- - - - مجلة علوم الرافدين، المجلد 19، العدد 3، ص 32-45، 2008 - - - -

تقدير عنصري الكادميوم والزنك في مواقع مختلفة من محافظة نينوى وتأثيرهما على النمو والمحتوى المعدني والكيميائي لنبات السبانخ

فرح صبحي صالح

قسم علوم الحياة

كلية التربية

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2008/4/8 ؛ تاريخ القبول 2008/6/30)

الملخص

تم تقدير عنصري الكادميوم والزنك في ترب مجموعة مناطق تابعة لمحافظة نينوى هي (الشريخان، القبة، الرشيدية، حي الغفران) وبيان تراكم هذين العنصرين في أجزاء نبات السبانخ (*Spinacia oleracea*) المزروع في ترب هذه المناطق وتأثيرهما على النمو والعمليات الفسيولوجية لنبات السبانخ.

أظهرت النتائج حصول زيادة معنوية بتركيز عنصري الكادميوم والزنك في تربة منطقة الرشيدية وفي أجزاء نبات السبانخ مقارنة بالمناطق الأخرى، وبالتالي أدى إلى حصول انخفاضات معنوية في نمو النبات من خلال الانخفاض المعنوي الحاصل في ارتفاع النبات وطول المجموع الجذري والأوزان الجافة للمجموعتين الخضرية والجذرية، كما لوحظ أيضا حصول انخفاض معنوي في تركيز كلوروفيل a وb والمحتوى المائي والبروتينات والكاربوهيدرات في الأنسجة الورقية لنبات السبانخ والعناصر الغذائية مثل K , Mg ,Ca في أجزاء النبات كما لوحظ حصول زيادة معنوية بتركيز كل من البرولين في الأنسجة الورقية وNa,Cl في أجزاء النباتات النامية في منطقة الرشيدية مقارنة بالمناطق الأخرى المدروسة في البحث.

Estimation of Cd, Zn in Soil of Different Site of Mosul Area and Their Effect on the Growth, Metal and Chemical Content in Spinach

Farah S. Saleh
Department of Biology
College of Education
Mosul University

ABSTRACT

The present study was conducted, to estimate the cadmium and zinc metals in soil of different regions of Ninavah province (Al-Rashedia, Al-Shreghan, Al-Kuba, Al-Gofran) and the effect of accumulation and the consequence of its accumulation on plant physiology and growth on different plants structure in spinach plant.

The result showed a significant increase in cadmium and zinc concentration in soil and plant structure planted in al- Rashedia in comparison to other regions. That caused a significant decrease in plant growth measured indicated by a significant decline in plant shoot and root hight. The dry weight of shoot and root, chlorophyll a,b. relative water content, protein, carbohydrate in leaf tissue and nutrition elements K, Mg, Ca. Results also showed a significant increase in prolein of leaf tissues and Na, Cl in plant in comparison to other studied regions.

المقدمة

تعد العناصر الثقيلة من اخطر المواد المطروحة إلى التربة وتتمركز خطورتها في بقائها بالتربة لفترة طويلة من الزمن دون أن تتحلل أو يطرأ عليها أي تغيرات كيميائية ونتيجة تواجدها في التربة الزراعية فأنها لا تؤثر فقط في نمو النبات بل إنها تؤدي إلى تلوث الحبوب والثمار والخضراوات التي يتناولها الإنسان (شتيوي، 2005).

إن الكادميوم واحد من أهم العناصر الثقيلة والسامة في البيئة وذلك بسبب حركته العالية وسميته عند التراكيز الواطئة بالنسبة للنبات (Ye *et al.*, 2003) وقابليته إلى الانتقال عبر السلسلة الغذائية (Hiroyuki *et al.*, 2002). يتواجد في التربة والهواء والماء وبشكل خاص في المناطق المزدحمة بالسيارات، كما تعد المصانع وإضافة الأسمدة الفوسفاتية المحتوية على عنصر الكادميوم ومياه المجاري والمبيدات من أهم مصادر التلوث بالكادميوم (Wu *et al.*, 2004). أما بالنسبة للزنك فقد أشار (Hacisalihoglu *et al.*, 2001) إن الزنك من العناصر المهمة بالنسبة للنبات حيث يلعب دور مهما من خلال تأثيره في مختلف العمليات الأيضية كفعالية الأنزيمات وتصنيع البروتين والكاربوهيدرات والأحماض النووية وايض الدهون، كما يوجد على شكل معقدات مع الـDNA وRNA ويؤثر على ثباتية هذه المركبات، ويعد الزنك من العناصر الغذائية الصغرى الضرورية غير الأساسية للنبات ولكن

يـصبح ذو تـأثير سمي عندما يتواجد بتراكيز عالية في التربـة (Peralta *et al.*, 2000) ان عنصـري الكادميوم والزنك يمتلكان نفس الخصائص الكيميائية والبيئية كما إنهما يتواجدان سوية في البيئـة بنسـبة (0.1% -5%)Zn/Cd (Ye *et al.*, 2003).

اما فيما يخص السبانخ (*Spinacia oleracea*) يعد من المحاصيل الخضرية الشتوية المهمـة فـي العراق وغيره من بلدان العالم، حيث يعتبر من محاصيل الخضر الغنية بفيتامين A وكمية لا باس بها من فيتامين C والرايبوفلافين وكميات قليلة من الثيامين وهو غني بعنصر الحديد بشكل خاص. يحتوي السبانخ على كمية مرتفعة نسبيا من البروتين مقارنة بالخضراوات الأخرى (مطلوب وآخرون، 1980). ولأهميـة هذا النبات، فقد جاءت هذه الدراسة لتحديد مستويات الكادميوم والزنك في الأجزاء النباتية لنبات السـبانخ المزروع في مناطق الدراسة وتأثيرهما في نموه ومحتواه الكيميائي والمعدني.

المواد وطرائق البحث

الدراسة الميدانية:

من اجل التعرف على تأثير الكادميوم والزنك على نبات السبانخ تم تحديد أربعة منـاطق لإجـراء البحث(الشريخان، القبة، الرشيدية، حي الغفران)، إذ تم اخذ (24) عينة بواقع (6) مكـررات مـن نبـات السبانخ (النبات بكامله) كما تم أيضا اخذ عينة تربة بواقع (3) مكررات من كل منطقـة مـن المنـاطق الأربعة المزروع فيها النبات، وتم إجراء بعض التحليلات الفيزياوية والكيميائية عليها.

تحليل التربة:

تم إجراء تحليل التربة في مختبرات قسم علوم الحياة / كلية التربية ومختبرات كلية الهندسة / قسـم الهندسة المدنية فرع البيئة ومختبرات علوم التربة / كلية الزراعة والغابات. وذلك لتقدير عدد من الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة كما موضح في الجدول (1). تـم تقـدير نسـجه التربـة حسـب طريقـة (Black and Hartge, 1986) والتوصـيل الكهربـائي (EC) بحسـب الطرائـق التـي أوردهـا (Richard, 1954). والدالة الحامضية (pH) فضلا عن تقدير البوتاسيوم والصـوديوم باسـتخدام جهـاز Flame photometer والكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد بحسب الطرائق التي أوردهـا (Black, 1965). وقدرت تراكيز كل من العنصرين الكادميوم والزنك حسب الطريقة التي أوردها (Jackson, 1958).

الصفات المدروسة:

1- النمو الخضري لنبات السبانخ:

تم تقدير ارتفاع النبات وطول المجموع الجذري له ووزن المادة الجافة للمجمـوع الخضـري والمجموع الجذري لنبات السبانخ، وذلك بعد تجفيف المادة الرطبة في فرن كهربائي بدرجـة (75) م ولمدة (48) ساعة وحتى ثبات الوزن.

الجدول 1: الصفات الفيزيائية والكيميائية لترب الدراسة.

الصفات / المناط	الشريخان	القبة	الرشيدية	حي الغفران
نسجه التربة	مزيجيه طينية غرينية	مزيجيه طينية غرينية	مزيجيه طينية غرينية	مزيجيه طينية غرينية
المادة العضوية (%)	1.26	1.34	1.22	1.30
درجة التوصيل الكهربائي (EC) ديسي سيمزن/م	10^{3}× 1.66	10^{3}×1.32	10^{3}×3.80	10^{3}×3.60
الدالة الحامضية (pH)	7.88	7.97	7.52	7.54
الايونات الذائبة (%)				
الصوديوم Na^{+}	1.90 ab	1.50 b	2.30a	1.80 b
البوتاسيوم K^{+}	1.80a	1.70a	1.20a	1.50a
المغنيسيوم Mg^{+2}	1.75 bc	2.90 a	1.55 c	2.25 b
الكالسيوم Ca^{+2}	2.95b	4.60a	2.30b	2.80 b
الكلوريد Cl^{-}	0.51 a	0.14 b	0.54 a	0.44 a
العناصر الثقيلة (ملغم /كغم تربة)				
الكادميوم Cd^{+2}	0.26 c	0.25 c	0.46 a	0.31 b
الزنك Zn^{+2}	25.18c	13.14d	89.50a	48.00b

2- تقدير محتوى الماء النسبي في الأنسجة الورقية:

تم تقدير محتوى الماء النسبي لأوراق نبات السبانخ بطريقة (Turner, 1981) وحسب المعادلة الآتية:

$$\text{محتوى الماء النسبي (\%)} = \frac{\text{الوزن الطري} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن ألامتلائي} - \text{الوزن الجاف}} \times 100$$

3- تقدير البرولين في الأنسجة الورقية:

قدر تركيز البرولين في الأنسجة الورقية لنبات السبانخ كما ورد في طريقة (Bates *et al*., 1973) باستخدام جهاز المطياف الضوئي عند طول (520) نانومتر.

4- تقدير الكلوروفيل في الأوراق :

قدر الكلوروفيل في الأنسجة الورقية لنبات السبانخ بحسب طريقة (Arnon/Makinny) كما أوردها (Saieed, 1990) وتمت قراءة امتصاص الضوء للراشح على الأطوال الموجية (645-663)

نانوميتر بوساطة جهاز المطياف الضوئي من نوع (Spectrophotometer) واستخدمت العلاقات الآتية لحساب كل من كلوروفيل a,b.

Chl.a =(12.7 (D 663) - 2.69(D 645)) ×V/(1000×W).

Chl.b =(22.9 (D645) - 4.68(D 663)) ×V/(1000×W).

D= قراءة الكثافة الضوئية للكلوروفيل المستخلص على الأطوال الموجية 663 و645 نانوميتر على التوالي.

V= الحجم النهائي للأسيتون المخفف بتركيز (80 %) .

W= الوزن الرطب بالغرام للنسيج النباتي الذي تم استخلاصه.

5- تقدير الكاربوهيدرات:

قدرت كمية الكاربوهيدرات في أوراق نبات السبانخ تبعا لطريقة (Herbert *et al.*, 1971).

6- تقدير البروتين:

تم تقدير البروتين في الأنسجة الورقية للسبانخ بأتباع طريقة (Lowry *et al.*, 1951).

7- تقدير بعض الايونات في المجاميع الخضرية والجذرية:

أخذت العينات النباتية المجففة من الأوراق والسوق والجذور لنبات السبانخ وطحنت، ثم اخذ (0.5) غم من كل عينة وهضمت بطريقة الهضم الرطب (Chapman and Partt, 1961) وقدرت الايونات الآتية :-

أ. الكلوريد Cl^- باستخدام طريقة مور (Mohr s' Method) بالتسحيح مع نترات الفضة وكما ورد في (Johnson and Ulrich, 1959).

ب. البوتاسيوم K^+ والصوديوم Na^+ باستخدام جهاز (Corning Flam Photometer) كما ورد في (Richard, 1954).

جـ. الكالسيوم Ca^{+2} والمغنيسيوم Mg^{2+} بالتسحيح بطريقة EDTA. كما ورد في (Richard, 1954).

د. الكادميوم Cd^{+2} والزنك Zn^{+2} بوساطة جهاز الامتصاص الذري بحسب الطريقة التي أوردها (Chapman and Partt, 1961).

8- **التحليل الإحصائي:**

صممت التجارب وحللت إحصائيا باستخدام التجربة العاملية وفق التصميم العشوائي الكامل (C.R.D) في التجارب العاملية (الساهوكي ومحمد، 1990؛ الراوي، 1979) وتمت المقارنة بين الاختلافات المعنوية في معدلات المعاملات باستخدام اختبار دنكن متعدد المدى (Duncan's New Multiple Range Test)).

النتائج والمناقشة

تراكم الكادميوم والزنك في نبات السبانخ:

تشير النتائج في الجدول (2) ان مستوى الكادميوم قد تفوقت في كل أجزاء السبانخ في منطقة الرشيدية وقد سجلت أعلى نسبة له في الجذور بلغت (8.00) ملغم/كغم ثم منطقة حي الغفران حيث بلغت نسبة الكادميوم في الجذور (7.48) ملغم/كغم والشريخان بلغت (6.50) ملغم/كغم وأخيرا القبة التي سجلت أدنى تراكم للكادميوم في أجزاء نبات السبانخ مقارنة بالمناطق الأخرى. ولعل السبب في الاختلاف بمستويات الكادميوم في نبات السبانخ يرجع إلى اختلاف مستويات عنصر الكادميوم في ترب المناطق المزروعة فيها النبات.حيث وكما ملاحظ في الجدول (1) فان تربة منطقة الرشيدية قد سجلت أعلى نسبة للكادميوم تليها منطقة حي الغفران والشريخان والقبة. أو قد يعود السبب الى كون منطقة الرشيدية من المناطق التي تزرع باستمرار ويتم إضافة الأسمدة الى تربها وهذا سبب أخر في زيادة نسبة الكادميوم في ترب هذه المنطقة، اما بالنسبة لترب منطقة الغفران فهي من المناطق التي يكون فيها مستوى الماء الارضي عالي وتختلط بمياه المجاري من المنطقة الصناعية لذلك قد يكون سبب في زيادة تركيز الكادميوم في تربة هذه المنطقة .وهذه النتائج تتفق مع ما توصلت إليه (العلي، 1996) من أن محتوى التربة من عنصر الكادميوم عندما يكون عاليا فان محتوى أجزاء النبات من هذا العنصر يكون عاليا وبذلك يكون محتوى التربة من هذا العنصر هو المجهز الأساس للنبات.وان التراكم العالي للكادميوم في الجذور مقارنة ببقية الأجزاء الأخرى، وقد يعود إلى كون عنصر الكادميوم من العناصر السامة ذات الحركة البطيئة داخل النبات مما يؤدي إلى تراكمه العالي الجذور (Benavides *et al*., 2005).

أما بالنسبة للزنك فقد تبين من نتائج الجدول (2) ان مستوى الزنك قد تفوق في منطقة الرشيدية ثم الشريخان والغفران وأخيرا القبة حيث بلغت (37.74) (35.55) (28.48) (23.03) ملغم/كغم على التوالي.

ولقد تبين من النتائج أن عنصر الزنك قد تراكم في أوراق نبات السبانخ بشكل يفوق تراكمه ببقية الأجزاء الأخرى، حيث سجلت أعلى نسبة لتراكم الزنك في منطقة الرشيدية بلغت (48.94) ملغم/كغم.

وهذه النتائج تتفق مع (Ye *et al*., 2003) من ان التربة تعد أهم جزء يستلم العناصر السامة والثقيلة من مصادر مختلفة وتعمل كمنظم يتحكم في حركة العناصر إلى النبات. وهذا ما تم التوصل إليه في الجدول (1) بان أعلى نسبة للزنك سجلت في تربة منطقة الرشيدية في حين سجلت أدنى نسبة للزنك في منطقة القبة. وقد يعود السبب في تراكم الزنك في أوراق نبات السبانخ كونه عنصر متحرك في النبات حيث يصل إلى المستويات العليا لجميع أجزاء النبات (Peralta *et al*., 2000)، كما إن وجود الكادميوم في الجذور بتراكيز عالية أدى إلى حدوث انخفاض في تركيز الزنك في الجذور (Hacisalihoglu *et al*., 2001).

الجدول 2: مستويات تراكم عنصري الكادميوم والزنك في الأجزاء النباتية للسبانخ.

المناطق / العناصر	الشريخان			القبة			الرشيدية			حي الغفران			تأثير الأجزاء		
الأجزاء النباتية ملغم/كغم	جذر	ساق	أوراق	جذر	ساق	أوراق	جذر	ساق	أوراق	جذر	ساق	أوراق	جذر	ساق	أوراق
الكادميوم	6.50 b	5.08 c	6.40 b	5.08 c	3.33 d	4.93 C	8.00 a	5.93 b	6.45 b	7.48 a	4.9 c	5.24 c	6.76 a	4.81 c	5.75 b
تأثير المناطق	5.99 b			4.44 c			6.79 a			5.87 b					
الزنك	32.30d	31.30d	43.06b	24.06f	18.33 g	26.71e	37.29c	26.99e	48.94a	32.31d	19.65g	33.50d	31.49 b	24.06 c	38.05 a
تأثير المناطق	35.55 b			23.03 d			37.74 a			28.48 c					

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى الاحتمال (5%) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

تأثير عنصري الكادميوم والزنك في نمو نبات السبانخ :

أشارت البيانات المسجلة في الجدول (3) ان منطقة القبة سجلت أعلى نسبة لها في ارتفاع النبات وطول المجموع الجذري حيث بلغت (33) و(10) سم على التوالي مقارنة بالمناطق الأخرى المستخدمة في البحث في حين سجلت أعلى نسبة انخفاض في ارتفاع النبات وطول المجموع الجذري في منطقة الرشيدية حيث بلغت (26) (6) سم على التوالي. وقد يعود ذلك إلى التأثيرات السلبية السامة للكادميوم والزنك المتراكمين بتراكيز عالية في المجاميع الخضرية والجذرية نتيجة لزيادة جاهزيتهم للنبات مما يؤدي إلى حصول اضطرابات في فعالية الأنزيمات وتثبيط عمليات الانقسام والاتساع الخلوي (Cosio *et al.*, 2004). ان وجود العناصر الثقيلة مثل الكادميوم والزنك في التربة يؤدي إلى اختزال نمو النبات وبشكل كبير وعالي في الجزء الجذري منه عن الجزء الخضري نتيجة الامتصاص والتراكم السريع للعنصرين في الأنسجة النباتية للجذور (Sridhar *et al.*, 2007).

كما بينت نتائج الجدول (3) إلى حصول انخفاض معنوي في الأوزان الجافة للمجاميع الخضرية والجذرية لنبات السبانخ في منطقة الرشيدية مقارنة بالمناطق الأخرى حيث بلغت نسبة الانخفاض في الأوزان الجافة للمجاميع الخضرية والجذرية (0.52) (0.01) غم/نبات على التوالي. وقد يعود السبب في ذلك إلى الانخفاض الحاصل في ارتفاع النبات وطول المجموع الجذري لنبات السبانخ في حين سجلت منطقة القبة أعلى نسبة في الأوزان الجافة للمجاميع الخضرية والجذرية مقارنة بالمناطق الأخرى. ان الانخفاض الحاصل في الوزن الجاف للمجموعتين الخضرية والجذرية تتفق مع ما توصل إليه (Aravind *et al.*, 2005) من ان وجود عنصري الكادميوم والزنك في التربة يؤدي الى حصول انخفاض في نمو النبات نتيجة حصول انخفاض بمعدل عملية البناء الضوئي للنبات وعملية النتح نتيجة غلق الثغور وقلة دخول CO2 إلى الأنسجة النباتية للنبات أو قد يعود الى حصول تشوه واضطراب في نمو الجذور

نتيجة كونها العضو النباتي الأول الذي يكون بتماس مباشر مع العناصر الثقيلة مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى تحطمه وتلفه (Sridhar *et al.*, 2007).

الجدول 3: تأثير تراكم عنصري الكادميوم والزنك في نمو السبانخ.

الصفات / المناطق		الشريخان	القبة	الرشيدية	حي الغفران
ارتفاع النبات	(سم)	27 b	33 a	26 b	28 ab
طول المجموع الجذري		7 b	10 a	6 b	8 ab
وزن المادة الجافة في المجاميع الخضرية	(غ/نبات)	1.50 c	4.50 a	0.52 d	1.87 b
وزن المادة الجافة في المجاميع الجذرية		0.10 c	0.37 a	0.01 d	0.12 b

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى الاحتمال (5%) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود

تأثيرات عنصري الكادميوم والزنك في التغيرات الفسلجية والكيميائية لنبات السبانخ:

الكلوروفيل في الأنسجة الورقية لنبات السبانخ:

ان تأثيرات عنصري الكادميوم والزنك على المحتوى الكلوروفيلي لأوراق نبات السبانخ تعكسه نتائج الجدول (4) حيث تبين حصول انخفاض معنوي بتراكيز كل من كلوروفيل a وb. وسجلت أعلى نسبة انخفاض لكلا النوعين (a وb) في منطقة الرشيدية مقارنة بالمناطق الأخرى. وقد يعود الانخفاض الحاصل في المحتوى الكلوروفيلي للأوراق إلى تأثير كل من عنصري الكادميوم والزنك التثبيطي للبناء الحيوي للكلوروفيل. وهذا ما أكده (Aravind *et al.*, 2005) من ان وجود العناصر الثقيلة (الكادميوم والزنك) في النبات أدى إلى تثبيط بناء الكلوروفيل من خلال حصول تغيرات في البلاستيدات الخضر أو نتيجة حدوث اضطراب في ايض الكلوروبلاستات من خلال تثبيط عملية تصنيع الكلوروفيل (Zhong-qiu *et al.*, 2005).

الجدول 4: تأثير تراكم الكادميوم والزنك في تركيز الكلوروفيل في أوراق نبات السبانخ.

الصفات	المناطق	الشريخان	القبة	الرشيدية	حي الغفران
كلوروفيل a	(ملغم/غم) (من وزن المادة الرطبة)	1.182 c	1.674 a	1.184 c	1.245 b
كلوروفيل b		1.57 b	1.99 a	0.41d	0.58 c

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى الاحتمال (5%) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

محتوى الماء النسبي :

ان محتوى الماء النسبي للأوراق يعد دليلا جيدا على حالة النبات. ولقد تبين من الجدول (5) إن منطقة القبة قد تفوقت في المحتوى المائي لأوراق نبات السبانخ وبلغت (91.00)%، تلتها من حيث التفوق

منطقة حي الغفران ومن ثم الشريخان وأخيرا الرشيدية التي سجلت أدنى انخفاض في المحتـوى المـائي مقارنة بالمناطق الأخرى. ولعل السبب في الاختلاف يعود الى الاختلافات بمستويات عنصري الكـادميوم والزنك في المواقع المزروعة فيها نبات السبانخ. وهذه النتائج تؤكد على ان عنصري الكادميوم والزنـك كانا متعاضدين في تأثيرهما على خفض محتوى الماء النسبي للأوراق بسبب إعاقتهما لامتصاص المـاء ونقله إلى داخل النبات نتيجة تلوث التربة بالعنصرين وانتقالهما الى النبات وتراكمهما في أجزاء مختلفـة منه وكما مبين في الجدول (2). أو قد يكون السبب تثبيط نمو المجاميع الجذرية مـن خـلال الانخفـاض الحاصل في انقسام واستطالة وتمايز خلايا الكامبيوم الناقلة للماء (Sridhar *et al.*, 2007). إن انخفـاض مساحة المسافات البينية بين الخلايا نتيجة تراكم العناصر الثقيلة أدى إلى حصول اختزال في حجم الخلايا وبالتالي قد يؤدي هو الأخر إلى انخفاض المحتوى المائي (Cosio *et al.*, 2004).

البرولين في الأنسجة الورقية لنبات السبانخ:

يعد البرولين احد الأحماض الامينية التي توجد بصورة حرة أو قد تكون بشكل نظـائر للبـرولين (Proline analogues)، يتراكم البرولين نتيجة لتحلل البروتين عند إنبات البذور أو عند التعـرض إلـى ظروف الشد المائي (ياسين، 1992). لقد أشار الجدول (5) إلى حدوث اختلافـات معنويـة فـي تـراكم البرولين في أوراق نبات السبانخ حيث سجلت أعلى نسبة لتراكمه في منطقة الرشيدية ثـم منطقـة حـي الغفران ومنطقة الشريخان وأخيرا منطقة القبة، وقد يعزى السبب إلى الانخفاض فـي محـتوى المـاء النسبي في الأوراق لنبات السبانخ نتيجة تركيز عنصري الكادميوم والزنك في النبات والتربة وكمـا مبين مسبقا في الجدول نفسه. كما ان وجود الكادميوم والزنك في التربة يؤدي الى إحداث شد مائي (نتيجة زيادة سرعة النتح أو بسبب تثبيط نمو الجذور) في النباتات المزروعة في هذه الترب ممـا يـؤدي الـى حدوث خلل في التوزيع الخلوي لبناء البرولين وأكسدته كما تعمل على زيادة النشاط الأنزيمي للأنزيمـات المحللة للبروتين وبالتالي يساعد على زيـادة محتـوى البروليـن (Aravind *et al.*, 2005). إن هـذه النتائج تتفق مع ما جاءت به (الطائي، 2006) من ان البرولين يتراكم في معظم النباتات التي تفقد القـدرة على البناء الحيوي للبروتينات فتزداد كمية الأحماض الامينية داخل النبات.

البروتين في الأنسجة الورقية لنبات السبانخ:

لقد أظهرت نتائج الجدول (5) حصول انخفاض معنوي بتركيز البـروتين فـي المنـاطق الثلاثـة (الرشيدية، حي الغفران، الشريخان) على التوالي مقارنة بمنطقة القبة التي سجلت أعلـى نسـبة بتركيـز البروتين حيث بلغت (6.50) ملغم/كغم، وهذه النتائج تنسجم مع انخفاض وزن المـادة الجافـة للمجـاميع الخضرية وكما مبين في الجدول (3) وتتفق هذه النتائج مع (الطائي، 2006) من ان وجود العناصر الثقيلة في التربة يؤدي إلى انخفاض بناء البروتين، ان زيادة تراكم البرولين في النبات مـن مؤشـرات تحلـل

البروتين أو عدم قدرة الأنسجة النباتية على بناء البروتين (Benavides *et al.*, 2005) وهذا يتفق مع النتائج التي تم التوصل إليها من زيادة البرولين في الأنسجة الورقية لنبات السبانخ في منطقة الرشيدية وبالتالي نقصان بتركيز البروتين.

الكاربوهيدرات في الأنسجة الورقية لنبات السبانخ:

بينت النتائج في الجدول (5) حصول انخفاض معنوي بكمية الكاربوهيدرات حيث سجلت منطقة القبة أفضل نتيجة بكمية الكاربوهيدرات مقارنة بالمناطق الثلاثة الأخرى. وبلغت نسبة الانخفاض أعلى ما يكون في منطقة الرشيدية ثم الشريخان وأخيرا حي الغفران. وهذه النتائج تنسجم مع انخفاض مستويات الكلوروفيل في الجدول (4) وقد يعزى السبب إلى ان سمية العناصر الثقيلة تعود الى قابليتها على الارتباط مع الأنزيمات مما يؤدي إلى حدوث خلل في ايض الكاربوهيدرات (Cosio *et al.*, 2004) ان وجود عنصري الكادميوم والزنك في التربة أدى الى حصول انغلاق في ثغور الأوراق وبالتالي أدى الى انخفاض في عملية البناء الضوئي وبدوره اثر على تركيز الكاربوهيدرات في النبات بشكل سلبي (Aravind *et al.*, 2005).

الجدول 5: تأثير تراكم الكادميوم والزنك في محتوى الماء النسبي والبرولين الكاربوهيدرات والبروتينات.

الصفات / المناطق		الشريخان	القبة	الرشيدية	حي الغفران
محتوى الماء النسبي(%)		61.79 c	91.00 a	50.40 d	83.47 b
البرولين	(مايكرمول/غرام من وزن المادة الجافة)	2.06 c	1.35 d	4.62 a	2.25 b
البروتينات	ملغم/غم (من وزن المادة الجافة)	3.87 b	6.50 a	3.17c	3.67 b
الكاربوهيدرات		66.00 b	100.21 a	48.00 c	66.73 b

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى الاحتمال (5%) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

تأثير عنصري الكادميوم والزنك في التركيب ألايوني لنبات السبانخ:

يتبين من الجدول (6) عدم وجود اختلافات معنوية بتركيز الكالسيوم في نبات السبانخ في المناطق باستثناء الانخفاض المعنوي الحاصل بتركيز الكالسيوم في منطقة الرشيدية مقارنة بالمناطق الأخرى، كما لوحظ من الجدول أيضا بان الكالسيوم سجل أعلى تركيز له في الأوراق مقارنة بالسيقان والجذور لنبات

السبانخ. أن انخفاض تركيز الكالسيوم في الأجزاء النباتية لنبات السبانخ في منطقة الرشيدية قد يعود الى التراكيز العالية من الكادميوم والزنك في تربة هذه المنطقة حيث يلعب هذان العنصران دورا عكسيا في امتصاص وانتقال الكالسيوم. إذ كلما زاد تركيز الكادميوم أو الزنك او كلاهما قل تركيز الكالسيوم في الأجزاء النباتية. وتتفق هذه النتائج مع ماجاءت به (الطائي، 2006) من ان وجود الكادميوم والزنك يؤدي إلى حصول انخفاض في تركيز الكالسيوم في النبات، وقد يعود السبب إلى تنافس العنصرين على المواقع التزاحمية التي يدخل من خلالها عنصر الكالسيوم إلى داخل النبات (Benavides *et al.*, 2005). ان الكادميوم والزنك يعملان على تثبيط امتصاص وتراكم الكالسيوم في الأنسجة النباتية بسبب تأثر القدرة الوظيفية لتنظيم دخول وخروج العناصر الضرورية مما يؤدي إلى حدوث انخفاض في تركيز الكالسيوم إذ باستطاعة هذين العنصرين ان يحلا محل الكالسيوم ويدخلان إلى النبات عن طريق المنافذ الخاصة بالكتأيونات (Cosio *et al.*, 2004).

كما نلاحظ في الجدول (6) بان تركيز المغنيسيوم في نبات السبانخ في منطقة القبة قد تفوقت على المناطق الأخرى في حين تم تسجيل اقل تركيز في منطقة الرشيدية،وقد يعزى السبب في الانخفاض بتركيز المغنيسيوم الى المنافسة الشديدة بين العناصر الثقيلة والعناصر الضرورية مثل المغنيسيوم على مواقع الامتصاص وهذه النتائج تتفق مع ماتوصل إليه (Zhong-qiu *et al.*, 2005) من ان العناصر الثقيلة لها القدرة على إحداث اختلال في التوازن ألايوني من خلال تقييدها لامتصاص المغنيسيوم عن طريق مزاحمته في الدخول الى النبات عبر مناطق امتصاصه. ان الانخفاض بتركيز المغنيسيوم قد يعود الى حصول تغيرات مورفولوجية في أنسجة خشب الجذور مما يؤدي الى انتقال العناصر الغذائية ومنها المغنيسيوم الى النبات بصورة محدودة (Sridhar *et al.*, 2007)، وهذا ما تم التوصل اليه في الجدول (3) حيث تبين أن وجود عنصري الكادميوم والزنك بتراكيز عالية ي التربة أدى الى حدوث تشوه وانخفاض في طول المجموع الجذري.

في حين أوضح الجدول (6) زيادة معنوية بتركيز الصوديوم والكلوريد في نبات السبانخ في منطقة الرشيدية مقارنة بالمناطق الأخرى،وقد يعود ذلك الى زيادة في تركيز الصوديوم والكلوريد في تربة منطقة الرشيدية مقارنة بالمناطق الأخرى وهذا بدوره أدى الى زيادة تركيزهما في النبات، بالإضافة الى أن زيادة تركيز كل من الكادميوم والزنك في تربة منطقة الرشيدية أدى الى زيادة جاهزية الصوديوم والكلوريد للنبات وذلك نتيجة تكون معقدات كيميائية مما يؤدي الى انتقالهما معا إلى داخل لنبات (Khoshgoftarmensh *et al.*, 1998).

أما بالنسبة للبوتاسيوم فقد لوحظ زيادة معنوية بتركيزه في النباتات المزروعة في منطقة القبة مقارنة بتركيزه في النباتات المزروعة في المناطق الأخرى. وعلى الرغم من عدم وجود فروق معنوية بتركيزه ببقية المناطق إلا ان اقل تركيز ظهر في منطقة الرشيدية مقارنة بالمناطق الأخرى وقد يعود السبب في ذلك إلى حصول تحطم في الغشاء السايتوبلازمي،وهذا يتفق مع (Dieh *et al.*, 2007) بان

وجود العناصر الثقيلة تعمل على تكسير وتحلل اللبيدات وهذا يؤدي الى إخلال بتراكيز العناصـر داخـل النبات كما ان زيادة تركيز الصوديوم في منطقة الرشيدية قد يؤثر سلبيا على تركيز البوتاسـيوم نتيجـة التنافس بين العنصرين على مواقع الدخول الى داخل الخلية النباتية (تزاحم فـي منطقـة الامتصـاص)، (Aravind *et al.*, 2005).

الجدول 6: تأثير تراكم الكادميوم والزنك في التركيب ألايوني لنبات السبانخ.

المناطق / العناصر	الشريخان			القبة			الرشيدية			حي الغفران			تأثير الأجزاء		
الأجزاء النباتية (ملغم / غم)	جذر	ساق	أوراق	جذر	ساق	أوراق	جذر	ساق	أوراق	جذر	ساق	أوراق	جذر	ساق	أوراق
الكالسيوم	76.10a	12.00f	28.00e	32.20ed	32.10ed	56.10b	31.70ed	12.05f	44.20bc	36.00cde	28.10e	48.00bc	31.97b	21.06c	56.10a
تأثير المناطق	38.70 a			40.13 a			29.31 b			37.36 a					
المغنيسيوم	23.40cdef	16.20g	39.60a	27.70c	21.00defg	42.00a	22.80cdef	18.65efg	24.30cde	26.50cd	18.00fg	33.80b	25.10b	18.46c	34.92a
تأثير المناطق	26.40 b			30.23 a			21.91 c			26.10 b					
صوديوم	17.25d	12.25e	21.00c	5.25g	2.50h	6.00g	24.75b	24.00b	42.00a	12.00e	9.00f	16.25d	11.93c	15.00b	21.12a
تأثير المناطق	16. 83 b			4.58 d			30.25 a			12.41 c					
كلوريد	17.30ab	3.50e	12.10c	15.00bc	8.75d	9.30d	19.70a	13.80c	15.90bc	18.00a	8.07d	17.69a	17.50a	8.53c	13.74b
تأثير المناطق	11.30 c			11.01 c			16.13 a			14.58 b					
بوتاسيوم	60.30abc	40.30cd	70.00a	73.50a	63.50abc	75.00a	50.25abcd	29.25d	61.25abc	51.00abcd	41.23bcd	67.50ab	58.76a	43.57b	68.43a
تأثير المناطق	56.86 ab			70.66 a			46.91 b			53.24 b					

المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى الاحتمال (5%) بحسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

المصادر العربية

الراوي، خاشع محمود، 1979. المدخل الى الإحصاء. مديرية دار الكتـب للطباعـة والنشـر، جامعـة الموصل.

الساهوكي، مدحت وهيب وكريمة، محمد، 1990. تطبيقات في تصميم وتحليـل التجـارب، مطبعـة دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.

شتيوي، مسعد، 2005. تأثير السموم على صحة وسلامة الإنسان. كلية العلوم الزراعية بالعريش، جامعة قناة السويس.

الطائي، فرح صبحي صالح، 2006. الاستجابة الفسلجية لنبات الحنطة النامي في تربـة ملوثـة بـبعض العناصر الثقيلة، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الموصل.

العلي، فائزة عزيز محمود، 1996. تأثير المياه الملوثة في نمو ومحتوى النباتات من بعض العناصر الصغرى والثقيلة، أطروحة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة الموصل.

مطلوب، عدنان ناصر، عز الدين سلطان محمد، كريم صالح عبدول، 1980. إنتاج الخضراوات. جمهورية العراق وزارة التعليم العالي.

ياسين، بسام طه، 1992. فسلجة الشد المائي في النبات. مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

المصادر الأجنبية

Aravind, P., and Prasad, M.N.V., 2005. Cadmium –Zinc interactions in hydroponics system using *Ceratophllum demersum L*. adaptive ecophysiology, biochemistry and molecular toxicology .Brazilian .J. Plant Physiol.,17(1): pp.3-20.

Arnon, D.I ., 1949. Copper enzyme in isolated chloroplastes polyphenol oxidaes in *Beta vulgaris*., Plant Physiol., 24: pp.1-15.

Bates, L.S.; Waldren, R.P., and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free prolein for water-stress studies. Plant and Soil., 39: pp.205-207.

Benavides, M.P.; Gallego, S.M., and Tomaro, M.L., 2005. Cadmium toxicity in plants. Brazilian .J. Plant Physiol., 17(1): pp.21-34.

Black, C.A., 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Amer. Soc. Agron. Inc. U.S.A.

Black, G.R., and Hartge, 1986. Bulk density in methods of soil structure and migration of colloidal materials in soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 26: pp.297-300.

Chapman, H.D., and Partt, P.F., 1961. Methods of analysis for soil, plant and water. Univ. of California, Berkely, CA, USA. Sci.

Cosio, C.M.; Martinoia, E., and Keller, C., 2004. Hyperaccumuulation of Cadmium and Zinc in *Thlaspi caerulescens* and *Arabidopsis halleri* at the leaf cellular level. Plant Physiology., 134: pp.716-725.

Hacisalihoglu, G.; Hart, J.J., and Kochian, LV., 2001. High-and-Low-Afinity zinc transport systems and their possible Role in Zinc efficiency. Plant Physiology., (125): pp.456-463.

Herbert, D.; Philips, P.J., and strange, R.E., 1971. Methods in microbiology. Norries, J.R. and Robbins, D.W. (eds.) Acad., press, London and New York.

Hiroyuki, H.; Eriko, A., and Mitsuo, CH., 2002. Estimate of cadmium concentration in brown rice. 17th wcss., (29): pp.1-5.

Jackson, M.L., 1958. Soil chemical analysis (ed.). Prentice Hall. Inc.

Johnson, C.M., and Ulrich, A., 1959. Analytical method for use in plant analysis University of California Agri. Exp. Sta. Bul. 766p.

Khoshgoftarmensh, A.H.; Jaafari, B., and shariatmadari, H., 2002. Effect of salinity on Cd and Zn availability. 17th wcss., (29): pp.1-5.

Lowry, O.H.; Rosebrough, N.T; Farr, A.L., and Randad, R.J., 1951. Protein measurement with Folin-phenol reagent. J. Biol. Chem., 193: pp.257-265.

Makinny, G., 1941. Absorption of light by chlorophyll solution. J. Biol. Chem., 140: pp.315-322.

Peralta, J.R.; Gardea-Torresdey, J.L.; Tiemann, K.J.; Gomez, E.; Arteaga, S.; Rascon, E., and Parsons, J.G., 2000. Study of the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on Alfalfa plant *(Medicago sativa)* growth in solid media., Conference on Hazardous Waste Research., pp.135- 140.

Richard, I.A., 1954. Diagnosis and improvement of salience and alkali soil. U.S. Dept. Agri. Handbook.

Saieed. N.T., 1990. Studies of variation in primary productivity, growth and morphology in relation to the selective improvement of broad leaved three species. Ph.D. National Uni.Ireland.

Sridhar, M.B.; Han, F.X.; Diehl, S,V.; Monts, D.L., and Su, Y., 2007. Effect of Zn and Cd accumulation on structural and physiological characteristics of Barley plants, Brazilian. J. Plant Physiol., 19 (1): pp.15-22.

Turner, C., 1981. Techniques and experimental approaches for the measurements of plant water status. Plant and Soil., 58: pp.339-366.

Wu, F.B.; Chen, F.; Wei, K., and Zhang, G.P., 2004. Effect of Cadmium on free amino acid, glutathione and ascorbic acid concentration in two barley genotypes (*Hordeum Vulgare*L.) differing in Cadmium tolerance. Chemosphere., 578: pp.447-454.

Ye, HB.; Yang, X.E.; He, B.; Long, X.X., and Sh, W.Y., 2003. Growth response and metal accumulation of *sedum alfredii* to Cd/Zn complex polluted Ion Levels. J Acta Botanica Sinica., 45(9): pp.1030-1036.

Zhong-qui, Z; Yong-guan, Z., and Yun –long,C., 2005. Effects of Zinc on Cadmium uptake by spring wheat (*Triticum aestivum* L.): Long –Time hydroponic study and short time C109 Tracing study. Journal Zhejiang University Science., 6A(7): pp.643-648.