رقم الترتيب:

رقم التسلسل:

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان: علوم الطبيعة وحياة

شعبة: علوم بيولوجية

تخصص: تنوع حيوي وفيسيولوجيا النبات

الموضوع

تأثير المعادن الثقيلة على انبات ونمو نباتات العائلة القرعية (*Cucurbitaceae*) -دراسة نظرية -

من إعداد:

غزال لبنه

ذويب شيماء

بوغزالة الرميصاء

نوقشت يوم 2022/06/ من طرف لجنة المناقشة:

غمام عمارة الجيلاني	أستاذ محاضر (أ)	رئيسا	جامعة الوادي
عسيلة إسماعيل	أستاذ محاضر (أ)	مؤطرا	جامعة الوادي
قادري منيرة	أستاذ محاضر (ب)	مناقشا	جامعة الوادي

الموسم الجامعي: 2021-2022

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وعرفان

الحمد الله سبحان حمدا يوافي جلال وجهه، وعظيم سلطانه ووفير نعمته نحمدك اللهم على اعانتك وتوفيقك لنا انجاز واتمام هذا العمل.

يجدر بنا في هذا العمل ان نتقدم باشكر الجزيل والامتنان وعظيم العرفان الى استاذنا الفاضل الدكتور **عسيلة اسماعيل** لقبوله وتحمله اعباء الاشراف على هذا العمل وتوجيهه ونصحه لنا، كما نشكره لرحابة صدره ومعاملته الطيبة وتحمله لنا، جزاه الله عنا خير الجزاء.

والشكر الموصول لاعضاء لجنة المناقشة كل واحد باسمه، لتقبلهم قراءة ومناقشة هذا العمل.

كما لايفوتنا تقديم الشكر الجزيل والتقدير البالغ للزميلات والزملاء دفعة ماستر 2022

كما تتسع دائرة الشكر جميع أساتذة **كلية علوم الطبيعية والحياة بجامعة الوادي**،

والى كل من مد لنا يد العون من قريب او بعيد ولو بكلمة طيبة.

إهداء

يقول الله عز وجل في محكم تنزيله ﴿وَإِذْ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ﴾

فلله الحمد والشكر من قبل ومن بعد، والصلاة والسلام على رسول الله صلى الله عليه وسلم

وبعد:

إلى من كانا سببا في وجودي إلى من بفضلهما رأيت نور الحياة، وتنسمت عبير الأبوة وعبق الحنان إلى الذي علمني الأخلاق والأدب، ولم يبخل على بشيء ماديا كان أو معنويا إلى أبي العزيز ميلود حفظه الله وأطال في عمره

إلى القلب الذي ينبض حبا . . . حنانا . . . وعطفا إلى من تحملت عبء الحياة . . . وأخفت الألم وراء الأمل إلى نور دربي . . . ورمز خانة حياتي إلى أمي الغالية

نعيمة حفظها الله وأطال في عمرها

الي من كان سندا لي وأمدني بالعون وحفزني لتقدم زوجي العزيز محمد الغالي

الى شموع حياتي اخواني الاعزاء واخواتي الغاليات رفقاء عمري سندي وقوتي في الحياة

الى من شاركني عناء اعداد هذه المذكرة صديقات الروح لبنة وشيماء

شكر وتقدير خاص الى الأستاذ الدكتور "عسيلة إسماعيل" إلى كل من ساعدنا في إنجاز هذه المذكرة من قريب أو من بعيد

إليهم جميعا أهدي هذا العمل المتواضع.

الاهداء

الحمد لله الذي وفقني لهذا وهو ذو الفضل العظيم

أهدي تخرجي هذا وإلى ملاكي في الحياة وإلى معنى الحب والحنان وسر الوجود وإلى من كان

تشجيعها وتحفيزها ودعائها سر نجاحي أغلى الحبايب ويا رب يطول في عمرها وتخليها تاج فوق راسنا

أمي الغالية(امطيرة)

وإلى من كان سندا لي وأمدني بالعون وحفزني للتقدم زوجي العزيز (الحبيب)والي قرة عيني وحياتي كلها ابنتاي

(ميار) و(هزار)

والى من علمني العطاء والى من أحمل اسمه بكل افتخار وأرجو من الله أن يمد في عمرك

والدي العزيز (محمد البشير)

والي اهل زوجي الأعزاء وخاصة بالذكر امر زوجي (فاطمة الزهراء) وهبة وآية الرحمان

إلي إخوتي الاعزاء وأخواتي الغاليات كل واحد باسمه

الي كل من أخذ بيدي في سبيل تحصيل العلم والمعرفة

أساتذتي الكرام

الي صديقتاي في هذا العمل الرميصاء ولبنة

الاهداء

الحمد لله الذي وفقني لهذا وهو ذو الفضل العظيم

والصلاة على الحبيب المصطفى الدال الى الخير واليه منتهى كل علم وغاية

تم بفضل الله انجاز هذا العمل الذي اهديه الى أغلى من في الوجود الى اللذين كان توفيقي بفضل الله إجابة لدعواتهما الصادقة

الى التي ضحت وتعبت من اجلي . . . . الى التي جزاها الله عني خير الجزاء الى التي صبرت وتحملت . . . . . الى من علمتني ان العلم تواضع والعبادة ايمان والنجاح إرادة والحياة عمل . . . امي ثم امي ثم امي الغالية الحنونة ومنبع الحنان بقلبها الصادق "نورة دباب" اللهم متعني برضها ووفقني للبر بها يا رب العالمين.

الى من علمني العطاء منحني الأمل والحكمة قدوتي . . . . عمودي الفقري إلى ظهري الذي استند عليه ،والى من احمل اسمه بكل افتخار وارجو من الله ان يمد في عمرك لترى ثمارا قد حان قطافها بعد طول انتظار والدي العزيز "محمد" .

الى المحبة التي لاتنضب والخير بلا حدود الى من شاركنهم حياتي انتن جوهراتي الثمينة اخواتي "شروق" "اسلام" . إلى سندي وعضدي أخوتي "قريشي" "طاهر عبد الصمد" "اياد"

الى من سرنا سويا ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح والابداع الى من تكاتفنا يدا بيد ونحن نقطف زهرة تعلمنا الى رفيقات الدرب وصديقات الروح "الرميصاء" "شيماء" وبقية الصديقات .

الى الباحثين وطلاب العلم الذين يجدون لاكتشاف الحقيقة وإزالة الغموض ومحو الدس والزيف الذي أصاب تاريخنا . . . . .الى كل اقاربي . . .الى كل من احبهم في هذه الدنيا . . . . .

والشكر الى استاذي الكريم الفاضل" عسيلة إسماعيل "الذي وجهني توجيه الاب لابنه. رغم كثرة التزاماته ومسؤولياته فلهو كل التقدير والاحترام وأتمنى له دوام الصحة والعافية . .

الفهرس

الفهرس

شكر وعرفان .....

الاهداء .....

الفهرس.....

فهرس الوثائق .....

فهرس الجداول.....

الملخص .....

قائمة الاختصارات .....

مقدمة 1

الفصل الأول: بيولوجيا العائلة القرعية (CUCURBITACEAE)

1- عموميات حول العائلة القرعية..... 3

1-1- تعريف العائلة القرعية..... 3

1-2- تصنيف العائلة القرعية (Cucurbitaceae) 3

1-3- وصف نباتات العائلة القرعية..... 4

1-4- الأصل والتاريخ الجغرافي..... 5

1-5- المكونات الكيميائية لثمار بعض أنواع العائلة القرعية..... 6

2- الانبات والنمو..... 6

2-1- تعريف الانبات (Germination)..... 6

2-1-1- العوامل الرئيسية للإنبات 8

2-1-2- مراحل الانبات..... 8

2-2- تعريف النمو..... 9

3- الأهمية العالمية لمحاصيل العائلة القرعية..... 9

4- الآفات والامراض..... 10

الفصل الثاني: إجهاد المعادن الثقيلة عند نباتات العائلة القرعية

1- تعريف المعادن الثقيلة 12

2- أصل تلوث التربة بالمعادن الثقيلة..... 12

2-1- المصادر الطبيعية: 13

2-2- المصادر البشرية: 13

3- تأثير المعادن الثقيلة على النبات..... 13

3-1- تأثير المعادن الثقيلة على فيسيولوجيا النبات..... 13

3-1-1- تأثير المعادن الثقيلة على الإنبات..... 13
3-1-2- تأثير المعادن الثقيلة على نمو النباتات..... 14
3-1-3- تأثير المعادن الثقيلة على التركيب الضوئي..... 16
3-1-4- تاثير المعادن الثقيلة على التغذية المعدنية..... 16
3-1-5- تأثير المعادن الثقيلة على التوازن المائي للنبات..... 17
3-2- تاثير المعادن الثقيلة على المحتوى البيوكيميائي..... 18
3-2-1- تاثير المعادن الثقيلة على السكريات والبروتينات..... 18
3-2-2- تأثير المعادن الثقيلة على المحتوى من البرولين..... 19
3-2-3- استحثاث المعادن الثقيلة لإجهاد الأكسدة..... 19
4- آليات تحمل النباتات للمعادن الثقيلة..... 20
الخلاصة العامة 23
قائمة المراجع 266

فهرس الوثائق

الوثيقة	العنوان	الصفحة
الوثيقة 01	بعض أنواع ثمار العائلة القرعية.	4
الوثيقة 02	المراحل الفينولوجية الرئيسية لنبات الكوسة	7
الوثيقة 03	بعض المعادن الثقيلة بعد التنقية والتشكيل	12
الوثيقة 04	تأثيرات المعادن الثقيلة المختلفة على إنبات البذور ونمو النباتات	15

فهرس الجداول

الجدول	العنوان	الصفحة
الجدول (01)	التصنيف النباتي للعائلة القرعية (Cucurbitaceae)	4
الجدول (02)	متوسط التركيب الكيميائي لكل 100 غرام من ثمار الكوسا (Grubben, 2004)	6
الجدول (03)	متوسط التركيب الكيميائي لكل 100 غرام من ثمار البطيخ (Watt & Merril., 1963)	6
الجدول) 04(	قائمة الدول المنتجة لمحصول البطيخ الأحمر للموسم الزراعي 2019 (منظمة الأغذية والزراعة (الفاو)، 2019)	9
الجدول (05)	ملخص نتائج الدراسات السابقة حول آثار المعادن الثقيلة على إنبات بذور ونمو نباتات العائلة القرعية	21

الملخص

يعد التلوث البيئي بالمعادن الثقيلة من أبرز المشكلات ضررا على الكائنات الحية نظرا للخطورة الكبيرة على الإنسان، حيث تتوزع بكميات واشكال مختلفة في الأنظمة البيئية. ان العناصر المعدنية كالنحاس والزنك والحديد ... ضرورية لنمو النباتات، لكن بتراكيز محددة ومنخفضة، ومن جهة أخرى فان بعض المعادن ليس لها أي دور بيولوجي وهي سامة للنبات ولو بتراكيز منخفضة مثل Pb و Cd، حيث ان ايونات المعادن الثقيلة تعيق العمليات الحيوية للانبات، كتثبيط انزيمات هضم مدخرات الاندوسبيرم وتثبيط انقسام الخلايا الجنينية وتسممها، وهذا ما ينتج عنه ضعف تكشف المحاور الجنينية ونمو البادرات، وفي مراحل متقدمة من نمو النبات تتسبب أيونات المعادن الثقيلة في اضطرابات في العمليات الايضية على مستوى الخلايا وتحفيز الاجهاد التأكسدي وانتاج الجذور الحرة ROS، مما يخفض بشكل كبير نمو الأجزاء الهوائية والجذور، وبالتالي تراجع انتاج الكتلة الحيوية للنبات. في المقابل طورت النباتات أنظمة فسيولوجية وبنيوية مختلفة لتثبيط وتثبيت أيونات المعادن الثقيلة ونقلها وخفض تركيزها داخل خلايا العضوية، أيضا توفير أنظمة فعالة مضادة للأكسدة انزيمية وغير انزيمية. على ضوء نتائج الأبحاث السابقة، فان تأثيرات المعادن الثقيلة على انبات ونمو نباتات العائلة القرعيةCucubitacae ، يكون مختلفا حسب النوع النباتي، ايضا يكون التأثير متفاوتا من معدن الى آخر وتركيزهم في الوسط

الكلمات المفتاحية: القرعيات Cucurbitacae، اجهاد، المعادن الثقيلة، الانبات، النمو، السمية، التحمل

Résumé

La pollution de l'environnement par les métaux lourds est l'un des problèmes les plus importants nocifs pour les humains, et présentent un grand intérêt mondial, car ils sont distribués en différentes quantités et formes dans les écosystèmes. Des éléments métalliques, tels que le cuivre (Cu), le magnésium (Mg), le fer (Fe) … sont nécessaires à la croissance des plantes, mais à des concentrations spécifiques et faibles. D'autre part, certains éléments métalliques, telles que le plombe (Pb), le cadmium (Cd) et le chrome (Cr) … n'ont aucun rôle biologique et sont toxiques pour les plantes même à de faibles concentrations, où les métaux lourds entravent les processus métaboliques de germination, ils inhibent les enzymes des dégradations des réserves endospermiques et la division des cellules embryonnaires. Aux stades avancés de la croissance des plantes, les ions métalliques provoquent des altérations des processus métaboliques et stimulent le stress oxydatif et la production de radicaux libres (ROS) au niveau cellulaire, ce qui réduit considérablement la croissance des parties aériennes et des racines des plantes. D'autre part, les plantes ont développé différents systèmes physiologiques et structurels pour inhiber et stabiliser les ions métalliques, transporter et diminuer leur concentration dans les cellules de l'organisme, fournissant également des systèmes antioxydants enzymatiques et non enzymatiques efficaces. À la lumière des résultats de recherches antérieures, les effets des métaux lourds sur la germination et la croissance des plantes de la famille des Cucurbitacées sont différents selon l'espèce végétale, aussi l'effet varie d'un métal à l'autre et leur concentration dans le milieu.

Mots clés : Cucurbitaceae, stress, métaux lourds, germination, croissance, toxicité, tolérance.

قائمة الاختصارات

الكلمة الدالة	الرمز
ميكرومول	**µM**
حمض الأسكوربيك	**AA**
الحمض النووي الريبي منقوص الاكسجين	**ADN**
الالمنيوم	**Al**
الأسكوربات بيروكسيداز	**APX**
الارجنين	**Arg**
أدينوزين ثلاثي الفوسفات (جزيئة الطاقة)	**ATP**
الباريوم	**Ba**
الرصاص	**Pb**
البروم	**Br**
الكالسيوم	**Ca**
الكتلاز	**CAT**
الكادميوم	**Cd**
الكوبالت	**Co**
النحاس	**Cu**
بروتينات	**D2وD1**
الحديد	**Fe**
الجلوتاثيون بيروكسداز	**GPX**
الجلوتاثيون	**GSH**
الزئبق	**Hg**
الطاقة الضوئية	**HV**
البوتاسيوم	**K**
لتر	**L**
الليزين	**Lys**
مليغرام	**mg**
المغنسيوم	**Mg**
مليمول	**mmol**
المنغنيز	**Mn**
النيكل	**NI**
نترات النيكل	**Ni(NO3)2**
سوبر اكسيد بيروكسيداز	**POD**
البرولين	**Pro**
النظام الضوئي الاول	**PS I**
النظام الضوئي الثاني	**PS II**
الجذور الأكسجينية النشطة	**ROS**
عصارة النسخ الناقص	**sap**
سوبر اكسيد ديوسميتاز	**SOD**
الثريونين	**Thr**
الزنك	**Zn**
ثاني أوكسيد الكربون	**CO_2**
جزيئة الماء	**H_2O**
بيروكسيد الهيدروجين	**H_2O_2**
جزيئة الاكسجين	**O_2**

مقدمة

مقدمة

إن الأنشطة البشرية الزراعية والصناعية المتزايدة هي أصل تلوث البيئة بالمعادن الثقيلة (Zorrig, 2011)، حيث شهدت هذه الظاهرة تزايدا سريعا في العالم، ويكاد يكون تهديدا خطيرا لكل البلدان، خاصة الصناعيــة منــها (Chao et al., 2014).

على الرغــم من وجود المعــادن الثقيلة في التربة بشكل طبيعــي (Chibuike and Obiora, 2014) أظهرت الدراسات ارتفاع كميات المعادن الثقيلة في الترب الزراعية على المستوى العالمي، وفي حال تجاوز هذه الكميات المعدلات الطبيعية للعناصر الثقيلة في التربة يؤدي ذلك إلى تدهور الاراضي الزراعية وقلة إنتاجها (Vila et al., 2015) حيث لوحظ انخفاض نمو النباتات في الترب الملوثة بالمعادن الثقيلة وحدوث تغيرات في الوظائف الفيزيولوجية والكيميائية والحيوية لهذه النباتات، وكانت النتيجة انخفاض الانتاج ودخول المعادن الثقيلة إلى السلسلة الغذائية ويؤدي بالنهاية إلى انعدام الامن الغذائي (Hu et al., 2013) ، كما تؤدي في بعض الأحيان الي موت النبات إذا كانت بتراكيز عالية وسامة (Shrma and Dubey, 2005).

من بين أنواع محاصيل النباتات واسعة الاستهلاك، فان العائلة القرعية *Cucurbitaceae* تتميز باحتوائها على عدد كبير من الخضروات المختلفة فيما بينها في الشكل، اللون والاستخدامات وهي من العائلات الاكثر شهرة والاكثر زارعة في العالم، ظهرت هذه العائلة قديما في القارة الامريكية (حوالي 6000 قبل الميلاد)، حيث كان لها دور أساسي في تطوير الزارعة في أمريكا، وأكثر النباتات استهلاكا هي البطيخ، الخيار، الكوسا (Benalia, 2016).

كما تهدف دراستنا النظرية هذه في سياق معرفة وابراز آليات تأثير المعادن الثقيلة على انبات ونمو نباتات العائلة القرعية *Cucurbitaceae*

حيث نطرح الإشكال التالي:

ما مدى تأثير اجهاد المعادن الثقيلة على إنبات ونمو نبات العائلة القرعية *Cucurbitaceae* وتأثيرها الفسيولوجي والبيوكيميائي، أيضا آليات استجابة النباتات للإجهاد؟

حيث تحتوي الدراسة على فصلين:

- الفصل الأول: تطرقنا فيه الي دراسة بيولوجيا نباتات العائلة القرعية
- الفصل الثاني: فخصصناه الي دراسة اجهاد المعادن الثقيلة على انبات ونمو نباتات العائلة القرعية بشكل عام

الفصل الأول
بيولوجيا العائلة القرعية
(Cucurbitaceae)

1- عموميات حول العائلة القرعية

من المعروف أن القرعيات Cucurbitaceae هي أكبر عائلة من بين محاصيل الخضر، وهي نباتات غذائية، وأصل نباتاتها من المناطق الاستوائية ومعظم أجناسها تنحدر إلى حد كبير من آسيا وأمريكا وأفريقيا (Fapohunda et al., 2018). وتعتبر القرعيات من النباتات السريعة في نموّها، بأوراقها الضخمة وأزهارها الصفراء الشبيهة بالأبواق، فهي تتطلب الكثير من المساحة، هذه العائلة مشهورة بثمارها، لذا فإن القرعيات في الغالب يتم زراعتها للاستفادة من ثمارها بالدرجة أولى، وبدرجة أقل فإن أزهارها وحتى بذورها صالحة للأكل (أنيسة، 2008).

كما تصنف عائلة القرعيات بشكل أساسي إلى الفصيلة Zanonioideae وCucurbitoidea، ولا يزال عدد الأجناس فيها مثيرا للجدل، حيث ذكرت Purseglove (1968) إن عائلة Cucurbitaceae تتألف من 9 أجناس و15 نوعًا من الخضار والفواكه بأصناف مختلفة، بينما دل Chakravarthy (1982) عن 117 جنسًا و825 نوعًا، وأكد Yamaguchi (1983) وجود 100 جنس وأكثر من 750 نوعًا. أيضًا أفاد Subrahmanyam (2004) بوجود 100 جنس و800 نوع بالتعاون مع Mabberley (2008) الذي أشار إلى 122 جنسًا و940 نوعا التي تتوزع في المناطق الاستوائية والمعتدلة الدافئة من العالم، وعلى الرغم من هذه الخلافات، إلا أن القرعيات كانت عائلة مثيرة للاهتمام ومتميزة من ثنائيات الفلقة، موزعة على نطاق واسع من العالم (Fapohunda et al., 2018).

1-1- تعريف العائلة القرعية

تعرف العائلة القرعية علميا باسم Cucurbitaceae، وتسمى في اللغة الإنجليزية بإسم Gourd Family، ويطلق على محاصيل الخضر التابعة لها اسم القرعيات Cucurbits وأغلبها من المحاصيل الحولية التي تزرع لأجل ثمارها، وتتشابه كلها تقريبا في احتياجاتها الزراعية، وتصاب غاليا بنفس الآفات، تضم العائلة القرعية حوالي 130 جنسا ونحو 900 نوع، يستخدم منها في الزراعة حوالي 30 نوع، وهي تنتشر أساسا في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم (حسن، 2020).

1-2- تصنيف العائلة القرعية (Cucurbitaceae)

تصنف النباتات التي تنتمي إلى هذه العائلة إلى 130 جنس، حدده علماء النبات سابقا، حيث تنقسم هذه الأجناس إلى حوالي 800 نوع، نميز من بينها جنس القرع الوثيقة (1) الذي بدوره يشمل 13 نوعا، 5 منها تزرع لغرض التغذية وهي كالتالي(Benalia, 2016) :

- *Cucurbita ficifolia*.
- *Cucurbita maxima*.
- *Cucurbita mixta*.

- *Cucurbita moschata*.
- *Cucurbita pepo*.

الوثيقة 01: بعض أنواع ثمار العائلة القرعية.

وحسب (Feller et al.,1995)، فان تصنيف العائلة القرعية يكون كالتالي:

الجدول (01): التصنيف النباتي للعائلة القرعية (Cucurbitaceae)

المملكة	Plantae	Règne
الشعبة	Magnoliophyta	Division
الصف	Magnoliopsida	Classe
الرتبة	Violales	Ordre
العائلة	Cucurbitaceae	Famille
الجنس	Cucurbita	Genre
كمثال النوع	*Cucurbita pepo L*	Espèce
أيضا النوع	*Cucurbita moschata* (Cronquist, 1981)	

1-3- وصف نباتات العائلة القرعية

معظم نباتات العائلة القرعية حولية، والقليل منها معمر، وجميعها حساسة للصقيع وتزرع القرعيات غالبا لأجل ثمارها، الا ان بعض القرعيات الثانوية تزرع لأجل سيقانها الغضة وازهارها (أنيسة، 2008). وفيما يلي، وحسب (حسن، 2019) نستعرض أهم خصائص نباتات العائلة القرعية:

- **المجموع الجذري**: كثير الانتشار، ويتعمق في التربة بدرجة تتوقف على النوع النباتي
- **المجموع الخضري:** معظم النباتات زاحفة (مدادة) او متسلقة، والسيقان متفرعة عند العقد، ويصل طول النمو الخضري في بعض انواع الجنس *Cucurbita* الي 12 – 15 مترا وتحتوي

سيقان معظم الأنواع على محاليق، وتكون مجوفة او مصمتة، ومغطاه بشعيرات غالبا وتحمل المحاليق في آباط الأوراق

- **الأزهار**: تكون مميزة لونها اصفر، او ابيض، يتكون الكأس من خمس سبلات ملتحمة عادة، ويتكون التويج من خمس بتلات ملتحمة بشكل ناقوسي، ويتكون الطلع من ثلاث أسدية، والمتاع من مبيض واحد ويحتوي على ثلاثة مساكن، ويحمل المبيض أسفل مستوى التويج، وقد تكون الأزهار مذكرة staminate، او مؤنثة pistillate، او خنثيhermaphrodite، ويختلف نوع الأزهار التي قد توجد على النبات الواحد حسب النوع النباتي والصنف البستاني
- **التلقيح**: يكون دائما خلطي بالحشرات، والثمار عنبة وتعد من أكبر الثمار في المملكة النباتية.

1-4- الأصل والتاريخ الجغرافي

تعد القرعيات (Cucurbitaceae) من أكبر الفصـــائل النباتية والأكثر تنوعًا، ولها مجموعة كبيرة ومتنوعة من الثمار، وتُزرع في جميع أنحاء العالم تحت ظروف بيئية مختلفة، ترتبط القرعيات بأصـــل الزراعة والحضارات القديمة، وهي أيضًا من بين الأنواع النباتية الأولى التي تم تهجينها في كل من العالم القديم والجديد، وكان اختيار التهجين في القرعيات هو الحصـــول على الشـــكل، والثمار الأقل مرارة، والبذور والثمار الأكبر حجمًا، مما أدى إلى تنوع وراثي عالٍ داخل الأنواع المزروعة وفيما بينها (Bisognin and Dilson-Antônio, 2002).

وتعرف القرعيات أيضا من أقدم محاصيل الخضر استئناسا في الزراعة، وكان أصل جميع أنواع القرعيات وانتشارها المبكر في أمريكا، ومن اهم اجناس العائلة القرعية ومحاصيل الخضر التي تنتمي اليها:

❖ حسب حسن (2004) فان:

- جنس *Citrullus*: يتبعه البطيخ *C. lanatus*، في المناطق الجافة من جنوب افريقيا
- جنس *Cucumis*: يتبعه القاوون (الكنتالوب) *C. melo*، واصله قارتي افريقيا وآسيا، والخيار *C. Sativus*، في شمال الهند وافريقيا الاستوائية.

❖ وحسب (Whitaker and Bemis, 1975) فان:

- جنس *Cucurbita*: يتبعه أنواع هامة من القرع والكوسة، وهي:
- *Cucurbita ficifolia* : المكسيك، وشمال تشيلي والأرجنتين
- *Cucurbita maxima*: أمريكا الجنوبية في المناطق المعتدلة الدافئة في أوروغواي والأرجنتين
- *Cucurbita moschata*: يعود أصلها إلى المكسيك، وأمريكا الجنوبية

- *Cucurbita argyrosperma*: من ساحل المحيط الهادئ الممتد من المكسيك إلى نيكاراغوا
- *Cucurbita pepo*: أمريكا الشمالية، وشمال المكسيك
- *Cucurbita Moshata*: المكسيك، وفي شمال أمريكا الجنوبية.

1-5- المكونات الكيميائية لثمار بعض أنواع العائلة القرعية

يختلف التركيب الغذائي لنباتات العائلة القرعية إلى حد ما تبعا لنوع (الجدول02 و03) ودرجة نضج هذه الاخيرة، فمثلا نجد نبات الكوسا (الجدول02)، يحتوي على أعلى محتوى مائي وأدنى محتوى من السعرات الحرارية مقارنة مع الأنواع الأخرى التي تنتمي لهاته العائلة (Grubben, 2004).

وايضا ثمار البطيخ من الخضر الغنية بالنياسين (الجدول 03)، كما يحتوي ايضا على كميات متوسطة من فيتامين أ، بينما مختلف أصناف القاوون (الكنتالوب) فهي غنية بحامض الاسكوربيك، كما تعتبر الاصناف ذات اللب البرتقالي غنية بفيتامين أ (Watt & Merril, 1963).

الجدول (02): متوسط التركيب الكيميائي لكل 100 غرام من ثمار الكوسا (Grubben, 2004)

الفيتامينات (mg)	المكونات(g)
فيتامين C.....20	بروتينات.....1.8
نياسين.....0.56	غليسيدات.....2
B6.....0.11ug	سكريات.....1.9
حمض الفوليك....ug50	ألياف.....1
	لبيدات.....0.2
	الماء.....94
الطاقة	**المعادن (mg)**
طاقة(kcal).....17	صوديوم.....3
	مغنسيوم.....18
	فوسفور.....31
	بوتاسيوم.....230
	كالسيوم.....19
	حديد.....0.4

الجدول (03): متوسط التركيب الكيميائي لكل 100 غرام من ثمار البطيخ (Watt & Merril., 1963)

الفيتامينات (mg)	المكونات(g)
فيتامين أ.....590	بروتينات.....0.5
نياسين.....0.2	غليسيدات.....6.4
حمض اسكوربيك...ug7	ألياف.....0.3
	لبيدات.....0.2
	الماء.....92.6
الطاقة	**المعادن (mg)**
سعرات حرارية (kcal)62.....	صوديوم.....1
	مغنسيوم.....8
	فوسفور.....10
	بوتاسيوم.....100
	كالسيوم.....7
	حديد.....0.5

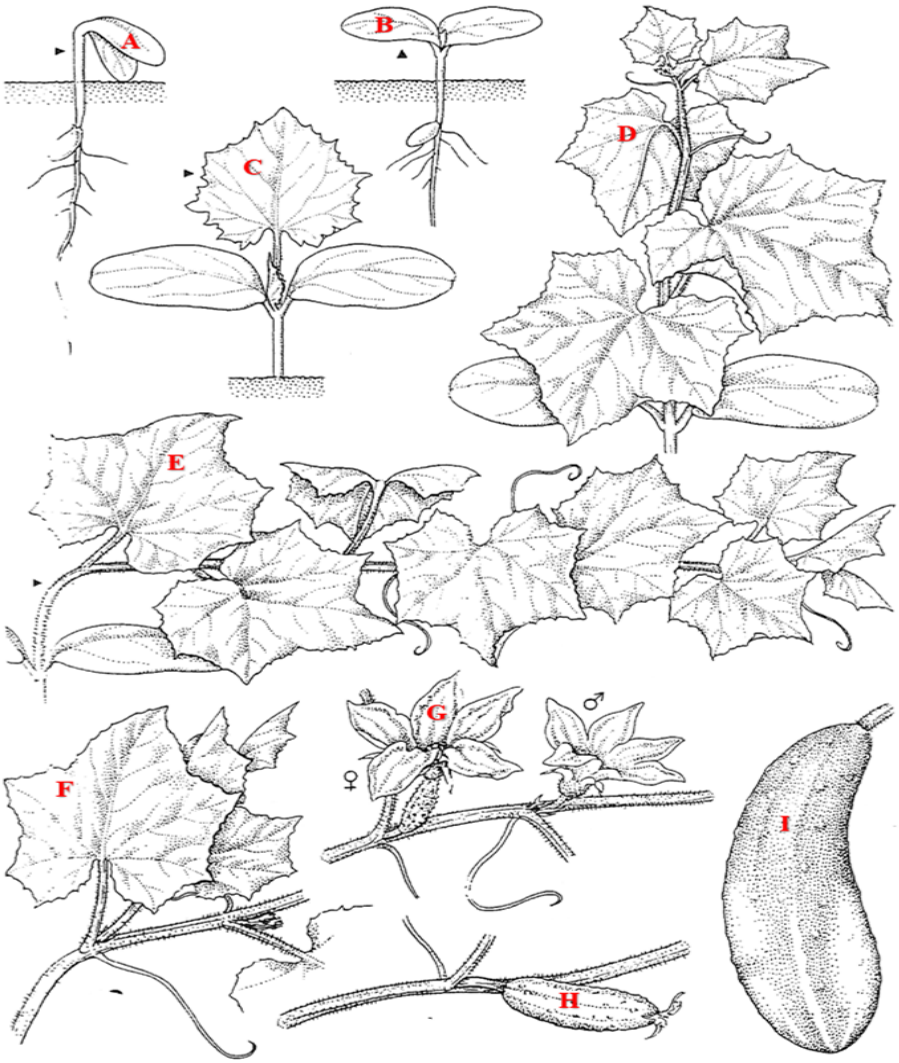
2- الانبات والنمو

2-1- تعريف الانبات (Germination)

هو اول ظاهرة نشطة في حياة النبات، كما يعرف إنبات البذور بأنه استعادة النمو الفعال الذي ينتج عنه تمزق غلاف البذرة وبزوغ البادرات، أو إنتاج بادرات قادرة على النمو بصورة معتمدة على نفسها أو هو خروج الجذير والرويشة من البذرة (جلال حميد، 2016) .

يبدأ إنبات بذور نبات الكوسا *C. pepo* بامتصاصها للماء، حيث تعتبر أول مرحلة فيسيولوجية في حياتها النشطة وتنتفخ فيتمزق غشاؤها بفعل نمو الجنين، حيث يستطيل الجذير مخترقا غلاف النقير، أما الريشة فتنمو حتى تصبح ساقا وينشأ من جانبيها براعم الأوراق، ويعد نمو السويقة الجنينية هو أولى مراحل النمو، حيث يستطيل بسرعة حاملا معه الريشة ذات النمو البطيء إلى سطح التربة، في حين تبقى الفلقتان تحت السطح، وتختلف فترة الإنبات حسب الأنواع النباتية، سلامة البذور، نوع التربة وتوفر الظروف الملائمة، حيث يتم إنبات بذور الكوسا بعد (10 -12) يوم من عملية الزرع (Thompson et al., 2010).

فالوثيقة التالية تبين المراحل الفيسيولوجية الرئيسية لنبات الكوسة (Feller *et al*., 1995)



A. نمو السويقة الجنينية السفلى إلى أعلى، حاملة الفلقات لتظهر فوق سطح التربة
B. بروز الفلقات بالكامل
C. بروز الورقة الأولى على الساق الرئيسي
D. بروز خمسة أوراق منتشرة على الساق الرئيسية
E. بروز تسعة أوراق منتشرة على امتداد الساق
F. يوجد في كل محوروركة مع محلاق ينموعلى جانب واحد وبرعم نباتي
G. زهور من جنسين منفصلين
H. الثمار الأولى على الساق ذات حجم وشكل نموذجي
I. الثمار الناضج بالكامل

الوثيقة 02: المراحل الفيسيولوجية الرئيسية لنبات الكوسة

2-1-1- العوامل الرئيسية للإنبات

بعد فترة السكون التي عاشها الجنين في داخل البذرة الجافة، فإن البذرة لكي تنبت وتتحول بالتدريج إلى بادرة ثم إلى نبات مكتمل البنية فإنها تحتاج إلى توفير عدد من الشروط الداخلية والخارجة (زغلول، 2003)، وحسب (الدسوقي وآخرون، 2008) فتتمثل هذه الشروط في:

1- يجب أن تكون البذور حية، بمعنى أن يكون الجنين حي وله القدرة على الإنبات.

2- عدم وجود البذرة في حالة السكون وأن يكون الجنين قد مر بمجموعة تغيرات ما بعد النضج، وليس هناك عوامل كيميائية أو فسيولوجية تعيق عملية الإنبات.

3- توافر الظروف البيئية الضرورية للإنبات ومنها الماء ودرجة الحرارة والأوكسجين وأحيانا الضوء.

2-1-2- مراحل الانبات

يمكن تقسيم عملية الانبات إلى عدة مراحل منفصلة، وذلك بغرض فهم كل مرحلة منها على حدي، إلا أنها في حقيقة الأمر هي مراحل متداخلة مع بعضها، وهذه المراحل هي:

أ- المرحلة الأولى: مرحلة امتصاص الماء Phase d'imbibition: وفيها تقوم المواد الغروية في البذور الجافة بامتصاص الماء مما يزيد من المحتوى الرطوبى للبذور، ويعقب ذلك إنتفاخ البذور وزيادة أحجامها وقد يصاحب هذا الانتفاخ تمزق أغلفة البذرة، وتجدر الملاحظة هنا أن عملية إمتصاص الماء وإنتفاخ البذرة يمكن أن تحدث حتى مع البذور غير الحية، وعقب إمتصاص الماء وإنتفاخ البذور وفي نهاية هذه المرحلة يبدأ تركيب الطاقة واستهلاكها بتزامن دخول الماء ودخول الأكسجين (Chaussat, 1999).

ب- المرحلة الثانية: مرحلة الانتاش الحقيقي (هضم المواد الغذائية) Phase de Germination au sens strict: يستمر دخول الماء وتشرب الأنسجة - استقرار استهلاك الأكسجين ومنه عودة جميع النشاطات الأيضية في الخلية فنلاحظ تراكم ARNm لتركيب البروتينات المختلفة، كما يتم في هذه المرحلة نشاط الهرمونات النباتية المختلفة المخزنة في البذرة ومن أهمها الجلبريلين الذي يهاجر إلى طبقة الأليرون لتنشيط الأنزيمات المحللة للنشاء والبروتين وهذا لاستغلالها في انقسام الخلايا وتطاولها أين يحدث في هذه المرحلة تحول المواد الغذائية المعقدة مثل الكربوهيدرات والدهون والبروتينات المخزنة في الأندوسبيرم أو الفلقات الى مواد بسيطة والتي تنتقل إلى مناطق النمو الموجودة بمحور الجنين، والتي يسهل على الجنين تمثيلها، وفي نهاية هذه المرحلة يمكن مشاهدة أولى مظاهر الانبات والتي تتمثل في ظهور الجذير(Heller et al., 2004).

ج - المرحلة الثالثة: مرحلة النمو: Phase de croissance post germination يحدث نمو البادرة الصغيرة كنتيجة لإستمرار الإنقسام الخلوي الذي يحدث في نقط النمو المختلفة والموجودة على محور الجنين، وبتقدم مراحل النمو تأخذ البادرة الشكل الخاص بها (Bewelley, 1997).

2-2- تعريف النمو

يمكن تعريف نمو النبات على أنه زيادة حجم أو كتلة النبات، مع أو بدون تكوين هياكل جديدة مثل الأعضاء أو الأنسجة أو الخلايا أو عضيات الخلية، وتمر عملية نمو كل خلية بثلاث مراحل مختلفة: انقسام الخلية، زيادة في الحجم والتمايز، ولكل مرحلة خصائصها الجزيئية والفسيولوجية الخاصة بها. (Brukhin et Morozova, 2011)

3- الأهمية العالمية لمحاصيل العائلة القرعية

تعد القرعيات من محاصيل الخضر الهامة لما تحتويه من سكريات وبعض الفيتامينات. تؤكل ثمار القرعيات إما طازجة أو مطبوخة أو مخللة أو كفاكهة كما أن بعضها قد يدخل في صناعة المربيات والحلويات وغذاء الأطفال، كما تستخدم بذور بعض القرعيات كتسالي، كما تزرع القرعيات في الحقول المكشوفة وبعضها يزرع في البيوت البلاستيكية (Al-Tamimi et al., 2009). نأخذ كمثال، فالجدول التالي يبين انتاج محصول أحد أهم أنواع القرعيات (**البطيخ الأحمر** *Citrullus lanatus*) في الدول حسب إحصائيات منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) لعام 2019.

الجدول (04): قائمة الدول المنتجة لمحصول البطيخ الأحمر للموسم الزراعي 2019 (منظمة الأغذية والزراعة (الفاو)، 2019)

	البلد	الإنتاج(طن)	المساحة(هكتار)	العائد (كلغ / هكتار)
1	الصين	79,244,271	1,892,570	41,871.20
2	تركيا	3,928,892	94,333	41,649.30
3	إيران	3,813,850	132,464	28,791.70
4	البرازيل	2,090,432	90,447	23,112.20
5	أوزباكستان	1,976,373	54,368	36,351.50
6	الجزائر	1,877,069	58,969	31,831.50
7	الولايات المتحدة الامريكية	1,823,160	45,970	39,659.80
8	روسيا	1,757,972	148,270	11,856.60
9	مصر	1,680,994	52,352	32,109.70
10	المكسيك	1,199,648	38,672	31,021.40

4- الآفات والامراض

حسب (Ryckewaert *et a*l , 2004)، فان هناك الآفات الحشرية:

كالعنكبوت الأحمر: *Tetranychus urticae*

الأعراض: ظهور بقع صفراءعلى الأوراق مستديرة وتتحو ل الأوارق إلى اللون البرنزي ومع اشتداد الإصابة تتحول الورقة إلى اللون البني.

وحسب (عبد الله صادق واخرون، 2021)، هناك أيضا:

الأمراض الفطرية: كالذبول الفوزاريومي الوعائي: *Fusarium oxysporum* sp. f .*radicis - cucumerineum*

الأعراض: تحول لون الأوعية الناقلة من الأصفر إلى البني، ذبول البادرات وموتها، ذبول عام في الشتول الكبيرة.

الأمراض البكتيرية: كمرض التبقع البكتيري: *Pseudomonas syringae pv. Lachrymans*

الأعراض: في الأجواء المناخية الرطبةً وخصوصا في الصباح، يمكن أن تخرج البكتيريا من الجروح على شكل مادة مخاطية وعندما تجف تترك قشرة مميزة.

تبدأ الإصابة على شكل بقع مائية هندسية على أسفل الورقة محددة بالعروق، مع تطور الإصابة ما تلبث هذه البقع أن تتحول إلى صفراء حتى تجف وتنحل فتبدو الأوراق مثقوبة.

حسب (Kouadio, *et al*, 2017)، هناك أيضا: الأمراض الفيروسية:

كأصفرار عروق الخيار: *Cucumber vein yellowing virus*

الأعراض: يظهر الشمام والخيار اصفرا ًرا في العروق، وفقدان لون العروق، والاصفرار، والنخر، والتقزم ويقابله انخفاض في المحصول.

الفصل الثاني
إجهاد المعادن الثقيلة عند نباتات العائلة القرعية

1- تعريف المعادن الثقيلة

المعادن الثقيلة هي معادن موجودة بشكل طبيعي في الصخور والتربة بكثافة تتجاوز 4.5 غم / سم^3، كما يتم إطلاقها في البيئة عن طريق النشاط البشري والتآكل بشكل عام، لا تتحول إلى عناصر أخرى، وبالتالي تستمر في البيئة في حالات أكسدة حيث ترتبط ارتباطًا مباشرًا بدرجة سميتها (Pinto et *al.,* 2003).

يمكن تعريف المعادن الثقيلة بأنها مجموعة فرعية من تلك العناصر التي تظهر خصائص معدنية وتضم المعادن التي تمر بالحالة الانتقالية، بعض الفلزات، اللانثانيدات والاوكتينيدات، وذلك باستخدام الكثافة كعامل مميز(Suciu et *al*., 2008) .

وحسب (Duruibe et al., 2007) فان المعدن الثقيل هو مصطلح يستخدم للإشارة إلى أي عنصر فلزي له كثافة عالية نسبيًا ويكون سامًا او مسببا للتسمم حتى عند التراكيز المنخفضة.

حسب (El Rjoob et *al*., 2008) تصنف المعادن الثقيلة بحسب الدراسات البيئية والبيولوجية إلى:

- ✓ معادن أساسية (essential metals): مثل الزنك (Zn) ، النحاس (Cu) ...
- ✓ معادن غير أساسية (non-essential metals) أو معادن سامة: مثل الرصاص (Pd) الكادميوم (Cd)...

وفي الصورة التالية نستعرض أهم المعادن الثقيلة، المنتشرة في الطبيعة:

Copper= النحاس

Bronz = خليط من النحاس والقصدير

Aluminium= الألمنيوم

Brass= النحاس الاصفر

الوثيقة 03: بعض المعادن الثقيلة بعد التنقية والتشكيل (باباسيدي وجريدي.، 2019)

2- أصل تلوث التربة بالمعادن الثقيلة

تكمن المشكلة الرئيسية للمعادن الثقيلة مثل الرصاص والكادميوم والنحاس والزئبق في عدم إمكانية تحللها بيولوجيًا، وبالتالي فهي تستمر لفترات طويلة في التربة، حيث يمكن أن يكون أصل وجودها في التربة طبيعيًا أو من صنع الإنسان (Robert et Juste, 1999).

2-1- المصادر الطبيعية:

توجد المعادن الثقيلة بشكل طبيعي في الصخور، ويتم تحررها أثناء تغيرها لتشكيل التركيبة الجيوكيميائية وتشمل المصادر الطبيعية الهامة النشاط البركاني والتغيير القاري وحرائق الغابات. يمكن أن تكون مساهمة البراكين في شكل انبعاثات ضخمة بسبب النشاط الانفجاري، أو انبعاثات مستمرة من الحجم الصغير، ولاسيما الناجمة عن النشاط الحراري الأرضي وتفريغ الصهارة (Marc et Gautheyrou, 2003).

2-2- المصادر البشرية:

توجد معادن ناتجة عن مدخلات بشرية في أشكال كيميائية تفاعلية إلى حد ما وبالتالي تحمل مخاطر أعلى بكثير من المعادن الموجودة طبيعيا والتي غالبا ما توجد في أشكال خاملة نسبيا (Singh et al., 2003).

3- تأثير المعادن الثقيلة على النبات

3-1- تأثير المعادن الثقيلة على فيسيولوجيا النبات

3-1-1- تأثير المعادن الثقيلة على الإنبات

يعد الإنبات أكثر الأطوار الفيسيولوجية تأثرا بعوامل الوسط، حيث أكدت كثير من الدراسات إلى انخفاض نسب إنبات أغلب الأنواع النباتية في الأراضي التي تحتوي على المعادن الثقيلة نتيجة عدم قدرة البذور حيويا على الإنبات بسبب تلف الخلايا الجنينية، وارتفاع أسموزية محلول التربة الذي يعيق امتصاص البذور للماء (Seneviratne et al., 2019)، كما أكد كل من (Bewley , 1997 ; Miceli et al., 2003) أن حساسية الأصناف النباتية للمعادن الثقيلة تتغير بتغير مراحل دورة حياتها، أي منذ بداية الإنبات حتى مرحلة النمو الكامل.

أوضح (Shuiping, 2003) أن جزيئات المعادن الثقيلة تقلل من معدلات إنبات بذور النباتات، حيث يؤثر النيكل على نشاط العديد من انزيمات التحلل hydrolases (α-amylases, ribonucléases et proteinases) مما يؤخر الإنبات، كما أن الكادميوم من جانبه، يسبب الضرر في أغشية البذور، بالإضافة الى إعاقة تحليل العناصر الغذائية في السويداء.

كما أشار (Adrees et al., 2015)، إلى أن طوري الإنتاش ونمو البادرات هي من الأطوار الحرجة في حالة الري بالمياه الملوثة بالمعادن الثقيلة، مما يتسبب في ضعف كثافة المحصول ويكون الإنتاج منخفض. أيضا أوضح (Akinci et al., 2010)أن إجهاد المعادن الثقيلة أدى إلى نقص معدل الإنبات واستطالة الجذير والريشة لدى بادرات أحد أنواع العائلة القرعية، على سبيل المثال: عند تعرض نبات البطيخ *Cucumis melo* لجرعات متزايدة من الكروم **300 mg.l^{-1} Cr** يؤدي إلى انخفاض معدل الانبات بنسبة 46.2% ، كما انخفضت استطالة الجذير بنسبة 58.48% عند المعاملة بتركيز **70 mg.l^{-1}** ، وهذا ما يوضح ان النسيج الجذري اكثر حساسية للإجهاد المعدني. وجد (Munzuroglu et al., 2002) من خلال دراستهم على

نبات الخيار *Cucumis sativus L* عند تركيز 8 mmol من المعادن الثقيلة (الكاديوم Cd، الكوبالت Co، النحاسCu ، الرصاصPb ، الزنكZn) حيث تم تثبيط معدل انبات البذور بنسب 19 % ،63 % 2 %، 66%،64 %على الترتيب، كما أن عند التركيز 1.1mmol من الزئبق Hg كان تثبيط الانبات بشكل تام.

بين (Akinci et al., 2010) ان نمو السويقة الجنينية السفلى hypocotyl لنبات البطيخ *Cucumis melo* انخفضت بنسبة 52.63 % عند المعاملة بتركيز **70 mg. L^{-1} Cr** وهذا الانخفاض يدل على الحساسية المفرطة لنباتات هذا النوع لإجهاد المعادن الثقيلة.

وعلى العكس أظهركل من (Sleimi et al.,2021 ؛ Kouki et al., 2021) من خلال دراستهم على نبات الخيار *Cucumis sativus L* المعالجة بجرعات متزايدة من الباريوم Ba والالمنيوم 500 µM Al تزايدت نسبة الانبات وهي بالترتيب 46.7%، 47.5 % لوحظ هذا التحفيز أيضًاعلى نبات الكوسة *Cucurbita pepo* عند معاملة البذور ب1000µM من النحاس زادت نسبة الإنبات 40٪ (Bankaji et al., 2017).

أظهرت هذي النباتات القدرة على تحمل الإجهاد الناجم عن المعادن بالوصول الى اتزان مع الاجهاد. من الضروري أيضًا مراعاة الدور الذي يلعبه غلاف البذرة كحاجز بين الجنين والبيئة المحيطة (Carlson et al., 1991).

3-1-2- تأثير المعادن الثقيلة على نمو النباتات

ان وجود مستويات عالية من المعادن الثقيلة يعيق بشدة النمو والتمثيل الغذائي للنباتات (Ahmad et al., 2018)، فالإجهادات غير الأحيائية مثل اجهاد المعادن الثقيلة، يؤثر بشكل سلبي على العمليات المرتبطة بـإنتاج الكتلة الحيوية وإنتاج البذور في جميع المحاصيل الحقلية الرئيسية تقريبا بحيث يتوقف تأثير المعادن على النبات على عدة عوامل مثل نوع التربة والنمو ووجود أيونات أخرى (Purves,1985) .

بعض المعادن الثقيلة مثل: Al, Pb, Cr, Cd و Hg ، وعلى الرغم من كونها غير ضرورية وليس لها أي دور فسيولوجي، وهي شديدة السمية حتى عند التراكيز المنخفضة جدًا (Shahid et al., 2013) حيث تسبب أيونات المعادن الثقيلة عمومًا تأثيرات سامة شائعة على النباتات، مثل انخفاض تراكم الكتلة الحيوية، وتثبيط النمو، والشيخوخة، مما يؤدي في النهاية إلى موت النبات (Gill et al., 2013).

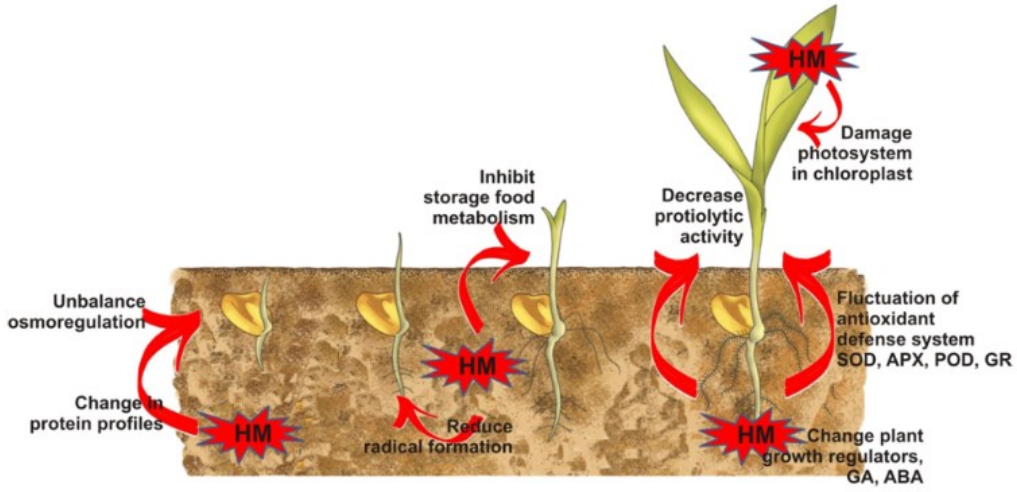
ان جذور النباتات هي أول عضو تماس مع أيونات المعادن الثقيلة في محلول التربة، وبالتالي تمت دراسة الجذور على نطاق واسع لتقييم تأثير عامل الإجهاد، فنمو الجذر هو مزيج من انقسام الخلايا واستطالتها، حيث لاحظ (Fontes and Cox,1998) انخفاض في النشاط الانقسامي في العديد من أنواع النباتات بعد التعرض للمعادن الثقيلة، مما أدى إلى تثبيط نمو الجذر. أيضا النباتات التي تنمو في تربة غنية بالمعادن الثقيلة تعاني من انخفاض النمو والمحصول (Keunen et al., 2011)، مما يشير إلى تأثير سمية المعادن الثقيلة في إعاقة أداء النمو الإجمالي للنباتات المجهدة (Kikui et al., 2005).

أظهر (Liu et al., 1992) أن Cr (VI) له تأثير سام على انقسام الخلايا أكبر من Cr (III) علاوة على ذلك، فان (Sundaramoorthy et al., 2010) لاحظ أيضًا أن Cr(VI) تسبب في تثبيط انقسام الخلايا الجذرية، وبالتالي تثبيط النمو الجذري.

يعد البطيخ محصول بستاني حساس لإجهاد الرصاص، وبعد المعاملة بتراكيز مختلفة من Pb، لأحد أصناف البطيخ (*Citrullus lanatus*)، حيث سجل تراجع في مؤشرات النمو مع زيادة تركيز الرصاص في المحلول المائي حيث تراجع الوزن الجاف للجذر بنسبة 10.39% عند الجرعة (20 ملي مولار) من Pb (Sharma et Dubey, 2005). وفي دراسة أجريت حول الأعراض السمية المختلفة لتعرض نبات البطيخ للإجهاد الناتج عن عنصر الرصاص، لاحظ (Kumar et Prasad, 2018) توقف النمو، وانخفاض إنتاج الكتلة الحيوية، وتثبيط الجذور ونمو الفروع.

كما اجريت اختبارات حول السمية الحادة للمعادن الثقيلة، حيث تراجع الوزن الرطب للمجموع الخضري بنسبة 20.69% و 15.22 %و17.57% عند نبات خيار البحر (*Apostichopus japonicus*) عند تعريضه لتراكيز 0.770 ، 0.050 و 0.440 $mg.\ L^{-1}$ لكل من الزنك والنحاس والكادميوم على التوالي et . (Li Li al., 2016)

من جهة أخرى فان تعريض شتلات الكوسة (*Cucurbita pepo L.*) الى 50 mg/L من نترات النيكل *Ni(NO3)2* أدى إلى تثبيط استطالة الجذر والوزن الجاف للجذور والأجزاء الهوائية بشكل عام .(Amooaghaie et al., 2017)



الوثيقة 04: تأثيرات المعادن الثقيلة المختلفة على إنبات البذور ونمو النباتات (Mihiri et al., 2017)

3-1-3- تأثير المعادن الثقيلة على التركيب الضوئي

التمثيل الضوئي هو عملية التمثيل الغذائي الأساسية للخلية النباتية، فهو يحول الطاقة الضوئية (hv) إلى طاقة كيميائية يتم تخزينها في الجزيئات العضوية (الكربوهيدرات)، وفقا للتفاعل التالي:

$$6CO2 + 12H2O + hv \rightarrow C6H12O6 + 6\,O2 + 6H2O$$

يتكون هذا التفاعل الكلي من مرحلتين متميزتين: مرحلة الضوء التي تشتمل على التفاعلات الكيميائية الفيزيائية والمرحلة المظلمة التي تحتوي على التفاعلات الكيميائية الحيوية (Vincent, 2006).

ان تعرض النباتات لإجهاد المعادن الثقيلة أدى الي حدوث اضطرابات في أيض البلاستيدات الخضراء بسبب تثبيط التخليق الحيوي للكلوروفيل والتقليل من محتواه، إعاقة نقل الالكترونات وتقليل نشاط الإنزيمات المشاركة في دورة كالفين وتثبيت ثاني أكسيد الكربون (Nikhil et al.,2016)، نتيجة نقص في المبادلات الثغرية، كما يؤثر ارتفاع أيونات المعادن الثقيلة على نشاط النظامين الضوئيين PSI وPSII وهذا الأخير أدى لتثبيط التمثيل الضوئي، خاصةً التفاعلات الضوئية (Wang et al., 2012).

كما توصل (Valivand and Amooaghaie, 2021) بأن معدن النيكل عند 100mg L−1 قلل من محتوى الكلوروفيل (Chl a) و(Chl b) والكاروتينات في أوراق *C. pepo* بنسبة 41.24% وهذا ما نتج عنه انخفاض في محتوى أصباغ التمثيل الضوئي وتقليل مساحة الورقة.

3-1-4- تاثير المعادن الثقيلة على التغذية المعدنية

تتطلب النباتات 14 عنصرًا معدنيًا مختلفًا لنموها وتطورها بشكل عام، هذه العناصر موجودة في التربة وتلتقطها الجذور، تنتقل إلى البراعم، ثم توزع على أعضاء وأنسجة النبات المختلفة حسب احتياجاتها، يمكن أن يحدث تداخل بين هذه العناصر والمعادن الثقيلة مما يؤدي الي تغير في تركيز وتركيب المغذيات النباتية، كما يمكن للمعادن الثقيلة أيضًا أن تغير شكل البروتينات، بما في ذلك النواقل الغشائية أو البروتينات المنظمة الأخرى (Clemens, 2001) .

الجذور هي الهدف الأساسي لتراكم المعادن الثقيلة مثل الكادميوم والرصاص (Kumar, 2012)ويتم انتقال أيونات المعادن من التربة إلى الجذر ثم يتم توزيعها في جميع أنحاء النبات، بعد عبور كل من الأغشية الخلوية والعضوية (Guerinot, 2000).

قد يتسبب تراكم المعادن الثقيلة في النباتات بالعديد من التغيرات الفسيولوجية والبيوكيميائية والتركيبية (Feng et al., 2010 ; Khan et al., 2007). حيث تعيق المعادن الثقيلة امتصاص العناصر الغذائية الأساسية وانتقالها، مما يؤثر سلبا على تغذية النبات بالمغذيات الكبرى والصغرى، حيث يكون تأثير المعادن الثقيلة السامة على امتصاص المغذيات الكبرى والصغرى على آليتين رئيسيتين تلعبان دورا محوريا في استحثاث سمية المعادن، أولا التنافس على مواقع الارتباط الشائعة بسبب التشابه الأيوني (Göthberg et

(al., 2004 ، وهكذا على سبيل المثال، Ni له صفات مماثلة ل Mg و Ca و Fe و Cu وZn ، و بالتالي قد يتنافس Ni مع هذه العناصر في الامتصاص والاستخدامات التي تلي الامتصاص في التمثيل الغذائي النباتي، نتيجة للمنافسة، في معظم الحالات، قد يمنع Cd و Pb الامتصاص الكاتيوني(K , Mg, Mn, Zn, Cu , Fe , Ca) و يقلل تركيزها ويؤدي الي نقصها في النبات، وتفيد التقارير أن Ni يؤدي إلى نقص في الحديد إما عن طريق تثبيط امتصاصه أو التسبب في تثبيته أي عدم حركته في الجذور. وبالمثل، أظهرت إحدى الدراسات أن المعاملة ب Ni وPb قلل بشدة من كمية الحديد Fe الموجودة في عصارة النسغ الناقص(sap) لنبات الخيار *Cucumis sativus*. ثانيا قد ينجم انخفاض امتصاص المغذيات أيضا عن ضعف التمثيل الغذائي الناجم عن المعادن والذي يؤثر على أنشطة وأنزيمات أغشية الخلايا، لذلك فإن المثال النموذجي لهذه الآلية هو الانخفاض في امتصاص Fe^{3+} من قبل جذور الخيار بسبب ان المعدن الثقيل يؤدي إلى تثبيط عمل انزيم Fe (III) reductase (سعد الله ، 2020).

كما يؤدي دخول الكادميوم من خلال قناة الكالسيوم في خلايا الأوراق إلى اضطراب العلاقات المائية داخل أنسجة النبات، مما يتسبب في غلق الثغور في العديد من النباتات، و يؤدي إلى انخفاض معدل النتح، وتثبيط التمثيل الضوئي من خلال التأثير الضار على استقلاب الكلوروفيل، وبالتالي إلى تثبيط النمو وعدم التوازن في مستوى المغذيات (Perfus et al., 2002) .

3-1-5- تأثير المعادن الثقيلة على التوازن المائي للنبات

يزيد تركيز المعادن الثقيلة في محلول التربة من القدرة التناضحية، وزيادة الضغط الاسموزي مما يخلق عجزا مائيا للنبات وخفض امتصاص جذوره للماء الضروري للنمو، نتيجة لذلك تنخفض امكانات وصول الماء للمجموع الورقي خاصة الأفرع الفتية (Hajlaoui et al., 2007).

يؤدي اجهاد المعادن الثقيلة إلى حدوث اجهاد اسموزي وبالتالي اختلال النتح وفقدان الماء من الأوراق من خلال تثبيط قنوات الماء، وهذا العجز في التوازن المائي يحدث تغيرات فسيولوجية ومورفولوجية مختلفة كتخريب الأغشية واختلال توازن المغذيات، وانكماش الخلايا وعدم استطالتها، وحسب بعض الباحثين أن التراكيز العالية من Hg قد يؤثر على عملية التمثيل الغذائي أو يتسبب في خفض الاستقطاب الغشائي مما قد يؤثر بشكل أو بآخر على حركات الثغور، حيث أدت إضافة $HgCl_2$ إلى تثبيط أكثر من 70٪ من حركات الثغور وهذا بسبب ارتفاع تراكم المعادن في التربة والنبات (Yang et al.,2004).

كما أن تعرض نباتات الكوسة *Cucurbita pepo* البالغة من العمر 10 أيام لتركيز النيكل 100 mg/l أدى الى انخفاض في المحتوى المائي للأوراق ب 3.93% وتقليل من مساحة الورقة والمحتوى من أصباغ التمثيل الضوئي نتيجة تراكم النيكل واستنفاد العناصر الأساسية في الأنسجة (Amooaghaie,2021 (Valivand and

3-2- تاثير المعادن الثقيلة على المحتوى البيوكيميائي للنبات

3-2-1- تاثير المعادن الثقيلة على المحتوى من السكريات والبروتينات

3-2-1-1 السكريات:

يعتمد استقلاب السكريات النباتية على التمثيل الضوئي ودورة كالفين ، فهما عمليتين أساسيتين تحدثان في خلية نباتية، داخل البلاستيدات الخضراء ،تنتمي السكريات إلى العناصر الغذائية الهامة في استقلاب النبات، إنها المنتجات الأولى لتثبيت ثاني أكسيد الكربون ، وهي أول جزيء عضوي لتخليق العديد من المركبات العضوية المهمة ، فهي مصدر طاقة للتنفس ، وتحمي النباتات من الجروح ، وحالات الإجهاد ، لذلك قد يؤدي اختلال عملية التمثيل الغذائي للسكار يد إلى فقدان القدرة الوقائية والسلامة الهيكلية للنبات بأكمله(Fryzova et al., 2017).

يغير اجهاد المعادن الثقيلة من مساحة الأوراق وتصبغها، ومن تراكم الكربوهيدرات في النبات بسبب انهيار غشاء البلاستيدات الخضراء، وحبوب النشا المتضخمة، مما يؤدي الي فقدان لنشاط التمثيل الغذائي (Thounaojam et al., 2014)، وانخفاض في نسبة السكر في النبات عند المعالجة بالمعادن الثقيلة حيث (Ahsan et al., 2007) من خلال تجربته في إنبات بذور المعالجة بالنحاس، يشير إلى أن التعرض للنحاس يثبط إنزيمات مسار التحلل السكري وهو بروتين كيناز، وبروتين $\alpha - amylase$ الذي يفكك النشا لتوفير المستقلبات للتنفس.

3-2-1-2 البروتينات:

تلعب البروتينات دورًا مهمًا في جميع الأنظمة الحية، حيث أي تغيير فيسيولوجي أو كيميائي حيوي، سواء كان سلبيًا أو إيجابيًا، سينعكس من خلال التغيرات في نشاط البروتين(Xiang et al., 2013) . ومن أحد مؤشرات الإجهاد التأكسدي أكسدة البروتينات من خلال التفاعل المباشر مع ROS (Gonçalves et al., 2007)

تؤدي أيونات المعادن الثقيلة المشتركة تغيير في تركيب الجزيئات الحيوية (بروتين أو حمض نووي) أو تثبيط تفاعلات التمثيل الغذائي بشكل أساسي عن طريق التفاعل مع الجزيئات الحيوية وربطها عبر مجموعات تفاعلية مثل الهيدروكسيل والكربوكسيل والسلفهيدريل ، لوحظ أيضًا انخفاض محتوىATP عند مستويات مرتفعة من الزنك ، حيث يتسبب Zn في إتلاف بروتينات D1 و D2 في مركز تفاعلPS II (Naser A et al.,2015).كما عولجت نباتات Zea mays (الذرة) بتركيزات متفاوتة في التربة من النحاس والنيكل والرصاص والزنك ، انخفض مستوى التمثيل الضوئي ،و تثبيط تخزين بروتينات الهدم بالتعرض للمعادن أثناء الإنبات واستطالة الشتلات.

من خلال دراسة Shah and Dubey في (1998) لتأثير الكادميوم على الانزيم المحلل للبروتين في بذور، حيث زيادة تركيز الكادميوم في بذور أدى الي انخفاض نشاط البروتياز (Mihiri et al.،2019). وزيادة في البروتين الكربونيلي بعد العلاج بـ 11 mmol/L من الكادميوم، في شتلات الخيار *Cucumis sativus* مما يزيد من قابلية البروتين للتدهور والتحلل، حيث تكون السلاسل الجانبية لـ Lys وArg وPro وThr تحولت إلى مجموعات ألدهيد أو كيتو. وبالمثل، نتج عن معالجة الكادميوم لنباتات البازلاء مضاعفة زيادة في البروتين الكربونيلي، مع استهداف نفس البروتينات مثل تلك التي تستجيب للعلاج ببيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2). لذلك من المحتمل أن يتسبب الكادميوم في تراكم أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS)، وبالتالي أكسدة البروتينات وفقدانها خصائصها البيولوجية (Kranner and Louise ،2011)

3-2-2- تأثير المعادن الثقيلة على المحتوى من البرولين

يعتبر البرولين من أهم الأحماض الأمينة التي تتراكم في النباتات عند تعرضها للإجهاد (Kavas et al, 2013). يلعب البرولين دور وقائي وأسموزي فعال (Roosens ،1998)فهو يتراكم في أنسجة النباتات المجهدة أسموزيا من خلال تحفيز تصنيعه الحيوي وتثبيط عملية هدمه (Delauneg et Verma،1993).

إن تعرض نبات الكوسة *C. pepo* لجرعات متزايدة من الكاديوم Cd **500µM** يؤدي إلى تراكم البرولين بنسبة كبيرة **36%** في جذوره (Labidi et al., 2021)، حيث يمكن أن يلعب البرولين دور مثبط للجذور الحرة أين يدعم سلامة نفاذية الأغشية تحت ظروف الإجهاد (Siddique et al., 2018).

أيضا بين كل من (Sun et al., 2011 ; Baloğlu et al., 2012 ؛ Arikan Ceylan et al., 2012) في دراستهم علي نباتات أصناف من عباد الشمس والحمص والخيار أن تركيز البرولين يرتفع بارتفاع تراكيز المعادن الثقيلة في الوسط وأن هذا التأثير يكون سلبي للجذور الحرة باعتباره مقتنص جيد لها، كما أكد (Labidi et al., 2021) ان البرولين يلعب دورا مهما على المستوى الخلوي في الحفاظ على الضغط الاسموزي وهي آلية أساسية من آليات الحماية من آثار الإجهاد المعدني في نباتات الكوسة *C. pepo*.

3-2-3- استحثاث المعادن الثقيلة لإجهاد الأكسدة

تتشكل الجذور الحرة ROS في العضوية بشكل عادي، خلال النشاط الأيضي غير أنها تكون مراقبة بدقة بأنظمة مضادة للأكسدة، لكن عندما يختل التوازن المؤقت بتأثير الجذور الحرة يؤدي إلى حدوث ما يعرف بالاجهاد التأكسدي. إذا فالإجهاد التأكسدي يحدث سواء عن طريق انخفاض نشاط مضادات الأكسدة الناتج عن زيادة تركيز الجذور الحرة، في الخلايا حيث يمكنها أن تحدث العديد من الأضرار التي تسبب فقدان التكامل الوظيفي وحتى موت الخلايا (Jones et al., 2002).

عندما تتعرض النباتات لأجهادات بيئية، في حالة التعرض للمعادن الثقيل مثل: Cd، Pb، Cr وحتى Fe، Cu أو Mn حسب تركيزها في الوسط فإن إنتاج ROS يفوق قدرة النظام المضاد للأكسدة، وبالتالي

تستطيع الجذور الحرة أن تهاجم الأحماض النووية للنواة (ADN) أي القواعد الأزوتية المكونة لها، مما يؤدي إلى تلف (خلل) في الرسالة الجينية للخلية. كما يمكنها مهاجمة اللبيدات وخاصة الأحماض الدهنية العديدة غير المشبعة (Les Acides Gras Polyinsaturés) ، والتي تكون سهلة الأكسدة مما ينتج عنها أكسدة الدهون (Peroxydation Lipidique) (Yazici et al., 2007)، على سبيل المثال :تم العثور على مركب Malondialdehyde والتي زادت بشكل كبير في براعم33.92% وجذور22.29% وثمار168.05% *C. pepo* بعد معاملتها بنسب مرتفعة من الكادميوم **500 µM** (Labidi et al., 2021) ، وهذا مما أدى إلى التأثير سلبا على الأنشطة الأيضية المختلفة للنباتات بما في ذلك الأكسدة الخلوية (Ortega et al., 2005) .

4- آليات تحمل النباتات للمعادن الثقيلة

تحت ضغط المعادن الثقيلة، يتم إنتاج ROS في الأنسجة النباتية، والتي تسبب الإجهاد التأكسدي ولتقليل هذا الضغط، تحفز الخلايا النباتية نظام دفاع مضاد للأكسدة (Ashraf et al., 2017)، وذلك بتعزز نشاط الانزيمات الدفاعية، حيث يلعب كل من Catalase (CAT) Peroxidase (POD) ، Superoxide disututase (SOD) دورا هام في إزالة السموم من الجذور و حماية أغشية الخلايا من الأكسدة و بتالي التقليل من الإجهاد التأكسدي (Jayasri et Suthindhiran, 2017). وهذا مابينه(Wyrwicka , 2016 and Urbaniak) حول دراسة اجراها على نبات الكوسة (*Cucurbita pepo L.)* حيث بين ان التفاعلات الدفاعية ضد الاجهاد المعدني ارتبطت بشكل أساسي بزيادة نشاط انزيمات المضادة للاكسدة (SOD)،(POD).

تحت تأثير التراكيز العالية من المعادن الثقيلة ومن بين الاليات التي يمكن ان تفعلها النباتات للحد من تدفق المعادن هي تغيرات التكيف المورفولوجية في نظام جذر النبات، حيث يشارك كل من السيتوكينين والإيثيلين في زيادة سمك سطح الجذر عن طريق تشكيل جذور أكثر كثافة لزيادة امتصاص المغذيات (Yu et al., 2015) .

ان تعرض النباتات للتراكيز العالية من المعادن الثقيلة يؤدي الى تحفيز نظام الدفاع المضاد للأكسدة والذي يشمل مضادات الأكسدة الإنزيمية، مثل الكاتلاز (CAT) والأسكوربات بيروكسيداز (APX) (Malik 2010) et al., . والجلوتاثيون بيروكسداز(GPX) و بين (Kouki et al., 2021) من خلال دراستهم على نبات Cucumis sativus ان 500 ميكرومتر من الالمنيوم كانت قادرة على تحفيز نشاط انزيم (GPX) في السيقان والأوراق بنسبة 31 ٪ ، كما لعب انزيم APX دورًا مهمًا في تحييد أنواع الأكسجين التفاعلية أثناء معالجة نبات الخيار بمعدن AL وذلك عن طريق تقليل H2O2 إلى H2O باستخدام حمض الأسكوربيك كمانح إلكتروني . وكذالك مضادات الأكسدة غير الأنزيمية بما في ذلك β-carotenes حمض الأسكوربيك (AA)و الجلوتاثيون (GSH)، وذلك لمكافحة التأكسد وتخفيف من اجهاد المعادن الثقيلة (Abedi et, 2010 Pakniyat).

في الجدول التالي نلخص نتائج أهم الدراسات السابقة حول آثار المعادن الثقيلة على إنبات بذور ونمو نباتات أنواع العائلة القرعية:

الجدول (05): ملخص نتائج الدراسات السابقة حول آثار المعادن الثقيلة على إنبات بذور ونمو نباتات العائلة القرعية

النبات	المعدن	التركيز	التأثير	المرجع
Cucurbita pepo	Cd	500 µm	تراكم البرولين في الجذور بنسبة كبيرة 36%	(Labidi et al., 2021)
			زيادة مركب Malondialdehyde بنسب كبيرة في براعم33.92% وجذور22.29% وثمار168.05%	
Cucurbita pepo	Ni	100mg/L	انخفاض محتوى الكلوروفيل (Chl a) و(Chl b) والكاروتينات في الأوراق بنسبة 41.24%	(Valivand and Amooaghaie, 2021)
			انخفاض في المحتوى المائي للأوراق ب3.93%	
Cucumis sativus L	Al	500 µm	زيادة نسبة الانبات 46.7%	(Kouki et al., 2021)
			تحفيز نشاط انزيم (GPX) في السيقان والأوراق 31%	
Cucumis sativus L	Ba	500 µM	زيادة نسبة الانبات 47.5%	(Sleimi et al.,2021)
Cucurbita pepo	Cu	1000µM	زيادة نسبة الإنبات 40٪	(Bankaji et al., 2017)
Cucurbita pepo L	Ni (NO3)2	50 mg/L	تثبيط استطالة الجذر والوزن الجاف للجذور والأجزاء الهوائية	(Amooaghaie et al., 2017)
Apostichopus japonicus			انخفاض الوزن الرطب للمجموع الخضري بنسبة	(Lili., 2016)
	Zn	0.77mg/L	%20.69	
	Cu	0.05mg/L	%15.22	

	Cd	0.44mg/L	%17.57	
Cucumis.melo	Cr	300 mg/L	انخفاض معدل الانبات بنسبة 46،02%	(Akinci et al., 2010)
		70mg/L	انخفاض استطالة الجذير بنسبة 58،48 %	
			انخفاض نمو السويقة الجنينية السفلىhypocotyl 52.62%	
Citrullus lanatus	Pb	20 mmol	تراجع الوزن الجاف للجذر بنسبة بنسبة 10.39%	(Sharma et Dubey., 2005)
Cucumis sativus L		8 mmol	انخفاض معدل الانبات بنسبة	(Munzuroglu et al.،2002)
	Cd		%19	
	Co		%63	
	Cu		%2	
	Pb		%66	
	Zn		%64	
	Hg	1.1Mmol	تثبيط معدل انبات البذور	

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

تعد القرعيات (*Cucurbitaceae*) من اهم الفصائل النباتية التي تزود الانسان بالمنتجات الصالحة للأكل والالياف المفيدة، حيث تزرع على نطاق واسع في دول المغرب العربي، الا ان تعرضها للإجهادات البيئية ومنها المعادن الثقيلة يتسبب في اثار ضارة على انتاج المحاصيل وجودتها.

حيث اهتمت دراستنا بالبحث في نتائج الدراسات السابقة لإبراز تأثير اجهاد المعادن الثقيلة على انبات ونمو نباتات العائلة القرعية (*Cucurbitaceae*) وتأثيرها الفسيولوجي والبيوكيميائي، ايضا التعرف على مختلف آليات تحمل النباتات للإجهاد.

تعتبر سمية المعادن الثقيلة من أكثر العوامل التي توثر على النبات، حيث يمكن ان تؤثر المعادن على آلية انبات البذور وتثبيطها، وحسب نتائج عديد الأبحاث فان التأثيرات السامة ترتبط بتراكم المعادن مما يتسبب في تثبيط عمل الانزيمات المشاركة في أيض انبات البذور، ويمنع كسر سكون الاجنة ويؤدي الى تراجع انقسام الخلايا الجنينية.

كما تحد المعادن الثقيلة من نمو النباتات اذ يسبب الاجهاد تغيرات شكلية للنبات مما ينتج عنها تقزم السيقان الرئيسية، وتقلل تكوين الفروع الجانبية وتؤدي الى موت الفروع الغضة حديثة التكوين وبالتالي انخفاض في النمو الخضري (طول والأوراق) بسبب تثبيط انقسام الخلايا واستطالة الأفرع وكبح نمو البراعم.

خلال المراحل الأولى من الاجهاد تنخفض قدرة النبات على الامتصاص، ويتسارع فقدان الماء من الأوراق بسبب الاجهاد الاسموزي، مما يؤدي الى تغيرات فسيولوجية مختلفة كتخريب الاغشية وانكماش الخلايا وعدم استطالتها وزيادة النتح واختلال توازن المغذيات.

كما أقرت نتائج الدراسات السابقة، أن المعادن ذات تأثيرات ضارة متعددة على عملية التركيب الضوئي والتي تشمل التغير في الصبغات الضوئية (الكلورفيلات والكاروتينويدات)، كفاءة الانظمة الضوئية، الفسفرة الضوئية، إعاقة النقل الالكتروني، الأنشطة المثبطة لانزيمات دورة كالفين وانخفاض في انفتاح والتبادلات الثغرية وبالتالي التأثير على امتصاص CO_2 ومعدل التنفس. بخصوص النشاط الضوئي في ظروف الاجهاد، فان إتلاف بروتينات D1 وD2 في مركز تفاعلPS II وانخفاض في نشاط البروتياز يتسبب ذلك في تراكم أنواع الاكسجين التفاعلية ROS وبالتالي أكسدة البروتينات ضمن الأنظمة الضوئية وفقدانها خصائصها البيولوجية.

أيضا تثبيط تركيب السكريات في ظروف اجهاد المعادن عند العديد من الأنواع النباتية، حيث يعزى ذلك الى انهيار أغشية البلاستيدات الخضراء وتراجع حبوب النشاء المتضخمة مما يؤدي الى تثبيط نشاط التمثيل الغذائي. من جهة أخرى فان تحفيز تركيب السكريات يكون عن طريق منع تحلل السكر او عن

طريق التحلل المائي للنشاء بتثبيط نشاط الانزيمات المحللة، حيث يفيد تراكم السكريات الى زيادة الضغط الاسموزي داخل الخلايا والانسجة لمعادلة ضغطها مع الضغط الخارجي الناتج عن الاجهاد.

من بين الآليات البيوكيميائية عند النباتات في ظروف الاجهاد، فان الزيادة في المحتوى من البرولين يلعب دورا مهما على المستوى الخلوي في الحفاظ على الضغط الاسموزي، كما يدعم وقائية خلايا أنسجة النبات حيث يقوم البرولين بتثبيط الجذور الحرة ويدعم سلامة الاغشية تحت ظروف الاجهاد.

من المعروف أيضا ان المعادن الثقيلة تحفز الاجهاد التأكسدي في أنسجة النبات على المستوى البنيوي والجزيئي للخلية، حيث ان الاجهاد يعمل على زيادة انتاج الجذور الحرة ROS التي تضر بالعديد من مكونات الخلية بما في ذلك الدهون الغشائية، وحدوث اضطرابات حيوية في الصانعات الخضراء والميتوكندريا.

عند ارتفاع تركيز المعادن الثقيلة في أنسجة بعض نباتات أصناف القرعيات المتحملة للإجهاد، تقوم هذه الأخيرة بتعزيز نشاطاتها الأنزيمية مثل نشاط كل من SOD ,POD CAT كنظام إنزيمي وقائي حيث تقوم بإزالة الجذور الحرة في الخلايا، وذلك لتثبيط آليات الأكسدة الخلوية والتخفيف من آثار الاجهاد المعدني.

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

1. احمد عبد المنعم حسن. (2004). انتاج الخضر الثانوية والغير تقليدية. سلسلة محاصيل الخضر. تكنولوجيا الإنتاج والممارسات الزراعية المتطورة. الجزء الأول. كلية الزراعة – جامعة القاهرة. الطبعة الأولى
2. أحمد عبد المنعم حسن. (2020). القرعيات: تكنولوجيا الإنتاج المتميز وتحدياته ووسائل التغلب عليه، كلية الزراعة، جامعة القاهرة، الطبعة الاولى.
3. احمد عبد المنعم حسن. (2019). اساسيات تربية القرعيات. سبسلة تربية محاصيل الخضر. كلية الزراعة – جامعة القاهرة. الطبعة الأولى ص 35 وص61
4. جلال حميد حمزة. (2016). تكنولوجيا البذور المحاصيل الحقلية كلية الزراعة، جامعة بغداد، ص 6.
5. حشمت سليمان أحمد الدسوقي. (2008). أساسيات فيزيولوجيا النبات، مكتبة جزيرة الورد، ص.2
6. زغلول النجار. (2003). الإشارات الكونية في القران الكريم ومغزى دلالتها العلمية من أسرار القران، ص7.
7. سعد الله نجم النعيمي. (2020). الاثار السامة للمعادن الثقيلة في النباتات، دار الكتب العلمية.
8. نورس عبدالله صادق طارق عبدالسادة كريم طارق عبدالسادة كريم حنان وليد نجم. (2021). آفات القرعيات (Pests of cucurbits).

المراجع باللغة الأجنبية

9. Abedi, T., & Pakniyat, H. (2010). Antioxidant enzymes changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (Brassica napus L.). *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, *46*(1), 27-34.
10. Adrees, M., Ali, S., Rizwan, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., ... & Bharwana, S. A. (2015). The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, *22*(11), 8148-8162.
11. Ahmad B, Jaleel H, Sadiq Y, Khan M, Shabbir A (2018) Response of exogenous salicylic acid on cadmium induced photosynthetic damage, antioxidant metabolism and essential oil production in peppermint. Plant Growth Regul 86:273–286
12. Akinci, I. E., & Akinci, S. (2010). Effect of chromium toxicity on germination and early seedling growth in melon (Cucumis melo L.). *African Journal of Biotechnology*, *9*(29), 4589-4594.
13. Amooaghaie R, Zangene-madar F, Enteshari Sh (2017) Role of two-sided crosstalk between NO and H2S on

14. Anjum, Naser A., et al. "Too much is bad—an appraisal of phytotoxicity of elevated plant-beneficial heavy metal ions." Environmental Science and Pollution Research 22.5 (2015): 3361-3382

15. ArikanCeylan, H., Türkan, I., & Sekmen, A. H. (2012). Effect of coronatine on antioxidant enzyme response of chickpea roots to combination of PEG-induced osmotic stress and heat stress. Journal of Plant Growth Regulation, 32, 72–82.

16. Asati, Ambika, Mohnish Pichhode, and Kumar Nikhil. "Effect of heavy metals on plants: an overview." International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management 5.3 (2016): 56-66

17. Ashraf, R., Ali, T.A., 2007. Effect of heavy metals on soil microbial community and mung beans seed germination. Pak. J. Bot. 39, 629–636

18. Ashraf, U., Hussain, S., Anjum, S. A., Abbas, F., Tanveer, M., Noor, M. A., & Tang, X. (2017). Alterations in growth, oxidative damage, and metal uptake of five aromatic rice cultivars under lead toxicity. *Plant Physiology and Biochemistry*, *115*, 461-471.

19. Baloğlu, M. C., Kavas, M., AYDIN, G., Öktem, H. A., & Yücel, A. M. (2012). Antioxidative and physiological responses of two sunflower (Helianthus annuus) cultivars under PEG-mediated drought stress. *Turkish Journal of Botany*, *36*(6), 707-714.

20. benalia, mohamed. etude de la fraction lipidique de quelques graines de cucurbitacées thése doctorat. constantine : université de constantine, 2016

21. Beweley, J. D. (1997): Seed germination and dormancy. The Plant Cell,9(7):1055-1066p

22. Bisognin, Dilson Antônio. "Origin and evolution of cultivated cucurbits." Ciência Rural 32 (2002): 715-723

23. Brukhin, V., & Morozova, N. (2011). Plant growth and development-basic knowledge and current views. Mathematical Modelling of Natural Phenomena, 6(2), 1-53.

24. Carlson, C. L., Adriano, D. C., Sajwan, K. S., Abels, S. L., Thoma, D. P., & Driver, J. T. (1991). Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species. *Water, Air, and Soil Pollution*, *59*(3), 231-240.

25. Chakravarthy HL. Cucurbitaceae. Fascicles of flora of India. No. 11, Howrah, 1982.

26. Chao, Su., Liqin, J., Wenjun, Z., 2014. A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques. Environmental Sciences, Hong Kong 3(2): 24.38.

27. Chaussat R.,(1999):Productions végétales :croissance et développement des plantes. Ed., Paris: 1-6p

28. Chibuike. G. U and Obiora. S. C, (2014). Heavy Metal Polluted Soils: Effect on Plants and Bioremediation Methods. Applied and Environmental Soil Science. Vol.2014, Article ID 752708, pp: (12).

29. Clemens CS. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. Planta. 2001;212:475-486.

30. Cronquist, A., & Takhtadzhiān, A. L. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia university press.

31. Delauney, A. J., & Verma, D. P. S. (1993). Proline biosynthesis and osmoregulation in plants. *The plant journal*, *4*(2), 215-223.

32. Duruibe, J. Ogwuegbu, M. O. C. Ogwuegbu, and J. N. Egwurugwu. "Heavy metal pollution and human biotoxic effects." International Journal of physical sciences 2.5 (2007): 112-118

33. El RJOOB, A., MASSADEH, A., OMARI, M., 2008. Evaluation of Pb, Cu, Zn, Cd, Ni and Fe levels in Rosmarinus officinalis labaiatae (Rosemary) medicinal plant and soils

34. Exposure on Sea Cucumbers (Apostichopus japonicus) University of China, Qingdao 266003, China، Accepted 12 May 2016

35. Fapohunda, Stephen O., Adewumi, Aderiike A., & Jegede, David O. (2018). Cucurbitaceae - the family that nourishes and heals. Micromedicine, 6(2), 85–93.

36. Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Hess, M., Klose, R., ... & Weber, E. (1995). Phanologische Entwicklungsstadien von Gemusepflanzen II. Fruchtgemuse und Hulsenfruchte. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, *47*(9), 217-232.

37. Fontes, R. L. S., and Cox, F. R. (1998). Zinc toxicity in soybean grown at high iron concentration in nutrient solution. J. Plant Nutr. 21, 1723–1730.

38. Fryzova, Radka, et al. "Oxidative stress and heavy metals in plants." Reviews of environmental contamination and toxicology volume 245 (2017): 129-156.

39. Gill, S. S., Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Macovei, A., and Tuteja, N. (2013). Importance of nitric oxide in cadmium stress tolerance in crop plants. Plant Physiol. Biochem. 63, 254–261.

40. Gonc¸ alves, J.F., Becker, A.G., Cargnelutti, D., Tabaldi, L.A., Pereira, L.B., Battisti, V . Spanevello, R.M., Morsch, V.M., Nicoloso, F.T., Schetinger, M.R.C., 2007. Cadmium toxicity causes oxidative stress and induces response of the antioxidant system in cucumber seedlings. Braz. J. Plant Physiol. 19, 223–232.

41. Göthberg, A. Greger, M. Holm K. and Bengtsson, B. E. "Influence of Nutrient Levels on Uptake and Effects of Mercury, Cadmium, and Lead in Water Spinach," Journal of Environmental Quality, Vol. 33, No. 4, 2004, pp. 1247-1255. doi:10.2134/jeq2004.1247 [Citation Time(s):1]

42. GRUBBEN, G.J.H. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2 (Légumes). Pays-Bas : Fondation PROTA/ Back huys publishers/ CTA wageningen, 2004. p. 307

43. Guerinot ML. The zip family of metal transporters. Biochimica et Biophysica Acta. 2000;1465:190-198

44. Hajlaoui, H., Denden, M., & Bouslama, M. (2007). Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (Cicer arietinum L.) au stade germination. *Tropicultura*, *25*(3), 168-173.

45. Hammouda I. B. I. B., & SLEIMI, N. (2017). Effect of priming on seed germination of Cucurbita Pepo under copper stress. *American Journal of Life Science Researches*, *5*(3), 118-125.

46. Heller R, Esnault R et al. (2004): Physiologievégétale II, développement. Ed., Dunod, Paris. 64-240p

47. Hu. Y; Liu. X; Bai. J; Shih. K; Zeng. E. Y; Cheng. H, (2013). Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. Environ Sci Pollut Res, Vol. 20, pp: (6150–6159).

48. in selected zones in Jordan. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 140. (3): 61.68.

49. J. Feng, Q. Shi, X. Wang, M. Wei, F. Yang and H. Xu, "Silicon Supplementation Ameliorated the Inhibition of Photosynthesis and Nitrate Metabolism by Cadmium (Cd) Toxicity in Cucumis sativus L.," Scientia Horticulturae, Vol. 123, No. 4, 2010, pp. 521-530. doi:10.1016/j.scienta.2009.10.013

50. Jayasri, M. A., & Suthindhiran, K. (2017). Effect of zinc and lead on the physiological and biochemical properties of aquatic plant Lemna minor: its potential role in phytoremediation. *Applied Water Science*, *7*(3), 1247-1253.

51. Jones, D. P., Mody Jr, V. C., Carlson, J. L., Lynn, M. J., & Sternberg Jr, P. (2002). Redox analysis of human plasma allows separation of pro-oxidant events of aging from decline in antioxidant defenses. *Free Radical Biology and Medicine*, *33*(9), 1290-1300.

52. Kavas, M., Baloğlu, M. C., Akca, O., Köse, F. S., & Gökçay, D. (2013). Effect of drought stress on oxidative damage and antioxidant enzyme activity in melon seedlings. *Turkish Journal of Biology*, *37*(4), 491-498.

53. Keunen, E., Remans, T., Bohler, S., Vangronsveld, J., and Cuypers, A. (2011). Metalinduced oxidative stress and plant mitochondria. Int. J. Mol. Sci. 12, 6894–6918.

54. Kikui, S., Sasaki, T., Maekawa, M., Miyao, A., Hirochika, H., Matsumoto, H., et al. (2005). Physiological and genetic analyses of aluminium tolerance in rice, focusing on root growth during germination. J. Inorg. Biochem. 99, 1837–1844.

55. Kouadio, K. T., Agneroh, T. A., Soro, K., & Gone, A. (2017). Identification et distribution géographique des virus responsables des mosaïques chez les Cucurbitacées en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, *11*(3), 1113-1123.

56. Kouki, R., Ayachi, R., Ferreira, R., & Sleimi, N. (2021). Behavior of Cucumis sativus L. in presence of aluminum stress: Germination, plant growth, and antioxidant enzymes. *Food Science & Nutrition*, *9*(6), 3280-3288.

57. Kouki, R., Ayachi, R., Ferreira, R., & Sleimi, N. (2021). Behavior of Cucumis sativus L. in presence of aluminum stress: Germination, plant growth, and antioxidant enzymes. *Food Science & Nutrition*, *9*(6),

58. Kranner, Ilse, and Louise Colville. "Metals and seeds: biochemical and molecular implications and their significance for seed germination." Environmental and Experimental Botany 72.1 (2011): 93-105

59. Kumar A, Prasad MNV Sytar O. Lead toxicity, defense strategies and associated indicative biomarkers in Talinum triangulare grown hydroponically. Chemosphere. 2012;89:1056-1065

60. Labidi, O., Vives-Peris, V., Gómez-Cadenas, A., Pérez-Clemente, R. M., & Sleimi, N. (2021). Assessing of growth, antioxidant enzymes, and phytohormone regulation in Cucurbita pepo under cadmium stress. *Food science & nutrition*, *9*(4), 2021-2031.

61. Li Li, Xiangli Tian, Xiao Yu, and Shuanglin Dong ،Effects of Acute and Chronic Heavy Metal (Cu, Cd, and Zn)

62. Liu, D., Jiang, W., and Li, M. (1992). Effects of trivalent and hexavalent chromium on root growth and cell division of Allium cepa. Hereditas 117, 23–29.

63. Mabberley DJ. Plant book - a portable dictionary of plants, their classification and uses. Cambridge University Press 235 :2008 ،

64. Malik, A. A., Li, W. G., Lou, L. N., Weng, J. H., & Chen, J. F. (2010). Biochemical/physiological characterization and evaluation of in vitro salt tolerance in cucumber. *African Journal of Biotechnology*, *9*(22), 3298-3302.

65. Marc, P. and Gautheyrou, J., (2003). L'analyse du sol. Minéralogique, organique et minérale. Springer, 998 p.

66. Miceli, A., Moncada, A., & D'Anna, F. (2003, July). Effect of Water Salinity on Seeds-Germination of Ocimum basilicum L., Eruca sativa L. and Petroselinum hortense Hoffm. In *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment 609* (pp. 365-370).

67. N. A. Khan, Samiullah, S. Singh and R. Nazar, "Activities of Antioxidative Enzymes, Sulphur Assimilation, Photosynthetic Activity and Growth of Wheat (Triticum aestivum) Cultivars Differing in Yield Potential under Cadmium Stress," Journal of Agronomy and Crop Science, Vol. 193, No. 6, 2007, pp. 435-444. doi:10.1111/j.1439-037X.2007.00272.x [Citation Time(s):2]

68. ORTEGA.VILLASANTE, C., RELLÁN.ÁLVAREZ, R., DEL CAMPO, F. F، CARPENA.RUIZ, R. O., HERNÁNDEZ, L. E., 2005. Cellular damage induced by cadmium and mercury in Medicago sativa. Journal of Experimental Botany, Vol. 56 :(418) . 2239.2251

69. Pinto, E., T.C.S. Sigaud-Kutner, M.A.S. Leitao, O.K. Okamoto, D. Morse et P. Colepicolo. 2003. « Heavy Metal-lnduced Oxidative Stress in Algae ».1. Phycol., vol. 39, p. 1008-1018.

70. Plantarum, 20(2), 189–196.

71. Purseglove JW. Tropical crops. Dicotyledons. Vol. I. Longman, London, 1968

72. Purves, D.: 1985, Trace Element Contamination of the Environment, Elsevier Science Publisher, Amsterdam, The Netherlands.

73. Robert M, Juste C (1999). Dynamique des éléments traces d'écosystème sol. In club. CRIN environnement et Ministère de l'environnement. Spéciation des métaux dans le sol. Paris . CRIN,13p.

74. Roosens, N. H., Thu, T. T., Iskandar, H. M., & Jacobs, M. (1998). Isolation of the ornithine-δ-aminotransferase cDNA and effect of salt stress on its expression in Arabidopsis thaliana. *Plant physiology*, *117*(1), 263-271.

75. Ryckewaert, P., & Leblay, M. (2004). Principes généraux de la lutte intégrée sur cultures maraîchères en Polynésie française : reconnaissance des ravageurs et des auxiliaires.

76. Seneviratne, M., Rajakaruna, N., Rizwan, M., Madawala, H. M. S. P., Ok, Y. S., & Vithanage, M. (2019). Heavy metal-induced oxidative stress on seed germination and

seedling development: a critical review. *Environmental Geochemistry and Health*, *41*(4), 1813-1831.

77. Seneviratne, Mihiri, et al. "Heavy metal-induced oxidative stress on seed germination and seedling development: a critical review." Environmental Geochemistry and Health 41.4 (2019): 1813-183

78. Shah, K., & Dubey, R. (1998). Cadmium elevates level of protein, amino acids and alters activity of proteolyticenzymes in germinating rice seeds. Acta Physiologiae

79. Shahid, M., Pinelli, E., and Dumat, C. (2012). Review of Pb availability and toxicity to plants in relation with metal speciation; role of synthetic and natural organic ligands. J. Hazard. Mater. 219–220, 1–12.

80. SHARMA, P., DUBEY, R. S., 2005. Lead toxicity in plants. Brazilia Journal of Plant Physiology 17(1): 35.52

81. SHUIPING CHENG, 2003, « Effects of Heavy Metals on Plants and Resistance Mechanisms », ESPR - Environ Sci et Pollut Res, no‹2003 ›(4)10p. 256 – 264

82. Siddique, A., Kandpal, G., & Kumar, P. (2018). Proline accumulation and its defensive role under diverse stress condition in plants: An Overview. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, *12*(3), 1655-1659 ISO 690

83. Singh R, Tripathi RD, Dwivedi S, Kumar A, Trivedi PK, Chakrabarty D., (2003.). Lead bioaccumulation potential of anaquatic macrophyte Najas indica are related to antioxidant system. Biores.Technol 101: 3025–3032.

84. Sleimi, N., Kouki, R., Hadj Ammar, M., Ferreira, R., & Pérez-Clemente, R. (2021). Barium effect on germination, plant growth, and antioxidant enzymes in Cucumis sativus L. plants. *Food science & nutrition*, *9*(4), 2086-2094.

85. Subrahmanyam NS. Modern plant taxonomy. Vikas Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi, India, 2004: 316-321.

86. SUCIU, L., COSMA, C., TODICA, M., BOLBOACA, S. D., JANTSCHI, L., 2008. Analysis of Soil Heavy Metal Pollution and Pattern in Central Transylvania. International Journal of Molecular Sciences, Vol. 9. (4): 434.453.

87. Sun, W. J., Nie, Y. X., Gao, Y., Dai, A. H., & Bai, J. G. (2011). Exogenous cinnamic acid regulates antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in drought-stressed cucumber leaves. Acta Physiologiae Plantarum, 34, 641–655. https://doi.org/10.1007/s11738-011-0865-y

88. Sundaramoorthy, P., Chidambaram, A., Ganesh, K. S., Unnikannan, P., and Baskaran, L. (2010). Chromium stress in paddy: (i) nutrient status of paddy under chromium stress; (ii) phytoremediation of chromium by aquatic and terrestrial weeds. C. R. Biol. 333, 597–607.

89. Thompson, K., & Ooi, M. K. (2010). To germinate or not to germinate: more than just a question of dormancy. *Seed Science Research*, *20*(4), 209-211.

90. Thounaojam TC, Panda P, Choudhury S, Patra HK, Panda SK (2014)Zinc ameliorates copper-induced oxidative stress in developing rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Protoplasma 251:61–69

91. Valivand, Maryam, and Rayhaneh Amooaghaie. "Calcium signaling confers nickel tolerance in Cucurbita pepo L." International Journal of Phytoremediation 23.4 (2021): 362-373

92. Vila. M. L; Lago. D. A; Seijo. A. R; Couce. M. L; Vega. F. A, (2015). Cobalt, chromium and nickel contents in soils and plants from a serpentinite quarry. Solid Earth, Vol. 6, pp: (323–335).

93. Vincent, Michel. "Études des effets toxiques des ions métalliques du cadmium sur la formation et l'activité des photosystèmes chez l'algue unicellulaire Chlamydomonas reinhardtii/mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en chimie par Michel Vincent;[directeur de recherche, Radovan Popovic]." (2006

94. Wang, H. F., Zong, X. X., Guan, J. P., Yang, T., Sun, X. L., Ma, Y., & Redden, R. (2012). Genetic diversity and relationship of global faba bean (Vicia faba L.) germplasm revealed by ISSR markers. Theoretical and applied genetics, 124(5), 789-797.

95. Watt,B.K.and.A.L.Merrill et al.1963 . composition of foods. U. S. Depte. Of Agr.,Agr. Handbook Nol.8 .190p.

96. WHITAKER, T.W., BEMIS, W.P. Origin and evolution of the cultivated Cucurbita. Bull Torrey Bot Club, v.102, p.362 .1975 ،368

97. Wyrwicka, A., & Urbaniak, M. (2016). The different physiological and antioxidative responses of zucchini and cucumber to sewage sludge application. *PLoS One*, *11*(6), e0157782.

98. Xiang, L., Etxeberria, E., & den Ende, W. (2013). Vacuolar protein sorting mechanisms in plants. FEBS Journal, 280(4), 979–993

99. Yamaguchi M. World vegetables. AVI, Westport. Conn, 1983.

100. Yang, H. M., Zhang, X. Y., & Wang, G. X. (2004). Effects of heavy metals on stomatal movements in broad bean leaves. Russian journal of plant physiology, 51(4), 464-468.

101. Yazici, I., Türkan, I., Sekmen, A. H., & Demiral, T. (2007). Salinity tolerance of purslane (Portulaca oleracea L.) is achieved by enhanced antioxidative system, lower level of lipid peroxidation and proline accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, *61*(1), 49-57.

102. Yu S-M, Lo S-F, Ho T-HD. 2015. Source-sink communication: Regulated by hormone, nutrient, and stress cross-signaling. *Trends Plant Sci* 20:844–857.

103. ZORRIG, W., 2011. Rechreche et caractérisation de déterminants contrôlant l'accumulation de cadmium chez la laitue "Lactuca sativa". Thèse de doctorat, Tunisie. France. 11P.

❖ **المراجع الالكترونية**

- **انيسة (2008). زراعة القرعيات، 21.05.2022**

https://www.zira3a.net/articles/cucurbitaceae.html

- FAO. 2019. Food Agriculture Organization of the United Nations http://apps.fao.org.<//, “Statistical Databases”.>