تأثير العناصر الثقيلة في النمو وبعض الصفات الفسلجية والتشريحية لنبات الحنطة (*Triticum aestivum* L.)

أ.م.د. محمد إبراهيم خليل دلال عبد الله فتحي

جامعة الموصل / كلية علوم البيئة وتقاناتها / قسم علوم البيئة

(قدم للنشر في ٢٠١٨/١٢/١٢ ، قبل للنشر في ٢٠١٩/١/٧)

ملخص البحث:

أجريت الدراسة في جامعة الموصل /كلية علوم البيئة وتقاناتها / قسم علوم البيئة بهدف دراسة تأثير تلوث التربة بالمعادن الثقيلة (الكادميوم والرصاص والنحاس) كلا على إنفراد وبالتراكيز (1،0.5،0.25،0.1،0.05،0.025،0.01) ملغم/لتر، في الانبات والنمو الخضري وبعض الصفات الفسلجية والتشريحية لصنف الحنطة صابر بيك (*Triticum aestivum* L.)أظهرت النتائج أن إضافة المعادن الثقيلة أدى إلى حصول إنخفاض معنوي في كل من نمو النبات ومحتوى الماء النسبي للأوراق مع حصول زيادة تدريجية في تركيز البرولين في الانسجة الورقية، كذلك كشف التشريح المقطعي عدة تغييرات في الخصائص التشريحية لأوراق وجذور النباتات المعرضة للتلوث بالمعادن إذ أظهرت المعادن الثقيلة تأثيرات كبيرة على أحجام الخلايا في منطقة القشرة والبشرة بالاضافة إلى تأثيرها على أعداد الحزم الوعائية وتوزيعها في كل من أنسجة الجذر والورقة لنبات الحنطة .

الكلمات المفتاحية: نبات الحنطة، معادن ثقيلة، صفات فسلجية، تشريح داخلي للنبات.

The Effect of Heavy Metals on the Growth and some Physiological and Anatomical Characteristics of the Wheat Plant (*Triticum aestivum* L.).

Abstract:

The present research was carried out at the University of Mosul /College of Environmental Sciences and Technologies /Department of Environmental Sciences to study the effect of soil pollution with three types of the Heavy metals (Cadmium, Lead, and Copper) each individually at the concentrations (0.01, 0.025, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1) mg/L, which affected the germination and vegetative growth and some physiological and anatomical characteristics of the Sabir Baik Wheat (*Triticum aestivum* L.). The results showed that adding the heavy metals resulted in significant decrease in growth of plants and relative water content in leaves with a gradual increasing of Proline accumulation in the leaves tissues, Besides the sectional anatomy revealed several changes in the leaves and roots characteristics as a result of the heavy metals effects, in that they changed the size of cells in the cortex and epidermis also the impact on the number of vascular bundles and their distribution in the roots tissues and leave in the wheat plant.

المقدمة Introduction

يعرف التلوث البيئي بأنه التغير في تركيب أحد العناصر الرئيسة للبيئة والذي قد يحدث بصورة طبيعية أوبتأثير الإنسان أو الحيوان، وإن التصرف غير المقبول للإنسان لتحقيق مصلحة ذاتية يعد من أغلب المشاكل الحالية مما يتسبب في التلوث البيئي (1)

وغالبا مايؤدي التصنيع دون تخطيط بيئي مناسب الى تصريف النفايات الصناعية والصرف الصحي في الأنهار والأجسام المائية.إذ أن مياه الصرف الصناعية غنية بالمعادن الثقيلة والعناصر السامة الأخرى والتي تستعمل في الغالب لأغراض الزراعة مثل الري مما يؤدي الى تلوث الترب الزراعية بالمعادن الثقيلة(2)

تتركز خطورة المعادن الثقيلة في بقائها بالتربة لفترة زمنية طويلة دون أن تتحلل أو يطرأ عليها أي تغيرات كيميائية مما يعمل على تلوث الحبوب والثمار التي يتناولها الانسان (3) . كما قد يؤدي تأثير المعادن الثقيلة السامة على النباتات إلى تغيير في بعض مساراتها الأيضية، مثل البناء الضوئي، التنفس، النمو وبعض الصفات التشريحية للنبات (4) .

تعد محاصيل الحبوب من أهم المحاصيل الحقلية الاستراتيجية في العالم لاسيما محصول الحنطة الذي يعد في طليعة المحاصيل الحقلية التي يستهلكها البشر في العالم بأسره، كما و تعد مشكلة تلوثها بالمعادن الثقيلة من أكثر المشاكل التي تعاني منها العديد من البلدان النامية نتيجة لعلاقتها الوثيقة بحياة الانسان وصحته، إذ يؤدي تلوث التربة بها الى حصول انخفاض في معدل نمو النبات (5)، ونظرا لأهمية هذا الموضوع فقد جاءت هذه الدراسة لتوضيح تأثير بعض العناصر الثقيلة وتداخلاتها في النمو وبعض التغيرات الفسلجية والتشريحية لأحد أصناف الحنطة الناعمه صابر بيك (*Triticum aestivum* L).

المواد وطرائق العمل Materials and Methods

تهيئة البذور

تم الحصول على بذور الحنطة الناعمة (*Triticum aestivum* L) صنف(صابر بيك) من (مديرية زراعة نينوى/ موصل _الرشيدية) وبنقاوة 86%.

تهيئة التربة

اخذت التربة من عمق (0–30) سم في شهر نوفمبر عام 2017 من إحدى الحقول الزراعية في (حي الوحدة /محافظة نينوى)، وجففت ثم مررت من خلال منخل أقطار فتحاته (2) ملم.

المعاملات المستعملة

تضمنت المعاملات المستعملة في هذه الدراسة صنفاً واحداً من الحنطة الناعمة (صابر بيك) ونفذت بأستعمال أصص بلاستيكية ذات قطر (18) سم وارتفاع (15) سم وسعة كل اصيص (2) كيلو غرام تربة، بعد ذلك تم اضافة العناصر المعدنية الثقيلة الى التربة على شكل محاليل وبسبعة تراكيز (1، 0.5 ، 0.25، 0.1، 0.05،0.025،0.01) ملغم /لتر من كل من الكادميوم (كلوريد الكادميوم)، الرصاص (كلوريد الرصاص) و النحاس (كلوريد النحاس) بمعدل ثلاثة مكررات لكل معاملة، ووزعت بصورة عشوائيه في البيت الزجاجي في كلية علوم البيئة وتقاناتها /جامعة الموصل.

الزراعة والري:

زرعت بذور الحنطة الناعمه ممثلة بصنف صابر بيك بتاريخ 2017/11/10 بواقع (10) بذرة /أصيص وبمعدل ثلاثة مكررات لكل تركيز لكل معدن. تم ري الاصص بالماء المقطر بعد أن تم إذابة تراكيز المعادن الثقيلة فيه مع الاخذ بعين الاعتبار معاملة السيطرة الذي تم ريه بالماء المقطر فقط. تم تقدير نسبة البزوغ للبادرات بعد(5) أيام من تاريخ الزراعة، و بعد مرور (120) يوم من الزراعة سجلت قياسات ارتفاع النبات و طول الجذر. كما قدر البرولين فضلا عن قياس المحتوى المائي للأنسجة الورقية.

الصفات المدروسة

أولا: النمو الخضري للنبات:

قدرت نسبة بزوغ البادرات، كما تم قياس طول المجموع الخضري والجذري بعد القلع.

ثانيا: تقدير محتوى الماء النسبي في الأنسجة الورقية

تم تقدير محتوى الماء النسبي كما ورد في (6) و (5) وحسب المعادلة التالية:

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

ثالثا: تقدير البرولين في الأنسجة الورقية

قدر تركيز الحامض الاميني البرولين في الورقة الثالثه والرابعه لنبات الحنطة بطريقة (7) وكما اوردها (8) إذ قرأت الكثافة الضوئية على جهاز الطيف Spectrophotometre/cam على طول موجة 520 نانوميتر

وبأستخدام المعادلة التالية والتي أشار إليها(9):

البرولين (مايكرومول/غم وزن طري) = (عدد سم^3 من التلوين × قراءة المنحنى/115.5)/(وزن العينة/5)

رابعا: تحضير المقاطع النسيجية:

اتبعت طريقة الطمر بشمع البارافين حسب طريقة (10) في التحضيرات الدائمية لجذور وسيقان واوراق النباتات إذ نزعت الشتلات بعمر 4 أشهر و قطعت الى قطع صغيرة (1 سم) بعد غسلها جيدا بكحول الايثانول 70% والماء المقطر.

مراحل التحضير:

1_القتل والتثبيت Killing and Fixation

2_ الغسل والانكاز Washing and Dehydration

3_ الترويق والتشريب Clearing and Infiltration

4. الطمر والتحميل: embedding and mounting

5_ إزالة الشمع والصبغ Removing of wax and staining

6. فحص المقاطع التشريحية وتصويرها:

فحصت الشرائح المحضرة باستعمال المجهر الضوئي (Neovar Reichert) وبقوة تكبير (100X و400X) وتم مقارنة النماذج مع بعضها ومقارنتها بمعاملة السيطرة.

النتائج والمناقشة

Results and discussion

أولا: تأثير تلوث التربة بالعناصر الثقيلة في نسبة بزوغ البادرات في نبات الحنطة.

النتائج في الجدول (1) تبين أن اضافة العناصر الثقيلة (الرصاص،النحاس والكادميوم) كلا على انفراد وبالتراكيز (0.1،0.25،0.5،1) ملغم/لتر لكافة المعاملات أدى إلى حصول إنخفاض معنوي في نسبة البزوغ مقارنة مع معاملة السيطرة

الجدول(1) يوضح تأثير العناصر الثقيلة المضافة إلى التربة في نسبة بزوغ البادرات% لنبات الحنطة

المعاملات		التركيز ملغم/لتر	متوسط نسبة بزوغ البادرات %
معاملة السيطرة		0.0	77.60 a
العناصر الثقيلة	الرصاص	0.01	50.0 abc
		0.025	50.0 abc
		0.05	40.0 a-f
		0.1	30.0 b-g
		0.25	30.0 b-g
		0.5	20.0 efg
		1	20.0 efg
	النحاس	0.01	50.0 abc
		0.025	53.33 ab
		0.05	43.33 a-e
		0.1	30.0 b-g
		0.25	26.67 c-g
		0.5	23.33 d-g
		1	10.0 g
	الكادميوم	0.01	53.33 ab
		0.025	46.67 a-d
		0.05	36.67 a-f
		0.1	33.33 b-g
		0.25	23.33 d-g
		0.5	20.0 efg
		1	16.67 fg

- المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا حسب إختبار دنكن متعدد المدى

وقد يعزى الانخفاض في نسبة البزوغ إلى إزدياد فعالية الانزيمات الهاضمه إضافة الى انخفاض بناء الاحماض النووية(5) وهذا يتفق مع ماتوصل اليه (11) إلى ان سبب الانخفاض في نسبة البزوغ قد يعود إلى الانهيار المتسارع للمواد الغذائية المخزنة في الحبوب عند معاملتها بالمعادن الثقيلة،ويمكن أن يعزى أيضا إلى تغيرات في خصائص نفاذية اختيار الغشاء الخلوي. إذ لاحظ (12) أن التأثير المثبط على إنبات الحبوب ناتجا عن التأثير التناضحي الناجم عن المعادن الثقيلة. كما وجد (13) ان العناصر الثقيلة تؤثر على عملية الانبات بسبب حدوث إختلال في التوازن الهرموني والانزيمي. فضلا عن الأضرار الجنينية وحتى الموت تحت ظروف الملوثات المعدنية العالية (14).

ثانيا: تأثير تلوث التربة بالعناصر الثقيلة في النمو الخضري والجذري لنبات الحنطة:

المجموع الخضري والجذري

لقد بين جدول(2) بأن اضافة العناصر الثقيلة (الرصاص، النحاس والكادميوم) كلا على انفراد الى التربة أدى إلى حصول إختزال في طول المجموع الخضري.

الجدول(2)تأثير العناصر الثقيلة المضافة الى التربة في طول المجموع الخضري والجذري(سم)

	المعاملات	التركيز ملغم/لتر	متوسط طول المجموع الخضري(سم)	متوسط طول الجذر (سم)
	الماء المقطر	0.0	33.66 a	6.24 a
العناصر الثقيلة	الرصاص	0.01	30.93 ab	5.91 ab
		0.025	30.60 abc	4.85 a-e
		0.05	30.16 a-d	5.63 abc
		0.1	30.06 a-e	4.78 a-e
		0.25	28.53 a-f	4.38 a-f
		0.5	28.10 a-f	3.95 b-g
		1	26.20 a-f	3.24 d-g
	النحاس	0.01	28.83 a-f	5.68 abc
		0.025	27.20 a-f	5.32 a-d
		0.05	25.43 a-g	4.76 a-e
		0.1	24.66 a-g	4.52 a-f
		0.25	18.83d-f	4.28 a-g
		0.5	18.56 efg	3.97 b-g
		1	14.33 g	2.57 fg
	الكادميوم	0.01	30.0 a-e	6.12 ab
		0.025	30.33 a-d	5.19 a-e
		0.025	27.26 a-e	4.99 a-e
		0.1	21.60 b-g	4.58 a-f
		0.25	19.66 b-g	3.56 c-g
		0.5	19.33 c-g	3.11 efg
		1	17.83 fg	2.22 g

- المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لاتختلف معنوياحسب إختبار دنكن متعدد المدى

إذ لوحظ حصول انخفاض معنوي عند اضافة النحاس بالتراكيز (0.25،0.5،1) و الكادميوم بالتراكيز (0.1،0.25،0.5،1) مقارنة بمعاملة السيطرة.

أما بالنسبة للمجموع الجذري فقد لوحظ حصول إنخفاض معنوي في طول الجذر عند إضافة الرصاص والنحاس بالتركيزين (1، 0.5) ملغم/لتر والكادميوم بالتراكيز (1، 0.5،0.25) ملغم/لتر مقارنة بمعاملة السيطرة .

قد يرجع الانخفاض في إرتفاع النبات إلى التأثير السام للمعادن الثقيلة المضافة الى النبات ومثل هذه النتائج سبق وان فسرت من قبل (15) إلى أن المعادن الثقيلة تؤثر على نشاط الانزيمات مما يمنع وصول الغذاء إلى الجذر والرويشة أو أن المعادن الثقيلة تعمل على الحد من الخلايا المرستيمية الموجودة في هذه المنطقة وهذا ماتوصل إليه (16) من أن العناصر الثقيلة تعمل على خفض نمو الشتلات من خلال تثبيط إنقسام واستطالة الخلايا (17). ولقد بين(18) أن الانخفاض في نمو النبات أثناء الاجهاد يعود إلى إنخفاض المحتوى المائي وعرقلة إمتصاص المغذيات. وهذا يتفق مع ماوجده (19) بأن إختزال نمو البادرات في وجود المعادن الثقيلة يرجع إلى الانخفاض في عملية التمثيل الضوئي.

وبالنسبة للجذر، وقد يعزى الأختزال في نمو الجذور إلى التأثير السام للمعادن الثقيلة على بعض هرمونات النمو التي تفرزها الجذور مما يؤدي بدوره الى انخفاض نمو واستطالة الخلايا النباتية(5) وهذا يتفق مع ماوجده (20) بأن المعادن المتراكمة داخل الجذر تقلل من معدل الانقسام في منطقة الخلايا الانشائية للجذور. كما لاحظ (21) إن تثبيط إستطالة الجذر تحت تأثير المعادن الثقيلة قد يكون بسبب تداخل المعادن مع إنقسام الخلية. أو إلى تثبيط إنقسام الخلية مما يؤدي إلى إضطراب في نشاط ومحتويات الهورمونات النباتية مثل الاوكسين في الجذور المعرضة للمعادن الثقيلة (22).

ثالثا: تأثير تلوث التربة بالعناصر الثقيلة في التغيرات الفسلجية لنبات الحنطة:

1_المحتوى النسبي للماء في الأنسجة الورقية

يتضح من نتائج الجدول (3) ان لإضافة العناصر الثقيلة (الرصاص،النحاس والكادميوم) كلا على إنفراد الى التربة تأثيرا سلبيا في محتوى الماء النسبي. إذ أظهر اضافة الرصاص والنحاس والكادميوم بالتراكيز (1،0.5،0.25، 0.1) و(1،0.5،0.25) و(1، 0.5، 0.25، 0.1، 0.05)ملغم/لتر على التوالي فروقات معنوية مقارنة مع معاملة السيطرة ولقد لوحظ أن أعلى قيمة

إنخفاض قد سجلت في محتوى الماء النسبي(72.26%) كانت عند إضافة عنصر الكادميوم بتركيز(1) ملغم/لتر .

الجدول (3) تأثير العناصر الثقيلة المضافة إلى التربة في محتوى الماء النسبي% لاوراق نبات الحنطة

المعاملات		التركيز ملغم/لتر	متوسط محتوى الماء النسبي %
الماء المقطر		0.0	96.15 a
العناصر الثقيلة	الرصاص	0.01	95.20 ab
		0.025	94.70 ab
		0.05	92.80 abc
		0.1	88.40 b-g
		0.25	83.33 d-g
		0.5	83.30 d-g
		1	81.26 fgh
	النحاس	0.01	95.00 ab
		0.025	94.16 ab
		0.05	91.33 abc
		0.1	90.33 a-e
		0.25	82.66 efg
		0.5	82.10 fgh
		1	80.00 gh
	الكادميوم	0.01	92.80 abc
		0.025	90.90 a-d
		0.05	88.20 b-f
		0.1	87.50 b-g
		0.25	85.76 c-g
		0.5	75.00 hi
		1	72.26 i

- المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لاتختلف معنوياحسب إختبار دنكن متعدد المدى

إن الانخفاض في محتوى الماء النسبي قد يعزى إلى أن للعناصر الثقيلة تأثير سمي وازموزي على النباتات (23) وهذا يتفق مع ماتوصل إليه (24) ان المعاملة بالمعادن الثقيلة تعطل العلاقة بين الماء والنبات ويمكن ملاحظة تأثيرها السلبي في امتصاص ونقل ونتح الماء. كما لاحظ (5) بأن حركة الماء تقل بسبب تأثير العناصر الثقيلة على حجم وعدد الاوعية الخشبيه والتي تؤثر بدورها على إمتصاص ونقل الماء في النبات. وهذا ماتوصل إليه (25)إلى أن سبب الانخفاض يعود إلى حصول إنخفاض في إنقسام واستطالة خلايا الكامبيوم الناقلة للماء.

2_البرولين في الانسجة الورقية

أوضحت النتائج في الجدول (4) حصول زيادة معنوية بتركيز البرولين في اوراق نبات الحنطة عند اضافة الرصاص والنحاس بالتراكيز (0.5،1) ملغم/لتر مقارنة مع معاملة السيطرة. كماحصلت زياده معنوية بتركيز البرولين عند إضافة الكادميوم بالتراكيز (0.1،0.25،0.5، 1) ملغم/لتر مقارنة مع معاملة السيطرة . كما أن أعلى قيمة زيادة سجلت في تركيز البرولين (4.586) مايكرومول/غرام عند إضافة عنصرالكادميوم بتركيز (1) ملغم/لتر.

إن الزيادة الحاصلة في محتوى البرولين يعزى إلى أن المعادن الثقيلة تعمل على فقدان الماء والعناصر المغذية للنبات بزيادة عملية النتح أو أنها تؤثر على قدرة الأنسجه النباتية على بناء البروتين مما يؤدي إلى زيادة المحتوى البرولينيي للاوراق (5) . كما وجد (26)أن الزيادة في تركيز البرولين عند المعاملة بالعناصر الثقيلة قد يكون لتنظيم آلية حامضية الخلايا أوللحفاظ على الانزيمات من التضرر وفقدان وظائفها . أو قد يعمل البرولين المتراكم كمضاد للاكسدة لحماية الخلايا من ضرر الجذور الحرة(27) أو من أجل الحفاظ على التوازن التناضحي بين السايتوبلازم والفجوات (28) .

الجدول(4) تأثير العناصر الثقيلة المضافة إلى التربة على تراكم البرولين في أوراق نبات الحنطة

المعاملات		التركيز ملغم/لتر	متوسط تركيز البرولين مايكرومول /غرام
	الماء المقطر	0.0	0.084h
العناصر الثقيلة	الرصاص	0.01	0.577 fgh
		0.025	0.800 e-h
		0.05	0.823e-h
		0.1	1.038 d-h
		0.25	1.054 d-h
		0.5	1.323c-g
		1	2.508b
	النحاس	0.01	0.100h
		0.025	0.292gh
		0.05	0.307gh
		0.1	1.015 d-h
		0.25	1.192d-h
		0.5	1.423b-g
		1	2.416bc
	الكادميوم	0.01	0.500 fgh
		0.025	1.085d-h
		0.05	1.131d-h
		0.1	1.639b-f
		0.25	1.777 b-e
		0.5	2.154 bcd
		1	4.586a

- المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لاتختلف معنوياحسب إختبار دنكن متعدد المدى

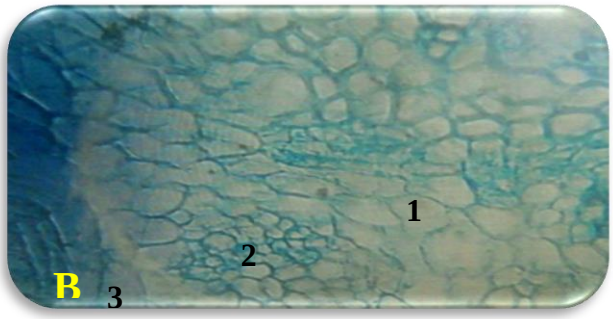
رابعا- تأثير تلوث التربة بالعناصر الثقيلة في التغيرات التشريحية لنبات الحنطة

1_ تأثير العناصر الثقيلة (الرصاص والنحاس والكادميوم)على التركيب الداخلي للجذر في نبات الحنطة

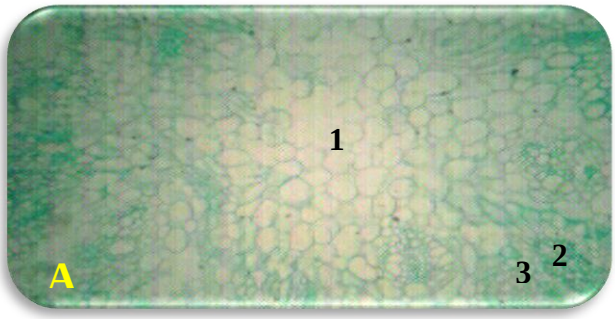
عمل الرصاص بتركيز (1ملغم/لتر) على التأثير بشكل كبير على حجم الخلايا واتساعها في منطقة القشرة والبشرة، كما كان لمادة الرصاص تأثير على ترتيب وتوزيع الحزم الوعائية وعلى خلايا النخاع مقارنة بمعاملة السيطرة (الشكل 1–A) . أما النحاس بتركيز(1ملغم/لتر) فكان له تأثير على خلايا البشرة حيث تميزت بصغر حجمها المائل الى الشكل الكروي وخلوها من مادة الكيوتكل كما كان له تأثير على خلايا القشرة إذ تميزت بإتساع المنطقة و بوجود (7) طبقات

متراصة من نوع البارنكيمية الأعتيادية ولم يحصل اي تثخنات فيها نظرا لوجود المسافات البينية، أما بالنسبة لخلايا القشرة الداخلية فكان للنحاس دور في زيادة سمك الخلايا كما وتميزت الحزم الوعائية بصغر حجمها وقلة اعدادها (الشكل 1–B) . كذلك فقد أثر الكادميوم ايضا بنفس التركيز تأثير كبير على خلايا برنكيما القشرة إذ إزداد حجم هذه الخلايا ولوحظ ميلان شكلها الى البيضوي او المستدير إضافة إلى تسمك جدرانها من النوع الزاوي (كولنكيمي زاوي) أما بالنسبة لخلايا البشرة فقد تميزت بكونها متراصة وكبيرة الحجم مائلة الى الاستطالة، كما كان للكادميوم تأثير على أعداد الحزم الوعائية وتوزيعها (الشكل 1–C) . بينما أبدت المعادن (الرصاص والنحاس والكادميوم) بتركيز (0.5ملغم/لتر) تأثيرها على الانسجة الابتدائية للجذر ومنها خلايا البشرة والقشرة الداخلية والخارجية ومنطقة النخاع إذ إنعدم وجود النخاع عند المعاملة بالكادميوم عند التركيز (0.5 ملغم/لتر) بحيث أصبحت الخلايا مضغوطة إلى الداخل ومتفرقة إضافة إلى تأثيره على الحزم الوعائية التي ظهرت بحجم أصغر مقارنة بمعاملة السيطرة (الشكل 2–C) في حين ظهر وجود النخاع عند المعاملة بالنحاس والرصاص عند التركيز (0.5ملغم/لتر) كما إزداد عدد الخلايا البرنكيمية في منطقة النخاع عند معاملة الجذر بالنحاس (0.5 ملغم/لتر) (الشكل 2–B) أما الرصاص (0.5 ملغم/لتر) فكان له تأثير كبير على ترتيب الحزم الوعائية في منطقة الجذر إذ أصبحت مبعثرة مقارنة بمعاملة السيطرة (الشكل 2–A) . أما بالنسبة لتأثير المعادن (الرصاص والنحاس والكادميوم) بتركيز (0.25 ملغم/لتر)على الجذر فقد كان للرصاص والكادميوم تأثير واضح على ترتيب الحزم الوعائية وانتشار أعداد كبيرة من الخلايا البرنكيمية في مركز الجذر لتمثل منطقة النخاع (الشكل 3–A

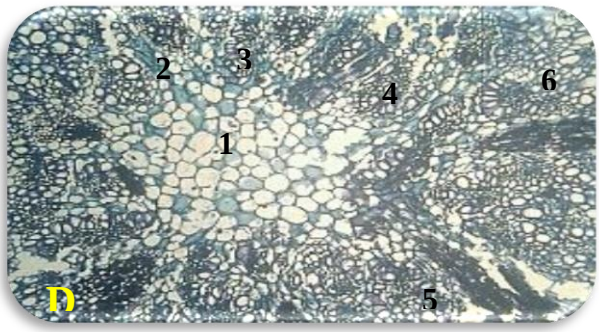
و3–C) . أما بالنسبة للنحاس فكان تأثيره سلبياً على توزيع الانسجة الابتدائية في الجذر بما فيها الحزم الوعائية والقشرة والبشرة حيث تسبب في تمزق خلايا القشرة ونقصان في عدد الحزم الوعائية وتوزيعها كما ظهرت الخلايا غير مرتبة وكان توزيعها غير منتظم بالمقارنة مع معاملة السيطرة (الشكل 3–B) .



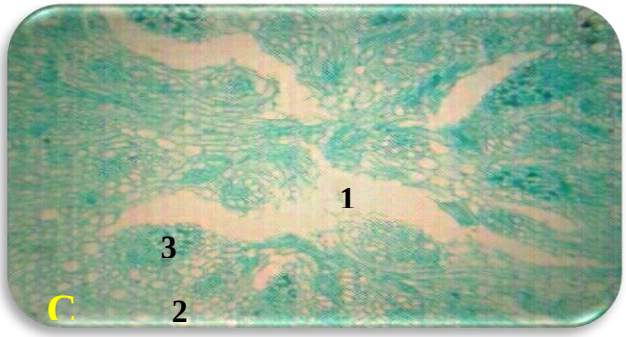
الشكل (1–B): تاثير النحاس بتركيز 1ملغم/لتر على اتساع خلايا القشرة وأحجام الحزم الوعائية في الجذر (1) خلايا بارانكيمية (2) حزم وعائية (3) قشرة. 400X



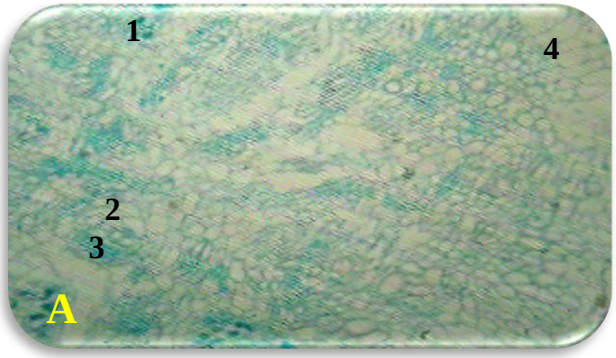
الشكل (1–A): تاثير الرصاص بتركيز 1 ملغم/لتر على حجم الخلايا واتساعها في منطقة القشرة والبشرة في الجذر (1) لب (2) خشب ابتدائي (3) لحاء ابتدائي. 400X



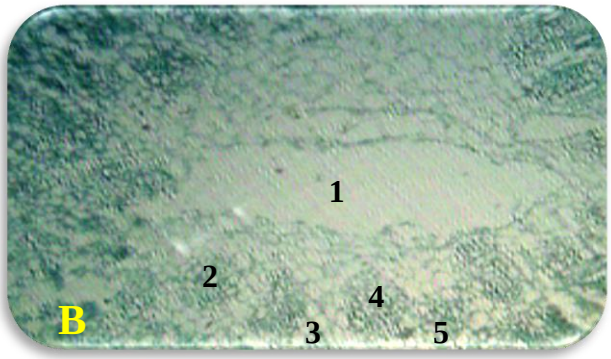
الشكل (1–D): معاملة السيطرة (ماء مقطر) جذر (1) لب (2) لحاء ابتدائي (3) خشب ابتدائي (4) حزم وعائية قطرية (5) نسيج بارانكيمي (6) قشرة. 400X



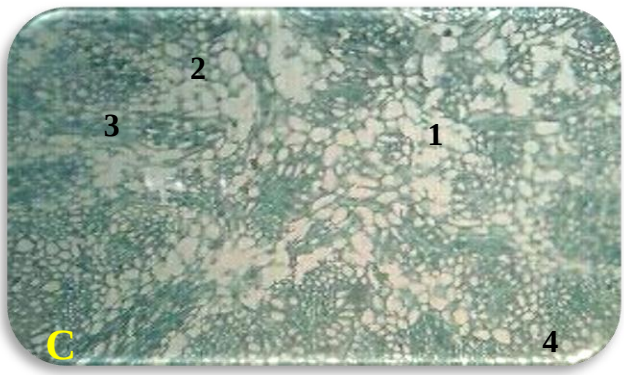
الشكل (1–C): تأثير الكادميوم بتركيز 1 ملغم/لتر في زيادة اعداد الحزم الوعائية وانتشارها باعداد كبيرة في الجذر مع حصول ضيق في منطقة النخاع (1) نخاع (2) قشرة (3) حزم وعائية. 400X



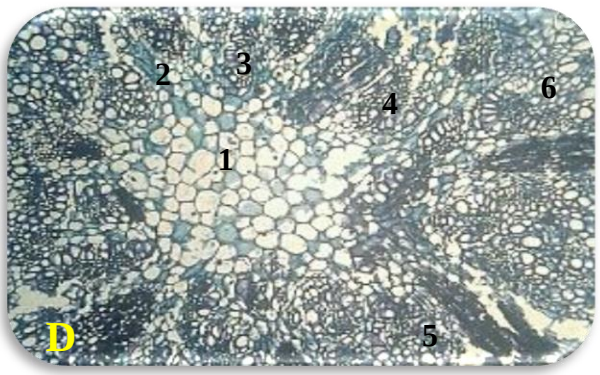
الشكل (2–A): تأثير الرصاص بتركيز 0.5 ملغم/لتر على ترتيب الحزم الوعائية في الجذر (1) حزم وعائية (2) لحاء ابتدائي (3) خشب ابتدائي (4) قشرة. 100X



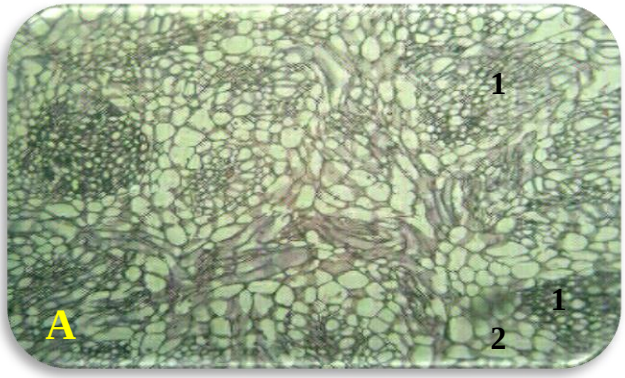
الشكل (2–B): تأثير النحاس بتركيز 0.5 ملغم/لتر على الجذر حيث يلاحظ ظهور النخاع اضافة الى ازدياد أعداد الخلايا البارنكيمية مع صغر حجمها (1) لب (2) خشب ابتدائي (3) لحاء ابتدائي (4) خشب (5) لحاء. 100X



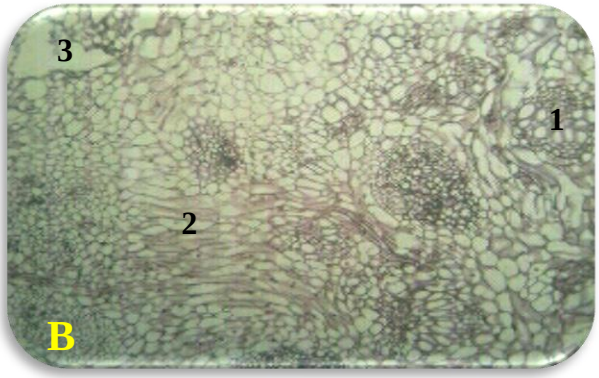
الشكل (2–C): تأثير الكادميوم على الجذر بتركيز 0.5 ملغم/لتر حيث انعدم وجود النخاع بحيث أصبحت الخلايا مضغوطة الى الداخل (1) خلايا بارانكيمية (2) خشب ابتدائي (3) لحاء ابتدائي (4) قشرة. 400X



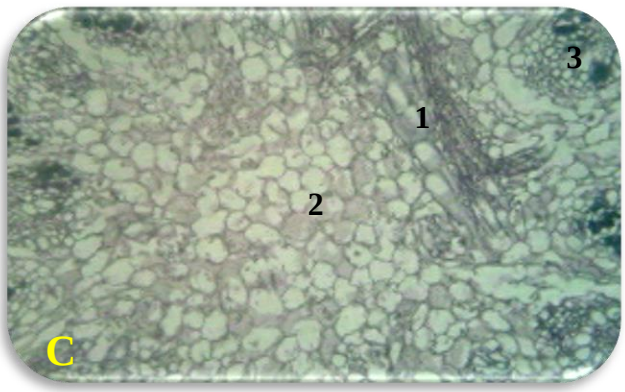
الشكل (2–D): معاملة السيطرة (ماء مقطر) جذر (1) لب (2) لحاء ابتدائي (3) خشب ابتدائي (4) حزم وعائية قطرية (5) نسيج بارانكيمي (6) قشرة. 400X



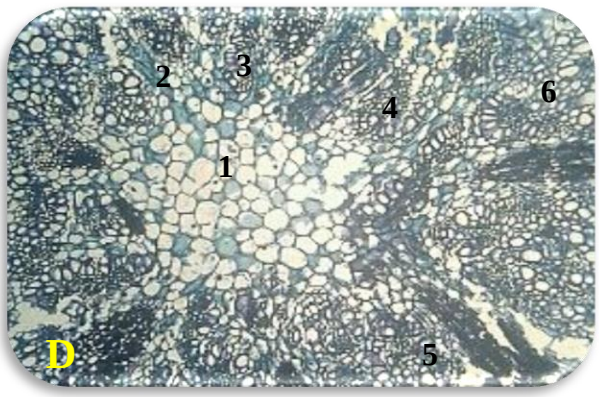
الشكل (3–A): تأثير الرصاص بتركيز 0.25 ملغم/لتر على ترتيب الحزم الوعائية وعلى منطقة النخاع في الجذر (1) حزم وعائية (2) قشرة . 400X



الشكل (3–B): تأثير النحاس بتركيز 0.25 ملغم/لتر على توزيع الانسجة الابتدائية في الجذر (1) حزم وعائية (2) نخاع (3) قشرة. 400X



الشكل (3–C): تأثير الكادميوم بتركيز 0.25 ملغم/لتر على ترتيب الحزم الوعائية وعلى منطقة النخاع في الجذر(1) عرق (2) لب (3) حزمة وعائية. 400X



الشكل (3–D): معاملة السيطرة (ماء مقطر) جذر (1) لب (2) لحاء ابتدائي (3) خشب ابتدائي (4) حزم وعائية قطرية (5) نسيج بارانكيمي (6) قشرة. 400X

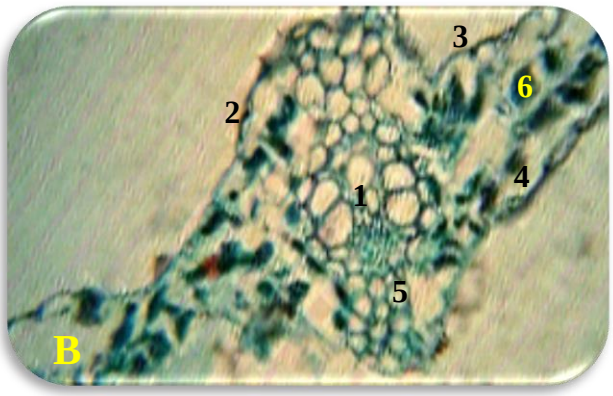
أشارت نتائج (الشكل 1 و2 و3) إلى أن إضافة العناصر الثقيلة (الكادميوم، الرصاص، والنحاس) كلا على إنفراد وبالتراكيز (0.5،1، 0.25) ملغم/لتر قد أدى إلى حصول عدة تغيرات تشريحية في جذور نباتات الحنطة المعاملة بالعناصر الثقيلة مقارنة بمعاملة السيطرة.

تشير التغيرات في شكل وتنظيم الخلية إلى تداخل المعادن الثقيلة في معدل نضوج الجذر وربما يرجع ذلك إلى قدرة المعدن الثقيل على تعطيل التوازن الهرموني (4). كما أفاد (29) أن الانخفاض في عرض القشرة البرنكيمية للجذر أساسا نتيجة لإنخفاض متوسط حجم الخلية وليس عدد طبقات الخلايا مما ينتج عنه إنكماش قطر الجذر. ووفقا(30) فقد عزى التغييرات التشريحية التي فرضتها العناصر الثقيلة على جذور نبات *Arabidopsis thaliana* إلى تغيير في أيض الهرمون النباتي وتراكم الأوكسين بالقرب من الدائرة المحيطية للجذر. وهذا ينسجم مع ماوجده (31) بأن التغيرات في أعداد عناصر القصيبات ومساحة الخشب التالي تعود الى تعزيز نمو الجذر من قبل المعادن الثقيلة نتيجة لتغير توازن الهورمونات، إذ يؤثر هذا التغيير في توازن الهورمونات على تكوين وعدد الخلايا في هذه الأنسجة. وهذا يتفق مع ما توصل إليه (4) إلى أنه يمكن أن يكون تثخن وتسمك الأنسجة في نبات *B.decumbens* استراتيجية نباتية لتقليل نقل المعادن. كما عزى (19) الانخفاض في حجم الخلية عند اضافة العناصر الثقيلة إلى انخفاض مرونة جدران الخلايا في الجذور.

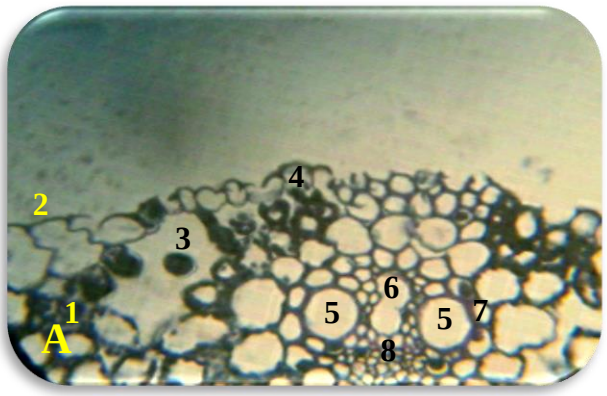
2_تأثير العناصر الثقيلة (الرصاص والنحاس والكادميوم) على التركيب الداخلي للورقة في نبات الحنطة

يلاحظ من الشكل (4–A) أن معاملة النبات بعنصر الرصاص عند التركيز(1ملغم/لتر) أثر سلبا على خلايا النسيج المتوسط في الورقة و على انتظام الخلايا في هذه المنطقه كما تميزت الحزمة بكبر حجمها وانتشار اعداد كبيرة من العناصر الخشبية واللحائية. كذلك كان للنحاس عند التركيز(1ملغم/لتر) تأثير سلبي واضح على المقطع العرضي للورقة وعلى العروق الجانبية ومنطقة النسيج المتوسط التي تميزت بصغر حجمها وانكماش الانسجة الابتدائية فيها نتيجة التأثير السلبي للنحاس على الانسجة الضامة والاساسية،أما بالنسبة للحزمة الوعائية فتميزت بوجود تثخنات في اعلى واسفل الحزمة ومن النوع السكلرنكيمية (الشكل 4–B). كما كان لإضافة الكادميوم بتركيز(1ملغم/لتر) أيضا تأثير سلبي على حجم خلايا البشرة والنسيج المتوسط مقارنة مع معاملة السيطرة إذ تميزت الخلايا بأحجامها الصغيرة المتراصة أما بالنسبة للحزم الوعائية

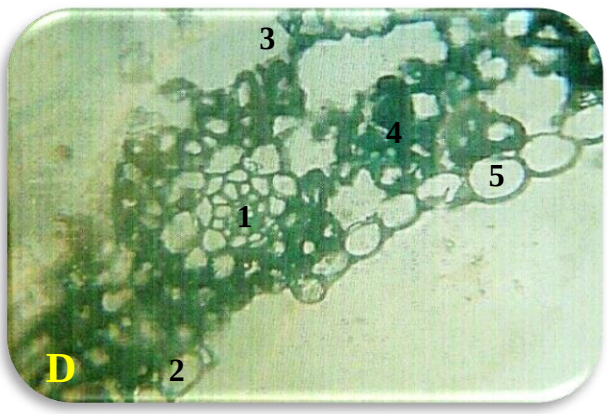
فتميزت بأحجامها الصغيرة وأعدادها القليله (الشكل 4- C) كما أثرت المعادن الثقيلة (الرصاص والنحاس والكادميوم) بتركيز (0.5ملغم/لتر) على الورقة إذ ظهرت الانسجة الابتدائية بأعداد كبيرة كما تميزت خلايا البشرة بشكلها المائل الى الاستطالة نوعا ما مع وجود أعداد كبيرة من الخلايا المحركة متلاصقة معها أما بالنسبة للحزم الوعائية فكانت منتشرة بأعداد كبيرة وتباينت في أحجامها (الشكل 5-A و 5-B و 5-C) .أما المعادن بتركيز (0.25ملغم/لتر) فلم يكن لها تأثير كبيرعلى التشريح الداخلي للورقة إذ كان عنصر الرصاص هو الافضل مقارنة بالنحاس والكادميوم من حيث توزيع الأنسجة الأبتدائية (الشكل 6-A و 6-B و 6-C).



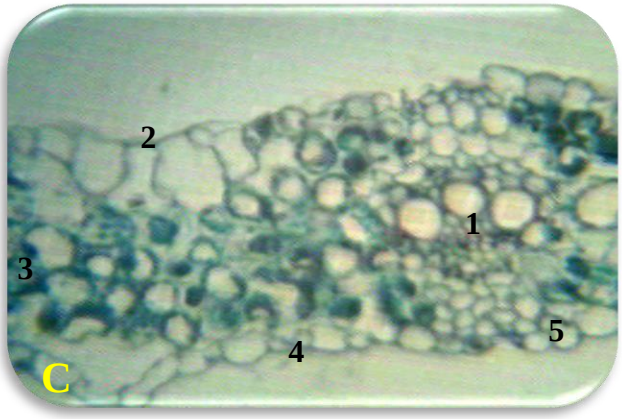
الشكل (4–B): تأثير النحاس بتركيز 1 ملغم/لتر على حجم خلايا النسيج المتوسط وعلى الانسجة الابتدائية في الورقة (1) حزمة وعائية (2) بشرة عليا (3) خلايا محركة (4) بشرة سفلى (5) الياف (6) نسيج متوسط. 400X



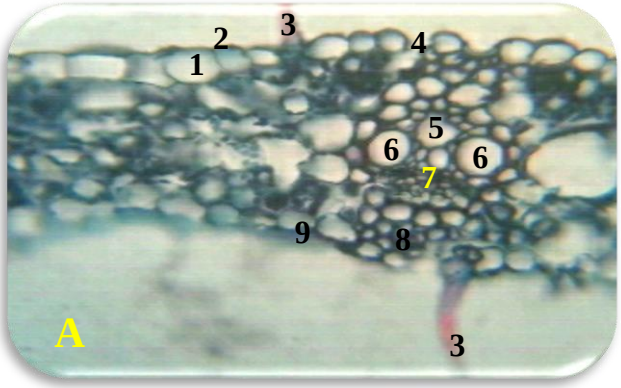
الشكل (4–A): تأثير الرصاص بتركيز 1 ملغم/لتر على انتظام خلايا النسيج المتوسط في الورقة(1) نسيج متوسط (2) خلايا محركة (3) فسحة هوائية (4) بشرة عليا (5) خشب تالي (6) خشب اولي (7) غلاف الحزمة (8) لحاء ابتدائي. 400X

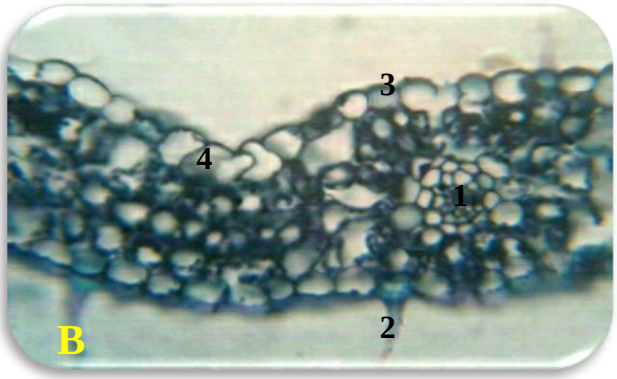


الشكل (4–D): معاملة السيطرة (ماء مقطر) ورقة (1) حزمة وعائية (2) بشرة عليا (3) بشرة سفلى (4) نسيج متوسط (5) خلايا محركة. 400X



الشكل (4–C): تأثير الكادميوم على الورقة بتركيز 1 ملغم/لتر حيث لوحظ ظهور الحزم الوعائية باحجام صغيرة واعداد قليلة (1) حزمة وعائية (2) خلايا محركة (3) نسيج متوسط (4) الجهاز الثغري (5) بشرة سفلى. 400X



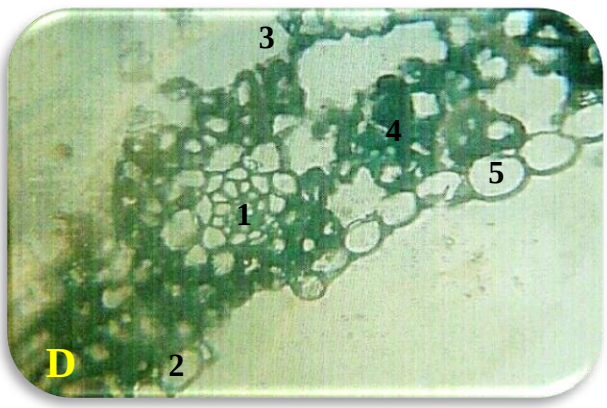


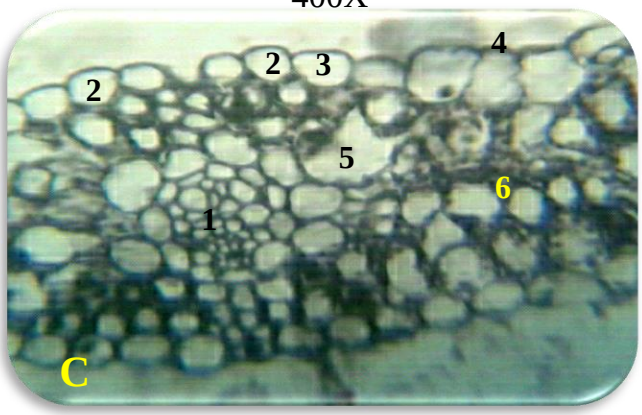
الشكل (5–B): عدم تاثير النحاس بتركيز 0.5 ملغم/لتر بشكل كبير على المقطع العرضي للورقة كما يلاحظ انتشار الحزم الوعائية باعداد كبيرة (1) حزمة وعائية (2) شعيرة (3) بشرة عليا (4) خلايا محركة.

400X

الشكل (5–A): عدم تاثير الرصاص بتركيز 0.5 ملغم/لتر بشكل كبير على المقطع العرضي للورقة كما انتشرت الحزم الوعائية باعداد كبيرة (1) خلايا محركة (2) بشرة عليا (3) شعيرة (4) تجويف الثغرة (5) خشب اول (6) خشب تالي (7) لحاء ابتدائي (8) الياف (9) بشرة سفلى.

400X

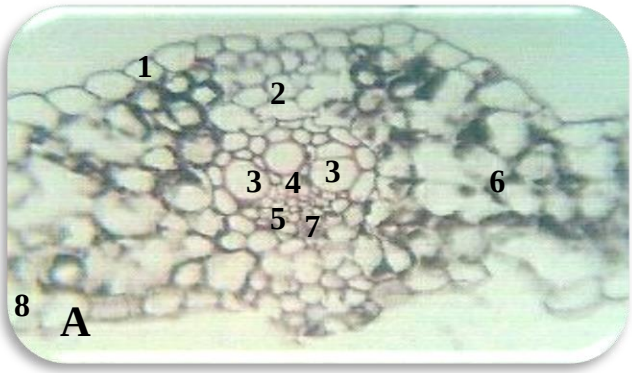


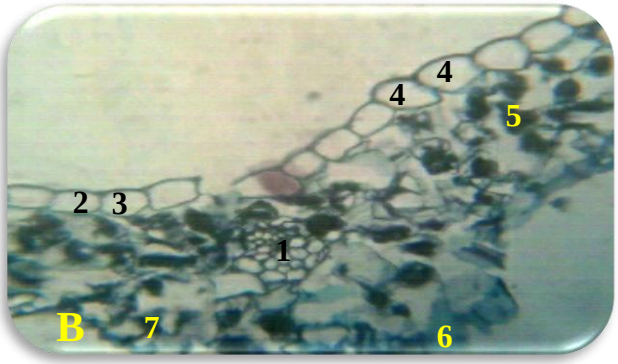


الشكل (5–D): معاملة السيطرة (ماء مقطر) ورقة (1) حزمة وعائية (2) بشرة عليا (3) بشرة سفلى (4) نسيج متوسط (5) خلايا محركة.

400X

الشكل (5–C): عدم تاثير الكادميوم بشكل كبير بتركيز 0.5 ملغم/لتر على المقطع العرضي للورقة بينما انتشرت الحزم الوعائية باعداد كبيرة (1) حزمة وعائية (2) بشرة عليا (3) أدمة (4) خلايا محركة (5) فتحة هوائية (6) نسيج متوسط. 400X

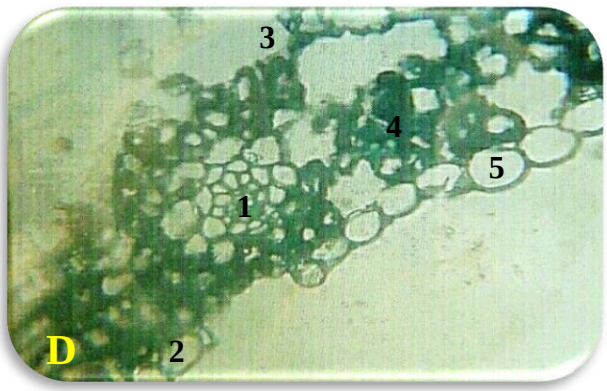


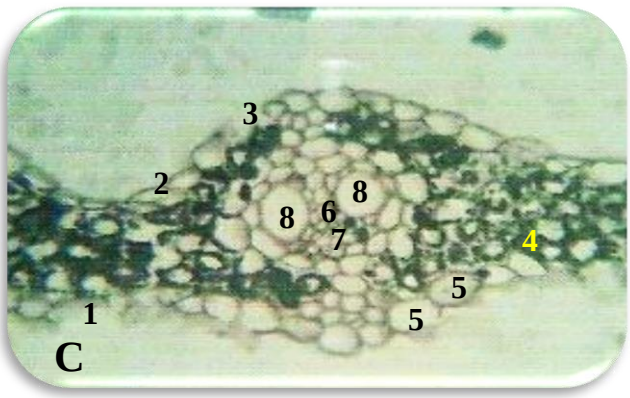


الشكل (6–B): عدم تاثير النحاس بتركيز 0.25ملغم/لتر على المقطع العرضي للورقة (1) حزمة وعائية (2) بشرة عليا (3) أدمة (4) خلايا محركة (5) نسيج متوسط (6) بشرة سفلى (7) ثغرة.

400X

الشكل (6–A): عدم تاثير الرصاص بتركيز 0.25 ملغم/لتر على توزيع الانسجة الابتدائية في الورقة (1) بشرة عليا (2) خلايا سكلرنكيمية (3) خشب تالي (4) خشب اولي (5) لحاء ابتدائي (6) نسيج متوسط (7) خلايا الياف (8) بشرة سفلى. 400X





الشكل (6–D): معاملة السيطرة (ماء مقطر) ورقة (1) حزمة وعائية (2) بشرة عليا (3) بشرة سفلى (4) نسيج متوسط (5) خلايا محركة.

400X

الشكل (6–C): عدم تاثير الكادميوم بتركيز 0.25 ملغم/لتر على المقطع العرضي للورقة (1) بشرة سفلى (2) بشرة عليا (3) ثغرة (4) نسيج متوسط (5) خلايا محركة (6) خشب اولي (7) لحاء ابتدائي (8) خشب تالي. 400X

لوحظ من الشكل (4و5و6) إلى أن إضافة العناصر الثقيلة (الكادميوم،الرصاص، والنحاس) كلا على إنفراد وبالتراكيز (0.25،0.5،1) ملغم/لتر قد أدى إلى حصول عدة تغيرات تشريحية في أوراق نباتات الحنطة المعاملة بالعناصر الثقيلة مقارنة بمعاملة السيطرة. إذ يرجع الانخفاض في احجام الخلايا إلى النمو المتوقف تحت إجهاد المعادن الثقيلة، كما يمكن أن تكون الزيادة في عدد الخلايا ومنطقة القشرة الداخلية آلية تعويضية لفقدان منطقة البناء الضوئي بسبب إنخفاض النسيج البرنكيمي للاوراق (32) . وهذا يتفق مع ما وجده (33) بأن التغيرات في حجم أنسجة البشرة هي إستجابة للتلوث. كما توصل (4) إلى أن الزيادة في سمك البشرة العليا والسفلى ممكن ان تكون مرتبطة بإمتصاص المعادن في جدران الخلايا مما تشكل مسارا بديلا لتوزيع هذه الايونات ومنع إنتقالها إلى أنسجة البناء الضوئي أو يمكن أن يكون تثخن البشرة العليا والسفلى وكبر الخلايا المحركة في بعض الانواع استراتيجية لتقليل فقد الماء عن طريق النتح في النباتات المتعرضة للتلوث بالمعادن الثقيلة .ولقد عزى(32) إنخفاض الحزم الوعائية بشكل كبير إلى ترسب أيونات المعادن الثقيلة في الخلية. وهذه النتائج سبق وان فسرت من قبل (34) بأن التغيرات في حجم وشكل وترتيب الخلايا البرنكيمية القشرية تعود إلى قدرة المعادن الثقيلة على الاخلال بتوازن الهرمونات، كما أن امتصاص العناصر الثقيلة أسفر عن نضوج مبكر للخلايا مما أدى إلى تسمك طبقات البشرة . وهذا ينسجم مع ماتوصل إليه(31) بأن الانخفاض في عددعناصر الخشب ردا على المعادن الثقيلة هو إجراء تكيفي للحفاظ على تدفق المياه على النبات.

الأستنتاجات

Conclusions

1_تبين أن إضافة المعادن الثقيلة (الكادميوم،الرصاص،النحاس) الى التربة أدى الى حصول إنخفاض في نمو النبات الخضري والجذري.

2_ إن وجود المعادن الثقيلة في التربة أدى إلى حدوث بعض التغيرات في الفعاليات الفسيولوجية للنبات (محتوى الماء النسبي، تركيز البرولين)

٣_عملت التراكيز العالية للمعادن الثقيلة على تغيير في التشريح الداخلي للنبات في كل من الجذر والاوراق.

المصادر References

١- حسين، فلاح حسن. الندوة العلمية الاولى عن التلوث البيئي لمحافظة بابل _ كلية العلوم. جامعة بابل: صفحة 5- 17 (2000).

2- Saggoo M.I.S. and Gupta R., Environ.Sci. Technol.,5-7(2013).

٣- شتيوي، مسعد. كلية العلوم الزراعية بالعريش، جامعة قناة السويس. (2005).

4- Gomes M.P.; Marques T.C.L.; Nogueira M.O.G.; Castro E.M. and Soares Â.M., Sci. Agri.(Piracicaba,Braz).,68(5):566-573(2011).

٥- الطائي، فرح صبحي صالح. رسالة ماجستير،كلية التربية،جامعة الموصل: صفحة 1_149(2006).

6- Turner C.Plant and soil. ,58:339-366. (1981).

7- Gorng ,M. and Dreier X., Der H Berlin,Nath.Naturwiss.,23:641-644 (1974).

٨- العابد,حنان و بودربان،حنان. رسالة ماجستير،كلية علوم الطبيعة والحياة بالجزائر،جامعة الإخوة متنوري قسنطينه:صفحة 1_68(2016).

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

١٠- المختار, كواكب عبد القادر والعطار, عدنان عبد الأمير والعلاف , سهيلة محمود. الطبعة الاولى , وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ,العراق (1982).

11- Houshmandfar A. and Moraghebi F., African J. of Agri. Res., 6(5): 1182-1187(2011).

12- Burhan N.; Shaukat S.S. and Tahira A. J. Biol. Sci., 4(5): 575 - 580(2004)..

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

14- Wierzbicka M.and Obidzinska J., Plant Sci.,137: 155- 171(1998).

15- Srinivas J.;Purushotham A.V.and Krishna,M.,Int.Res.J.Environ.Sci.,2(6):20-24(2013).

16- Shaikh I.R.;Shaikh P.R.;Shaikh R.A andShaikh A.A.,3(6):14-23(2013).

17- Matraszek R., Electronic J.Polish Agri.,6(2):1-14(2003).

18- Eun S.O.; Youn H.S. and Lee Y., Physiol. Plant., 110(3): 357−365(2000).

19- Gowayed S.M.H. and Almaghrabi O.A., Aust. J. Basic and Applied Sci., 7(1):548-555(2013)..

20- Pant P.P. and Tripathi A.K.,33(2):116-126(2014)..

21- Aery N.C. and Sarkar S., J. Chem. Bio.Phy.Sci.Sec.B.,2(2):763-769(2012)..

22- Soudeh F. and Zarinkamar F., Adv. Environ. Bio., 6(5): 1603-1609(2012).

23- Alayat A.; Souiki L.; Grara N.; Djebar M.R.; Boumedris Z.E.; Benosmane S.; Amamra R. and Berrebbah H., Annual Res. and Rev Bio.,4(24):3835-3847(2014)..

24- Costa G. and Morel J., Plant Physio. Bio.chem.,32:561-570(1994).

25- Fodor, E.;Szabo-Nagy A. and Erdei L., J.plant.physiology.,147:87 92(1995)

26- Skorzynska E. and Baszynski T., Physicol Plant., 15(4): 263-269(1993).

27- Surasak S.; Samuel T.; Desh-Pal SV. and Richard TS., Plant Cell., 14:2837–2847(2002).

28- Gubrelay U.; Agnihotri R.K.; Singh G.; Kaur R. and Sharma R., J. Agri. Crop Sci.,5(22):2743-2751(2013).

29- Kasim W.A..,J. of Agri. and Bio.,1:123-128(2006)..

30- Pasternak T.; Rudas V.; Potters G. and Jansen M.A.K., Environ. Exp. Bot., 53: 299–314(2005).

31- Sandalio L. M.; Dalurzo H. C.; Gomez M.; Romero-Puertas M. C.and del Rio L. A., J. of Exper.Bot., 52:2115-2126(2001).

32- AL-Saadi S.A.A.M.; AL-asaadi W.M. and AL-WAHEEB A.N.H., J. Eco and Environ sci.,4(1):100-108(2013).

33- Melo H.C.; Castro E.M.; Soares A.M.; Melo L.A.and Alves J.D Hoehnea.,34:145-153(2007).

34- Tupan C.I. and AzrianingsihR.,9(3):580-589(2016)..