تغيرات كمية البروتينات في بذور سويقة بادرات الذرة الصفراء Zea mays L. وخلاياها النامية في محاليل بعض أملاح المعادن الثقيلة

وسيم عبيدين[1] و أحمد مالو[2]

تاريخ الإيداع 2013/10/08
قبل للنشر في 2014/03/26

الملخص

هدفَ البحث إلى تحديد تأثير بعض شوارد المعادن الثقيلة في إستقلاب البروتينات الكلية في بذور نبات الذرة الصفراء وبادراته (غوطة 82)، ودراسة التغيرات في المواصفات المورفولوجية للنبات بعد زراعته مدة 6 أيام في الماء ومحاليل ذات تراكيز مختلفة من شوارد المعادن الثقيلة الآتية: النيكل Ni^{2+}، النحاس Cu^{2+}، الزنك Zn^{2+}، الكادميوم Cd^{2+}، الزئبق Hg^{2+} و الرصاص Pb^{2+}.

بيّنت النتائج التي تم الوصول إليها أن لشوارد المعادن الثقيلة تأثيراً مثبطاً في استقلاب البروتينات الكلية إذْ انخفضت كميتها في البادرات في حين تراكمت في البذور، و يعتمد هذا التأثير المثبط على نوع شوارد المعادن الثقيلة وتركيزها، كما أظهرت النتائج حدوث تغيرات شكلية في بادرات نبات الذرة تمثل بانخفاض واضح في نموها بتأثير هذه الشوارد.

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة، استقلاب البروتينات الكلية، الذرة الصفراء.

[1] طالب ماجستير، [2] أستاذ، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

Changes in the amount of proteins in seeds and stems cells of seedlings of Maize Plant (*Zea mays L.*) cultured in solutions of some heavy metal salts

W.Obeadin[(1)] and A.Malo[(2)]

Received 08/10/2013

Accepted 26/03/2014

ABSTRACT

The aim of this research is to determine the effect of some heavy metal ions on total protien metabolism in seeds and seedlings of maize plant (GHOTA 82) and study the changes in the morphological specifications of plant, after cultivating for 6 days in solutions at different concentrations of water and heavy metal ions Ni^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2}, Hg^{2+} and Pb^{2+}.

The results showed that heavy metal ions have inhibitory effect on total protien metabolism, which decreased their amount in seedlings, While accumulated in the seeds. This inhibitory effect depends on the type and concentration of heavy metal ions.

The results also showed morphological changes in the maize plant seedlings, which decreased their growth due to the effect of these ions.

Keyword: Heavy metal, Total protien metabolism, Maize plant

[(1)]Master Student, [(2)] Professor, Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Damascus University , Syria

المقدمة

إن تأمين شروط فيزيولوجية وبيئية تحقق المتطلبات المثالية لنمو النبات عملية صعبة، وقد تكون مكلفة جداً، إذْ تبين الدراسات المتعددة النواحي السلبية في حياة النباتات، إعاقة النمو الطبيعي وخفض الإنتاجية عند حدوث الإجهاد stress، نتيجة تغير شروط النمو الفيزيائية والكيميائية، وحدوث تغيرات طارئة على حياة النبات مسببةً تغيراً في التركيب الداخلي للنبات والتفاعلات الإنزيمية لديه، التي تنعكس على صفاته المورفولوجية والفيزيولوجية، مما يستدعي تلاؤماً محدداً من النبات ليتابع حياته ضمن الشروط المستحدثة، ومن ثمَّ يمكن دراسة التغيرات الحاصلة في النبات عند انخفاض مستوى الشروط المتاحة للنمو، بحيث لايؤدي الإبتعاد عن الحالة المثالية إلى إحداث أضرار سلبية، قد تكون غير ملائمة للمحاصيل الزراعية وشروط النمو.

ومن أنواع الإجهاد التي يتعرض لها النبات، الإجهاد الناتج عن وجود شوارد المعادن الثقيلة بتراكيز تفوق الحد الطبيعي في الوسط المحيط بالنبات.

1- الدراسة المرجعية

تناول العديد من البحوث والدراسات البيوكيميائية التغيرات البنيوية الحاصلة في النبات نتيجة نموه في أوساط غير ملائمة من شوارد المعادن الثقيلة مسببةً أحد أنواع معاناة النبات stress، وقد ركز جزء من هذه البحوث على دراسة تبدل كمية البروتينات بوصفها إحدى المركبات الحيوية المهمة والتغيرات في نمو النبات وإنتاش البذور بتأثير شوارد المعادن الثقيلة المنتشرة في وسط نمو النبات.

فقد أظهرت البحوث المختلفة تأثير شوارد المعادن الثقيلة في كمية البروتينات في النبات، إذْ تبيّن أن التراكيز المرتفعة لشوارد الكادميوم تسبب انخفاض كمية البروتينات الكلية في بادرات نبات الطحلب العائم *Salvinia natans L.* [1]، كما ينتج عن معالجة البذور بتراكيز مرتفعة من شوارد النحاس[4] انخفاض كمية البروتينات في أوراق نبات عباد الشمس *Helianthus annuus L.* [2] وانخفاض أيضاً في بادرات نبات الموز البري *Musa acuminata cv. Bantala* [3]، وبادرات القمح *Triticum aestivum L.* بعد معالجة البذور بأملاح النحاس [4].

كما تبيّن أن لشوارد النيكل تأثيراً مشابهاً فعند وجودها بكميات عالية في وسط نمو النبات، تنخفض كمية البروتينات في أوراق الخس *Pistia stratiotes L.* [5]، وبراعم shoots وجذور roots الفجل الأحمر والأبيض *Raphinus sativus L.* [6].

فضلاً عن ذلك إن لشوارد الرصاص تأثيراً في استقلاب المركبات الحيوية في النبات، إذْ تنخفض كمية البروتينات مع تزايد تراكيز شوارد الرصاص في نبات الفاصولياء *Phaseolus vulgari L.* [7]، وفي نبات عدس الماء *Lemna polyrrhiza L.* [8].

في حين أكدت نتائج دراسات وبحوث أخرى ازدياد كمية البروتينات المنحلة في جذور القلقاس *Colocassia esculentum* مع تزايد تركيز شوارد النيكل [9].

كما اهتمت بحوث أخرى بتأثير شوارد المعادن الثقيلة في نمو النبات، فهناك من المعطيات مايؤكد توقف النمو في نبات البندورة *Lycopersicon esculentum* بتأثير شوارد الكادميوم [10] وشوارد الزئبق [11]، كما تثبط شوارد النحاس [12] إنتاش البذور ونمو البادرات في نبات الأرابيدوبسيس *Arabidopsis thaliana*، وكذلك تعمل شوارد الزنك [13]، في نبات عباد الشمس الذي ينخفض طوله وحجم أوراقه نتيجة وجود شوارد الكادميوم في وسط النمو [14].

كما تبين أن شوارد الرصاص تؤدي الى خفض عدد حبات الطلع وضمور الأنبوب الطلعي في أزهار التبغ *Nicotiana tabacum L.* [15]، وتؤدي أيضاً التراكيز المرتفعة لشوارد الرصاص إلى تثبيط عملية النمو المبكر early growth وقدرة تحمل tolerance ظروف النمو غير المناسبة في بادرات محاصيل بعض الحبوب كالشعير والرز والقمح [16].

2- أهمية البحث وأهدافه

تكمن أهمية البحث في تعرّف مدى سمية بعض العناصر المعدنية الثقيلة الموجودة بشكلها الشاردي في التربة، أو المياه التي تروى بها النباتات، ولا سيما المحاصيل الزراعية الاقتصادية، ونظراً إلى أهمية المحاصيل الزراعية (الحبوب، البقوليات، وغيرها) من النواحي الحياتية والاقتصادية وخاصة في البلدان الزراعية، اهتم العديد من البحوث بدراسة التأثيرات التي يتعرض لها النبات الناتجة عن الإجهاد ومنه الإجهاد الناتج عن تأثير شوارد المعادن الثقيلة، وإيجاد الوسائل الممكنة التي تجعل النبات يقاومها ويتغلب عليها.

هدفَ العمل المقدم في هذا البحث إلى دراسة تأثير شوارد المعادن الثقيلة (الرصاص Pb^{2+}، الكادميوم Cd^{2+}، النحاس Cu^{2+}، الزنك Zn^{2+}، النيكل Ni^{2+}، الزئبق Hg^{2+}) في استقلاب البروتينات في بذور الذرة الصفراء *Zea mays L.* المستنبتة وخلايا سويقة البادرات النامية.

كما هدفَ البحث إلى دراسة تأثير شوارد هذه المعادن الثقيلة في شدة نمو بادرات الذرة.

مواد البحث وطرائقه

1- استخدم في البحث محاليل أملاح المعادن الثقيلة الآتية عند تراكيز تجريبية مختلفة:

نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$، نترات النيكل $Ni(NO_3)_2$، كلوريد الزنك $ZnCl_2$ بتراكيز 300 و600 و900 ملغ/ ل، نترات النحاس $Cu(NO_3)_2$، نترات الكادميوم $Cd(NO_3)_2$ بتراكيز 300 و600 ملغ/ ل، كلوريد الزئبق $HgCl_2$ بتراكيز 300 ملغ/ ل.

2- تمثلت المادة النباتية ببذور الذرة الصفراء (غوطة 82) من مؤسسة إكثار البذور في مدينة حلب، وذلك بعد إنباتها بالماء ومحاليل شوارد المعادن الثقيلة السابقة، فضلاً عن البادرات النامية في هذه المحاليل.

3- كاشف البيوريت:

يحضر بإذابة 1.5 غ من مسحوق كبريتات النحاس المائية $CuSO_4.5H_2O$ مع 6 غ من محلول طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم في دورق حجمي سعة 500 مل. يضاف إلى الدورق السابق 300 مل من محلول هيدروكسيد الصوديوم KOH 10%، ويكمل الحجم إلى 500 مل بالماء المقطر. ينقل محتوى الدورق السابق 500 مل إلى دورق حجمي سعة 1000 مل، ويكمل الحجم بالماء المقطر، بعد الانتهاء من تحضير الكاشف، يضاف 1غ من اليود لحفظ الكاشف من التخرب [17].

4- الأجهزة المستخدمة:

- مقياس الطيف الضوئي في المجال المرئي (Spectrophotometer-Vis-7220)
- حاضنة (Philipharris)
- حاضنة هزازة (G.F.L- 3031)
- مثقلة مبردة (Boeco - U32R)

5- طرائق البحث

تحضير البذور: تُنقع بذور الذرة الصفراء مدة 3 ساعات عند الدرجة C°50 بالماء العادي أو في أوساط من محاليل أملاح المعادن الثقيلة المدروسة، تزرع هذه البذور وتوضع في المحمات عند الدرجة C° 30 في الظلام مع التهوية المستمرة مدة 6 أيام [18].

معايرة البروتينات: لمعايرة البروتينات في البذور وسويقة البادرات النامية، يسحق 1غرام من البذور والجزء السفلي من السويقة على مسافة 2 ملم أسفل العقدة الأولى وبطول نحو 10ملم، تثبت المساحيق بإضافة الإيتانول المغلي، ثم يعالج مسحوق البذور وسويقة البادرات بـ 5 مل من المذيبات العضوية كالإيتانول والأسيتون والإيتر للتخلص

من الشحوم والجزيئات صغيرة الحجم، وتُرسَّبُ البروتينات بإضافة 5 مل من محلول ثلاثي كلور حمض الخل، ثم تحل البروتينات بواسطة 10 مل من هيدروكسيد الصوديوم 10% [18].

ولإجراء القياس يؤخذ 1 مل من المحلول القلوي ويضاف إليه 3 مل من محلول البيوريت، وبعد 20 دقيقة تقاس شدة لون المعقد الناتج عند الطول الموجي 540 nm، مقابل عينة فارغة.

تحدد كمية البروتينات (ملغ/ غ) من المسحوق، بالاستعانة بمنحنى معايرة البروتينات الذي حُضّر بشكل مسبق [17].

ولتقدير نمو البادرات يُقاس طولها بعد 6 أيام من نموها وقبل ظهور الأوراق.

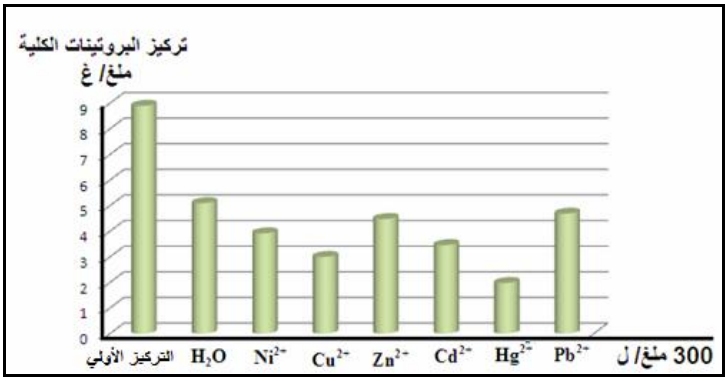
النتائج والمناقشة

أولاً- تأثير شوارد المعادن الثقيلة المدروسة عند التركيز 300 ملغ/ل في استقلاب البروتينات الكلية في بذور بادرات الذرة الصفراء وسويقتها

استخدمت في ذلك أملاح النترات لكل من الرصاص والنيكل والكادميوم والنحاس، في حين استخدمت شوارد الزنك والزئبق على شكل أملاح الكلوريدات.

الجدول (1) تأثير شوارد المعادن الثقيلة عند التركيز 300 ملغ/ل في تركيز البروتينات الكلية في سويقة البادرات

وسط النمو	H_2O	التركيز 300 ملغ/ ل					
		Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}
تركيز البروتينات الكلية ملغ/غ	5.1	3.92	3	4.48	3.46	1.98	4.69



الشكل(1) تغير تركيز البروتينات الكلية في سويقة البادرات بتأثير الشوارد المدروسة مقارنةً مع H_2O.

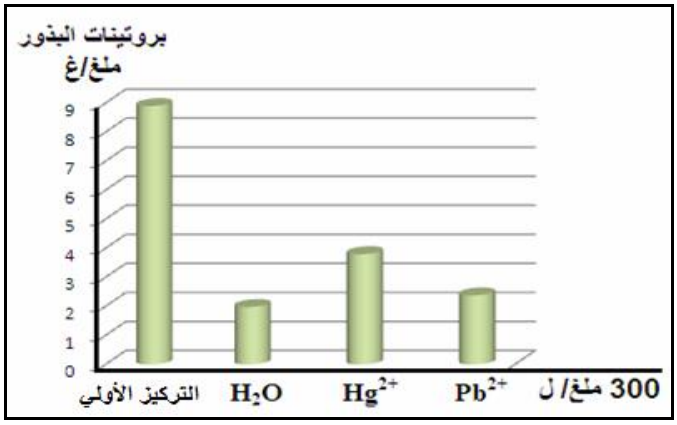
يبين الجدول والشكل (1) إنخفاض كمية بروتينات البادرات النامية في أوساط من هذه الشوارد عند التركيز 300 ملغ/ل مقارنة بكمية البروتينات في سويقة البادرات المستنبتة في الوسط المائي مقارنةً بكمية البروتينات الكلية في البذور الجافة التي تمثل التركيز الأولي. ويختلف تأثير شوارد المعادن الثقيلة في كمية البروتينات باختلاف نوع الشاردة المستعملة، فقد كان لشوارد الرصاص والزنك التأثير الأخف في كمية بروتينات البادرات التي بلغت 4.69 ملغ/غ و4.48 ملغ/غ على الترتيب مقارنة بكمية البروتينات في بادرات الوسط المائي 5.1 ملغ/ غ.

بينما كان لشوارد الزئبق التأثير الأشد في كمية البروتينات في خلايا سويقة البادرات التي بلغت كميتها 1.98 ملغ/غ، أظهرت النتائج أيضاً التأثير المتوسط لشوارد النحاس والكادميوم والنيكل في كمية البروتينات في خلايا سويقة بادرات الذرة الصفراء.

استكمالاً للدراسة السابقة دُرسَ تأثير شوارد الرصاص والزئبق عند التركيز 300 ملغ/ل في كمية بروتينات البذور، كما يبيّنه الجدول والشكل (2):

الجدول (2) تغير تركيز البروتينات في بذور الذرة المستنبتة في الماء ومحلول ملح كلوريد الزئبق ونترات الرصاص.

وسط النمو	H_2O	التركيز 300 ملغ/ ل	
		Hg^{2+}	Pb^{2+}
التركيز الأولي للبروتينات (ملغ/غ)	8.9	8.9	8.9
التركيز النهائي للبروتينات (ملغ/غ)	1.98	3.8	2.38
نسبة التفكك %	77.7	57.3	73.2



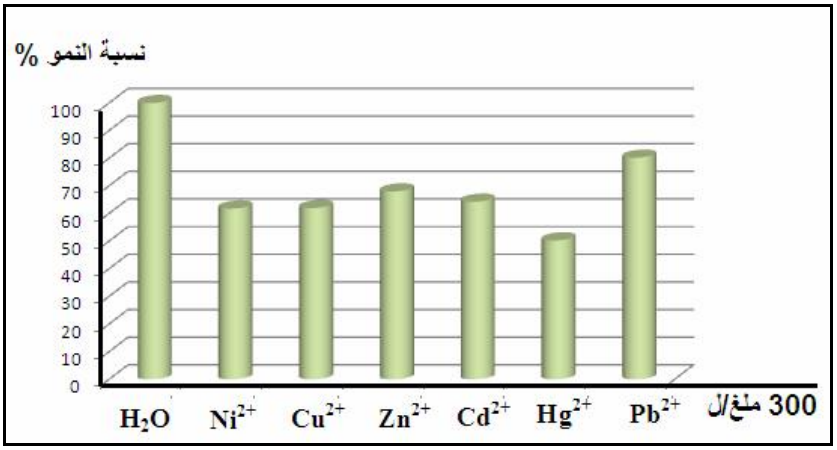
الشكل (2) تغير تركيز البروتينات في بذور الذرة المستنبتة في الماء ومحلول ملح كلوريد الزئبق ومحلول ملح نترات الرصاص بتركيز 300 ملغ/ ل مقارنة بالتركيز الأولي.

يتبين من الجدول والشكل (2) أن نسبة تفكك بروتينات البذرة في الوسط المائي وصلت إلى 77.7% من الكمية الأصلية بتأثير أنزيم بروتياز البذور، وأن وجود شوارد الرصاص بتركيز 300 ملغ/ ل في وسط النمو قد سبب انخفاضاً ملحوظاً في فعالية أنزيمات بروتياز البذور إذْ وصلت نسبة تفكك بروتينات البذور 73.2%، مقابل انخفاض شديد لفعالية هذا الأنزيم بتأثير شوارد الزئبق عند التركيز المدروس نفسه إذْ لم تتجاوز نسبة التفكك 57.3%؛ وذلك مقارنةً بكمية البروتينات في البذور الجافة التي تمثل الحالة الأولية.

وبعد متابعة نمو البادرات في الأوساط والتراكيز المعتمدة نفسها، دُرسَ تأثير شوارد المعادن الثقيلة في نمو بادرات الذرة الصفراء؛ وذلك بقياس متوسط طول البادرات النامية، كما يوضّحه الجدول والشكل (3).

الجدول(3) تأثير شوارد المعادن الثقيلة عند التركيز 300 ملغ/ل في نسبة نمو بادرات الذرة الصفراء

وسط النمو	H_2O	التركيز 300 ملغ/ ل					
		Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}
طول البادرات (سم)	7.50	4.63	4.65	5.10	4.82	3.77	6.01
نسبة النمو %	100	61.81	62	68.03	64.3	50.29	80.22



الشكل (3) تغير نسبة نمو البادرات بتأثير الشوارد المدروسة مقارنةً مع H_2O

أظهرت النتائج المبينة بالجدول والشكل (3) انخفاض نسبة نمو بادرات الذرة الصفراء المستنبتة مدة 6 أيام في محاليل شوارد المعادن الثقيلة المدروسة عند التركيز 300 ملغ/ل مقارنةً بالبادرات النامية في الوسط المائي، إلا أن هذا الانخفاض في نسبة النمو يختلف بحسب شاردة المعدن الثقيل، إذْ لوحظ أن لشوارد الزئبق التأثير التثبيطي الأشد في نمو

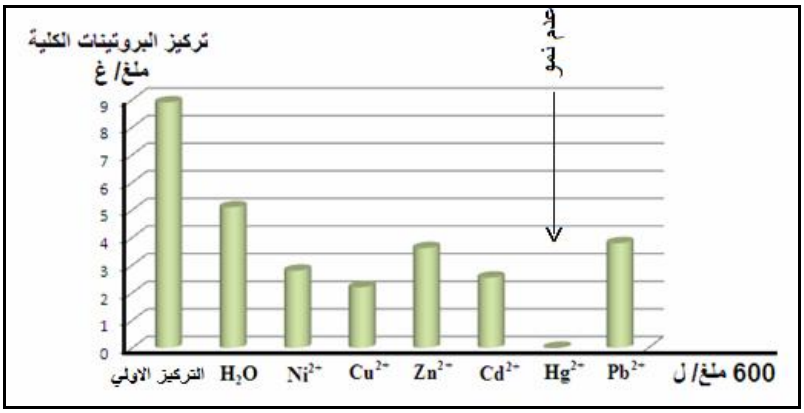
البادرات، إذ انخفضت نسبة النمو إلى النصف 50.29% مقارنةً بنسبة نمو البادرات في الوسط المائي 100%، في حين كان لشوارد الزنك والكادميوم والنحاس والنيكل تأثير متوسط في معدل نمو البادرات التي بلغت 68.03% 64.3% و62% و61.81% على الترتيب، وكان تأثير شوارد الرصاص هو الأضعف في نمو بادرات الذرة الصفراء إذْ بلغت نسبة النمو 80.22%، وهذا يتوافق تماماً مع تأثير هذه الشوارد في استقلاب البروتينات في البذور وسويقة البادرات الناتجة عن الإنبات.

ثانياً- تأثير شوارد المعادن الثقيلة المدروسة عند التركيز 600 ملغ/ل في استقلاب البروتينات الكلية في بذور الذرة وبادراتها.

يبيّن الجدول والشكل(4) نتائج معايرة البروتينات في سويقة البادرات النامية في أوساط مختلفة من الماء وشوارد المعادن الثقيلة المستخدمة في البحث

الجدول (4) تأثير شوارد المعادن الثقيلة عند التركيز 600 ملغ/ل في تركيز البروتينات الكلية في سويقة البادرات

وسط النمو	H_2O	التركيز 600 ملغ/ ل					
		Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}
تركيز البروتينات الكلية ملغ/غ	5.1	2.8	2.2	3.62	2.55	عدم نمو	3.8



الشكل(4) تغير تركيز البروتينات الكلية في البادرات بتأثير الشوارد المدروسة مقارنةً مع H_2O.

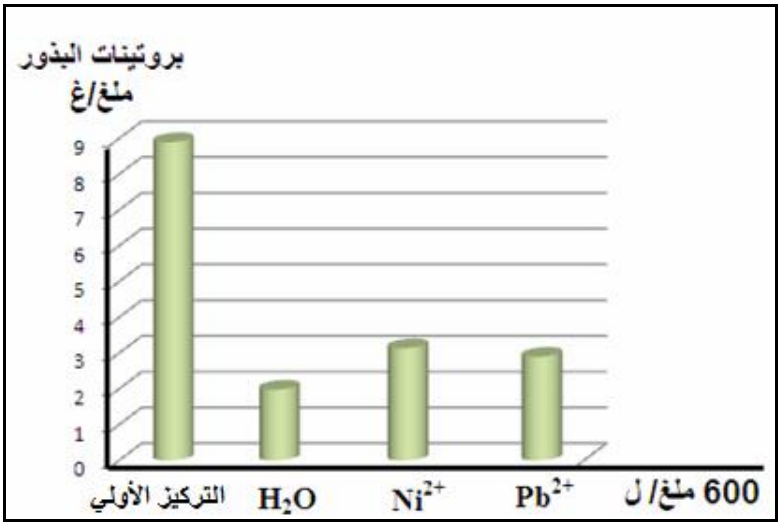
تبين النتائج الموضّحة بالجدول والشكل (4) مقارنةً بالجدول والشكل (1)، أنَّ مع ازدياد تركيز شوارد المعادن الثقيلة المدروسة في وسط النمو إلى 600 ملغ/ ل ازداد التأثير السلبي لهذه الشوارد في كمية البروتينات في سويقة البادرات مقارنةً بكمية البروتينات في البادرات النامية في الوسط المائي، فقد انخفضت كمية البروتينات في

البادرات النامية في أوساط من شوارد الزنك والرصاص والنيكل والكادميوم إلـــى 3.62 ملغ/غ و 3.8 ملغ/غ و 2.8 ملغ/غ و 2.55 ملغ/ غ على الترتيب مقارنـــةً بكميتهـــا فـــي البادرات النامية في الوسط المائي البالغة 5.1 ملغ/غ، كما بيّنت النتائج أن وجود شـــوارد النحاس عند التركيز المدروس أدى إلى تأثير شديد في كميـــة البروتينـــات فـــي ســـويقة البادرات إذْ انخفضت لتصل حتى 2.2 ملغ/غ، أي ما يعادل 56.8%، في حين تثبط نمو البادرات بشكل كلي بتأثير شوارد الزئبق عند التركيز 600 ملغ/ل .

ولدراسة تأثير شوارد المعادن الثقيلة عند التركيز 600 ملغ/ ل في كميـــة بروتينـــات بذور الذرة استخدمت شوارد الرصاص والنيكل عند هذا التركيز، كمـــا يبيّنـــه الجـــدول والشكل (5).

الجدول (5) تغير تركيز البروتينات في بذور الذرة المستنبتة في الماء و محلول ملـــح نتـــرات الرصاص ونترات النيكل

وسط النمو	H_2O	التركيز 300 ملغ/ ل	
		Ni^{2+}	Pb^{2+}
تركيز البروتينات الأولى (ملغ/غ)	8.9	8.9	8.9
تركيز البروتينات النهائي (ملغ/غ)	1.98	3.14	2.9
نسبة التفكك %	77.7	64.7	67.4



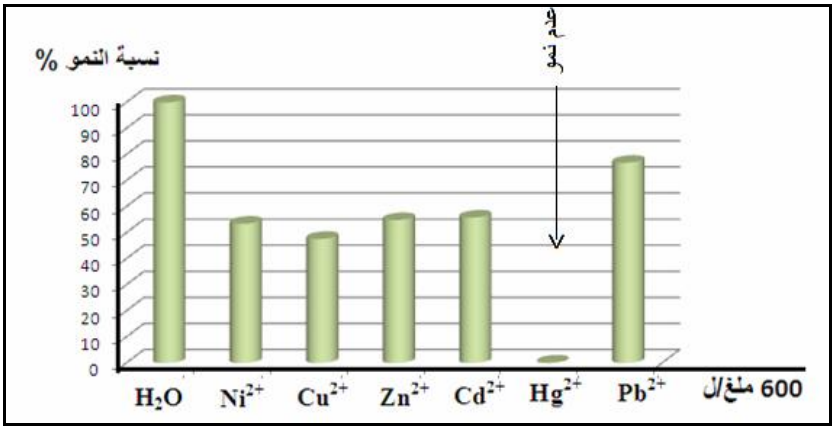
الشكل (5) تغير تركيز البروتينات في بذور الذرة المستنبتة في الماء ومحلـــول ملـــح نتـــرات الرصاص ومحلول ملح نترات النيكل بتركيز 600ملغ/ ل مقارنةً بالتركيز الأولي.

توضّح النتائج الآنفة الذكر أن وجود شوارد الرصاص والنيكل عند التركيز 600 ملغ/ ل في الوسط المحيط بالبذور خلال مرحلة الإنبات يسبب انخفاض نسبة تفكك البروتينات في البذور المعالجة مقارنةً بنسبة تفكك البروتينات في البذور المستنبتة في الوسط المائي التي بلغت 77.7% مقارنةً بالتركيز الأولي، إذْ بلغت نسبة التفكك البروتيني للبذور بتأثير شوارد النيكل 64.7%، وهي أقل من نسبة تفكك بروتينات البذور المعالجة بشوارد الرصاص؛ ممَّا يدلُّ على أن لشوارد النيكل تأثيراً تثبطياً أشد من شوارد الرصاص في فعالية إنزيم بروتياز البذور، ومن ثمَّ تبقى البروتينات متراكمة في البذور، كما يظهر الجدول والشكل(5).

ولدى دراسة تأثير شوارد المعادن الثقيلة المدروسة عند التركيز 600 ملغ/ل في نمو بادرات الذرة أظهرت المعطيات الموضّحة بالجدول والشكل (6) النتائج التي تم التوصل إليها

الجدول (6) تأثير شوارد المعادن الثقيلة عند التركيز 600 ملغ/ل في نسبة نمو بادرات الذرة الصفراء.

وسط النمو	H_2O	التركيز 600 ملغ/ ل					
		Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}
نسبة النمو %	100	53.48	47.63	54.85	55.84	عدم نمو	76.86



الشكل (6) تغير نسبة نمو البادرات بتأثير الشوارد المدروسة مقارنةً مع H_2O

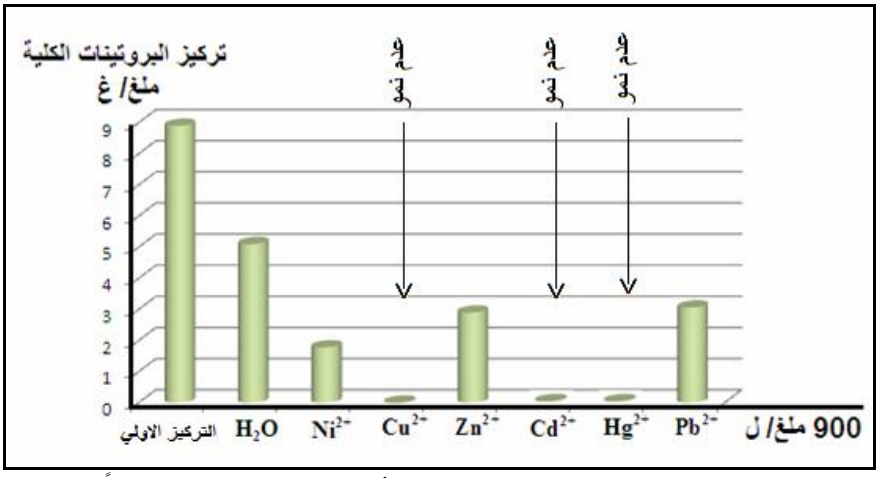
يبيّن الجدول والشكل (6) أنَّ مع ازدياد تراكيز شوارد المعادن الثقيلة في وسط النمو يزداد التأثير التثبيطي في نمو بادرات الذرة الصفراء، فعند التركيز 600 ملغ/ ل انخفضت نسبة نمو البادرات النامية في وسط من شوارد الرصاص إلى 76.86% مقارنةً بنسبة نمو البادرات في الوسط المائي ومقارنةً بالنتائج السابقة، في حين كان لشوارد

الكادميوم والزنك والنيكل والنحاس تأثير تثبطي أعلى من شوارد الرصاص في نسبة نمو البادرات عند التركيز نفسه، إذْ بلغت 55.84% و54.84% و53.48% و47.63% على التوالي، في حين يُثبَّطُ نمو البادرات بشكل كامل بتأثير شوارد الزئبق المستعملة في المعالجة عند التركيز نفسه.

ثالثاً- تأثير شوارد المعادن الثقيلة المدروسة عند التركيز 900 ملغ/ل في استقلاب البروتينات الكلية في بذور الذرة وبادراتها.

الجدول (7) تأثير شوارد المعادن الثقيلة عند التركيز 900 ملغ/ل في تركيز البروتينات الكلية في سويقة البادرات

وسط النمو	H_2O	التركيز 900 ملغ/ ل					
		Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}
تركيز البروتينات الكلية ملغ/غ	5.1	1.78	عدم نمو	2.9	عدم نمو	عدم نمو	3.06



الشكل (7) تغير تركيز البروتينات الكلية في البادرات بتأثير الشوارد المدروسة مقارنةً مع H_2O.

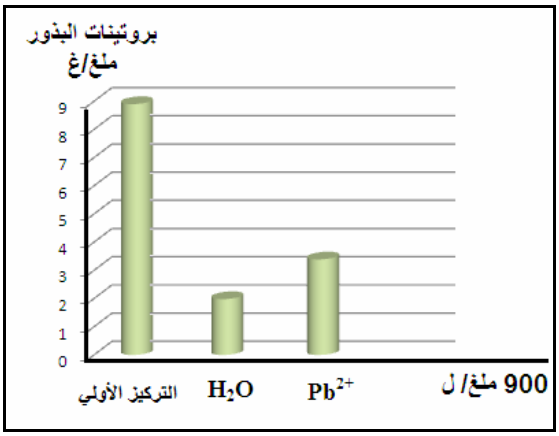
أظهرت النتائج الموضّحة بالجدول والشكل (7)، أن التراكيز المرتفعة (900 ملغ/ل) لشوارد الزئبق والنحاس والكادميوم أدت إلى تثبيط كلي لإنبات البذور المستنبتة في أوساط من هذه الشوارد؛ ممَّا أدى إلى عدم تشكل البادرات نتيجة تثبط نموها، كما تشير النتائج إلى انخفاض كبير في كمية بروتينات البادرات بتأثير شوارد الرصاص والزنك والنيكل مقارنةً بما سبق وبكمية البروتينات في البادرات المتنامية في الوسط المائي، لكن هذا التأثير السلبي يختلف من شاردة إلى أخرى، فبتأثير شوارد

الرصاص بلغت كمية بروتينات البادرات 3.06 ملغ/ غ. أمَّا تأثير شوارد الزنك فكان أشد من الرصاص في كمية البروتينات التي بلغت 2.09 ملغ/غ عند التركيز نفسه، في حين كان لشوارد النيكل التأثير الأكبر في كمية بروتينات البادرات، إذْ انخفضت كميتها إلى 1.78 ملغ/غ مقارنةً بكمية بروتينات البادرات النامية في الوسط المائي البالغة 5.1 ملغ/غ.

كما دُرسَ خلال هذا الجزء من العمل تأثير شوارد الرصاص عند التركيز 900 ملغ/ ل في كمية بروتينات بذور الذرة، كما يبيّنه الجدول والشكل (8).

الجدول (8) تغير تركيز البروتينات في بذور الذرة المستنبتة في الماء ومحلول ملح نترات الرصاص

وسط النمو	H_2O	التركيز 900 ملغ/ ل Pb^{2+}
التركيز الأولي للبروتينات (ملغ/غ)	8.9	8.9
التركيز النهائي للبروتينات (ملغ/غ)	1.98	3.39
نسبة التفكك %	77.7	61.9



الشكل (8) تغير تركيز البروتينات في بذور الذرة النامية في الماء ومحلول ملح نترات الرصاص بتركيز 900 ملغ/ ل مقارنةً بالتركيز الأولي.

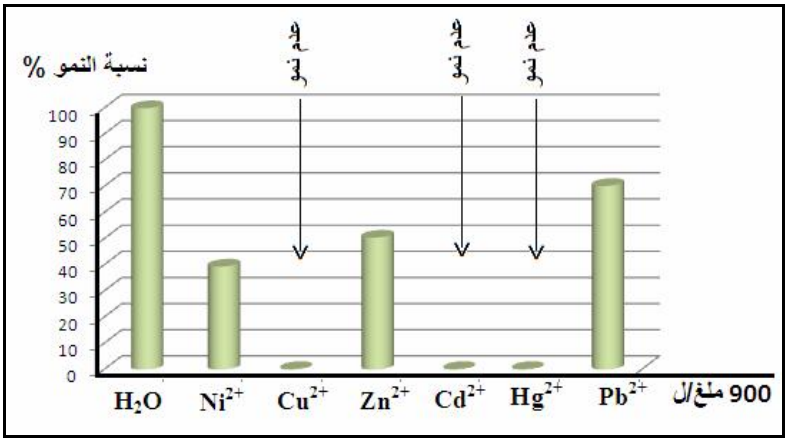
تظهر نتائج الجدول والشكل (8) أن وجود شوارد الرصاص في الوسط بتركيز 900 ملغ/ ل يؤدي إلى انخفاض في نسبة البروتينات المتفككة في بذور الذرة التي بلغت 61.9% مقارنةً بالنسبة المئوية المتفككة لبروتينات البذور المستنبتة في الوسط المائي 77.7%، كما تبيّن بحسب ما سبق أن ازدياد تركيز شوارد الرصاص كوسط نمو يقابله

ازدياد في تراكم البروتينات في البذور وانخفاض كبير في الفعالية الوظيفية لأنزيم البروتياز

ويوضّح الجدول والشكل (9) نتائج تأثير شوارد المعادن الثقيلة المدروسة عند التركيز 900 ملغ/ل في نمو بادرات الذرة الصفراء.

الجدول (9) تأثير شوارد المعادن الثقيلة عند التركيز 900 ملغ/ل في نسبة نمو بادرات الذرة الصفراء.

وسط النمو	H_2O	التركيز 900 ملغ/ ل					
		Ni^{2+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Cd^{2+}	Hg^{2+}	Pb^{2+}
نسبة النمو %	100	39.42	عدم نمو	50.48	عدم نمو	عدم نمو	70.27



الشكل(9) تغير نسبة نمو البادرات بتأثير الشوارد المدروسة مقارنةً مع H_2O

بحسب النتائج المبيّنة بالجدول والشكل (9)، تؤدي التراكيز المرتفعة لشوارد المعادن الثقيلة إلى تأثير تثبيطي شديد في نمو بادرات الذرة الصفراء المستنبتة في محاليل الشوارد عند التركيز 900 ملغ/ل، فقد تثبط نمو البادرات بشكل كلي بتأثير شوارد النحاس والكادميوم والزئبق عند التركيز المدروس، في حين انخفضت نسبة نمو البادرات النامية في وسط من شوارد النيكل انخفاضاً كبيراً إذ وصلت إلى 39.42% مقارنةً بنسبة نمو البادرات النامية في الوسط المائي، وكان لشوارد الزنك تأثير متوسط في نمو البادرات التي انخفضت نسبة نموها إلى النصف 50.48%، أمّا شوارد الرصاص فكان تأثيرها في نسبة نمو البادرات هو الأقل بين الشوارد المدروسة، إذْ بلغت نسبة النمو 70.27%.

المناقشة

أدَّت التجارب التي أُجريت إلى نتيجة عامة وهي أن شوارد المعادن الثقيلة المستخدمة في البحث تثبط تفكك البروتينات في البذور وانتقالها إلى السويقة النامية، ويمكن أن يعزى السبب في ذلك إلى عدة احتمالات:

أ- أن تكون الفروق بين فعالية الشوارد المختلفة على تفكيك البروتينات في البذور النامية وانتقالها ناتجة عن الاختلافات في سرعة ارتباط هذه الشوارد بالبروتينات الإنزيمية التي تقوم بحلمهة هذه المركبات وشدتها.

ب- تؤثر هذه الشوارد المعدنية الثقيلة في الأغشية الحيوية؛ ممّا يغير من سرعة انتقال المركبات البروتينية عبرها زيادةً أو نقصاناً، وفي هذه الحالة إمَّا أن يحدث انخفاض في خروج البروتينات من البذور النامية أو تثبيط دخولها إلى سويقة البادرات النامية.

ج- يؤدي ارتباط شوارد المعادن الثقيلة ببروتينات البذور إلى تشكيل معقدات بروتينية معدنية يمنع هذه البروتينات من الإنتقال إلى سويقة البادرات النامية [19].

د- يخفض إرتباط شوارد المعادن الثقيلة بالزمر الكربوكسيلية والثيولية في المركز الفعال لأنزيم البروتياز في البذور من فعالية هذا الإنزيم في تفكيك بروتينات البذرة وانتقالها إلى خلايا البادرات [20].

ه- إن إعادة ترتيب النتائج وتنسيقها بحسب تركيز شوارد المعادن الثقيلة وبحسب تسلسل متناقص لتأثيرها كما يوضحه الجدول (10)، تسمح بوضع سلم تدريجي لسمية العناصر المعدنية الثقيلة المستخدمة يؤكد أن الزئبق Hg^{2+} هو العنصر الأكثر سمية، يليه بالتسلسل النحاس Cu^{2+} ، فالكادميوم Cd^{2+}، ثم النيكل Ni^{2+}، فالزنك Zn^{2+}، وأخيراً الرصاص Pb^{2+} أقلها سمية.

الجدول (10) السلم التدريجي لسمية العناصر المعدنية الثقيلة المستخدمة.

تأثير الشوارد في نمو البادرات				تأثير الشوارد في استقلاب البروتينات في البذور				تأثير الشوارد في استقلاب البروتينات في البادرات		
900	600	300		900	600	300		900	600	300
Hg^{2+}	Hg^{2+}	Hg^{2+}			Ni^{2+}	Hg^{2+}		Hg^{2+}	Hg^{2+}	Hg^{2+}
Cu^{2+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}			Pb^{2+}	Pb^{2+}		Cu^{2+}	Cu^{2+}	Cu^{2+}
Cd^{2+}	Ni^{2+}	Cu^{2+}						Cd^{2+}	Cd^{2+}	Cd^{2+}
Ni^{2+}	Cd^{2+}	Cd^{2+}						Ni^{2+}	Ni^{2+}	Ni^{2+}
Zn^{2+}	Zn^{2+}	Zn^{2+}						Zn^{2+}	Zn^{2+}	Zn^{2+}
Pb^{2+}	Pb^{2+}	Pb^{2+}						Pb^{2+}	Pb^{2+}	Pb^{2+}

الاستنتاجات

إن وجود شوارد المعادن الثقيلة في وسط نمو نبات الذرة الصفراء يؤدي إلى:

أ- انخفاض تركيز البروتينات الكلية في البادرات النامية في أوساط من الشوارد المدروسة مقارنةً بالبادرات النامية في الوسط المائي.

ب- تثبيط تفكك هذه المركبات وعدم انتقالها يؤدي إلى تراكمها في البذور مقارنةً بالمركبات البروتينية في البذور المستنبتة في الوسط المائي.

ج- تثبط نمو بادرات الذرة الصفراء مما يوضّح وجود علاقة بين نجاح استنبات البذور واستقلاب المركبات الادخارية الموجودة بداخلها.

د- تؤكد النتائج اختلاف تأثير شوارد المعادن الثقيلة المدروسة في استقلاب بروتينات البذور وانتقالها ونمو البادرات بحسب نوع الشاردة المستخدمة وتركيزها في الوسط، كما تؤكد أن التأثير التثبيطي لشوارد المعادن الثقيلة في استقلاب المركبات البروتينية وانتقالها من البذرة إلى البادرة يزداد طرداً مع ازدياد تركيز هذه الشوارد في وسط النمو، وهذه النتيجة تنطبق على نمو البادرات.

و- تسمح النتائج بترتيب المعادن الثقيلة وفق تسلسل متناقص لسميتها (من الأكثر سمية إلى الأقل) وفق المتراجحة الآتية:

$$\mathbf{Hg^{2+} > Cu^{2+} > Cd^{2+} > Ni^{2+} > Zn^{2+} > Pb^{2+}}$$

التوصيات

عند إخفاق استنبات البذور وضعف نمو البادرات يجب التفكير بالتحري عن العناصر الثقيلة في التربة ولاسيّما إذا كانت بقية شروط النمو متوافرة.

REFERENCES المراجع

1-Mohan, B and Hosetti, B; 2006. Phytotoxicity of cadmium on the physiological dynamics of Salvinia natans L. grown in macrophyte ponds, Journal of Environmental Biology, 27(4) 701-704.

2-Zengin, F and Kirbag, S; 2007. Effects of copper on chlorophyll, proline, protein and abscisic acid level of sunflower (Helianthus annuus L.) seedlings, Journal of Environmental Biology, 28(3) 561-566.

3-Bandita, D and Preetam, N; 2011. Study of copper phytotoxicity on in vitro culture of Musa acuminata cv. 'Bantala, Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, Vol. 3(8), pp. 136-140.

4-Kumar, V; Awasthi, G and Chauhan, P; 2012. Cu and Zn tolerance and responses of the Biochemical and Physiochemical system of Wheat, Journal of Stress Physiology & Biochemistry, Vol. 8 No. 3, pp. 203-213 ISSN 1997-0838.

5-Kavita, S and Pandey, S; 2011. Effect of nickel-stresses on uptake, pigments and antioxidative responses of water lettuce, Pistia stratiotes L, J. Environ. Biol, 32, 391-394.

6-Helmy, L; 2010. The influence of nickel sulphate on some physiological aspects of two cultivars of Raphanus sativus, Arch. Biol. Sci; Belgrade, 62(3), 685-693.

7-Neelofer, H; Nosheen, B and Faiza, J; 2010. Physiological responses of Phaseolus vulgaris to different lead concentrations, Pak. J. Bot, 42(1): 239-246.

8-John, R; Ahmad, P; Gadgil, K; Sharma, S; 2008. Effect of cadmium and lead on growth, biochemical parameters and uptake in Lemna polyrrhiza L., Plant Soil Enveron, 54, (6): 262–270.

9-Pritesh, P; Mandakini, P; Bhaumik, D; and Subramanian, R; 2012. Nickel accumulation by Colocassia esculentum and its impact on plant growth and physiology, African Journal of Agricultural Research Vol, 7(24), pp, 3579-3587.

10- Rehman, F; Khan, F; Varshney, D; Naushin, F; Rastogi, J; 2011. Effect of cadmium on the growth of tomato, Biology and Medicine, Vol 3 (2) Special Issue: 187-190, 2011.

11-Servilia, N; Foca, A; 2005. Effects of heavy metals on plant growth and photosynthetic activity, Analele Stintifice Ale "AL. I. CUZA" IAŞI Tomul I, s. Biofizică, Fizică medicală şi Fizica mediului.

12-Weiqiang, L; Mohammad,A; Shinjiro, Y; and Yuji, R; 2005. Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of Arabidopsis thaliana, Plant Growth Regulation, 46:45–50.

13-Alireza, H and Farhang, M; 2011. Effect of mixed cadmium, copper, nickel and zinc on seed germination and seedling growth of sufflower, African Journal of Agricultural Research, Vol. 6(5), pp, 1182-1187.

14-Lucia, Ch; Maria, E and Ramara, S; 2011. Effect on plant growth and heavy metal accumulation by sunflower, Journal of Phytology, 3(12): 04-09.

15-Levent, T and Betul, B; 2001. The effects of heavy metals on pollen germination and pollen tube length in the tobacco plant, Turk J Biol, 26 (2002) 109-113.

16-Tariq, M; Islam. K. R and Muhammad, S; 2007. Toxic effects of heavy metals on early growth and tolerance of cereal crops, Pak. J. Bot, 39(2): 451-462.

17-Scopes, K;1994. Protein purification. Springer-verlag Berlin Heidelberg,1-8.

18- **بلشكوف**، 1968، **كتاب العملي في بيوكيمياء النبات، مؤسسة العلوم، موسكو**.

19-Deo, B and Nayak, K; 2011. Study of copper phytotoxicity on in vitro culture of Musa acuminata cv. 'Bantala', Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, Vol. 3(8), pp. 136-140.

20-Ashraf, M; Sadiq, R; Hussain, M; Ashraf, M & Sajid, M; 2011. Toxic Effect of Nickel (Ni) on Growth and Metabolism in Germinating Seeds of Sunflower (Helianthus annuus L.), Biol Trace Elem Res, 143:1695–1703.