تأثير عنصري الرصاص والنيكل في النمو وبعض الجوانب الفسيولوجية لنبات زهرة الشمس *Helinthus annus* L.

فائق حسن علي الشمري

قسم علوم الحياة / كلية التربية

جامعة الموصل

الاستلام ٢٢ / ٠٥ / ٢٠٠٧ **القبول** ٠٣ / ٠٣ / ٢٠٠٨

ABSTRACT

Biological study was conducted in a green-house at Mosul University, College of Education, Department of Biology. The aim is to study the effect of different concentrations of heavy metals lead (Pb) and nickel (Ni) at levels (0,100, 200, 300) mg/Kg of soil on growth and some physiological aspects for sun flower plant.

The results of the study showed that addition of the lead and nickel to the soil showed a significant decrease in growth, relative water content, degree of cytoplasmic membrane, chlorophyll (a,b), total (a+b), chlorophyll (a/b), area of leaves / plant, carbohydrates and protein content of leaves.

While there was a significant increase of proline accumulation in leaves. In the other hand, there was a significant increase in the concentration of lead in comparison with nickel's concentration.

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة في البيت الزجاجي في جامعة الموصل / كلية التربية / قسم علوم الحياة، بهدف دراسة تاثير تراكيز مختلفة من المعادن الثقيلة التي هي الرصاص والنيكل بمستويات (٠، ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠) ملغم/كغم تربة في النمو وبعض الجوانب الفسيولوجية لنبات زهرة الشمس.

تبين من نتائج الدراسة ان اضافة الرصاص والنيكل الى التربة ادى الى حصول انخفاض معنوي في النمو ومحتوى الماء النسبي ودرجة ثبات الاغشية وكلورفيل a و b والكلي

(a+b) ونسبة كلورفيل (a/b) والمساحة الورقية /نبات و محتوى الاوراق من الكاربوهيدرات والبروتين في حين كان هناك زيادة معنوية في تراكم البرولين في الاوراق مقارنة بمعاملة السيطرة (بدون اضافة العنصرين). وقد تفوقت تراكيز الرصاص على تراكيز النيكل معنوياً.

المقدمة

يعرف التلوث بأنه التغيرات غير المرغوبة التي تطرأ على الصفات الكيميائية والفيزيائية والبايولوجية في محيطنا الهوائي والمائي والتربة والتي تسبب أخطاراً مؤذية للحياة البشرية.

يعد الرصاص (Lead) من العناصر ذات التواجد الطبيعي في القشرة الارضية ويبلغ معدل تركيزه حوالي (١٦) جزء بالمليون من التربة (١) ووجد ان الرصاص يتراكم في الترب القريبة من الطرق العامة لمرور ال مركبات وذلك عند مقارنتها بمواقع اقل حركة وذلك لانبعاثها من عوادم السيارات اذ ان اضافة الرصاص الى الوقود عن د التصفية يؤدي الى تحسين نوعيته (٢).

أما النيكل (Nickel) فانه من المعادن الثقيلة شديدة الخطورة في التلوث البيئي ويوجد متحدا مع مركبات الكبريت او الانت يمون او الزرنيخ وتحتوي الترب الطبيعية على (٤٠) جزء بالمليون كمعدل عام لعموم العالم ومن مميزات عنصر النيكل بانه يتركز في الطبقة السطحية بسبب ادمصاص الطين والمادة العضوية وتكوين مركبات مخلبية (٣).

يتسبب التلوث بالمعادن الثقيلة في تثبيط نمو النبات من خلال الت اثير في عمليات الانقسام والاتساع الخلوي والتنظيم الهرموني لنمو النبات وتكوينه (٤)، لذلك تضطرب الفعاليات الايضية المختلفة مثل البناء الضوئي والتنفس وبناء الحوامض النووية والبروتين ونشاط الانزيمات وغير ذلك من العمليات الحيوية التي تؤدي الى الهبوط في النباتات المختلفة وانتاجيتها.

ونظراً لأهمية نبات زهرة الشمس ولكونه يعد من المحاصيل الزيتية فقد جاءت هذه الدراسة بهدف التعرف على التاثيرات الفسلجية لعنصري الرصاص والنيكل في نبات زهرة الشمس *Helinthus annuus* L. .

فقد اشارت دراسة لـ (٥) و (٦) ان استخدام الرصاص بتراكيز ($10^{-6} \times 1$ و $10^{-5} \times 1$ و $10^{-4} \times 1$ و $10^{-3} \times 1$ و $10^{-8} \times 1$ و $10^{-7} \times 1$ و ٠) مولاري قد ادت الى حدوث تثبيط في نمو نبات زهرة الشمس وكذلك انخفاض في جميع الفعاليات الفسلجية الاخرى مثل نفاذية الاغشية وبناء البروتين وتكوين الكلورفيل بانواعه . وكذلك بينت دراسة لـ (٧) ان استخدام الرصاص بتركيز (٢٥٠) ppm ادى ذلك في حصول انخفاض معنوي في النمو والمتغيرات الفسلجية

الاخرى السابقة الذكر لنبات العصفر. في حين وجد (٨) ان استخدام النيكل بتركيز (٥٠) ppm قد احدثت تغييرا تثبيطيا للنمو وبعض الجوانب الفسيولوجية للنباتات البقولية.

مواد وطرائق العمل

١. تهيئة التربة

أخذت التربة على عمق (٠-٣٠) سم من منطقة الرشيدية /محافظة نينوى ثم جففت هوائيا ونعمت لتمر من خلال منخل قطر فتحاته (٢) ملم. واجري تقدير عدد من الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة الجدول (١) اذ تم التعرف على نسجة التربة بحسب (٩) وتقدير السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ودرجة التوصيل الكهربائي (EC) حسب الطرائق التي اوردها (١٠) ودرجة تفاعل التربة (PH) فضلا عن تقدير البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم حسب الطرائق التي اوردها (١١).

جدول (١): الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة المستخدمة في الدراسة

الصفة	التقدير
الرمل (%)	٣٣.٦
الغرين (%)	٣٦.٢
الطين (%)	٣٠.٢
النسجة	مزيجية طينية
المادة العضوية (%)	١.٢٥
درجة التوصيل الكهربائي (EC) ديسي سيمنز/م	٠.٧٠
درجة تفاعل التربة pH	٧.٣٩
السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ملي مكافئ/غم تربة	٣٢.٩
الايونات الذائبة ملمكافئ/لتر	
الكلور Cl^-	٠.٩
الصوديوم Na^+	٠.٦٢
البوتاسيوم K^+	١.٤
المغنسيوم Mg^{+2}	٠.٦٧
الكالسيوم Ca^{+2}	١.٥
النتروجين الكلي	٠.٢٨

٢. المعاملات المستخدمة

نفذت الدراسة على صنف واحد من زهرة الشمس (المحلي) ونفذت باستخدام اصص بلاستيكية ذات سعة (٢) كغم من التربة الجافة.

أضيف كل من الرصاص والنيكل بالتراكيز (٠،٠٠، ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠) ملغم/كغم تربة وكانت اضافتها على شكل املاح الى التربة (نترات الرصاص، كبريتات النيكل).

٣. الزراعة والري

زرعت بذور زهرة الشمس *Helinthus annuus* L. في ٢٠٠٥/١١/٢٣ في ترب الاصص المعاملة بالمستويات المختلفة من الرصاص والنيكل بواقع (١٠) بذور / اصص، ووضعت الاصص على نحو عشوائي تحت ظروف البيت الزجاجي، وبعد (١٠) ايام من الزراعة خففت البادرات الى خمس بادرات في كل اصيص وتم ري الاصص بالماء الاعتيادي عند السعة الحقلية للتربة (٧٥%) وضبطت كمية الماء المضافة يومياً بوساطة الميزان وبعد مرور (٦٠) يوما من تاريخ الزراعة تم قلع النباتات واستخراج المجاميع الجذرية وبعد تنظيف الجذور فصلت المجاميع الخضرية عن المجاميع الجذرية وتم:

أ. تقدير ارتفاع النبات (سم) وطول المجموع الجذري (سم) والوزن الطري والجاف للمجموعتين الخضرية والجذرية (غم).

ب. تقدير محتوى الماء النسبي حسب طريقة (١٢) والمتبعة من قبل (١٣) وحسب المعادلة:

$$\text{محتوى الماء النسبي} = \frac{\text{الوزن الطري} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الانتفاخي} - \text{الوزن الجاف}} \times ١٠٠$$

علما ان الوزن الانتفاخي يقصد به الوزن الطري بعد تمام الانتفاخ (الامتلاء بالماء).

ج. تقدير المساحة الورقية حسبت بطريقة (١٤) وكما في المعادلة الاتية:

$$\text{مساحة الورقة} = \frac{\text{وزن الورقة كاملة} \times \text{مساحة المقطع الصغير من الورقة}}{\text{وزن المقطع الصغير}}$$

ومن ثم حسبت المساحة الورقية / نبات وذلك بضرب مساحة الورقة الواحدة × عدد الاوراق لكل نبات.

د. قدرت درجة نبات الاغشية الخلوية ونسبة دليل الضرر كما جاء بطريقة (١٥) لقياس التوصيل الكهربائي لرواشح الانسجة الورقية قبل وبعد قتل هذه الانسجة باستخدام جهاز التعقيم لمدة (١٥) دقيقة. وقدرت النسبة المئوية لدليل الضرر بموجب المعادلة وكما ذكرت في (١٦) وكما ياتي:

$$I = [1 - (1 - T_1/T_2) / (1 - C_1/C_2)] \times 100\%$$

I تمثل النسبة المئوية لدليل الضرر C_1 و C_2 تمثل قراءة التوصيل الكهربائي لمعاملة السيطرة قبل وبعد قتل الأنسجة T_1 و T_2 تمثل قراءة التوصيل الكهربائي لكل معاملة (من الرصاص) ومعاملة (من النيكل) قبل وبعد قتل الانسجة الورقية على التوالي كما تم تقدير تركيز ايونات الصوديوم والبوتاسيوم لرواشح الانسجة والرقية بجهاز Corning flame photometer

هـ. قدر الكلوروفيل في الاوراق بحسب طريقة (١٧) و (١٨) كما أوردها (١٩) وباستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer pey Unicam) على الاطوال الموجية (٦٦٣-٦٤٥) نانوميتر.

و. قدرت كمية الكاربوهيدرات في اوراق نبات زهرة الشمس تبعا لطريقة (٢٠)، وفصلت الكاربوهيدرات المذابة بعملية الطرد المركزي وتم قياس الكثافة المرئية على الطول الموجي (٤٨٨) نانوميتر باستخدام جهاز المطياف الضوئي.

ز. قدر البروتين بطريقة فولن (٢١) المحورة عن طريقة (٢٢).

ح. وتم تقدير الحامض الاميني البرولين في الانسجة الورقية لنبات زهرة الشمس لكل معاملة من المعاملات السابقة كما ورد بحسب طريقة (٢٣) باستخدام جهاز المطياف الضوئي تحت طول موجي (٥٢٠) نانوميتر.

صممت التجارب وحللت باستخدام التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design (C.R.D) في التجارب العاملية (٢٤) وقورنت الاختلافات المعنوية بين المعدلات باستخدام اختبار دنكن متعدد المدى (Duncan's Multiple Range Test) وكذلك تم اجراء تحليل الارتباط بين الصفات المدروسة لكلا العنصرين (T-Test) .

النتائج والمناقشة

نمو النبات

يتضح من نتائج الجدول (٢) ان افضل نمو لنباتات زهرة الشمس قد حصل في معاملة المقارنة في حين حصل تثبيط للنمو في المعاملات الاخرى فقد ادت اضافة عنصري الرصاص (Pb) والنيكل (Ni) بتراكيز (٠، ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠) ملغم /كغم تربة الى حصول انخفاض معنوي في كل من (ارتفاع المجموع الخضري) وطول المجموع الجذري وزن المادة الجافة لكل من المجموع الخضري والجذري والنسبة بين الوزن الجاف للمجموعة الخضري والمجموع الجذري مقارنة بمعاملة المقارنة.

ان سبب هذا التاثير ربما يعزى الى ان التلوث بهذه المعادن الثقيلة يؤدي الى تاثير سلبي في عمليات الانقسام والاتساع الخلوي والتنظيم الهرموني لنمو النبات وتكوينه . هذه النتائج تتفق مع ما جاء به (٢٥) بان للمعادن الثقيلة تأثيراً تثبيطياً وذلك من خلال اختزال النمو.

قد يكون هذا التاثير مرده بالدرجة الرئيسة الى سمية العناصر الثقيلة الت ي تضطرب بها الفعاليات الايضية المختلفة مثل البناء الضوئي والتنفس وبناء الحوامض النووية والبروتين ونشاط الانزيمات وغير ذلك من العمليات الحيوية التي تؤدي الى الهبوط في نمو النباتات المختلفة وانتاجيتها. ان المستويات العالية من الرصاص قد احدثت تاثيرا اكبر واكث ر حدة من مستويات النيكل في ارتفاع النبات وطول المجموع الجذري والاوزان الجافة لكليهما ونسبة الوزن الجاف للمجموع الخضري على الوزن الجاف للمجموع الجذري وهذه النتائج جاءت متفقة مع ما توصل اليه (٨).

وبالرغم من الارتفاع النسبي لتراكيز الاملاح الا ان تاثيراتها ال سلبية ترتبط بالعديد من العوامل منها الدالة الحامضية لمحلول التربة فعندما يكون pH قاعدي نسبيا تقل ذوبانية الاملاح المعدنية وبالتالي تقليل تاثيراتها السلبية على نمو النباتات ومما يؤكد ذلك التراكيز المرتفعة نسبيا للكاربونات في الترب العراقية مما يعيق امتصاص هـ ذه العناصر بسبب انخفاض ذوبانيتها وفضلاً عن التنافس الذي يحدث بين Ca^{+2} و Mg^{+2} وبقية العناصر الثقيلة مثل Pb^{+2} وغيرها على مواقع الامتصاص للجذور (٢٦).

الجدول (٢): تاثير اضافة عنصري الرصاص والنيكل الى التربة في بعض صفات النمو للمجاميع الخضرية والجذرية لنبات زهرة الشمس

المعاملات Pb (ppm)	ارتفاع المجموع الخضري (سم)	طول المجموع الجذري (سم)	وزن المادة الجافة للمجموع الخضري (غم)	وزن المادة الجافة للمجموع الجذري (غم)	النسبة بين وزن المادة الجافة للمجموع الخضري/ وزن المادة الجافة للمجموع الجذري
٠	36.85 a	45.27 a	7.115 a	5.99 a	1.187 b
١٠٠	32.780 c	43.74 c	6.835 a	5.24 d	1.304 ab
٢٠٠	27.25 e	38.05 e	5.76 c	4.84 f	1.190 b
٣٠٠	20.29 g	30.75 g	5.625 c	4.206 g	1.337 a
Ni (ppm)					
١٠٠	34.795 b	44.15 b	6.965 a	5.89 b	1.187 b
٢٠٠	28.71 d	39.945 d	6.56 ab	5.51 c	1.184 b
٣٠٠	23.83 f	34.636 f	5.96 bc	4.91 e	1.19 b

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (٥%) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود

محتوى الماء النسبي ودرجة ثبات الاغشية الخلوية

يتبين من نتائج الجدول (٣) ان اضافة عنصري الرصاص والنيكل باربعة تراكيز هي (٠، ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠) جزء بالمليون/كغم تربة، ادى الى حصول انخفاض معنوي في محتوى الماء النسبي، ربما يعود السبب في ذلك الى ان الاتساع الخلوي يكون محددا من خلال تاثيرات ايونات العناصر المعدنية في علاقات الماء بالخلية او في خواص الجدار الخلوي من حيث

التمدد والاتساع، اذ ان زيادة الجهد الازموزي يمكن ان تحد من امتصاص الماء عن طريق عرقلة الاتساع الخلوي وقلة النتح وهذا يتفق مع ما توصل اليه (٢٧).

أما ما يخص ثبات الاغشية الخلوية (دليل الضرر) وارتشاح ايونات البوتاسيوم والصوديوم بالمعاملات السابقة الذكر فقد حصل انخفاض معنوي في كل من ثبات الاغشية الخلوية وارتشاح ايونات البوتاسيوم والصوديوم قد يعود سبب ذلك الى ان تعرض النباتات للتلوث بالمعادن الثقيلة يؤدي الى تغيرات في تركيب الاغشية الخلوية ووظائفها وهذا يتفق مع ما توصل اليه (٦) وقد سبق ان فسر ذلك الضرر من قبل (٢٨) بان الاغشية السايتوبلازمية يعود ضررها الى التراكيز العالية من النيكل اذ تؤدي الى حدوث خلل في الاحماض الدهنية للاغشية بسبب حصول تغيرات في فعالية انزيم مضاد الاكسدة Superoxide dismutase اذ تؤدي المعادن الثقيلة الى حدوث زيادة في الاوكسجين الجزيئي (O_2) الذي يعد نسبيا غير فعال، وبذلك تنتج انواع من الاوكسجين ا لسمي ذات الفعالية الشديدة مثل [O] ، (H_2O_2) و (OH^-) تتفاعل مع الحوامض غير المشبعة لاحداث عملية الـ Peroxidation لدهون كل من الغشاء السايتوبلازمي او العضيات الخلوية مسببة ارتشاحا للمحتويات الخلوية ثم جفافا سريعا وموت الخلية . فضلا عن ان التاثير السمي لتراكيز الرصاص كان ذ ا تاثير اسو أ على ثبات الاغشية وارتشاح ايونات البوتاسيوم والصوديوم مقارنة بالتاثير السمي لتراكيز النيكل، وهذا يتفق مع ما توصل اليه (٨).

الجدول (٣): تاثير اضافة عنصري الرصاص والنيكل الى التربة في محتوى الماء النسبي ودرجة ثبات الاغشية (دليل الضرر) وارتشاح ايوني البوتاسيوم والصوديوم

المعاملات Pb (ppm)	محتوى الماء النسبي (%)	درجة ثبات الاغشية	ارتشاح K (جزء بالمليون)	ارتشاح Na (جزء بالمليون)
٠	58.74 a	78.803 a	0.746 a	0.343 a
١٠٠	40.696 c	75.913 c	0.617 a	0.266 c
٢٠٠	32.183 f	73.526 e	0.57 d	0.203 e
٣٠٠	29.823 g	70.610 g	0.493 e	0.153 f
Ni (ppm)				
١٠٠	47.336 b	76.72 b	0.676 b	0.283 b
٢٠٠	38.767 d	78.87 d	0.606 c	0.236 d
٣٠٠	33.273 e	73.226 f	0.533 e	0.20 e

المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (٥%) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود

تركيز الكلورفيل في الاوراق

أظهرت نتائج الجدول (٤) حصول انخفاض معنوي في تركيز كلورفيل (a) وكلورفيل (b) والكلورنيل الكلي (a+b) ونسبة كلورفيل (a/b) وهذا السبب ربما يعود الى ان زيادة مستويات المعادن الثقيلة يؤثر سلبا في نمو البلاستيدات الخضر اذ يؤدي الى تثبيط ملحوظ في عملية بناء الكلورفيل نتيجة لاختزال صبغات البناء الضوئي على نحو خاص وتثبيط عدد من الانزيمات مما يتسبب في انخفاض نواتج هذه العملية ومنها الكاربوهيدرات (انظر الجدول ٥). وهذا يتفق مع ما توصل اليه (٢٩).

كذلك أشار (٣٠) إلى ان زيادة مستويا ت الرصاص ادت الى تغيير في التركيب الدقيق للبلاستيدات الخضر وهذا ما يثبط بدوره البناء الحيوي للكلورفيل نتيجة لاضطراب الخلايا وانقسام الكرموسومات.

وبين (٦) ان محتوى الكلورفيل a و b انخفض عند المستويات المتزايدة من الرصاص (1×10^{-3}, 1×10^{-5}, 1×10^{-7}) مولاري، مما ادى الى انخفاض نسبة كلورفيل (a/b) في نباتات زهرة الشمس المعاملة.

وقد أوضح (٣١) ان التاثيرات السمية للنيكل تتضمن حدوث الشحوب الكلورفيلي كما يحصل احيانا شحوب كلورفيلي بلون بني ما بين العرو ق. كما ان انخفاض نسبة كلورفيل (a/b) قد يعود الى كون التاثير التث بيطي للرصاص في بناء كلورفيل (a) كان اكثر منه في بناء كلورفيل (b) وهذه النتائج تتفق مع النتائج التي توصل اليها (٦) من حصول انخفاض معنوي في المحتوى الكلورفيلي لعدد من انواع النباتات عند تعرضها لمستويات عالية من الرصاص.

وقد سبق ان فسر (٣٢) ان اسباب الانخفاض ا لكلورفيلي يعود الى تاثر جهاز البناء الضوئي وفعالية انزيم Chlorophyllase بالتراكيز العالية للرصاص . كما وجد (٣٣) ان من اسباب انخفاض مستويات الكلورفيل هو زيادة فعالية انزيم Chlorophyllase في النباتات المعاملة بالمعادن الثقيلة كما اكتشف ان استبدال عنصر المغنسي وم (Mg) الموجود في مركز جزيئة الكلورفيل بالرصاص (Pb) يؤدي الى تحطيم الميكانيكية الفسلجية للنباتات المعرضة للشد (٣٤).

الجدول (٤): تاثير اضافة عنصري الرصاص والنيكل الى التربة في معدل تركيز كلورفيلa و b والكلي (a+b) ونسبة كلورفيل (a/b) في اوراق نبات زهرة الشمس

المعاملات Pb (ppm)	كلورفيل a (ملغم/غم وزن المادة الرطبة)	كلورفيل b (ملغم/غم وزن المادة الرطبة)	كلورفيل a+b (ملغم/غم وزن المادة الرطبة)	كلورفيل a/b
٠	5.65 a	2.83 a	8.48 a	1.998 b
١٠٠	4.906 b	2.15 cd	7.056 b	2.283 a
٢٠٠	4.106 d	2.323 bc	6.43 c	1.832 bc

٣٠٠	3.083 f	2.323 bc	4.923 e	1.676 c
Ni (ppm)				
١٠٠	4.963 b	2.433 b	7.396 b	2.040 ab
٢٠٠	4.353 c	2.216 cd	6.57 c	1.964 b
٣٠٠	3.85 e	2.006 d	5.856 d	1.918 bc

المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (٥%) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود

المساحة الورقية وتراكيز البرولين والكاربوهيدرات والبروتين

أشارت نتائج الجدول (٥) الى حصول انخفاض معنوي في المساحة الورقية لنباتات زهرة الشمس المعاملة بالعنصرين المعدنيين الثقيلين الرصاص والنيكل باربعة تراكيز هي (٠، ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠) ملغم/كغم تربة . ان سبب انخفاض المساحة الورقية قد يعزى الى ان عمليات الانقسام والاتساع الخلوي تتاثر سلبياً بزيادة مستويات المعادن الثقيلة في التربة . وهذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه (٧)، بان المساحة الورقية تنخفض معنويا عند معاملة النباتات بمستويات عالية من الرصاص.

أما ما يخص البرولين فقد اظهرت نتائج الجدول (٥) حصول زيادة معنوية في تراكم الحامض الاميني (البرولين) في الانسجة الورقية بالمعاملات المذكورة سابقاً. وقد يعود سبب ذلك الى انخفاض محتوى الماء النسبي للاوراق عند تزايد مستويات الرصاص والنيكل في وسط النمو ، انظر الجدول (٣). وهذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه (٨) من ان محتوى الاوراق من البرولين يزداد عند نقص الماء النسبي تحت ظروف زيادة مستويات الرصاص والنيكل وكذلك مع ما جاء به (٣٥) من ان تحفيز بناء البرولين وتثبيط اكسدته، اذ يسهم هذا الحامض في خفض الجهد الازموزي للخلية النباتية مما يحافظ على ابقاء التدرج لصالح دخول الماء الى الخلية (٣٦). كذلك اشار (٥) الى ان نباتات زهرة الشمس النامية في محاليل محتوية لمستويات سامة من الرصاص تقدر بـ (1×10^{-7} و 1×10^{-5} و 1×10^{-3}) اسهمت في حصول زيادة معنوية في كمية البرولين.

في حين بينت نتائج الجدول (٥) الى حصول انخفاض معنوي بتراكيز الكاربوهيدرات في الانسجة الورقية لنبات زهرة الشمس بالمعاملات المذكورة انفاً ربما يعزى السبب في ذلك الى ان التاثيرات السلبية لزيادة مستويات العنصرين الرصاص والنيكل المتمثلة بصغر المساحة الورقية، تثبط بناء الكلورفيل كما في الجدول (٤) وقلة الماء النسبي الجدول (٣). وهذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه (٣٧) بان الانخفاض في مستوى الكاربوهيدرات الى تاثيرات مستويات الرصاص المتزايدة في العمليات الفسيولوجية كافة للنبات . وقد يعود السبب في سمية المعادن الثقيلة الى قابليتها على الارتباط مع الانزيمات مما يؤدي الى تغييرات في فعالية الانزيمات كتثبيطها او تحفزيها (٢٩). لقد توصل (٣٨) ان زيادة مستويات المعادن الثقيلة تؤدي الى تثبيط فعالية انزيم

الكاربوكسيليز، كما وجد (٣٩) ان المستويات العالية للرصاص تؤدي الى تثبيط فعالية الانزيمات الخاصة في مسلك انتاج فوسفات البنتوز.

وقد توصل (٤٠) من ان النيكل عنصر متحرك يصل الى الاجزاء العليا من النبات ويزداد تراكمه في هذه الاجزاء مع زيادة مستويات النيكل في وسط النمو وتقدم الاعضاء النباتية في العمر، فقد حصل انخفاض في مستويات السكريات الذائبة مقارنة بمعاملة السيطرة.

كذلك وضحت نتائج الجدول (٥) حصول انخفاض معنوي في تركيز البروتين في الانسجة الورقية لنبات زهرة الشمس نتيجة المعاملة بالرصاص والنيكل مقارنة بالمستويات المستخدمة، ربما يعزى سبب ذلك الانخفاض في المحتوى البروتيني منسجماً مع انخفاض وزن المادة الجافة للم جاميع الخضرية والجذرية للنبات الى اضافة الرصاص والنيكل الى التربة وهذه النتائج تتفق مع ما وجده (٤١) من ان تثبيط البناء الحيوي للبروتين في النبات يرتبط مباشرة باختزال نمو المجاميع الخضرية والجذرية للنبات . كما ان التاثيرات السامة للمعادن الثقيلة تمثلت بتداخلها مع العمليات الايضية لبناء البروتين (٤٢).

كذلك وجد (٤٣) ان النباتات التي عوملت بالرصاص قل محتوى البروتين فيها مقارنة مع تاثير النيكل.

الجدول (٥): تاثير اضافة عنصري الرصاص والنيكل الى التربة في المساحة الورقية/ نبات ومحتوى الاوراق من البرولين والكاربوهيدرات والبروتين

المعاملات Pb (ppm)	المساحة الورقية (سم٢/نبات)	البرولين (مايكرومول/غم من وزن المادة الرطبة)	كاربوهيدرات (ملغم/غم من وزن المادة الجافة)	البروتين (مكغم/غم من وزن المادة الجافة)
٠	120.88 a	8.684 a	50.406 a	0.018 f
١٠٠	105.68 c	7.271 c	43.956 c	0.028 d
٢٠٠	90.71 e	5.654 e	37.77 e	0.033 c
٣٠٠	80.036 f	4.465 g	30.396 g	0.041 a
Ni (ppm)				
١٠٠	111.137 b	7.783 b	45.436 b	0.024 e
٢٠٠	101.117 d	6.037 d	40.006 d	0.030 d
٣٠٠	90.21 e	4.955 f	34.37 f	0.035 b

المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (٥%) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود

أظهرت نتائج الجدول (٦) في تحليل الارتباط بين الصفات المدروسة مع بعضها البعض لبيان تاثير عنصري الرصاص والنيكل باستخدام اربعة تراكيز (٠، ١٠٠، ٢٠٠، ٣٠٠) ملغم/كغم تربة على نبات زهرة الشمس. والذي قيمة م عامل الارتباط بين +١ ← ٠ ← − ١، اذ

كلما كان الارتباط فوق الصفر قريب من (+١) يكون ارتباطا ايجابيا والعكس عندما يكون قيمة الارتباط بين صفة واخرى باتجاه (−١) فيكون الارتباط سلبيا (العلاقة السلبية) لذلك نلاحظ قيمة الارتباط بين الكلور فيل الكلي وتركيز الكاربوهيد رات في الانسجة الورقية هي (٠.٩٧٩) أي العلاقة ايجابية أي كلما زاد المحتوى الكلورفيلي زاد تركيز الكاربوهيدرات في الانسجة الورقية لنبات زهرة الشمس.

في ح ين أشارت قيمة معامل الارتباط بين المحتوى البروتيني وتراكم البرولين في الانسجة الورقية من خلال الجدول (٦) الى (−٠.٩٧٥) أي ان العلاقة بين الصفتين المدروستين سلبية او عكسية لانها باتجاه (−١) أي كلما يزداد الاول ينقص الثاني والعكس صحيح.

كذلك نجد ان قيمة العلاقة بين المساحة الورقية والمحتوى الكلورفيلي قد بلغت (٠.٩٨٣) أي ان العلاقة طردية او ايجابية . كلما زاد احدهما ز اد الاخر أي كلما زادت المساحة الورقية زادت عدد البلاستيدات الخضر وبالتالي زاد المحتوى الكلورفيلي الكلي (a+b).

كما نجد ان قيمة الارتباط بين الوزن الجاف للمجموع الخضري وتركيز البروتين كانت (٠.٩٠٤) أي ان العلاقة ايجابية بينهما بسبب قربها من (+١).

يتبين من نتا ئج الجدول (٦) ان العلاقة بين ثبات الاغشية ومحتوى الماء النسبي كانت علاقة ايجابية (٠.٩٥٥) لكونها قريبة من (+١). في حين كانت قيمة معامل الارتباط (٠.٩١٩) بين الوزن الجاف للمجموع الخضري وتركيز الكاربوهيدرات وهي علاقة ايجابية وذلك حسب نتائج الجدول السابقة فضلا عن ان قيمة معامل الارتباط بي ن درجة ثبات الاغشية وارتشاح ايون البوتاسيوم التي اظهرت كونها علاقة ايجابية بسبب انها قريبة من (+١) اذ كانت (٠.٩٧٧). في حين كانت قيمة معامل الارتباط (−٠.٩٨٧) بين تراكم البرولين ومحتوى الماء النسبي أي كلما قل المحتوى المائي في الخ لية أي حصول شد مائي water stress ادى ذلك الى رد فعل من الخلية النباتية في زيادة تراكم البرولين في سبيل سحب الماء الى داخل الخلية وبالتالي هي علاقة عكسية او سلبية بين الصفتين.

الجدول (٦): تأثير إضافة عنصري الرصاص والنيكل في عوامل الارتباط بين الصفات المدروسة لنبات زهرة الشمس

الصفات الصفات	ثبات الاغشية (دليل الضرر)	ارتشاح K^+	ارتشاح Na^+	كاربوهيدرات	كلورفيل a	كلورفيل b	البرولين	طول المجموع الخضري	طول المجموع الجذري	الوزن الجاف للمجموع الخضري	الوزن الجاف للمجموع الجذري	محتوى الماء النسبي	البروتين	المساحة الورقية	نسبة Sn/R	الكلورفيل الكي a+b	نسبة كلورفيل a/b
ثبات الاغشية (دليل الضرر)	١.٠٠																
ارتشاح K^+	٠.٩٧٧	١.٠٠															
ارتشاح Na^+	٠.٩٧١	٠.٩٨٤	١.٠٠														
كاربوهيدرات	٠.٩٤٨	٠.٩٧٨	٠.٩٨٢	١.٠٠													
كلورفيل a	٠.٩٣٨	٠.٩٦٩	٠.٩٨٣	٠.٩٩٢	١.٠٠												
كلورفيل b	٠.٨٢٩	٠.٨٣٢	٠.٨٠٢	٠.٨٢٢	٠.٨١٥	١.٠٠											
البرولين	-٠.٩٦٦	-٠.٩٨٦	-٠.٩٧٩	-٠.٩٨	-٠.٩٧٩	-٠.٨٥٩	١.٠٠										
ارتفاع المجموع الخضري	٠.٩١	٠.٩٦١	٠.٩٥٩	٠.٩٨٨	٠.٩٨	٠.٧٩٤	-٠.٩٦٨	١.٠٠									
طول المجموع الجذري	٠.٨٥٧	٠.٩٢٣	٠.٩٣	٠.٩٧	٠.٩٦٨	٠.٧٤٧	-٠.٩٣٥	٠.٩٩١	١.٠٠								
الوزن الجاف للمجموع الخضري	٠.٨٦٢	٠.٨٨٣	٠.٨٩٥	٠.٩١٩	٠.٩٠٤	٠.٦٨١	-٠.٨٨٢	٠.٩٢٦	٠.٩١٦	١.٠٠							
الوزن الجاف للمجموع الجذري	٠.٩٠٧	٠.٩٤٦	٠.٩٣٦	٠.٩٣٨	٠.٩٣٦	٠.٧٧٢	-٠.٩٥٢	٠.٩٤٨	٠.٩٢٤	٠.٩١٦	١.٠٠						
محتوى الماء النسبي	٠.٩٥٥	٠.٩٨	٠.٩٨٧	٠.٩٩	٠.٩٩٤	٠.٨٢٤	-٠.٩٨٧	٠.٩٧٩	٠.٩٥٨	٠.٩١٧	٠.٩٦	١.٠٠					
البروتين	٠.٩٥٦	٠.٩٧٦	٠.٩٧٦	٠.٩٩	٠.٩٨	٠.٨١٥	-٠.٩٧٥	٠.٩٨	٠.٩٥٨	٠.٩٠٤	٠.٩١٧	٠.٩٧٧	١.٠٠				
المساحة الورقية	٠.٩٦٥	٠.٩٨٣	٠.٩٨٧	٠.٩٨٩	٠.٩٨٥	٠.٨١٩	-	٠.٩٧٩	٠.٩٥٤	٠.٩٣٦	٠.٩٦٢	٠.٩٩٤	٠.٩٨٣	١.٠٠			

										٠.٩٨٣						
نسبة Sn/R	٠.٣٧٥-	٠.٤٣٥-	٠.٣٩٣-	٠.٣٥١-	٠.٣٨٧-	٠.٤٣-	٠.٤٥٩	٠.٣٦٨-	٠.٣٤-	٠.١١٨-	٠.٥٠٥-	٠.٤١١-	٠.٣٣١-	٠.٣٧١-	١.٠٠	
الكلورفيل الكي a+b	٠.٩٤٢	٠.٩٦٦	٠.٩٦٦	٠.٩٧٩	٠.٩٨٢	٠.٩٠٩	٠.٩٨٢-	٠.٩٦١	٠.٩٣٨	٠.٨٧١	٠.٩٢٣	٠.٩٨١	٠.٩٦٨	٠.٩٧٣	٠.٤١٧-	١.٠٠
نسبة كلورفيل a/b	٠.٣٦٦	٠.٤٣٦	٠.٥٠٩	٠.٥١٦	٠.٥٤٨	٠.٠٥-	٠.٤٣١-	٠.٥٤٨	٠.٦١٣	٠.٥٥٩	٠.٤٨٣	٠.٥١٣	٠.٤٩٥	٠.٤٩٦	٠.٠٥٦-	٠.٣٨٦	١.٠٠

المصادر

١. العمر، مثنى عبد الرزاق، "التلوث البيئي"، دار وائل للنشر، عمان–الاردن، (٢٠٠٠).

2. Xiong Z. T., Bull. Environ. Contam. Toxicol., 60: 285-291 (1998).

3. Banin A. J., Novort Y. N. and Yoles D., J. Environ. Qual., 10: 536-540 (1981).

4. Wierzbicka M., Plant Cell Environ., 10: 17-26 (1987).

5. Kastori R., Petrovic N. and Petrovic M., Acta-Agronomica Hungarica., 44(1): 21-28 (1996).

6. Kastori R., Plesnicar M., Sakac Z., Pankovic D. and Arsenijevic-Maksimovic I., J. Plant Nutrition, 21(1): 75-85 (1998).

٧. الراشدي، حنان امير عبد الله محمد، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الموصل (٢٠٠٥).

٨. الطائي، انوار فخري ذنون حمودي، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الموصل (٢٠٠٢).

9. Richards I. A., U.S. Dep. Agri. Handbook (1954).

10. Flower T. J., Troke P. F. and Teo A. R., Annu. Rev. Plant Physiol., 28: 89-121 (1977).

11. Black Methods of Soil Analysis. Part 2. Amer. Soc. Agron. Inc., USA, (1965).

12. Turner, Neil. Plant and Soil, 58: 339-366, (1981).

13. Schon-Feid M. A., Johnson R. C., Carver B. F. and Momhinweg D. W., Crop Sci., 28: 526-531 (1988).

14. Shaheen M. A., J. Coll. Agric. King Sand University (1987).

15. Bandurska, Hanna, ACTA Physiologia Plantarum. Vol. 20, No. 4: 375-381 (1998).

16. Sullivan C. Y., Technique for measuring plant drought stress. In drought injury and resistance in crops (Ed. K London and J.D. Eastin). pp. 1-18, Medis (1971).

17. MaKinnt G., J. Biol. Chem., 140: 315-322 (1941).

18. Arnon D. I., Plant Physiol., 24: 1-15 (1949).

19. Saieed N. T., Ph.D. National Uni-Ireland (1990).

20. Herbert D., Philips P. J. and Strange R. E., In methods in microbiology, J. R. Norris and D.W. Robbins (Eds) Acad., Press, London and New York, 5B Chap. 3 (1971).

21. Schacterale G. R. and Pollak R. L., Anal. Biochem., 51: 651-655 (1973).

22. Lowry O. H., Rosebrough N. T., Farr A. L. and Randad R. J., J. Biol. Chem., 193: 257-265 (1951).

23. Bates L. S., Waldren R. P. and Teare I. D., Plant and Soil, 39: 205-207 (1973).

٢٤. الراوي، خاشع محمود، "المدخل الى الاحصاء "، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل (١٩٧٩).

25. Lanaras T., Moustakas M., Symeonidis L., Diamantoglou S. and Karataglis S., Physiologia Plantarum., 88: 307-314 (1993).

٢٦. الصفاوي، عبد العزيز يونس طليع، اطروحة دكتوراه، كلية التربية، جامعة الموصل (٢٠٠٦).

27. Lanaras T., Moustakas M., Symeonidis L., Diamantoglou S. and Karataglis S., Physiologia Plantarum., 88: 307-314 (1993).

28. McCall D. and Antherton J. G., Ann. Appl. Biol., 127: 191-200 (1995).

29. Kirkham M. B., J. Environ. Qual., 7: 334-336 (1978).

30. Ilin, S. Z., Kastori, R. R. and Malencic, D. R., Novi Sad., 98: 39-44 (2000).

31. Van Assche F. and Clijstres H., Plant Cell Environ., 13: 195-906 (1990).

32. Xiong Z. T., Environmental Pollution, 97(3): 275-279 (1997).

33. Urean N. C., Adv. Agron., 48: 141-203 (1992).

34. Prasad D.D.K. and Parasad A. R. K., Phytochemistry, 26:881-883 (1987).

35. Kashan U. and Mukherji S., Leaves Indian J. Plant Physiol., 35: 225-230 (1992).

36. Kupper H., Kupper F. and Spiller M., J. Exp. Bot., 47: 259-266 (1996).

37. Goring H., Publishing House of Central Cooperative Union, Sofia, Bulgaria, pp. 103-117 (1979).

38. O'Neill S. D., Plant Physiol., 72: 931-937 (1983).

39. Wallnofer P.R. and Engelhardt G., B1-wiss-veral., Zurich, 95-117 (1988).

40. Mazen A. M. A., QATAR Sci. J., 15(2): 353-359 (1995).

41. Hamp R., Ziegler H. and Ziegler I., Biochem. Physiol. Pflanz., 164: 588-595 (1973).

42. Malan H. L. and Farrant J. M., Seed Science Research, 8: 445-453 (1998).

43. Behara B. K. and Misra B. N. Environment Res., 31: 381-389 (1983).