تأثيرات تداخل عنصري الكادميوم والكبريت على النمو وبعض الصفات الفسلجية والنوعية لنبات الحنطة *Triticum aestivum L.*

حنان أمير الراشدي قسم علوم الحياة / كلية التربية جامعة الموصل

فرح صبحي صالح قسم علوم الحياة / كلية التربية للبنات جامعة الموصل

أنوار فخري الطائي

الاستلام **2011 / 05 / 02**

القبول **2011 / 11 / 02**

ABSTRACT

This study investigates the effects of treating soil with Cadmium and Sulfur and the interaction between them. It also studies some physiological features of wheat plant in the environment of the plasichouse. The study has come up with the conclusion that the soil treated with Cadmium with concentration (1, 50) ml mol/Kg soil led to a decrease in the dry weight of the shoot and root. Similary it led to an increase in the concentration of chlorophyll a , b and the total chlorophyll (a + b), relative water content, protein, carbohydrates and significant increase proline in the leaf tissues of Wheat plant.

There was also a significant increase in the growth since there was an increase in the dry weights of the shoot and root. Like wise there was an increase in the above mentioned features and a decrease in the concentration of proline in the leaf tissues when the soil treated with Sulfur with concentration (1, 2) ml mol/Kg soil as compared with a potential average of ($p < 0.05$).

As for interaction effects it also found that the soil treated with Cadmium and Sulfur concentration (1) ml mol/Kg soil of each element. This resulted in the best results as compared with other treatment.

الخلاصة:

تمت دراسة تأثير معاملة التربة بعنصري الكادميوم والكبريت والتداخل بينهما في النمو وبعض الصفات الفسلجية لنبات الحنطة تحت ظروف البيت البلاستيكي ومن النتائج الرئيسية

التي تم التوصل إليها هو إن معاملة التربة بعنصر الكادميوم وبالتركيزين (50،1) ملي مول/كغم تربة أدى إلى حصول انخفاض معنوي بالوزن الجاف للمجموعتين الخضرية والجذرية وتركيز كلوروفيل a و b والكلوروفيل الكلي (a+b) ومحتوى الماء النسبي والبروتينات والكاربوهيدرات وزيادة معنوية بتركيز البرولين في الأنسجة الورقية لنبات الحنطة.

في حين حصل زيادة معنوية في نمو النبات من خلال الزيادة المعنوية الحاصلة في الأوزان الجافة للمجموعتين الخضرية والجذرية بالإضافة لزيادة تركيز الصفات المذكورة أعلاه وانخفاض تركيز البرولين في الأنسجة الورقية عند معاملة التربة بالكبريت وعند التركيزين (2،1) ملي مول/كغم تربة مقارنة بمعاملة المقارنة عند مستوى احتمال ($P<0.05$).

أما بالنسبة لتأثير التداخل بين العنصرين فقد وجد إن معاملة التربة بالكادميوم والكبريت عند التركيز (1) ملي مول/كغم تربة لكل عنصر أعطى أفضل النتائج مقارنة بمعاملة المقارنة والمعاملات الأخرى.

المقدمة:

إن تلوث البيئة وان كان يبدو لأول وهلة مشكلة محلية إلا انه يعد مشكلة عالمية، فالملوثات تحت تأثير عوامل كثيرة لا تعرف حدودا جغرافية، فهي تتصف بقدراتها على الحركة والانتقال من موقع إلى أخر على المدى القريب والبعيد، إذ تسهم الرياح والسحب والتيارات المائية في نقل الملوثات إلى مناطق بعيدة ونائية، لذلك فان من الوهم أن يتصور الفرد بان هناك مكانا على كوكب الأرض لم يتعرض للتلوث بشكل أو آخر بفعل النشاط البشري أو الطبيعي ليتسبب في إحداث أشكال مختلفة من التأثيرات في مكونات البيئة، فقد ساهم النشاط البشري من خلال عمليات التعدين والتصنيع في طرح كم هائل من المخلفات المتنوعة لتستقر في البيئة (1).

وتعد التربة أحد مكونات النظام البيئي Ecosystem component؛ إذ تمثل الوسط الذي تنمو فيه النباتات والذي يعد مصدراً لغذاء الإنسان والحيوان وبذلك قد تكون النباتات عرضة للتلوث الذي يزداد يوماً بعد يوم. يختلف تركيز هذه الملوثات في التربة من منطقة إلى أخرى حسب قربها أو بعدها عن مصادر التلوث والطبيعة الجغرافية للمنطقة واتجاه الرياح (2).

ومن أنواع التلوث هو التلوث بالعناصر الثقيلة مثل الكادميوم الذي يعد واحد من أهم العناصر الثقيلة السامة في البيئة وذلك بسبب حركته العالية وسميته عند التراكيز الواطئة بالنسبة للنبات (3). حيث يتواجد في التربة والهواء والماء وبشكل خاص في المناطق المزدحمة بالسيارات (4)، وان وجوده بتراكيز عالية يؤدي إلى التسمم من خلال انتقاله عبر السلسلة الغذائية (5)، وتلعب الزيادة المضطردة لأعداد السيارات دوراً بارزاً في ازدياد التلوث ببعض العناصر الثقيلة خاصة الكادميوم (6).

إن بعض المركبات الكيميائية والتي تكون متواجدة داخل التربة تعمل على تقيد حركة الكادميوم فيها وبالتالي تقلل من امتصاص النباتات لهذا العنصر مثل الكبريتات، المواد العضوية في الترب الملوثة, وان درجة انتقال الكادميوم سواء كان في التربة الصلبة أو في محلول التربة تعتمد على عوامل عديدة وبدرجة كبيرة على تركيز الكبريت في التربة (7).

حيث يعد الكبريت احد العناصر الغذائية المهمة الضرورية للنبات، وله دور كبير في الوظائف والعمليات الحيوية للنبات ونقص هذا العنصر أو زيادته يؤدي إلى عرقلة العديد من العمليات مما يؤثر سلبيا في نمو النبات (8). ومن أهم الوظائف الحيوية للكبريت اشتراكه في تكوين البروتينات ومساعدته في تثبيت النتروجين. ومصدر الكبريت في التربة هي الصخور الحاوية على الكبريت أو من مركبات الكبريت الجوية والكبريت العضوي والكبريت المضاف على شكل أسمدة (9).

أما بالنسبة لنبات الحنطة *Triticum aestivum L.* فتعد من أهم المحاصيل الحقلية الإستراتيجية في العالم التي يستهلكها البشر في العالم بأسره والذي قد عانى في السنوات الأخيرة من انخفاض في نسبة إنتاجه حيث أكدت إحصائية عالمية انخفاض إنتاج الحبوب على مستوى العالم قاطبة (10).

لذا جاء هذا البحث من اجل التعرف على تأثير تلوث التربة بالكادميوم على نمو نبات الحنطة ومعالجة هذه التأثيرات باستخدام عنصر الكبريت.

المواد وطرائق البحث

تم إجراء تجارب البيت البلاستيكي لغرض دراسة تأثير إضافة عنصري الكادميوم و الكبريت من خلال معاملة التربة بهذين العنصرين على النمو وبعض الاستجابات الفسلجية لنبات الحنطة النامية في ترب تحتوي على تراكيز مختلفة من عنصر الكادميوم والكبريت وتأثير التداخل بينهما.

تهيئة التربة:

اختيرت تربة منطقة الرشيدية لإجراء تجارب الدراسة، إذ تم أخذ التربة السطحية من عمق (0–30) سم، وجففت هوائيا، ثم نعمت ومررت من خلال منخل أقطار فتحاته (2) ملم.

تحليل التربة:

تم إجراء تحليل التربة في مختبرات قسم علوم الحياة/كلية التربية ومختبرات علوم التربة/كلية الزراعة والغابات. وذلك لتقدير عدد من الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة كما موضح في الجدول(1). حيث تم تقدير نسجة التربة حسب طريقة (11) كما تم تحضير مستخلص مائي للتربة (5:1) لتقدير كل من التوصيل الكهربائي (EC) بحسب الطرائق التي

أوردها (12). والدالة الحامضية (pH) فضلا عن تقدير البوتاسيوم والصوديوم باستخدام جهاز Flame photometer والكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد بحسب الطرائق التي أوردها (13).

جدول (1): الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة المستخدمة في الدراسة

ت	الصفة	التقدير
1	الرمل (%)	34.6
2	الغرين (%)	35.1
3	الطين (%)	30.3
4	النسجة	مزيجية طينية
5	المادة العضوية (%)	1.27
6	درجة التوصيل الكهربائي (E.C) ديسي سيمنز / م	0.68
7	درجة تفاعل التربة (PH)	7.41
8	الايونات الذائبة مليمكافيء/ لتر	
	الكلوريد Cl^-	0.7
	الصوديوم Na^+	0.63
	البوتاسيوم K^+	1.3
	المغنيسيوم Mg^{+2}	0.65
	الكالسيوم Ca^{+2}	1.4

تقدير السعة الحقلية للتربة:

تم تقدير السعة الحقلية للتربة المستخدمة في التجربة بأخذ علبة صغيرة مثقبة القاعدة ومعروفة الوزن ووضعت ورقة ترشيح مبللة بالماء في قاعدتها ووزنت، بعد ذلك وضع فيها (100)غم من التربة ثم غمرت قاعدة العلبة في إناء يحتوي على الماء وتركت لفترة من الزمن لتتشبع التربة بالماء وأخرجت من الإناء وتركت حتى نزول أخر قطرة من الماء المجتذب ثم وزنت مرة أخرى وكانت طريقة الحساب كما يلي:

وزن ماء التربة = وزن التربة الرطب – وزن التربة الجاف

$$\text{النسبة المئوية للماء في (100) غم من التربة} = \frac{\text{وزن ماء التربة}}{\text{وزن التربة الجاف}} \times 100$$

المعاملات المستخدمة:

تضمنت المعاملات المستخدمة في هذه الدراسة على معاملة التربة بعنصري الكادميوم والكبريت، فضلا عن معاملة السيطرة بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة، كما تم تسميد التربة بسماد اليوريا وبسماد سوبر فوسفات عند تركيز (40) جزء بالمليون/كيلوغرام تربة لكل منهما ولكل أصيص، لقد تم إضافة العناصر (كل عنصر على حدى حسب المعاملة) والأسمدة إلى التربة معا إذ تم مزجها خارج الأصص ثم وضعت في الأصص وذلك لضمان مزجها بشكل جيد.

ونفذت باستخدام أصص بلاستيكية ذات قطر (23)سم وارتفاع (20) سم سعة كل أصيص (5) كيلو غرام تربة إذ تم إضافة العناصر إلى التربة وكما يأتي:

1) إضافة الكادميوم على هيئة ($CdCl_2$) إلى تربة الأصص بالأوزان (50,1) ملي مول/كيلوغرام تربة.
2) إضافة الكبريت على هيئة ($(NH_4)_2SO_4$) إلى تربة الأصص بالأوزان (2,1) ملي مول /كيلوغرام تربة.

الزراعة والري:

زرعت بذور الحنطة في 2010/12/28 بواقع (15) بذرة/أصيص، وتم مراعاة أن تكون المسافات بين البذور متساوية، ووضعت الأصص بشكل عشوائي تحت ظروف البيت البلاستيكي، تم ري الأصص بالماء الاعتيادي عند السعة الحقلية للتربة (75%)، وضبطت كمية الماء المضافة يوميا بواسطة الميزان، وبعد (10) أيام من الزراعة خفف عدد البادرات إلى (5) بادرات في كل أصيص، وبعد مرور (75) يوما من تاريخ الزراعة حصدت النباتات وذلك من خلال إغداق كل معاملة بالماء لمدة 30 دقيقة وبعدها تم غسل الأصيص بالماء لاستخراج المجاميع الجذرية من التربة باستخدام رشاش ماء خاص مع مراعاة استخدام المنخل لمنع فقدان أي جزء من الجذور وتم تنظيف الجذور.

الصفات المدروسة:

تقدير وزن المادة الجافة للمجموع الخضري والجذري:

تم تقدير وزن المادة الجافة للمجموع الخضري والجذري للنبات وذلك باستخدام فرن كهربائي بدرجة (75)م ولمدة (48) ساعة حتى ثبات الوزن.

تقدير محتوى الكلوروفيل في الأوراق:

قدر الكلوروفيل في الأوراق بحسب طريقة (14 و15) إذ تم اخذ الأوراق النباتية لكل نبات من كل معاملة ووضعت في أكياس خاصة لحين نقلها إلى المختبر، ثم مباشرة تم اخذ 200 ملغم من كل ورقة ثم سحقت الأوراق الرطبة باستخدام هاون خزفي مع (20) مل من الأسيتون بتركيز (80%) وفصل الراشح عن الراسب المتبقي بوساطة جهاز الطرد المركزي من نوع

(Hettich EBA 35) وتمت قراءة الامتصاصية للراشح على الأطوال الموجية (645-663) نانوميتر بوساطة جهاز المطياف الضوئي من نوع (Spectrophotometer/cam) واستخدمت العلاقات الآتية لحساب كمية الكلوروفيل من نوع (a,b, a+b).

$$Chl.a = (12.7\ (D\ 663) - 2.69(D\ 645)) \times V/(1000 \times W).$$
$$Chl.b = (22.9(D645) - 4.68(D\ 663)) \times V/(1000 \times W).$$
$$Chl.(a+b) = 20.2(A645) + 8.02(A663) \times V/(1000 \times W).$$

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.

تقدير محتوى الماء النسبي في الأنسجة الورقية:

تم تقدير محتوى الماء النسبي بحسب بطريقة (16) وحسب المعادلة الآتية:

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

تقدير البرولين في الأنسجة الورقية:

قدر تركيز الحامض الاميني البرولين في أوراق نباتات الحنطة لكل معاملة من المعاملات كما ورد في طريقة (17) باستخدام جهاز المطياف الضوئي تحت طول موجي (520) نانوميتر.

تقدير الكاربوهيدرات:

قدرت كمية الكاربوهيدرات في أوراق نباتات الحنطة المزروعة في البيت البلاستيكي، تبعا لطريقة (18) إذ سحقت العينة النباتية الجافة في هاون خزفي مع (10) مل من الماء المقطر، وفصلت الكاربوهيدرات المذابة في الراشح عن الراسب باستخدام جهاز الطرد المركزي من نوع (Hettich EBA35) وتم تقدير الكاربوهيدرات باستعمال طريقة الفينول - حامض الكبريتيك بواسطة قياس الكثافة المرئية عند الطول ألموجي (488) نانوميتر باستعمال جهاز المطياف الضوئي.

تقدير البروتين:

تم تقدير البروتين في الأنسجة الورقية لنبات الحنطة بأتباع طريقة (19). إذ تم تحضير المستخلص بأخذ (0.5)غم من العينة النباتية وعوملت بـ (5) مل من محلول TCA بتركيز (5%) ثم رسبت باستخدام جهاز الطرد المركزي وتم إكمال الحجم إلى (10) مل بـ NaoH تركيز (1N) ثم عوملت بنوعين من الكواشف (كاشف كبريتات النحاس المائية وكاشف فولن) وتم القياس باستخدام جهاز المطياف الضوئي عند الطول الموجي (650) نانوميتر.

التحليل الإحصائي:

صممت التجارب وحللت إحصائيا باستخدام التجربة العاملية وفق التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design (C.R.D) في التجارب العاملية (20 و 21) وتمت المقارنة بين الاختلافات المعنوية في معدلات المعاملات باستخدام اختبار دنكن متعدد المدى (Duncan's New Multiple Range Test).

النتائج والمناقشة:

الوزن الجاف للمجاميع الخضرية والجذرية:

تشير النتائج في الجدول (2) إلى ان معاملة التربة بعنصر الكادميوم وبالتركيزين (1،50) ملي مول/كغم تربة ادى إلى حصول انخفاض معنوي في وزن المادة الجافة للمجاميع الجذرية وعند استخدام التركيز (50) ملي مول/كغم تربة بالنسبة للمجاميع الخضرية مقارنة بمعاملة السيطرة، وقد لوحظ ان التركيز (50) ملي مول/كغم تربة كان ذات تأثير أعلى من التركيز (1) ملي مول/كغم تربة وقد يعزى السبب إلى زيادة تركيز الكادميوم في التربة مما يؤدي إلى زيادة تأثيره السمي على النبات ويعود ذلك إلى إن الكادميوم واحد من أهم العناصر الثقيلة السامة في البيئة وسميته للنبات عند زيادة تراكيزه في التربة وزيادة جاهزيته للنبات مما يؤدي إلى حصول اضطرابات في فعالية الأنزيمات وتثبيط عمليات الانقسام (22) حيث انه يؤثر في معدل عمليات البناء الضوئي للنبات ودخول الماء إلى أنسجة النبات من خلال تأثيره في عملية فتح وغلق الثغور(23). لقد وجد (24) بان وجود الكادميوم في التربة يؤدي إلى اختزال نمو النبات بشكل كبير وواضح في المجموع الجذري نتيجة الامتصاص والتراكم السريع للعنصر في الأنسجة النباتية للجذور. في حين على العكس من ذلك لوحظ حصول زيادة معنوية في وزن المادة الجافة للمجاميع الخضرية والمجاميع الجذرية عند معاملة التربة بعنصر الكبريت بالتركيزين (1) و (2) ملي مول/كغم تربة مقارنة بمعاملة السيطرة، إن سبب الزيادة في وزن المادة الجافة للمجاميع الخضرية والجذرية عند المعاملة بالكبريت قد يعزى إلى إن عنصر الكبريت من العناصر المهمة

والضرورية لنمو النبات، وهذا يتفق مع (9) في إن الكبريت يعتبر من العناصر الضرورية لنمو النبات عند المستويات الواطئة وحسب نوع النبات.

جدول (2): تأثير معاملة التربة بعنصري الكبريت والكادميوم والتداخل بينهما على الأوزان الجافة للمجاميع الخضرية والجذرية.

S ملي مول/كغم تربة	Cd ملي مول /كغم تربة			تأثير الكبريت
	0	1	50	
	الوزن الجاف للمجموع الخضري(غم)			
0	1.553bc	1.400de	0.633f	1.195c
1	1.586b	1.903a	1.220d	1.570a
2	1.560bc	1.480c	1.073e	1.371b
تأثير الكادميوم	1.566a	1.594a	0.975b	
	الوزن الجاف للمجموع الجذري(غم)			
0	1.803d	0.920g	0.500h	1.074c
1	2.066b	2.246a	1.496e	1.936a
2	1.906c	1.907f	1.366f	1.726b
تأثير الكادميوم	1.925a	1.691b	1.121c	

* المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (5 %) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

أما بالنسبة لتأثيرات التداخل بين عنصري الكبريت والكادميوم فقد أشارت النتائج للجدول (2) إلى إن أعلى نسبة ارتفاع في وزن المادة الجافة للمجاميع الخضرية والجذرية سجلت عند إضافة الكبريت والكادميوم معا عند التركيزين (1) ملي مول/كغم تربة لكلا العنصرين مقارنة بمعاملة السيطرة، حيث بلغت نسبة الزيادة (22.537%) غم في المجموع الخضري و (24.570%) غم في المجموع الجذري. وقد يعود السبب إلى إن الكبريت قد اثر على عمل أو حركة الكادميوم وذلك لكون الكبريت من العناصر التي تعمل على منافسة الكادميوم في مواضع

امتصاصه وهذا يؤدي إلى التقليل من سميته أو من امتصاصه (25) كما انه يعمل على إيقاف ارتباطه ببعض الإنزيمات (26)، كما إن إضافة الكبريت إلى تربة تحتوي على الكادميوم بوقت مبكر تضمن للنبات حمايته من سمية الكادميوم (27).

كلوروفيل a وb والكلوروفيل الكلي (a+b) :

يتضح من جدول (3) بان معاملة التربة بعنصر الكادميوم وبالتركيزين (1، 50) ملي مول/كغم تربة أدى إلى حصول انخفاض معنوي بتركيز الكلوروفيل a و b و(a+b) باستثناء الزيادة غير المعنوية في تركيز الكلوروفيل b عند معاملة التربة بعنصر الكادميوم بالتركيز (1) ملي مول/كغم تربة مقارنة بمعاملة السيطرة. إن الانخفاض الحاصل في المحتوى الكلوروفيلي في الأوراق قد يعزى إلى إن إضافة الكادميوم اثر تأثيرا سلبيا في البناء الحيوي للكلوروفيل وان تلوث النبات بالكادميوم يعمل على تناقص محتوى الكلوروفيل والكاروتينات نتيجة التثبيط الحاصل في بنائها. كما إن تواجد الكادميوم في التربة يعمل على إعاقة امتصاص الحديد عن طريق الجذور (28)، وقد وجد (29) إن إضافة الكادميوم يعمل على اختزال عدد الكرانا وصفائحها كما يعمل على تحطيم تركيب الكلوروبلاست وتثبيط نمو البلاستيدات الأولية (30).

فيما يخص الكبريت لوحظ حصول زيادة معنوية في تركيز الكلوروفيل a وb و(a+b) في الأوراق مقارنة بمعاملة السيطرة وعند التركيزين (1) و (2) ملي مول/كغم تربة. وقد يعود السبب في ذلك إلى التأثير الايجابي لعنصر الكبريت على كمية صبغات التركيب الضوئي، وهذا يتفق مع (31) بان الكبريت ضروري في جاهزية النتروجين والذي بدوره يلعب دور مهم في تصنيع الكلوروفيل.

كذلك بينت نتائج تأثيرات التداخل بين عنصري الكادميوم والكبريت إلى حصول زيادة معنوية عند إضافة العنصرين الكبريت والكادميوم عند التركيز (1) ملي مول/كغم تربة لكل منهما مقارنة بمعاملة السيطرة. حيث بلغت نسبة الزيادة بتركيز كلوروفيل a (13.538%) وبتركيز الكلوروفيل b (188.520%) وبتركيز الكلوروفيل a+b (48.428%). وقد يعزى السبب في ذلك إلى التأثير الايجابي لعنصر الكبريت إذ إن تعرض النباتات لمستويات محددة من الكبريت يؤدي إلى حصول زيادة في صبغات البناء الضوئي. كما وجد (32) في إن تعرض النبات إلى الكادميوم والكبريت معا وبتراكيز محددة يؤدي إلى توفر النتروجين الذي يدخل في تركيب صبغات البناء الضوئي وبالتالي حصول زيادة في تركيز الكلوروفيل مقارنة بتعرض النباتات للكادميوم وحده (26)، كما إن الكبريت يلعب دور حاسم في إزالة سمية الكادميوم وتجعله اقل سمية لخلايا النباتات حيث يعمل على منع ارتباط الكادميوم بمجموعة SH لبعض البروتينات

التي تدخل في تكوين البلاستيدات الخضراء (33). كذلك لدخول الكبريت في تركيب البروتينات الموجودة في البلاستيدات الخضراء.

جدول (3): تأثير معاملة التربة بعنصري الكبريت والكادميوم والتداخل بينهما على الكلوروفيل a و b والكلوروفيل الكلي(a+b).

S ملي مول/كغم تربة	Cd ملي مول /كغم تربة			تأثير الكبريت
	0	1	50	
	كلوروفيل a (ملغم/غم من وزن المادة الرطبة)			
0	2.903b	1.390g	1.066h	1.786c
1	2.930b	3.296a	2.100d	2.775a
2	2.510c	1.710e	1.460f	1.893b
تأثير الكادميوم	2.781a	2.132b	1.542c	
	كلوروفيل b (ملغم/غم من وزن المادة الرطبة)			
0	0.723f	0.570g	0.390i	0.561c
1	1.733b	2.086a	1.213c	1.677a
2	0.920d	0.760e	0.540h	0.740b
تأثير الكادميوم	1.125a	1.139a	0.714b	
	كلوروفيل a+b (ملغم/غم من وزن المادة الرطبة)			
0	3.626c	1.960i	1.456g	2.347c
1	4.663ab	5.382a	3.313d	4.453a
2	3.430b	2.470h	2.000f	2.633b
تأثير الكادميوم	3.906a	3.271b	2.256c	

* المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (5%) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

محتوى الماء النسبي والبرولين:

لقد بين جدول (4) إن لإضافة عنصر الكادميوم إلى التربة تأثيرا سلبيا في محتوى الماء النسبي للأوراق، حيث أدى إضافة الكادميوم إلى حصول انخفاض معنوي في المحتوى المائي للأوراق وعند التركيزين (1، 50) ملي مول/كغم تربة مقارنة بمعاملة السيطرة، إن هذا الانخفاض قد يعزى إلى حصول اختزال في نمو الجذور نتيجة المعاملة بالكادميوم والذي من شانه إن

يخفض قابلية النبات على امتصاص كميات كافية من العناصر الغذائية للنمو (34)، أو قد يعود السبب إلى حصول انخفاض في انقسام واستطالة وتمايز خلايا الكامبيوم الناقلة للماء (35)، إن التأثير السلبي للكادميوم يؤثر على حجم وعدد الأوعية الخشبية وبالتالي يؤثر في امتصاص ونقل الماء إلى النبات (36).

أما تأثير إضافة الكبريت فقد بينت النتائج حصول زيادة معنوية في محتوى الماء النسبي للأوراق عند إضافة الكبريت عند التركيزين (1) و (2) ملي مول/كغم تربة مقارنة بمعاملة السيطرة، وقد يعود السبب إلى أن الكبريت ضروري في تنظيم نمو النبات ومنها الجذور (8)، كذلك فان عنصر الكبريت يؤثر على تنظيم فتح وغلق الثغور وبالتالي يسيطر على فقدان الماء وكثافة الثغور (27).

فيما يخص تأثيرات التداخل بين عنصري الكادميوم والكبريت فتشير النتائج في الجدول (4) إلى حصول زيادة معنوية في محتوى الماء النسبي للأوراق عند إضافة الكادميوم والكبريت عند التركيز (1) ملي مول/كغم تربة لكل عنصر مقارنة بمعاملة السيطرة، وقد يعود السبب إلى إن الكبريت قد خفف من شدة سمية الكادميوم. كما ان الكبريت يعتبر من العناصر الضرورية التي تدخل في تكوين العديد من الإنزيمات التي تشارك في عملية البناء الضوئي (26).

كذلك أشار جدول (4) بان إضافة الكادميوم إلى التربة قد أدى إلى حصول زيادة معنوية في تركيز البرولين المتراكم في الأوراق مقارنة بمعاملة السيطرة ولكلا التركيزين وقد يعزى السبب في ذلك الانخفاض الحاصل في محتوى الماء النسبي في الأوراق وكما مبين في الجدول (4) إلى عدم قدرة النبات على بناء البروتين وتثبيط امتصاص العناصر الأساسية في تغذية النبات وهذا يتفق مع (37) بان وجود الكادميوم في التربة يؤدي إلى عدم قدرة النبات على البناء الحيوي للبروتين أو نتيجة زيادة نشاط الإنزيمات المحللة للبروتين وبالتالي زيادة محتوى البرولين داخل النبات في حين أدت إضافة الكبريت إلى التربة وبالتركيزين (1 و 2) ملي مول/كغم تربة إلى حصول انخفاض معنوي بتركيز البرولين المتراكم في الأوراق مقارنة بمعاملة السيطرة وقد يعزى السبب إلى كون الكبريت من العناصر المهمة والضرورية لنمو النبات وتطوره (7). وهو عنصر ضروري في تركيب البروتينات حيث يعمل على زيادة إنتاج البروتين وبما ان البرولين هو واحد من الأحماض الامينية الداخلة في تركيب البروتين لذلك نلاحظ حصول انخفاض في تركيز البرولين لدخوله في عملية تصنيع البروتين (38).

أما بالنسبة للتأثير المشترك بين الكادميوم والكبريت فقد لوحظ حصول انخفاض معنوي بتراكيز البرولين في الأوراق عند إضافتهما بالتركيز(1) ملي مول/كغم تربة لكلا العنصرين مقارنة بمعاملة السيطرة وجميع المعاملات وقد يعزى السبب في ذلك إلى زيادة محتوى الماء

النسبي في الأنسجة الورقية جدول (4) مما أدى إلى تقليل الشد الحاصل على النبات مما أدى بالتالي إلى تقليل تركيز البرولين.

جدول (4): تأثير معاملة التربة بعنصري الكبريت والكادميوم والتداخل بينهما على محتوى الماء النسبي والبرولين.

S ملي مول/كغم تربة	Cd ملي مول/كغم تربة			تأثير الكبريت
	0	1	50	
	محتوى الماء النسبي (%)			
0	89.560c	77.956d	46.137e	71.218c
1	91.173b	97.830a	83.387c	90.797a
2	90.223c	85.903c	81.027d	85.718b
تأثير الكادميوم	90.319a	87.230b	70.184c	
	البرولين (مايكرو مول/غرام من وزن المادة الجافة)			
0	1.603e	2.080	3.043a	2.242a
1	1.260f	1.130g	1.946c	1.445c
2	1.220f	1.870d	1.600e	1.563b
تأثير الكادميوم	1.361c	1.693b	2.196a	

* المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (5 %) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

الكاربوهيدرات والبروتينات:

بينت نتائج جدول (5) ان إضافة الكادميوم إلى التربة أدى إلى حصول انخفاض معنوي بتركيز الكاربوهيدرات والبروتينات عند التركيزين (1) و (50) ملي مول/كغم تربة مقارنة بمعاملة السيطرة وقد يعزى السبب في ذلك إلى قابلية الكادميوم على الارتباط مع الإنزيمات مما يؤدي إلى حدوث خلل في ايض الكاربوهيدرات (22) ونقصان الكلوروفيل مما يؤدي إلى حدوث اختزال

بمعدل البناء الضوئي وبالتالي حصول انخفاض في المادة الكربوهيدراتية الناتجة من عملية البناء الضوئي(28)، أو قد يعود إلى الانخفاض الحاصل في محتوى الماء النسبي كما مبين في جدول (4) مما ينتج عنه نقصان في الضغط الانتفاخي ومن ثم انكماش الورقة مما يؤدي إلى اختزال عملية البناء الضوئي ومن ثم بناء الكاربوهيدرات، أما بالنسبة لانخفاض تركيز البروتينات فقد يعود إلى ان إضافة الكادميوم يؤدي إلى حدوث انخفاض في عدد الحزم البروتينية كما إنها تسبب في إعاقة تصنيع ببتيدات معقدة مهمة في تصنيع البروتينات (29).

جدول (5): تأثير معاملة التربة بعنصري الكبريت والكادميوم والتداخل بينهما على تركيز الكاربوهيدرات والبروتينات.

S ملي مول/كغم تربة	Cd ملي مول/كغم تربة			تأثير الكبريت
	0	1	50	
	الكاربوهيدرات (ملغم/غم)			
0	74.170b	40.273 e	29.383 g	47.942b
1	76.450 b	81.100 a	52.557 d	70.036a
2	66.720 c	42.137 e	35.097 f	47.985b
تأثير الكادميوم	72.447a	54.503b	39.012c	
	البروتينات (ملغم/غم)			
0	8.483 c	4.800 f	3.307 h	5.530b
1	9.043 b	9.807 a	5.703 e	8.184a
2	6.717 d	4.160 g	4.183 g	5.020b
تأثير الكادميوم	8.081a	6.256b	4.398c	

* المعدلات ذات الأحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (5 %) حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

أما فيما يتعلق بالكبريت فقد لوحظ العكس حيث بين الجدول (5) حصول زيادة معنوية في تركيز الكاربوهيدرات والبروتينات عند إضافة الكبريت بتركيز (1) ملي مول/كغم تربة مقارنة بمعاملة السيطرة، وقد يعزى السبب في ان الكبريت يعتبر عنصر مهم في التحكم بغلق وفتح الثغور وهذا بدوره يتحكم في عملية البناء الضوئي ومن ثم زيادة المادة الكاربوهيدراتية. وهذا يتفق مع (33) بان الكبريت يلعب دور مهم في عملية البناء الضوئي ومن ثم على تركيز

الكاربوهيدرات. كذلك فان زيادة تركيز البروتينات قد يعود إلى ان الكبريت يدخل في تكوين أهم الأحماض الامينية التي تعمل كلبنات في بناء البروتينات (8)، كما انه يشارك في تكوين الإنزيمات التي تدخل في بناء البروتينات (27)، لقد وجد (31) ان الكبريت يعمل على تكوين روابط من الكبريتيد الثنائي بين سلسلة الببتيدات المتعددة والتي تعمل على تكوين الإنزيمات البروتينية. ان تأثير التركيز (1) ملي مول/كغم تربة يكون بشكل أفضل من التركيز (2) ملي مول/كغم تربة وقد يعود ذلك إلى كون التراكيز الواطئة ذات تأثير اكبر وأفضل بالنسبة للنباتات من التراكيز العالية (38).

أما بالنسبة للتأثير المشترك بين عنصري الكادميوم والكبريت فقد لوحظ حصول زيادة معنوية في تركيز الكاربوهيدرات والبروتينات عند إضافة الكبريت والكادميوم بالتركيز(1) ملي مول/كغم تربة لكل منهما مقارنة بمعاملة السيطرة وقد يعود السبب إلى التأثيرات الفعالة للكبريت حيث يعمل على حماية النبات من التأثيرات السامة لعنصر الكادميوم كما تم ذكره سابقاً.

المصادر:

1) **الربيعي، عدنان ياسين محمد.** التلوث البيئي، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة بغداد.(2002) .

2) **الارياني، عادل قائد علي،** أطروحة دكتوراة، كلية العلوم، جامعة الموصل..(2005)

3) **Ye, HB.; Yang, X.E.; He, B.; Long, X.X and Sh, W.Y.J** ACTA Botanica Sinica., 45(9): 1030-1036. (2003).

4) **Sayed, S.A.** J.IAS., 10(3). (1997).

5) **Hiroyuki, H.; Eriko, A and Mitsuo, CH.** 17th WCSS., 1992 (29):1-5. (2002).

6) **الصفاوي، عبد العزيز يونس طليع،** أطروحة دكتوراه، كلية التربية، جامعة الموصل. .(2006)

7) راضي، **فائق حسن علي،** رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الموصل. (2001).

8) **Begand, T.K; Sedaghi, M.; Sharifi, R.S.; Namavar, A. and Molaei, P. Pesq. agropec. bras, Brasilia**, 44(9).1114-1117. (2009).

9) **ألنعيمي، سعد الله نجم.** مبادئ تغذية النبات (مترجم) تأليف مينكل.ك و د ي أ. كيربي، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.(2000) .

10) **Chen, S.; Sun, T. and Zhon, Q. ,Ying Yong Tai Xue.,** 14(4): 577-580. (2003).

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

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

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

14) **Makinny, G.,** J. Biol. Chem., 140:315-322. (1941).

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

16) **Turner, N.C. ,** Plant and soil., 58:339-366. (1981).

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

18) **Herbert, D.; Philips, P.J and strange, R.E.** In methods in microbiology. Norries, J.R. and Robbins, D.W.(eds.) Acad., press, London and New York.5B.Chap.3. (1971).

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

20) **الراوي، خاشع محمود.** المدخل إلى الإحصاء. مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل. (1979).

21) **الساهوكي، مدحت وهيب و كريمة، محمد.** تطبيقات في تصميم وتحليل التجارب، مطبعة دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل.(1990) .

22) **الراشدي، حسين صابر محمد،** أطروحة دكتوراه، كلية التربية، جامعة تكريت.(2009).

23) **Kovacevic, G.; Kastori, R and Merkulov, L.** J. Biologica Plantarum., **42** (1): 119- 123. (1999).

24) **Arduini, I.; Godbold, D and Onnis, A.** Physiol. Plantarum., 92: 675-680.(1994).

25) **Cui, Y.; Wang, Q and Christie, P. J.** Communication in Soil Science and Plant Analysis. 35(19-20):2905-2916. (2004).

26) **Nocito, F. F.; Pirovano, L.; Cocucci, M. and Sacchi, GA..** Journal Plant Physiology.129:1872 -1879. (2002).

27) **Andon, V.; Malgozata, B. Nevena, S. and Zlatko, Z.** Journal of Central European Agriculture. 6(3):397-404. (2005).

28) **Vassilev, A.J.** Central European Agriculture., 4(1): 65-75. (2003).

29) **Navari-Izzo, F. and Quartacci, MF.** Minerva Biotechnology., 13:73-85. (2001).

30) **Zhong-qui, Z; Yong-guan, Z and Yun –long, C.** Journal Zhejiang University Science., 6A(7):643-648. (2005).

31) **Leustek, T.; Martin, M.N.; Bick, J.N and Davies, J.P**. Journal Plant Physiology. Plant Mol. Biol. 51:141 -156

32) **Hassan, M. J; Zhu, Z.; Ahmad, B. and Mahmood, Q.** Journal. Enve. Sci.4(1):1-8.(2006).

33) **Astolifi, S.; Zuchi,S. and Passera, C.** Journal Plant Physiology. 161:795-802.(2004).

34) **الطائي، فرح صبحي صالح**، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الموصل.(2006).

35) **Berkelaar, E and Hale,B. Can. J.** Bot.,78(3):381-387. (2000).

36) **Hart, J.J; Norvell, W.; Welch. R.; Sullivan. L and Kochian, L**. Plant Physiol., 118:219-226. (1998).

37) **Yang, M.G.; Lin, X.Y and Yang, X.E. Chin. J.** Appl. Ecol.,19:89-94. (1998).

38) **النعيمي، سعد الله نجم.** مبادى تغذية النبات (مترجم) تاليف مينكل. ك و د ي أ. كيربي، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل. (1984).