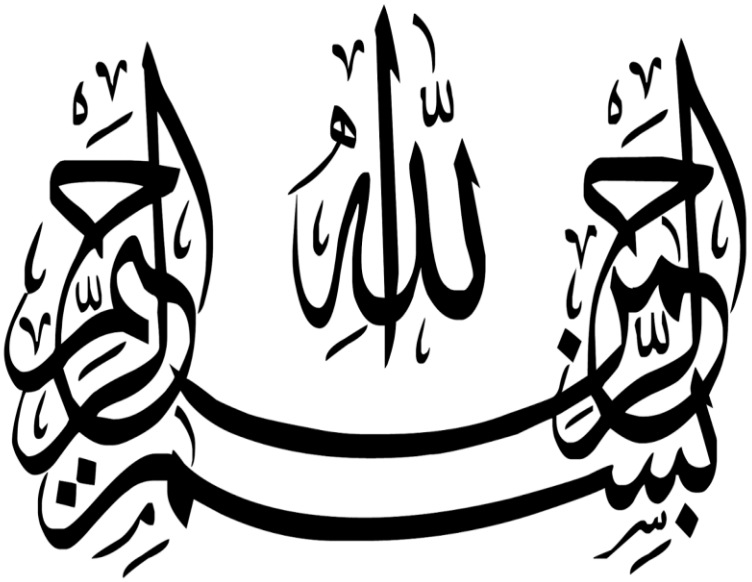
من إعداد:

- **بن لاشهب سهام**
- **زغوان أحلام**

نوقشت يوم 2020/09/30من طرف لجنة المناقشة:

سحاري نادية حنان	**أستاذ مساعد "ب"**	**رئيس**	**جامعة الوادي**
عسيلة إسماعيل	**أستاذ محاضر قسم "ب"**	**مؤطر**	**جامعة الوادي**
جودي عبد الحق	**أ م أ**	**عضو**	**جامعة الوادي**

الموسم الجامعي 2020/2019


بسم الله الرحمن الرحيم

شكر و تقدير

اللهم إني أسالك علما نافعا و عملا متقبلا و رزق طيبا،

اللهم لا تدعني أصاب بالغرور إذا نجحت و لا باليأس

إذا فشلت أتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ الدكتور الفاضل إسماعيل

عسيلة على مساعدتي على إتمام هذه الرسالة من بدايتها بكل صدق

وأمانة كما ساهم بالكثير من وقته وجهده ولم يبخل بالتوجيهات فله كل

الفضل في نجاح هذا العمل كما أتقدم بالشكر إلى كل الأساتذة الكرام

المشرفين

على مناقشة هذه المذكرة من رئيس لجنة المناقشة سحاري نادية

حنان وإلى الأستاذ الممتحن جودي عبد الحق

وجميع أساتذة بيولوجيا و فيزيولوجيا النبات

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

" قل إعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون "

صدق الله العظيم

الهي لا يطيب الليل إلا بشكرك ولا يطيب النهار إلا بطاعتك ... ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك ...ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك ... ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك

" لله ﷻ"

الى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة ونصح الأمة ، الى نبي الرحمة ونور العالمين

"سيدنا محمد ﷺ "

أهدي عملي هذا المتواضع كلله الله بالهيبة والوقار ... الى من شقى وتعب من راحتي

أبي الغالي

الى كل من دعاؤها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي ... الى أغلى ماعندي

أمي الغالية

الى كل من تقاسموني مرارة الحياة وحلاوتها أخوتي توفيق ، العيد ، ياسين و أيمن

واخواتي سمية و سعاد وكل زملائي وأصدقائي.

الى كل من يكن لي في قلبه حبا ومودة

بن لاشهب سماح

الملخص

الملخص

بهدف دراسة تأثير أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$)على إنبات و نمو بادرات القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) : صنفCIRTA ،تم إنبات بذور القمح مخبريا في أطباق بتري معقمة وتمت معاملتها بتراكيز مختلفة من المحلول المعدني:(mg/l (0، 75 ،150 ،300 ،600))، وذلك في ظروف الظلام، و درجة حرارة 1 ± 25 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.

بناءا على النتائج المتحصل عليها فقد كان صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)، CIRTA، قليل التحمل وحساس لتأثير سمية الألمنيوم، خصوصا تحت تأثير التراكيز 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°C ± 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 élevés d'inhibition des propriétés de germination, ainsi que des taux de toxicité importants pour les paramètres de croissance des plantules.La variété de blé dur étudiée a également montré une réponse variable, en ce qui concerne l'efficience 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 (AlCl3): 0, 75, 150, 300, 600 mg / l. The experiment was carried out in the laboratory under conditions of 25 ° C ± 1 and in total darkness.The obtained results confirmed that the wheat cultivar CIRTA were affected, for most of the studied parameters, under the influence of aluminum (Al) stress, with high rates of inhibition 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 toxic effect of aluminum, especially under the influence of high concentrations of $AlCl_3$ salts.

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

الفهرس

العنوان	الصفحة
الفهرس	
المقدمة	
الجزء النظري	
الفصل الأول : دراسة عامة حول نبات القمح	
1. نبذة تاريخية لنبات القمح	3
2. الأهمية الاقتصادية لنبات القمح	3
3. الأصل الجغرافي لنبات القمح	4
4. التصنيف النباتي للقمح الصلب	4
5. الوصف المورفولوجي لنبات القمح	5
6. التركيب الكيميائي لحبة نبات القمح	6
7. دورة حياة نبات القمح	7
8. بعض العوامل البيئية المؤثرة على دورة حياة نبات القمح	13
الفصل الثاني : إجهاد المعادن الثقيلة	
1. تعريف الإجهاد البيئي	15
2. تعريف المعادن الثقيلة	15
3. تعريف إجهاد المعادن الثقيلة	15
4. معدن الألمنيوم Al	16
5. تأثير إجهاد المعادن الثقيلة على مرحلة الإنبات والنمو	16
6. تأثير إجهاد المعادن الثقيلة على استجابة النبات الفسيولوجية و البيوكيميائية	18

7. آليات التحمل واستجابة النبات إلى إجهاد المعادن الثقيلة	19
الجزء العملي	
الفصل الأول : المواد والطرق المتبعة	
I. المواد والطرق المتبعة	23
1.I. المادة النباتية	23
2.I. الأدوات و المواد الكيميائية المستعملة	23
II. طرق الدراسة	24
1.II. تحضير بذور القمح للاختبار	24
2.II. تحضير المحاليل المعدنية	24
3.II. تصميم وتنفيذ التجربة	24
4.II. المعايير المدروسة	25
1.4.II. مؤشرات الإنبات	25
2.4.II. معايير نمو البادرات	26
3.4.II. حركية المدخرات وأيض البذور	27
5.II. الدراسة الإحصائية	28
الفصل الثاني: النتائج والمناقشة	
I. النتائج	31
1.I. مؤشرات الإنبات	31
2.I. معايير نمو البادرات	34
3.I. حركية المدخرات و أيض البذور	37
4.I. دراسة تحليل المكونات الأساسية (ACP) للمعايير المدروسة	42

II. المناقشة	45
1.II. تأثير الألمنيوم على مواصفات إنبات بذور القمح	45
2.II. تأثير الألمنيوم على نمو بادرات القمح	45
3.II. تأثير الألمنيوم على حركية المدخرات وكفاءة أيض البذور	46
الخلاصة العامة	
المراجع	
الملاحق	

الرقم	عنوان الشكل	الصفحة
01	متوسط نسبة الإنبات (GP%) لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) صنفCIRTA، بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .	32
02	مؤشر قوة البذورSVI لدى صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .	33
03	نسبة التثبيط ، لكل من إنبات البذور*PI(GP%)* و مؤشر قوة البذور*PI(SVI)* لدى صنف القمح الصلب(*Triticum durum* Desf.)CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .	34
04	نسبة السمية لأطوال السويقة (*SHP%*)،الجذير (*RTP%*) والبادرة (*TSP%*) لدى صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .	36
05	وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR) لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .	38
06	الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية (CESR) لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) CIRTA بدلالة مستويات كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .	38
07	نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية (SRRR) ،نسبة حركية المدخرات البذرية (RMRS) ونسبة الطاقة المستنفذة (EE) لدى بذور صنف القمح الصلبCIRTA *(Triticum durum* Desf.*)* بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .	40
08	كمية مواد التنفس SMR لدى بذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.*)* CIRTA بدلالة مستويات كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.	41
09	كفاءة أيض البذورSME لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) CIRTA. بدلالة مستويات كلوريد الألمنيوم (AlCl3) في الوسط .	42
10	تحليل المكونات الأساسية (ACP) لمعايير إنبات و نمو بادرات القمح الصلب	43

	صنف CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط . (*Triticum durum* Desf.)	

الرقم	عنوان الجدول	الصفحة
01	التصنيف العلمي لنبات القمح *(Tritcum drum)*	4
02	التركيب الكيميائي لحبة القمح	6
03	المراحل الفيزيولوجية للقمح	12
04	الخصائص التقنية الخصائص التقنية لصنف القمح المدروس	23
05	قائمة الأدوات ، المواد والمحاليل المستعملة والأجهزة المستعملة	24
06	طول الجذيرRTL،طول السويقة SHL،طول البادرةTSL وكذلك النسبة (RTL/SHL) لصنف القمح الصلب (*Triticum durum Desf*) CIRTA بدلالة مستويات تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم (AlCl3) في الوسط	35

الرقم	عنوان الوثيقة	الصفحة
01	أجزاء نبات القمح	6
02	مكونات حبة القمح	7
03	رسم توضيحي لمختلف مراحل دورة حياة نبات القمح	8
04	رسم توضيحي لمرحلة الإنبات	9
05	رسم توضيحي لمرحلة التجدير و الإشطاء	10
06	رسم توضيحي لأطوار نمو نبات القمح	12
07	رسم توضيحي لآليات استجابة النباتات للمعادن الثقيلة	20

قائمة الاختصارات

الرمز	الكلمة
%	النسبة المئوية
°C	الدرجة المئوية
$AlCl_3$	كلوريد الألمنيوم
DIV	الشعبة
Sub Div	تحت الشعبة
G	الجنس
Var	الصنف
SHL	طول السويقة
RTL	طول الجذر
TSL	طول البادرة
SVI	مؤشر قوة البذور
mg	ملغرام
GP	النسبة المئوية للإنبات
PIG(GP)	نسبة تثبيط النسبة المئوية
PI (SVI)	نسبة تثبيط مؤشر قوة البذور
TSP	طول البادرة
RTP	طول الجذ ير
SHP	طول السويقة
RSR	وزن المدخرات البذرية المستهلكة
RMRS	نسبة حركية المدخرات البذرية
CESR	الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية
SRRR	نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية

ROS	الأكسيجينية النشطة للجذور الحرة
EE	نسبة الطاقة المستنفذة
SME	كفاءة أيض البذور
SMR	كمية مواد التنفس
l	لتر
ACP	تحليل المكونات الأساسية

المقدمة

المقدمة

يعتبر القمح الصلب من أهم المحاصيل الغذائية على المستوى العالمي لأنه المصدر الأول والأساسي لتغذية الإنسان في كل أقطار العالم (Fao, 2005) كما انه يحتل مكانة هامة بين المحاصيل المزروعة في الجزائر حيث انه يشغل مساحة 1 مليون هكتار سنويا رغم ذلك يبقى الإنتاج الوطني من القمح الصلب ضعيف حسب حاجيات الاستهلاك المتنامية مع الزيادة الديموغرافية ، ويرتبط تذبذب إنتاج القمح في الجزائر بالظروف البيئية والمناخية المسببة لمختلف الإجهادات اللاحيوية بما في ذلك إجهاد المعادن (Chellali , 2007).

يعد إجهاد المعادن الثقيلة أحد المشاكل الرئيسية التي تؤثر على الإنتاجية الزراعية للنباتات. تظهر النباتات الطبيعية اختلافات نسبية في قدرتها على تحمل المعادن الثقيلة. كما تنمو بعض النباتات جيدًا في تربة غنية بمستويات سامة من المعادن الثقيلة بينما لا يمكن أن تنمو نباتات أخرى (Yadav, 2010).

إن سمية الألمنيوم ليست السبب الوحيد للحد من إنتاج المحاصيل، حيث تتعرض النباتات باستمرار إلى مجموعة واسعة من الإجهادات البيئية المختلفة. طورت النباتات آليات لتسهيل تجنب الظروف البيئية المعاكسة أو السيطرة النشطة عليها. وعادة ما تتحقق الاستجابات الفعالة للدفاع عند النبات من خلال تنشيط آليات دفاع محددة (Arasimowicz-Jelonek *et al*., 2014).إن سمية الألمنيوم غالبًا ما يمكن التعرف عليها في النباتات بوضوح من خلال الأعراض المورفولوجية والفسيولوجية (Routa *et al*., 2001).

إن مرحلة الإنبات تعد مرحلة مهمة في نجاح زراعة و إنتاج المحاصيل ، حيث يعتمدها العديد من الباحثين في انتخاب الأنواع و تحملها للإجهادات البيئة المختلفة.كما وضحه هؤلاء (El rasafi *et al* 2016.,) حول تأثير كل من الكادميوم والزنك والحديد على إنبات البذور والنمو المبكر لبذور القمح والفول ، (Naseer *et al*., 2001) حول تأثير إجهاد الملح على إنبات ونمو بادرات الشعير، وكذلك (Sikder *et al*.,2009) تأثير إجهاد الحرارة على إنبات أصناف من بذور الذرة .

ومنه فقد تمت هذه الدراسة حول تأثير مستويات متزايدة من كلوريد الألمنيوم على صنف القمح الصلب (CIRTA *(Triticum durum* Desf ، في مرحلة مبكرة من النمو، و بهدف تحديد مدى استجابة صنف القمح المدروس لهذا النمط من الإجهاد، و ذلك من خلال طرحا لإشكالية التالية:

- ✓ ما مدى تأثيرمستويات تركيز عنصر الألمنيوم في الوسط على إنبات البذور، و نمو بادرات القمح الصلب ؟

- ✓ و لمحاولة الإجابة على هذه الإشكالية قسمت دراستنا إلى جزئيين :جزء نظري و جزء عملي:
- ✓ جزء نظريٌ شمل فصلين،الفصل الأول تطرقنا فيه إلى دراسة عامة حول نبات القمح،أما الفصل الثاني خصصناه إلى دراسة إجهاد المعادن الثقيلة.
- ✓ أما الجزء العملي تمحور حول دراسة عملية كانت مقسمة إلى فصلين،فصلها الأول أدرجنا فيه كافة المواد و الطرق المتبعة كما تم عرض لمختلف المعايير المدروسة (مرفولوجية وفسيولوجية)،أما في الفصل الثاني فسردنا النتائج و قمنا بتحليلها ومناقشته، كما ختمنا بحثنا بخلاصة عامة مع توصيات .

الجزء النظري

الفصل الأول

دراسة عامة حول نبات القمح

1. نبذة تاريخية لنبات القمح

حسب ما أشار إليه (شكري، 1975) أن القمح أختلف في موطنه الأصلي حيث تشير بعض البحوث الحديثة إلى أن مرتفعات فلسطين وسوريا هي أماكن نشأته ، كما يعتقد أن زراعة القمح بدأت أثناء العصر الحجري بحوالي 6000 سنة قبل الميلاد ، وحسب الدراسات الجيولوجية وأيضا رأي العديد من الباحثين فإن الموطن الأصلي لزراعته هو نهر الدجلة والفرات (حامد ، 1979) ثم توسعت إلى الصين وأوروبا وأمريكا وقد عثر فعلا على القمح البري في المناطق بالقطر العربي السوري (Wiliam ,1970) .

- كما بين في هذا المجال أيضا (Vavilov ,1934) أن الموطن الأصلي للقمح هو أحد المناطق الثلاث :

1.1. المنطقة السورية : يضم شمال فلسطين وجنوب سوريا وهي المراكز الأصلية لمنشأ أنواع الأقماح ثنائية الصيغة الصبغية Diploïdes 2n .

1.2. المنطقة الإثيوبية : وتعد المركز الأصلي لمنشأ أنواع الأقماح رباعية الصيغة الصبغية tétraploïdes 4n.

1.3. المنطقة الأفغانية الهندية : وهي المركز الأصلي لمنشأ مجموعة الأقماح سداسية الصيغة الصبغية hexaploïdes 6n .

2. الأهمية الاقتصادية لنبات القمح

يعتبر القمح من أهم المحاصيل الاقتصادية في العالم حيث لعب هذا المحصول الاقتصادي الهام دورا كبير في تقدم البشرية مند العصور القديمة وحاليا وهو أكثر استخداما في غذاء الإنسان والحيوان، ويستخدم في صناعة العجائن الغذائية في جميع أنحاء العالم حسب . (Cheftel . J *et* Cheftel H,1992) .

كما بينتا (قوادري وحميدو،2010) أن حبوب القمح و مشتقاته تدخل في صناعات غذائية كثيرة و بأشكال مختلفة ، يمكن أن نذكر منها ما يلي :

- إنتاج الأصباغ المختلفة التي تستعمل في الصناعات النسيجية و الأصماغ .
- تصنيع الزيوت من الحبوب.
- إنتاج السيليلوز ومشتقاته من قشور و بقايا نباتاتها و دخوله في تصنيع الورق والكارتون .
- استعمال المواد الموجودة داخل الحبوب كمصدر للطاقة و في إنتاج مواد التلميع والتجميل.

- إنتاج المواد المحسنة و المستعملة في بعض الصناعات الغذائية كالمشروبات المنعشة وبدائل الحليب و منتجات الألياف الأخرى .
- دخول الحبوب و منتجاتها في إنتاج البلاستيك و في إنتاج أوساط النمو (أغذية للأحياء الدقيقة المنتجة للمضادات الحيوية).
- علف للماشية :تستخدم بعض أجنة القمح الأبيض بعد الطحن في أعلاف الدواجن و الماشية ،كما تقدم حبوب القمح علف الحيوانات المزارع عندما تكون التغذية بها اقتصادية.

3. الأصل الجغرافي لنبات القمح

يعتقد أن الأصل الجغرافي للقمح يتمركز ضمن المناطق الغربية لإيران ،شرق العراق ، وجنوب شرق تركيا . و يعد القمح أحد أوائل المحاصيل التي زرعت وحصدت من قبل الإنسان منذ حوالي 7000 إلى 10000 سنة ضمن منطقة الهلال الخصيب بالشرق الأوسط (Croston *et* Williams, 1981) . ثم انتشرت زراعة القمح إلى الشرق الأوسط ، شمال إفريقيا ،أسيا ، ثم في القارة الأمريكية و دخل إلى أستراليا في حدود سنة 1790 م .(Hillman et *al*., 2011; Snape *et* Pankova ., 2006).

4. التصنيف النباتي للقمح الصلب

ينتمي نبات القمح إلى الفصيلة النجيلية Graminées أو Poacée التي تضم 8000 نوعا تصنف تحت 525 جنسا و هي الفصيلة الوحيدة من رتبة Glumi Florales من صنف أحاديات الفلقة Monocotylédones و ينتمي القمح إلى جنس *Triticum* الذي يضم تحته نوعين (كيال ,1979) . ويصنف القمح كما في **الجدول (01)** التالي :

جدول (01):التصنيف العلمي لنبات القمح (*Tritcum drum*)(Feillet , 2000 ; Burnie *et al.*, 2003)

شعبة :النباتات الزهرية	Division : Spermatophytae
تحت شعبة :مغطاة البذور	Sub Div : Angiospermae
صف :أحاديات الفلقة	Class : monocotylédonea
رتبة :القُنبيعيات	Order : Cyperales
عائلة :النجيليات	Famille : Poaceae
جنس :القمح	Genne : *Triticum*
نوع :القمح الصلب	Espèsse : *Triticum durum*

5. الوصف المورفولوجي لنبات القمح

لقد أشار(كذلك ، 2000) أن نبات القمح يتكون من :

1.5.الجذر : توجد الجذور الجنينية وعددها خمسة و هي الجذير و زوجين من الجذور الجانبية و أحيانا تكون ستة أما الجذور العرضية تنشأ في محيطات من الجذور من منطقة التاج أو العقد السفلى للساق و فروعه تحت سطح التربة.

2.5. الساق : وهو عبارة عن ساق أسطواني قائم في الأقماح الربيعية و مفترش في الأقماح الشتوية أملس أو خشن ذو سلاميات مجوفة و عقد مصمتة ، عدد السلاميات في المتوسط ستة و هي غالبا بين 5 إلى 7 أغلبها مغلف وذلك بأغماد الأوراق التي تقوم بحماية السلاميات الغضة و تدعيمها أثناء النمو.

3.5. الأوراق: وهي الأوراق الخضرية في القمح مثل باقي النجيليات مرتبة على الساق بالتبادل في صفين متقابلين و درجة الانفراج بين الأوراق المتتالية °180إلا أن الورقة على البرافيل بزاوية °90 درجة , تتبعها الأوراق الأخرى °180 بانفراج ويكون نتيجة ذلك أن مستوى ترتيب الأوراق على كل ساق يكون زاوية قائمة بمستوى ترتيبها على الساق و الذي يسبقه .

4.5. النورة : حسب (جاد,1975) و آخرون إن السنبلة ذات محور متعرج يتكون من عدد من العقد ذو سلاميات قصيرة ضيقة القاعدة عريضة القمة أحد جانبيها محدب و الأخر مسطح أو مقعر لدرجة ما قد تغطى حوافها بشعيرات مختلفة الطول و السنابل جالسة على المحور عند القمة العرضية .

5.5. الحبوب: الحبة أو الثمرة تحت و يعلى بذرة واحدة جافة تختلف في الشكل و الحجم و القوام و توجد شعيرات في طرفي الحبة و يوجد الجنين داخل قاعدة الحبة (كذلك ، 2000)

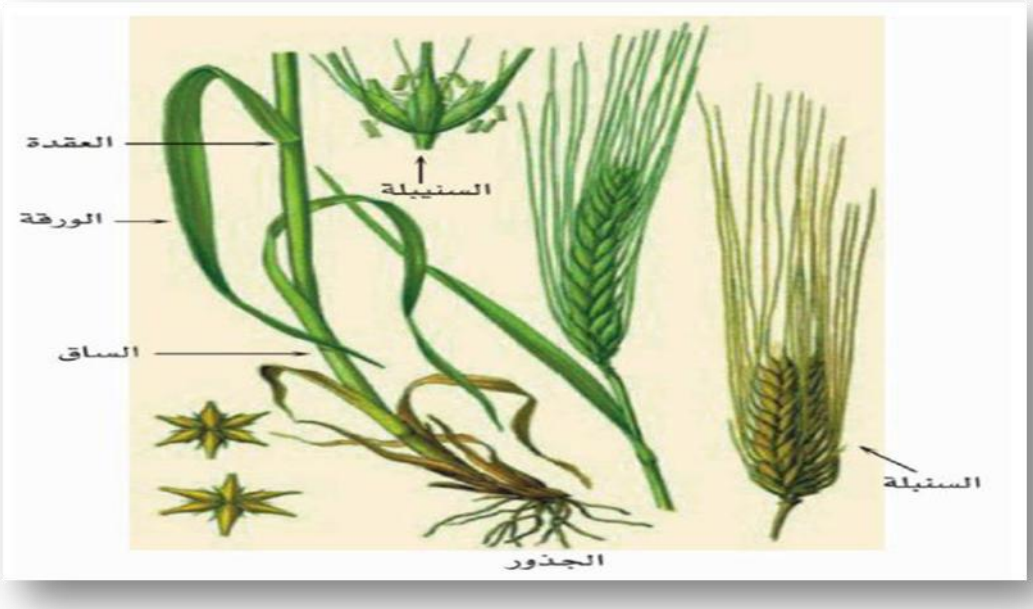
و قد قسمت حبة القمح حسب (Feillet, 2000) إلى 3 أجزاء :

1. السويداء:(L'albumen) تتكون من سويداء نشوية و طبقة الأليرون و تشكل السويداء من 80 إلى 85 % من البذرة.

2. أغلفة البذرة(Les envelopes) : يشكل من13إلى 17% من البذرة وهناك 5 أنسجة مختلفة :

غلاف النيوسيل ،خلايا متعامدة ،الغلاف الجنيني، الغلاف الداخلي أو الخارجي، خلايا أنبوبية.

3. الجنين(L'embryo): يتكون من الجنين scutelleum ويشكل حوالي 3% من البذرة .



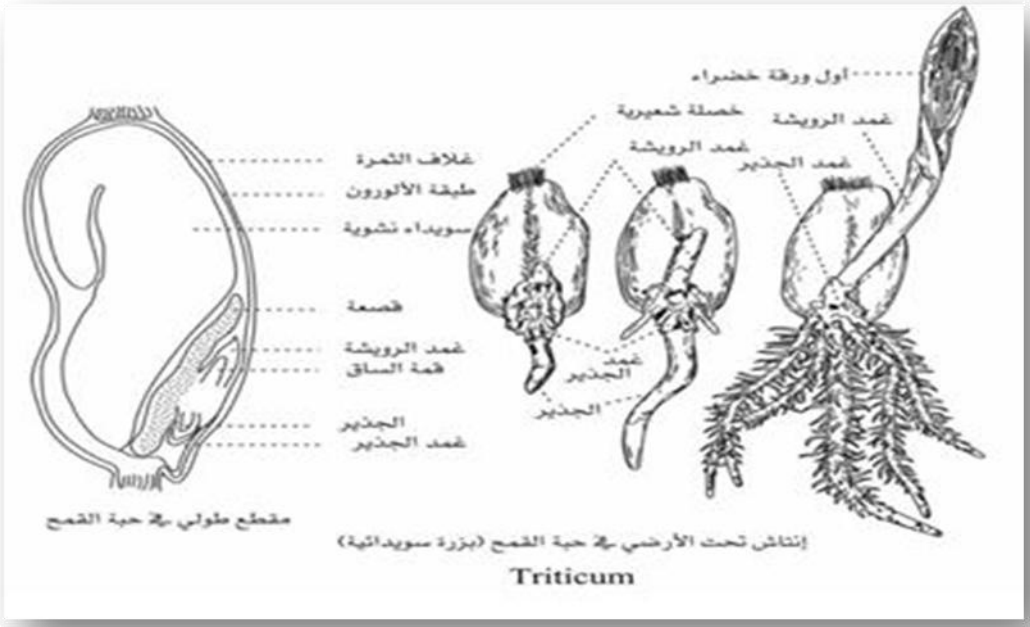
الوثيقة (01). أجزاء نبات القمح (حيروش وآخرون ،2015).

6. التركيب الكيميائي لحبة نبات القمح

يعتبر القمح مصدرا هاما للكربوهيدرات والنشاء والدهون والفيتامينات خصوصا فيتامين(B2,B1) وبعض الأملاح المعدنية و الجلوتينين gluteinin والجلادين gliding ، ولقد بين (عشاتن ،1985) أن تركيب حبة القمح مقدرة على أساس 1% من المادة الجافة وذلك حسب **الجدول (02)** الذي يوضح تقدير متوسط المكونات الكيميائية لحبة القمح .

جدول (02). التركيب الكيميائي لحبة القمح (عشاتن،1985)

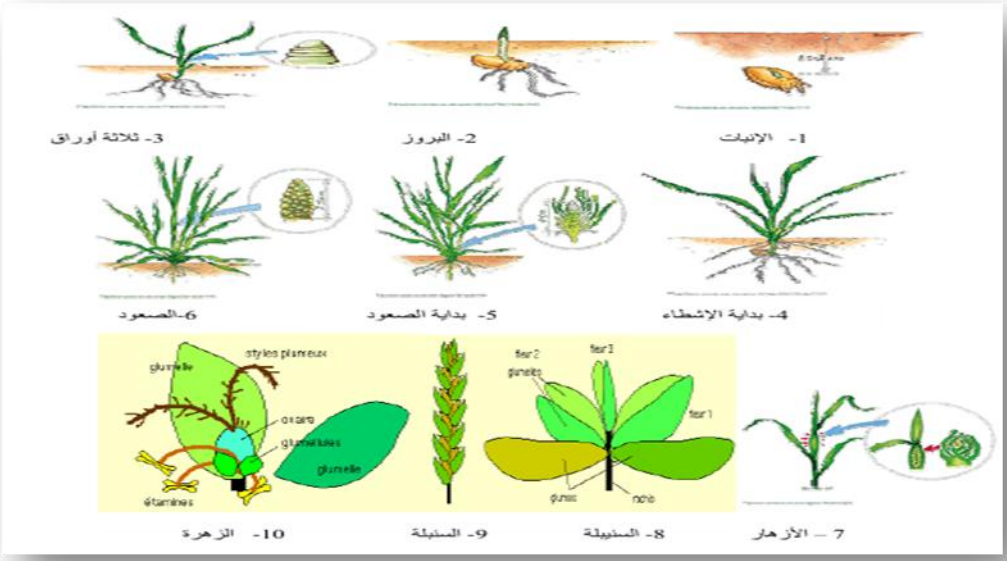
المواد التي تحتويها حبة القمح	النسبة المئوية من المادة الجافة (%)
مواد أزوتية	14.3
مواد ذهنية	1.9
مواد معدنية	2.0
سليلوز	2.9
نشاء	63.8
سكر	3.2
بنتوزات	7.4



الوثيقة(02). مكونات حبة القمح (حيروش وآخرون ،2015 .)

7. دورة حياة نبات القمح

تمر دورة حياة نبات القمح بثلاثة أطوار أساسية حسب (شايب ،2012) في **الوثيقة (03)**



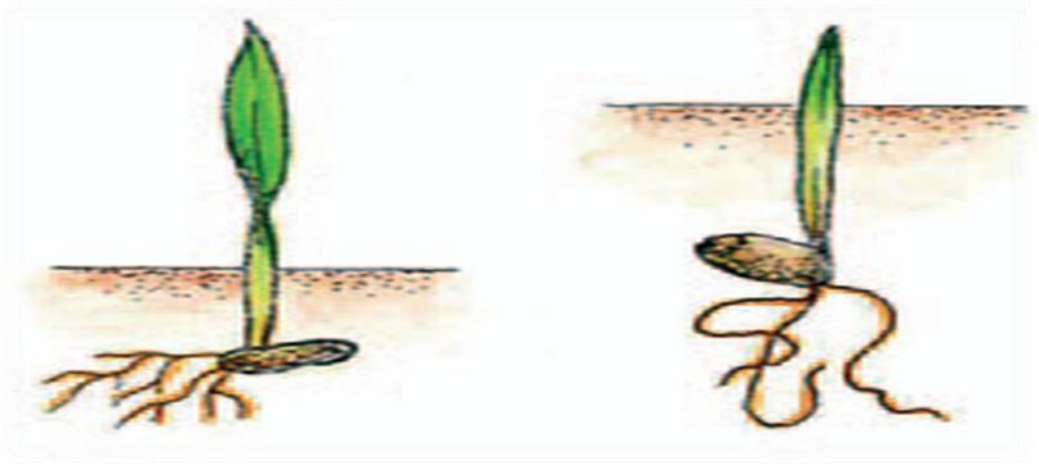
الوثيقة(03). رسم توضيحي لمختلف مراحل دورة حياة نبات القمح (شايب،2012) .

1.7. الطور الخضري Période végétatif

وينقسم هذا الطور إلى ثلاثة مراحل :

1. مرحلة زرع -إنبات (Phase semis-levée)

تبدأ هذه المرحلة بانتقال الحبة من حالة الحياة البطيئة إلى حالة الحياة النشيطة من خلال مرحلة الإنبات التي تترجم بإرسال الجذ ير،الجذور الفرعية و بروز غمد الورقة الأولى الذي يتطاول باتجاه السطح ، لتظهر الورقة الأولى وتنتهي هذه المرحلة عند بروز الورقة الثالثة .كما هو موضح في **الوثيقة رقم (04)** (Masle, 1981; Boufenar *et* Zaghoune, 2006).



الوثيقة(04). رسم توضيحي لمرحلة الإنبات (محرزية ، 2007 **)** .

2. مرحلة الإشطاء Phase début tallage

الإشطاء هو خروج أكثر من ساق من البذرة الواحدة و هذه ميزة من مميزات النباتات النجيلية المرغوب بها جدا في محاصيل القمح, و تخرج الإشطاءات التي تقع في أسفل الساق تحت سطح التربة أو تتكون من مجموعة من العقد المتصلة ببعضها وحسب (Benblaribi , 1990) فإنها تبدأ فور ظهور الورقة الرابعة للنبتة الفتية بحيث تنمو البراعم الإبطية على عقدة الساق الأصلية أسفل التربة، و بسبب النقص المائي في هذه الفترة ينخفض عدد الحبوب في السنبلة.(Martin, 1984) كما تعمل درجات الحرارة الضعيفة على تكوين عدد كبير من الأفرع وكذلك الإشطاءات (قندوز،.2010) ، وتتحقق نهاية المرحلة الخضرية بتوقف طور التفريع و بداية استطالة الساق الرئيسي وظهور شكل السنبلة الملفوفة بالأوراق كما هو موضح في **الوثيقة (05).**

الوثيقة (05). رسم توضيحي لمرحلة التجدير و الإشطاء (محرزية، 2007)

3. مرحلة بداية الإشطاء – بداية الصعود (Phase débute tallage– débute montaison)

تتميز هذه المرحلة بتشكل الإشطاء وبداية نمو البراعم المتميزة في إبط الورقة الأولى التي تعطي برعم الساق الرئيسي . يخضع عدد الإشطاء بكل نبات إلى نوع النبات ، الصنف ، وسط النمو ، التغذية الآزوتية وعمق الزرع (Soltner,1990) . كما تتميز هذه المرحلة بتشكل البداية الزهرية التي تترجم بظهور التصميم الأولي للسنبلة . بسبب النقص المائي في هذه الفترة انخفاض بعدد الحبوب في السنبلة (Martin,1984)

2.7. الطور التكاثري(Période productrice)

يبدأ الطور التكاثري عندما يتمايز البرعم الخضري القمي Apex إلى برعم زهري . يتميز هذا الطور بنمو وتكوين السنبلة حيث تتوجه المادة الجافة المتكونة كليا خلال هده المرحلة إلى التراكم لتزهر بالمخزونات (Geslin *et* Rival,1995) . تتراوح هذه الفترة بين 15و18 يوما أين يكون نشاط عملية التركيب الضوئي مكثف . وينقسم الطور التكاثري الذي يعتبر إنتاجا إلى طور التخلق الزهري الذي يتصل بهياكل السنيبلات و طور تكوين الزهرة أين تنظم الزهور وتمتد السيقان . يظم هذا الطور أربع مراحل :

- **المرحلة الأولى :** تمثل مرحلة ظهور المعالم الأولى للسنبلة وتتميز بتباطؤ طفيف لنمو القمح الناتج عن تحول البرعم الخضري إلى برعم زهري .

- **المرحلة الثانية:** تمثل مرحلة نهاية الإشطاء (tallage) و بداية الصعود (montaiso) حيث تنتفخ العصفات) glumelles (على السنبلة الفتية بعد انتهاء نمو الأفرع (talles)
مباشرة.تترجم بداية الصعود بتباعد السلاميات و تؤثر التغذية الآزوتية و الفوسفاتية للقمح على أهمية الإشطاء في هذه الفترة,كما يؤدي الامتصاص الغير كافي لعنصري N و P إلى اصفرار الأوراق .

3. مرحلة الصعود والانتفاخ (Montaison et gonflement)

تستطيع سلاميات الأفرع العشبية بعد المرحلة B بنشاط فيما تحمل العقدة الأخيرة السنبلة في حين تتراجع وتتلاشى الإشطاءات أو الأفرع التي تتقدم بصورة غير طبيعية وتمتد هذه الفترة من28 إلى 30 يوم وتنتهي عند تمايز الأزهار(Soltner,1980) .

4. مرحلة الإسبال و الإزهار (Epiaison et floraison)

ينتهي خلالها تشكل الأعضاء الزهرية ،كما هو مبين في المرحلة الأخيرة من **الوثيقة (06)** بانفجار الغمد الذي يسمح بخروج السنبلة التي تبدأ في التحرر تدريجيا وهو ما يعرف بالانتفاخ وهي الفترة المناسبة لظهور نهايات السفاة في القاعدةligule للورقة الأخيرة (الورقة العلم) feuille étendard وقبل ظهور السنبلة نلاحظ انتفاخ الغمد . يتم التلقيح داخليا ثم تظهر الأسدية خارج العصفات في الثلث المتوسط للسنابل دالة على نهاية الإزهار . وتستغرق مدتها حوالي 32 يوم . يظهر المئبر باللون الأصفر وتصبح الأسدية بيضاء عند تعرضها للشمس . وقد تبقى بعض الأسدية الجافة على السنابل في نهاية الإزهار . يبدأ القمح في تغيير لونه15 يوما بعد نهاية الإزهار بفقد اللون الأخضر والتلون باللون الأصفر الذهبي أو البرونزي .

الوثيقة (06).رسم توضيحي لأطوار نمو القمح (Soltner, 1980) .

5. مرحلة الإثمار

تمثل مرحلة نمو البويضة المخصبة ذاتيا و تطورها ، و التي فيها يكون التمثيل الضوئي عند أقصى نشاط له بعد توقف نمو السيقان و الأوراق ،فالمادة الجافة المنتجة أو الممثلة من طرف الأوراق توجه كلها للتخزين ،لكن في نهاية هذه المرحلة ومن15 إلى 18 يوما الأخيرة تخزن في الحبة 40-50%من المادة الجافة ، و يتكون بذلك شكل الحبة النهائي وتكون خضراء و لينة و تعرف بمرحلة الحبة الحليبية ، و الجزء الباقي من المدخرات يوجد في السيقان و الأوراق والتي تبدأ في الاصفرار و يعتقد أن النبات يكون 3/4 من المادة الجافة الكلية.(Soltner, 1980).كما تمر الحبة بمرحلتين أخرتين و هما مرحلة الحبة العجينية و مرحلة الحبة الناضجة **(**معارفية ، 2009 ; Soltner., 1980).

جدول (2). المراحل الفيزيولوجية للقمح (محرزية ،2007)

المراحل	من البذر إلى الإنبات	من الإنبات إلى أول التجدير	من التجدير إلى الصعود	من الصعود إلى أول التسنبل	من التسنبل إلى النضج
المدة التقريبية	9 إلى 15 يوم	20 إلى 35 يوم	45 إلى 70 يوم	15 إلى 30 يوم	60 إلى 75 يوم

8. بعض العوامل البيئية المؤثرة على دورة حياة نبات القمح

1.8. الحرارة

يوافق القمح الجو معتدل البرودة أثناء أطوار النمو الأولي و كذلك معتدل الحرارة في أطوار النضج .و للقمح القدرة على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة و يكون الإنبات بطيئا و كلما ارتفعت درجة الحرارة عن ذلك أسرعت النباتات في الظهور على سطح الأرض (أرحيم،2002)، يختلف تأثير درجات الحرارة غير الملائمة أثناء أطوار النمو ، و تعتبر الفترة من التفريع إلى مرحلة السنابل أحد الفترات الحرجة في حياة النبات (كذلك، 2000) .

2.8. الإضاءة

تؤدي الإضاءة إلى زيادة قدرة نبات القمح على التفريع وزيادة كمية المادة الجافة ، و قد وجد أن كمية المادة الجافة للإشطاء،الأغماد ،الأنصال والسنابل تقلب زيادة كثافة التظليل .كما تنخفض قدرة نباتات القمح على امتصاص العناصر مثل النتروجين و الفسفور عند تظليل النباتات ، و تؤثر المدة الضوئية التي تتعرض لها نباتات القمح على طول الفترة اللازمة للإزهار(كذلك، 2000).

3.8. الرطوبة

يعتبر كل من الماء و التربة من العوامل المهمة للحفاظ على إنتاج مضمون ومستمر من القمح ، و تعتمد خاصية احتفاظ التربة بالماء على تحديد نوعية التربة المناسبة للزرع ، و التي تمثل أحد العوامل المحددة للإنتاجية (Abdellaoui et *al*.,2011) .

يتطلب نمو القمح توفر الرطوبة الدائمة خلال كل مراحل نموه ،حيث يعتبر الماء من العوامل المحددة لنمو نبات القمح (Soltner ., 1988) و تزيد حاجة القمح إلى الماء في المناطق الجافة نظرا للظروف المناخية غير المناسبة للنمو و المسببة للإجهاد (Loue , 1982) .

الفصل الثانـي

إجهاد المعادن الثقيلة

1. تعريف الإجهاد البيئي

هو انعكاس لمجموعة من العوامل البيئية لإحداث تغيرات في فسيولوجيا النبات تتميز عن الإجهاد المغير للأبعاد والذي يعرف بأنه التغير الجزئي في المادة نتيجة للإجهاد و يمكن أن يميز بالتغير الفسيولوجي الحادث استجابة للإجهاد البيئي و الذي لا يؤدي بالضرورة إلى خفض النمو أو التكاثر(عوينات ، 2018).

كما عرف بعض الباحثين الإجهاد بأنه تغير فسيولوجي يحدث عندما تتعرض النباتات إلى ظروف غير عادية و غير مرغوبة لا تهدد بالضرورة حياتها، بل قد تكون حافزا لاستجابتها لهذه الظروف الإقليمية (السيد.2005) .

2. تعريف المعادن الثقيلة

تتواجد المعادن الثقيلة في البيئة بصورتين إما على شكل مغذيات دقيقة وتكون ضرورية للعديد من الكائنات الحية (النباتات، الحيوانات والكائنات الحية الدقيقة) ، ومن بينها النحاس Cu ، النيكل Ni والزنك Zn ، على سبيل المثال يستخدم النحاس في التفاعلات الضوئية وأثناء التنفس (Hopkins 2003 ; Yruela ,2009,) في حين أن التركيزات العالية جدا من النحاس يمكن أن تجعله ساما ، وخصوصا في تأثيره على تثبيط نمو الجذو ر (Marschner ,2012) ، وكذلك تغيير بنية بعض البروتينات (Yruela ,2009) . أو على شكل عناصر سامة مثل الزرنيخ As ، و الكادميوم Cd، الرصاص Pb وكذلك الألمنيوم Al .

هذه العناصر لا تلعب أي وظيفة فسيولوجية في الكائنات الحية وبالتالي تعتبر عناصر سامة وغير أساسية .

3. تعريف إجهاد المعادن الثقيلة

هو نتيجة طبيعية لعملية التمثيل الغذائي للأكسجين ، عن طريق أنظمة الدفاع المضادة للأكسدة الذاتية . يمكن أن تكون مضادات الأكسدة الخلوية إنزيمية أو غير إنزيمية (Ch *et* Seo,2005) .الزيادة في أنشطة الإنزيمات المشاركة في التفاعلات الدفاعية مرتبطة بالنوع النباتي المستخدم أو نوع الإجهاد التأكسدي المطبق . تستخدم النباتات التي تتعرض للإجهاد التأكسدي أنظمة دفاع إنزيمية فعالة مثل : ديسموتازSOD ، الكاتلازCAT، بيروكسيداز اسكوربات APOX. تساعد أنظمة الدفاع الإنزيمية هذه في الحفاظ على الأشكال النشطة للأكسجين (Metwally *et al* ,2003; Milone *et al* ,2003; Hus et Kao ,2004) .

ويمكن تعريفه أيضا بأنه أي ضرر بيئي ينتج عنه زيادة في إنتاج المؤكسدات والجزيئات السامة المشتقة من الأكسجين ، وهو جزء حيوي وضار . يحافظ وجود هذا الجزيء على سلسلة كاملة من التفاعلات الجذرية التي تؤدي إلى توليد جزيئات مؤكسدة ROS (Hernadez *et al*,1995; Lamb *et* Discon ,1997) . أظهر العديد من المؤلفين أن أنواع ROS تلعب دورا مهما في نظام الدفاع ضد مسببات الأمراض (Doke ,1997; Bolwell *et al* ,2002)،وعمليات أخرى مثل الموت الخلوي المبرمج (Teichmann,2001) ، وتنبيه الخلية بوجود الإجهاد (Rentel *et* Knight,2004) .

4. معدن الألمنيوم Al

تعتبر سمية الألمنيوم مشكلة كبيرة لزراعة القمح في المناطق ذات درجة الحموضة المنخفضة في التربة ، حيث يوجد حوالي 2.6 مليار هكتار من التربة شديدة الحموضة ذات تراكيز عالية (Al^{+3}) في العالم . ومن المعروف أن عوامل الإجهاد تؤثر على نمو المحاصيل وتطورها وإنتاجها من خلال تأثيرها على أنشطة التمثيل الغذائي للنبات ، استطالة الجذر و تثبيط النمو (Alamgir *et* Akhter 2010,) . يعرف عنصر الألمنيوم Al أنه مثبط للنمو النباتات وخاصة في التربة الحمضية ، و الشكل الأكثر سمية في النبات هو أيونAl^{+3} .كما أظهرت بعض التقارير أن الألمنيوم بتركيزات منخفضة قد يؤدي إلي تحفيز نمو النبات (Emamverdian *et al.* , 2015) .

5. تأثير إجهاد المعادن الثقيلة على مرحلة الإنبات والنمو

1.5. التأثير على الإنبات

تعد مرحلة الإنبات هي المرحلة الأولى من حياة النبات ، ويعتبر الإنبات من أكثر العمليات الفسيولوجية الحساسة والتي يمكن أن تتأثر بالعوامل البيئية ، الإحيائية و غير الإحيائية ، لذلك تعد دراسة مرحلة الإنبات عملية مهمة لفهم آليات سمية الملوثات البيئية على النباتات(Mesnoua , 2017)

كما أن عملية إنبات البذور تتأثر بالمعادن الثقيلة بطريقتين :

1. سميتها العامة

تظهر أعراض السمية أثناء تعرض النباتات إلى المعادن الثقيلة السامة ،وتؤدي هذه العناصر الأساسية وغير الضرورية إلى تقليل النمو وتثبيطه في النباتات ، بسبب التغيرات التركيبية و البيوكيميائية و الفسيولوجية (Ali *et al* ,2011) . كما تؤثر التراكيز العالية من المعادن الثقيلة على العديد من التأثيرات السامة على النبات ، بما فيها تثبيط النمو والتمثيل الضوئي و الإصابة بالكلور ،

انخفاض تراكم الكتلة الحيوية ، امتصاص المغذيات المتغيرة ، والتوازن المائي ، الشيخوخة ، قد تتسبب في بعض الأحيان إلى موت النبات (Ali *et al* ,2011) .

كما تؤدي أيضا التغيرات البيوكيميائية إلى : تثبيط النشاط الإنزيمي ، اضطرابات في التمثيل الغذائي للنبات (خاصة التمثيل الضوئي والتنفس) ، أكسدة البروتينات ، وتغيير أغشية الخلايا عن طريق تحريض ظاهرة بيروكسيد الدهون ، ظهور فواصل في الحمض النووي والتي يمكن أن تؤد ي إلى موت الخلايا (Devi *et* Prasad, 1999 ; Dietz *et al*., 1999 ; Cheng, 2003)

2. تثبيط امتصاص الماء

تتم هذه الطريقة من طرف أنظمة الجذور ، لكونها أول عضو يلامس الأيونات السامة. زيادة تراكيز المعادن السامة في الوسط تؤثر سلبا على عملية إنبات البذو ر، و تأثر كذلك على الحركة وامتصاص الماء (Poschenreider *et al*,1989) . كما أشار (Barcelo *et al*,1986) أن تأثيرها على العلاقات المائية ليس فقط عن طريق امتصاص الماء والنقل ، ولكن أيضا عن طريق تقليل تحمل الإجهاد المائي . وبالتالي فان التركيزات العالية للعناصر السامة تقلل من نسبة الماء في محور الجنين ، وقد يكون هذا سبب في الانخفاض .

من جهة أخرى فإن لحافة البذرة هي العائق الرئيسي لأيونات المعادن التي تمنع تلوث الأجنة حتى تتمزق أغلفة البذرة و بروز جذير الجنين . كما تعتمد آثار المعادن على إنبات البذور للنباتات المختلفة على الاختلافات بين الأنواع في بنية البذور ، وخاصة لحافة البذور ، لأن هذه الأخيرة لديها مجموعة واسعة من الأشكال التشريحية التي لا توجد في أي عضو أو نسيج نباتي أخر (Singh *et al* , 2016) .

2.5. التأثير على النمو

تعتبر السمية المعادن الثقيلة العامل الرئيسي الذي يحد من نمو النبات (Datta *et al*, 2011). كما تعاني النباتات التي تنمو في التربة الغنية بالمعادن الثقيلة من انخفاض النمو والمحصول ، مما يشير إلى آثار سمية المعادن الثقيلة في إعاقة أداء النمو الإجمالي للنباتات المجهدة (Singh *et al* ,2016) .

1.2.5. تأثير إجهاد المعادن الثقيلة على الأوراق

تعتبر سمية الألمنيوم عاملاً محتملاً يحد من نمو النباتات المزروعة في التربة الحمضية و في كثير من الأحيان فإن أعراض سمية الألمنيوم ليست سهلة التعرف عليها في النباتات ، تشبه الأعراض الورقية أعراض نقص الفوسفور (P^+) ، بشكل عام التقزم ، الأوراق خضراء داكنة وصغيرة ، و

تأخر النضج ، وكذالك أيضا اصفرار وموت أطراف الورقة ، في بعض الحالات كما أن سمية الألمنيوم تظهر أيضا على شكل نقص في الكالسيوم (Ca^{+}) (Rout *et al*., 2001) .

2.2.5. تأثير إجهاد المعادن الثقيلة على الجذور

تعتبر الجذور هي الهدف الأول لسمية الألمنيوم (AL) ، بحيث أن تراكمه يسبب تثبيط نمو الجذور في غضون دقائق أو ساعات ، كما يزيد من سمك الجذور الجانبية ويغير لونها إلى البني . أيضا يؤثر إجهاد السمية سلبا على الأجزاء الهوائية من النباتات وخاصة عند تلف الجذر الرئيسي مما يعيق قدرة الجذور على امتصاص العناصر المعدنية. (Renata , 2016)، وتعتبر أعراض سمية المعادن الثقيلة الرئيسية في النباتات هي تثبيط نمو الجذور (Rout *et al*., 2001) .

6. تأثير إجهاد المعادن الثقيلة على استجابة النبات الفسيولوجية و البيوكيميائية

1.6. التأثير على توازن العلاقات المائية

تكمن الوظائف الرئيسية لجذور النباتات في امتصاص الماء والمغذيات غير العضوية ، و دعم جسم النبات وتثبيته على التربة ، و تخزين المواد الغذائية و المغذيات ، و التكاثر الخضري . هذه الأعضاء هي أيضا مواقع الاتصال الأولى لأيونات المعادن الثقيلة وتتراكم فيها كميات أكبر من المعادن بشكل ملحوظ مقارنة بأجزاء النباتات فوق التربة . قد تؤثر زيادة أيونات المعادن في الأنسجة على امتصاص الماء من التربة ، وبالتالي تقلل من محتوى الماء في الجذر(Renata , 2016)

2.6. التأثير على المحتوى من مضادات الأكسدة

تتعرض النباتات لإجهاد الأكسدة عند التعرض للمعادن الثقيلة التي تؤدي إلى تلف الخلايا.
بالإضافة إلى ذلك ، تراكم أيونات المعادن التي تؤدي إلى فقدان التوازن الأيوني الخلوي. لتقليل من الآثار الضارة بسبب التعرض للمعادن الثقيلة وتراكمها ، طورت النباتات آليات إزالة السموم ، المتمثلة في الإستخلاب والحجز الخلوي (Arasimowicz-Jelonek *et al*,2014)

إن تداخل أيونات المعادن الثقيلة مع مضادات الأكسدة على مستوى النباتات ، يمكن أن تقلل من القيمة الغذائية ، و زيادة نشاط بعض إنزيمات مضادات الأكسدة بسبب توليد الجذور الحرة ROS . (Singh *et al*,2016)

3.6. التأثير على التمثيل الضوئي

تؤثر الزيادة في المعادن الثقيلة على عدة أمراض كداء الاخضرار الحديدي الناجم عن زيادة النحاس (Kabata-Pendias, 2010) ويفسر ذلك بالتنافس بين الحديد والنحاس للناقلات المستخدمة أثناء امتصاص الجذور (Lexmond *et* Van der vorm ,1981) أو أثناء الانتقال إلى الأجزاء الهوائية ينخفض محتوى الحديد في النبات (Kopittke *et* Menzies , 2006) خاصة على مستوى البلاستيدات الخضراء ، مما يؤدي إلى تثبيط تركيب الكلوروفيل بسرعة (Panou-filothou *et al*, 2004) في حالة زيادة النحاس في التربة مع phytosiderophores تثبط اكتساب الحديد، والذي يحافظ بشكل متناقض على تأثير الإصابة بالكلور الذي يؤدي إلى تثبيط عملية التمثيل الضوئي (Michaud *et al* ,2007).

4.6. التأثير على المستوى الخلوي

تعمل بعض المعادن الثقيلة مثل النحاس في تثبيط الانقسام (Eleftheriou *et* Karataglis,1989)، واستطالة الخلايا عن طريق زيادة صلابة الجدران نتيجة استبدال أيونات Ca^{2+} بأيونات Cu^{2+}

(Arduini ,1994) زيادة تفرع الجذور ولكن لا تتطور وتبقى في حالة انتفاخ على مستوى القمم النامية

(Bravin , 2008; Kopittke *et al* 2007).

7. آليات التحمل واستجابة النبات إلى إجهاد المعادن الثقيلة

تبدي النباتات العديد من آليات المقاومة والاستجابة في حالة التعرض إلى إجهاد المعادن الثقيلة كما هو موضح في **الوثيقة (07)** . ونذكر من بين هذه الآليات :

1.7. غشاء البلازما : يعمل على تعديل نفاذية الغشاء مما يقلل من دخول المعادن في الخلية ، وكذلك يحد من تراكم الايونات باستخدام أنظمة التدفق الأيوني التي لا تنقل الأيونات السامة. وبالتالي غشاء البلازما هو الحاجز الأول لدخول العناصر المعدنية السامة (Meharg , 1993) . وظيفة البروتينات المرتبطة بغشاء البلازما تلعب دور أساسيا في نقل المعادن عبر الغشاء ،مثل بروتينات MTs وهي غنية بالسيستين الذي يعمل على إزالة السموم (Hamer, 1986) .

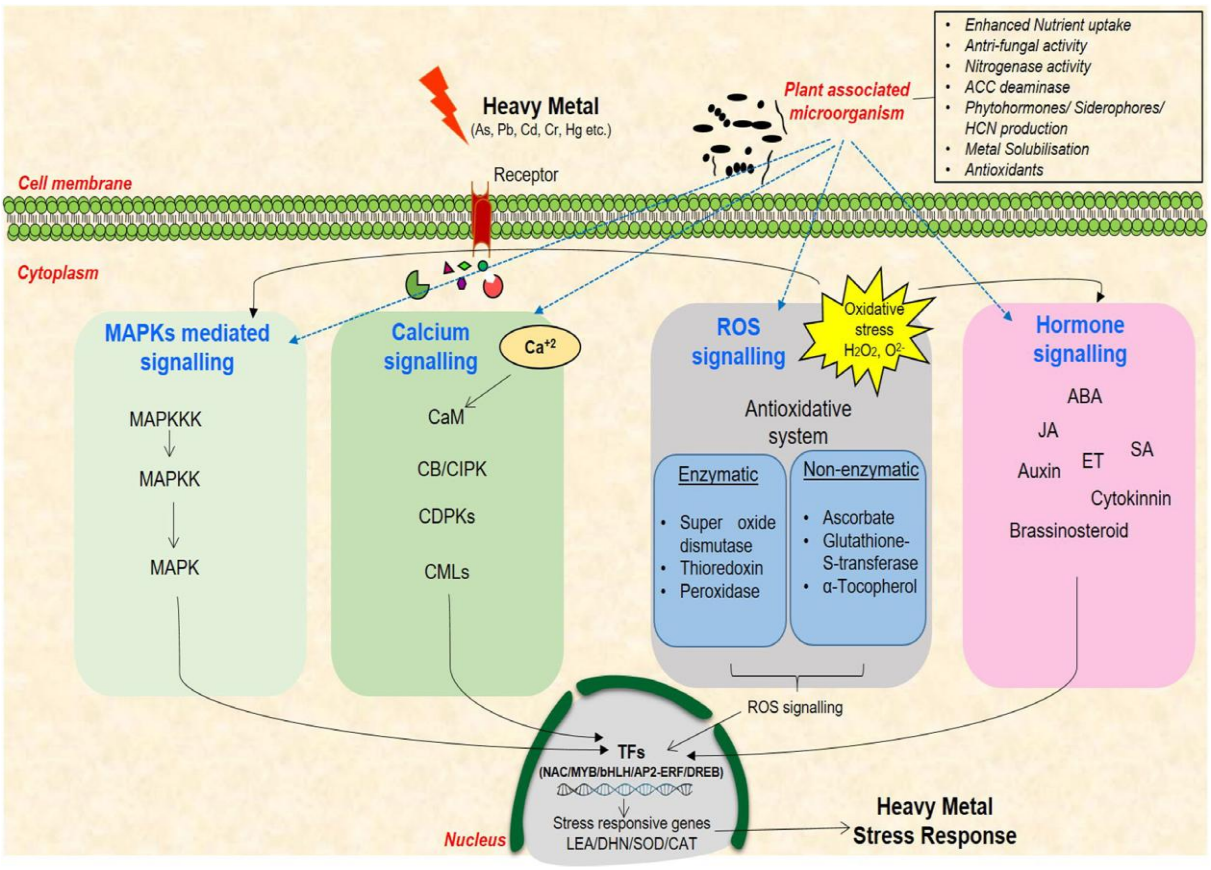
2.7. نظام مضادات الأكسدة : تلعب دورا مركزيا في إزالة السموم من المعادن الثقيلة داخل الخلية وذلك من خلال توليد ROS والتي تحتل ثلاث إنزيمات رئيسية وهي SOD، CAT وPOX (Sanita Di Toppi *et* Gabbrielli ,1999).

3.7. إفرازات الجذر:

✓ **الأحماض العضوية :**تحت ضغط المعادن الثقيلة ، يزيد إفراز الأحماض العضوية في الجذور مثل حمض الاكساليك ، الستريك ،الماليك .....،تحتوي الأحماض العضوية عادة على مجموعة أو أكثر من مجموعات الكربوكسيل التي يمكن أن تتخلب بالمعادن الثقيلة لتكوين مركبات غير سامة تمنعها من الدخول للنبات (Chen *et al*,2016) .بالإضافة إلى ذلك يمكن أن توفر الأحماض العضوية التي تفرزها الجذور أيضا مصدر الكربون للكائنات الحية الدقيقة (Xin *et al* ,2014).

✓ **حمض أميني :**تحت ظروف الإجهاد المعدني الثقيل ، يزيد من إفراز الأحماض الأمينية في جذور النبات بشكل ملحوظ (Fu *et al* ,2017). يمكن أن توفر إفرازات الأحماض الأمينية الجذرية مصادر مغذية للكائنات الدقيقة في منطقة الجذور مثل البكتيريا والفطريات ، التي تستخدم إفرازاتها و مستقلباتها لمنع امتصاص جذور النباتات للمعادن الثقيلة (Wang*et al*,2016). يمكن أيضا لإفرازات الأحماض الأمينية الجذرية أن تتخلب مباشرة مع المعادن الثقيلة ، مما يخفف من التأثيرات السامة للمعادن الثقيلة

✓ **سكر قابل للذوبان وبروتين قابل للذوبان :** تعمل الخلايا على تراكم المواد المذابة ،مثل البروتينات والسكريات القابلة للذوبان ، والتي تهدف لضمان الإمداد الطبيعي للماء في ظل ظروف إجهاد المعادن الثقيلة والحفاظ على الوظائف الفسيولوجية الطبيعية للخلايا(Jia *et al* ,2012).



الوثيقة (07). رسم توضيحي لآليات استجابة النباتات للمعادن الثقيلة (Tiwari *et* Lata,2018.).

الجزء العملي

الفصل الأول

مواد وطرق الدراسة

I. مواد وطرق الدراسة

1.I. المادة النباتية

أستعمل في هذه الدراسة صنف القمح الصلب(*Triticum durum Desf.*) والمتمثل في الصنفCIRTA. تم الحصول على البذور من تعاونية الحبوب والبقول الجافة CCLS، لولاية الوادي، وهي إنتاج الموسم 2020/2019.

جدول (3).الخصائص التقنية الخصائص التقنية لصنف القمح المدروس (Ben Belkacem *et* Kellou, 2000)

الصنف	الأصل الجغرافي	خصائص مرفولوجية	خصائص تكنولوجية	الإنتاجية	المنطقة الملائمة	الدورة الزراعية
CIRTA	محلي (قسنطينة)	الحبة صفراء شاحبة، صغيرة منبسطة	وزن ألف حبة متوسط PMG	متوسط	السهول الداخلية والمرتفعات	نصف مبكرة

2.I. الأدوات و المواد الكيميائية المستعملة

تم في هذه التجربة استعمال الأدوات و المواد المشار أليها في الجدول التالي:

جدول(04). قائمةالأدوات ، المواد والمحاليل المستعملة والأجهزة المستعملة .

الأدوات المستعملة	المواد والمحاليل المستعملة	الأجهزة المستعملة
- علب بتري - ورق صحي - أورق مليمترية - بذور القمح الصلب المدروس - ورق الألمنيوم	- ماء مقطر - ماء جافيل أو محلول (هيبو– كلوريد الصوديوم) - كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3 6H_2O$)	- ميزان حساس - حاضنة كهربائية

II. طرق الدراسة

1.II. تحضير بذور القمح للاختبار

بذور القمح المتحصل عليها غير معالجة بأي مادة كيميائية، بحيث تم انتقاء بذور سليمة ومتجانسة في اللون والحجم والشكل لهذا الصنف، وقد تم تعقيمها بنقعها في محلول هيبو– كلوريد الصوديوم (ماء جافيل °12) (10 %) لمدة 10 دقائق، ثم غسلت جيدا ثلاث مرات بالماء المقطر.

2.II. تحضير المحاليل المعدنية

استعملنا الماء المقطر وأملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3\ 6H_2O$) لتحضير المحاليل المعدنية التالية :

- التركيز الشاهد :C0 ماء مقطر(خالي من كلوريد الألمنيوم) يمثل التركيز 0 mg/l.
- التركيز الثاني C1:75mg /l.
- التركيز الثالث C2:150mg/l.
- التركيز الرابع C3 :300mg/l.
- التركيز الخامس C4: 600mg /l.

3.II. تصميم وتنفيذ التجربة

أجريت التجربة في المخبر رقم 10 بكلية علوم الطبيعة والحياة بجامعة الشهيد حمه لخضر الوادي للموسم الجامعي2020/2019 في ظروف شبه متحكم فيها.

اجري اختبار الإنبات في إطباق بتري بأبعاد 9 سم تحتوي على طبقتين من الورق الصحي ، تم وضع 20 بذرة في كل طبق لنفس الصنف المدروس ، تم اعتماد خمس معاملات (لتركيز كلوريد الألمنيوم)، لكل معاملة خمسة تكرارات، وتم ري الأطباق يوميا بمعدل 7 و5 ملل بالتناوب مع غسل وتعقيم أطباق بتري واستبدال الورق الصحي كل 48 ساعة، وذلك لتفادي تراكم المعدن.

أجريت التجربة في ظروف الظلام، و درجة حرارة 1 ± 25 م°، كما تم إحصاء البذور المنتشة بعد 24 ساعة إلى غاية اليوم السابع من الزرع (من 16 فيفري 2020 إلى غاية 23 فيفري2020). تعتبر البذور نابتة عند بروز الجذ ير بطول 2 mm (Ashagre *et al*,2014).

II.4. المعايير المدروسة

بعد مرور 7 أيام من الزرع أجريت مختلف القياسات للمعايير المراد دراستها . تم أخذ 10عينات (بادرات القمح) من كل تكرار لكل معالجة، حيث تم اخذ قياس الأطوال لها وهي طازجة ،أما بالنسبة للوزن الجاف للعينات فقد تم تجفيفها عند 100C° لمدة 24 ساعة، ثم سحبت من الحاضنة وتركت لمدة ساعة من الزمن في ظروف المخبر لكي تبرد، من ثم تم تقدير الأوزان الجافة للعينات، بما فيها المتبقي من الأندوسبيرم، بواسطة ميزان حساس (0.0001 g).

II.1.4. مؤشرات الإنبات

II.1.1.4. النسبة المئوية للإنبات GP%

يعُبر عنها بالنسبة المئوية للبذور المنتشة من المجموع الكلي للبذور، تم حسابها حسب (Elrasafi *et al.*, 2016) وتم اعتماد اليوم السابع من التجربة لتحديد نسبة الإنبات النهائية وفق المعادلة التالية:

$$\mathbf{GP\%}=(NGS/TNS)x100$$

حيث أن: NGSعدد البذور المنتشة ؛TNSعدد البذور الكلي

II.2.1.4. مؤشر قوة البذور SVI

حسب (Shaikh *et al.*,2013)، تم تحديد مؤشر قوة الإنبات بإجراء جداء بين وزن البادرة (mg) و نسبة الإنبات (GP%)،حسب العلاقة التالية:

$$\mathbf{Seeds\ vigor\ index\ (SVI)} = DMSL \times GP\%$$

حيث أنDMSL: متوسط الوزن الجاف للبادرة

بعد أخذ قياس أطوال السويقات والجذور لبادرات صنف القمح المدروس، قمنا بأخذ أوزانها الجافة بواسطة ميزان حساس.

II.3.1.4. نسبة التثبيط لكل من نسبة الإنبات PI(GP%) و لمؤشر قوة البذور PI(SVI)

تحسب نسبة التثبيط وفق العلاقات التالية حسب.(Nijara *et al*, 2019):

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

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

II.4.2. معايير نمو البادرات

II.4.2.1. قياس الأطوال (السويقة، الجذير والبادرة)، أيضا العلاقة جذير/سويقة

تم قياس أطوال كل من السوقية و الجذير الرئيسي باستخدام ورقة مليمتريه وذلك بأخذ 10عينات لكل معاملة عند الصنف المدروس.

II.4.2.2. نسبة السمية لأطوال كل من السويقة، الجذ ير والبادرة

وفق (El rasafi *et al*.,2020)، تحسب نسبة سمية السويقة (*SHP%*)، نسبة سمية الجذير(*RTP%*) و نسبة سمية البادرة (*TSP%*)،كالتالي :

$$SHP\% = ((SHL_{control} - SHL_{treatment}) / SHL_{control}) \times 100$$

$$RTP\ \% = ((RTL_{control} - RTL_{treatment}) / RTL_{control}) \times 100$$

$$TSP\ \% = ((TSL_{control} - TSL_{treatment}) / TSL_{control}) \times 100$$

حيث أن: SHL طول السويقة، RTL طول الجذير، TSL طول البادرة

II.4.3. حركية المدخرات و أيض البذور

II.4.3.1. وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR)

وهي تمثل قيمة المدخرات المستهلكة أثناء عملية الإنبات، و حسب (Gupta *et al*.,2016) يتم تحديدها وفق المعادلة التالية

$$\mathbf{RSR}\ (mg) = DMS - RDME$$

حيث أن DMS: الوزن الجاف الأولي للبذور ؛RDME وزن متبقي المادة الجافة من الأندوسبيرم تم وزن 50 بذرة جافة قبل الإنبات من الصنف المدروس و تم أخذ متوسط هذه الأوزان كوزن أولي.

II.3.4.2. الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية (CESR)

وهي قدرة كفاءة حركية المدخرات في البذور ،وحسب (Gupta *et al.*, 2016) يتم تقديرها باستعمال العلاقة التالية:

$$\textbf{CESR (mg mg}^{-1}\textbf{)} = DMSL / (DMS-RDME)$$

أو

$$\textbf{CESR (mg mg}^{-1}\textbf{)} = DMSL / RSR$$

حيث أن :DMSL الوزن الجاف للبادرات

II.3.4.3. نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية (SRRR)

حسب (Gupta *et al*. ,2016) تم تحديد SRRR عن طريق العلاقة التالية:

$$\textbf{SRRR}(\%) = ((DMS - RDME) /DMS)x100$$

أو

$$\textbf{SRRR (\%)} = (RSR/DMS)x100$$

II.3.4.4. نسبة حركية المدخرات البذرية (RMRS)

حسب (Gupta *et al*.2016,) تم تحديد RMRS وفق العلاقة التالية :

$$\textbf{RMRS (\%)} = (DMSL /DMS) \times 100$$

II.3.4.5. نسبة الطاقة المستنفذة (EE)

حسب (Gupta *et al.*,2016) تم حساب EE كالتالي :

EE (%) = ((DMS-RDME- DMSL)/DMS) x 100

II.6.3.4. الكفاءة الأيضية للبذور

يمكن تعريف الكفاءة الأيضية للبذور حسب (Sikder *et al.*,2009) على أنها قيمة الوزن الجاف للسوقية والجذر (g) المنتجة من 1 وحدة(g) من وزن البذور الجافة التي تم استنفادها،وبالتالي يمكن القول انه كلما ارتفعت قيمة كفاءة الأيض للبذور (SME) ارتفعت معه كفاءة إنبات البذور ، حيث سيتم استعمال المزيد من المدخرات لنمو الجذير و السويقة.

و حسب (Sikder *et al.*,2009)، فانه و لحساب الكفاءة الأيضية للبذور يتوجب احتساب كمية مواد التنفس (SMR) اللازمة لذلك، كالتالي :

SMR (mg)= DMS - (SHW+RTW+ RDME)

حيث أن SHW :الوزن الجاف للسويقة ؛RTW الوزن الجاف للجذر ؛RDME وزن متبقي المادة الجافة من الأندوسبيرم .

و منه تم حساب كفاءة أيض البذور(SME) باستخدام الصيغة التالية:

SME (mg mg^{-1}) = (SHW + RTW) / SMR

II.5. الدراسة الإحصائية

تم اعتماد طريقة تحليل التباين (ANOVA) في اتجاه واحد مع اعتبار مستوى المعنوية (P >0.05)

التباين غير معنوي ؛($0.01< P <0.05$) التباين معنوي ؛ ($0.001< P <0.01$) التباين عالي المعنوية ؛ (P <0.001) التباين جد عالي المعنوية. بخصوص الدراسة الإحصائية تم استخدام البرنامج الإحصائي Minitab 17 وذلك لتحديد نمط التباين بين العينات واحتساب مصفوفة الارتباط للمعايير المدروسة،كما تم أيضا اعتماد برنامج الـ Excel لـ Microsoft Office2010 لرسم مخططات الأعمدة والمنحنيات البيانية.

تم التحليل الإحصائي بالنسبة للمعايير المدروسة بطريقة التحليل للمكونات الأساسية (ACP) Analyse des Composantes Principales عند (α=5%) بواسطة البرنامج XLSTAT 2016 وهي طريقة تحليل البيانات من النوع الرقمي لتوضيح علاقة الارتباط بين المتغيرات والعينات من اجل دمج كافة النتائج في منحنى موحد لإتاحة تسهيل التغيرات والعرض العياني للفروقات بين مختلف التغيرات الخاضعة للدراسة.

الفصل الثانـي

النتائـج والمنـاقشة

I. النتائج

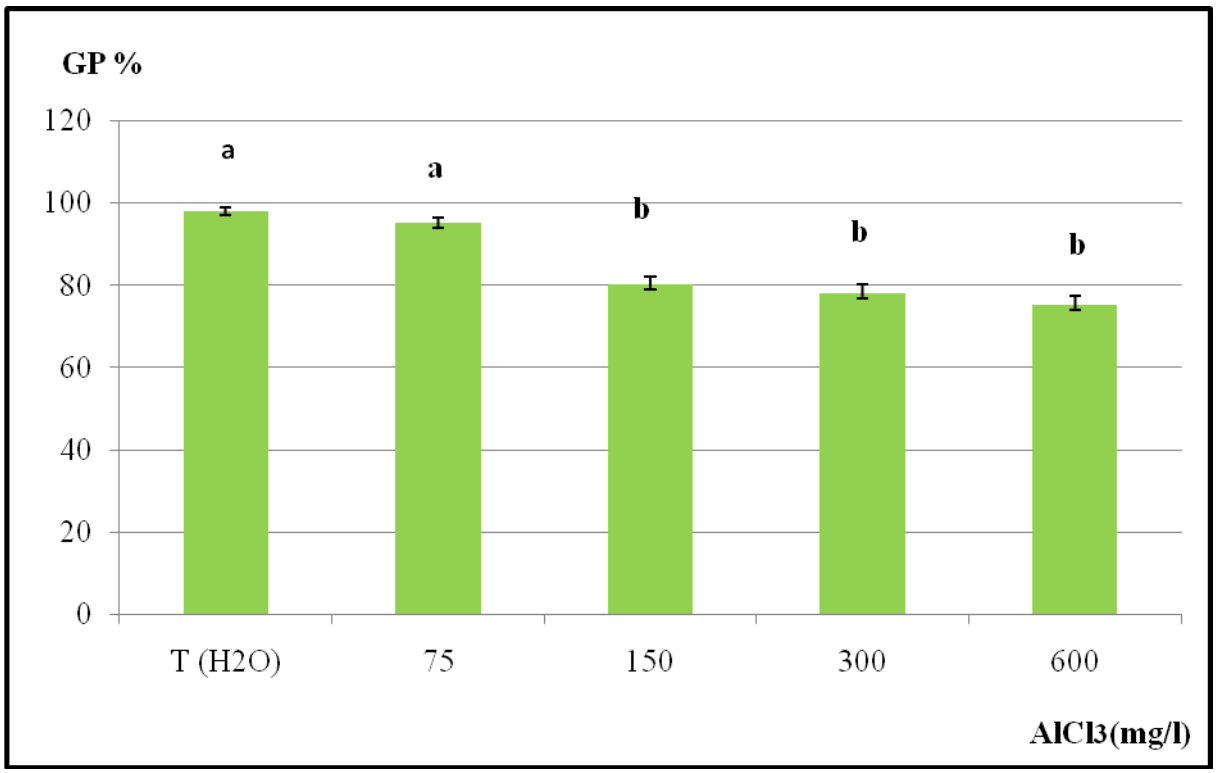
1.I. مؤشرات الإنبات

1.1.I. النسبة المئوية لإنبات البذور(GP%)

نلاحظ من خلال **الشكل (01)** أن متوسط نسب الإنبات لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.:CIRTA) تتناقص تدريجيا كلما زاد تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط ، حيث سجلت أعلى نسبة للإنبات (95%) عند التركيز 75 mg/l، في حين سجلت أقل نسبة (75 %) عند التركيز 600 mg/l لأملاح $AlCl_3$في الوسط مقارنة بالشاهد.

وحسب نتائج تحليل التباين ANOVA نجد أن تأثير عامل الإجهاد ($AlCl_3$) ذو تباين جد عالي المعنوية **(الملحق01:الجدول1).**

كما نشير إلى وجود علاقة ارتباط ايجابية قوية بين النسبة المئوية لإنبات البذور (GP%) ومؤشر قوة البذور حيث قدرت r =0.972 ،كذلك مع وزن المدخرات البذرية المستهلة و نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية حيث قدرت قيمة r=0.988، r=0.988 على التوالي**(الملحق04)**



الشكل (01).متوسط نسبة الإنبات (GP%) لبذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) صنفCIRTA، بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .

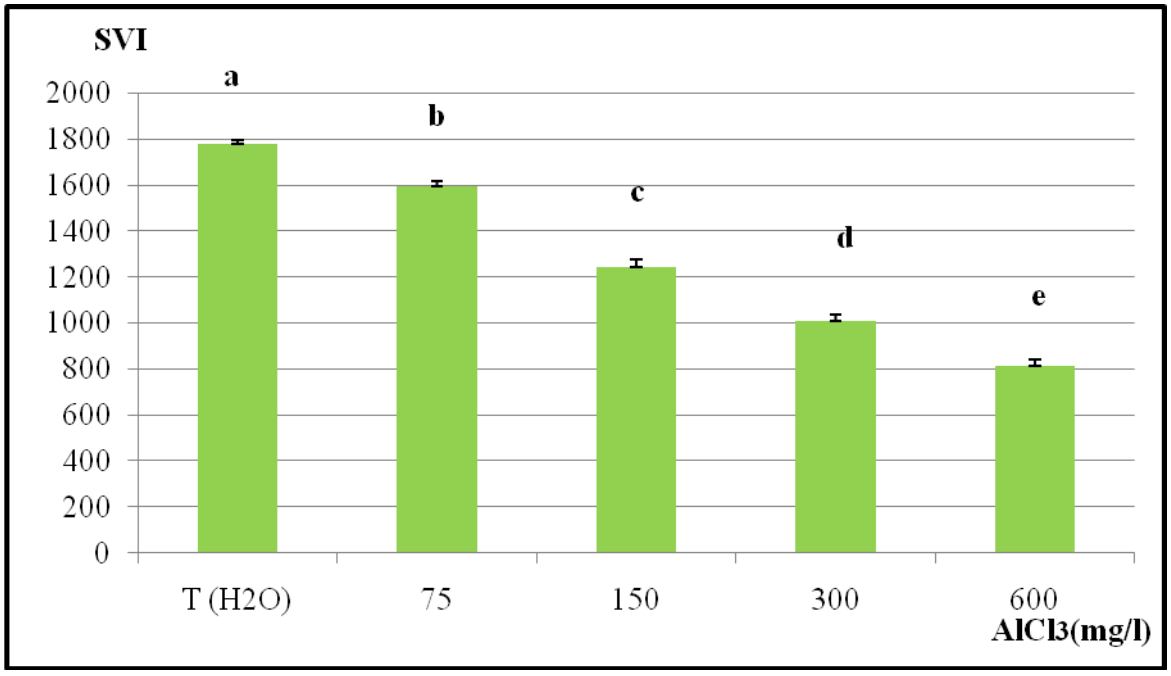
القيم المعطاة :المتوسط ± الانحراف المعياري ، حيث n=20 ؛ المتوسطات التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

I.2.1. مؤشر قوة البذور(SVI)

نلاحظ من خلال **الشكل (02)** أن مؤشر قوة الإنبات (SVI) لدى بذور صنف القمح الصلب CIRTAسجل تناقص معنوي كلما زاد تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط مقارنة بالشاهد، حيث سجلت أقل قيمة (812.3) تحت تأثير التركيز 600 mg/l لأملاح $AlCl_3$، في حين سجلت لدى العينات الشاهد أعلى قيمة (1779).

وحسب نتائج تحليل التباين ANOVA نجد أن عامل الإجهاد ذو تباين جد عالي المعنوية **(الملحق 01: الجدول 02)**

كما توجد علاقة ارتباط سالبة قوية بين مؤشر قوة البذور (SVI) ونسبة تثبيط نسبة الإنبات حيث قدرت قيمة r= -0.972 ، ونشير أيضا إلى وجود علاقة ارتباط ايجابية قوية مع وزن المدخرات البذرية المستهلكة حيث قدرت قيمة r = 0.980، وكذلك مع نسبة حركية المدخرات البذرية حيث قدرت قيمة r= 0.978 **(الملحق04)**



الشكل (02).مؤشر قوة البذور SVI لدى صنف القمح الصلب(*Triticum durum* Desf.): CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

القيم المعطاة :المتوسط ± الانحراف المعياري، حيث n=20؛ المتوسطات التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

I.3.1. نسبة تثبيط إنبات البذور(PI(GP%

نلاحظ من خلال **الشكل (03)** أن نسب التثبيط للإنبات*PI(GP%)*عند بذور القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) صنف CIRTAتزداد بزيادة بطيئة جدا في التركيز 75mg/l بقيمة (2.92%) وتكاد تكون ثابتة من التركيز 150mg/l إلى أنتصل (23.36%) في التركيز600mg/l بزيادة تراكيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

وحسب نتائج تحليل التباين ANOVA نجد أن تأثير عامل الإجهاد ذ و تباين جد عالي المعنوية **(الملحق 01: الجدول 03).**

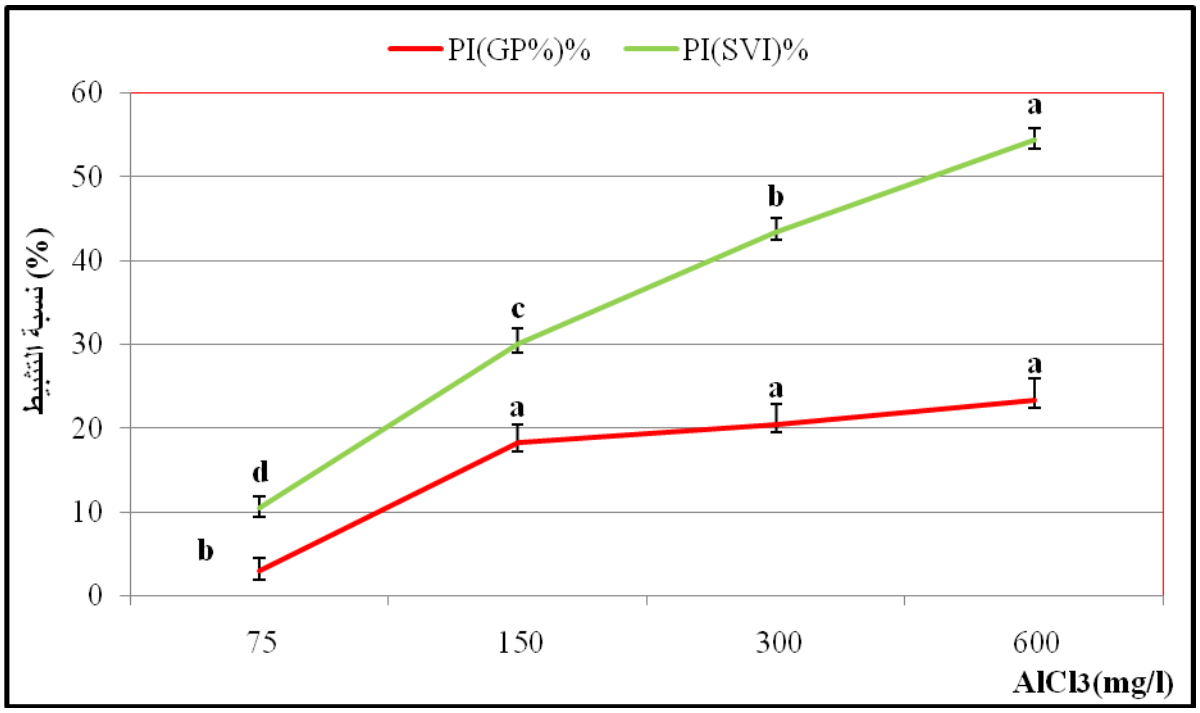
كما نلاحظ وجود علاقة ارتباط ايجابية قوية بين نسبة تثبيط إنبات البذور *PI(GP%)* ونسبة تثبيط لمؤشر قوة البذور حيث قدرة قيمة r= 0.972 ، بينما هناك علاقة ارتباط سالبة قوية مع وزن المدخرات البذرية المستهلكة حيث أعطت قيمةr= -0.988 **(الملحق04)**

I.4.1. نسبة التثبيط لمؤشر قوة البذور(PI(SVI

نلاحظ من خلال **الشكل (03)** زيادة نسبة التثبيط لمؤشر قوة البذور *PI(SVI)*عند صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)CIRTA،حيث مثلت اقل قيمة (10.45%) وتزداد بزيادة تراكيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط إلى أن تصل (54.34%) في أعلى تركيز600mg/l.

أظهرت نتائج تحليل ANOVA أن تأثير التباين في تأثير عامل الإجهاد كان جد عالي المعنوية **(الملحق01: الجدول 04)**

كما نشير إلى وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين نسبة تثبيط لمؤشر قوة البذور *PI(SVI)* ونسبة السمية للسوقية حيث أعطت قيمة r= 0.938،وكذلك علاقة ارتباط سالبة قوية مع كل من طول الجذر و السويقة والبادرة حيث قدرت قيمةr= -0.901 ، r= -0.938 ، r= -0.927 على التوالي **(الملحق04)**.



الشكل (03). نسبة التثبيط ، لكل من إنبات البذور *PI(GP%)* و مؤشر قوة البذور *PI(SVI)* لدى صنف القمح الصلب(*Triticum durum* Desf.)CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

القيم المعطاة : المتوسط ± الانحراف المعياري، حيث n=10؛ المتوسطات لنفس المعيار التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

2.I. معايير نمو البادرات

1.2.I. قياس الأطوال (السويقة، الجذ ير والبادرة)، أيضا العلاقة جذير/سويقة

يتضح بشكل عام من خلال **الجدول (01)** انخفاض معنوي في متوسط أطوال كل من السويقة، الجذ ير و بادرات صنف القمح الصلب (*Triticum*

CIRTA(*durum* Desf بزيادة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.أما قيم النسبة (جذير/سويقة) فقد سجلت تباين غير معنوي (*P=0.836*) حيث سجلت أعلى قيمة (0.9082) عند التركيز75mg/l، في حين سجلت أقل قيمة (0.8695) عند المعاملة بالتركيز 600 mg/l من أملاح $AlCl_3$.

ومن خلال نتائج تحليل التباين ANOVA تبين وجود تباين جد عالي المعنوية لتأثير عامل الإجهاد($AlCl_3$) في كل من طول الجذير، السويقة والبادرة (الملحق 02: الجدول 1، 2، 3) و كان التباين غير معنوي بخصوص النسبة (جذير/سويقة) **(الملحق02: الجدول 4)**.

كما نشير إلى وجود علاقة ارتباط سالبة قوية بين طول الجذير (RTL) و نسبة سمية البادرة حيث قدرت قيمة r= - 0.996. وعلاقة ارتباط سالبة قوية بين طول السويقة (SHL) ونسبة سمية البادرة حيث أعطت قيمة r= - 0.998 ، وكذلك علاقة موجبة قوية مع كل من وزن المدخرات البذرية المستهلكة ونسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية ونسبة حركية المدخرات البذرية حيث قدرت قيمة r=0.907 ، r=0.907، r=0.976على التوالي . وعلاقة ارتباط موجبة قوية بين طول البادرة (TSL) ووزن المدخرات البذرية المستهلكة حيث أعطت قيمة r=0.906 **(الملحق04)**.

جدول(01) .طول الجذيرRTL،طول السويقة SHL،طول البادرة TSL وكذلك النسبة (RTL/SHL)لصنف القمح الصلب(*Triticum durum* Desf CIRTA(بدلالة مستويات تركيزأملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

الصنف	$AlCl_3$ (mg/l)	RTL (mm)	SHL (mm)	RTL/SHL	TSL (mm)
CIRTA	T(H_2O)	87.4±2.85 **(a)**	108.84±2.99 **(a)**	0.8454±0.046 **(a)**	196.08±4.23 **(a)**
	75	85±1.95 **(a)**	97.9±2.73 **(b)**	0.9082±0.0356 **(a)**	182.9±3.39 **(b)**
	150	75.24±3 **(b)**	89.6±3.05 **(b)**	0.889±0.0441 **(a)**	163.6±5.29 **(c)**
	300	67.71±2.68 **(c)**	78.43±3.23 **(c)**	0.9026±0.035 **(a)**	145.89±5.29 **(d)**
	600	37.44±2.03 **(d)**	48.72±3.26 **(d)**	0.8695±0.0511 **(a)**	86.86±5.14 **(e)**

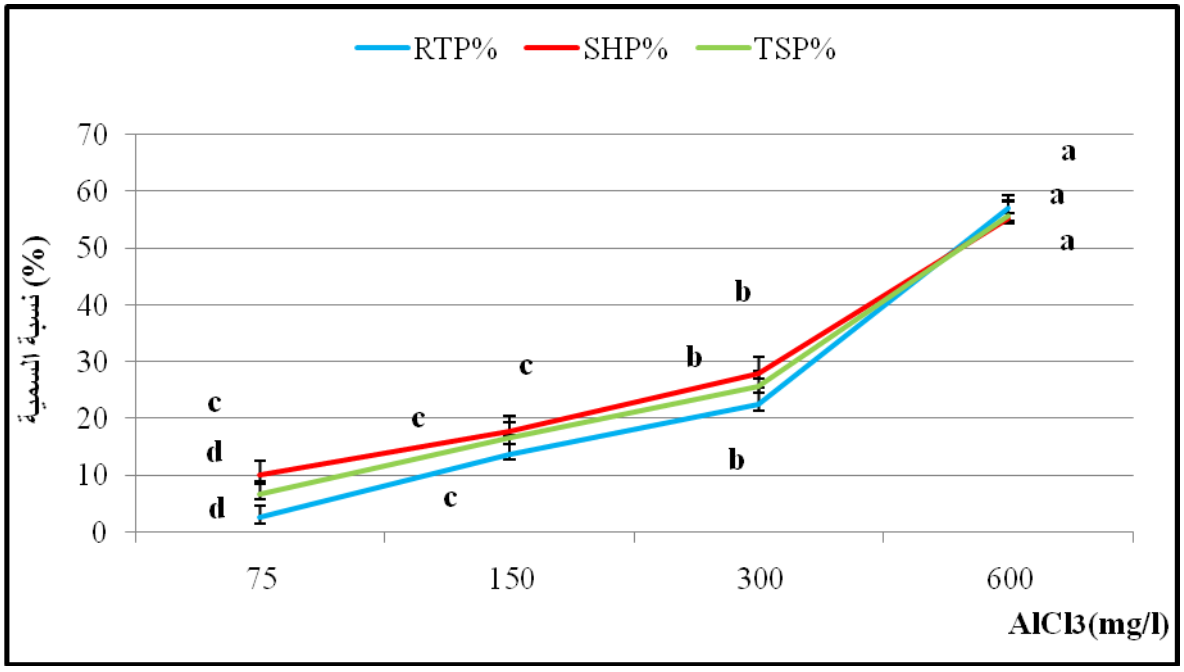
القيم المعطاة:المتوسط± الانحراف المعياري، حيث n=10؛ المتوسطات في نفس العمود التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

I.2.2. نسب السمية لأطوال كل من السويقة (*SHP%*)، الجذ ير (*RTP%*) والبادرة (*TSP%*)

نلاحظ من خلال **الشكل (04)** زيادة معنوية لمؤشر السمية عند بادرات صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf):CIRTA بزيادة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط. حيث سجلت أقل نسبة سمية للسويقة (10.05%)، للجذ ير (2.57%)والبادرة(6.72%) وذلك تحت تأثير أقل تركيز لأملاح $AlCl_3$ (75mg/l). أما عند أعلى تركيز(600mg/l) فقد بلغت نسبة السمية أعلى قيمة لها لكل من السويقة (55.24%)، الجذير(57.08%) و البادرة(55.7%).

وحسب نتائج التحليل الإحصائي ANOVA نجد أن التباين في تأثير عامل الإجهاد ($AlCl_3$) كان جد عالي المعنوية لنسب السمية لأطوال كل من السويقة، الجذ ير والبادرة **(الملحق 02: الجدول 5,6 و7).**

كما نلاحظ علاقة ارتباط ايجابية قوية بين نسبة سمية الجذ ير (*RTP%*) ونسبة سمية السويقة حيث r = 0.988، بينما هناك علاقة ارتباط سالبة قوية مع كل من وزن المدخرات البذرية المستهلكة ونسبة حركية المدخرات البذرية حيث أعطت قيمة r = - 0.888 ، r = - 0.946 على التوالي. وعلاقة ارتباط ايجابية قوية بين نسبة سمية السويقة (*SHP%*) و نسبة سمية البادرة حيث قدرت قيمة0998 = r . وعلاقة ارتباط سالبة قوية بين نسبة سمية البادرة (TSP) مع كل من **وزن** المدخرات البذرية المستهلكة ، ونسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية ونسبة حركية المدخرات البذرية حيث أعطت قيم r = - 0.906، r = - 0.906 ، r = -0.966 على التوالي **(الملحق04).**



الشكل (04) .نسبة السمية لأطوال السويقة (*SHP%*)،الجذير(*RTP%*) والبادرة (*TSP%*) لدى صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

القيم المعطاة : المتوسط ± الانحراف المعياري، حيث n=10؛ المتوسطات لنفس المعيار التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

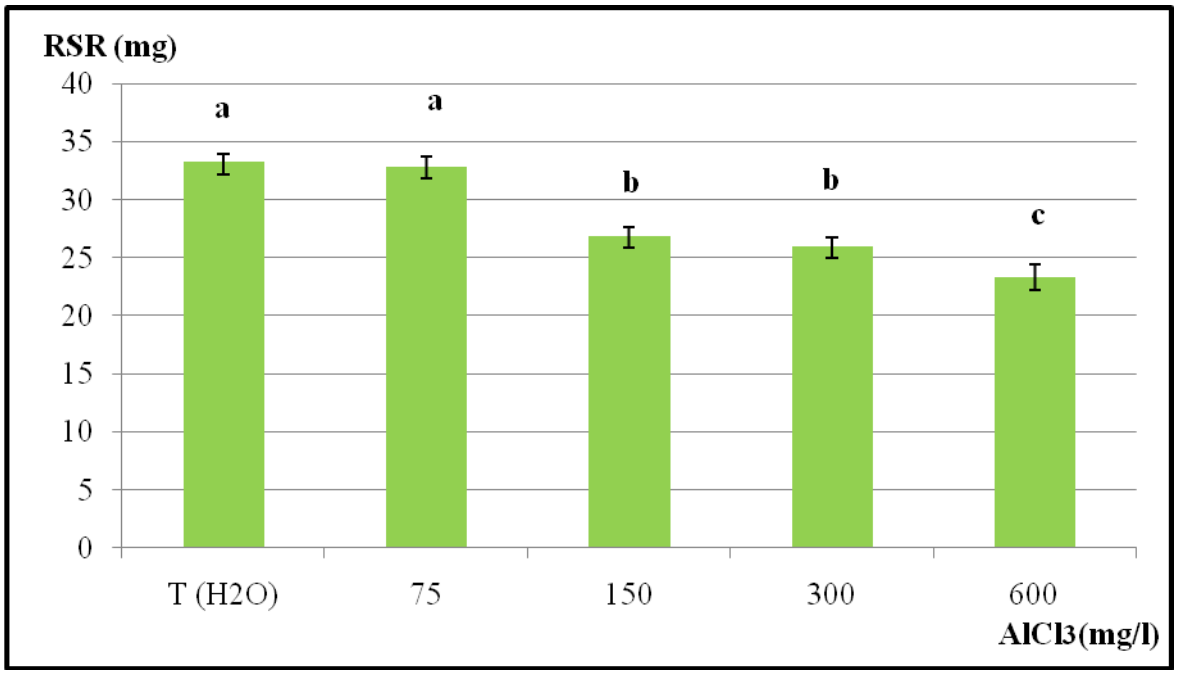
3.I. حركية المدخرات و أيض البذور

1.3.I. وزن المدخرات البذرية المستهلكة RSR (mg)

نلاحظ من خلال **الشكل (05)** تراجع معنوي في وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR)لصنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)CIRTA بشكل عام ، حيث سجلت أعلى قيمة (33.224 mg) عند التركيز (75mg/l) مع زيادة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم($AlCl_3$) في الوسط مقارنة بالشاهد في حين وصلت اقل قيمة إلى (23.27 mg).

ومن خلال نتائج تحليل ANOVAتبين وجود تباين جد عالي المعنوية لتأثير عامل الإجهاد($AlCl_3$) **(الملحق 03: الجدول 1).**

كما تجدر الإشارة إلى وجود علاقة ارتباط ايجابية قوية بين وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR) ونسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية، ومع نسبة حركية المدخرات البذرية ونسبة الطاقة المستنفذة حيث قدرت قيمة r=1، r =0.934، r=0.841 على التوالي . وعلاقة ارتباط سلبية متوسطة بين وزن المدخرات البذرية المستهلكة وكفاءة أيض البذور حيث أعطت قيمة r=-0.607 **(الملحق04)**.



الشكل (05). وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR) لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .

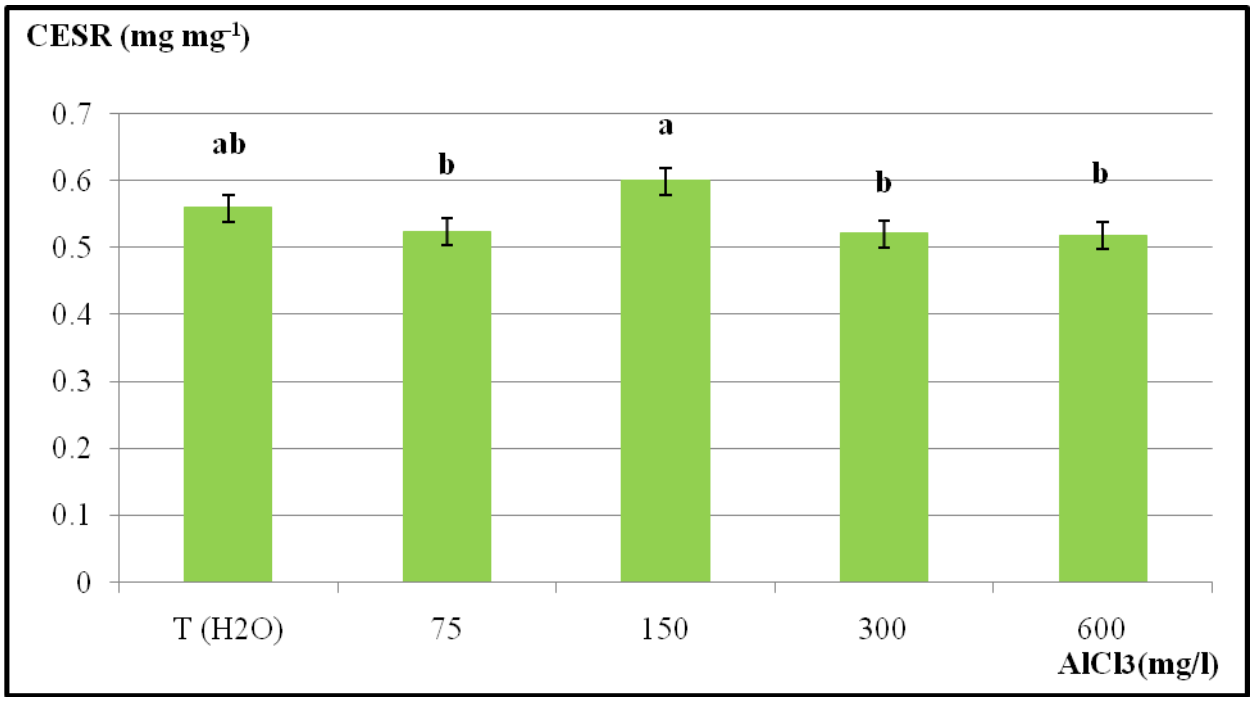
القيم المعطاة : المتوسط ± الانحراف المعياري، حيث n=10 ؛ المتوسطات التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

I.2.3. الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية (CESR (mg mg^{-1})

من خلال **الشكل (06)** لوحظ انخفاض في الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية CESRلدى صنف القمح الصلب(*Triticum durum* Desf.)CIRTA مقارنة بالشاهد حيث وصلت اقل قيمة إلى (mg mg^{-} 0.5181^{1}) بـزيادة تركيز ($AlCl_3$) باستثناء التركيز (mg/l) 150الذي سجل أعلى قيمة (mg mg^{-1} 0.5995).

وأظهرت نتائج تحليل التباين ANOVAوجود فروقات غير معنوية لتأثير عامل الإجهاد ($AlCl_3$) **(الملحق 03: الجدول 02).**

كما نشير إلى وجود علاقة ارتباط ايجابية متوسطة بين الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية (CESR mg mg^{-1}) وكفاءة أيض البذور حيث قدرت قيمة r = 0.679 **(الملحق04).**



الشكل (06).الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية (CESR) لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) CIRTA بدلالة مستويات كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .

القيم المعطاة: المتوسط ± الانحراف المعياري، حيث n=10؛ المتوسطات التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

I.3.3. نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية SRRR(%)

يتضح من خلال **الشكل (07)** انخفاض متوسط نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية SRRR لدى صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) CIRTA حيث سجلت أعلى نسبة (55.26%) وتتراجع بزيادة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم($AlCl_3$) مقارنة بالشاهد إلى أن تصل اقل نسبة بمعدل (39.14%) عند أعلى تركيز (600mg/l).

من خلال نتائج ANOVA تبين وجود تباين جد عالي المعنوية لتأثير عامل إجهاد أملاح كلوريد الألمنيوم **(الملحق 03:الجدول3).**

كما نلاحظ وجود علاقة ارتباط ايجابية قوية بين نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية (SRRR%) و نسبة حركية المدخرات البذرية حيث قدرت قيمة r = 0.934 **(الملحق04).**

I.4.3. نسبة حركية المدخرات البذرية RMRS (%)

نلاحظ من خلال **الشكل (07)** تناقص معنوي فينسبة حركية المدخرات البذرية RMRS لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)CIRTA حيث سجلت أعلى نسبة (**28.212%**)في حين بلغت النسبة اقل قيمة لها (**18.224%**)بزيادة تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) مقارنة بالشاهد

من خلال نتائج ANOVA تبين وجود اختلاف جد عالي المعنوية لتأثير عامل تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم **(الملحق 03:الجدول4)**.

وتجدر الإشارة إلى وجود علاقة ارتباط ايجابية متوسطة بين نسبة حركية المدخرات البذرية وكل من نسبة الطاقة المستنفذة وكمية مواد التنفس حيث قدرت قيم r = 0.592 ، r =0.592 على التوالي **(الملحق04)**.

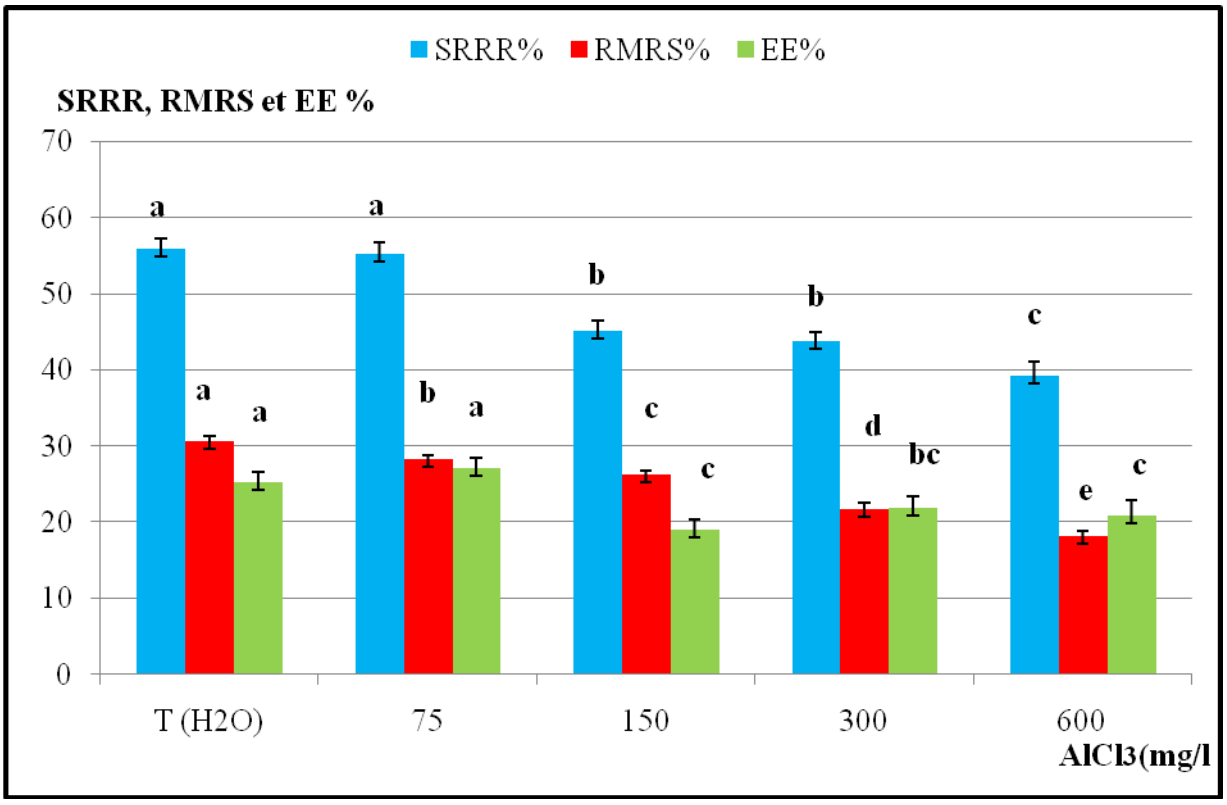
I.5.3. نسبة الطاقة المستنفذة (%) EE

نلاحظ من خلال **الشكل (07)** انخفاض متوسط نسبة الطاقة المستنفذة EE لدى بذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)CIRTA،حيث سجلت اقل نسبة للطاقة (**20.91%**) عند أعلى تركيز (600 mg/l) وهذا بزيادة تراكيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) مقارنة بالشاهد باستثناء التركيز(75(mg/l فقد سجلت نسبة الطاقة أعلى قيمة لها (**27.05%**)

ومن خلال نتائج تحليل التباين ANOVAتبين وجود اختلاف معنوي لتأثير عامل تركيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) **(الملحق 03:الجدول5).**

تجدر الإشارة إلى وجود علاقة ارتباط موجبة قوية بين نسبة الطاقة المستنفذة (EE) وكمية مواد التنفس حيث أعطت قيمة r =1 ، وعلاقة ارتباط سلبية قوية بينها وبين كفاءة أيض البذور حيث

r= - 0.936 **(الملحق04)**.



الشكل (07). نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية (SRRR) ،نسبة حركية المدخرات البذرية (RMRS) ونسبة الطاقة المستنفذة (EE) لدى بذور صنف القمح الصلب *(Triticum durum* Desf.) CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط .

القيم المعطاة: المتوسط ± الانحراف المعياري، حيث n=10؛ المتوسطات لنفس المعيار التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

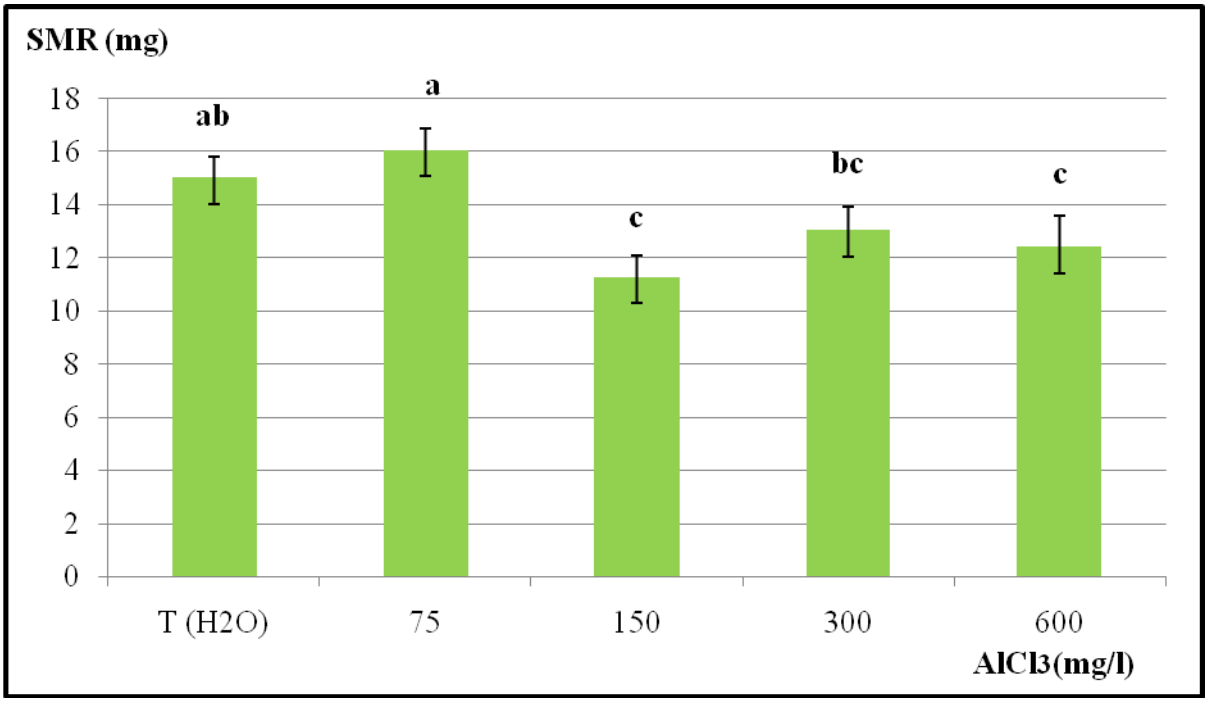
I.6.3. الكفاءة الأيضية للبذور

I.6.3.1. كمية مواد التنفس SMR (mg)

نلاحظ من خلال **الشكل (08)** تناقص معنوي في كمية مواد التنفس (SMR) لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) CIRTA في حين سجلت اقل القيمة (11.29 mg) وذلك تحت تأثير التركيز150mg/l ، باستثناء التركيز75mg/l الذي يأخذ أعلى قيمة (16.08mg) مقارنة بالشاهد.

وحسب نتائج ANOVA تبين وجود اختلاف معنوي (P=0.001) لعامل الإجهاد ($AlCl_3$) **(الملحق03: الجدول06) .**

كما نلاحظ وجود علاقة ارتباط سلبية قوية بين كمية مواد التنفس ((SMR (mg)وكفاءة أيض البذور حيث قدرت قيمة r = - 0.936 **(الملحق04)**.



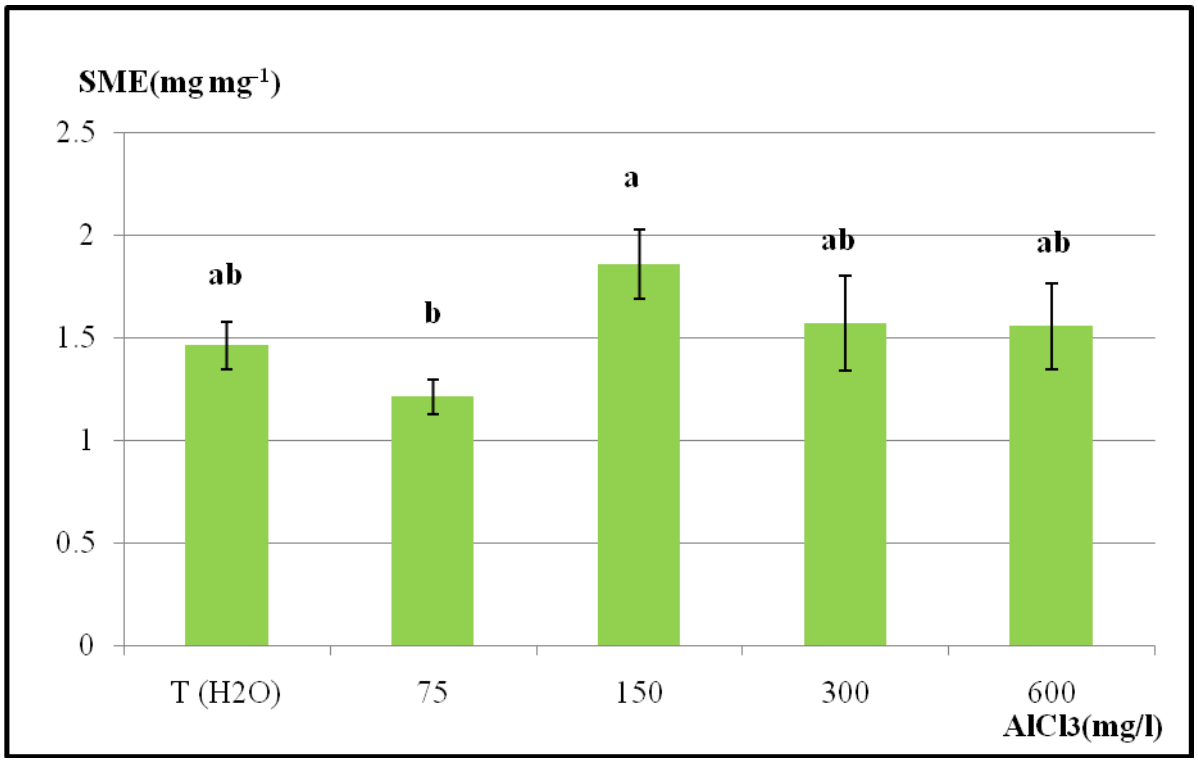
الشكل (08). كمية مواد التنفس SMR لدى بذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) CIRTA بدلالة مستويات كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

القيم المعطاة: المتوسط ± الانحراف المعياري، حيث n=10؛ المتوسطات التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

I.2.6.3. كفاءة أيض البذور (SME(mg mg^{-1})

نلاحظ من خلال **الشكل (09)** تقريبا وجود ثبات في كفاءة أيض البذور (SME) لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) CIRTAعند التركيزين (mg/l) 300 و600 مقارنة بالعينات الشاهد، في حين سجلت أقل قيمة (1.2129mg mg^{-1}) تحت تأثير التركيز (mg/l) 75 لأملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط ، كما سجلت أعلى قيمة (1.858 mg mg^{-1})عند التركيز(mg/ml) 150.

وحسب نتائج تحليل التباين ANOVAنجد أن تأثيرعامل الإجهاد ($AlCl_3$) كان ذو تباين غير معنوي (P=0.118) **(الملحق03:الجدول 07)**. وتجدر الإشارة إلى وجود علاقة ارتباط سلبية قوية في معيار كفاءة أيض البذور مع نسبة الطاقة المستنفذة ، حيث أعطت قيمةr= - 0.936 **(الملحق04)**.



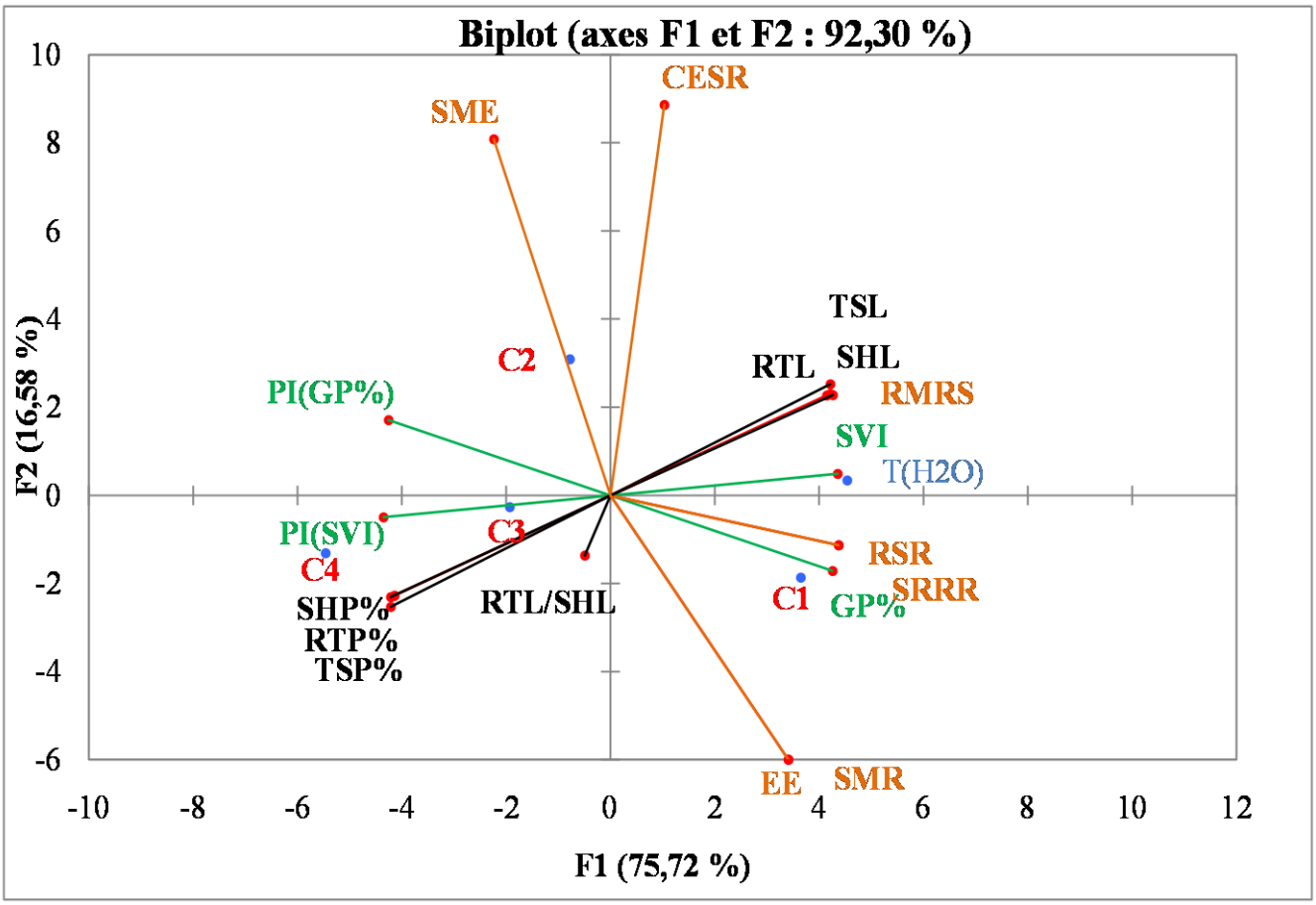
الشكل (09). كفاءة أيض البذورSME لبذور صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) CIRTA بدلالة مستويات كلوريد الألمنيوم (AlCl3) في الوسط.

القيم المعطاة: المتوسط ± الانحراف المعياري، حيث n=10؛ المتوسطات التي لا تحمل نفس الحرف، هي مختلفة معنويا عند مستوى α=0.05.

4.I. دراسة تحليل المكونات الأساسية (ACP) للمعايير المدروسة

طبقت في هذه الدراسة عدة معايير مرفولوجية و فسيولوجية أثناء إنبات و نمو بادرات القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): صنف CIRTA، بغية معرفة سلوكه في ظروف إجهاد المعادن، وإظهار التأثير النوعي لمعدن الألمنيوم على بذور صنف القمح المدروس ومدى تحمله للإجهاد، وحسب مخطط تحليل المكونات الأساسية (ACP)الموضح في **الشكل (10)** لمعايير كل من الإنبات والنمو المدروسة لبذور و بادرات القمح الصلب صنف CIRTA، حيث أن المحور F1 يمثل 75.72 % أما المحور F2 فيمثل 16.52% للتعبير عن النتائج المتحصل عليها .

كما نذكر بأن المحورين F1 و F2 كانا أكبر المحاور تعبيرا عن النتائج (92.30%)، في هذه الدراسة نكتفي بعرض المحاور الأول و الثاني (F2,F1) و مساهمتهما في التعبير عن كل معيار في مخطط (ACP).



الشكل (10). تحليل المكونات الأساسية (ACP) لمعايير إنبات و نمو بادرات القمح الصلب *(Triticum durum* Desf.) صنف CIRTA بدلالة مستويات أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط.

بإسقاط خصائص إنبات ونمو بادرات القمح الصلب *(Triticum durum* Desf.)، صنف CIRTA، تحت تأثير مستويات مختلفة من تراكيز أملاح كلوريد الألمنيوم (C4، C3،C2،C1) والشاهد($T(H_2O)$ في مخطط ACP التي تغطيها المحاور F1 و F2 (الشكل 10) فان توزع المعايير المدروسة فيما بينها كان بشكل متباين وهذا راجع إلى زيادة تراكيز أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) في الوسط ، بحيث كانا كل من المحورين F1 و F2 يصنع أن هذا التشتت في التوزع :

- تموضع أغلب المعايير المدروسة بالقرب من الشاهد $T(H_2O)$: وهي قوة البذور(SVI) ، طول كل من السويقة (SHL)، الجذير(RTL) والبادرة (TSL)، أيضا نسبة حركية المدخرات البذرية (RMRS).
- كما نلاحظ تمركز بعض المعايير تحت تأثير التركيز C1، و هي : نسبة الإنبات(GP%) ،نسبة الطاقة المستنفذة (EE)، كمية مواد التنفس (SMR)، نسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية (SRRR) و وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR).
- أما بالنسبة لمعايير سمية الأطوال (SHP%، TSP% ،RTP%) ، وكذلك نسب التثبيط (PI(GP%)، PI(SVI)) و النسبة (جذير/سويقة) (RTL/SHL) كل هذه المعايير تمركزت بالقرب من التراكيز العالية لعامل الإجهاد :C3 وC4 .
- كما سجلنا تمركز معيارين فقط وهما كفاءة أيض البذور (SME) و الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية (CESR) تحت تأثير التركيز C2 .
- بالنسبة لعلاقة الارتباط والتداخل مابين المعايير المدروسة للإنبات ونمو بادرات القمح في جدول مصفوفة الارتباط *Pearson* **(الملحق 04: الجدول1)**، و التي هي أحد أهم مخرجات نتائج دراسة تحليل المكونات الأساسية (ACP) للمعايير المدروسة، حيث استنتجنا جملة من علاقات الارتباط الهامة، و التي أشرنا إلى أهمها خلال عرض النتائج و تحليلها، و التي من المؤكد أنها تساهم بشكل مباشر أو غير مباشر في إبراز مدى استجابة بذور و بادرات القمح الصلب (*Triticum durum* Desf)، صنفCIRTA، تحت تأثير مستويات عامل الإجهاد ($AlCl_3$) في الوسط.

II. المناقشة

1.II. تأثير الألمنيوم على مواصفات إنبات بذور القمح

يتضح من خلال النتائج المتحصل عليها إن نسبة الإنبات تنخفض عموما عند التراكيز العالية من كلوريد الألمنيوم وهذا يتوافق مع نتائج كل من(El rasafi *et al*, 2016) في نبات القمح والفول ،(Datta *et al* ,2011) في نبات القمح و(De Fátima et al,2015) . كما وضح (Kabir *et al*,2008) إن زيادة حدة الإجهاد تحدث تغيرات في معظم معايير الإنبات في بذور *Thespesia populnea L* و(Shweti *et al*,2018) في بذور فول الصويا.

لاحظنا زيادة طفيفة في نسبة إنبات بذور القمح عند بعض الأصناف عند التراكيز الضعيفة من الإجهاد ويمكن إرجاع ذلك إلى تحفيز بعض المعادن لإنبات ونمو بادرات الرز (Bojórquez-Quintal .(Das *et al*,1978; *et al*,2017

أما نتائج مؤشر قوة البذور قد أظهرت تراجع مع زيادة حدة الإجهاد وهذا يتفق مع نتائج كل من (El rasafi *et al* .,2020) في نبات الشعير والقمح ، و(Shweti *et al*,2018) في بذور عباد الشمس. كما كانت نسبة تثبيط الإنبات عالية بزيادة حدة الإجهاد (Wang *et al*,2019; Baruah *et al* ,2010).

فسر العديد من الباحثين أن انخفاض مؤشر قوة البذور قد يكون سبب في انخفاض نسبة الإنبات تحت إجهاد المعادن حسب (Menon *et al*.,2016) في نبات الشعير ، وذلك بسبب العديد من التأثيرات السامة للتراكيز العالية من أيونات المعادن، زيادة الشد الأسموزي الخارجي الذي يعيق من امتصاص الماء ونقله للوسط الداخلي للبذور (Becerril *et al*.,1989 ; Bewley.,1983)، مما يؤدي إلى حدوث اضطرابات في توازن الماء، وتثبيط نشاط بعض الإنزيمات المحفزة للنمو، تثبيط عملية الإنبات والنمو (Khan,2006) في بذور عباد الشمس ، وكذلك التمثيل الغذائي للكربوهيدرات الذي يعتبر ضروريا للحفاظ على حالة الأكسدة الخلوية، والعديد من الاستجابات البيولوجية والفسيولوجية للنمو (Chen *et al* Mishra,1974 ; 2009). كما تظهر سمية بعض المعادن في النبات علاقات مختلفة لدرجة الحساسية والتحمل (Hussain *et al*., 2013;Yusuf *et al*.,2011 ; Kozlow,2005).

2.II. تأثير الألمنيوم على نمو بادرات القمح

يتضح من خلال النتائج انخفاض متوسط أطوال كل من السويقة، الجذ ير والبادرة تزامنا مع ارتفاع تركيز كلوريد الألمنيوم $AlCl_3$ في الوسط. هذه النتئج تتفق مع ما توصل إليه (Iqbal *et* Shafiq ,2003) (Datta *et al*., 2011) (Shweti *et al* ,2018) في أصناف مختلفة من القمح ، (El rasafi *et*

al.,2016) في بادرات القمح والفول ،(Alexandre *et al*,2017) في بذور القمح و كذلك (De Fátima *et al*,2015) في بذور القمح. كما لاحظنا اختلاف في قيم النسبة (جذير/ سويقة) حسب (Mahmood *et al*,2007) في بادرات الشعير والرز،(Tahri Joutey *et al* ,2013) في بذور العدس، الفاصوليا،الحلبة، فول الصويا والقمح،(Kabir *et al*,2008) في بذور *Thespesia populnea L*.

يمكن تفسير النتائج المتحصل عليها أنه عند تعرض البذور لإجهاد المعادن فانه يؤثر على آليات الإنبات ونمو الشتلات ويؤدي إلى تثبيطها بسبب الزيادة التدريجية في نسب السمية لكل من السويقة و الجذ ير(*RTP%* ، *SHP%*) وهذا يتوافق مع نتائج أبحاث (Datta *et al*., 2011)، ويظهر هذا التثبيط أكثر عند الجذور، لأن الجذر أول عضو تماس مع ايونات Al^{+3} السامة و يؤثر في عملية الامتصاص (Ska-Sobkowiak ,2016).إن زيادة نسب السمية في هذا العضو تؤثر على العديد من العمليات الفسيولوجية كالحد من معدل امتصاص الماء والمغذيات وعرقلة تنفس الجذور مما يؤثر سلبا على مسار التمثيل الغذائي (Rout *et al* ,2001)، خفض معدل الانقسام والتمايز الخلوي في المنطقة المرستيمية للخلايا الجذرية وظهور الأنسجة الجنينية ، تثبيط استطالة الجذر وتمديد الهورة الخلية في الجذور (Arnon,1949)، بالإضافة إلى ذلك زيادة حدة الإجهاد الناتج عن أيونات Al^{+3} الذي يحفز إنتاج الكالوز Callose ويمنع نقل O_2 وحمض الأندول IAA وهذا ما يؤدي إلى تثبيط الخلايا الجذرية (Kollmeier , 2000 ;Sivaguru ,2000).

تؤدي كل هذه العمليات إلى العديد من الأعراض الجانبية للسمية على النبات مثل التقزم ، التلف الخلوي، التغيرات الهيكلية في الجذر، تضخم وسماكة الجذور الجانبية وتحولها إلى اللون البني و تسمم النبات(Gajewska *et al*., 2013; Yusuf *et al*., 2010).

3.II. تأثير الألمنيوم على حركية المدخرات وكفاءة أيض البذور

يعتبر وزن المدخرات البذرية المستهلكة RSR والكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية CESR سمتين رئيسيتين لزيادة نشاط البذور لتحسين ا لإنبات ونمو البادرات في بذور الذرة (Wang *et al*,2010) (Mossor-Pietraszewska 2001). كما يعتبر نشاط الاستقلاب الخلوي من العمليات المهمة والحاسمة لعملية الانتاش وهذا يتوافق مع ما توصل إليه (Sridevi *et* Manonmani ,2016) في بذور الدخ ان، و(Sikder *et al*.,2009) في أصناف بذور الذرة .

ومن خلال النتائج المتحصل عليها فقد سجلنا تفاوت في استجابة بذور صنف القمح الصلب CIRTA لتأثير سمية أيونات الألمنيومAl^{+3} على حركية المدخرات البذرية والكفاءة الاستقلابية للبذور

وبالتالي تراجع نمو بادرات القمح وهذا يتوافق مع ما توصل إليه (Naseer *et al,* 2001; Shafiq*et al.*, 2008)

إن تفاوت كمية مواد التنفس SMR في بذور القمح يظهر حليا في انخفاض الوزن الجاف للسويقة و الجذ ير مع ثبات الوزن الجاف المتبقي من الأندوسبيرم. وهذا بناءًا على مضمون معادلة احتساب كمية مواد التنفس وكفاءة أيض البذور حسب(Rao *et* Sinha,1993).

كما يمكن تفسير النتائج المتحصل عليها أنه عند تعرض البذور لإجهاد المعادن فانه يؤثر على آليات الإنبات ونمو الشتلات عن طريق الإجهاد الأسموزي الذي يمنع امتصاص الماء بسبب الآثار السامة لأيوناتAl^{+3} ومنع أنشطة العديد الإنزيمات كإنزيمات التحلل المائي المسؤولة عن تحلل المواد المخزنة في السويداء والفلقتين حيث تستعمل نواتج الاماهة لبناء أنسجة البادرات(Shafiq *et al.*,2008) .كما أن إجهاد المعادن يؤدي إلى عرقلة استقلاب المدخرات البذرية ونمو الجنين ، كما تتسبب التراكيز العالية لأيونات المعادن في الوسط في تأخر إنتاج السويقات والجذور وتثبيط ظهورها وهذا التأخر بسبب التراكم الزائد لأيونات Al^{+3}ونقص Ca^{+2} وMg^{+2} في جدار الخلية مما يحد من الأنشطة الأيضية و مرونة جدار الخلية (Naseer *et al* , 2001).

إن التراكيز العالية للمعادن تؤدي إلى زيادة سمية الأيونات التي تعمل على تأخر وتثبيط إنبات البذور، والضرر الجزيئي للخلايا سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، وتكوين الأنواع الأوكسيجينية التفاعلية ROS، وإنتاج جذر الهيدروكسيل (H_2O_2, OH) الذي يعمل على تحويل الأحماض الدهنية إلى بيروكسيدات دهنية سامة تعمل على تدمير الأغشية البيولوجية ، زيادة النفاذية الخلوية ، وتثبيط نشاط البروتين، نقص التنفس، وقد تتسبب في تسمم الجنين وموته (Lin *et al*,2000 ; Greger *et al* ,1995).

وعموما تشير نتائجنا وبوضوح إلى أن تراجع وزن المدخرات البذرية المستهلكة و الكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية كان مرتبطا بنمو الشتلات، وهذا يتوافق مع نتائج كل من (Soltani *et al,* 2002) في بذور الحمص ، (Soltani *et al*, 2006) في القمح ، (Mohammadi *et al*.,2011) في فول الصويا (Cheng *et al* , 2013) (Cheng *et al*., 2015) في الرز، (Pereira *et al* , 2015) في بذور فول الصويا (Cheng *et al*, 2018) في بذور الذرة الحلوة . كما أثبتت العديد من الدراسات إلى أن هذا التراجع قد يكون أيضا بسبب تأثير حجم البذور، فالبذور الأكبر حجما تتمتع بجودة ونوعية فسيولوجية أفضل(Pereira *et al*.,2013) وقد تكون هذه النتائج مرتبطة بحقيقة أن البذور عالية النشاط تحتوي على نسبة كبيرة من النشاء والبروتينات والسكريات القابلة للتحلل ، و كذلك لديها قدرة أكبر من المدخرات البذرية (Henning *et al*., 2010) وبالتالي زيادة قوة الشتلات (EL-Abady,2015). وفي دراسات

أخرى ثبت العكس أن حجم البذور ليس له أي تأثير على ظهور الشتلات وحيويتها (Molatudi , 2009) في بذور الذرة.

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

بهدف تحديد مدى استجابة بذور وبادرات القمح لإجهاد المعادن الثقيلة، أجريت تجربة مختبرية على صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): CIRTA،تحت تأثير تراكيز مختلفة من أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$)في الوسط، حيث تضمن هذا العمل دراسة معايير مختلفة للإنبات ،معايير نمو البادرات و حركية المدخرات و الكفاءة الأيضية في البذور.

أظهرت النتائج المختبرية تأثير الإجهاد الناتج عن ارتفاع تركيز أيونات الألمنيوم Al^{+3}في الوسط على إنبات و نمو بادرات القمح الصلب،صنف CIRTA، وكذلك وجود علاقة ارتباط بين هذه المعايير التي قد تساهم بشكل مباشر أو غير مباشر في تأثر بذور و بادرات القمح بسبب سمية أيونات معدن الألمنيوم في الوسط.

بخصوص تأثير إجهاد أملاح كلوريد الألمنيوم ($AlCl_3$) على نمو البادرات فقد أظهرت النتائج المتحصل عليها تراجع في استجابة صنف القمح الصلب CIRTAبسبب ارتفاع نسب سمية أيونات Al^{+3} وخصوصا تحت تأثير التراكيز العالية لعامل الإجهاد. أما بالنسبة لمعايير حركية المدخرات والكفاءة الأيضية في البذور فقد سجل صنف القمح CIRTA تناقصا في الكفاءة التحويلية خاصة تحت تأثير التراكيز العالية للإجهاد.

على العموم أكدت نتائجنا أن القمح الصلب قليل التحمل وحساس لتأثير هذا النوع من الإجهاد على إنبات و نمو البادرات، لأن لديه قدرة داخلية ضعيفة في الاستجابة لآليات المقاومة و إزالة السموم أثناء التعرض لإجهاد المعادن الثقيلة .

وفي الأخير و نظرا للنتائج المتحصل عليها بالنسبة لصنف القمح الصلب (*Triticum durum* CIRTA:(Desf ،نوصي ببعض التوصيات:

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

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.

المراجع

✓ **المراجع بالعربية**

1. أرحيم ع . ، 2002- زراعة المحاصيل الحقلية، ISBN8 : 977 03-0916 الإسكندرية، ص 306 .

2. أية عمار م.، 2007 - زراعة القمح . وكالة الإرشاد والتكوين الفلاحي نهج آلان سافاري. ص 7-9.

3. جاد ع. ا. ، 1975- وصف وتركيب نباتات المحاصيل والحشائش ، دار المطبوعات الجديدة ،حلب ،سوريا

4. حيروش ر. ، حمية ص. ،2015 - إسهام في خلق تنوعية جديدة عند الحبوب . مذكرة تخرج للحصول على شهادة ماستر ، تخصص بيولوجيا و فيزيولوجيا النبات القواعد البيولوجية للإنتاج جامعة قسنطينة .ص108 .

5. السيد ح. ص .،2005 -تربية النبات تحت ظروف الإجهادات المختلفة و الموارد الشحيحة low input و الأسس الفسيولوجية لها . دار النشر للجامعات. جمهورية مصر العربية .ص 124.

6. شايب غ. ، 2012- شروط ومصير تراكم البر ولين في الأنسجة النباتية تحت نقص الماء انتقال صفة تراكم إلى الأجيال . رسالة دكتوراه ، تخصص وراثة وتحسين النبات ، جامعة منتوري قسنطينة . ص 23.

7. شكري إ. س. ، 1975- تصنيف النباتات الزهرية الهيئة المصرية العامة للكتاب القاهرة ص 748.

8. عشاتن ،1985- تأثير نسبة الماء في التربة على بعض أصناف القمح المزروعة في الجزائر . مذكرة تخرج لنيل شهادة دراسات عليا D. E. S ، جامعة قسنطينة . ص 4 .

9. عوينات م .،الهامل خ. ،2018 أثر الملوحة على الإنبات والإنتاجية لبعض أصناف قمح الواحات (Blé oasiens) مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي. تخصص التنوع البيئي و فيزيولوجيا النبات.جامعة الوادي ص 21-22.

10. قندوز ع. ، 2010 - علاقة بعض مؤشرات الصورة الرقمية العلم بفاعلية استغلال الماء . عند بعض أصناف القمح الصلب *Triticum durum Desf*. مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في بيولوجيا و فيزيولوجيا النبات ،جامعة فرحات عباس سطيف. ص 135 .

11. قوادري ك. ،وحميدو س. ، 2010 - سلوك الأوراق الأخيرة في نبات القمح النامي تحت الإجهاد الملحي والمعامل بالكنتين رشا ، مذكرة تخرج لنيل شهادة الدراسات العليا جامعة، قسنطينة. ص 45 .

12.كذلك م. ، 2000- زراعة القمح مؤسسة المعارف للطباعة والنشر بالإسكندرية جمهورية مصر العربية . ص 272 .

13.كيال ح. م.، 1979 -النباتات و زراعة المحاصيل الحقلية (محاصيل الحبوب والبقول) مديرية الكتب الجامعية ، دمشق ، سوريا. ص 15-20.

14.معارفية س ، 2009- تأثير الإجهاد الملحي على التوازن الهرموني لدى نباتات المحاصيل الحقلية . رسالة ماجستير ،جامعة منتوري قسنطينة. ص 140 .

✓ **مراجع أجنبية**

15. Abdellaoui Z., Teskrat H., Belhadj A., Zaghouane O.,2011.Etude Comparative De L'effet Du Travail Conventionnel, Semis Direct Et Travail Minimum Sur Le Comportement D'une Culture De Blé Dur Dans La Zone Subhumide. Zaragoza: CIHEAM/ATU-PAM/INRAA/ITGC/FERT Options Méditerranéenes: Série A. Séminaires Méditerranéens; (96): 71- 87.

16. Alamgir A. N. M. , Akhter S. , 2010. Effects Of Aluminium On Some Biochemical Characteristics Of Wheat (*Triticum Aestivum L.*). Bangladesh J. Bot. Vol 39. (1) : 9-14.

17. Alexandre K., Xiao H. Zhiyong Z., Yuhui M., Peng Z., Gibson M. A. , Yukui R.,2017 .Magnetic(Fe_3O_4)Nanoparticles Reduce Heavy Metals Uptake And Mitigate Their Toxicityin Wheat SeedlingSustainability.Vol 9.790.

18. Ali, S.; Bai, P.; Zeng, F.; Cai, S.; Shamsi, I.H.; Qiu, B.;Wu, F., Zhang, G. 2011.The Ecotoxicological And Interactive Effects Of Chromium And Aluminum On Growth, Oxidative Damage And Antioxidant Enzymes On Two Barley Genotypes Differing In Al Tolerance. Environ. Exp. Bot. Vol70: 185–191.

19. Arasimowicz-Jelonek M. , Floryszak-Wieczorek J ., Drzewiecka K., Chmielowska-Ba˛k J., Abramowski D. , Izbian´Ska K., 2014.Aluminum Induces Cross-Resistance Of Potato To *Phytophthora Infestans* . Planta , Vol 239:679–6941.

20. Arduini I., Godbold D.L. Et Onnis A., 1994. Cadmium And Copper Change Root Growth And Morphology Of Pinus Pinea And Pinus Pinaster Seedlings. Physiol. Plant, Vol92: 675-680.

21. Arnon D., 1949.Copper Enzymes In Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase In Beta Vulgaris.Plant Physiology.Vol 24: (1).

22. Ashagre H., Hamza I. A., Fita U., Estifanos E.,2014.Boron Toxicity On Seed Germination And Seedling Growth Of Safflower (*Carthamus Tinctorius L.*).Herald Journal Of Agriculture And Food Science Research Vol 3. (1): 001 - 006 .

23. Barcelo, J., C. Cabot And C. Poschenrieder. 1986. Cadmium Induced Decrease Of Water Stress Resistance In Bush Bean Plants (*Phaseolus Vulgaris* L.). II. Effects Of Cd On Endogenous Abscisic Acid Levels. Plant Physiol.Vol 125: 27-34.

24. Baruah N. , Mondal S. C. , Farooq M. , : Gogoi N. , 2019. Influence Of Heavy Metals On Seed Germination And Seedling Growth Of Wheat, Pea, And Tomato. Water Air Soil Pollut , 230:(273) ,1-15.

25. Becerril, J., Lez-Murua, C.Gl., Munoz-Rueda, A. , De Felipe M.R. ,1989. Changes Induced By Cadmium And Lead In Gas Exchange And Water Relations Of Clover And Lucerne. *Plant Physiol. Biochem*., Vol 27: 913−918.

26. Benbelkacem A ,Kellou K 2000 Evolution Du Progress Génétique Chez Quelques Variétés De Blé Dur (*Triticum Durum Desf* .) Cultivées En Algérie Symposium Blé Enjeux Stratégie. Pp192 .

27. Benlaribi M., 1990 .Adaptation Au Dèficit Hydrique Chez Le Blé Dur (*Triticum Durum Desf* .): Etude De Caractère Morphologique Et Physiologique .Thèse De Doctorat D Etal ,I . S .N , Université De Contantine ,P 25-38.

28. Bewley, J.D. ,Black M. ,1983. *Physiology And Biochemistry Of Seeds*. New York: Springer-Verlag.

29. Bojórquez-Quintal E., Escalante-Magaña C., Echevarría-Machado I., Martínez-Estévez M.,2017.Aluminum ,A Friend Or Foe Of Higher Plants In Acid Soils .Frontiers In Plant Science.Vol 8:1-10.

30. Bolwell G. P., Bindschedler L. V., Blee K. A., Butt V. S., Davies D. R., Gerdner S. L.,Gerrish C. Et Minibayeva F., 2002. The Apoplastic Oxidative Burst In Reponse To Biotic Stress In Plants: A Three-Compnent System. J. Exp. Bot.Vol 53: 1367-1376.

31. Boufenar –Zagouanef. Zaghouane.O. ,2006.Guide Des Principales Variétés De Céréales A Paille En Algérie (Blé Dur . Blé Tendre . Orge Et Avoine) ITGC D Alger .1ére Ed . P : 152.

32. Bourrelier, P.H. , Berthelin J. ,1998. *Contamination Des Sols Par Les Eléments Traces: Les Risques Et Leur Gestion*. Paris: Lavoisier.

33. Bravin M., 2008. Processus Rhizospheriques Déterminant La Biodisponibilité Du Cuivre Pour Le Blé Dur Cultivé En Sols A Antécédent Viticole. Thèse De Doctorat Du Centre International d'Etudes Supérieures En Sciences Agronomiques, Montpellier Sup Agro, P 203.

34. Burnie G., Forrester S., Greig D., Guest S ., 2003. Botanica ,Encyclopédie De Botanique Et D Horticulture Plus De 10.000 Plantes Au Monde Entie .

35. Cheftel , J.C Et Cheftel ,H ,1992. Introduction A La Biochimie Et A La Tachnologie Des Aliments V1.Tec & DOC.Lavoisier P:381.

36. Chellali, B., 2007. Marché Mondial Des Céréales: L'algérie Assuresa Sécurité Alimentaire. Http://Www.Lemaghrebdz.Com/Admin/Folder01/Une.Pdf. (31.05.2008).

37. Chen C, Huang D, Liu J., 2009.Functions And Toxicity Of Nickel In Plants: Recent Advances And Future Prospects. *Clean (Soil Air Water).*Vol 37. (4–5):304–313.

38. Chen J, Shafi M, Wang Y, Et Al. ,2016. Organic Acid Compounds In Root Exudation Of Moso Bamboo (Phyllostachys Pubescens) And Its Bioactivity As Affected By Heavy Metals [J]. Environ Sci Pollut Res Int, Vol 23.(20):20977-20984.

39. Cheng J., Cheng X., Wang L. ,He Y. , An C. , Wang Z., Zhang H. ,2015.Physiological Characteristics Of Seed Reserve Utilization During The Early Seedling Growth In Rice. *Brazilian Journal Of Botany*. Vol38(4):.751-759.

40. 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*. Vol.8.(11):1-11.

41. Cheng X. , Xiong F. , Wang C. , Xie H. , He S. , Geng G. , Zhou Y. , 2018.Seed Reserve Utilization And Hydrolytic Enzyme Activities In Germinating Seeds Of Sweet Corn. *Pakistan Journal OfBotany.*Vol50.(1):111-116.

42. Cheng, S., 2003. Effects Of Heavy Metals On Plants And Resistance Mechanisms. Environmental Science And Pollution Research ,Vol10 .(4): 256-264.

43. Cho U. H. Et Seo N. H., 2005. Oxidative Stress In Arabidopsis Thaliana Exposed To Cadmium Is Due To Hydrogen Peroxide Accumulation. In Lin R., Wang X., Luo Y., Du W., Guo H. Et Yin D., 2007. Effects Of Soil Cadmium On Growth, Oxidative Stress And Antioxidant System In Wheat Seedlings (*Triticum Aestivum* L.). Chemosphere,Vol 69: 89–98.

44. Croston R.P. ,Williams J.T ,1981. Aworld Survey Of Wheat Gentic Resources IBRGR .Bulletin /80/ P: 59,37.

45. Das PK, Kar. Mishra D. ,1978.Nickel Nutrition Of Plants: Effect Of Nickel On Some Oxidase Activities During Rice (*Oryza Sativa L*.) Seed Germination. Z. Planzenphysiol. Vol90: 225-233.

46. Datta J.K., Bandhyopadhyay A., Banerjee A. And Mondal N.K.,2011.Phytotoxic Effect Of Chromium On The Germination, Seedling Growth Of Some Wheat (*Triticum Aestivum L.*) Cultivars Under Laboratory Condition. Journal Of Agricultural Technology .Vol 2.(7): 395-402.

47. De Andrade G. C., Medeiros Coelho C. M. , Santin Padilha M., 2019.Seed Reserves Reduction Rate And Reserves Mobilization To The Seedling Explain The Vigour Of Maize Seeds1.Journal Of Seed Science. Vol41.(4): 488-497.

48. De Fátima M., De Souza G. , Habyhabanne M. D.O. , Edevaldo D.S., 2015. Cadmium Toxicity On Seed Germination And Seedling Growth Of Wheat Triticum Aestivum.Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá. Vol37.(4):499-504.

49. Devi, S.R., Prasad, M.N.V., 1999. Membrane Lipid Alterations In Heavy Metal Exposed Plants. In: Prassad, M.N.V. & Hagemayer, J. (Eds.). Heavy Metal Stress In Plants: From Molecules To Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, P: 99-116.

50. Dietz, K.J., Baier, M., Kramer, U., 1999. Free Radicals And Reactive Oxygen Species As Mediators Of Heavy Metal Toxicity In Plants. In: Prassad, M.N.V. & Hagemayer, J. (Eds.). Heavy Metal Stress In Plants: From Molecules To Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, P: 73-97.

51. Doke N., 1997. The Oxidative Burst: Role In Signal Trandustion And Plant Stress. In: Scandalios JG, Ed. Oxidative Stress And The Molecular Biology Of Antioxidant Defenses. Cold Spring Harbour: Cold Spring Habour Laboratory Press, 785-813.

52. El eftheriou E.P. ,Et Karataglis S., 1989. Ultrastructural And Morphological Characteristics Of Cultivated Wheat Growing On Copper Polluted Fields. Botanica Acta, Vol 102: 134-140.

53. El Rasafi T., Bouda S., Nouri M. , Haddioui A.,2020 . Assessment Of Metals (Cu, Ni) And Metalloids (As) Induced Stress Responses In Barley (Hordeum Vulgare) And Wheat (Triticum Aestivum) .Journal Of Materials And Environmental Sciencevol 11. (5) : 795-807.

54. El Rasafi T., Nouri M., Bouda S., Haddioui A., 2016.The Effect Of Cd, Zn And Fe On Seed Germination And Early Seedling Growth Of Wheat And Bean. Ekológia (Bratislava).Vol35 .(3) : 213–223.

55. El-Abady M.I., 2015. Influence Of Maize Seed Size/Shape Planted At Different Depths And Temperatures On Seed Emergence And Seedling Vigor. *Research Journal Of Seed Science*. Vol8.(1): 1-11.

56. Emamverdiana., Dingy., Mokhberdoran F., Yinfeng X., 2015. Heavy Metal Stress And Some Mechanisms Of Plant Defense Response. Hindawi Publishing Corporation Scientific World Journal, P18.

57. FAO .,2005**.** Global Network On Integrated Soil Managment For Sustinable Use Of Salt Efect Soils,FAO.Land.

58. Feillet ,P, 2000. Legrain De Blé (Composition Et Utilsation) ,INRA ,Paris

59. Fu H, Yu H, Li T, Et Al. ,2017. Influence Of Cadmium Stress On Root Exudates Of High Cadmium Accumulating Rice Line (Oryza Sativa L.).[J]. Ecotoxicology & Environmental Safety,Vol 150:168.

60. Gajewska E., Drobik D., Wielanek M., Sekuls Ka-Nalewajko J., Gocławski J., Mazur .J, Sklodowska M., 2013. Alleviation Of Nickel Toxicity In Wheat (*Triticum Aestivum* L.) Seedlings By Selenium Supplementation. Biological Lett.Vol50. (2):63-76.

61. Gesline , Rivals ,1965. Contribution A L Etude De Triticum Durum. P: 41-43.

62. Greger M., Kautsky L., Sandberg T., 1995 .A Tentative Model Of Cd Uptake In *Potamogeton Pectinatus* In Relation To Salinity. Environ-Mental And Experimental Botany .Vol 35.(2): 215-225.

63. Gupta S., Meena M., Datta S.,(2016): Effect Of Selected Heavy Metals (Lead And Zinc) On Seedling Growth Of Soybean Glycine Max (L.) Merr.International Journal Of Pharmacy And Pharmaceutical Sciences8: (8),302-305.

64. Hamer D.H., 1986. Metallothionein. Annu Rev Biochem ,Vol 55: 913-951.

65. Henning F.A. , Mertz L.M. , Jacob Junior E.A. ,Machado R.D. , Fiss G. , Zimmer P.D. , 2010 .Composição Química E Mobilização De Reservas Em Sementes De Soja De Alto E Baixo Vigor. *Bragantia*.Vol69.(3):727-734.

66. Hernadez J.A., Olmos E., Corpas J.F., Sevilla F. Et Del Rio L.A., 1995. Salt-Induced Oxidative Stress In Chloroplasts Of Pea Plants. Plant Sci. Vol105: 151-167.

67. Hillman P.,2011 .New Evidence Of Lateglacial Cereal Cultivation At Abu Hureyra On The Euphrates .The Holocene ,4.

68. Hopkins W.G., 2003. Physiologie Végétale. 1st Ed. De Boeck Université p: 532.

69. Hsu Y.T. Et Kao C.H., 2004. Cadmium Toxicity Is Reduced By Nitric Oxide In Rice Leaves. Plant Growth Regul ,42: 227-238.

70. Hussain MB., Ali S., Azam A., Hina S., Ahsan M., Farooq BA., Bharwana SA., Gill MB., . 2013. Morphological, Physiological And Biochemical Responses Of Plants To Nickel Stress: A Review. African Journal Of Agriculture Science Vol 8. (17):1596-1602.

71. Iqbal M. Z., Shafiq M., Effects Of Aluminium On Germination And Growth Of Two Different Wheat Cultivars.Acta Botanica Hungarica .Vol 45.(3–4):000–000

72. Jia D, Yang J L, Li C H. ,2012. Advances In Metallotionein Studies In Forest Trees.[J]. Plant Omics, Vol5.(1):46-51.

73. Kabata Pendias A., 2010. Trace Elements In Soils And Plants. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, P432.

74. Kabir M, Zafar Iqbal M., Shafiq M., Farooqi Z.R., 2008.Reduction In Germination And Seedling Growthof Thespesia Populnea L., Caused By Lead And Cadmium Treatments.Pak. J. Bot.Vol40.(6): 2419-2426.

75. Khan, S. U., Moheman, A. ,2006. Effect Of Heavy Metals (Cadmium And Nickel) On The Seed Germination, Growth And Metals Uptake By Chilli (*Capsicum Frutescens*) And Sunflower Plants (*Helianthus Annuus*). *Poll. Vol25*: 99-104.

76. Kollmeier M., Felle H. H., Horst, W. J., 2000. Genotypical Differences In Aluminum Resistance Of Maize Are Expressed In The Distal Part Of The Transition Zone. Is Reduced Basipetal Auxin Flow Involved In Inhibition Of Root Elongation By Aluminum? *Plant Physiol.* Vol 122:945–956.

77. Kopittke P.M. Et Menzies N.W., 2006. Effect Of Cu Toxicity On Growth Of Cowpea (*Vigna Unguiculata*). Plant And Soil, Vol279: 287-296.

78. Kopittke P.M., Asher C.J., Blamey F.P.C. Et Menzies N.W., 2007. Toxic Effects Of Pb2+ On The Growth And Mineral Nutrition Of Signal Grass (*Brachiaria Decumbens*) And Rhodes Grass (*Chloris Gayana*). Plant Soil,Vol 300: 127-136.

79. Kozlow MV. ,2005.Pollution Resistance Of Mountain Birch, Betulapubescens Subsp. Czerepanovii, Near The Copper-Nickel Smelter: Natural Selection Or Phenotypic Acclimation. Chemosphere.Vol 59 .(2):189-197.

80. Lamb C. Et Dixon R. A., 1997. The Oxidative Burst In Plant Disease Resistance. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol .Vol. 48: 251-271.

81. Lexmond T.M. Et Van Der Vorm P.D.J., 1981. The Effect Of Ph On Copper Toxicity To Hydroponically Grown Maize. Netherlands Journal Of Agricultural Science, Vol 29: 217-238.

82. Lin C.C., Kao C.H., 2000.Effect Of Nacl Stress On H2O2 Metabolism In Rice Leaves. Plant Growth Regul .Vol30: 151-155.

83. **L**oue A. ,1982. Le Potassium Et Les Céréales. Dossier K2O, SCPA 22, P:40.

84. Mahmoodi T., Islam K.R., Muhammad S., 2007. Toxic Effects Of Heavy Metals On Early Growth And Tolerance Of Cereal Crops.Pak. J. Bot.Vol 392): 451-462.

85. Marschner H., 2012. Marschner's Mineral Nutrition Of Higher Plants, 3rd Ed London, Academic Press.

86. Martin P, 1984. L Analyse Végétale Dans Le Contrôle De L Alimentation Des Plantes Tempérées Et Tropicales P:832 .

87. Masle MEYNARD J. , 1981.Relation Entre Croisement Et Développement Pendant La Montaison D Un Peuplement De Blé D Hiver , Influence Des Conditons De Nutrition . Agronomie .1 (5),P:365-374.

88. Meharg, A.A., 1993. The Role Of The Plasmalemma In Metal Tolerance In Angiosperms. Physiologia Plantarum, Vol 88:191-198.

89. Menon P., Joshi N., Joshi A., 2016.Effect Of Heavy Metals On Seed Germination Of*Trigonella Foenum-Graceum* L, *Int. J. Life-Sciences Sci. Res .Vol.* 2: 488–493.

90. Mesnoua M., 2017. Stress Abiotiques Sur *Atriplex Halimus L* : Effet Des Métaux Lourds Et Caractérisation Des Biomarqueurs Et Bioindicateurs. Thèse De Doctorat En Sciences, Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie ,UniversitéAbdelhamid Ben Badis-Mostaganem. Algérienne.P13.

91. Metwally A., Finkemeier I., Georgi M. Et Dietz K.J., 2003. Salicylic Acid Alleviates The Cadmium Toxicity In Barley Seedlings. Plant Physiol ,Vol 132: 272-281.

92. Michaud A.M., Bravin M.N., Galleguillos M. Et Hinsinger P., 2007. Copper Uptake And Phytotoxicity As Assessed In Situ For Durum Wheat (*Triticum Turgidum Durum* L.) Cultivated In Cu-Contaminated, Former Vineyard Soils. Plant Soil, Vol298: 99-111.

93. Milone M.T., Sgherri C., Clijsters H. et Navari-Izzo F., 2003. Antioxidative Responses Of Wheat Treated With Realistic Concentration Of Cadmium. Environ Exp Bot ,Vol 50: 265-276.

94. Mishra D, Kar M., 1974.Nickel In Plant Growth And Metabolism. Springe. Vol40.(4):395-452.

95. Mohammadi H., Soltani A.,Sadeghipour H.R.,Zeinal I. E., 2011. Effects Of Seed Aging On Subsequent Seed Reserve Utilization And Seedling Growth In Soybean. *International Journal Of Plant Production*. Vol 5.(.1): 65-70.

96. Molatudi R.L. , Mariga I.K. ,2009.The Effect Of Maize Seed Size And Depth Of Planting On Seedling Emergence And Seedling Vigour. Journal Of Applied Sciences Research. Vol5.(12):2234-2237.

97. Mossor-Pietraszewska T., 2001.Effect Of Aluminium On Plant Growth And Metabolism .Jacek Augustyniak Review. Vol. 48 (3).

98. Naseer S.H., Nasar A., Ashraf M., 2001. Effect Of Salt Stress On Germination And Seedling Growth Of Barley (*Hordium Vulgare* L.). Pakistan J. Biol. Sci. Vol 4.(3): 359-360.

99. Panou-Filotheou Et Bosabalidis A.M., 2004. Root Structural Aspects Associated With Copper Toxicity In Oregano (*Origanum Vulgare* Subsp. *Hirtum*). Plant Science, Vol 166: 1497-1504.

100. Pereira W.A. , Pereira S.M.A. , DIAS D.C.F.S. , 2013.Influence Of Seed Size And Water Restriction On Germination Of Soybean Seeds And On Early Development Of Seedlings. Journal Of Seed Science. Vol 35.(3): 316-322.

101. Pereira W.A. , Pereira S.M.A., Dias D.C.F.S. , 2015.Dynamics Of Reserves Of Soybean Seeds During The Development Of Seedlings Of Different Commercial Cultivars. Journal Of Seed Science Vol37.(1):63-69.

102. Pereira W.A., Pereira S. M. A., Denise Cunha Fernandes D.S. D.,2015 .Dynamics Of Reserves Of Soybean Seeds During The Development Of Seedlings Of Different Commercial Cultivars1.Journal Of Seed Science. Vol.37.(1): 063-069.

103. Poschenreider, C.R., B. Gunse, And L. Barcelo., 1989. Influence Of Cadmium On Water Relations, Stomatal Resistance And Abscisic Acid Content In Expanding Bean Leaves. Plant Physiol.Vol 90: 1365-1371.

104. Rao, D. G. ,Sinha, S. K. ,1993. Efficiency Of Mobilization Of Seed Reserves In Sorghum Hybrids And Their Parents As Influenced By Temperature Regimes. *Seed Research*.Vol **2**.(2):97-100.

105. Renata R., 2016. Water Relations In Plants Subjected To Heavy Metal Stresses. Acta Physiol Plant ,Vol38:257.

106. Rentel M., Knight M.R., 2004. Oxidative Stress-Induced Calcium Signaling In *Arabidopsis*. Plant Physiol.Vol 135:1471-1479.

107. Rout G.R., Samantaray S., Das P. ,2001.Aluminium Toxicity In Plants: A Review. Agronomie ,Vol3 .(21):3-21.

108. Rout G.R., Samantaray S., DAS P. ,2001.Aluminium Toxicity In Plants: A Review. Agronomievol 21.(3):3-21.

109. Sanita Di Toppi, L., Gabbrielli, R., 1999. Response To Cadmium In Higher Plants. Environmental And Experimental Botany ,Vol41:105-130.

110. Shafiq M, Zafar IM, Athar M. ,2008.Effect Of Lead And Cadmium On Germination And Seedling Growth Of *Leucaena Leucocephala*. J Appl Sci Environ Manage.Vol 12:61-66.

111. Shaikh I. R., , Shaikh P.R., Shaikh R.A. And 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,vol.3:(6), 14-23.

112. Shweti A. K. , Verma JS., 2018 .Effects Of Nickel Chloride On Germination And Seedling Growth Of Different Wheat (Triticum Aestivum L. Em Thell.) Cultivars. Journal Of Pharmacognosy And Phytochemistry.Vol7.(4): 2227-2234.

113. Sikder S., Hasan M. A. , Hossain M. S., 2009. Germination Characteristics And Mobilization Of Seed Reserves In Maize Varieties As Influenced By Temperature Regimes. Journal Of Agriculture & Rural Development,Vol7. (1&2) : 51-56.

114. Sikder S., Hasan M. A. , Hossain M. S.,(2009): Germination Characteristics And Mobilization Of Seed Reserves In Maize Varieties As Influenced By Temperature Regimes. Journal Of Agriculture & Rural Development,7:(1&2):51-56.

115. Singh S.,Parihar P. , Singh R. ,Singh V. P.,Prasad S.M. , 2016.Heavy Metal Tolerance In Plants : Role Of Transcriptomics , Proteomics Metabolomics , And Lonomics. Frontiers In Plant Science,Vol6:1-22.

116. Sivaguru, M. *Et Al.*,2000.Aluminum-Induced 1→ 3-B-D-Glucan Inhibits Cell-To-Cell Trafficking Of Molecules Through Plasmodesmata. A New Mechanism Of Aluminum Toxicity In Plants. *Plant Physiol.Vol* 124:991–1006.

117. Ska-Sobkowiak R. R., 2016.Water Relations In Plants Subjected To Heavy Metal Stresses.Acta Physiol Plant .Vol 38:257.

118. Snape, J. Pankova ,K.,2006. *Triticum Aestivum* (Wheat) Encyclopedia Of Life Sciences . P: 1-9.

119. Soltani A.; Galeshi S., Zeinali E., Latifi N. , 2002.Germination,Seed Reserve Utilization And Seedling Growth Of Chickpea As Affectedby Salinity And Seed Size. *Seed Science And Technology*. Vol 30.(1):.51-60.

120. Soltani, A.; Gholipoor, M.; Zeinali, E. 2006.Seed Reserve Utilization And Seedling Growth Of Wheat As Affected By Droughtand Salinity. *Environmental And Experimental Botany*. Vol55.(1-2):195-200.

121. Soltner ,1980. .Les Grands Production Végétale , Le Biologie Et Collection Et Technologie Agricol.

122. Soltner D, 1990 . Phytotechnie Spéciale , Les Grande Production Végétales . Céréales , Plante Sarclées, Prairies. Sciences Et Technique Agricoles Ed.

123. Soltner D. ,1988. Les Grandes Productions Végétales. Les Collections Sciences Et Techniques Agricoles, 16 Eme Editions P:464.

124. Soltner, D. ,1980 Les Grandes Productions Végétales Collection Des Sciences Et Des Techniques Culturales P : 15-50 .

125. Sridevi R. , Manonmani V. ,(2016). Influence Of Seed Priming On Physiologica Performance Of Foxtail, Little And Proso Millets.International Journal Of Agricultural Science And Research (IJASR) .Vol 6.(4): 179-186.

126. Tahri Joutey N., Bahafid W., Sayel H. , EL Ghachtouli Naïma ,2013 . Phytotoxic Effect Of Hexavalent Chromium On Germination And Seedling Growth Of Seeds Of Different Plant Species.International Journal Of Agricultural Technology. Vol 9. (2): 361-372.

127. Teichmann T., 2001. The Biology Of Wood Formation: Scientific Challenges And Biotechnological Perspectives. In SG Panadalai, Ed. Recent Research Developments In Plant Physiology. Research Signpost, Trivandrum, India: 269–284.

128. Tiwari S. , Lata C.,2018. Heavy Metal Stress, Signaling, and Tolerance Due to Plant-Associated Microbes: An Overview. Front. Plant Sci vol9.(452):4.

129. Vavilov ,1934.Studies On The Origin Of Cultivated Plants. Bull. Appl. Bot And Plant Breed : XVI .

130. Wang H., Zhong G., Shi G., Pan F.,2011. Toxicity Of Cu, Pb, And Zn On Seed Germination And Young Seedlings Of Wheat (Triticum Aestivum L.). Department Of Biological Science And Technology, University Of Science And Technology Beijing, Beijing, P.R. China. 231–240.

131. Wang Q, Chen L, He L Y, 2016.Increased Biomass And Reduced Heavy Metal Accumulation Of Edible Tissues Of Vegetable Crops In The Presence Of Plant Growth-Promoting Neorhizobium Huautlense T1-17 And Biochar [J]. Agriculture Ecosystems &Environment,Vol 228:9-18.

132. William ,1970. Les Ressources Végétales A Les Anciens Egyptiens , Autorité Egyptienne Publique Pour La Creation et L ^{er} Edition .P 369.

133. Xin J, Huang B, Dai H, Et Al. ,2014. Characterization Of Cadmium Uptake, Translocation, And Distribution In Young Seedlings Of Two Hot Pepper Cultivars That Differ In Fruit Cadmium Concentration[J]. Environmental Science & Pollution Research, Vol21.(12):7449-7456.

134. Yadav S.K. , 2010. Heavy Metals Toxicity In Plants: An Overview On The Role Of Glutathione And Phytochelatins In Heavy Metal Stress Tolerance Of Plants. South African Journal Of Botany, Vol 76 :167–179.

135. Yruela I., 2009. Copper In Plants: Acquisition, Transport And Interactions. Functional Plant Biology ,Vol 36: 409-430.

136. Yusuf M., Fariduddin Q., Hayat S., Ahmad A .,2011.Nickel: An Overview Of Uptake, Essentiality And Toxicity In Plants. Bull. Environ. Contam. Toxicol . Vol 86:1-17.

137. Yusuf M., Fariduddin Q., Hayat S., Hasan S.A., Ahmad A., 2010.Protective Responses Of 28 Homobrssinolide In Cultivars Of Triticum Aestivum With Different Levels Of Nickel. Arch. Environ. Contam. Toxicol.

الملاحق

الملحق 01: جداول تحليل التباين ANOVAللمعاييرالإنبات

جدول (01). تحليل التباين ANOVA للنسبة المئوية للإنبات GP(%)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	3088,6	772,14	27,72	0,000
Error	30	835,7	27,86		
Total	34	3924,3			

جدول (02). تحليل التباين ANOVA لمؤشر قوة الإنبات (SVI)

Source	DF	Adj SS	AdjMS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	4487966	1121992	209,46	0,000
Error	30	160698	5357		
Total	34	4648664			

جدول (03). تحليل التباين ANOVA لنسبة التثبيط لنسبة الإنبات PI(GP%)%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	1748,1	582,71	16,89	0,000
Error	24	827,9	34,50		
Total	27	2576,0			

جدول (04). تحليل التباين ANOVA لنسبة التثبيط لمؤشر قوة البذور PI(SVI)%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	7496,1	2498,68	129,53	0,000
Error	24	463,0	19,29		
Total	27	7959,0			

الملحق02 : جداول تحليل التباين ANOVA لمعاييرنمو البادرات

جدول (01). تحليل التباين ANOVA لطول السويقة SHL(mm)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	105743	26435,8	56,60	0,000
Error	245	114435	467,1		
Total	249	220178			

جدول (02) . تحليل التباين ANOVA لطول الجذ ير RTL(mm)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	80684	20171,1	62,55	0,000
Error	245	79005	322,5		
Total	249	159689			

جدول (03) .تحليل التباين ANOVA لطول البادرة TSL (mm)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	363298	90825	81,25	0,000
Error	245	273884	1118		
Total	249	637182			

جدول(04). تحليل التباين ANOVA لنسبةRTL/SHL

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	0,1324	0,03310	0,36	0,836
Error	245	22,4482	0,09163		
Total	249	22,5806			

جدول(05) .تحليل التباين ANOVAلنسبة السمية للسويقة SHP%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	58513	19504,5	48,96	0,000
Error	196	78085	398,4		
Total	199	136598			

جدول (06) .تحليل التباينANOVAلنسبة السمية لطول الجذير RTP%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	83072	27690,7	69,92	0,000
Error	196	77623	396,0		
Total	199	160695			

جدول (07) . تحليل التباين ANOVA لنسبة السمية في البادرة TSP%

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	3	67147	22382,5	73,35	0,000
Error	196	59810	305,2		
Total	199	126957			

الملحق 03:جداول تحليل التباين ANOVA لمعايير حركية المدخرات وأيض البذور

جدول(01). تحليل التباين ANOVA لوزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	3884	971,00	24,54	0,000
Error	245	9696	39,57		
Total	249	13579			

جدول(02). تحليل التباين ANOVA للكفاءة التحويلية للمدخرات البذرية (CESR)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	0,2472	0,06181	3,03	0,018
Error	245	4,9989	0,02040		
Total	249	5,2461			

جدول (03). تحليل التباين ANOVA لنسبة معدل استنفاذ المدخرات البذرية (%)SRRR

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	10989	2747,4	24,54	0,000
Error	245	27433	112,0		
Total	249	38422			

جدول (04). تحليل التباين ANOVA لنسبة حركية المدخرات البذرية %RMRS

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	4962	1240,57	61,09	0,000
Error	245	4975	20,31		
Total	249	9937			

جدول (05) .تحليل التباين ANOVA لنسبة الطاقة المستنفذة (%)EE

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	2156	539,1	4,76	0,001
Error	245	27727	113,2		
Total	249	29883			

جدول (06). تحليل التباين ANOVA لكمية مواد التنفس (mg) SMR

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	762,1	190,53	4,76	0,001

Error	**245**	**9799,6**	**40,00**	
Total	**249**	**10561,7**		

جدول(07). تحليل التباين ANOVAلكفاءة الأيض للبذورSME

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Metal (AlCl3)	4	10,77	2,693	1,86	0,118
Error	245	354,11	1,445		
Total	249	364,89			

ملحق(04). يتبع دراسة تحليل المكونات الأساسية ACP للمعايير المدروسة

الجدول (01). مصفوفة الارتباط Pearson (n) للمعايير المدروسة عند صنف القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.): CIRTA، تحت تأثير تراكيز مختلفة من أملاح كلوريد الألمنيوم $AlCl_3$ في الوسط .

Variables	GP%	SVI	*PI(GP%)*	*PI(SVI)*	RTL	SHL	RTL/SHL	TSL	*RTP%*	*SHP%*	*TSP%*	RSR	CESR	SRRR	RMRS	EE	SMR	SME
GP%	**1**																	
SVI	0,972	**1**																
PI(GP%)	-1,000	-0,972	**1**															
PI(SVI)	-0,972	-1,000	0,972	**1**														
RTL	0,815	0,901	-0,815	-0,901	**1**													
SHL	0,851	0,938	-0,851	-0,938	0,989	**1**												
RTL/SHL	-0,246	-0,245	0,246	0,245	0,072	-0,077	**1**											
TSL	0,844	0,927	-0,844	-0,927	0,996	0,998	-0,011	**1**										
RTP%	-0,814	-0,900	0,814	0,900	-1,000	-0,988	-0,075	-0,996	**1**									
SHP%	-0,851	-0,938	0,851	0,938	-0,989	-1,000	0,077	-0,998	0,988	**1**								
TSP%	-0,844	-0,927	0,844	0,927	-0,996	-0,998	0,011	-1,000	0,996	0,998	**1**							
RSR	0,988	0,980	-0,988	-0,980	0,889	0,907	-0,125	0,906	-0,888	-0,907	-0,906	**1**						
CESR	0,090	0,311	-0,090	-0,311	0,403	0,445	-0,237	0,416	-0,402	-0,445	-0,417	0,135	**1**					
SRRR	0,988	0,980	-0,988	-0,980	0,889	0,907	-0,125	0,906	-0,888	-0,907	-0,906	1,000	0,135	**1**				
RMRS	0,903	0,978	-0,903	-0,978	0,947	0,976	-0,183	0,966	-0,946	-0,976	-0,966	0,934	0,476	0,934	**1**			
EE	0,861	0,729	-0,861	-0,729	0,571	0,567	-0,004	0,581	-0,570	-0,567	-0,581	0,841	-0,417	0,841	0,592	**1**		
SMR	0,861	0,729	-0,861	-0,729	0,571	0,567	-0,004	0,581	-0,570	-0,567	-0,581	0,841	-0,417	0,841	0,592	1,000	**1**	
SME	-0,641	-0,453	0,641	0,453	-0,276	-0,253	-0,124	-0,277	0,276	0,253	0,277	-0,607	0,679	-0,606	-0,285	-0,936	-0,936	**1**

مجال درجة معنوية الارتباط عند $\alpha = 0.05$