



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية العلوم

قسم علم الحياة النباتية

استجابة بعض النباتات لإضافة كميات مختلفة من حمأة محطة عدرا

دراسة

أعدت لنيل درجة الدكتوراه في علم الحياة النباتية باختصاص البيئة والتنوع الحيوي النباتي

إعداد

ربيعة توفيق زحلان

(ماجستير في البيئة والتصنيف النباتي)

بإشراف

الدكتور سهيل نادر

أستاذ مساعد في قسم علم الحياة النباتية بكلية العلوم

لجنة الحكم

عضواً	أستاذ في كلية الزراعة بجامعة دمشق	الدكتور عبد الله أبو زخم
عضواً	أستاذ في كلية الزراعة بجامعة دمشق	الدكتور محمود صبوح
عضواً	أستاذ في كلية العلوم بجامعة دمشق	الدكتور عدنان علي نظام
عضواً	أستاذ في كلية العلوم بجامعة دمشق	الدكتور سامح حمو
عضواً مشرفاً	أستاذ مساعد في كلية العلوم بجامعة دمشق	الدكتور سهيل نادر

دمشق 13 / 10 / 2015

Response of some plants to adding different amounts of sludge from Adraa station

Abstract

The sludge is Biosolids waste with black colour, resulted from sewage treatment stations, used in agriculture processes, because of its content from organic matter and nutritive elements, which raising soil fertility and improving its specifications and plant productivity, but still there are some caveats because of heavy metals and pathogens in the sludge, some plants have ability to overcome gravity and presence of heavy metals by accumulate these elements without affecting the vital activity, and without showing any morphology marks.

In order to study the effect of adding gradual amounts of sludge from Adraa station to the soil in physical and chemical soil specifications and yield of Barley (*Hordeum vulgare L*), Alfalfa (*Medicago sativa*), and white wall rocket (*Diplotaxis eruroides*), Its ability to assemble Zinc and Cadmium, a plant was cultivated in soil mixed with sludge in four treatments :soil without sludge used as control, 0.2, 0.4, 0.6 kg per pot, with five replicates and soil farming continued for two consecutive seasons.

Physical and chemical soil analysis before and after the addition and chemical sludge analysis were done, and at the end of each season the following measurements were taken for each plant : height of plant, the amount of chlorophyll in leaves, and dry weight, in addition to number of tillers , number of spikes and its height for Barley , and number of inflorescences and fruits for White wall rocket; concentrations of Zn and Cd in roots, stems, leaves and fruits were measured, and the movement of these elements from soil to the plant and within plant was studied; BAC and TF for Zn and Cd and TIN for each plant were measured.

The results showed that the added sludge improved physical and chemical soil specifications, and there was a strong positive significant correlation between sludge and plant growth indicator, dry weight of all plants increased significantly package with increasing the amount of sludge,.

Zinc and Cd concentrations in soil were less than its concentrations in sludge and still within permissible limits in all treatments, in another hand the concentrations of Zn and Cd in plants were recorded the highest concentration in roots of Barely and leaves of White wall rocket, while in Alfalfa the highest concentration of Zn was in fruits, and the highest concentration of Cd was in roots.

According to BAC Barely and Alfalfa didn't accumulate Zn and Cd, while White wall rocket accumulate Zn and Cd in its leaves in all treatments; $TF < 1$ for Zn and Cd in Barely, and for Cd in Alfalfa, that means the elements still in roots, while $TF > 1$ For Zn in Alfalfa and White wall rocket, and for Cd in White wall rocket, that means the elements translocate from roots to other

parts of the plant; TIN was higher than 100% in all plants compared with control.

The results of this study allowed to fertilize barely with sludge without worry, and under special condition for Alfalfa, in another hand we can use White wall rocket in plant phytoremediation for soils contaminated with heavy metals, especially Zn and Cd.

Syrian Arab Republic

Damascus University

Faculty of Sciences

Plant Biology Department



Response of some plants to adding different amounts of sludge from Adraa station

(P h. D. Thesis)

Prepared by

Rabia Taofeek Zahalan

(Master in Environment and Plant taxonomy)

Supervision by

Prof. Assistant. Dr. Souhel Nader

Faculty of Sciences Damascus University

Judgment Staff

Prof. Dr. Abed Allh Abo Zakhm Faculty of Agriculture Damascus University

Prof. Dr. Mahmood Saboh Faculty of Agriculture Damascus University

Prof. Dr. Adnan Ali Nizam Faculty of Science Damascus University

Prof. Dr. Sameh Hamo Faculty of Science Damascus University

Assistant. Prof. Dr. Souhel Nader Faculty of Science Damascus University

Damascus 13/ 10/ 2015

جامعة دمشق – كلية العلوم

قسم علم الحياة النباتية

إقرار المشرف

أشهد أن إعداد هذه الرسالة والتي تحمل عنوان " استجابة بعض النباتات لإضافة كميات مختلفة من حمأة محطة عدرا" قد جرى بإشرافي في قسم علم الحياة النباتية في كلية العلوم بجامعة دمشق.

التوقيع:

المشرف الدكتور سهيل نادر

أستاذ مساعد في قسم علم الحياة النباتية

إقرار المقوم اللغوي

أشهد أنني راجعت هذه الرسالة " استجابة بعض النباتات لإضافة كميات مختلفة من حمأة محطة عدرا" وأصبحت صالحة للطبع بعد الأخذ بالتصحيات.

التوقيع:

المقوم اللغوي: توفيق محمد زحلان

المرتبة العلمية: إجازة في اللغة العربية

إقرار الباحثة

أشهد أن موضوع رسالة الدكتوراه هذا والتي تحمل عنوان: " استجابة بعض النباتات لإضافة كميات مختلفة من حمأة محطة عدرا" لم يسبق أن قُبل لأي شهادة، وليس مقدم حالياً للحصول على أية شهادةٍ أخرى.

التوقيع:

الباحثة ربيعة توفيق زحلان

2015 /10 /13

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

- كل الشكر لأستاذي الدكتور سهيل نادر لكل جهد بذله ولكل وقت أعطاني إياه.
- الشكر الكبير للأساتذة أعضاء لجنة الحكم الكرام لكل ما قدموه من نصح وإرشاد.
- شكري لمعلمي الدكتور عدنان علي نظام، الذي لم يبخل يوماً بإعطاء التوجيه والدعم.
- الشكر لجامعة دمشق متمثلة بعمادة كلية العلوم ورئاسة قسم علم الحياة النباتية، لكل التسهيلات والدعم.
- الشكر لهيئة الطاقة الذرية، وأخص بالشكر السيد المدير العام الدكتور إبراهيم عثمان لتعاونه، والدكتور فواز كرد علي، والدكتور محمد سعيد المصري، والسيد كمال الشمالي لكل جهد بذلوه.
- الشكر لمركز البحوث الزراعية في السويداء، وأخص بالشكر الدكتور سامي الحناوي، والدكتورة نجوى الحجار والمهندس طلعت عامر.
- الشكر للدكتور سمير الأحمد، للاستشارة الإحصائية.
- كل الشكر لزملائي وأصدقائي الذين ساعدوني وكانوا بجانبني.

اللهم صل على

- إلى الذين أعطوني القوة والصبر وحب النجاح والدي ووالدتي أطال الله عمركما
- إلى الذي ساندني بكل حب وفرح لنجاحي زوجي الغالي الله يخليك ويعطيك
- إلى الذين أحبهم وأفخر أنني أختهم أختي وأخواتي ربي لا يحرمني منكم

(رما، غادة، ربيع، يقظان، سائدة، صفاء، رغدة، غالية، غنى)

- إلى الذين جعلوني أحب الحياة وأتمسك بها أولادي

(صبا - قيس - عمر)

- إلى العائلة التي منحتني كل الاحترام أهل زوجي الكرام لكم كل المحبة
- إلى كل الأهل والأقارب والأصدقاء والأحباء.
- إلى قريتي الغالية الجنية ومحافظتي الحبيبة السويداء.
- إلى التي أصلي لها آلاف الصلوات وأدعو لها بالطمأنينة والأمان

بلدي الحبيب سورية

المحتويات

الموضوع	الصفحة
قائمة الجداول.....	IV.....
قائمة الأشكال.....	VII.....
قائمة المصطلحات.....	X.....
الملخص	1.....
المقدمة.....	3.....
أهمية البحث وأهدافه.....	5.....
الفصل الأول: الدراسة المرجعية Referential Study	6.....
1-1. خصائص الحمأة واستعمالها في الزراعة.....	7.....
1-2. محطة عدرا لمعالجة الصرف الصحي.....	9.....
1-3. الشروط الناظمة لاستعمال الحمأة حسب هيئة المواصفات والمقاييس السورية.....	10.....
1-4. التراكم الحيوي عند النباتات	13.....
1-5. استجابة النباتات للعناصر الثقيلة.....	15.....
1-6. الزنك والكاديوم.....	16.....
1-7. الأنواع النباتية المختبرة.....	17.....
الفصل الثاني: مواد البحث وطرقه Materials and Methods	16.....
2-1. التربة.....	20.....
2-2. تصميم التجربة.....	20.....
2-3. مكان التجربة.....	21.....
2-4. تحاليل التربة.....	21.....
2-5. التحليل الكيميائي لعينة الحمأة.....	22.....
2-6. البيانات النباتية.....	22.....
2-7. قياس تركيز العناصر الثقيلة.....	23.....
2-8. معامل الامتصاص الحيوي BAC وعامل الانتقال TF ومؤشر التحمل TIN.....	24.....
2-9. التحليل الإحصائي.....	25.....
الفصل الثالث: النتائج والمناقشة Results and Discussion	26.....
3-1. نتائج تحليل التربة.....	27.....

- 31.....2-3. نتائج تحليل الحمأة.....
- 33.....3-3. تركيز الزنك في التربة والحمأة.....
- 34.....4-3. تركيز الكاديوم في التربة والحمأة.....
- 35.....5-3. تأثير الحمأة في نمو وتطور الشعير العادي *Hordeum vulgare L.*.....
- 35.....3-5-1. طول النبات عند الحصاد.....
- 37.....3-5-2. عدد الإشطاعات.....
- 39.....3-5-3. كمية اليخضور.....
- 41.....3-5-4. عدد السنابل.....
- 43.....3-5-5. طول السنابل.....
- 45.....3-5-6. الوزن الجاف للقش.....
- 47.....3-5-7. الوزن الجاف للحب.....
- 51.....3-5-8. تركيز الزنك في الشعير.....
- 52.....3-5-9. BAC و TF للزنك في الشعير.....
- 54.....3-5-10. تركيز الكاديوم في الشعير.....
- 56.....3-5-11. BAC و TF للكاديوم في الشعير.....
- 57.....3-5-12. مؤشر التحمل TIN للشعير.....
- 58.....3-5-13. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات عند الشعير.....
- 65.....3-6. تأثير الحمأة في نمو وتطور الفصة المزروعة *Medicago sativa*.....
- 65.....3-6-1. طول النبات.....
- 67.....3-6-2. كمية اليخضور.....
- 69.....3-6-3. الوزن الجاف للفصة.....
- 73.....3-6-4. تركيز الزنك في الفصة.....
- 75.....3-6-5. BAC و TF للزنك في الفصة.....
- 77.....3-6-6. تركيز الكاديوم في الفصة.....
- 78.....3-6-7. BAC و TF للكاديوم في الفصة.....
- 80.....3-6-8. مؤشر التحمل TIN للفصة.....
- 81.....3-6-9. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات للفصة.....
- 84.....3-7. تأثير الحمأة في نمو وتطور جرجير الحقول *Diplotaxis erucooides*.....
- 84.....3-7-1. طول النبات.....

85.....	3-7-2. كمية اليخضور.....
87.....	3-7-3. عدد النورات في جرجير الحقول.....
89.....	3-7-4. عدد الثمار في النورة.....
91.....	3-7-5. الوزن الجاف.....
95.....	3-7-6. تركيز الزنك في جرجير الحقول.....
97.....	3-7-7. BAC و TF للزنك في جرجير الحقول.....
99.....	3-7-8. تركيز الكاديوم في جرجير الحقول.....
101.....	3-7-9. BAC و TF للكاديوم في جرجير الحقول.....
102.....	3-7-9. مؤشر التحمل TIN لجرجير الحقول.....
103.....	3-7-10. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات لجرجير الحقول.....
107.....	3-8-8. مقارنة قدرة الأنواع النباتية المدروسة على تجميع الزنك والكاديوم.....
107.....	3-8-1. مقارنة تركيز الزنك.....
110.....	3-8-2. مقارنة تركيز الكاديوم.....
113.....	الاستنتاجات.....
115.....	التوصيات.....
119.....	المراجع References

الأبحاث المنشورة

Abstract

قائمة الجداول

الموضوع	الصفحة
جدول 1. متوسط تركيز العناصر الثقيلة في حمأة محطة عدرا.....	9
جدول 2. الخصائص الكيميائية والخصوبية للحمأة في سورية.....	10
جدول 3. تصنيف الحمأة تبعاً لتركيز العناصر الثقيلة.....	11
جدول 4. استخدام الحمأة حسب مستوى التصنيف.....	11
جدول 5. التراكيز القصى للمعادن الثقيلة المسموح بها.....	12
جدول 6. نتائج تحليل العينة المرجعية V10 (أعشاب) بجهاز البولاروغراف.....	24
جدول 7. متوسط نتائج تحاليل التربة الكيميائية والفيزيائية قبل وبعد إضافة الحمأة.....	27
جدول 8. التحليل الكيميائي لحمأة محطة عدرا.....	32
جدول 9. تركيز الزنك ppm في الحمأة والتربة والحدود المسموح بها.....	33
جدول 10. تركيز الكاديوم (ppb) في الحمأة والتربة والحدود المسموح به.....	34
جدول 11. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول الشعير (سم) في الموسم الأول.....	35
جدول 12. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول الشعير (سم) في الموسم الثاني.....	36
جدول 13. مقارنة بين متوسطات طول الشعير (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.....	36
جدول 14. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط عدد إسطاعات الشعير الموسم الأول.....	38
جدول 15. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط عدد إسطاعات الشعير الموسم الثاني.....	38
جدول 16. مقارنة بين متوسطات عدد إسطاعات الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.....	38
جدول 17. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في كمية اليخضور لأوراق الشعير الموسم الأول.....	40
جدول 18. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في كمية اليخضور لأوراق الشعير الموسم الثاني.....	40
جدول 19. مقارنة بين متوسطات كمية اليخضور لأوراق الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.....	41
جدول 20. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة إلى التربة في عدد سنابل الشعير الموسم الأول.....	42
جدول 21. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة إلى التربة في عدد سنابل الشعير الموسم الثاني.....	42
جدول 22. مقارنة بين متوسطات عدد سنابل الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.....	43
جدول 23. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول سنابل الشعير (سم) الموسم الأول.....	43
جدول 24. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول سنابل الشعير (سم) الموسم الثاني.....	44

- جدول 25. مقارنة بين متوسطات طول سنانب الشعير (سم) في الموسمين لجميع المعاملات44
- جدول 26. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف لقش الشعير (غ/أ) الموسم الأول..45
- جدول 27. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف لقش الشعير (غ/أ) الموسم الثاني..45
- جدول 28. مقارنة بين متوسطات الوزن الجاف لقش الشعير غ/أ في الموسمين ولجميع المعاملات...46
- جدول 29. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف لحب الشعير (غ/أ) الموسم الأول.47
- جدول 30. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف لحب الشعير (غ/أ) الموسم الثاني..47
- جدول 31. مقارنة بين متوسطات الوزن الجاف لحب الشعير غ/أ في الموسمين لجميع المعاملات ..48
- جدول 32. أثر إضافة الحمأة في تركيز الزنك في أجزاء الشعير (ppm) لجميع المعاملات.....51
- جدول 33. مقارنة تراكيز الزنك (ppm) في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة للشعير.....52
- جدول 34. أثر إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم في أجزاء الشعير (ppb) لجميع المعاملات.....55
- جدول 35. مقارنة تراكيز الكاديوم (ppb) في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة للشعير.....55
- جدول 36. متوسط الوزن الجاف (غ/أ) للشعير في الموسمين ومؤشر التحمل % لجميع المعاملات...58
- جدول 37. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات للشعير.....59
- جدول 38. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في طول الفصّة (سم) الموسم الأول.....65
- جدول 39. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول الفصّة (سم) الموسم الثاني.....65
- جدول 40. مقارنة بين متوسطات طول الفصّة (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.....66
- جدول 41. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في كمية اليخضور لأوراق الفصّة الموسم الأول....67
- جدول 42. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في كمية اليخضور لأوراق الفصّة الموسم الثاني....67
- جدول 43. مقارنة بين متوسطات كمية اليخضور لأوراق الفصّة في الموسمين.....68
- جدول 44. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف للفصّة (غ/أ) في الموسم الأول.....69
- جدول 45. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف للفصّة (غ/أ) (الموسم الثاني).....70
- جدول 46. مقارنة بين متوسطات الوزن الجاف للفصّة (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات71
- جدول 47. أثر إضافة الحمأة في تركيز الزنك في أجزاء الفصّة (ppm) لجميع المعاملات.....74
- جدول 48. مقارنة تراكيز الزنك (ppm) في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة للفصّة.....74
- جدول 49. أثر إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم في أجزاء الفصّة (ppb) لجميع المعاملات.....77
- جدول 50. مقارنة تراكيز الكاديوم (ppb) في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة في الفصّة.....78
- جدول 51. متوسط الوزن الجاف (غ/أ) للفصّة في الموسمين ومؤشر التحمل %TIN.....80
- جدول 52. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات للفصّة.....82
- جدول 53. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول جرجير الحقول (سم) الموسم الأول.84

- جدول 54. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول جرجير الحقول (سم) الموسم الثاني. 84
- جدول 55. مقارنة بين متوسطات طول جرجير الحقول (سم) في الموسمين لجميع المعاملات..... 85
- جدول 56. أثر إضافة الحمأة في متوسط كمية اليخضور لأوراق جرجير الحقول الموسم الأول..... 86
- جدول 57. أثر إضافة الحمأة في متوسط كمية اليخضور لأوراق جرجير الحقول الموسم الثاني..... 86
- جدول 58. مقارنة بين متوسطات كمية اليخضور لأوراق جرجير الحقول في الموسمين..... 87
- جدول 59. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد نورة / نبات لجرجير الحقول موسم أول.... 88
- جدول 60. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد نورة / نبات لجرجير الحقول موسم ثاني.... 88
- جدول 61. مقارنة بين متوسطات عدد النورات/نبات لجرجير الحقول في الموسمين..... 89
- جدول 62. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد ثمار/ نورة لجرجير الحقول موسم أول.... 90
- جدول 63. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد ثمار/ نورة لجرجير الحقول موسم ثاني.... 90
- جدول 64. مقارنة بين متوسطات عدد الثمار/ نورة لجرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات. 91
- جدول 65. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف (غ/أ) لجرجير الحقول موسم أول.. 92
- جدول 66. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف (غ/أ) لجرجير الحقول موسم ثاني. 92
- جدول 67. مقارنة بين متوسطات الوزن الجاف غ/أ لجرجير الحقول في الموسمين..... 93
- جدول 68. أثر إضافة الحمأة في تركيز الزنك (ppm) في أجزاء جرجير الحقول لجميع المعاملات.. 96
- جدول 69. مقارنة تراكيز الزنك (ppm) في أجزاء جرجير الحقول ضمن المعاملة الواحدة..... 96
- جدول 70. أثر إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم (ppb) في أجزاء جرجير الحقول..... 100
- جدول 71. مقارنة تراكيز الكاديوم (ppb) في أجزاء جرجير الحقول ضمن المعاملة الواحدة..... 100
- جدول 72. متوسط الوزن الجاف (غ/أ) لجرجير الحقول في الموسمين، ومؤشر التحمل TIN %.. 103
- جدول 73. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات لجرجير الحقول..... 104
- جدول 74. أثر إضافة الحمأة في تركيز الزنك (ppm) في جذور الأنواع المدروسة وفي التربة..... 107
- جدول 75. أثر الحمأة في تركيز الزنك (ppm) في سروق وأوراق الأنواع المدروسة وفي التربة..... 108
- جدول 76. أثر إضافة الحمأة في تراكيز الزنك (ppm) في ثمار الأنواع المدروسة وفي التربة..... 109
- جدول 77. أثر إضافة الحمأة في تراكيز الكاديوم (ppb) في جذور الأنواع المدروسة والتربة..... 110
- جدول 78. أثر الحمأة في تراكيز الكاديوم (ppb) في التربة وسروق وأوراق الأنواع المدروسة..... 111
- جدول 79. أثر إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم (ppb) في ثمار الأنواع المدروسة وفي التربة... 112

قائمة الأشكال

الصفحة	الموضوع
18.....	شكل 1. الشعير . <i>Hordeum vulgare</i> L
18.....	شكل 2. الفصة <i>Medicago sativa</i>
18.....	شكل 3. جرجير الحقول <i>Diplotaxis erucoides</i>
20.....	شكل 4. جانب من مكان التجربة الذي تمت فيه الزراعة.....
23.....	شكل 5. جهاز البولاروغراف.....
28.....	شكل 6. أثر إضافة الحمأة في قيمة pH وكربونات الكالسيوم (غ/100 غ) جميع المعاملات.....
28.....	شكل 7. أثر إضافة الحمأة في محتوى التربة من المادة العضوية والأزوت الكلي (غ/100 غ).....
29.....	شكل 8. أثر إضافات متزايدة من الحمأة في تراكيز البوتاسيوم والفسفور ppm.....
30.....	شكل 9. أثر إضافة الحمأة في الناقلية الكهربائية للتربة (mS/cm) في جميع المعاملات.....
30.....	شكل 10. متوسط التركيب الحبيبي لتربة الزراعة المستعملة في البحث.....
31.....	شكل 11. موقع تربة الزراعة على مثلث تحديد قوام التربة.....
32.....	شكل 12. قيمة pH و EC (ميليمنس/سم) في حمأة محطة عدرا.....
32.....	شكل 13. التحليل الكيميائي لعينة حمأة محطة عدرا(%).....
33.....	شكل 14. أثر إضافة الحمأة في تركيز الزنك في التربة (ppm) في جميع المعاملات.....
34.....	شكل 15. أثر إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم في التربة (ppb) في جميع المعاملات.....
37.....	شكل 16. أثر إضافة الحمأة في طول الشعير (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.....
39.....	شكل 17. تزايد عدد الإشطاءات حسب كمية الحمأة المضافة.....
39.....	شكل 18. أثر إضافة الحمأة في عدد إشطاءات الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.....
41.....	شكل 19. أثر إضافة الحمأة في كمية اليخضور في الموسمين لجميع المعاملات.....
43.....	شكل 20. أثر إضافة الحمأة في عدد سنابل الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.....
44.....	شكل 21. أثر إضافة الحمأة في طول سنابل الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.....
46.....	شكل 22. أثر إضافة الحمأة في الوزن الجاف لقش الشعير (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات.....
48.....	شكل 23. أثر إضافة الحمأة في الوزن الجاف لخب الشعير (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات.....
49.....	شكل 24. مقارنة المعاملات المضاف إليها حمأة مع الشاهد للشعير قبيل الحصاد.....
50.....	شكل 25. مكرر واحد من كل معاملة للشعير قبيل الحصاد.....

- شكل 26. مقارنة تركيز عنصر الزنك في أجزاء النبات المختلفة للشعير في جميع المعاملات.....52
- شكل 27. أنث الحمأة في عامل الامتصاص الحيوي BAC للزنك في الشعير لجميع المعاملات.....53
- شكل 28. أثر الحمأة في عامل انتقال عنصر الزنك TF في لجميع المعاملات.....54
- شكل 29. مقارنة تركيز الكاديوم (ppb) في أجزاء الشعير المختلفة لجميع المعاملات.....55
- شكل 30. أثر الحمأة في معامل الامتصاص الحيوي BAC للكاديوم في الشعير لجميع المعاملات..56
- شكل 31. أثر إضافة الحمأة في عامل انتقال الكاديوم TF في الشعير لجميع المعاملات.....57
- شكل 32. أثر الحمأة في مؤشر التحمل TIN % للشعير لجميع المعاملات مقارنة مع الشاهد.....58
- شكل 33. أثر إضافة الحمأة في طول الفصّة (سم) لجميع المعاملات في الموسمين66
- شكل 34. أثر إضافة الحمأة في كمية اليخضور لأوراق الفصّة في الموسمين لجميع المعاملات.....68
- شكل 35. مقارنة بين المعاملتين (0.4 و 0.6 كغ/أ) للفصّة.....70
- شكل 36. أثر الحمأة في الوزن الجاف للفصّة في الموسمين لجميع المعاملات.....71
- شكل 37. مكرر واحد من كل معاملة لنبات الفصّة قبل الإزهار.....72
- شكل 38. مقارنة تأثير إضافة الحمأة في تركيز الزنك (ppm) في أجزاء الفصّة.....75
- شكل 39. أنث الحمأة في معامل الامتصاص الحيوي BAC للزنك في الفصّة لجميع المعاملات.....76
- شكل 40. أثر إضافة الحمأة في عامل انتقال الزنك TF في الفصّة لجميع المعاملات.....76
- شكل 41. مقارنة تأثير الحمأة في تركيز الكاديوم (ppb) في أجزاء الفصّة لجميع المعاملات.....78
- شكل 42. أثر إضافة الحمأة في معامل الامتصاص الحيوي BAC للكاديوم في الفصّة.....79
- شكل 43. أثر إضافة الحمأة في عامل الانتقال TF للكاديوم في الفصّة لجميع المعاملات.....80
- شكل 44. أثر إضافة الحمأة في مؤشر التحمل TIN % للفصّة.....81
- شكل 45. أثر إضافة الحمأة في طول جرجير الحقول (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.....85
- شكل 46. أثر الحمأة في كمية اليخضور لأوراق جرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.....87
- شكل 47. أثر الحمأة في عدد نورات جرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.....89
- شكل 48. أثر الحمأة في عدد الثمار في النورة لجرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.....91
- شكل 49. أثر الحمأة في الوزن الجاف (غ/أ) لجرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.....93
- شكل 50. مكرر واحد من كل معاملة لجرجير الحقول.....94
- شكل 51. مقارنة تأثير الحمأة في تركيز الزنك في أجزاء جرجير الحقول لجميع المعاملات.....97
- شكل 52. أثر الحمأة في معامل الامتصاص الحيوي BAC للزنك في جرجير الحقول.....98
- شكل 53. أثر الحمأة في عامل انتقال الزنك TF في جرجير الحقول لجميع المعاملات.....98
- شكل 54. مقارنة تأثير الحمأة في تركيز الكاديوم (ppb) في أجزاء جرجير الحقول.....101

- شكل 55. أثر الحمأة في معامل الامتصاص الحيوي للكامبيوم BAC في جرجير الحقول.....102
- شكل 56. معامل انتقال عنصر الكادميوم TF ضمن نبات جرجير الحقول.....102
- شكل 57. أثر الحمأة في مؤشر التحمل TIN % لجرجير الحقول في جميع المعاملات.....103
- شكل 58. مقارنة تركيز الزنك (ppm) في جذور الأنواع المدروسة وفي التربة.....107
- شكل 59. مقارنة تركيز الزنك (ppm) في سوق وأوراق الأنواع المدروسة وفي التربة.....108
- شكل 60. مقارنة تركيز الزنك (ppm) في ثمار الأنواع المدروسة وفي التربة.....109
- شكل 61. مقارنة تركيز الكادميوم (ppb) في جذور الأنواع المدروسة والتربة.....110
- شكل 62. مقارنة تراكيز الكادميوم (ppb) في التربة وسوق وأوراق الأنواع المدروسة.....111
- شكل 63. مقارنة تركيز الكادميوم (ppb) في ثمار الأنواع المدروسة.....112

قائمة المصطلحات

- المعاملات: الشاهد، 0.2 كغ/أ، 0.4 كغ/أ، 0.6 كغ/أ.
- الإضافات المتزايدة للحمأة: 0.2 كغ/أ، 0.4 كغ/أ، 0.6 كغ/أ.
- حسب تسلسل الإضافات (المعاملات) : 0.2 كغ/أ، 0.4 كغ/أ، 0.6 كغ/أ.
- الشاهد: زراعة النباتات في تربة لم يضاف لها حمأة.
- غ/أ : غرام / أصيص.
- كغ/أ: كيلوغرام/ أصيص.
- BAC معامل الامتصاص الحيوي Biological Absorption coefficient.
- BCF عامل التركيز الحيوي Biological Concentration Factor
- EC الناقلية الكهربائية Electrical Conductivity.
- GR درجة الكاشف Grade Reagent
- MPN الرقم الأكثر احتمالاً More Probability Number
- mS/cm ميلي سمنس / سنتيمتر
- ppb جزء بالبليون وفي هذه الدراسة كان القياس نانوغرام/ غرام.
- ppm جزء بالمليون وفي هذه الدراسة كان القياس ميكروغرام/ غرام.
- TF عامل الانتقال Translocation factor.
- TIN مؤشر التحمل Tolerance index.

الملخص

الحمأة هي مخلفات حيوية صلبة Biosolids سوداء اللون تنتج عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي، تستعمل في الزراعة لما تحتويه من مواد عضوية وعناصر معدنية مغذية تزيد من خصوبة التربة وتحسن من مواصفاتها، وبالتالي ترفع من إنتاجية النباتات؛ يرافق هذا الاستعمال محاذير كثيرة بسبب احتوائها على بعض العناصر الثقيلة والعوامل المرضية، غير أن بعض النباتات تتغلب على وجود العناصر الثقيلة بمراكمتها دون أي تأثير في حيويتها أو ظهور أية علائم مورفولوجية عليها. بهدف دراسة تأثير إضافات متدرجة من حمأة محطة عدرا إلى التربة، في بعض مواصفات التربة الفيزيائية والكيميائية وفي إنتاجية الشعير العادي *Hordeum vulgare L.* والفصة المزروعة *Medicago sativa* وجرجير الحقول *Diplotaxis eruroides*، إضافة إلى اختبار قدرة هذه النباتات على تجميع عنصر الزنك والكاديوم، تمت الزراعة بخلط الحمأة مع التربة وفق أربع معاملات: تربة دون إضافة حمأة (شاهد)، وتربة مع إضافة 0.2، 0.4، 0.6 كغ من الحمأة لكل أضيص، وبخمس مكررات لكل معاملة، واستمرت الزراعة لموسمين متتاليين.

أجريت تحاليل فيزيائية وكيميائية للتربة قبل إضافة الحمأة وبعدها، كما أجريت تحاليل كيميائية للحمأة، وفي نهاية كل موسم تم أخذ البيانات التالية لكل نبات: طول النبات وكمية اليخضور في الأوراق والوزن الجاف، إضافة إلى عدد الإسطوانات وعدد السنابل وطولها لنبات الشعير، وعدد النورات والثمار لنبات جرجير الحقول، حسب تركيز الزنك والكاديوم في جذور وسوق وأوراق وثمار النباتات ودُرس حركية هذه العناصر من التربة إلى النبات وضمن النبات الواحد من عضو لآخر، وحسب معامل الامتصاص الحيوي BAC ومعامل الانتقال TF لعنصر الزنك والكاديوم، ومؤشر التحمل TIN لنباتات الدراسة.

أكدت النتائج أن الحمأة المضافة للتربة قد حسنت من مواصفاتها الفيزيائية والكيميائية، وكانت علاقة الارتباط إيجابية بينها وبين دالات النمو للنباتات، حيث زاد الوزن الجاف معنوياً لجميع النباتات طرداً مع كمية الحمأة المضافة. وتؤكد دراسة حركية العناصر الثقيلة أن تراكيز الزنك والكاديوم كانت في تربة جميع المعاملات أقل مما هي في الحمأة وبقيت ضمن الحدود المسموح بها؛ أما في النباتات فقد سُجل أعلى تركيز لهما في الجذور عند الشعير وفي الأوراق عند جرجير الحقول، بينما عند الفصة كان أعلى تركيز للزنك في الثمار وأعلى تركيز للكاديوم في الجذور؛ وحسب معامل الامتصاص الحيوي BAC لم يراكم الشعير والفصة الزنك والكاديوم في أي عضو من النبات، بينما راكم جرجير الحقول العنصرين في أوراقه في جميع المعاملات. وكان معامل الانتقال $TF > 1$ لعنصر الزنك والكاديوم في الشعير ولعنصر الكاديوم في الفصة أي كان التجميع في الجذور أعلى، بينما كان $TF < 1$ للزنك في نبات الفصة وجرجير الحقول وللكاديوم في جرجير الحقول باستثناء ثمار المعاملات التي أضيف إليها

حمأة، أي حصل انتقال للعناصر من الجذر إلى المجموع الخضري، أما مؤشر التحمل TIN فقد كان أعلى من 100% لجميع النباتات وفي كل المعاملات مقارنة بالشاهد. تسمح نتائج هذه الدراسة باستعمال الحمأة في تسميد الشعير دون قلق وضمن شروط معينة للفصّة، واستعمال جرجير الحقول في المعالجة النباتية للأراضي الملوثة بالعناصر الثقيلة لا سيما الزنك والكاديوم.

المقدمة

يعد التصدي للمشكلات البيئية في إطار مناهج علمي وتقني اقتصادي، هو الحد الأدنى لإصحاح البيئة وهو الذي يكفل تحقيق أهداف التنمية البيئية والاجتماعية والاقتصادية في إطار حضاري، أدى تزايد الوعي البيئي في العقود الأخيرة التي شهدت تطوراً ملموساً في تكنولوجيا الإنتاج والخدمات من جانب ، وارتفاع كبير في معدلات الزيادة السكانية وتحسن ملحوظ في مستوى المعيشة ومعدلات استهلاك المياه من جانب آخر؛ الأمر الذي أفضى إلى اتساع الفجوة بين المتاح من الموارد المائية وبين الطلب عليها في كثير من الدول لاسيما البلدان النامية، وتم اعتماد أساليب إعادة تدوير المياه إلى سياسات محورية في إدارة الموارد المائية في عدة دول ، حتى أنه تم وضع أكثر من خطة لاستغلالها بأمان ودون الإضرار بلبينة والأراضي الزراعية أو المحاصيل، وبالتالي سلامة كافة المنتجات الزراعية وخاصة الغذائية والعلفية (Abou Seeda, 1997).

لذلك أنشأت دول عدة محطات لمعالجة المياه العادمة ولا سيما مياه الصرف الصحي بهدف إعادة استعمالها من جديد كوارد مائي تكميلي؛ يُذكر أنه وبالتوازي مع خروج المياه المعالجة من هذه المحطات تتشكل نفايات صلبة تسمى الحمأة Sludge تتراوح كميتها بين 25 و 40 كغ/شخص/سنة، تتراكم يوماً بعد يوم على أرض المحطات؛ تعد مسألة التخلص من هذه المخلفات أمراً مهماً وضرورياً مع مراعاة أن يكون ذلك بطريقة علمية سليمة وآمنة صحياً وبيئياً.

اعتمدت عدة طرائق عالمياً للتخلص من الحمأة أهمها استعمالها في الزراعة كسماد عضوي ومادة محسنة لخصوبة التربة ولمواصفاتها الفيزيائية والكيميائية، وتعد من أهم الطرائق كونها بسيطة وسهلة التطبيق وغير مكلفة اقتصادياً وذات فوائد سريعة ومباشرة للتربة والنباتات المزروعة، إذ تعمل على تزويد التربة بالمواد العضوية والعناصر الغذائية الأساسية كالأزوت والفوسفور والبوتاسيوم والمغنسيوم والكالسيوم وغيرها، كما تحسن من الخواص الفيزيائية للتربة ولا سيما زيادة المسامية وارتفاع سعة التبادل الشاردي وهذا ما ينعكس إيجاباً وبشكل مباشر على إنتاجية المحاصيل الزراعية، وذلك للحد من الاستعمال المتزايد للأسمدة الكيميائية وتلافي أضرارها واعتماد التسميد العضوي.

هذا ويجب أن لا يبني استعمال هذه المخلفات على قواعد عامة بل على عدة معايير يتعلق بعضها بالمخلفات ذاتها ولاسيما بما تحتويه من عناصر معدنية ثقيلة وسامة إضافة إلى مسببات الأمراض فيها؛ و ترتبط بعض هذه المعايير بالتربة ومواصفاتها الكيميائية حيث أن التربة المثقلة بالعناصر المعدنية ولا سيما الثقيلة لا ينجح معها استعمال الحمأة لأنها تزداد سمية وتصحراً من وجهة نظر نباتية؛ إضافة إلى ذلك فإن طبيعة المزروعات والمحاصيل الزراعية (كالحبوب، خضار، أشجار فاكهة....) تتميز بدور مهم في نجاح استعمال الحمأة.

من هنا كان لا بد من البحث عن تأثير إضافة الحمأة إلى التربة في تغيير مواصفات التربة ذاتها سلباً أو إيجاباً، وكذلك تأثيرها في نمو وإنتاجية وقدرة النباتات على التعامل الآمن مع العناصر الثقيلة التي تحملها الحمأة إلى التربة وتحديد كيفية هذا التعامل من خلال دراسة ظاهرة التراكم عند النباتات، وبمعرفة التركيب الكيميائي للحمأة والتربة و حدود التراكم المسموح به من العناصر الثقيلة في النباتات المزروعة وفي أي جزء من النبات يتم ذلك، يمكن التوصل إلى تحديد الكمية الآمنة المضافة من الحمأة التي تسمح بتحسين مواصفات التربة بشكل عام وبالتالي رفع الإنتاجية النباتية دون أن يؤدي استعمال الحمأة إلى تضرر التربة وتلوث النباتات بالعناصر الثقيلة أو العوامل الممرضة، وبالتالي ضمان سلامة الإنسان والأحياء.

إن وجود المعادن الثقيلة في الحمأة ولو بتركيز متفاوتة، واحتوائه بعض مسببات الأمراض، دفع هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2002) لوضع معايير ناظمة لاستعمالها في الزراعة ، وكان من أبرزها منع استعمال الحمأة في زراعة الخضار التي تؤكل طازجة بصرف النظر عن مستويات وطرائق المعالجة.

تستعمل الحمأة في تسميد الأراضي الزراعية إما بفرشها على سطح التربة أو بخلطها معها، وقد أكدت نتائج Martinez وآخرون (2003) أن تجفيف الحمأة وخلطها مع التربة يقلل من تأثير العوامل الممرضة التي قد تحملها وهذا ما شجع على خلط الكميات المضافة إلى التربة لكل معاملة وبشكل جيد لحد التجانس تقريباً، أما خطر العناصر الثقيلة فيبقى قائماً لما يسببه من سمية أو عرقلة للنمو في كثير من الأحيان.

تختلف النباتات في الحد من التأثيرات السمية لهذه العناصر اختلافاً كبيراً، إذ يبدي بعضها قدرة كبيرة على تقليل أخطار هذه العناصر الثقيلة من خلال تمثلها أو تجميعها في نسجها الداخلية دون التسبب بأضرار أو ظهور علائم مورفولوجية دالة على ذلك (Hanson *et al.*, 2003)، وقد خصص البحث جانباً من الاهتمام بهذه الناحية تمت دراسة القدرة التراكمية لعنصري الزنك والكاديوم في أجزاء النباتات المدروسة (الجذور، السوق، الأوراق، الثمار)، وقد تبين أن بعضها يجمع العناصر في الجذور وآخر يراكمها في الأوراق وثالث مؤشر على وجودها.

أهمية البحث وأهدافه Importance of research and its aims

يكتسب هذا البحث أهمية لأنه يختبر مدى استعمال الحمأة في المجال الزراعي ، وتأكيد دورها الكبير في التسميد وإعادة تأهيل الترب الفقيرة وزيادة خصوبتها وتحسين مواصفاتها الفيزيائية والكيميائية؛ وبالتالي زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية.

وبما أن المزارعين يعتمدون على إضافة الحمأة بنسبة 40 طن/ هكتار وسطياً، اعتمد البحث على دراسة أثر إضافات متزايدة من الحمأة، من ضمنها معاملة اعتمدت هذه النسبة ومعاملة ذات كمية إضافة أقل ومعاملة أخرى كانت كمية الإضافة فيها أكثر، لتحديد الكمية المثلى من الحمأة والمتفقة مع أفضل إنتاجية نباتية دون التسبب بأي ضرر للتربة والنبات المزروع؛ كما أن دراسة حركية عنصري الزنك والكاديوم (وهما عنصران أوصي بالتركيز عليهما في دراسات سابقة (العودات والبشير ، 2007)) بين التربة والنبات وضمن أجزاء النبات الواحد، تفيد في تحديد صفة النبات كمراكم للعنصر الثقيل أم لا، وبالتالي إعطاء الأمان باستخدام الحمأة في تسميد بعض النباتات، وأخيراً إن اختيار نباتات عشبية اقتصادية وعلفية كالشعير والفضة، وهي تزرع عادة على ترب فقيرة بالمادة العضوية، ونبات عشبي آخر (جرجير الحقل) ينتمي إلى الفصيلة الملفوفية التي تحتوي الكثير من النباتات المراكمة للعناصر الثقيلة، يكتسب هذا البحث أهمية اقتصادية وتطبيقية كبيرة؛ ولهذا يمكن إيجاز أهداف البحث بالآتي:

أ- دراسة تأثير إضافات متزايدة من الحمأة إلى التربة في تحسين بعض مواصفات التربة الفيزيائية والكيميائية والخصوبية.

ب- دراسة تأثير هذه الإضافات المتزايدة من الحمأة في نمو النباتات المدروسة وإنتاجيتها.

ج- تحديد الكمية المثلى من الحمأة التي يقابلها أفضل إنتاجية للنباتات المدروسة.

د- دراسة حركية الزنك والكاديوم بين التربة والنبات وضمن النبات لدراسة ظاهرة التراكم ونمط النبات

من هذه الناحية.

الفصل الأول

Referential Study الدراسة المرجعية

(خصائص الحمأة واستعمالها في الزراعة)

Specification of sludge and its usage in agriculture

التراكم الحيوي واستجابة النباتات للعناصر الثقيلة

Bioaccumulation and response of plants to heavy metals)

1-1. خصائص الحمأة واستعمالها في الزراعة

Specification of sludge and its usage in agriculture

بدأ تراكم الحمأة على أرض محطات معالجة مياه الصرف الصحي بسبب مشكلة كبيرة ، مما يستدعي حلها وإيجاد الطرائق المناسبة للتخلص منها على نحو صحي وآمن بيئياً، وكان من أبرز ما أتبع عالمياً في هذا المجال (Mathews, 1992) الطرائق الآتية:

أ- الطمر الصحي في التربة: تُظمر النفايات الصلبة لمحطات الصرف الصحي في مطامر صحية خاصة مصممة لهذا الغرض، حيث تُجمع في حفر معدة لها وتُغطى بالتربة؛ وهذه الطريقة شائعة في معظم البلدان ولكن بنسب مختلفة بحسب طرائق التخلص الأخرى المتاحة في كل بلد وحجم النفايات الناتجة، وعموماً تتجه معظم الدول إلى الحد منها بوضع الإجراءات التي تقيد من تطبيقها، حيث تعد مسألة اختيار المكان الملائم للطمر الصحي، وتوفير شروطه من أكبر التحديات التي تواجه محطات المدن الضخمة، ويعد تلوث المياه الجوفية والمياه السطحية بملوثات تنقلها النفايات الصلبة من أكبر المشاكل المتعلقة بالطمر التي تحصل بفعل عصارة أو رشح المطمر الذي يتولد على نحو طبيعي من المحتوى المائي لهذه النفاية ، أو بوصول مياه الأمطار إلى داخل المطمر ثم تدفقها منه نحو المصادر المائية؛ لتلافي ذلك فإن العديد من المعايير يجب أن تراعى في المطامر، من حيث نوعية الأرض ووضعها الطبوغرافي وقرب المطمر من مكامن المياه الجوفية؛ ويُعتقد أن هذه الشروط قد أخذت في الحسبان في عمليات الطمر المؤقت للنفايات الصلبة بجوار معمل معالجة القمامة في دير الحجر بريف دمشق (علي نظام ونادر، 2006).

ب- الحرق: هذه الطريقة متبعة في بعض البلدان بهدف التخلص من الحمأة وتقليل حجمها، ويتم ذلك في درجات حرارة عالية لا تقل عن 700 م°، ويجب أن تُلحق المَحْرَقَة بوحدة تنقية وامتصاص لنزع الروائح وحماية البيئة من الدخان والغازات الناجمة عن احتراق المواد العضوية؛ يبدو أن اعتماد هذه الطريقة هو آخر الخيارات المتاحة، ويقتصر تطبيقها على النفايات الملوثة بشدة التي يتعذر طمرها أو إعادة استعمالها على نحو آمن، وقد برز ملحفاً إضافياً لهذه الطريقة يشجع على استعمالها، تمثل في إمكان استعمال الرماد الناتج عن حرق الحمأة كمادة مالئة في صناعة الإسفلت، كما يمكن إدخالها في صناعة الإسمنت.

ت- الرمي في البحار والمجاري المائية: تستعمل هذه الطريقة في بعض المدن الساحلية والصفافية، بالرغم من المخاطر الكثيرة فهي تغير من خصائص المياه ومواصفاتها؛ وبالتالي تؤثر في التوازن الحيوي في البيئات المائية التي تتلقاها؛ وكثيراً ما يؤدي ذلك إلى تصحر هذه البيئات من وجهة

نظر حيوية، وتحولها إلى بؤر لانطلاق الروائح الكريهة ومراكز لانتشار مسببات الأمراض والطفيليات ، ولا سيما في الأنهار بسبب ضعف قوة الجريان المائي وغازاته.

ث- إضافتها إلى لترب الزراعية : لقد عرف الإنسان منذ القديم أهمية إضافة المخلفات العضوية الصلبة إلى التربة ودورها في تحسين خصائصها، وانعكاسها على زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية (علي نظام ونادر، 2006)؛ إن إضافة الحمأة إلى التربة تتميز بآثار إيجابية عديدة، أهمها تزويد التربة بالمواد العضوية والعناصر الغذائية كالأزوت والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم وغيرها (He *et al.*, 2000; Vries, 2005)، كما أنها تحسن من الموصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة كالكتافة الظاهرية والمسامية والتهوية وسعة التبادل الكاتيوني والناقلية الكهربائية، ونقل الجريان المائي وتحد من تعرية التربة ، إضافة إلى زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء (جزدان وآخرون، 2006)، وتزيد من إنتاجية النبات بسبب زيادة امتصاص المغذيات (أكساد، 2008؛ الزعبي وآخرون، 2010).

تعد البيئات الجافة وشبه الجافة مواقع مثالية للاهتمام بالتسميد العضوي ، إذ تعد المواد العضوية الميزان الغذائي لسد المتطلبات الأساسية من العناصر المغذية للنباتات طوال مراحل النمو ، بالإضافة إلى تقليل نسب فقد من العناصر الغذائية تحت ظروف الري المكثف، إذ تمتاز المواد العضوية ببطء تحللها؛ مما يجعل المغذيات متوافرة بصورة ميسرة ودائمة في منطقة انتشار الجذور، وتعمل المادة العضوية كمادة لاحمة لجزيئات التربة ، مما يسهل حركة الماء والهواء فيها ، وتطلق المواد العضوية بعض المواد المثبطة لنمو المسببات الممرضة للنبات (Perez-Espinosa *et al.*, 2005)؛ كما تشكل الحمأة بخلطها مع التربة مكاناً مناسباً لنمو الكثير من الأحياء الدقيقة المفيدة للنبات والتربة (علي نظام وآخرون، 2008)؛³ ولهذا أكدت دراسات عديدة على أهمية استعمال الحمأة في المجال الزراعي (العودات والبشير، 2007؛ Mathews, 1984; Hornick *et al.*, 1984; Epstein, 2003; Pinamonti and Zorzi, 1999).

تقع معظم الأراضي السورية ضمن المناخ المتوسطي الجاف وشبه الجاف (نادر، 1999)، وهي ذات ترب فقيرة بالمغذيات، ويرجع السبب إلى أن فصل النمو قصير نسبياً، وتتركز الأمطار في 3-6 ستة أشهر من السنة، لذلك يكون تحلل المادة العضوية أسرع من تراكمها، وإن إضافة الحمأة تحسن من موصفاتها وتزيد من إنتاجية محاصيلها كماً ونوعاً وتحد من استعمال الأسمدة الكيميائية (Wei, 2002; Wei and Liu, 2005)، وتعد غالبية الترب في هذه المناطق كلسية وذات pH قلووية؛ الأمر الذي يعوق تثبيت العناصر الثقيلة، فمثلاً تركيز الكاديوم القابل للامتصاص بواسطة النبات يقل عند pH تتراوح قيمتها بين 7.08 - 8.63 ويرجع ذلك إلى ترسبه على صورة غير ذائبة (Sillanpaa and Jansson, 1992)، ويتم تيسر الزنك على نحو أفضل إلى داخل النبات عند

pH تتراوح قيمتها بين 5 - 7، وكلما ارتفعت قيمة pH قلّ امتصاص الزنك، أما العناصر المغذية الكبرى N، P، K فتكون ميسرة على نحو أفضل عند قيم pH تتراوح بين 5 - 8.5، وعلى ذلك فإن إضافة الحمأة لا تحمل مخاطر جدية (علي نظام وآخرون، 2008؛ العيد وآخرون، 2002) مع العلم أن قيمة pH المعتدلة في التربة تتراوح بين 6.6 - 7.3، وتعد التربة قلوية إذا كانت القيم بين 7.4 - 8.4 (Bennett, 1993).

1- 2. محطة عدرا لمعالجة مياه الصرف الصحي

Adraa Station for treatment waste water

تعد محطة عدرا لمعالجة مياه الصرف الصحي من أضخم المشروعات التي أنجزت ليس على مستوى سورية فحسب بل على مستوى دول الجوار أيضاً، وضعت في الخدمة عام 1997، وتمتد على مساحة تقدر بنحو 64 هكتاراً من منطقة عدرا، بطاقة استيعابية تصل إلى 423 ألف متر مكعب من المياه العادمة يومياً، وهي تعالج 98% من المياه العادمة لمحافظة دمشق و 35% لريف دمشق (داريا، دمر، قدسيا، دوما، ضاحية الأسد)، تروي المياه المعالجة 18 ألف هكتار من الأراضي الزراعية، كما أن الغاز الحيوي الذي يتم الحصول عليه في المحطة يغطي 70% من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية (خرجت المحطة عن الخدمة عام 2013 بسبب الوضع الخاص الذي تمر به سورية)؛ تتصف الحمأة الناتجة عن محطة معالجة مياه الصرف الصحي بعدرا بأن ما تحويه من العناصر الثقيلة أقل من القيم المسموح بها حسب هيئة المواصفات والمقاييس السورية (الجدول 1)، (البشير وآخرون، 2003؛ العودات وآخرون، 2007؛ هيئة المواصفات والمقاييس السورية، 2002).

الجدول 1. متوسط تركيز العناصر الثقيلة في حمأة محطة عدرا (العودات وآخرون، 2007)

العنصر	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Se	Zn
التركيز ppm	1.86	108	300	0.6	4.9	79.6	3.96	1745

وبالتالي يمكن إضافتها إلى الترب الزراعية والحراجية والأراضي المراد استصلاحها؛ أما من ناحية العوامل الممرضة فإن المناخ الجاف وتخزين الحمأة مدة ستة أشهر في الهواء، وتعرضها لأشعة الشمس وللأشعة فوق البنفسجية، بالإضافة إلى تغيرات درجات الحرارة، ونشر الحمأة وخلطها بالتربة، ووجود الأحياء الدقيقة في التربة، يؤدي إلى الحد من مخاطر هذه العوامل، إذ تمتاز الأوليات بحساسيتها تجاه الجفاف كونها كائنات غير متبوغة فهي لا تعيش أكثر من عدة أيام في ظروف الجفاف، ويعد جفاف طبقة التربة السطحية من العوامل المهمة في موت الأحياء الممرضة، لذلك من الأفضل خلط الحمأة مع التربة قبل فترة زمنية من الزراعة (Chodak et al., 2001)، وقد أكدت

الأبحاث التي أجرتها هيئة الطاقة الذرية السورية أن عينات التربة وبعد شهر من إضافة الحمأة إليها، كانت خالية من الأحياء الممرضة العائدة لإضافة الحمأة (العودات والبشير، 2007).

تتميز الحمأة الناتجة عن محطات معالجة مياه الصرف الصحي في سورية بغناها بالمواد العضوية والعناصر المعدنية، وهذا يختلف من مدينة لأخرى ومن موسم لآخر بحسب النشاط العام السائد والكثافة السكانية وهذا ما يبيئه الجدول 2.

الجدول 2. الخصائص الكيميائية والخصوبية للحمأة في سورية (أكساد، 2008)

مصدر الحمأة	الكثافة الظاهرية	pH	EC dS/m	الهادة العضوية %	الأزوت الكلي %	اليوتاسيوم %	الفسفور ppm	الأزوت المعدني ppm
دمشق	0.83	6.92	2.13	47.3	3.20	0.17	103	7.10
حلب	0.81	6.50	1.80	29.7	2.46	0.24	128	235.00
حمص	0.86	6.37	3.38	40.5	3.70	0.14	132	8.49
السلمية	0.85	6.18	2.47	37.4	1.87	0.15	351	675.80

1-3. الشروط الناظمة لاستعمال الحمأة بحسب هيئة المواصفات والمقاييس السورية

The rolls for usage sludge according to Syrian Arab Organization for standardization and metrology.

على الرغم من إمكان استعمال الحمأة في تحسين مواصفات التربة وزيادة إنتاج النباتات ، تبقى هناك بعض المحاذير، لذلك أصدرت هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2002) معايير ناظمة لاستعمال الحمأة الناتجة عن محطات المعالجة لمياه الصرف الصحي على نحو آمن في الزراعة تحت الرقم 2665، تشترط المواصفة مجموعة من الإجراءات لإنتاج وتوزيع الحمأة ومعايير تركيز المعادن الثقيلة فيها، من أجل الاستعمال الآمن لها في أغراض الزراعة، وتصنف الحمأة تبعاً لمحتواها من العناصر الثقيلة إلى أربع فئات (الجدول 3).

وقد جاء في معايير استعمال الحمأة بحسب هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2002)، أن الفئة A تعتبر غير مقيدة الاستعمال (الجدول 4)، ويمكن استعمالها على نطاق واسع في الزراعة والتحريج والمساحات الخضراء، أما الفئات D,C,B فهي مقيدة الاستعمال وتعمل على نطاق أضيق بمعايير ناظمة، أما الفئة E فهي غير صالحة للاستعمال، وتحظر المواصفة استعمال الحمأة في زراعة الخضراوات التي تؤكل نيئة بصرف النظر عن مستويات المعالجة.

الجدول 3. تصنيف الحمأة تبعاً لتركيز العناصر الثقيلة (هيئة المواصفات والمقاييس السورية، 2002)

الفئة والتركيز ppm				العنصر
D	C	B	A	
30	20	20	20	الزرنيخ As
32	20	5	3	الكاديوم Cd
600	500	250	100	الكروم Cr
2000	2000	375	100	النحاس Cu
500	420	150	150	الرصاص Pb
19	15	4	1	الزئبق Hg
300	270	125	60	النيكل Ni
90	50	8	5	السيالينيوم Se
8500	2500	700	200	الزنك Zn

الجدول 4. استعمال الحمأة بحسب مستوى التصنيف، (هيئة المواصفات والمقاييس السورية، 2002).

نوع الاستعمال	مجال الاستخدام	الفئة
استعمال غير مقيد	الحدائق المنزلية والعامّة، مساحات النشاطات العامّة، المساحات الخضراء، الزراعة، الغابات، ترب المواقع المستصلحة، المطامر الصحية للنفايات، أكاداس النفايات على سطح الأرض ضمن حدود	A
استعمال مقيد	مساحات النشاطات العامّة، المساحات الخضراء، الزراعة، الحراج، ترب المواقع المستصلحة، المطامر الصحية، الإلقاء على سطح الأرض.	B
استعمال مقيد	الزراعة والحراج، الترب والمواقع المستصلحة، المطامر الصحية،	C
استعمال مقيد	الحراج، الترب والمواقع المستصلحة، المطامر الصحية، الإلقاء على	D
غير مناسب للاستعمال	المطامر الصحية للنفايات، أكاداس النفايات على أرض محطات المعالجة	E

إن إضافة الحمأة إلى التربة بغرض الزراعة أو استعمالها ضمن المسطحات الخضراء ليس مفتوحاً، بل هناك تراكيز عظمى للمعادن الثقيلة ضمن التربة لا يُسمح بتجاوزها حفاظاً على الصحة العامة كما هو مبين بالجدول 5 بحسب هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2002).

الجدول 5. التراكيز القصوى للمعادن الثقيلة المسموح بها (ppm مادة جافة).

العنصر	في التربة الزراعية	في تربة المساحات الخضراء
الزورنيخ	20	20
الكاديوم	1	5
الكروم	100	250
النحاس	100	375
الرصاص	100	150
الزئبق	1	4
النيكل	60	125
السيلينيوم	5	8
الزنك	200	700

كما وضعت المواصفة خيارين لمعالجة الحمأة بهدف إزالة الأمراض والعصيات الكولونية والسالمونيلا وبيوض الديدان الشريطية، هما معالجة متقدمة وأخرى تقليدية:
أ- الطريقة المتقدمة وتتضمن:

- تجفيف حراري بدرجة 80 م° وبدرجة رطوبة أقل من 10%.
- هضم هوائي بدرجة 55 م° مدة 20 ساعة ثم معالجة على دفعات.
- هضم لا هوائي بدرجة حرارة 53 م° مدة 20 ساعة ثم المعالجة على دفعات.
- إمالة بالدرجة 70 م° مدة 30 دقيقة يتبعها هضم هوائي بدرجة 35 م° ومدة 12 ساعة.
- معالجة بالكلس (1) بدرجة pH 12 وبدرجة حرارة 55 م° مدة ساعتين.
- معالجة بالكلس (2) بدرجة pH 12 مدة ثلاثة أشهر.

ب- الطريقة التقليدية:

- هضم هوائي بدرجة الحرارة 55 م° مدة 20 يوم.
- هضم لا هوائي (1) بدرجة حرارة 53 م° مدة 20.
- هضم لا هوائي (2) بدرجة حرارة 35 م° مدة 15 يوم.
- معالجة بالكلس بدرجة pH 12 مدة 24 ساعة.
- تهوية وتثبيت هوائي وتخزين السائل: معالجة على دفعات مدة معينة حيث تأخذ السلطات المختصة المؤهلة القرار تبعاً لحرارة المحيط.

لذلك وضعت المواصفة المعايير الجرثومية التي يجب الامتثال لها في حال زراعة المحاصيل الزراعية من غير الخضار على النحو الآتي :

- العصيات الكولونية: أقل من 1000 MPN لكل غرام مادة صلبة.
- السالمونيلا: أقل من 3 MPN لكل 4 غرام مادة صلبة.
- بويضات الديدان الشريطية: بويضة واحدة حية لكل 5 غرام مادة صلبة.

1-4. التراكم الحيوي في النباتات: Bioaccumulation in plants

يتميز العالم النباتي بخصائص وأساليب متنوعة تعكس قدرة النباتات على الاستجابة مع ما يحيط بها بكل تفاصيله ودقائق مكوناته، يبقى هذا التناغم بين النباتات والوسط عنوان الحالة الطبيعية حتى يظهر أي تغير في دقائق الوسط زيادة كان أم نقصاناً، عندها تدخل النباتات في منحى جديد من الاستجابة يبدأ بالتحمل ثم المقاومة فالتأقلم وأخيراً التكيف الذي ينتهي بتكيف النبات مع ظروف الوسط إن استطاع، وإلا سيختفي ويزول تماماً.

تحمل النباتات نتيجة نموها في تربة غنية بالمعادن الثقيلة سمية هذه العناصر، وتقاوم تأثيراتها وتم تكيف مع نوعها ودرجتها، فتبرز في هذه الحالة ظاهرة معروفة عند الكثير من النباتات هي ظاهرة التراكم Accumulation، أي تجميع العناصر داخل النسيج النباتية، وهي واحدة من الأساليب الفيزيولوجية لمقاومة سمية العناصر الثقيلة.

إن المفهوم العام للتراكم هو أن يكون تركيز العنصر في النبات أعلى منه في الوسط الذي ينمو فيه، وهو ميل طبيعي عند بعض النباتات لمراكمة العناصر دون ظهور أعراض السمية عليها، من هذه العناصر ما هو معروف بدوره الفيزيولوجي في النبات مثل النحاس والحديد والنيكل والزنك ومنها ما ليس له أي دور فيزيولوجي مهم مثل الكاديوم والرصاص والكوبالت والسيلينيوم والألمنيوم وغيرها (Alkorta et al., 2004).

تعد النباتات كمستودعات وسيطة تتجمع فيها العناصر الثقيلة الممتصة من التربة وجزئياً من الماء والهواء، وبعدها تنتقل إلى الإنسان والحيوان عبر المستويات المختلفة للسلاسل والشبكات الغذائية؛ ولظاهرة التراكم دور وقائي مهم حيث تعد وسيلة دفاعية يستعملها النبات لصد آكلات الأعشاب Herbivore ومسببات الأمراض والآفات، فتراكم الكاديوم في أوراق نبات *Thlaspi caerulescens* يمنع تغذي حشرة التريس *Frankliniella occidentalis* عليها، وقد تمثل إحدى طرائق المنافسة ضد الأنواع الأخرى من النباتات المجاورة، وذلك من خلال إثراء التربة حول النبات المراكم بالعناصر الثقيلة السامة وهذا ما يُعرف بالسمية الموجهة أو Télétoxie (Jiang et al., 2005) Allelopathy الاستقرادية.

تعد جذور النباتات بامتصاصها للنسغ الناقص، الممر الرئيس للعناصر المعدنية الثقيلة وغيرها للوصول إلى الأجزاء المختلفة من النبات، وهنا تختلف النباتات في قدرتها الامتصاصية وبالتالي في كمية العنصر الممتص الذي يمكن تقديره بحساب معامل الامتصاص الحيوي Biological absorption coefficient (BAC) على النحو التالي:

$$\text{معامل الامتصاص الحيوي BAC} = \text{تركيز العنصر في النبات Mp} / \text{تركيز العنصر في التربة Ms}$$

كثيراً ما تكون العلاقة طردية بين الكمية الممتصة بواسطة النبات والكمية المتاحة من العنصر في التربة، وقد تكون العلاقة عكسية وهذا يعود لمجموعة عوامل (الوهيبي، 2007) أبرزها: تركيز العنصر في محلول التربة أو الوسط، وتوافر شوارد الهيدروجين وشوارد أخرى مرافقة، نوع النبات ومرحلة النمو التي يمر فيها، درجة الحرارة والتهوية وعمليات الأكسدة التي تحدث في التربة، وقد تكون عمليات الامتصاص اصطفائية لبعض الشوارد دون غيرها، ووجود بعض الأحياء الدقيقة في التربة ولاسيما الفطريات الجذرية التي تتصف بدور مهم في تدوير العناصر بين الوسط الخارجي وجذور النباتات، فهي تنشط امتصاص العناصر الضرورية عندما يكون مستوى التركيز في المحلول الخارجي منخفضاً، ولكن إذا كان تركيز العنصر في مستوى السمية فإن الفطريات الجذرية قد تُخفّض معدل الامتصاص (Frey *et al.*, 2000)؛ وكذلك لتيسير الحيوي للعناصر النادرة من خلال ارتباطها مع مكونات التربة حيث تميل النباتات عموماً لامتصاص العناصر الذائبة في محلول التربة سواء في صورة شاردية أو مخليبية (Hanson *et al.*, 2003)؛ كما تتصف الشوارد والمواد العضوية المنطلقة من الجذور إلى المحيط الجذري Rhizosphere، دوراً كبيراً في تيسير امتصاص العناصر بواسطة الجذور مثل حمض الميوجينيك Mugineic acid وحمض الأفينيك Avenic acid في النجيليات.

تقسم النباتات حسب استجابتها لوجود العناصر الثقيلة في التربة وطبقاً لبعض الآراء إلى ثلاث فئات (McGrath *et al.*, 2002):

- أ- النباتات المستبعدة Excluders وهي النباتات التي تحافظ على تركيز العنصر في الجملة الفارعية عند التركيز الحدي ويظل منخفضاً في مدى واسع من تراكيز العنصر في التربة.
- ب- النباتات المرائمة Accumulators وهي النباتات التي يتركز فيها العنصر الثقيل في الجملة الفارعية سواء كان تركيز العنصر في التربة عالي أم منخفضاً.
- ج- النباتات الدالة Indicators وهي النباتات التي يكون تركيز العنصر الثقيل داخل النبات يعكس تركيزه في التربة أو يساويه.

1-5. استجابة النباتات للعناصر الثقيلة Response of plants to heavy metals

تبدى النباتات تجاه سمية العناصر الثقيلة ردود أفعال مختلفة تعبر عن قدرتها على التعامل مع هذه الحالة مثل: جعل العناصر السامة غير متحركة Immobilization في النبات، أو استبعادها من الخلايا، أو إدخالها في مركبات مخلبية Chelating compounds أو عدها حالة من الإجهاد تؤدي إلى تكوين بروتينات نوعية تُعرف ببروتينات الإجهاد (Szalai *et al.*, 2002)؛ في الواقع تتميز النباتات المراكمة بامتلاكها آلية تنظيمية دفاعية يطلق عليها Homeostasis، وهي مجموعة نشاطات تنظيمية معقدة تشمل واحدة أو أكثر من العمليات الحيوية الآتية: ربط العنصر بالجذر الخلوية، وخفض النقل عبر الغشاء الخلوي، والنقل والتدفق النشط إلى خارج الخلية، وحجز العنصر داخل الفجوة، وتكوين ارتباطات مخلبية لتأمين الامتصاص وإزالة سمية شوارد العناصر الثقيلة، وبالتالي يحافظ النبات على تراكيز داخلية للعناصر الضرورية بين حدود النقص والكفاية مع إبقاء العناصر غير الضرورية دون النقطة الحدية الحرجة للسمية (Clemens, 2001).

أثبتت Wagner و Trotter (1982) أن بعض النباتات تقاوم السمية الناتجة عن وفرة بعض العناصر في محلول التربة عن طريق تكوين مركبات مخلبية لتلك العناصر مع بعض البيبتيدات البسيطة، والتي يجرى بنائها وجود تراكيز عالية من العناصر الثقيلة، مثل تحريض الكادميوم لتكوين مركبات مخلبية في الملفوف والتبغ.

تشابه بعض العناصر الكادميوم من حيث التأثير، فقد تبين أن الرصاص والزنك والنحاس تعرض تكوين مخلبيات مشابهة، أطلق عليها اسم المخلبيات النباتية Phytochelatins التي تضم عدداً كبيراً من المركبات التي تربط شوارد العناصر الثقيلة، وهي مركبات مكونة من حموض أمينية تكون فيها نسبة السيستين عالية، تبنى هذه المخلبيات في السيتوبلازما بدءاً بمركب ال غوثاثيون، إذ تعمل على تكوين معقد مخلبي مع العنصر الثقيل ومن ثم ينتقل المعقد إلى الفجوة.

يطلق على الإنزيم الذي يساهم في تكوين المخلبيات النباتية اسم Phytochelatin synthase، وإن منشط الإنزيم الأكثر فعالية هو الكادميوم يليه الرصاص ثم النحاس والزنك والزرنيق على الترتيب، والكاتيونات ثنائية التكافؤ عمزماً؛ ويرى العلماء أن تحريض بناء المخلبيات ما هو إلا استجابة للتعرض للعناصر الثقيلة، وبذلك يمكن أن تعد المخلبيات مؤشرات حيوية لمعرفة مدى تعرض النباتات لإجهاد العناصر الثقيلة (Larsson, 2001).

تمتص بعض الأنواع النباتية كمية محدودة من العنصر وتكون محايدة، والبعض الآخر يبقى العنصر في المجموع الجذري ولا ينتقل إلا القليل منه إلى المجموع الخضري وهذه ظاهرة تحاشي، بينما في أنواع أخرى يوجد العنصر في جميع أجزاء النبات وهذه ظاهرة التحمل الحقيقي (الوهبي 2006).

تعتمد إمكانات المراكمة عند النباتات على قدرتها على تحمل تراكيز عالية من العنصر في نسجها دون ظهور أعراض السمية عليها (Gradea- Torresdey *et al.*, 1998)، مما يعطي لهذه النباتات المراكمة أهمية كبرى في معالجة الأراضي الملوثة بالعناصر الثقيلة، حيث تمتص العناصر الثقيلة من محلول التربة وتجمعها في المجموع الخضري الذي يمكن جمعه والتخلص منه، وبالتالي التخلص من العنصر الثقيل بعملية الاستخلاص النباتي Phytoextraction، تُعرف هذه العملية بالمعالجة النباتية phytoremediation (Alkorta *et al.*, 2004).

تعد عملية الإصلاح بواسطة النباتات عملية معقدة تتضوي على إذابة عناصر التربة الثقيلة، ثم امتصاصها من قبل النبات ونقلها إلى الأجزاء الخضرية التي تتحمل العناصر الثقيلة السامة وتراكمها، ويمكن استعمال نباتات معدلة وراثياً لتزيد من قدرتها على تحمل المعادن الثقيلة، وكذلك محتوى الكتلة الحيوية الكلية من هذه العناصر، فيمكن مثلاً عزل الكاديوم في فجوات النبات المعدل وراثياً، والكاديوم شديد السمية وينظر إليه كعامل مسرطن للإنسان حتى بالتراكيز المنخفضة، وبما أن تكلفة التنظيف الكيميائي للمواقع الملوثة بهذا العنصر مرتفعة؛ الأمر الذي يجعل النباتات المعالجة بديلاً مهماً منخفض التكلفة وصديقاً للبيئة (الشرابي وآخرون، 2004).

1-6: الزنك والكاديوم Zinc and Cadmium

أوصت هيئة الطاقة الذرية نتيجة دراسة العودات والبشير (2007) حول نُسْخِي إضافة الحمأة في زراعة بعض النباتات، بإعطاء أهمية خاصة لعنصري الزنك والكاديوم، إذ يؤدي وجود الزنك في التربة بتركيز يفوق 300 ppm، إلى عرقلة نشاط الجراثيم المثبتة للأزوت الجوي، كما أن التراكيز المرتفعة من الكاديوم تؤثر سلباً في نمو النباتات وهو بالتالي من أكثر العناصر المحددة للكميات المستعملة من الحمأة.

يعد محلول التربة المصدر الطبيعي للزنك المتاح للنبات عبر تجويته من المعادن الحاوية عليه، وقد يكون مصدره الهواء المحيط بمصانع صهر المعادن أو استعمال مياه ملوثة بخامات الزنك أو المياه المصروفة بعد استعمالها في المصانع أو مياه الصرف الصحي بالإضافة إلى المخصبات النباتية والمبيدات (Assuncao *et al.*, 2003)، ويعد الزنك من العناصر الضرورية لنمو النبات حيث أنه ضروري لإنتاج اليخضور، ويدخل في تركيب العديد من الإنزيمات ويزيد من فعالية بعضها الآخر، كما يشجع الزنك تكوين مركبات النمو النباتي (الأوكسينات) ويمنع تفككها، وهو عامل مساعد في عملية الأكسدة، ويسهم في بتنظيم عمليات استهلاك السكر داخل النبات ويزيد من التركيب الحيوي للفيتامينات مثل حمض الأسكوربيك، إلا أن التراكيز العالية من الزنك تتسبب بأعراض سمية وتثبيط للنمو من خلال تأثيرها في عمليات استقلابية محددة.

يوجد الكاديوم في التربة العادية بتركيز ضئيلة من رتبة 0.5 ppm أو أقل وقد يصل تركيزه في التربة الرسوبية إلى 25 ppm، من مصادر التلوث بهذا العنصر بعض خامات الفوسفور والمغذيات الصغرى والمخصبات التجارية ومخلفات تعدين الزنك؛ ويستعمل على نطاق واسع في الصناعات لصناعة الألواح الكهربائية والبطاريات والأصبغ والأنابيب البلاستيكية والمطاطية (Satarug et al., 2003)؛ ويتميز ببقائه في التربة مدة طويلة وينتقل من التربة والماء إلى النباتات فلأسماء والحيوانات، حيث تستطيع النباتات امتصاص الكاديوم من محلول التربة وتخزينه في النسج الصالحة للأكل، كما يتميز بحركته السريعة أو هجرته في نظام التربة - النبات، وهذا يزيد من احتمال دخوله في السلاسل والشبكات الغذائية، مما يعطي هذا العنصر أهمية خاصة بين العناصر الثقيلة السامة، إذ تعادل درجة سميته 2-20 مرة سمية باقي العناصر الثقيلة، مع العلم أن الحد الأعلى منه في الوجبات الغذائية يجب ألا يتجاوز 0.3 ppm؛ ويتوقف تركيزه في التربة والنبات على تراكيز المواد العضوية وكربونات الكالسيوم ودرجاتي الملوحة والحموضة، وليس للكاديوم أي دور حيوي في النباتات وهو عنصر سام لها، إذ تبدأ تأثيراته السلبية بتراكيز منخفضة بين 5 و 30 ppm حيث يخفض محتوى النبات من اليخضور بسبب تأثيره في البنية الدقيقة للصناعات الخضراء، ويؤثر سلباً في تفاعلات التركيب الضوئي وفي محتوى النبات من العناصر الضرورية ولاسيما في الجذور (Vassilev et al., 1995).

1-7: الأنواع النباتية المختبرة: Studied plants

أ- الشعير العادي *Hordeum vulgare* L. من الفصيلة الكئيبة *Poaceae*، نبات عشبي قائم، تتألف الساق من سلاميات تفصل بينها عقد، أوراقه شريطية، الثمرة برّة وهي أكينة التحم فيها الغلاف الثمري بالبذرة ويلتحم مع غلاف البرّة الحراشف الزهرية (الشكل 1)، وهو محصول حولي اقتصادي وعلفي ولا يتطلب أعمالاً فنية زراعية دقيقة، إضافة إلى أن زراعته تتم عادة في تربة فقيرة جافة وشبه جافة؛ وبالتالي فإن إضافة الحمأة تحسن من مواصفات التربة ومن إنتاجية النبات، يُزرع للحصول على حبه وقشه، ويمكن استعماله علفاً أخضر أو جاف، له استعمالات صناعية مهمة ولاسيما في صناعة الجعة، وبالأمس القريب كان يُصنع منه الخبز؛ يعتبر الشعير من النباتات الجيدة للزراعة في التربة الملوثة بالعناصر الثقيلة، حيث يبدي مقاومة لعنصر الكاديوم ولا يتأثر إنتاش بذوره حتى يصل تركيز الكاديوم في التربة إلى 25 - 45 ppm وهو تركيز مرتفع جداً عما هو في التربة الزراعية (Vassilev, 2002).

ب- الفصة المزروعة *Medicago sativa* L. من الفصيلة الفولية *Fabaceae*، نبات عشبي وعلفي غني بالبروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية، محصول مستديم يزرع في بقعة من الأرض ويبقى 4-5 سنوات ويمكن حشّه 10-12 مرة على مدار العام، ساقه قائمة شديدة التفرع، أوراقه

ثلاثية الوريقات، النورة عنقودية قليلة الأزهار، القرن ملتف (بابوجيان والقاضي، 2011) (الشكل 2)؛ تؤكد دراسات باصهي وآخرون (2007) و Singh وآخرون (2009) أن تراكيز بعض العناصر الثقيلة في سوق وأوراق الفصة يمكن أن تزداد طردياً مع ازدياد هذه العناصر في التربة، كما يأتي في قائمة النباتات التي يمكن استعمالها في تنظيف التربة من بعض العناصر الثقيلة (Prasad and Freitas, 2003).

ج- جرجير الحقول *Diplotaxis erucoides* من الفصيلة الملفوفية *Brassicaceae*، نبات عشبي حولي، ساقه قائمة، أوراقه مفصصة، أزهاره بيضاء والنورة عنقودية والثمرة خردلة (الشكل 3)؛ تحتوي الفصيلة على العديد من الأنواع المراكمة للعناصر الثقيلة، إذ تعد من أكبر الفصائل التي تنتمي إليها نباتات كثيرة مراكمة مثل الجنس *Thlaspi*، وهذا الجنس يضم الكثير من الأنواع المراكمة للعناصر الثقيلة مثل *T. caerulescens* الذي يراكم الزنك والكاديوم (الوهيبي، 2007).



الشكل 2. الفصة *Medicago sativa*

الشكل 1. الشعير *Hordeum vulgare L.*



الشكل 3. جرجير الحقول *Diplotaxis erucoides*

(صور نباتات الدراسة بكاميرا الباحثة)

الفصل الثاني

المواد والطرائق

Materials and methods

2- 1. التربة: The soil

استعملت كميات من تربة منطقة صحنايا جنوب دمشق، وهي تربة Aridisol ذات قوام انقالي من النمط a-s (نادر وإبراهيم، 2009).

وُضعت التربة في أصص سعة 20 كغ من التربة، ثم أضيفت الحمأة بكمية محددة حسب المعاملة، خلطت الحمأة الجافة مع التربة على نحو متجانس حتى عمق 20 - 25 سم، وفق الآتي:

- تربة زراعية دون إضافة الحمأة (الشاهد)
- تربة زراعية مضاف إليها 0.2 كغ حمأة/ أصيص، أي ما يعادل 20 طن/هـ.
- تربة زراعية مضاف إليها 0.4 كغ حمأة/ أصيص، أي ما يعادل 40 طن/هـ.
- تربة زراعية مضاف إليها 0.6 كغ حمأة/ أصيص، أي ما يعادل 60 طن/هـ.

2- 2. تصميم التجربة Experiment design

صُممت التجربة تصميمًا عشوائيًا كاملاً Completely Randomized Design حيث وزعت المعاملات على الأصص التجريبية بطريقة المصادفة البحتة دون تمييز، وقد اختيرت بذور سليمة ظاهرياً ومتجانسة من حيث الحجم والمواصفات الخارجية، ثم زُرعت البذور المتجانسة والسليمة على عمق 1-2 سم من سطح التربة في الرابع والعشرين من شهر كانون الأول لنبات الشعير وفي السابع من نيسان لنباتي الفصة وجرجير الحقول، ووُضعت جميع الأصص في أرض مكشوفة كما لو أنها في حقل زراعي طبيعي بعيداً عن أي مؤثر اصطناعي؛ وكانت تروى تربة جميع المعاملات عند الحاجة وعلى نحو متساوٍ دورياً وكمياً بحسب النبات باستعمال وعاء سعته 1 لتر، واستمرت الزراعة موسمين متتاليين 2011-2012 و 2012-2013، وقد خصص لكل معاملة خمسة مكررات كما يوضحه الشكل 4.



الشكل 4. جانب من مكان التجربة الذي أجريت فيه الزراعة.

2-3. مكان التجربة: Place of Experiment

تم إجراء الزراعة بكاملها في منطقة صحنايا جنوب دمشق، حيث وضعت الأصص في مكان آمن معاً (أربع معاملات بخمس مكررات لثلاث نباتات أي ستون أصيصاً) معرضة طبيعياً لكل الشروط البيئية المكانية دون عائق أو تدخل أو عبث خارجي. تتميز صحنايا كمدينة دمشق (نادر وسلوم، 2012) بمناخ متوسطي جاف وحار صيفاً، بارد ورطب نسبياً في الشتاء، أما معدل الأمطار السنوي فهو بحدود 213 ملم، ومتوسط درجة الحرارة السنوية 17.3 م°، الحرارة العليا المطلقة 43 م° في تموز، أما الدنيا المطلقة فقد بلغت 3.8- م° وسُجلت في كانون الثاني، M بلغت 25.5 م° بينما 9 m م°، عدد أشهر الجفاف يزيد على 8 أشهر، النظام المطري الفصلي من النمط: شتاء - خريف - ربيع - صيف (0، 21، 85، 107)؛ التربة طينية رملية مع قليل من الطمي (40*40*20) وبالتالي قوامها قوام انتقالي (نادر وإبراهيم، 2009)؛ هذه الشروط البيئية المحلية مشابهة للشروط البيئية للأماكن التي تنمو فيها نباتات التجربة في الحالة الطبيعية.

2-4. تحاليل التربة Soil analysis

تم جمع عينات التربة من جميع المعاملات قبل إضافة الحمأة (الشاهد) وبعدها، ووضعت في أكياس من النايلون، جُففت العينات هوائياً وطُحنت ومُمرت على منخل قطر فتحاته 2 مم لاستبعاد التربة الخشنة، وضعت التربة الناعمة في عبوات بلاستيكية سُجل عليها كل بيانات العينة، ثم أُجريت التحاليل التالية في مختبر الأراضي في مركز البحوث الزراعية في السويداء.

1- التحاليل الكيميائية للتربة: بعد تحضير عجينة مشبعة من العينة الترابية، تم حساب الناقلية الكهربائية باستعمال جهاز التوصيل الكهربائي و pH التربة باستعمال جهاز قياس pH؛ قدرت كربونات الكالسيوم بإضافة 10 مل من حمض HCl 1 نظامي لمقدار 1 غ من التربة ومعايرتها بمحلول ماءات الصوديوم (Jackson, 1985).

حُسبت كمية المادة العضوية بأخذ 0.5 غ من التربة، يضاف إليها 10 مل من حمض الكبريت المركز و3-4 نقاط من دليل فروئين ثم يُعاير الناتج بمحلول سُلفات الحديدي 1 نظامي (FAO, 1980)؛ وتم تقدير الآزوت بهضم عينة التربة بحمض الكبريت بوجود مساعدات هضم ومرجعات وبوسط قلوي وبوجود مركب كلورة مناسب تقرأ النتيجة على جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer عند طول موجة 660 نانومتراً، كما تم تقدير الفسفور بهضم عينة التربة بحمض الكبريت المركز وتقرأ النتيجة على جهاز المطياف الضوئي عند طول موجة 410 نانومتر؛ كذلك تم تقدير البوتاسيوم باستعمال جهاز التحليل الطيفي باللهب Flamometer الذي يعمل على تهيج ذرات البوتاسيوم بعد هضم عينة التربة بحمض الكبريت المركز (FAO, 2007).

II- التحاليل الفيزيائية للتربة: تم تحديد قوام التربة بقياس كثافة معلق التربة عند أزمنة محددة باستعمال جهاز الهيدرومتر (Hydrometre) (FAO, 1970).

2- 5. التحليل الكيميائي لعينة الحمأة Chemical analysis for sludge

تم قياس pH الحمأة بجل عينة من الحمأة بالماء المقطر واستعمل جهاز قياس pH، ثم رُشحت العينة وحُسبت الناقلية لكهربائية في الراشح على جهاز قياس الناقلية الكهربائية EC؛ كما قدر الآزوت بأخذ 0.4 غ من العينة ثم هُضمت بحمض الكبريت المركز و قرأت على جهاز كداهل ؛ كذلك تم تقدير عنصر البوتاسيوم بأخذ 2.5 غ من العينة أُضيف إليها ماء مقطر رُجت العينة ورُشحت ثم قرأت النتيجة على جهاز التحليل الطيفي باللهب، كما تم حصر الصوديوم بجل 2.5 غ من الحمأة بالماء المقطر و بعد رجّ العينة وترشيجها تُقرأ النتيجة باستعمال جهاز التحليل الطيفي باللهب (الزعيبي وآخرون، 2013)؛ وحسبت الرطوبة بوضع 10 غ من الحمأة في جفنة توضع الجفنة في فرن بدرجة 105 م° حتى ثبات الوزن وتحسب الرطوبة بتطبيق العلاقة التالية:

$$\text{وزن الجفنة مع الحمأة الرطبة} - \text{وزن الجفنة مع الحمأة الجافة} \times 100 = \frac{\text{وزن الجفنة مع الحمأة الرطبة} - \text{وزن الجفنة مع الحمأة الجافة}}{\text{وزن الجفنة مع الحمأة الرطبة}} \times 100$$

أما المادة العضوية فقد فُدرت اعتماداً على طريقة الحرق حيث أُخذ 50 ملغ من الحمأة وأُضيف إليها حمض كلور الماء وجُففت العينة في الفرن بدرجة 105 م° ثم وضعت العينة داخل حجرة الاحتراق بدرجة 1150 م° حيث يتحول كربون المواد العضوية إلى غاز CO₂ الذي يُقاس بجهاز تقدير العناصر الأساسية (Tendon, 2005).

2- 6. البيانات النباتية: Plant data

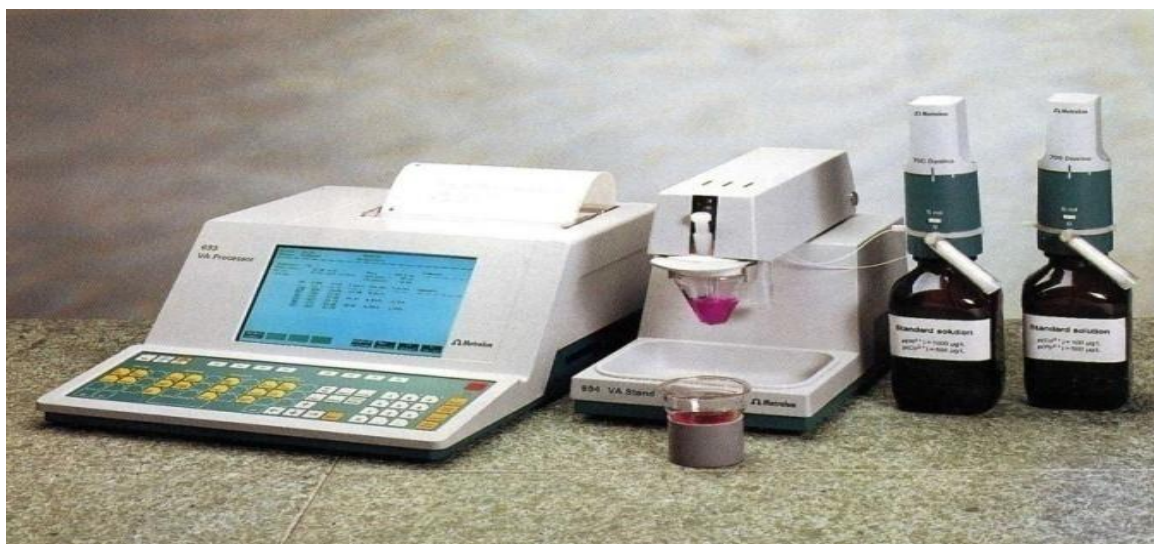
أُخذت في أثناء التجربة وبنهايتها البيانات النباتية الآتية:

- طول النبات بعد الإثمار (للفصاة وجرجير الحقول) و عند الحصاد (للشعير)، بدءاً من سطح التربة باستعمال شريط خاص للقياس.
- عدد الإسطوانات ومتوسطها (للشعير فقط).
- كمية اليخضور باستعمال جهاز CCM-200 plus الهصم لأخذ القراءات مباشرة من الأوراق النباتية الحية دون تدمير العينة وتحت ظروف النمو والإضاءة الطبيعية.
- عدد السنايل عند الحصاد في كل أصيص (للشعير)، وعدد النورات وعدد الثمار في النورة (لجرجير الحقول).
- طول كل سنبله عند الحصاد من قاعدة السنبله حتى القمة دون السفاة باستعمال المسطرة (للشعير).

- الوزن الجاف : جمع النبات وتُظف وأدخل الفرن على درجة حرارة 60° حتى ثبات الوزن وحُسب الوزن باستعمال ميزان حساس.

2-7. قياس تركيز العناصر الثقيلة Measurement of heavy metal concentration

تم قياس تركيز عنصرى الزنك والكاديوم في جذور وسوق وأوراق وثمار النباتات بجميع المعاملات باستعمال جهاز البولاروغراف Polarographe، حيث أُخذ 3 غرام من كل عينة جافة وبعد ترميدها بدرجة 450 م° مدة كافية، وُضعت في بيشر سعة 250 مل وأضيف إليها 25 مل من حمض الآزوت المركز 65% ويضع قطرات من حمض فوق الكلور للمساعدة في أكسدة المركبات العضوية المنحلة، ثم هُضمت العينة مدة خمس ساعات تقريباً، ثم بُخرت لقرب الجفاف، وأُذيب الراسب المتكون بإضافة حمض الآزوت الممدد 25%، بعدها ضُبط حجم العينة السائلة بمحلول ممدد من حمض الآزوت ليصبح الحجم الكلي 25 مل وبذلك أصبحت العينة جاهزة للقياس على جهاز البولاروغراف (Metrohm 693 VA) (الشكل 5).



الشكل 5. جهاز البولاروغراف: المعالج Metrohm 693 VA وحامل خلية التحليل Metrohm Stand 694VA.

جرى ضبط جودة التحاليل والقياسات بجهاز البولاروغراف، عن طريق استعمال عينة مرجعية Reference sample وفق الجدول 6 بالإضافة إلى تمرير عينة شاهد Blank sample مع كل دفعة تحاليل، وكانت جميع المواد الكيميائية المستخدمة في تحضير المحاليل اللازمة لإجراء التحاليل بدرجة (Grade Reagent) GR، وقد أُجريت هذه التحاليل في مختبرات الهيئة العامة للطاقة الذرية بدمشق.

الجدول 6. نتائج تحليل العينة المرجعية V10 (أعشاب) بجهاز البولاروغراف العينة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

العنصر	التركيز النظري	مجال الثقة	التركيز المُؤاس
Cd (نانو غرام/غرام)	30	20-50	36±9
Zn (ميكرو غرام/غرام)	24	21-27	22.12±0.30

2- 8. معامل الامتصاص الحيوي Biological Absorption Coefficient (BAC) وعامل

الانتقال Translocation Factor (TF) ومؤشر التحمل (TIN) Tolerance Index.

1. تم حساب معامل الامتصاص الحيوي (BAC): وهو يشير إلى قدرة النبات على مراكمة العناصر الثقيلة من التربة ويقارن بين تركيز العنصر في أنسجة النبات وبين تركيزه في التربة (Liu *et al.*, 2008) ويحسب كما يلي:

$$\text{تركيز العنصر الثقيل في أنسجة النبات} \\ \text{= BAC}$$

تركيز العنصر الثقيل في التربة

وفي هذه الدراسة تم حسابه للجذور والسوق والأوراق والثمار بالنسبة لنباتي الفصّة وجرجير الحقول وتم حسابه للجذور والقش والحب لنبات الشعير .

2. تم حساب عامل الانتقال (TF): وهو يشير إلى قدرة النبات على نقل العناصر الثقيلة من المجموع الجذري إلى المجموع الخضري وحسب وفق العلاقة (Mattina, 2003):

$$\text{تركيز العنصر الثقيل في المجموع الخضري} \\ \text{= TF}$$

تركيز العنصر الثقيل في المجموع الجذري

وتم حسابه للسوق والأوراق والثمار لنباتي الفصّة وجرجير الحقول، وللقش والحب لنبات الشعير .

3. تم حساب مؤشر التحمل (TIN): وهو يدل على التغيرات التي تطرأ على الوزن الجاف الكلي، بمقارنة الوزن الجاف الكلي للنباتات التي تنمو في تربة تحتوي على تراكيز مرتفعة من العناصر الثقيلة بالوزن الجاف للنباتات التي تنمو في تربة لا تحتوي على تراكيز مرتفعة من العناصر الثقيلة (الشاهد)، وتؤخذ قيمته كنسبة مئوية (Orman, 2014) ويحسب كما يلي:

الوزن الجاف للنبات في التربة الملوثة بالعناصر الثقيلة

$$\text{مؤشر التحمل} = \frac{\text{الوزن الجاف للنباتات في التربة الشاهدة}}{\text{الوزن الجاف للنباتات في التربة الملوثة بالعناصر الثقيلة}} \times 100$$

الوزن الجاف للنباتات في التربة الشاهدة

وقد تمّ حساب مؤشر التحمل للمعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ وقورنت مع الشاهد، وذلك بعد

أخذ متوسط الوزن الجاف للموسمين لكل نبات.

2-9. التحليل الإحصائي Statistic analysis

تم حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري ورسم مخطط الأعمدة لكل المتغيرات الكمية المدروسة، وأجري اختبار التباين وحيد الاتجاه One way ANOVA لمعرفة مدى معنوية الفروق بين المتوسطات لمختلف المعاملات المدروسة، وسجلت قيمة LSD (Least Significant Difference) عند مستوى ثقة 0.05. ودرست علاقة الارتباط بين المتغيرات جميعها للنبات الواحد، وقد استعمل لذلك البرنامج الإحصائي SPSS.

الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

Results and Dissection

3-1. نتائج تحاليل التربة Results of soil analysis

يبين الجدول 7 نتائج التحاليل الكيميائية والفيزيائية لعينات التربة قبل الخلط بالحمأة (الشاهد)

وبعد الخلط ولكل المعاملات؛ وهو ما يؤكد أن إضافة الحمأة إلى التربة قد غيرت من بعض

خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية وحسنتها وجاءت النتائج كما يأتي:

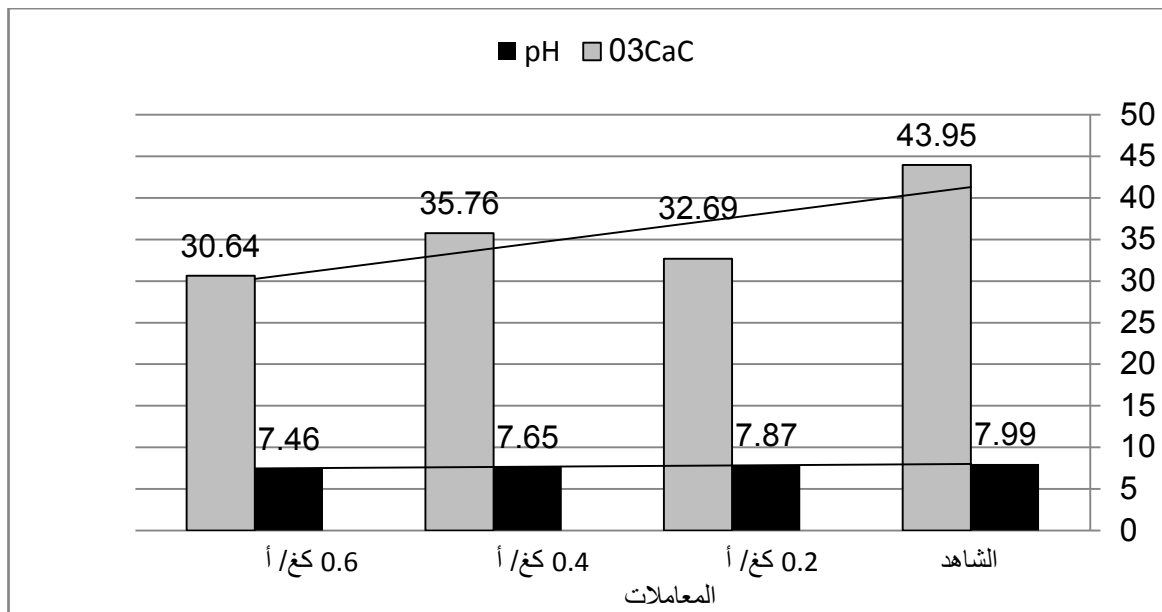
أ- أكدت النتائج ظهور انخفاض في قيمة الـ pH من 7.99 في الشاهد إلى 7.87، 7.65، 7.46 في المعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ على الترتيب؛ كذلك الأمر بالنسبة لكاربونات الكالسيوم التي أظهرت انخفاضاً ملحوظاً من 43.95 في الشاهد إلى 32.69، 35.76، 30.64 كغ/100 غ تربة حسب تسلسل الإضافات، ويوضح الشكل 6 ترافق انخفاض PH مع انخفاض تركيز كربونات الكالسيوم إضافة إلى التناسب العكسي بين هذا الانخفاض وكمية الحمأة المضافة، مما يؤكد أن تحلل المادة العضوية في محلول التربة الناتجة عن إضافة الحمأة أدى إلى زيادة تكوين المخلفات النباتية ذات الطبيعة الحمضية (Larsson, 2001)، وإلى تحرر الحموض العضوية الذي يؤدي بدوره إلى خفض قيمة pH وإذابة معادن الكربونات ولاسيما كربونات الكالسيوم وتحرر الكالسيوم الذي يمتصه النبات كعنصر مهم لبعض العمليات الحيوية، مما يؤدي إلى خفض تركيز كربونات الكالسيوم في محلول التربة (محمود والزيدي، 2011).

الجدول 7. متوسط نتائج التحاليل الكيميائية والفيزيائية للتربة قبل وبعد إضافة الحمأة لجميع المعاملات.

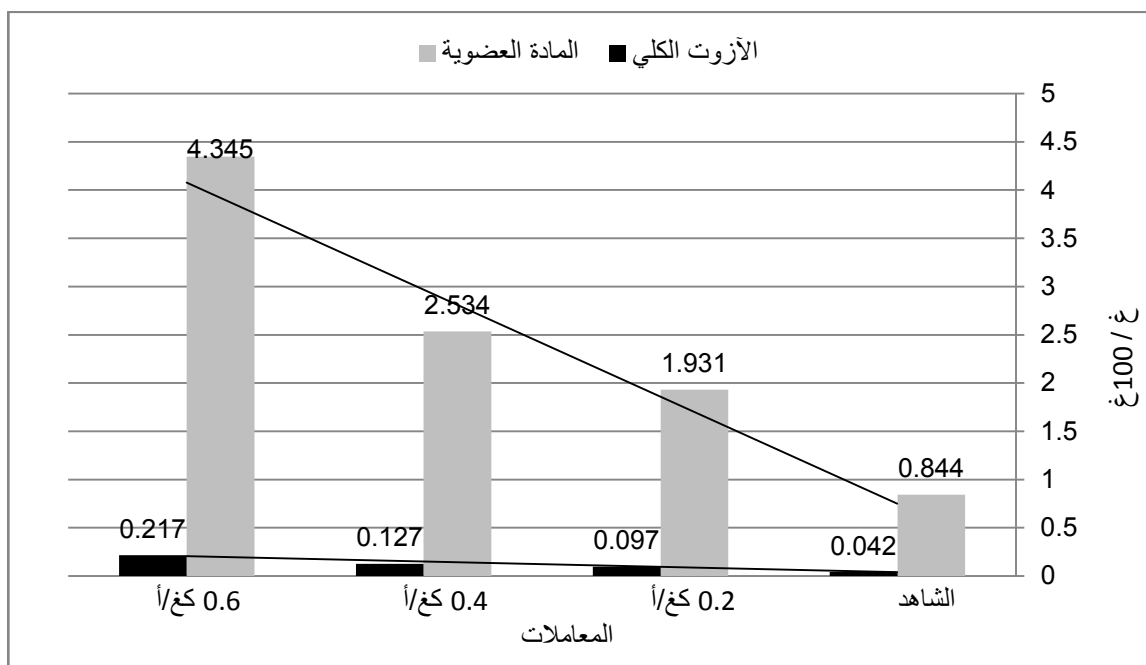
التحليل الميكانيكي %			ppm		غ/100 غ من التربة %			عجينة مشبعة		التربة
سنت	طين	رمل	P	K	N كلي	مادة عضوية	CaCO ₃	EC mS/cm	pH	
19	41	40	10.5	145	0.042	0.844	43.95	1.33	7.99	الشاهد
19	41	40	60	145	0.097	1.931	32.69	1.53	7.87	0.2 كغ/أ
18	40	42	92	230	0.127	2.534	35.76	2.46	7.65	0.4 كغ/أ
19	39	42	111	230	0.217	4.345	30.64	3.21	7.46	0.6 كغ/أ

ب- ارتفعت المواد العضوية على نحو ملحوظ من 0.844 كغ/100 غ تربة في الشاهد إلى 1.930، 2.534، 4.345 كغ/100 غ تربة بعد الإضافات المتسلسلة من الحمأة وكانت نسبة الزيادة المتوافقة 128.8%، 200.2%، 414.8% على الترتيب؛ أما الأزوت الكلي فقد أظهر زيادة

مشابهةً لزيادة المواد العضوية إذ ارتفع تركيزه من 0.042 غ/100غ تربة في الشاهد حتى 0.097، 0.127، 0.217 غ/100غ تربة بعد الإضافات المتدرجة للحمأة، وكانت نسبة الزيادة المتوافقة هي 131%، 202.4%، 416.7% على الترتيب، وهذا ما يوضحه الشكل 7، إذ إن الحمأة المضافة تحتوي على ما يقارب 41% مادة عضوية و 2.07% آزوت كلي كما يبين الجدول 8.

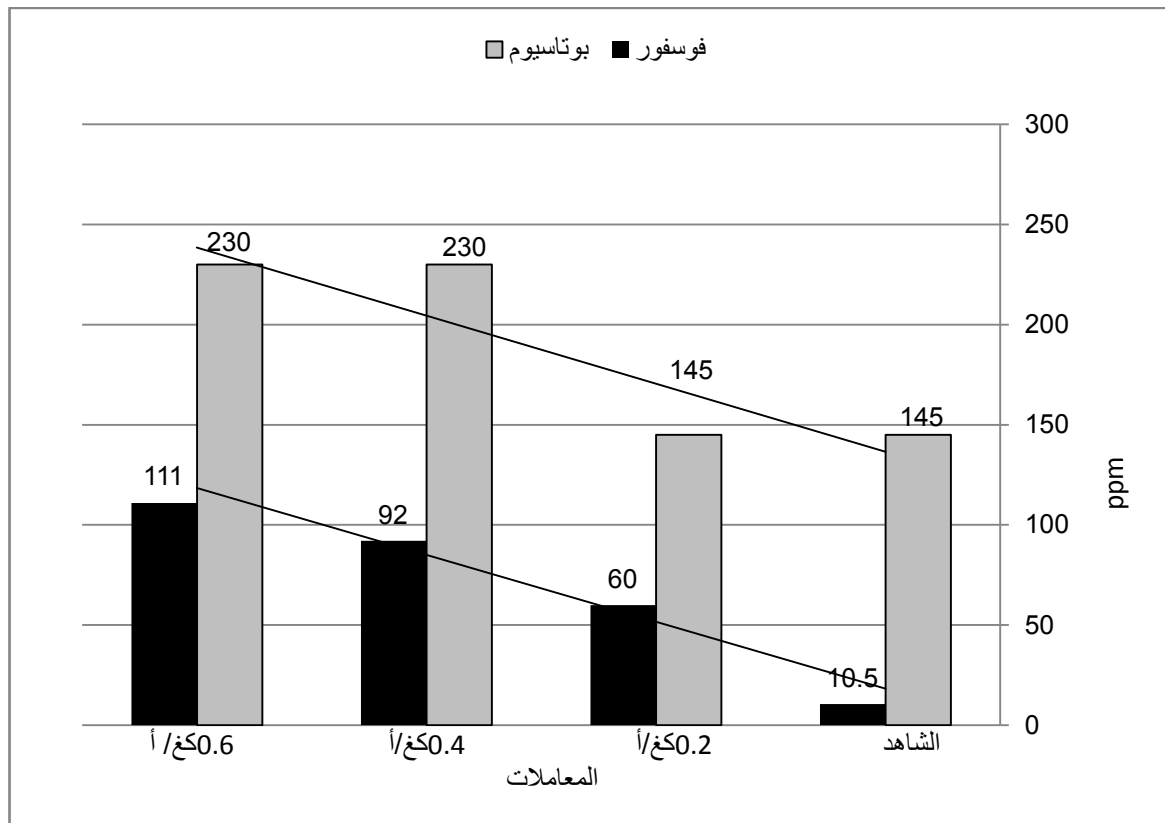


الشكل 6. تأثير إضافة الحمأة في قيمة pH وتركيز كربونات الكالسيوم (غ/100غ) لجميع المعاملات.



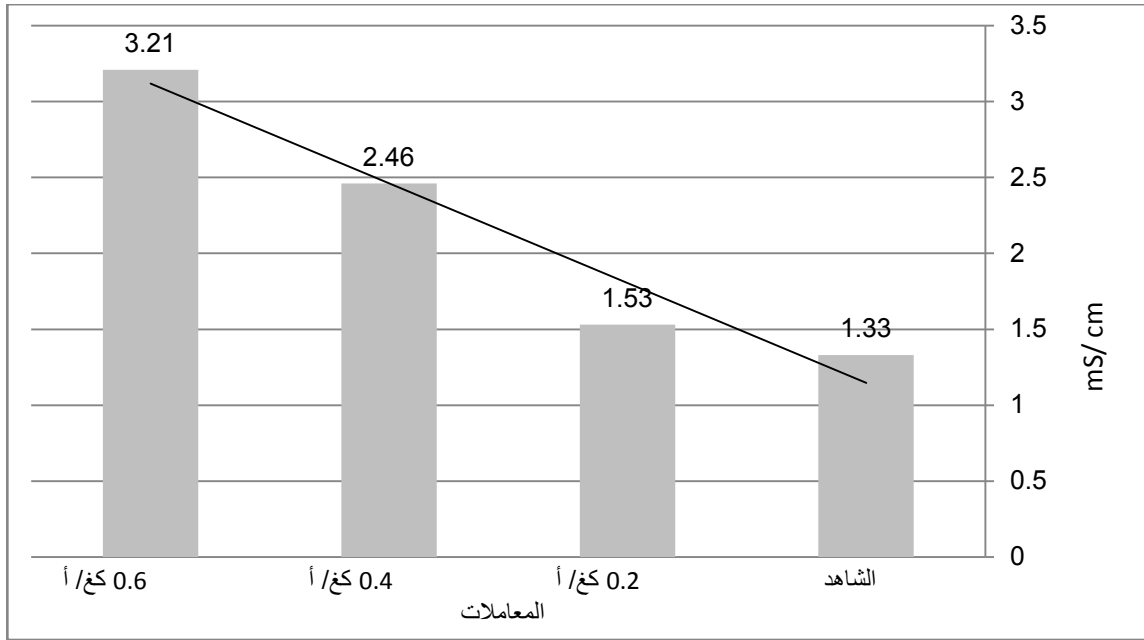
الشكل 7. تأثير إضافات متزايدة من الحمأة في محتوى التربة من المادة العضوية والأزوت الكلي غ/100غ.

ج- بقي تركيز البوتاسيوم مستقراً في معاملي الشاهد والإضافة 0.2 كغ/أ إذ بلغ 145 ppm، بينما لوحظ ارتفاع كبير في تركيزه في الإضافتين 0.4 و 0.6 كغ/أ إذ بلغ 230 ppm وكانت نسبة الزيادة نحو 58.6%؛ أما الفوسفور فقد زاد تركيزه مباشرة بعد الإضافة الأولى واستمرت الزيادة مع الإضافات الأخرى، فقد ارتفع من 10.5 ppm في تربة الشاهد وحتى 60، 92، 111 ppm حسب تسلسل إضافات الحمأة وكانت نسبة الزيادة المتوافقة هي 471.4%، 776.2%، 957.1% على الترتيب (الشكل 8)، وهي زيادة هائلة في تراكيز الفوسفور حملتها الحمأة ولعل ما يُصرف من مواد فوسفورية (منظفات مثلاً) في مياه الصرف الصحي أحد أسباب هذه الزيادة.



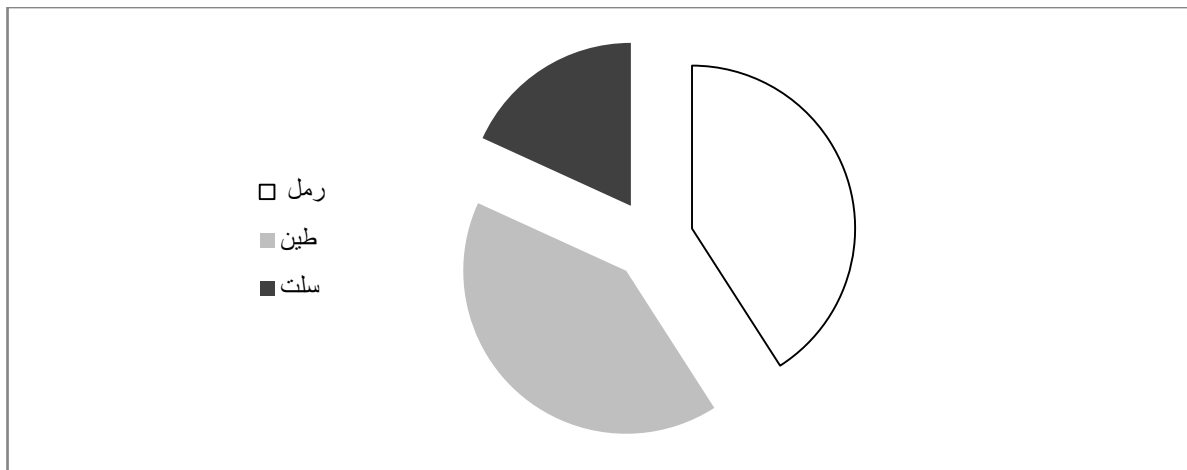
الشكل 8. تأثير إضافات متزايدة من الحمأة في تراكيز البوتاسيوم والفوسفور ppm.

د- زادت الناقلية الكهربائية EC من 1.33 mS/cm في الشاهد حتى 1.53، 2.46، 3.21 mS/cm حسب تسلسل الإضافات، وكانت نسبة الزيادة هي 15%، 85%، 141% على الترتيب، تؤكد مقارنة تغيرات العناصر السمادية مع الناقلية وجود توافق قطعي في التغير وهذا أمر طبيعي، كما أن هذه التغيرات تتناسب طردياً مع كمية الحمأة المضافة التي تزيد من نسبة الأملاح المنحلة في محلول التربة مما يزيد من الناقلية الكهربائية (FAO, 2007)، وهذا ما يوضحه جيداً الشكل 9.



الشكل 9. تأثير إضافة الحمأة في الناقلية الكهربائية للتربة (mS/cm). في جميع المعاملات.

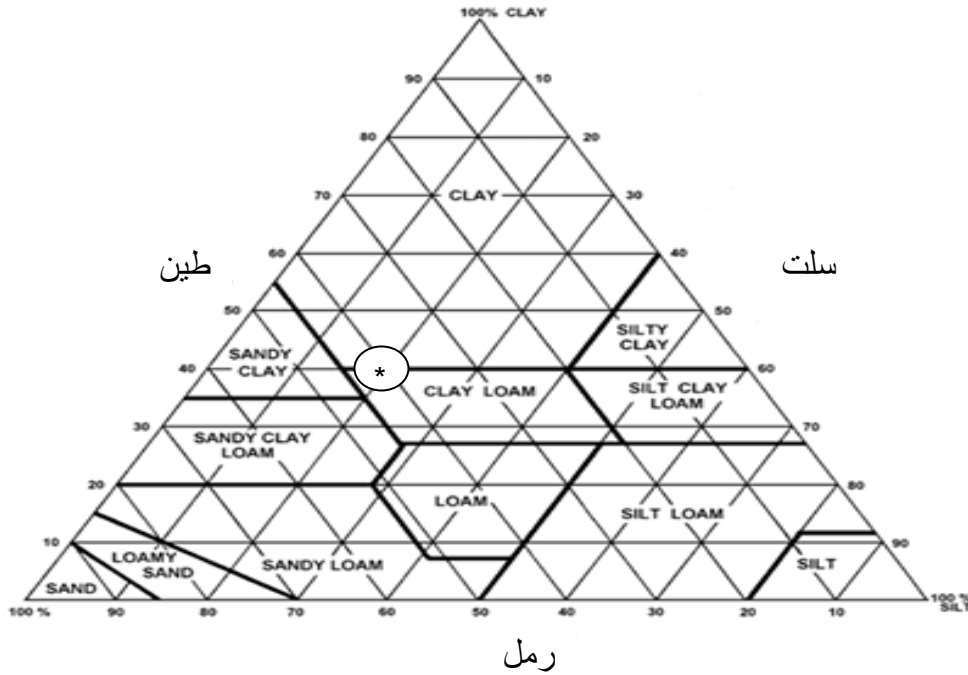
هـ- تؤكد نتائج التحليل الميكانيكي للتربة استقرار تركيبها الحبيبي نسبياً قبل الإضافات وبعدها إذ زادت نسبة الرمل من 40% إلى 42% بعد الإضافات، مقابل انخفاض نسبة الطين من 41% إلى 39% والسلت من 19% إلى 18% بعد الإضافات، مع ذلك بقي التركيب الحبيبي مستقراً حول معدل وسطي للرمل والطين والسلت مقداره 40.5%، 40.5%، 19% على الترتيب (شكل 10).



الشكل 10. متوسط التركيب الحبيبي لتربة الزراعة المستعملة في البحث.

بالرغم من هذا الاستقرار، فإن الزيادة في نسبة الرمل ربما تعود لاحتواء الحمأة على رواسب رملية حملتها مياه الصرف الصحي، كما أن إضافة الحمأة تزيد من حجم حبيبات التربة حيث تعمل

المادة العضوية والكربونات الموجودة في الحمأة كمواد لاحمة تساهم في تجميع حبيبات التربة وزيادة حجمها؛ وهذا بدوره يزيد من المسامية مما يحسن درجتي التهوية وتصريف الماء (عباس، 2012). إن إسقاط هذه النسب على مخطط قوام التربة يوضح جلياً أن تربة الزراعة (نقطة تلاقي المحاور في الشكل 11)، هي من النمط Clay loam (نادر وإبراهيم، 2009)، وهي ذات قوام انتقالي وتشبه تماماً الترب التي تُزرع فيها حقيقةً النباتات المدروسة ولاسيما الشعير والفصة



الشكل 11. موقع تربة الزراعة (⊛) على مثلث تحديد قوام التربة.

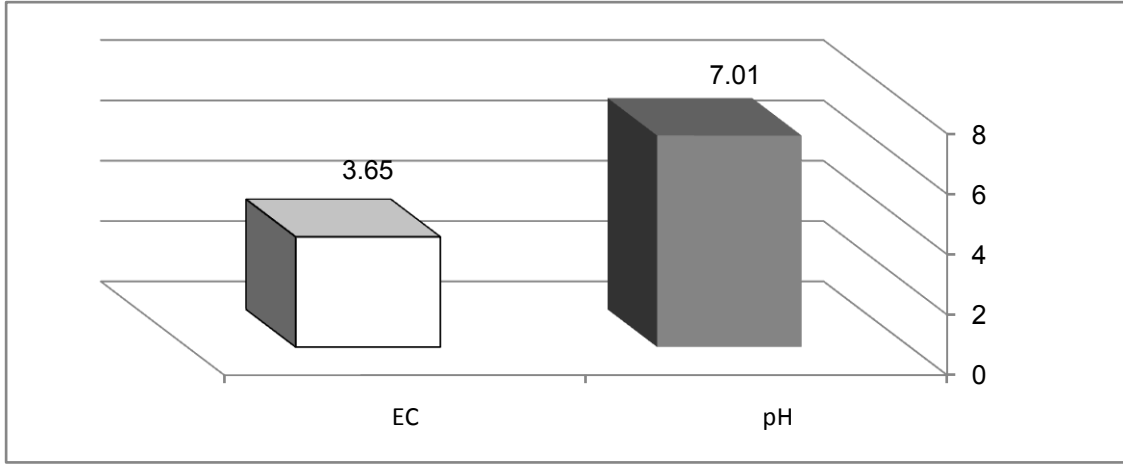
وهكذا فإن إضافة الحمأة إلى التربة تحسن من خصوبتها من خلال ارتفاع نسبة المواد العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والناقلية الكهربائية طرداً مع الكميات المضافة من الحمأة، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه الزعبي وآخرون (2011) و Epstein (2003) و Kumazaw (1997) في دراساتهم حول إمكان استعمال الحمأة في الزراعة.

3-2. نتائج تحلي الحمأة Results of sludge analysis

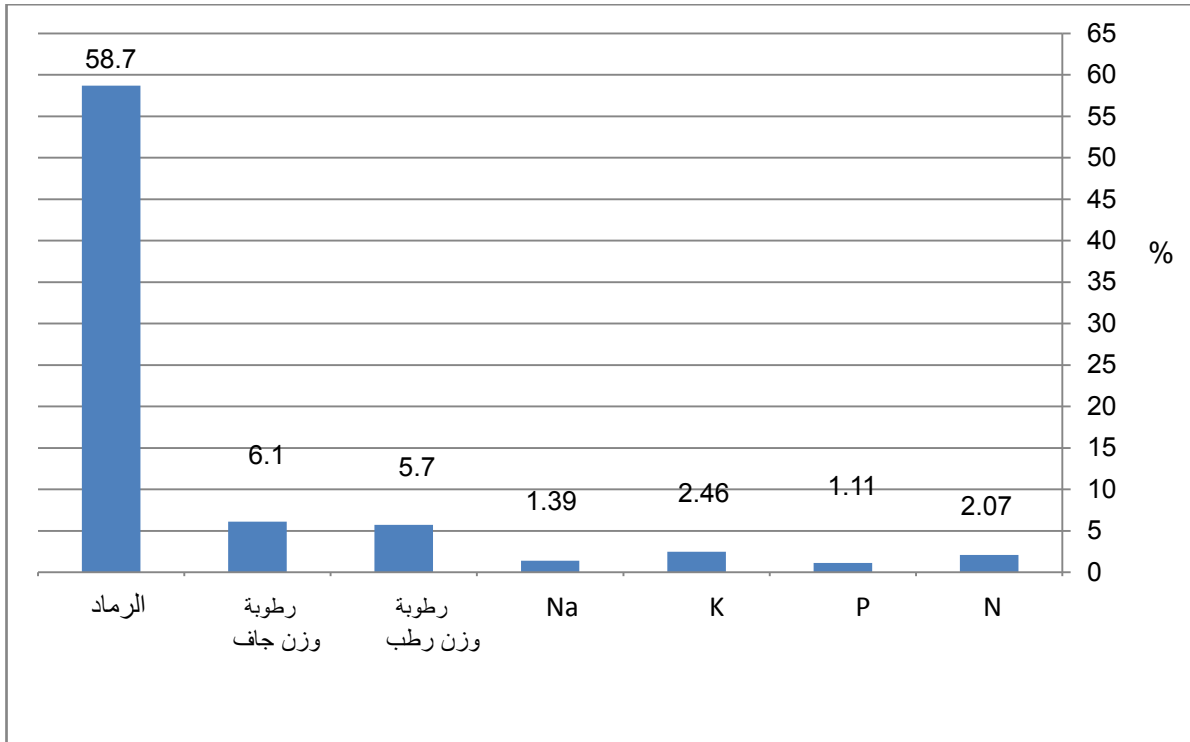
يتضمن الجدول 8 نتائج التحليل الكيميائي لحمأة محطة عدرا ، فقد سجلت الـ pH 7.01 والناقلية الكهربائية 3.65 mS/cm (الشكل 12)، أما العناصر السمادية N، P، K فكانت 2.07%، 1.11%، 2.46% على الترتيب، وكان تركيز الصوديوم 1.39%، والمادة العضوية 41.3% (الشكل 13).

الجدول 8. التحليل الكيميائي لحمأة محطة عدرا.

الرماد%	الرطوبة % للوزن الجاف	الرطوبة % للوزن الرطب	صوديوم كلي %	بوتاسيوم كلي %	فسفور كلي %	آزوت كلي %	EC mS/cm	pH
58.7	6.1	5.7	1.39	2.46	1.11	2.07	3.65	7.01



الشكل 12. قيمة pH و EC (مليسيمنس/سم) في حمأة محطة عدرا.



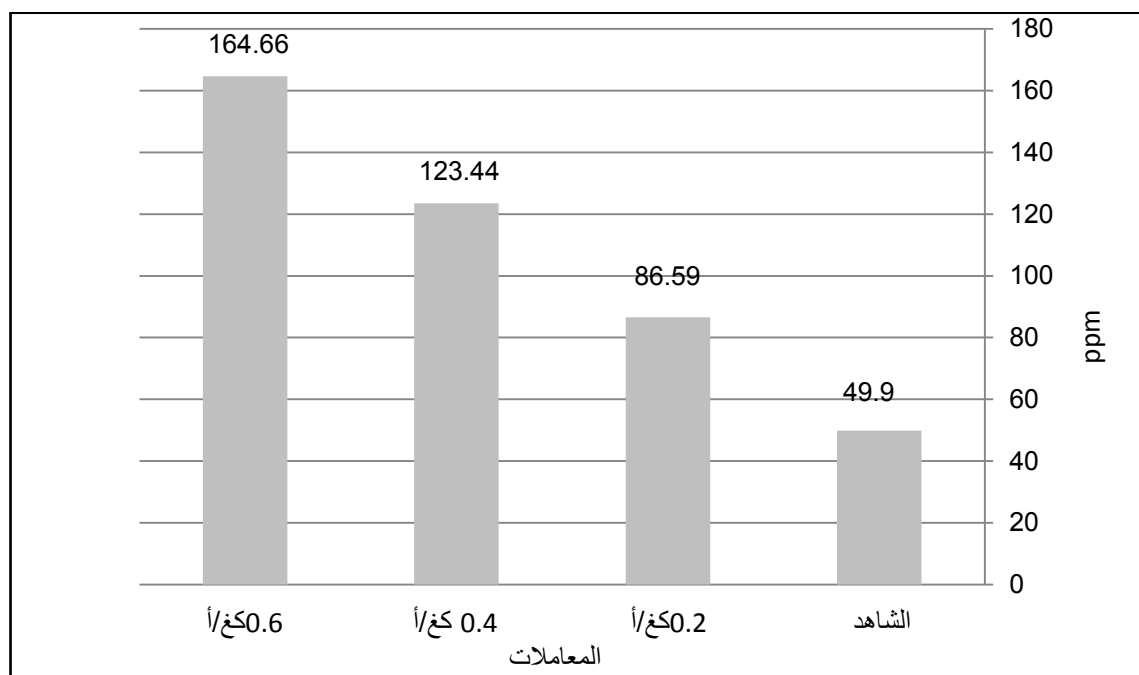
الشكل 13. التحليل الكيميائي لعينة حمأة محطة عدرا (%).

3-3. تركيز الزنك في التربة والحمأة

يبين الجدول 9 أن تركيز الزنك في التربة ازداد على نحو يتناسب طردياً مع كمية الحمأة المضافة فقد ارتفع من ppm 49.9 في الشاهد إلى 86.59، 123.44، 164.66 ppm (ميكروغرام/غرام) للمعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ على الترتيب، مع ذلك فقد كان تركيز الزنك في التربة (قبل الإضافات وبعدها، الشكل 14) أقل بكثير من تركيزه في الحمأة الذي بلغ ppm 1541.43، وبقي ضمن الحدود المسموح بها التي حددتها هيئة المواصفات والمقاييس السورية سواء في الترب الزراعية (ppm 200) أو الترب الحراجية (ppm 700)، مع العلم أن عوز الزنك واسع الانتشار في ترب المنطقة، بسبب الزراعات المكثفة والإزالة السريعة للزنك المتاح في المحيط الجذري، إذ إن الترب الكلسية والقلوية يحدث فيها نقص للزنك أكثر من باقي الترب بسبب قلة ذوبان مركبات الزنك في هذه الترب (كيوان وآخرون، 2014).

الجدول 9. تركيز الزنك (ppm) في الحمأة والتربة والحدود المسموح بها وفق هيئة المواصفات والمقاييس السورية، 2002.

التركيز المسموح بالتربة		الحمأة	تربة مع حمأة			تربة الشاهد
حراجية	زراعية		0.6 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.2 كغ/أ	
700	200	1514.43±90.86	164.66±9.89	123.44±7.41	86.59±5.2	49.90±2.99



الشكل 14. تُبْهِي إضافة الحمأة في تركيز الزنك في التربة (ppm) في جميع المعاملات.

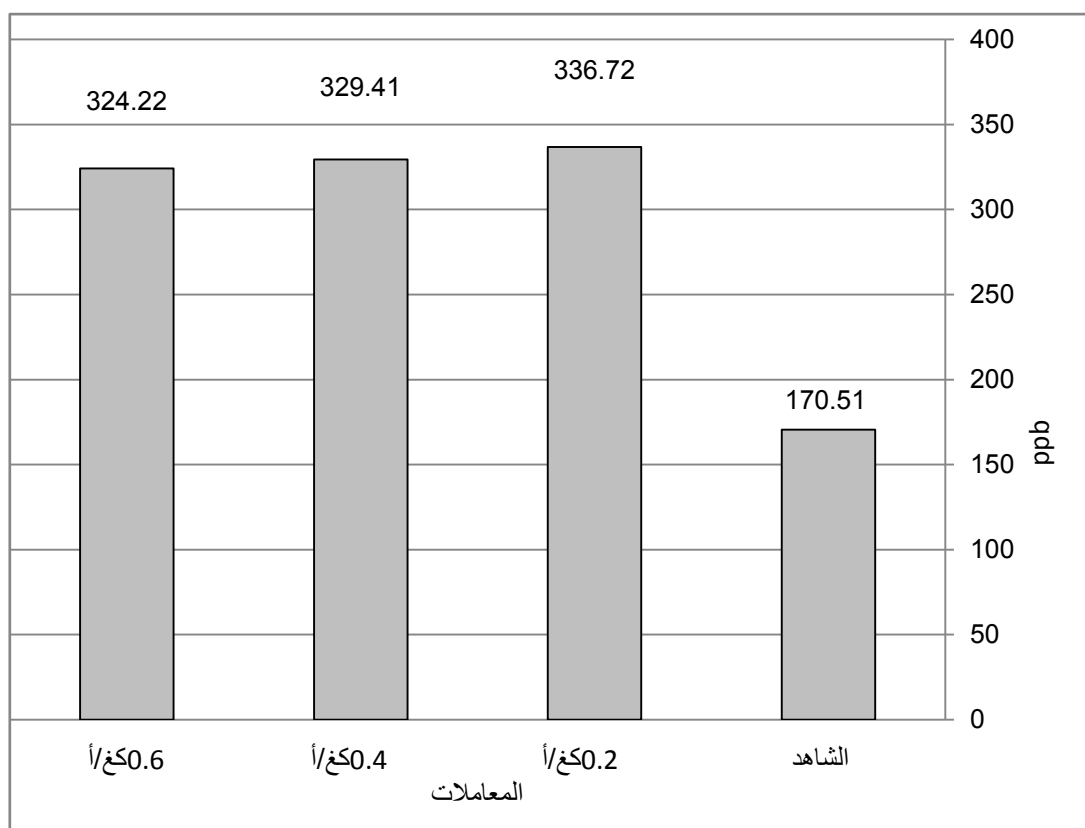
3-4. تركيز الكاديوم في التربة والحمأة

Concentration of Cadmium in soil and sludge

يبين الجدول 10 أن تركيز الكاديوم بقي ضمن الحدود المسموح بها سواء في التربة الزراعية (ppb 1000) أم التربة الحراجية (ppb 5000) وأقل بكثير من تركيزه في الحمأة (ppb 1231.2) سواء في التربة قبل الإضافة (ppb 170.51) أم بعد الإضافات إذ بلغت تراكيهه 336.72، 329.41، 324.22 ppb على الترتيب حسب تسلسل الإضافات؛ وبالتالي يلاحظ ارتفاع تركيز الكاديوم في تربة جميع المعاملات مقارنة بالشاهد كما يوضح الشكل 15.

الجدول 10. تركيز الكاديوم (ppb) في الحمأة والتربة والحدود المسموح بها حسب هيئة المواصفات والمقاييس السورية.

التركيز المسموح في التربة		الحمأة	تربة مع حمأة كغ/أ			تربة
حراجية	زراعية		0.6	0.4	0.2	الشاهد
5000	1000	1231.22±61.56	324.22±16.21	329.41±16.47	336.72±16.84	170.51± 8.53



الشكل 15. تأثير إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم في التربة (ppb) في جميع المعاملات.

3-5. تأثير الحمأة في نمو وتطور الشعير العادي *Hordeum vulgare* L.

Effect of sludge on growth and development of Barley

3-5-1. طول النبات عند الحصاد

تؤكد البيانات التفصيلية لأطوال نبات الشعير ومتوسطاتها في الموسم الأول (الجدول 11) وفي الموسم الثاني (الجدول 12) ولكل المعاملات ومكرراتها، أن هناك زيادة واضحة ومعنوية في طول النبات نتيجة إضافة الحمأة إلى التربة في كلا الموسمين، فقد زاد متوسط الطول في الموسم الأول من 48.1 سم في الشاهد حتى 53.16، 57.66، 60.8 سم حسب تسلسل الإضافات، وكان معدل الزيادة في الطول حسب هذا التسلسل: 5.06، 9.56، 12.7 سم أي بنسبة مئوية 11%، 20%، 26% على التوالي مقارنة بالشاهد؛ وكذلك في الموسم الثاني زاد متوسط الطول من 55.3 سم للشاهد حتى 61.24، 61.94، 65.8 سم حسب تسلسل الإضافات، وكان معدل الزيادة المتوافقة مع الإضافات 5.94، 6.64، 10.5 سم أي بنسبة مئوية قدرها 11%، 12%، 19% على الترتيب.

أما ضمن المعاملة الواحدة فقد أظهر متوسط طول الأفراد اختلافاً واضحاً من مكرر لآخر، سواء في الموسم الأول أو الثاني، ويمكن تعليل ذلك باختلاف المقدرات الفردية الذاتية على استثمار الوسط، يضاف إليه عدم حصول الإنتاش دفعة واحدة فهناك منتش أول ومنتش أخير، وكل ذلك يؤثر في النمو وبالتالي في طول النبات.

الجدول 11. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في طول الشعير (سم) في الموسم الأول.

متوسط طول النبات حسب المعاملات (الإضافة كغ/أ)				المكررات
0	0.2	0.4	0.6	
43.9	50.9	56.3	61.2	1
52.3	55.4	59	60.3	2
53.2	52.2	55.8	60.9	3
42.1	56.1	58.3	61.7	4
49	51.2	58.9	59.9	5
48.10 ± 4.95 ^a	53.16 ± 2.42 ^b	57.66 ± 1.5 ^c	60.80 ± 0.71 ^c	المتوسط
0	5.06	9.56	12.70	الزيادة في الطول
0	11%	20%	26%	النسبة المئوية
3.86				5% -LSD

تشير الأحرف المختلفة في الصف الواحد إلى أن الفروق معنوية بين المتوسطات طبقاً لاختبار LSD - 5%.

الجدول 12. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في طول الشعير (سم) في الموسم الثاني.

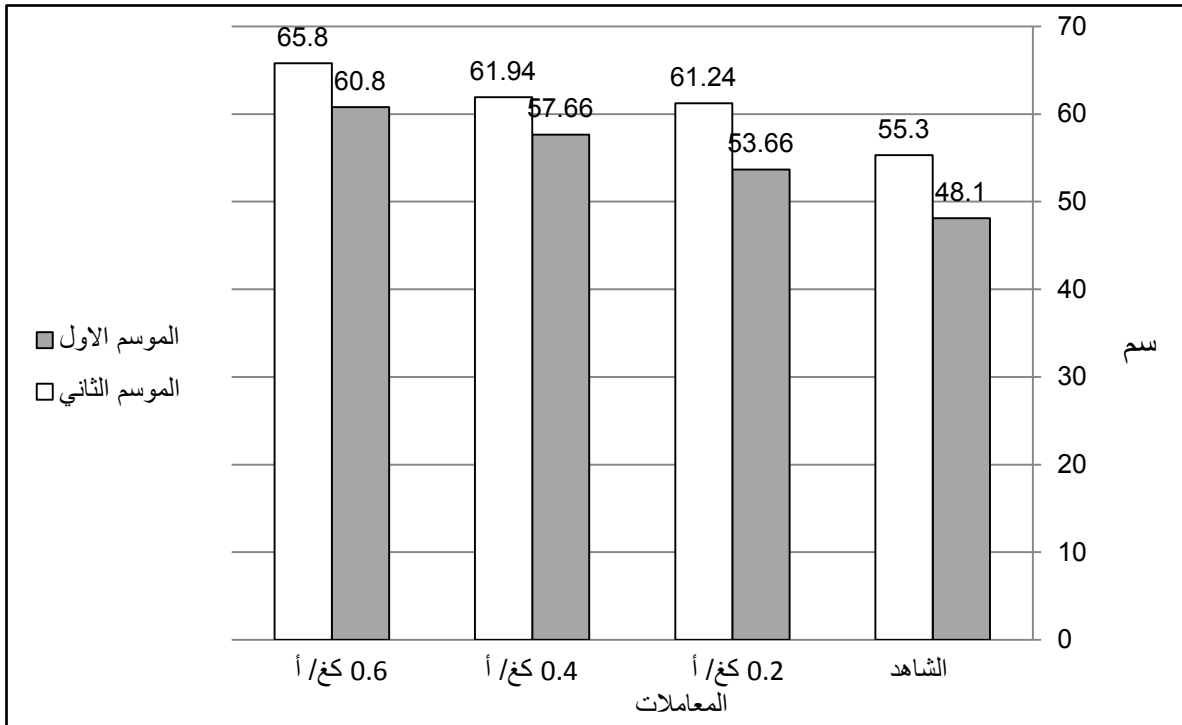
متوسط طول النبات حسب المعاملات (الإضافة كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
68.3	59.0	58.0	55.3	1
61.7	63.5	57.7	51.3	2
66.0	60.0	64.7	56.9	3
68.0	60.5	69.0	55.0	4
65.0	66.7	56.8	58.0	5
65.80 ± 2.67^b	61.94 ± 3.15^b	61.24 ± 5.36^b	55.30 ± 2.55^a	المتوسط
10.50	6.64	5.94	0	الزيادة في الطول
%19	%12	%11	0	النسبة المئوية
4.85				LSD

وتبين المقارنة بين متوسطات الموسم الأول ومتوسطات الموسم الثاني أيضاً زيادة في الطول في الموسم الثاني تراوحت بين 7.42% و 16% (الجدول 13)، ويعود السبب إلى أن الزراعة تمت في تربة الموسم الأول نفسها وتمت إضافة الحمأة مرة ثانية، إضافة إلى بعض الفروق في الشروط البيئية السائدة بين الموسم الأول والثاني ولاسيما درجة الحرارة والهطول، إذ يؤكد Kelley وآخرون (2014) أن سورية تعرضت لموجة جفاف هي الأسوأ استمرت منذ 2007 حتى 2010 وبعدها بدأت بالانحسار ابتداءً من 2011 وكانت عوامل الطقس من حرارة وهطول أفضل في 2012، مع العلم أن 2011-2012 هما موسما الزراعة في هذه الدراسة.

وبالنتيجة فإن إضافة الحمأة أدت إلى زيادة معنوية في طول أفراد الشعير وهذا طرداً مع تزايد كمية الإضافة 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ، سواء في الموسم الأول أم الموسم الثاني مقارنةً بلشاهد، وهذا يتفق مع دراسة أجراها Sabey وآخرون (1990) التي تؤكد أن الحمأة تزيد من إنتاجية النبات ومن دالات نموه بما فيها طول النبات (الشكل 16).

الجدول 13. مقارنة بين متوسطات طول الشعير (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط طول موسم 1	48.10 ± 4.95^a	53.16 ± 2.42^b	57.66 ± 1.5^c	60.80 ± 0.71^c
متوسط طول موسم 2	55.30 ± 2.55^a	61.24 ± 5.36^b	61.94 ± 3.15^b	65.80 ± 2.67^b
الزيادة %	14.97	16	7.42	8.22



الشكل 16. تأثير إضافة الحماة في طول الشعير (سم) في الموسمين ولجميع المعاملات.

3- 5- 2 عدد الإشطاءات

تؤكد البيانات التفصيلية لعدد الإشطاءات ومتوسطاتها عند نبات الشعير في الموسم الأول (الجدول 14) وفي الموسم الثاني (الجدول 15) ولكل المعاملات ومكرراتها، أن هناك زيادة واضحة ومعنوية في عدد الإشطاءات نتيجة إضافة الحماة إلى التربة في كلا الموسمين (الشكل 18)، فقد زاد متوسط عدد الإشطاءات في الموسم الأول (الشكل 17) من 1.8 عند الشاهد حتى 4.8، 8، 11.2 حسب تسلسل الإضافات، وكانت الزيادة في عدد الإشطاءات 3، 6.2، 9.4 حسب التسلسل السابق، وهذا يتفق مع نسب مئوية أيضاً مقدارها 166.1%، 344.4%، 522.2% على الترتيب، أكدت نتائج الموسم الثاني هذه الزيادة إذ ارتفع عدد الإشطاءات (الجدول 15) من 3.6 عند الشاهد حتى 7.2، 10.8، 13.2، حسب تسلسل الإضافات، أي بزيادة قدرها 3.6، 7.2، 9.6 مقارنة بالشاهد وهذا يعادل 100%، 200%، 226.7% على الترتيب، لم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ؛ تُظهر المقارنة ضمن المعاملة الواحدة مهما كانت، أن عدد الإشطاءات مختلفة، وهذا يعود لاعتبارات فردية تماماً لطالما أن جميع الشروط البيئية واحدة. أما مقارنة متوسط عدد الإشطاءات بين الموسم الأول والثاني (الجدول 16) فنُظهِر أن هناك زيادة واضحة في الموسم الثاني تتراوح بين 17.9% في المعاملة 0.6 كغ/أ حتى 100% عند الشاهد، ويعود ذلك لاختلاف الشروط الحرارية والمطرية بين العامين (الشكل 18).

الجدول 14. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط عدد إشطاعات الشعير في الموسم الأول.

متوسط عدد الإشطاعات حسب المعاملات (الإضافة كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
11	7	6	1	1
13	7	5	2	2
11	9	4	3	3
10	10	5	2	4
11	7	4	1	5
11.20 ± 1.10^d	8.00 ± 1.41^c	4.80 ± 0.84^b	1.80 ± 0.84^a	المتوسط
9.4	6.2	3.0	0	زيادة عدد
%522.2	%344.4	%166.7	0	النسبة المئوية
1.44				%5 -LSD

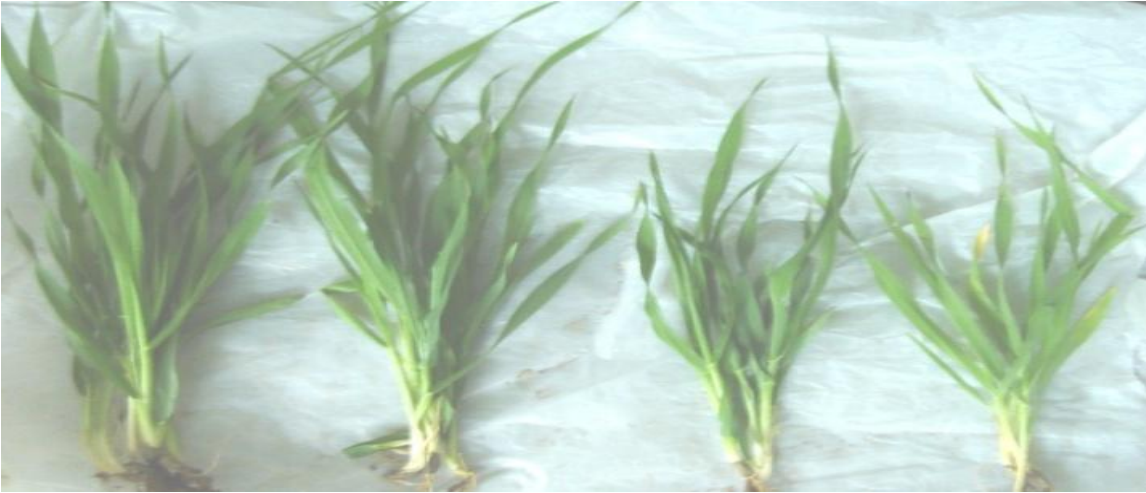
الجدول 15. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط عدد إشطاعات الشعير في الموسم الثاني.

متوسط عدد الإشطاعات حسب المعاملات (الإضافة كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
12	13	8	2	1
17	5	6	4	2
13	14	6	5	3
12	9	11	3	4
12	13	5	4	5
13.20 ± 2.17^c	10.80 ± 3.77^c	7.20 ± 2.39^b	3.60 ± 1.14^a	المتوسط
9.6	7.2	3.6	0	زيادة عدد الإشطاعات
%266.7	%200	%100	0	النسبة المئوية
3.41				%5 -LSD

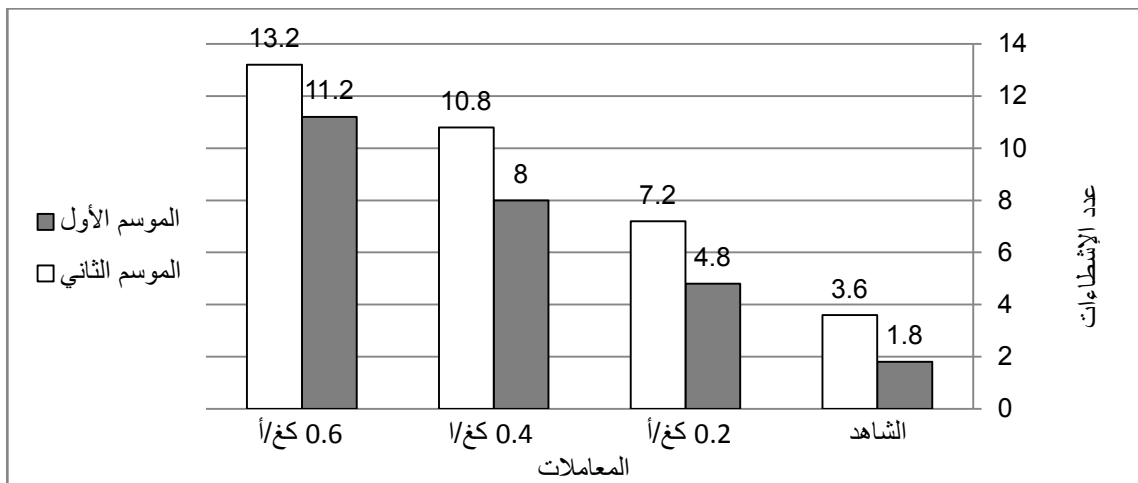
الجدول 16. مقارنة بين متوسطات عدد إشطاعات الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.

0.6	0.4	0.2	0	الإضافة كغ/أ
11.20 ± 1.10^d	8.00 ± 1.41^c	4.80 ± 0.84^b	1.80 ± 0.84^a	متوسط عدد الإشطاعات موسم 1
13.20 ± 2.17^c	10.80 ± 3.77^c	7.20 ± 2.39^b	3.60 ± 1.14^a	متوسط عدد الإشطاعات موسم 2
17.9	35	75	100	الزيادة %

تتفق هذه النتائج مع تلك التي حصل عليها علي نظام وآخرون (2008) على نبات القمح القاسي الصنف الحوراني، حيث زاد عدد إسطاعات النبات طرداً مع كمية الحمأة المضافة إذ بلغت نسبة الزيادة 432% في المعاملة ذات التربة المخلوطة مع 75% حمأة (حجم/حجم) مقارنة بالمعاملة ذات التربة المخلوطة مع 5% من الحمأة (حجم/حجم).



الشكل 17. تزايد عدد الإسطاعات حسب كمية الحمأة المضافة (من اليمين: الشاهد، 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ)



الشكل 18. تأثير إضافة الحمأة في عدد إسطاعات الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.

3-5-3 كمية اليخضور Amount of chlorophyll

تبين نتائج اختبار كمية اليخضور في أوراق نبات الشعير أن هذه الكمية قد تباينت قليلاً ضمن المعاملة الواحدة، غير أن الفروق كانت كبيرة ومعنوية بين المعاملات وزادت كمية اليخضور طرداً مع كمية الحمأة المضافة، فقد ارتفع متوسط كمية اليخضور في الموسم الأول (الجدول 17) من

13.02 في الشاهد إلى 20.24، 21.8، 25.42 حسب تسلسل الإضافات وهذا يوافق 55%، 67%، 95.2% على الترتيب.

الجدول 17. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في كمية اليخضور لأوراق الشعير الموسم الأول.

متوسط كمية اليخضور حسب المعاملات (الإضافة كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
24.1	23.4	22.2	12.8	1
25.5	20.1	18.5	13.5	2
27.1	20.5	19.9	11.4	3
24.2	20.9	21.5	12.5	4
26.2	24.1	19.1	14.9	5
25.42 ± 1.29 ^c	21.8 ± 1.82 ^b	20.24 ± 1.57 ^b	13.02 ± 1.29 ^a	المتوسط
12.40	8.78	7.22	0	زيادة كمية
%95	%67	%55	0	النسبة المئوية
2.02				%5 -LSD

أما في الموسم الثاني (الجدول 18) فكانت الزيادة أكبر من الموسم الأول وقد زادت من 13.5 في الشاهد إلى 22.5، 23.82، 28.64 حسب تسلسل الإضافات وهذا يعادل 67%، 76، 112% على الترتيب، لم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين 0.2، 0.4 كغ/أ في الموسمين.

تؤكد المقارنة بين متوسط كمية اليخضور في الموسم الأول والثاني (الجدول 19) تفوق الموسم الثاني بوضوح بنسبة 3.69% في الشاهد و 11.17%، 9.27%، 12.67% حسب تسلسل الإضافات (الشكل 19).

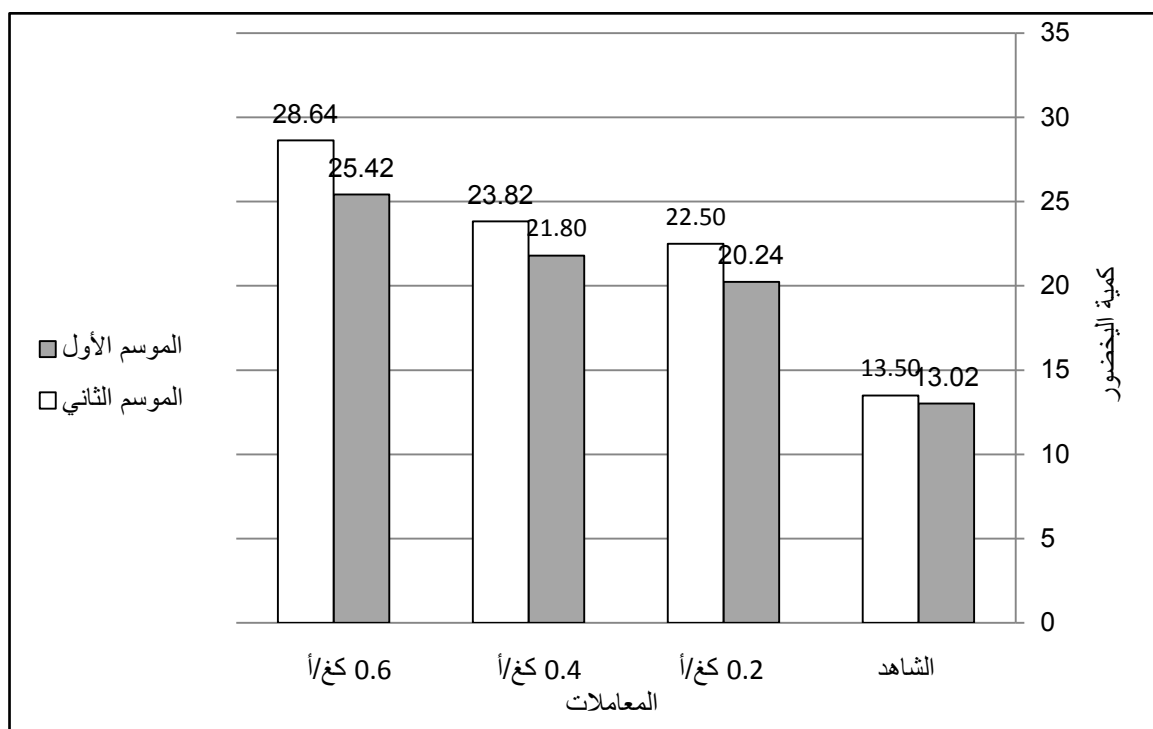
بناءً على ما سبق يمكن الجزم بوضوح أن كمية الحمأة أثرت إيجابياً في كمية اليخضور حيث زادت طردياً مع تزايد كمية الحمأة المضافة سواء في الموسم الأول أو الثاني، وهذا ما أكدته دراسة Amjoyeba وآخرون (2007)، أن السماد العضوي يزيد من كمية اليخضور الكلي لنبات الذرة *Zea mays L.*

الجدول 18. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في كمية اليخضور لأوراق الشعير الموسم الثاني.

متوسط كمية اليخضور حسب المعاملات (كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
28.9	19.0	24.9	12.2	1
26.5	30.8	19.5	13.5	2
33.3	22.4	27.3	13.0	3
24.5	22.7	22.0	13.8	4
30.0	24.2	18.8	15.0	5
28.64 ± 3.37 ^c	23.82 ± 4.34 ^b	22.50 ± 3.59 ^b	13.50 ± 1.03 ^a	المتوسط
15.14	10.32	9.00	0	زيادة كمية
%112	%76	%67	0	النسبة المئوية
4.46				%5 -LSD

الجدول 19. مقارنة بين متوسطات كمية اليخضور لأوراق الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	13.02 ± 1.29 ^a	20.24 ± 1.57 ^b	21.8 ± 1.82 ^b	25.42 ± 1.29 ^c
متوسط الموسم الثاني	13.50 ± 1.03 ^a	22.50 ± 3.59 ^b	23.82 ± 4.34 ^b	28.64 ± 3.37 ^c
الزيادة %	3.69	11.17	9.27	12.67



الشكل 19. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحماة في كمية اليخضور في الموسمين لجميع المعاملات.

3-5-4 عدد السنابل Number of spikes

نتبين نتائج إحصاء عدد السنابل زيادة واضحة ومعنوية بعد إضافة الحماة وهذه الزيادة طردية مع الكمية المضافة؛ فقد زاد متوسط عدد السنابل في الموسم الأول (الجدول 20)، من 46.4 في الشاهد حتى 54.4، 56.6، 59.6 حسب تسلسل الإضافات، وهذا يعادل مقارنة بالشاهد 17%، 22.5، 27% على الترتيب؛ أما في الموسم الثاني (الجدول 21) فقد زاد أيضاً متوسط عدد السنابل من 56.8 في الشاهد حتى 84، 85، 84.8 حسب تدرج الإضافات، وبالتالي تكون نسبة الزيادة مقارنة مع الشاهد 48%، 50%، 49% على الترتيب؛ إضافة إلى ذلك يُلاحظ أن عدد السنابل ضمن المكرر الواحد مختلف سواء في الموسم الأول أو الثاني، لم تكن الفروق معنوية بين المعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ في الموسمين.

الجدول 20. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد سنابل الشعير في الموسم الأول.

متوسط عدد السنابل حسب المعاملات (الإضافة كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
65	56	60	45	1
66	58	55	47	2
56	53	55	45	3
53	60	50	46	4
55	56	52	49	5
59.00 ± 6.04^b	56.60 ± 2.61^b	54.40 ± 3.78^b	46.40 ± 1.67^a	المتوسط
12.6	10.2	8.0	0	زيادة عدد السنابل
%27	%22	%17	0	النسبة المئوية
5.21				%5 -LSD

الجدول 21. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد سنابل الشعير في الموسم الثاني.

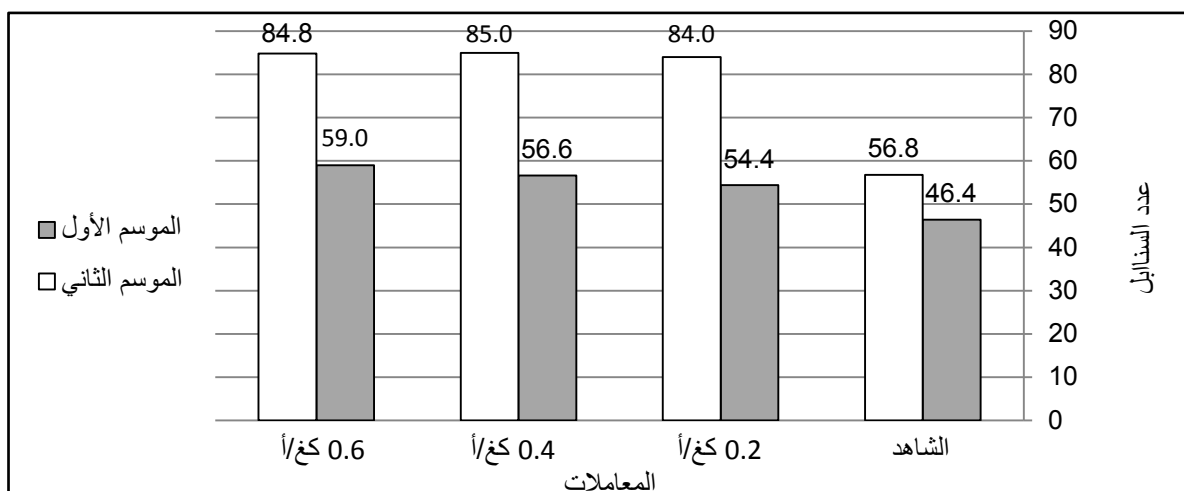
متوسط عدد السنابل حسب المعاملات (الإضافة كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
80	91	76	53	1
98	91	84	61	2
74	85	73	55	3
97	83	94	56	4
75	75	93	59	5
84.80 ± 11.82^b	85.00 ± 6.63^b	84.00 ± 9.57^b	56.80 ± 3.19^a	المتوسط
28.0	28.2	27.2	0	زيادة عدد السنابل
%49	%50	%48	0	النسبة المئوية
11.33				%5 -LSD

أما المقارنة بين الموسمين جدول (22) فتظهر زيادة ملحوظة في عدد السنابل في الموسم الثاني وكان متوسط الزيادة حسب تسلسل المعاملات 10.4، 29.6، 29.4، 25.8 سنبلية أي بزيادة مقدارها 22.41%، 54.41%، 51.94%، 43.73% على الترتيب (الشكل 20).

وبالنتيجة فإن إضافة الحمأة إلى التربة تؤدي إلى زيادة واضحة ومعنوية في عدد السنابل بغض النظر عن كمية الحمأة المضافة والموسم، مع العلم أن زيادة الحمأة نتج عنها زيادة في عدد السنابل إلا أنها لم تكن معنوية، وهذا ما أكده الجبوري وآخرون (2008) على نبات القمح حيث زاد عدد السنابل معنوياً بعد ري المحصول بالمياه العادمة.

الجدول 22. مقارنة بين متوسطات عدد سنابل الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	46.40 ± 1.67 ^a	54.40 ± 3.78 ^b	56.60 ± 2.61 ^b	59.00 ± 6.04 ^b
متوسط الموسم	56.80 ± 3.19 ^a	84.00 ± 9.57 ^b	85.00 ± 6.63 ^b	84.80 ± 11.82 ^b
الزيادة %	22.41	54.41	51.94	43.73



الشكل 20. تأثير إضافة الحمأة في عدد سنابل الشعير في الموسمين لجميع المعاملات.

3-5-5 طول السنابل Height of spikes

تبين نتائج قياسات أطوال السنابل ولكل أفراد الشعير زيادة ملحوظة بعد إضافة الحمأة، فقد زاد متوسط الطول في الموسم الأول جدول (23) من 3.18 سم عند الشاهد وحتى 5.4، 5.7، 4.74، على التوالي حسب تسلسل الإضافات، وهذا يعادل 49%، 70%، 79% مقارنة مع الشاهد.

الجدول 23. أثر إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول سنابل الشعير (سم) في الموسم الأول.

متوسط طول السنابل حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
5.5	5.6	4.9	3.5	1
6.4	5.7	5.5	3.6	2
5.6	5.3	4.6	3.3	3
5.4	5.2	4.7	3.0	4
5.6	5.2	4.0	2.5	5
5.70 ± 0.40 ^c	5.40 ± 0.23 ^c	4.74 ± 0.54 ^b	3.18 ± 0.44 ^a	المتوسط
2.52	2.22	1.56	0	زيادة طول السنابل
%79	%70	%49	0	النسبة المئوية
0.56				%5 -LSD

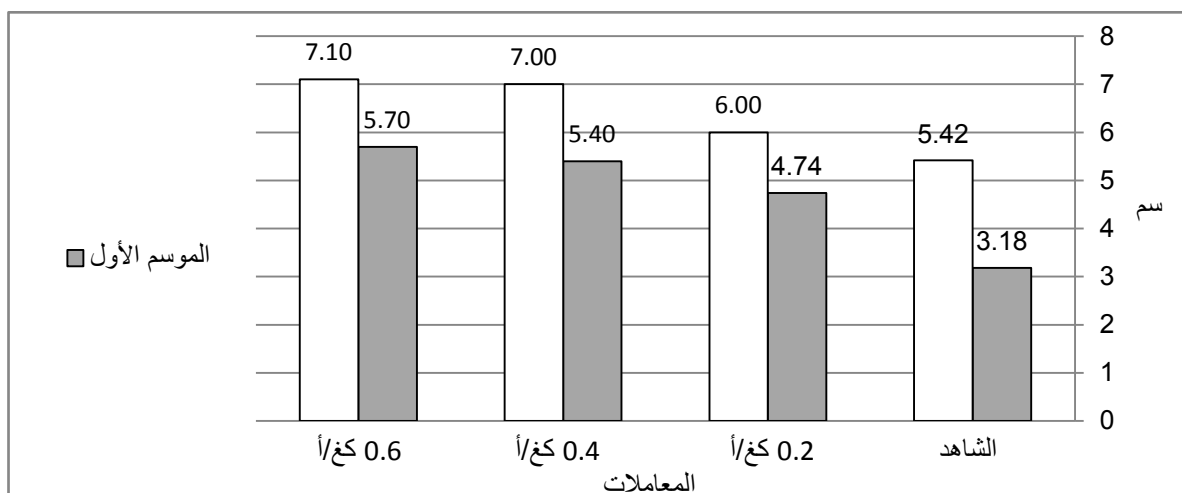
أما في الموسم الثاني (الجدول 24) فقد زاد متوسط طول السنابل من 5.42 سم عن الشاهد حتى 6، 7، 7.1 سم حسب تسلسل الإضافات أي بزيادة عن الشاهد مقدارها 11%، 29%، 31% على الترتيب، لم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ في الموسمين. الجدول 24. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول سنابل الشعير (سم) في الموسم الثاني.

متوسط طول السنابل حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
7.2	6.6	6.0	5.8	1
6.9	7.3	6.0	5.5	2
7.0	7.0	5.9	5.2	3
7.4	7.1	6.7	5.5	4
7.0	7.0	5.4	5.1	5
7.10 ± 0.20^c	7.00 ± 0.25^c	6.00 ± 0.46^b	5.42 ± 0.28^a	المتوسط
1.68	1.58	0.58	0	زيادة طول السنابل
31%	29%	11%	0	النسبة المئوية
0.42				5-LSD %

تدل المقارنة بين أطوال السنابل ضمن كل معاملة أن هذا الطول مختلف ولو قليلاً من فرد لآخر؛ أما المقارنة بين متوسط طول السنابل في الموسمين (الشكل 21) فتظهر زيادة واضحة في الموسم الثاني بنسبة 70.44% عند الشاهد وبنسبة 57.8%، 44.44%، 24.56% حسب تسلسل الإضافات (الجدول 25).

الجدول 25. مقارنة بين متوسطات طول سنابل الشعير (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	3.18 ± 0.44^a	4.74 ± 0.54^b	5.40 ± 0.23^c	5.70 ± 0.40^c
متوسط الموسم الثاني	5.42 ± 0.28^a	6.00 ± 0.46^b	7.00 ± 0.25^c	7.10 ± 0.20^c
الزيادة %	70.44	57.80	44.44	24.56



الشكل 21. تأثير إضافة الحمأة في طول سنابل (سم) الشعير في الموسمين ولجميع المعاملات.

وبالنتيجة فإن إضافة الحمأة إلى التربة قد زادت معنوياً من طول السنابل زيادة طردية مع زيادة كمية الحمأة المضافة، والسبب يعود دائماً لما أضافته الحمأة من عناصر مغذية وضرورية للنمو.

3- 5- 6 الوزن الجاف للقش Dry weight of straw

تبين نتائج حساب الوزن الجاف للقش في الموسم الأول جدول (26) أن متوسط هذا الوزن قد ارتفع معنوياً من 34.64 غ/أ عند الشاهد وحتى 47.24 ، 56.23 ، 85.5 غ/أ حسب تسلسل الإضافات، أي بنسبة مقدارها 36%، 62%، 147% على الترتيب؛ وفي الموسم الثاني (الجدول 27) لم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ، ومعنوية بين الشاهد وباقي المعاملات حيث زاد وزن القش من 38.58 غ/أ عند الشاهد وحتى 66.69 ، 81.23 ، 89.91 غ/أ حسب تسلسل الإضافات، وكانت نسبة الزيادة 73%، 111%، 133% على الترتيب.

الجدول 26. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف لقش الشعير (غ/أ) في الموسم الأول.

متوسط الوزن الجاف للقش حسب المعاملات (كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
97.25	57.83	48.83	46.33	1
89.03	57.17	46.83	27.13	2
80.15	55.22	43.14	28.91	3
79.95	59.04	49.22	30.02	4
81.12	51.91	48.17	40.82	5
85.50 ± 7.57 ^d	56.23 ± 2.78 ^c	47.24 ± 2.46 ^b	34.64 ± 8.44 ^a	المتوسط
50.86	21.59	12.60	0	الزيادة في الوزن
%147	%62	%36	0	النسبة المئوية
8.00				%5 -LSD

الجدول 27. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف لقش الشعير (غ/أ) في الموسم الثاني.

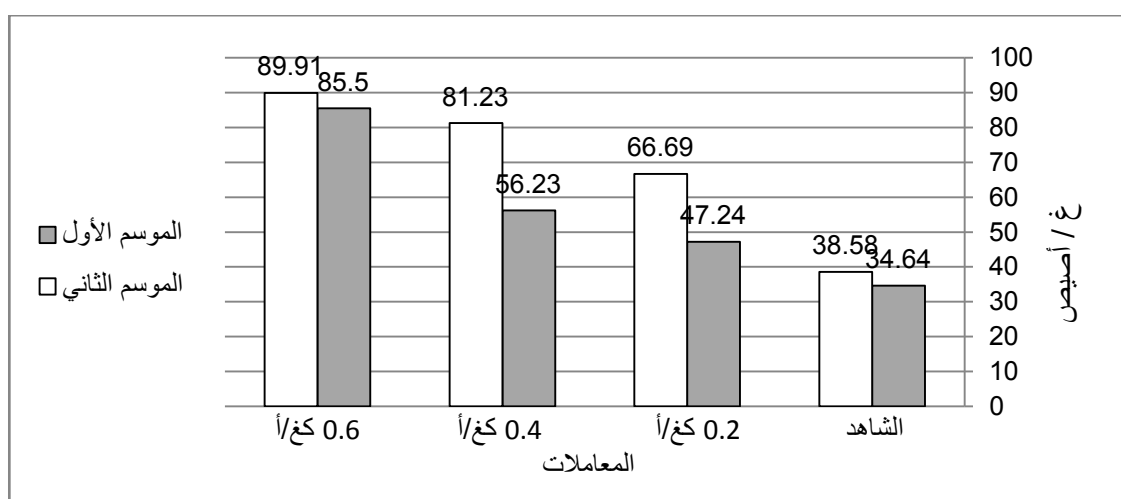
متوسط الوزن الجاف للقش حسب المعاملات (كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
96.89	85.25	59.72	28.21	1
94.30	86.10	61.39	39.22	2
90.21	77.64	74.23	37.78	3
80.54	66.85	74.60	41.94	4
87.59	90.30	63.49	45.75	5
89.91 ± 6.35 ^c	81.23 ± 9.24 ^c	66.69 ± 7.18 ^b	38.58 ± 6.54 ^a	المتوسط
51.33	42.65	28.11	0	الزيادة في الوزن
%133	%111	%73	0	النسبة المئوية
9.95				%5 -LSD

كما تبين مقارنة الوزن الجاف للقمح ضمن المعاملة الواحدة أن هذا الوزن يختلف من فرد لآخر، في حين أظهرت المقارنة بين الموسمين (الشكل 22) تفوقاً واضحاً للموسم الثاني حيث بلغت نسبة الزيادة 11.37% في الشاهد حتى 41.17%، 44.46%، 51.58% في باقي المعاملات على الترتيب (الجدول 28)، نظراً إلى زيادة المادة العضوية والعناصر الغذائية إضافة إلى تغير عاملي الحرارة والرطوبة.

الجدول 28. مقارنة بين متوسطات الوزن الجاف لقمح الشعير (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	34.64 ± 8.44 ^a	47.24 ± 2.46 ^b	56.23 ± 2.78 ^c	85.50 ± 7.57 ^d
متوسط الموسم الثاني	38.58 ± 6.54 ^a	66.69 ± 7.18 ^b	81.23 ± 9.24 ^c	89.91 ± 6.35 ^c
الزيادة %	11.37	41.17	44.46	51.58

النتيجة هي أن إضافة الحمأة إلى التربة قد زادت على نحو واضح الوزن الجاف للقمح طرداً مع الكمية المضافة (الشكلان 24، 25)، الأمر الذي يسترعي الاهتمام بشأن إنتاج العلف للحيوانات (الشكلان 24 و 25)، حيث أن الحمأة تزيد من مخصبات التربة وترفع من إنتاجية النباتات (Abou الزعبي وآخرين (2011) على نبات القمح حيث زاد الوزن الجاف الكلي عند زراعته في تربة مضاف إليها حمأة حسب حاجة النبات من الأزوت وفق المواصفة السورية 2665 وبلغ 11.9 طن/هكتار، بينما كان الوزن الجاف الكلي للقمح في الشاهد 2.85 طن/هكتار، كما تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه الكليدار وآخرون (2010) على نبات الذرة *Zea mays* حيث زاد وزنه الجاف الكلي بنسبة 65% إثر إضافة الحمأة إلى التربة بمعدل 25 طن/الدونم مقارنة بتربة لم يضاف لها حمأة.



الشكل 22. تأثير إضافة الحمأة في الوزن الجاف لقمح الشعير (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات.

3-5-7 الوزن الجاف للحب Dry weight for grain

تؤكد نتائج قياسات الوزن الجاف للحب زيادة معنوية بالوزن بعد إضافة الحمأة إلى التربة؛ فقد زاد متوسط الوزن في الموسم الأول جدول (29)، من 28.57 غ/أ في الشاهد وحتى 58.03، 65.36، 65.38 غ/أ حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة 103%، 128.7%، 128.8% على التوالي، في حين لم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ. كذلك الأمر في الموسم الثاني (الجدول 30) لوحظت زيادة معنوية في الوزن إذ ارتفع وزن الحب من 44.94 غ/أ عند الشاهد حتى 63.15، 56.89، 57.66 غ/أ حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة 41%، 27%، 28% على الترتيب، يلاحظ أن هناك زيادة معنوية بوزن الحب بعد إضافة الحمأة إلا أن الفروق لم تكن معنوية بين المعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ.

الجدول 29. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف لحب الشعير (غ/أ) في الموسم الأول .

متوسط الوزن الجاف للحب حسب المعاملات (كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
68.94	62.74	58.84	24.64	1
63.84	67.14	57.94	30.71	2
60.91	65.21	55.32	25.52	3
65.51	68.22	59.14	31.84	4
67.72	63.51	58.91	30.15	5
65.38 ± 3.18 ^c	65.36 ± 2.33 ^c	58.03 ± 1.58 ^b	28.57 ± 3.26 ^a	المتوسط
36.81	36.79	29.46	0	الزيادة في الوزن
%128.8	%128.7	%103.0	0	الزيادة %
3.59				%5 -LSD

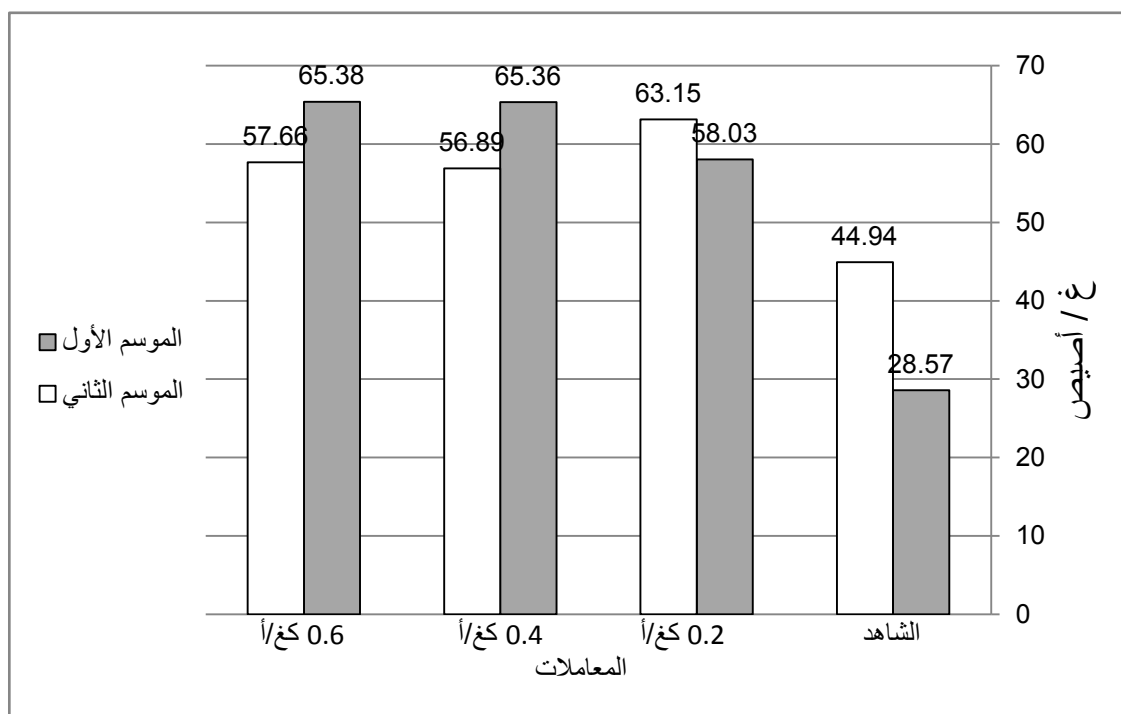
الجدول 30. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف لحب الشعير (غ/أ) في الموسم الثاني.

متوسط الوزن الجاف للحب حسب المعاملات (كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
38.70	54.28	56.60	38.67	1
62.92	52.20	63.60	47.39	2
60.20	53.99	58.13	44.14	3
65.34	69.63	65.69	47.97	4
61.13	54.36	71.71	46.54	5
57.66 ± 10.78 ^b	56.89 ± 7.18 ^b	63.15 ± 6.08 ^b	44.94 ± 3.80 ^a	المتوسط
12.72	11.50	18.21	0	الزيادة في الوزن
%28	%27	%41	0	الزيادة %
9.92				%5 -LSD

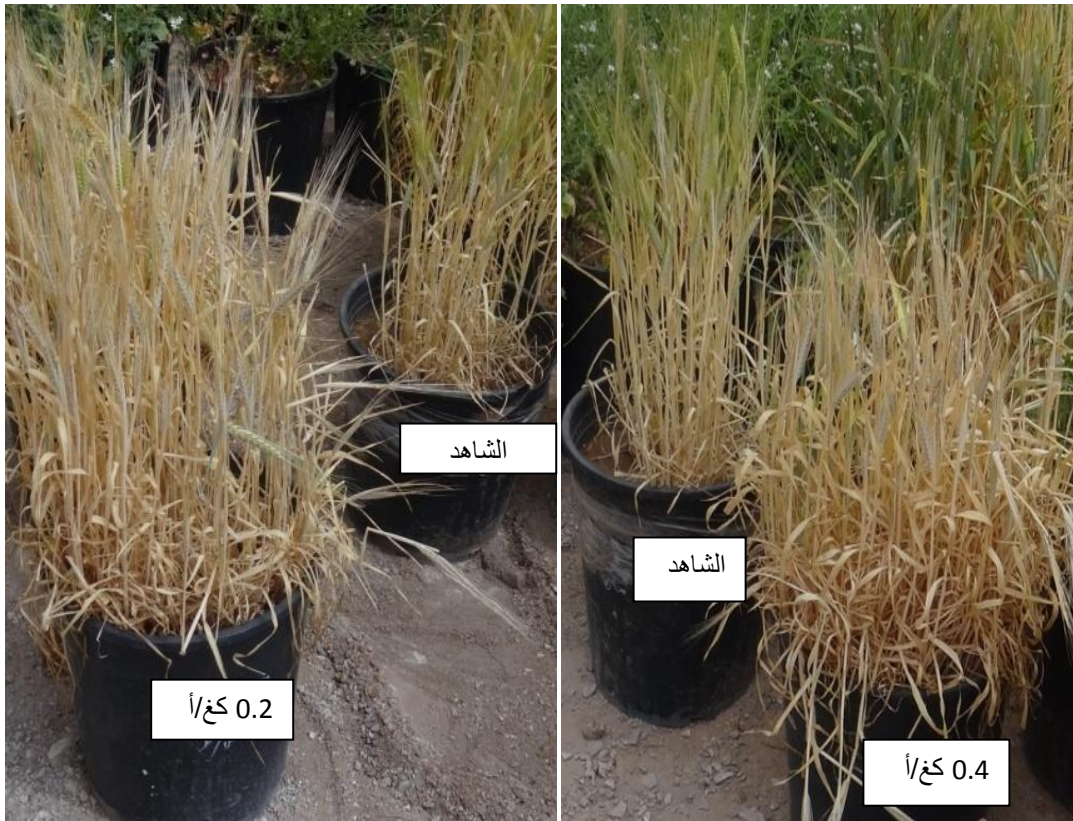
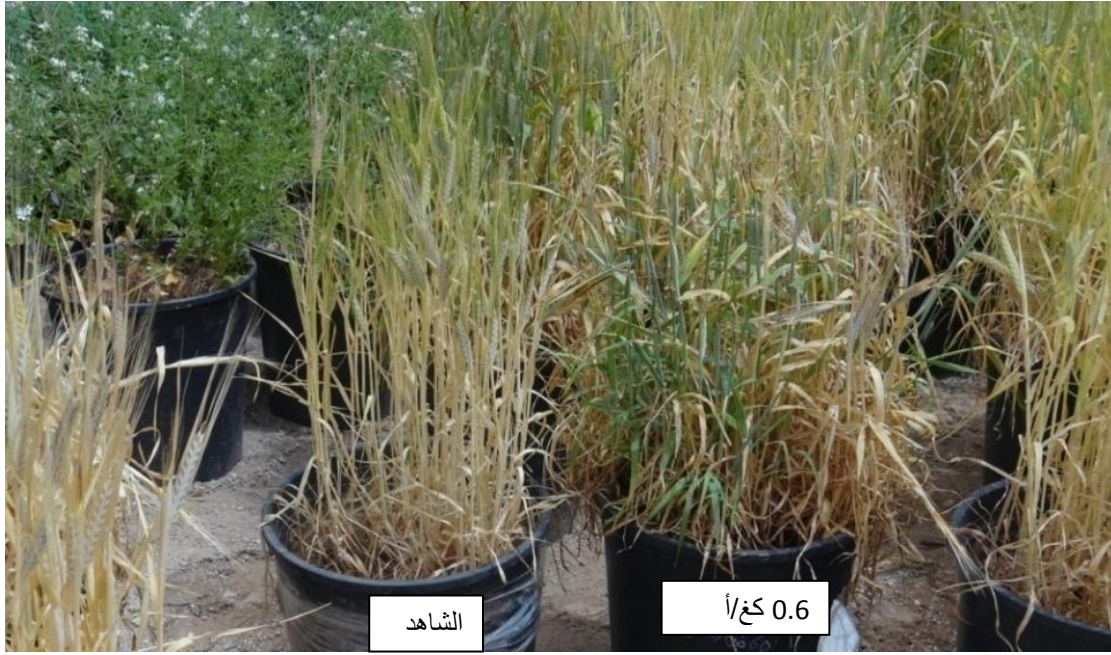
تبين مقارنة الوزن الجاف في الموسمين (الجدول 31) تفوق الوزن الجاف للحب في الموسم الثاني في الشاهد والمعاملة 0.2 كغ / بنسبة بلغت 57.3%، 8.82% على الترتيب، بينما يلاحظ تراجع الوزن الجاف للحب في المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ في الموسم الثاني مقارنة بالموسم الأول بنسبة 12.96%، 11.81% على الترتيب (الشكل 23)، وترافق ذلك مع زيادة واضحة للوزن الجاف للقش في الموسم الثاني لنفس المعاملتين أي ازداد الوزن الجاف للقش وتراجع الوزن الجاف للحب، وهكذا يتضح تماماً أن إضافة الحمأة إلى التربة أدت إلى زيادة واضحة في الوزن الجاف للحب (الشكلان 24 و 25)، وهذا ما يتفق مع دراسة Wei and Liu (2005) حيث زاد وزن الحب معنوياً بنسبة 118% - 187% مقارنة بالشاهد بعد إضافة الحمأة للتربة.

الجدول 31. مقارنة بين متوسطات الوزن الجاف لحب الشعير (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات.

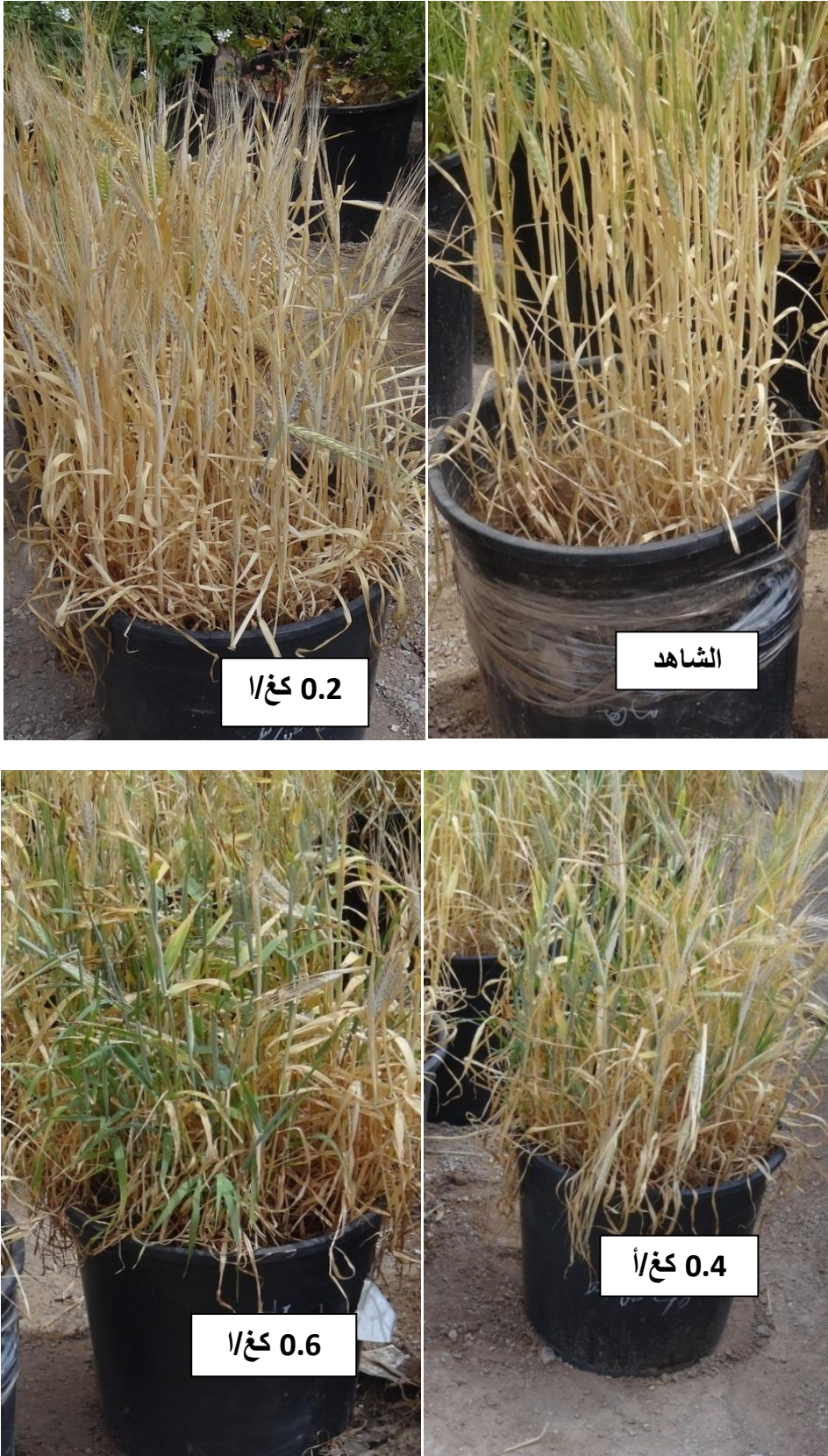
المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	28.57 ± 3.26 ^a	58.03 ± 1.58 ^b	65.36 ± 2.33 ^c	65.38 ± 3.18 ^c
متوسط الموسم الثاني	44.94 ± 3.80 ^a	63.15 ± 6.08 ^b	56.89 ± 7.18 ^b	57.66 ± 10.78 ^b
الفرق %	57.3	8.82	12.96	11.81



الشكل 23. تأثير إضافة الحمأة في الوزن الجاف لحب الشعير (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات.



الشكل 24. مقارنة المعاملات المضاف إليها حمأة بمعدل 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ بللشاهد لنبات الشعير قبيل الحصاد.



الشكل 25. مكرر واحد من كل معاملة (الشاهد، 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ) قبيل الحصاد لنبات الشعير.

3- 5- 8 تركيز عنصر الزنك في الشعير Concentration of Zinc in Barley

يبين الجدول 32 تركيز الزنك في أجزاء النبات التي تؤكد ازدياد هذا التركيز طردياً مع كمية الحمأة المضافة: فقد زاد تركيزه في الجذر من 30.6 ppm في الشاهد حتى 80.2، 96.6، 69.3 ppm حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة 162.1%، 215.7%، 126.5% على الترتيب؛ كما زاد في القش من 6.4 ppm عند الشاهد حتى 15.96، 30.1، 45.2 ppm حسب تسلسل الإضافات نفسه أي بنسبة 149.4%، 370.1%، 606.3% على الترتيب؛ أما في الحب فقد زاد تركيز الزنك من 13.4 ppm عند الشاهد حتى 22.1، 27.7، 38.2 ppm حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة 64.93%، 106.72%، 185.07% على الترتيب مقارنة بالشاهد. بمتابعة المقارنة يتأكد أن تركيز الزنك في النبات ازداد مع زيادة كمية الحمأة المضافة وكان تركيزه في جذور المعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ أعلى معنوياً من تركيزه في جذر نبات الشاهد، ولم تكن الفروق معنوية بين تركيزه في جذور نباتات المعاملتين 0.2 و 0.6 كغ/أ؛ بينما كانت الفروق معنوية بين تركيز الزنك في قش وحب الشاهد وبين تركيزه في قش وحب المعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ.

الجدول 32. تأثير إضافة الحمأة في تركيز الزنك في أجزاء نبات الشعير (ppm) لجميع المعاملات.

متوسط تركيز الزنك في أجزاء النبات			المعاملة
الحب	القش	الجذر	
13.4 ± 1.7 ^a	6.4 ± 0.7 ^a	30.6 ± 6.0 ^a	الشاهد
22.1 ± 2.1 ^b	15.96 ± 3.9 ^b	80.2 ± 11.8 ^b	0.2 كغ/أ
27.7 ± 1.8 ^c	30.1 ± 2.5 ^c	96.6 ± 3.1 ^c	0.4 كغ/أ
38.2 ± 0.8 ^d	45.2 ± 10.7 ^d	69.3 ± 14.3 ^b	0.6 كغ/أ
2.23	7.81	13.24	%5 - LSD
100 - 27		التركيز الطبيعي في النبات *	
أكثر من 100		التركيز السام *	

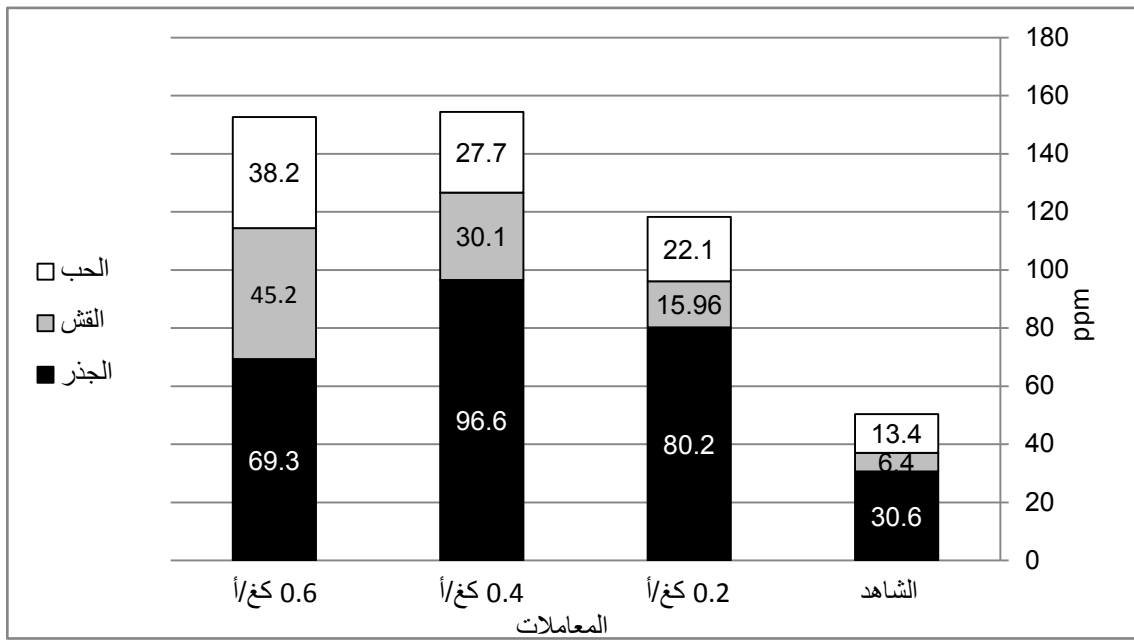
*(Kabata & Pendas, 1992)

المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد تختلف معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD-5%.

وبمقارنة تركيز الزنك بين أجزاء النبات في المعاملة الواحدة كما يبين الجدول 33 أن الفروق كانت معنوية بين تركيزه في الجذر وتركيزه في الحب والقش في جميع المعاملات، حيث كان أعلى في الجذر منه في المجموع الخضري، مع العلم أن جميع التراكيز كانت ضمن الحدود المسموح بها، ولم تصل لدرجة السمية داخل النبات (الشكل 26).

الجدول 33. مقارنة تراكيز الزنك (ppm) في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة للشعير .

متوسط تركيز الزنك حسب المعاملات (كغ/أ)				الجزء النباتي
0.6	0.4	0.2	0	
69.3 ± 14.3 ^a	96.6 ± 3.1 ^a	80.2 ± 11.8 ^a	30.6 ± 6.1 ^a	الجزر
45.2 ± 10.7 ^b	30.1 ± 2.5 ^b	15.96 ± 3.9 ^b	6.4 ± 0.7 ^b	القش
38.2 ± 0.8 ^b	27.7 ± 1.8 ^b	22.1 ± 2.1 ^b	13.4 ± 1.7 ^c	الحب
14.22	3.45	10.01	5.02	%5 -LSD



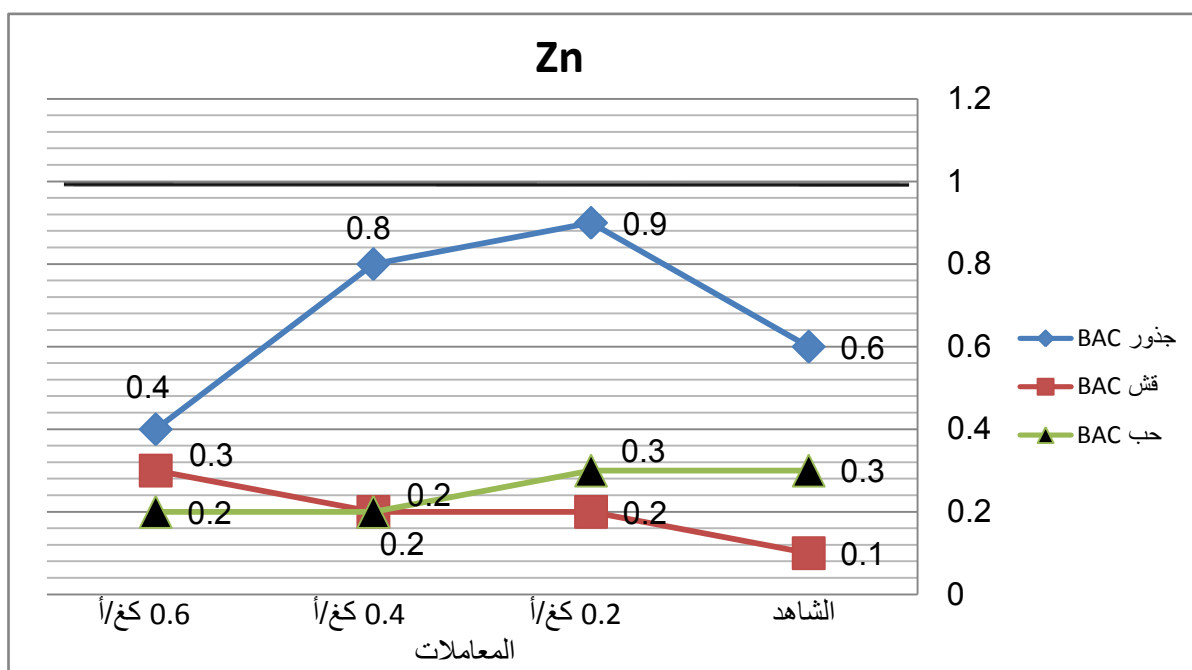
الشكل 26. مقارنة تركيز عنصر الزنك في أجزاء النبات المختلفة للشعير في جميع المعاملات.

3-5-9 معامل الامتصاص الحيوي BAC وعامل الانتقال TF للزنك في الشعير

BAC and TF for Zinc in Barley

يستعمل معامل الامتصاص الحيوي BAC لتحديد فيما إذا كان النبات مراكماً للعنصر الثقيل أم لا، بحيث إذا كانت قيمة $BAC < 1$ يعد النبات مراكماً، ولا يعد كذلك إذا كانت قيمته أقل من الوحدة (الوهيبي، 2007)، وفي دراسات أخرى (Zhang *et al.*, 2002) يشار إليه بالرمز BCF (Biological Concentration Factor). يبين الشكل 27 معامل الامتصاص الحيوي لعنصر الزنك في أجزاء الشعير كلها ويظهر أن $BAC > 1$ في الجذور والقش والحب في جميع المعاملات، وهذا يؤكد أن الشعير لا يراكم الزنك في أي جزء من أجزاء النبات، ومن الشكل نفسه نلاحظ أن قيم BAC للجذور كانت أعلى من قيم BAC في القش والحب وفي جميع المعاملات مما يؤكد تجميع هذا العنصر في المجموع الجذري، وكانت أعلى قيمة في جذور المعاملة 0.2 كغ/أ بينما أقل قيمة

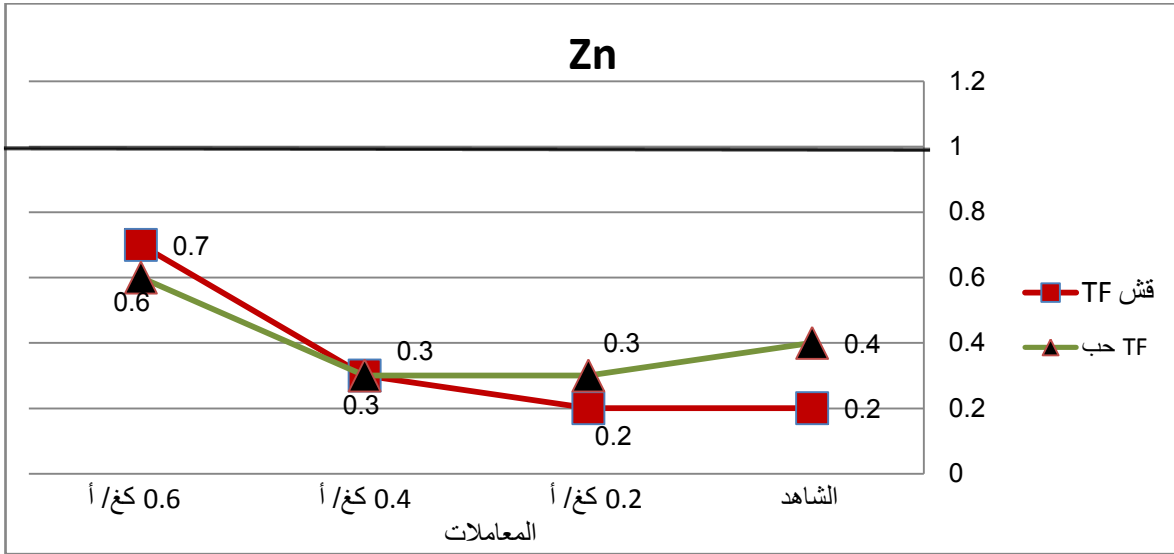
كانت في جذور المعاملة 0.6 كغ/أ، أي انه كلما زاد تركيز الزنك في التربة ارتفع معامل الامتصاص إلى حد معين ثم بدأ بالانخفاض، كوسيلة وقائية يتبعها النبات للحد من سمية العنصر الثقيل (الوهيبي، 2007)، كما أن قيمة BAC للحب أعلى من قيمته للقش في معاملي الشاهد و0.2 كغ/أ، وكان له القيمة نفسها في الحب والقش في المعاملة 0.4 كغ/أ، بينما أصبحت قيمته في القش أعلى من قيمته في الحب في المعاملة 0.6 كغ/أ، ربما يعود ذلك لانخفاض الوزن الجاف للحب وزيادة الوزن الجاف للقش مع زيادة الحمأة في هذه المعاملة، أي تفوق النمو الخضري على نمو الحبوب (الشكلان 22 و23).



الشكل 27. تأثير إضافة الحمأة في معاملي الامتصاص الحيوي BAC للزنك في الشعير لجميع المعاملات.

من ناحية أخرى تُحدد قدرة النباتات على نقل العناصر الثقيلة من الجذر إلى الجذلة الفارعية بحساب عامل الانتقال Translocation Factor TF، فإذا كانت قيمته أعلى من الوحدة فإن العنصر ينتقل من الجذر إلى باقي أجزاء النبات، أما إذا كانت قيمته أقل من الوحدة فهذا يعني أن النبات جمع العنصر الثقيل في جذره والانتقال إلى الجذلة الفارعية ضعيف (Singh and Agrawal 2007)، يلاحظ في الشكل 28 أن جميع قيم TF للقش والحب وفي جميع المعاملات كانت أقل من الوحدة أي أن نبات الشعير جمع عنصر الزنك في جذره ولم ينقله إلى المجموع الخضري، وكانت أعلى قيمتين لعامل الانتقال في قش وحب المعاملة 0.6 كغ/أ، وهكذا لا يعد نبات الشعير مراكماً لعنصر الزنك في المجموع الخضري؛ ومن أهم نتائج هذه التحاليل هي أنه من الملائم

تطبيق الحمأة على أرض تزرع بالشعير لأنه يجمع تراكيز قليلة في أوراقه من العناصر الثقيلة مقارنة بنباتات أخرى مثل الملفوف (Wei and Liu, 2005).



الشكل 28. تأثير إضافة الحمأة في عامل انتقال الزنك TF في الشعير لجميع المعاملات.

3- 5- 10 تركيز الكاديوم في الشعير

Concentration of Cadmium in Barley

يتضمن الجدول (34) تراكيز الكاديوم في جميع أجزاء النبات وبجميع المعاملات؛ وقد تبين بوضوح أن تركيز الكاديوم قد ارتفع في الجذر من 74.5 ppb في الشاهد حتى 121.8، 130.9، 169.8 ppb حسب تسلسل الإضافات، أي بنسبة 75.4%، 63.49%، 129.92% على الترتيب؛ أما في القش فزاد تركيز الكاديوم من أقل من 10 ppb عند الشاهد حتى 24.8، 43.7 ppb حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة مقدارها 82%، 148%، 337% على الترتيب؛ ويتابع الكاديوم ارتفاعه في الحب من أقل من 10 ppb عند الشاهد حتى 23.5، 36.9، 13 ppb حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة مقدارها 30%، 269%، 225% على الترتيب؛ لقد كانت الزيادة معنوية في جذور نباتات المعاملات مقارنة بالشاهد، ولم تكن الزيادة معنوية في تركيزه بين جذور نباتات المعاملتين 0.2، 0.4 كغ/أ (الجدول 30).

وبمقارنة تركيز الكاديوم في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة (الجدول 35، الشكل 29)، تبين أن أعلى تركيز كان في الجذور ولجميع المعاملات، وكانت الفروق معنوية بين تركيزه في الجذور وباقي أجزاء النبات بعد إضافة الحمأة، بالمقابل كان تركيز الكاديوم قليلاً جداً ودون 10 ppb في القش والحب لمعاملة الشاهد، ولم تكن الفروق معنوية بين القش والحب في المعاملتين 0.2 و0.4 كغ/أ، وكانت معنوية بين القش والحب في المعاملة 0.6 كغ/أ حيث كان أعلى في القش.

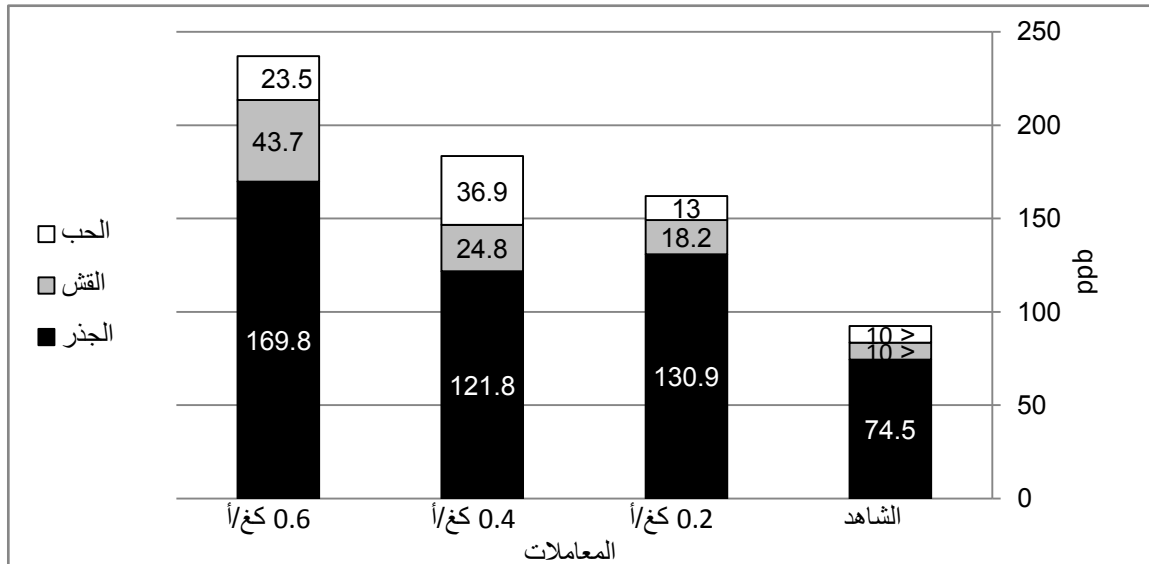
الجدول 34. تأثير إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم في أجزاء الشعير (ppb) لجميع المعاملات.

متوسط تركيز الكاديوم في أجزاء النبات			المعاملة
الحب	القش	الجزر	
<10	<10	74.5 ± 14.99 ^a	الشاهد
13.0 ± 4.72 ^a	18.2 ± 8.8 ^a	130.9 ± 9.7 ^b	0.2 كغ/أ
36.9 ± 6.15 ^b	24.8 ± 0.61 ^a	121.8 ± 33.8 ^b	0.4 كغ/أ
23.5 ± 8.98 ^c	43.7 ± 9.73 ^b	169.8 ± 8.24 ^c	0.6 كغ/أ
9.44	10.45	26.20	%5 -LSD
* ppm 0.2 -0.05 ما يعادل 200 -50 ppb			التركيز الطبيعي في النبات *
* ppm 30 -5 ما يعادل 30000 -5000 ppb			التركيز السام *

*(Kabata &Pendias , 1992)

الجدول 35. مقارنة تراكيز الكاديوم (ppb) في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة للشعير.

متوسط تركيز الكاديوم حسب المعاملات (كغ/أ)				الجزء النباتي
0.6	0.4	0.2	0	
169.8 ± 8.2 ^a	121.8 ± 33.8 ^a	130.9 ± 9.7 ^a	74.5 ± 14.99	الجزر
43.7 ± 9.7 ^b	24.8 ± 0.6 ^b	18.2 ± 8.8 ^b	<10	القش
23.5 ± 8.98 ^c	36.9 ± 6.2 ^b	13.0 ± 4.7 ^b	<10	الحب
12.41	27.32	11.07	-	%5 -LSD



الشكل 29. مقارنة تركيز الكاديوم (ppb) في أجزاء الشعير المختلفة لجميع المعاملات.

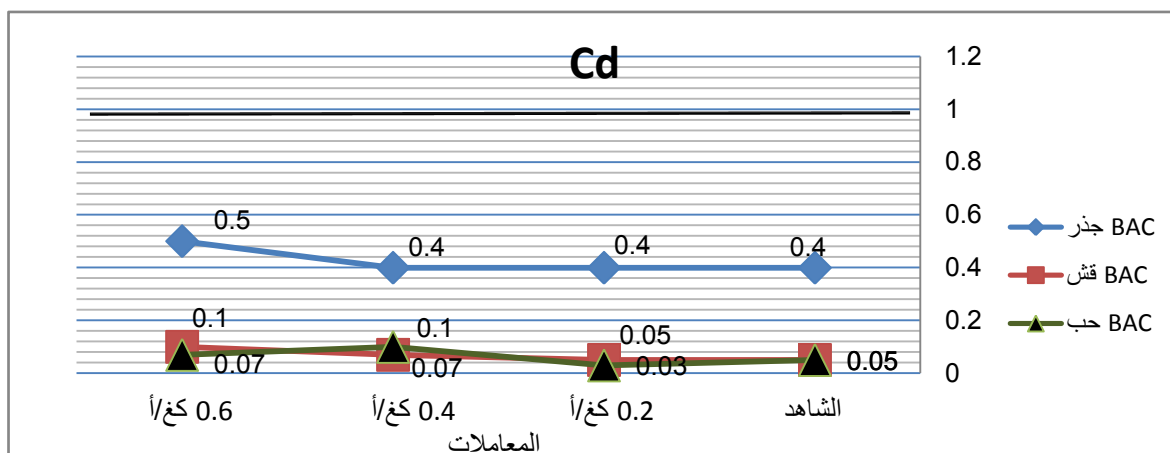
يؤكد Vassilev وآخرون (1995) أن عملية التركيب الضوئي في الشعير تبدي مقاومة كبيرة لتلوث التربة بعنصر الكاديوم وبقيت حيوية النبات جيدة بعد 12 يوماً من التعرض لمقدار 3 مغ/كغ من الكاديوم، بينما بدأ الشعير يتأثر سلباً ابتداءً من تركيز 6 مغ/كغ من الكاديوم في التربة

وقد تناقص الوزن الجاف للحب بنسبة 10% عندما وصل التركيز إلى 20 - 25 مغ/كغ، أما في هذا البحث فقد كان أعلى تركيز للكاديوم في تربة المعاملة 0,2 كغ/أ حيث بلغ ما يقارب 0.337 مغ/كغ (الجدول 10)، وهو تركيز قليل جداً مقارنة بالتركيز الذي يستطيع الشعير تحمله.

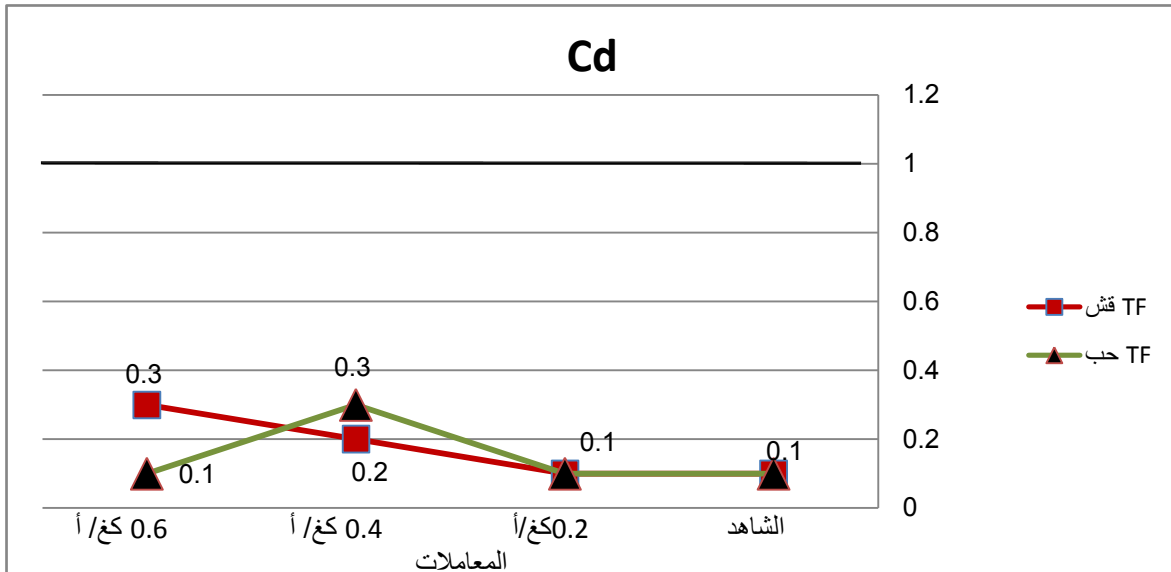
3- 5- 11 معامل الامتصاص الحيوي BAC وعامل الانتقال TF للكاديوم في الشعير

BAC and TF for cadmium in Barley

يبين الشكل (30) معامل الامتصاص الحيوي لعنصر الكاديوم في نبات الشعير وكان BAC >1 في الجذر والحب والقش في جميع المعاملات أي أن الشعير لا يراكم الكاديوم في أي جزء من أجزاء النبات، وكانت قيم BAC للجذور أعلى من قيم BAC للقش والحب، ومن ملاحظة الخط البياني الذي شكله معامل الامتصاص الحيوي في كل المعاملات في الشكل 30 حفاظ الشعير على تركيز معين لعنصر الكاديوم في أجزائه بالرغم من ارتفاع تركيزه نسبياً في التربة مع إضافة الحمأة؛ لذلك يمكن عده من فئة المستبعدات Excluders (McGrath et al., 2002)؛ وبحساب عامل الانتقال TF يبين الشكل 31 أن جميع قيم TF وفي كل المعاملات أقل من الوحدة أي إن انتقال عنصر الكاديوم من الجذر إلى الجملة الفارعية ضعيف، وهذا ما أكدته دراسة Vassilev (2002) حيث كان تركيز الكاديوم في جذور نبات الشعير أعلى منه في الجملة الفارعية؛ وفي دراسة أخرى للعيد وآخرين (2002) تبين أن تركيز الكاديوم في الجملة الفارعية يكون في بعض المحاصيل أقل منه في الجذر كما في البندورة *Lycopersicon esculatum* مثلاً، وفي محاصيل أخرى يكون العكس كما في الفجل *Raphanus sativus*، تبين هذه النتائج أن الشعير لا يراكم الكاديوم في أي جزء من النبات ولا ينقل إلا تراكيز منخفضة إلى الجملة الفارعية ولهذا أهمية كبيرة لعدم احتواء الحب والقش في نبات الشعير على تراكيز عالية من الكاديوم، ويعطي درجة من الأمان لزراعة الشعير المسمد بالحمأة.



الشكل 30. تأثير إضافة الحمأة في معامل الامتصاص الحيوي BAC للكاديوم في الشعير لجميع المعاملات.



الشكل 31. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عامل انتقال الكاديوم TF في الشعير لجميع المعاملات.

3-5-12. مؤشر التحمل TIN للشعير Tolerance index for Barley

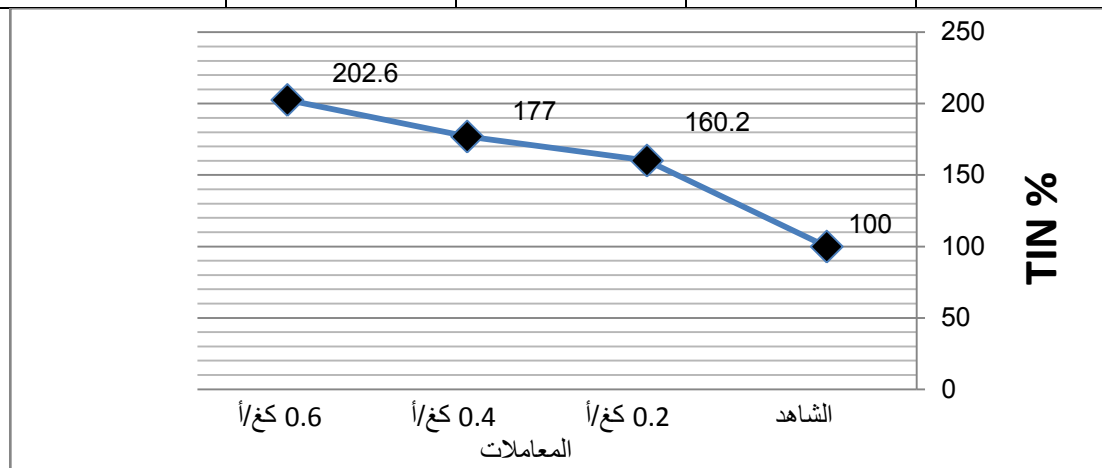
يمثل المؤشر تغير الوزن الجاف بتأثير تلوث التربة بالعناصر الثقيلة، ويعبر عنه بنسبة مئوية، فإذا كانت هذه النسبة أكبر من 100% فإن الوزن الجاف للنبات الموجود في تربة تحتوي عناصر ثقيلة يزيد عن الوزن الجاف للنبات في التربة الشاهدة ولا تأثير للعناصر الثقيلة فيه، أما إذا كانت النسبة أقل من 100% فهذا يعني أن النبات قد تعرض لإجهاد هذه العناصر؛ وبالتالي نقص الوزن الجاف مقارنة بالشاهد، وإذا كانت النسبة 100% فهذا يدل على عدم وجود فروق نسبية بين الوزن الجاف للنبات الموجود في التربة الحاوية عناصر ثقيلة مقارنة بالوزن الجاف للنبات في التربة الشاهدة (Audet and Charest, 2007).

يظهر الجدول 36 متوسط الوزن الجاف لنبات الشعير (القش والحب) للموسمين وهي 73.4 غ/أ للشاهد و 117.6، 129.9، 148.7 غ/أ حسب تسلسل الإضافات، ويظهر أيضاً مؤشر التحمل TIN لجميع المعاملات مقارنة بالشاهد والتي بلغت 160.2%، 177.0%، 202.6% للمعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ على الترتيب؛ يلاحظ من الشكل 32 أن جميع الأوزان الجافة لجميع المعاملات قد ازدادت طردياً مع كمية الحمأة المضافة، وكان مؤشر التحمل لجميع المعاملات أكبر من 100%، حيث استفاد النبات من الحمأة بما تحمله من مواد عضوية وعناصر مغذية وزادت إنتاجيته، ولم يتأثر بنسبة العناصر الثقيلة التي حملتها الحمأة، ربما لأنها بقيت ضمن الحدود المسموح فيها ولم تصل لدرجة السمية؛ إذ إن تركيز العناصر المدروسة (الزنك والكاديوم) كانت جميعها ضمن الحدود المسموح بها، مع العلم أن نتائج دراسات سابقة على حمأة محطة عدرا تؤكد

أن العناصر الثقيلة الأخرى (الرصاص، الزرنيخ، الكروم، النحاس، الزئبق، النيكل، السيلينيوم) هي أيضاً ضمن الحدود المسموح بها (العودات والبشير، 2007).

الجدول 36. متوسط الوزن الجاف (غ/أ) للشعير في الموسمين ومؤشر التحمل % لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
الوزن الجاف	73.4 ^a	117.6 ^b	129.9 ^c	148.7 ^d
% TIN	100	160.2	177.0	202.6



الشكل 32. تأثير إضافة الحمأة في مؤشر التحمل TIN % للشعير لجميع المعاملات مقارنة بالشاهد.

3-5-13 علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات correlations between all variables

يبين الجدول 37 علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات التي دُرست على الشعير وهي:

أ- العلاقة بين إضافة الحمأة إلى التربة وبين باقي المتغيرات: يلاحظ علاقة ارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين إضافة الحمأة وبين كل من الناقلية الكهربائية والمواد العضوية والآزوت الكلي والبتواسيوم والفسفور والرمل والزنك والكاديوم في التربة، وكانت 0.974، 0.978، 0.979، 0.894، 0.980، 0.894، 1.000، 0.733 على الترتيب وعند مستوى الثقة 0.01، وكانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين إضافة الحمأة وبين دالات النمو لنبات الشعير وبلغت 0.866، 0.930، 0.904، 0.757، 0.916، 0.971، 0.752، 0.911، 0.982 عند مستوى الثقة 0.01 لكل من طول النبات وعدد الإسطوانات وكمية اليخضور وعدد السنابل وطولها ووزن القش والحب وتركيز الزنك والكاديوم في النبات على الترتيب، وهذا يؤكد دور الحمأة في زيادة خصوبة التربة وإنتاجية النبات، وخاصة محتواها من المواد العضوية التي تزود محلول التربة بالكربون والأكسجين والهيدروجين والنتروجين والعناصر المعدنية إثر انحلالها فيه؛ وبالتالي تصبح هذه العناصر ميسرة أكثر للنبات، كما أن المادة العضوية تحافظ على القدرة التنظيمية للتربة Buffering capacity بواسطة الزمر الكربوكسيلية (Ashraf and Gill, 2005).

الجدول 37. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات للشعير (Correlations)

	الحماة	pH	EC	CaCO ₃	مادة عضوية	أزوت كلي	بوتاسيوم	فسفور	رمل	طين	سلت	Zn تربة	Cd تربة	طول	إشطاءات	يخضور	عدد سنابل	طول سنابل	وزن قش	وزن حب	Zn نبات	Cd نبات
الحماة	1																					
pH	-.994**	1																				
EC	.974**	-.993-	1																			
CaCO ₃	-.813**	.747**	-.670-	1																		
مادة عضوية	.978**	-.974-	.959**	-.827**	1																	
أزوت كلي	.979**	-.974-	.958**	-.829**	1.000**	1																
بوتاسيوم	.894**	-.921-	.931**	-.505*	.809**	.809**	1															
فسفور	.980**	-.955-	.916**	-.864**	.932**	.933**	.870**	1														
رمل	.894**	-.921-	.931**	-.505*	.809**	.809**	1.000**	.870**	1													
طين	-.944**	.974**	-.992-	.609**	-.946**	-.945-	-.905**	-.862-	-.905-	1												
سلت	-.258-	.262	-.251-	.000	-.055-	-.057-	-.577**	-.358-	-.577-	.174	1											
Zn تربة	1.000**	-.995-	.977**	-.810**	.984**	.984**	.889**	.974**	.889**	-.950-	-.234-	1										
Cd تربة	.733**	-.655-	.562**	-.924**	.671**	.674**	.528*	.845**	.528*	-.467-	-.327-	.719**	1									
طول النبات	.866**	-.845-	.812**	-.780**	.846**	.847**	.735**	.870**	.735**	-.774-	-.214-	.864**	.724**	1								
إشطاءات	.930**	-.923-	.904**	-.752**	.902**	.903**	.842**	.916**	.842**	-.873-	-.273-	.928**	.691**	.813**	1							
يخضور	.904**	-.869-	.820**	-.891**	.888**	.890**	.720**	.926**	.720**	-.771-	-.186-	.901**	.834**	.862**	.823**	1						
عدد السنابل	.757**	-.700-	.630**	-.844**	.705**	.707**	.593**	.833**	.593**	-.554-	-.308-	.747**	.884**	.698**	.739**	.742**	1					
طول السنابل	.916**	-.893-	.853**	-.799**	.855**	.857**	.838**	.946**	.838**	-.797-	-.410-	.909**	.811**	.842**	.863**	.858**	.789**	1				
وزن قش	.971**	-.957-	.930**	-.841**	.961**	.962**	.827**	.956**	.827**	-.899-	-.189-	.971**	.749**	.878**	.907**	.919**	.784**	.892**	1			
وزن حب	.752**	-.685-	.605**	-.886**	.695**	.698**	.568**	.845**	.568**	-.520-	-.318-	.740**	.942**	.707**	.713**	.796**	.890**	.765**	.725**	1		
Zn نبات	.911**	-.870-	.814**	-.857**	.830**	.832**	.822**	.975**	.822**	-.737-	-.486-	.899**	.918**	.830**	.858**	.897**	.870**	.936**	.890**	.898**	1	
Cd نبات	.982**	-.957-	.919**	-.908**	.975**	.976**	.801**	.980**	.801**	-.880-	-.164-	.981**	.817**	.874**	.911**	.937**	.810**	.911**	.971**	.819**	.923**	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

وكانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية بين إضافة الحمأة وبين pH التربة وكربونات الكالسيوم في التربة والطين وبلغت 0.994، 0.813، 0.944 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، إذ إن زيادة المادة العضوية في التربة الناجمة عن إضافة الحمأة تؤدي إلى زيادة الأملاح المنحلة في التربة؛ وبالتالي زيادة الناقلية الكهربائية وزيادة أيونات الهيدروجين في محلول التربة وهذا بدوره يؤدي إلى خفض قيمة pH (حمداني، 2000)، كما أن تحلل المواد العضوية في محلول التربة وتحرر الحموض العضوية يؤدي إلى إذابة بعض مركبات الكربونات ولاسيما كربونات الكالسيوم وتحرر الكالسيوم الذي يصبح امتصاصه ميسراً للنبات، وتبقى شاردة الكربونات في محلول التربة وهذا يساهم في نقص تركيز كربونات الكالسيوم في محلول التربة وبالتالي خفض pH التربة أيضاً (محمود والزبيدي، 2011).

ب- العلاقة بين pH التربة وبين باقي المتغيرات: يبين الجدول 37 علاقة ارتباط سلبية قوية ومعنوية بين قيمة pH التربة وبين كلٍ من الناقلية الكهربائية والمواد العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكاديوم في التربة، وبلغت 0.993، 0.974، 0.974، 0.921، 0.955، 0.921، 0.995، 0.655 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01 وكانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية بين pH التربة وبين دالات النمو للنبات: طول النبات وعدد الإسطوانات وكمية اليخضور وعدد السنابل وطولها والوزن الجاف للقش والحب وأيضاً تركيز كل من الزنك والكاديوم في النبات، وبلغت 0.845، 0.923، 0.869، 0.700، 0.893، 0.957، 0.685، 0.870، 0.957 على الترتيب، أي أنه كلما اقتربت pH من الاعتدال يكون نمو النبات أفضل (Orman *et al.*, 2014)، حيث إن pH التربة قلبية (الجدول 7) وأخذت بالتناقص مع إضافة الحمأة؛ وكانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية مع كربونات الكالسيوم في التربة ومع الطين، وبلغت 0.974، 0.747، 0.974 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، حيث يقل تركيز شوارد الهيدروجين بسبب ادمصاصها على غرويات الطين؛ وبالتالي ترتفع قيمة pH بزيادة الطين في التربة (حمداني، 2000).

ت- العلاقة بين الناقلية الكهربائية في التربة وبين باقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية عند مستوى الثقة 0.01 بين الناقلية الكهربائية وبين كلٍ من المواد العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل وتركيز الزنك والكاديوم في التربة، وبلغت 0.958، 0.959، 0.931، 0.916، 0.931، 0.977، 0.562 على الترتيب، وكانت علاقة الارتباط إيجابية قوية بين الناقلية الكهربائية وبين دالات النمو للنبات المتمثلة بطول النبات وعدد الإسطوانات وكمية اليخضور وعدد السنابل وطولها والوزن الجاف للقش والحب وكذلك تركيز الزنك والكاديوم في النبات، وبلغت 0.812، 0.904، 0.820، 0.630، 0.853، 0.930، 0.605، 0.814،

0.919 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، حيث إن إضافة الحمأة أدت إلى زيادة الأملاح المنحلة في التربة؛ مما أدى إلى زيادة الناقلية الكهربائية وتيسر شوارد المغذيات الصغرى والكبرى لداخل النبات على نحو أفضل (Ragab *et al.*, 2008).

وكانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية بين الناقلية الكهربائية وبين pH التربة والطين، وبلغت 0.670، 0.992 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، إن النشاط السطحي لمعادن الطين عالٍ على عكس معادن الرمل ويحدث ادمصاص للكثير من العناصر؛ مما يقلل من تركيز الشوارد في محلول التربة وبالتالي من الناقلية الكهربائية (أبو الروس وآخرون، 1996)؛ كما كانت العلاقة سلبية معنوية بين الناقلية الكهربائية وبين تركيز كربونات الكالسيوم في التربة وبلغت 0.670 عند مستوى الثقة 0.01 وهذا يدل على أن كربونات الكالسيوم يزيد انحلالها مع إضافة كميات متزايد من الحمأة لاحتواء الحمأة شوارد قادرة على إزاحة الكالسيوم من مركباته والناقلية الكهربائية تزداد لأنها تتناسب مع الأملاح المنحلة في محلول التربة (Ragab *et al.*, 2008)، كما كانت علاقة الارتباط سلبية غير معنوية بين الناقلية الكهربائية والسلت.

ث- العلاقة بين تركيز كربونات الكالسيوم في التربة وبين باقي المتغيرات: يبين الجدول 37 أن علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية بين تركيز كربونات الكالسيوم في التربة وبين كلٍ من المواد العضوية والآزوت الكلي والفسفور والطين وتركيز الزنك والكاميوم في التربة وأخذت القيم الآتية: 0.827، 0.829، 0.864، 0.609، 0.810، 0.924 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، وكانت سلبية ومعنوية عند مستوى الثقة 0.05 مع تركيز البوتاسيوم في التربة والرمل وبلغت 0.505؛ كما كانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية عند مستوى الثقة 0.01 بين تركيز كربونات الكالسيوم وبين دالات النمو للنبات وسجلت قيماً أعلى من 0.750، حيث أن إضافة الحمأة تزيد من الشوارد التي تعمل على إذابة كربونات الكالسيوم مثل شوارد الكلور والصوديوم التي تزيح الكالسيوم من مركباته، ثم يمتص النبات شوارد الكالسيوم التي يحتاجها ببعض العمليات الحيوية وهذا يقلل من تركيز كربونات الكالسيوم في التربة ويزيد من إنتاجية النبات (محمود والزبيدي، 2011)؛ وكانت العلاقة إيجابية معنوية بين تركيز $CaCO_3$ وبين الطين وبلغت 0.609 عند مستوى الثقة 0.01، وهذا يؤكد أن انحلال كربونات الكالسيوم يقل بزيادة الطين في التربة.

ج- العلاقة بين المادة العضوية وبين باقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين المادة العضوية وبين الآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل وتركيز الزنك والكاميوم في التربة وسجلت قيماً أعلى من 0.670 عند مستوى الثقة 0.01؛ وكانت العلاقة إيجابية قوية ومعنوية بين المادة العضوية وبين دالات نمو النبات التالية: طول النبات وعدد الإشطاعات وكمية اليخضور وعدد السنابل وطولها والوزن الجاف للقص والحب وأيضاً تركيز كل من الزنك والكاميوم في النبات،

وبلغت 0.846، 0.902، 0.888، 0.705، 0.855، 0.961، 0.695، 0.836، 0.975 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01؛ هذا يؤكد دور الحمأة في إغناء التربة بالمادة العضوية التي لها دور كبير في زيادة معدلات النمو عند النباتات (Ewulo *et al.*, 2007)، حيث إن المواد العضوية تحسن بناء التربة وتزيد من مساميتها؛ مما يساعد على حركة عالية للماء خلال التربة ومنع تجمع الأملاح وزيادة الماء الجاهز والعناصر الميسرة للامتصاص (Ahmad and Jabeen, 2009)؛ بينما كانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية مع الطين وسلبية غير معنوية مع السلت وبلغت 0.946، 0.055 على الترتيب.

ح- العلاقة بين الآزوت الكلي في التربة وبين باقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين تركيز الآزوت الكلي وبين كل من البوتاسيوم والفسفور والرمل وتركيز كل من الزنك والكاديوم في التربة، وبلغت 0.809، 0.933، 0.809، 0.984، 0.674 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01 وكانت العلاقة إيجابية قوية ومعنوية بين الآزوت الكلي في التربة وبين طول النبات وعدد الإشطاعات وكمية اليخضور وعدد السنابل وطولها والوزن الجاف للقص والحب وتركيز الزنك والكاديوم في النبات وأخذت القيم الآتية 0.847، 0.903، 0.890، 0.707، 0.857، 0.962، 0.698، 0.832، 0.976 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، حيث إن الآزوت من العناصر السمادية الكبرى المهمة للنبات فهو يدخل في تركيب الحموض الأمينية التي يتكون منها البروتين ويدخل بتركيب اليخضور والفيتامينات والإنزيمات وهو المكون الأساسي للمادة الحية، كما أنه ضروري لعملية التنفس ويدخل في بناء الأغشية الخلوية ويتميز بدور مهم في الإثمار وتكوين الجذور (Bennett, 1993).

خ- علاقة الارتباط بين تركيز البوتاسيوم في التربة وبين باقي المتغيرات: يلاحظ من الجدول 37 علاقة ارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين تركيز البوتاسيوم في التربة وبين كل من الفسفور والرمل وتركيز الزنك في التربة وكانت أعلى من 0.880 عند مستوى الثقة 0.01، وكانت العلاقة إيجابية ومعنوية مع الكاديوم في التربة وبلغت 0.528 عند مستوى الثقة 0.05، أما علاقة دالات النمو مع تركيز البوتاسيوم في التربة فقد كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية عند مستوى الثقة 0.01 وكانت أعلى من 0.560، حيث يعد البوتاسيوم من العناصر المغذية الكبرى في النبات وله دور مهم في نمو النبات فهو ضروري لتكوين البروتينات والمواد الكربوهيدراتية ويساعد في تحويل الكربوهيدرات إلى دهون، وينشط إفراز بعض الإنزيمات الداخلة بعملية تركيب البروتين، كما يساعد في تمثيل البروتين ويعد مسؤولاً عن ضبط حركة الخلايا الحارسة للمسام، وضبط المحتوى المائي في النبات، وله دور في زيادة مقاومة النبات للأمراض، كما أن له دوراً في قيام الحديد بوظائفه لتكوين

اليخضور (الزعيبي وآخرون، 2013)؛ كما كانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية بين البوتاسيوم وبين الطين والسلت وبلغت 0.905، 0.577 على الترتيب.

د- علاقة الارتباط بين تركيز الفسفور في التربة وبين باقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين تركيز الفسفور في التربة وبين الرمل وتركيز الزنك والكاديوم في التربة وبلغت 0.870، 0.974، 0.845 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01؛ وكانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية مع الطين وقيمتها 0.862، وكانت سلبية غير معنوية مع السلتي؛ أما علاقة ارتباط الفسفور مع كل من طول النبات وعدد الإسطوانات وكمية اليخضور وعدد السنابل وطولها والوزن الجاف للقش والحب وتركيز الزنك والكاديوم في النبات فكانت إيجابية قوية ومعنوية وبلغت 0.870، 0.916، 0.926، 0.833، 0.946، 0.956، 0.845، 0.975، 0.980 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، وهذا يعكس دور الفسفور وأهميته للنبات فهو يدخل بتركيب الحموض النووية RNA و DNA، كما أن للفسفور دوراً في إعطاء الطاقة ATP-ADP اللازمة لعملية استقلاب الكربوهيدرات وله دور في عملية انقسام الخلايا وعملية تكوين الجذور وينظم pH الخلايا النباتية، كما أنه يؤثر في عملية النضج وإنتاج البذور والأزهار (الزعيبي وآخرون، 2013).

ذ- علاقة الارتباط بين الرمل في التربة وبين باقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية بين الرمل وبين الطين والسلتي وبلغت 0.905، 0.577 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، وكانت العلاقة إيجابية قوية ومعنوية مع الزنك والكاديوم في التربة وقيمتها 0.889، 0.528 على الترتيب، وكانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين الرمل وبين دالات نمو النبات وتركيز الزنك والكاديوم في النبات وكانت أعلى من 0.700 عند مستوى الثقة 0.01، إن وجود الرمل في التربة يزيد من حجم فراغاتها وتهويتها وبالتالي يسهل حركة محلول التربة وتيسر العناصر المغذية على نحو أفضل للنبات وهذا ينعكس على إنتاجيته، كما أنه هناك دوراً مهماً للكربونات والمادة العضوية الناجمة عن إضافة الحمأة حيث تعملان كمادة لاحمة وتسهمان في تجميع حبيبات التربة وزيادة حجمها ليقترب من حجم حبيبات الرمل (عباس، 2012)

ر- علاقة الارتباط بين الطين وباقي المتغيرات: كان للطين علاقة ارتباط سلبية ومعنوية مع تركيز الزنك والكاديوم في التربة وبلغت 0.950 (p: 0.01)، 0.467 (p: 0.05) على الترتيب، حيث يزيد ادمصاص الزنك والكاديوم كلما زادت نسبة الطين في التربة ويقل تركيزهما في محلول التربة، أما علاقة الطين مع دالات النمو فكانت سلبية قوية ومعنوية مع طول السنابل وعدد الإسطوانات وكمية اليخضور وطول السنابل والوزن الجاف للقش عند مستوى الثقة 0.01 وكانت أيضاً سلبية ومعنوية مع عدد السنابل والوزن الجاف للحب عند مستوى الثقة 0.05، إن حبيبات الطين ذات أحجام صغيرة تحجز فيما بينها مسام صغيرة، ومحلول التربة يوجد في هذه المسام، ويعد

المحلل الأرضي أكثر أجزاء الأرض نشاطاً حيث يتم فيه العديد من التفاعلات الكيميائية ويكون مصدر مباشر لما يحتاجه النبات من العناصر الغذائية، وتوجد قوى التصاق كبيرة بين جزيئات الماء وحببيبات التربة التي تحدد حركة الماء في التربة وتزيد قوى الالتصاق بزيادة الطين في التربة مما لا يجعل كل الماء الأرضي ميسراً للامتصاص من قبل الجذور، كما أن معادن الطين نشيطة على نحو يجعل ادمصاص العناصر المعدنية على سطوح غرويات الطين كبيراً حتى إن بعض العناصر مثل البوتاسيوم يمكن أن يتثبت نتيجة انتقال شارده من مواقع التبادل المشبعة إلى داخل فجوات معادن الطين مما يجعله غير ميسر للنبات، لذلك كلما زادت نسبة الطين على حد معين في التربة تتراجع معدلات نمو النبات (أبو الروس، 1996).

ز - علاقة الارتباط بين السلت وباقي المتغيرات: لم تكن علاقة ارتباط السلت معنوية مع أي من المتغيرات باستثناء علاقته مع تركيز الزنك في النبات فقد كانت سلبية معنوية عند مستوى الثقة 0.05 وبلغت 0.486، وكانت العلاقة سلبية مع تركيز كل من الزنك والكاديوم في التربة ومع كافة دالات النمو يلاحظ أن للسلت دوراً يشابه دور الطين في التربة ولحببيبات كلاهما أحجام صغيرة مقارنة بحببيبات الرمل.

س - علاقة الارتباط بين تركيز الزنك في التربة وبين باقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين تركيز الزنك في التربة وتركيز الكاديوم في التربة عند مستوى الثقة 0.01 حيث إن وجود الكاديوم في التربة مرتبط إلى حد ما بوجود الزنك، وقد زادت الحمأة من تركيز العنصرين (الريعي والخفاجي، 2011)؛ كما كانت العلاقة إيجابية قوية ومعنوية مع دالات النمو جميعها وأعلى من 0.700 عند مستوى الثقة 0.01، لما للزنك من أهمية في عمليات تصنيع اليخضور، ولليخضور دور مهم في زيادة إنتاجية النبات (Amjoyeba *et al.*, 2007).

ش - علاقة الارتباط بين تركيز الكاديوم في التربة وبين باقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين تركيز الكاديوم في التربة وبين دالات النمو جميعها، ربما يعود ذلك إلى أن الحمأة التي أدت إلى زيادة إنتاجية النبات هي ذاتها أدت إلى زيادة الكاديوم في التربة فالعلاقة غير مباشرة.

ص - علاقة الارتباط بين دالات النمو في النبات: كانت علاقة الارتباط بين دالات النمو علاقة إيجابية قوية ومعنوية وأعلى من 0.690 عند مستوى الثقة 0.01، حيث أن جميع دالات النمو (طول النبات وعدد الإسطعاءات وكمية اليخضور وطول السنابل وعددها والوزن الجاف للقش والحب) ارتفعت معنوياً بإضافة الحمأة، ومن المؤكد أن زيادة كمية اليخضور ستزيد من إنتاجية النبات عموماً عام، كما أن الزيادة في الطول وعدد الإسطعاءات يرافقها زيادة في الوزن الجاف الكلي؛ وأخيراً كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين تركيزي الزنك والكاديوم في النبات.

3-6. تأثير الحمأة في نمو وتطور الفصّة المزروعة *Medicago sativa*

Effect of sludge on growth and development of Alfalfa

3-6-1 طول النبات Height of plant

ترافقت إضافة الحمأة إلى التربة مع زيادة واضحة ومعنوية في طول النبات في كلا الموسمين ، فقد زاد متوسط طول النبات في الموسم الأول (الجدول 38) من 42.8 سم عند الشاهد حتى 47.8، 51.2، 48.8 سم حسب تسلسل الإضافات، أي بنسبة 12%، 20%، 14% على الترتيب مقارنة بلشاهد؛ كما ازداد طول النبات في الموسم الثاني (الجدول 39)، من 39 سم عند الشاهد حتى 43.6، 48، 46.2 سم حسب تسلسل الإضافات، وهذه الزيادة كانت بنسبة 12%، 23%، 18%، على الترتيب، يلاحظ أنه في الموسمين كانت الفروق معنوية بين معاملة الشاهد وباقي المعاملات، ولم تكن معنوية بين المعاملة 0.6 كغ/ أ وبين المعاملتين 0.2، 0.4 كغ/أ.

الجدول 38. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول الفصّة (سم) في الموسم الأول.

متوسط طول النبات حسب المعاملات (كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
46	50	49	47	1
51	51	48	42	2
49	50	49	43	3
50	52	47	42	4
48	53	46	40	5
48.8 ± 1.9 ^{b,c}	51.2 ± 1.3 ^c	47.8 ± 1.3 ^b	42.8 ± 2.6 ^a	متوسط الطول
6	8.4	5	0	الزيادة باللطول
14%	20%	12%	0	الزيادة %
2.49				5% -LSD

تشير الأحرف المختلفة إلى أن الفروق معنوية بين المتوسطات طبقاً لاختبار LSD -5%.

الجدول 39. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول الفصّة (سم) في الموسم الثاني.

متوسط طول النبات حسب المعاملات (كغ/ أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
48	46	44	36	1
45	50	43	40	2
47	45	45	41	3
45	47	42	36	4
46	52	44	42	5
46.2 ± 1.3 ^{b,c}	48.0 ± 2.9 ^c	43.6 ± 1.1 ^b	39.0 ± 2.8 ^a	المتوسط
7.2	9.0	4.6	0	الزيادة في الطول
18%	23%	12%	0	الزيادة %
2.96				5% -LSD

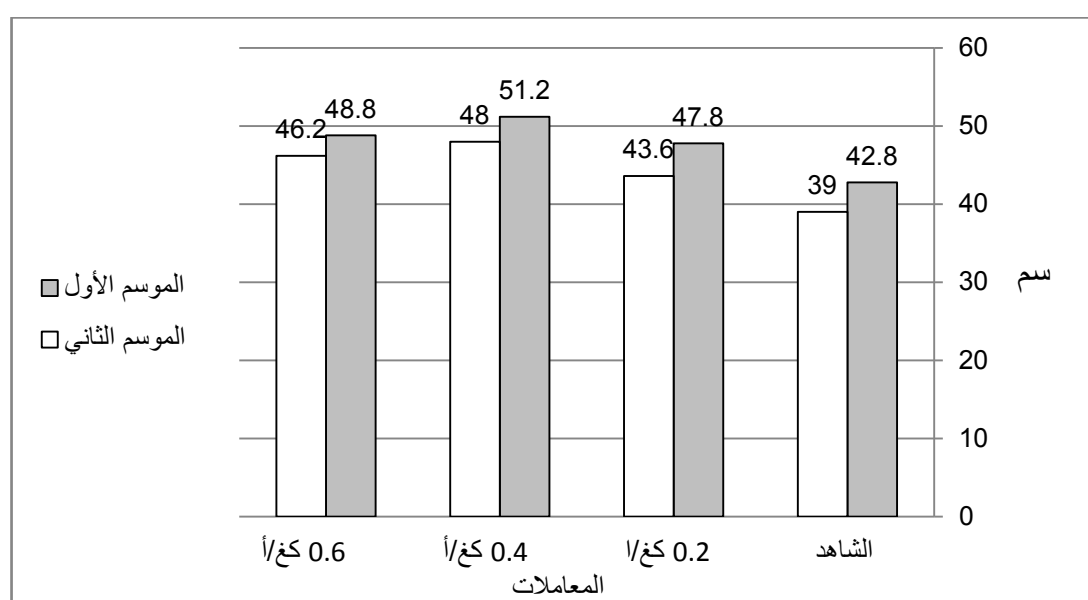
توضح بيانات الطول أن متوسط طول النبات مختلف نسبياً ضمن المعاملة الواحدة؛ كما تبين المقارنة بين متوسطات الموسم الأول والثاني (الجدول 39) أن متوسط طول النبات في الموسم الثاني قد انخفض بكافة المعاملات بنسبة 8.9%، 8.8%، 6.3%، 5.3% على الترتيب مقارنة بالموسم الأول؛ ولوحظ أن أفضل طول للنبات سُجل في الموسمين كان للمعاملة 0.4 كغ/أ (الشكل 33).

إن اختلاف الطول ضمن المعاملة الواحدة يعود لأسباب حيوية فردية ذاتية، ويلاحظ أن انخفاض الطول في الموسم الثاني ترافق مع زيادة في الوزن الجاف الكلي، أي أنه ربما ترافق نقص الطول بازدياد تفرعات النبات وزيادة الوزن الكلي.

الجدول 40. مقارنة بين متوسطات طول الفصّة (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	42.8 ± 2.6 ^a	47.8 ± 1.3 ^b	51.2 ± 1.3 ^c	48.8 ± 1.9 ^{b.c}
متوسط الموسم الثاني	39.0 ± 2.8 ^a	43.6 ± 1.1 ^b	48.0 ± 2.9 ^c	46.2 ± 1.3 ^{b.c}
الفرق %	8.9	8.8	6.3	5.3

والخلاصة، إن إضافة الحمأة زادت من طول النبات عموماً عام مقارنة بالشاهد، وهذا يتفق مع دراسة سابقة على نبات الفصّة تم ريه بمياه ممزوجة بمياه الصرف الصحي حيث سُجلت زيادة معنوية بطول النبات (باصهي وآخرون، 2007).



الشكل 33. تأثير إضافة الحمأة في طول الفصّة (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.

3-6-2 كمية اليخضور Amount of chlorophyll

تؤكد نتائج تقدير كمية اليخضور في أوراق نبات الفصاة أن متوسط هذه الكمية قد ارتفع معنوياً في الموسمين؛ فقد زادت في الموسم الأول (الجدول 41) من 11.6 عند الشاهد حتى 15.4، 18.4، 17.2 حسب تسلسل الإضافات، أي بنسبة مئوية قدرها 33%، 59%، 48% على الترتيب؛ جاءت نتائج الموسم الثاني مؤكدةً لنتائج الموسم الأول (الجدول 42) حيث زاد متوسط كمية اليخضور من 27 عند الشاهد وحتى 34.2، 35.6، 34.4 حسب تسلسل الإضافات أي ما يعادل مؤبياً 26.6%، 32%، 27% على الترتيب، يلاحظ في الموسمين أن الفروق كانت معنوية بين معاملة الشاهد وباقي المعاملات فقط، ولم تكن معنوية بين المعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ.

الجدول 41. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط كمية اليخضور لأوراق الفصاة في الموسم الأول.

متوسط كمية اليخضور حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
20	20	20	11	1
20	17	10	11	2
14	23	16	13	3
16	15	15	10	4
16	17	16	13	5
17.2 ± 2.7^b	18.4 ± 3.1^b	15.4 ± 3.6^b	11.6 ± 1.3^a	المتوسط
5.6	6.8	3.8	0	زيادة اليخضور
48%	59%	33%	0	الزيادة في %
3.77				5% -LSD

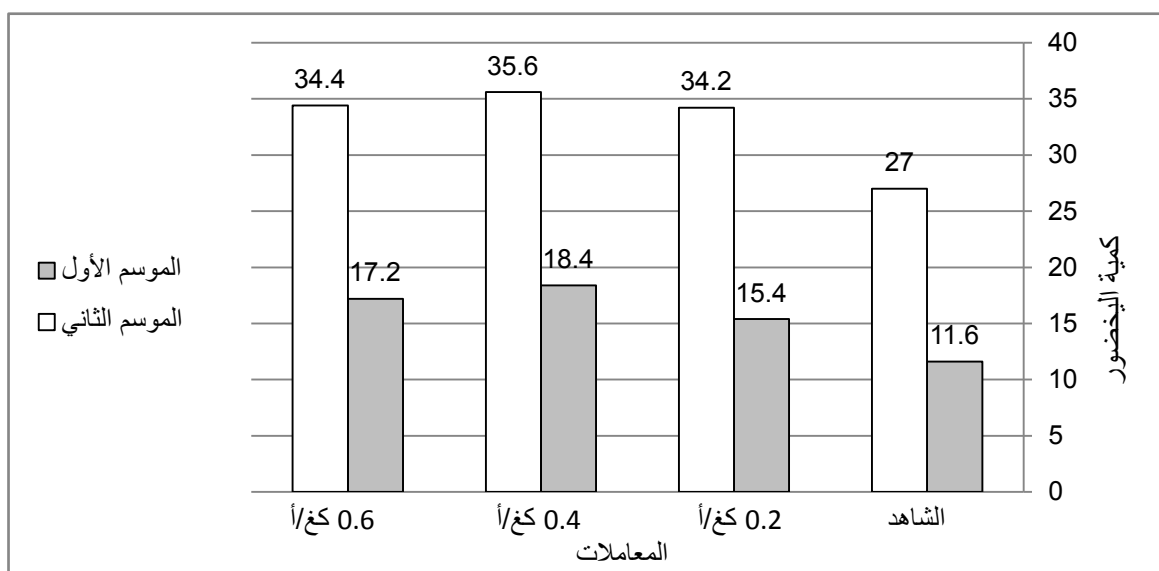
الجدول 42. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط كمية اليخضور لأوراق الفصاة في الموسم الثاني.

متوسط كمية اليخضور حسب المعاملات (كغ/أصيص)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
33	32	32	23	1
35	36	38	32	2
34	39	39	29	3
33	34	31	23	4
37	37	31	28	5
34.4 ± 1.7^b	35.6 ± 2.7^b	34.2 ± 3.9^b	27.0 ± 3.9^a	المتوسط
7.4	8.6	7.2	0	زيادة اليخضور
27.0%	32.0%	26.6%	0	الزيادة %
4.31				5% -LSD

تؤكد المقارنة بين متوسطات كمية اليخضور في الموسمين (الجدول 42) تضاعف هذه الكمية في الموسم الثاني فقد زادت بنسبة 143.1%، 122.1%، 93.5%، 100.0% حسب تسلسل المعاملات، وكان أعلى متوسط لكمية اليخضور في المعاملة 0.4 كغ/أ في الموسمين (الشكل 33)؛ كما لوحظ تباين نسبي في متوسطات المعاملة الواحدة حتى الشاهد منها.

الجدول 43. مقارنة بين متوسطات كمية اليخضور لأوراق الفصاة في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	11.6 ± 1.3 ^a	15.4 ± 3.6 ^b	18.4 ± 3.1 ^b	17.2 ± 2.7 ^b
متوسط الموسم الثاني	27.0 ± 3.9 ^a	34.2 ± 3.9 ^b	35.6 ± 2.7 ^b	34.4 ± 1.7 ^b
الزيادة %	143.1	122.1	93.5	100.0



الشكل 34. تأثير إضافة الحمأة في كمية اليخضور لأوراق الفصاة في الموسمين لجميع المعاملات.

النتيجة، إن إضافة الحمأة قد أدت إلى زيادة في تشكّل اليخضور وهذا طرداً مع كمية الحمأة المضافة نظراً إلى ما تحتويه من الزنك الضروري لتكوين اليخضور (Bennett, 1993)، وما تضاعف هذه الكمية في الموسم الثاني إلا نتيجة لتزايد كمية الزنك في التربة والعناصر السمادية الأساسية بسبب الإضافة الثانية في الموسم الثاني، وهذا يتفق مع دراسة El- shairy and Hegazi (2009) حيث زادت كمية اليخضور في نبات البازلاء *Pisum sativum L* المسمد بالسماد العضوي.

3-6-3. الوزن الجاف للفصة Alfalfa Dry weight

لقد أدت إضافة الحمأة إلى التربة إلى زيادة معنوية في نمو الفصة وإنتاجها سواء في الموسم الأول أو في الموسم الثاني ، فقد زاد متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات في الموسم الأول (الجدول 44) من 20.8 غ عند الشاهد حتى 32.5، 37، 27.96 غ حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة مقدارها 34%، 78%، 56% على الترتيب، وكانت الفروق معنوية بين جميع المعاملات؛ أتت نتائج الموسم الثاني مؤكدة لما تمّ الحصول عليه في الموسم الأول فكانت الزيادة معنوية أيضاً حيث ارتفع متوسط الوزن الجاف للفصة من 35.9 غ عند الشاهد حتى 47.5، 65.2، 64.9 غ حسب تسلسل الإضافات أي ما يعادل 32%، 82%، 81% على الترتيب ، ولم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ (الجدول 45)، كانت أفضل إضافة من الحمأة لنبات الفصة في المعاملة 0.4 كغ/أ أي ما يعادل 40 طن/هكتار (الشكل 35)، تتفق هذه النتائج مع دراسة Orman وآخرون (2014) حول تطبيق الحمأة على تربة تزرع بنبات الفصة وبمعاملات 20، 40، 60، 80 طن/هكتار، إذ تبين ظهور أعراض الإجهاد على النبات عند إضافة الحمأة بكميات تزيد على 40 طن/هكتار.

الجدول 44. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف للفصة (غ/أ) في الموسم الأول.

متوسط الوزن الجاف الكلي حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
34.4	38.5	26.5	20.1	1
33.5	37.2	26.9	23.3	2
33.9	35.8	28.2	18.2	3
30.3	38.1	28.9	19.5	4
30.4	35.4	29.3	22.9	5
32.5 ± 1.99 ^d	37.0 ± 1.4 ^c	27.96 ± 1.2 ^b	20.8 ± 2.2 ^a	المتوسط
11.70	16.20	7.16	0	الزيادة في الوزن
%56	%78	%34	0	%
2.34				%5 -LSD

الجدول 45. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف للفصاة (غ/أ) في الموسم الثاني.

متوسط الوزن الجاف الكلي حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
65.5	65.9	46.7	37.2	1
62.9	68.2	49.3	34.5	2
63.8	65.2	46.8	35.3	3
65.1	63.1	45.8	34.7	4
67.2	63.5	48.9	37.8	5
64.9 ± 1.7^c	65.2 ± 2.1^c	47.5 ± 1.5^b	35.9 ± 1.5^a	المتوسط
29.00	29.28	11.60	0	الزيادة في الوزن
%81	%82	%32	0	%
2.27				%5 -LSD

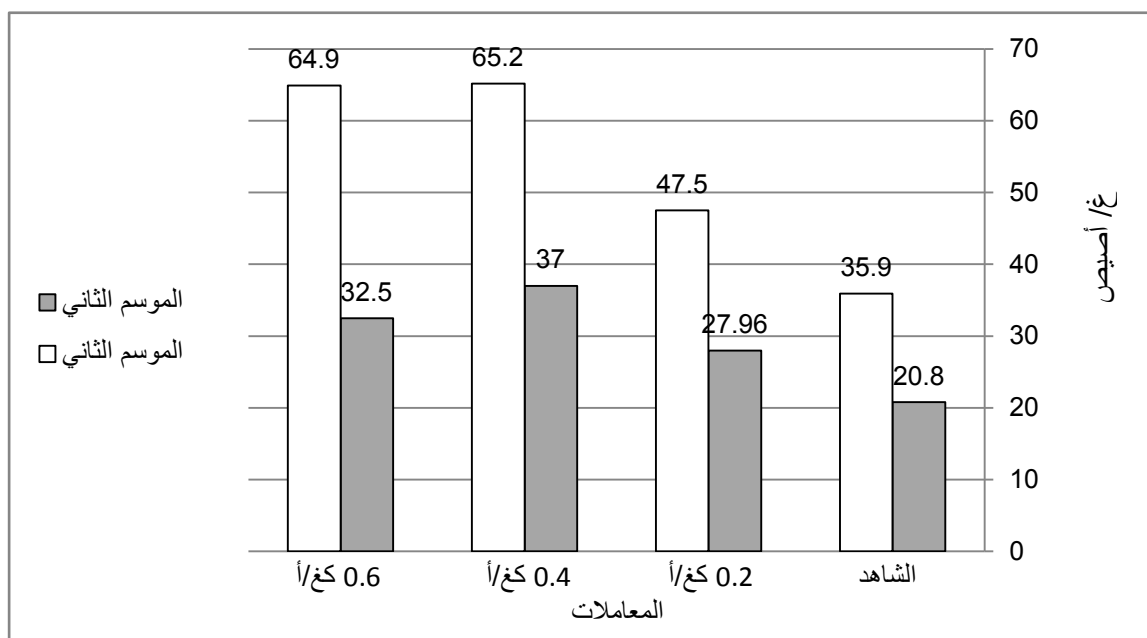


الشكل 35. مقارنة بين المعاملتين (0.4 كغ/أ و 0.6 كغ/أ) للفصاة.

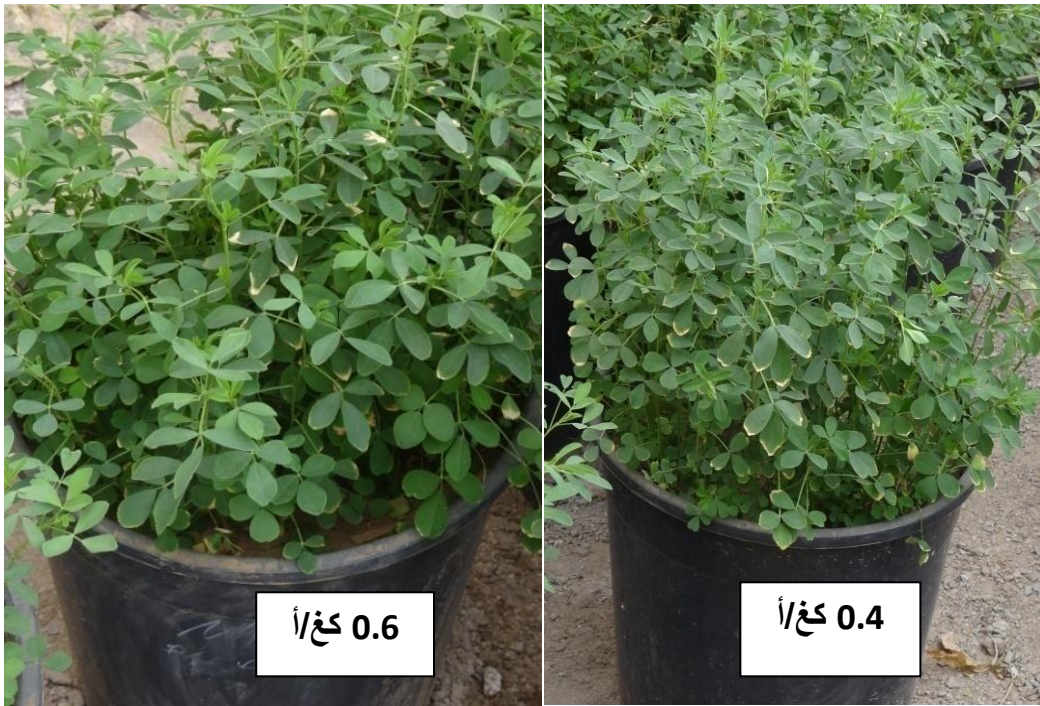
يُلاحظ اختلاف نسبي لمتوسط الوزن الجاف ضمن المعاملة الواحدة، ولوحظ الاختلاف أيضاً بين متوسطات الموسم الأول ومتوسطات الموسم الثاني (الجدول 46) حيث زاد الوزن الجاف في الموسم الثاني بنسبة 24.5%، 69.9%، 76.2%، 99.7% حسب تسلسل المعاملات (الشكل 36)؛ توازي هذه الزيادة تلك التي سُجلت لكمية اليخضور؛ وهذا أمر طبيعي أن يزداد الإنتاج بزيادة كمية اليخضور في النبات لزيادة عملية التركيب الضوئي؛ تتفق هذه الدراسة مع ما توصل إليه علي نظام وآخرون (2008)^{أب} وكذلك Martinez وآخرون (2003)، إن إضافة الحمأة تزيد من تحرر العناصر المغذية الكبرى (الأزوت والفسفور والبوتاسيوم) وبعض العناصر الأخرى كالزنك والحديد والنحاس والمنغنيز وغيرها في أثناء تفككها بالتربة، وهي عناصر مهمة جداً في نمو النباتات و زيادة إنتاجية المحاصيل (الشكل 37).

الجدول 46. مقارنة بين متوسطات الوزن الجاف للفصصة (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	20.8 ± 2.2 ^a	27.96 ± 1.2 ^b	37.0 ± 1.4 ^c	32.5 ± 1.99 ^d
متوسط الموسم الثاني	35.9 ± 1.5 ^a	47.5 ± 1.5 ^b	65.2 ± 2.1 ^c	64.9 ± 1.7 ^c
الزيادة %	24.5	69.9	76.2	99.7



الشكل 36. تأثير إضافة الحمأة في الوزن الجاف للفصصة (غ/أ) في الموسمين لجميع المعاملات.



الشكل 37. مكرر واحد من كل معاملة (الشاهد، 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ) لنبات الفصّة قبل الإزهار.

3- 6- 4 تركيز الزنك في الفصّة Alfalfa Concentration of Zinc

تؤكد نتائج تحليل عنصر الزنك في التربة (الجدول 9، ص 31) وفي أجزاء النبات (الجدول 47) أن تراكيز هذا العنصر قد ارتفعت طردياً بجميع المعاملات وبجميع أجزاء النبات، لكن هذه التراكيز بقيت ضمن الحدود المسموح بها لتركيز العناصر الثقيلة في التربة والحماة مع العلم أن هذه المواصفة هي الأكثر تشدداً مقارنة بالمواصفات العالمية، كما أن تراكيز الزنك في أجزاء النبات لم تصل لدرجة السمية وكانت جميعها أقل من 100 ppm، وهو التركيز الذي عده Kabata و Pendias (1992) ساماً للنباتات.

زاد تركيز الزنك في الجذر من 14.1 ppm عند الشاهد حتى 24.7، 21.2، 28.2 ppm حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة 75.18%، 50.35%، 100% على الترتيب؛ أما في الساق، فقد زاد تركيز الزنك من 20.2 ppm عند الشاهد حتى 34.3، 49.3، 45.9 ppm حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة 69.8%، 144.06%، 127.23% على الترتيب.

كما ارتفع تركيز الزنك في الأوراق من 32.1 ppm عند الشاهد حتى 34.5، 38.2، 42.5 ppm حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة مئوية مقدارها 7.48%، 19%، 32.4% على الترتيب؛ كما ارتفع تركيزه في الثمار من 46.6 ppm وحتى 63.1، 62.9، 46.7 ppm حسب تسلسل الإضافات وهذا يعادل مئوياً 35.41%، 34.98%، 0.21% على الترتيب.

كانت الفروق معنوية بين تركيز الزنك في جذر النبات الشاهد وجذر نبات الإضافة 0.6 كغ/أ، وكذلك بين ساق النبات الشاهد وساق نباتات باقي المعاملات؛ ولم تكن الفروق معنوية بين تركيز الزنك في أوراق الشاهد وأوراق باقي المعاملات، أما في الثمار فزاد تركيز عنصر الزنك على باقي الأجزاء وكانت الفروق معنوية بين تركيزه في ثمار الشاهد وثمار كل من الإضافتين 0.2 و 0.4 كغ/أ حيث كان أقل في الشاهد.

إن مقارنة تراكيز الزنك في التربة وفي أجزاء النبات تدل بوضوح على ارتفاع تراكيز الزنك في أجزاء النبات وهذا يتفق مع دراسات Gardea وآخرون (1998) التي أكدت أن نبات الفصّة يستطيع امتصاص أكثر من 90% من الزنك والكاديوم والرصاص والنيكل والنحاس من محلول التربة؛ الأمر الذي يسمح بعد الفصّة نباتاً مؤشراً لارتفاع تركيز الزنك في التربة (الوهيبي، 2007).

وبمقارنة تركيز الزنك في أجزاء النبات وضمن المعاملة الواحدة (الجدول 48) كان أعلى تركيز لعنصر الزنك على مستوى النبات في الثمار وأقل تركيز في الجذور، وكانت الفروق معنوية بين تركيز الزنك في الجذور وتركيزه في الثمار بكل المعاملات، وكانت الفروق معنوية بين تركيز الزنك في جذور النبات وبين تركيزه في الساق في المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ حيث كان أقل في الجذور

(الشكل 38)، لقد أكدت دراسات Peralta وآخرون (2000) أن نمو الفصّة يبقى جيداً في تراكيز متقدمة من الزنك تصل إلى 40 ppm، وأن الزنك له تأثير إيجابي في نمو الفصّة حتى في التراكيز العالية إلى حد ما.

الجدول 47. تأثير إضافة الحمأة في تركيز الزنك في أجزاء نبات الفصّة (ppm) لجميع المعاملات.

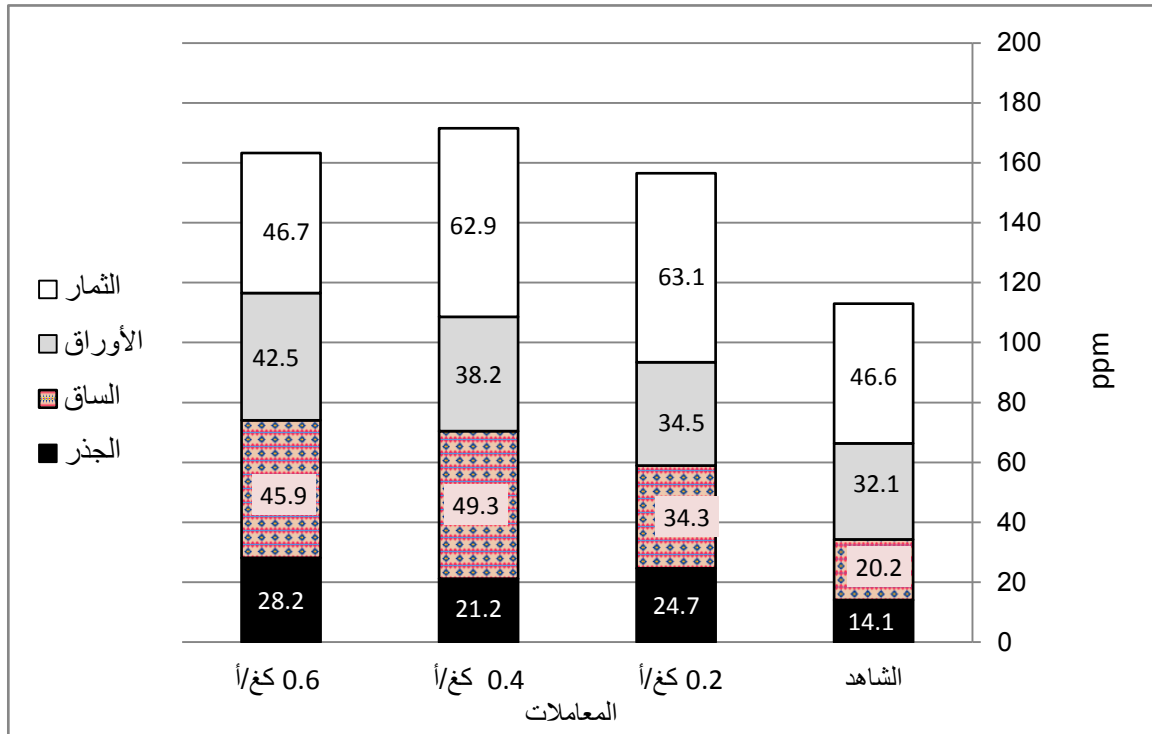
متوسط تركيز الزنك في أجزاء النبات				المعاملة
الثمار	الأوراق	الساق	الجزر	
46.6± 7.4 ^a	32.1± 5.4 ^a	20.2± 2.1 ^a	14.1± 4.99 ^a	الشاهد
63.1± 5.7 ^b	34.5± 10.9 ^a	34.3± 5.0 ^b	24.7± 8.9 ^{a,b}	0.2 كغ/أ
62.9± 8.7 ^b	38.2± 14.5 ^a	49.3± 6.2 ^c	21.2± 10.5 ^{a,b}	0.4 كغ/أ
46.7± 8.4 ^a	42.5± 14.6 ^a	45.9± 6.9 ^c	28.2± 13.2 ^b	0.6 كغ/أ
10.22	16.06	7.19	13.19	%5 -LSD
100 - 27			التركيز الطبيعي في النبات*	
أكثر من 100			التركيز السام*	

*(Kabata &Pendias ,1992)

المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد تختلف معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD - 5%.

الجدول 48. مقارنة تراكيز الزنك (ppm) في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة للفصّة.

متوسط تركيز الزنك في النبات حسب المعاملة (كغ/أ)				جزء النبات
0.6	0.4	0.2	0	
28.2± 13.2 ^a	21.2± 10.5 ^a	24.7± 8.9 ^a	14.1± 4.99 ^a	جزر
45.9± 6.9 ^b	49.3± 6.2 ^{b,c}	34.3± 5.0 ^a	20.2± 2.1 ^a	ساق
42.5± 14.6 ^{a,b}	38.2± 14.5 ^b	34.5± 10.9 ^a	32.1± 5.4 ^b	أوراق
46.7± 8.4 ^b	62.9± 8.7 ^c	63.1± 5.7 ^b	46.6± 7.4 ^c	ثمار
15.05	13.99	10.74	7.11	%5 -LSD

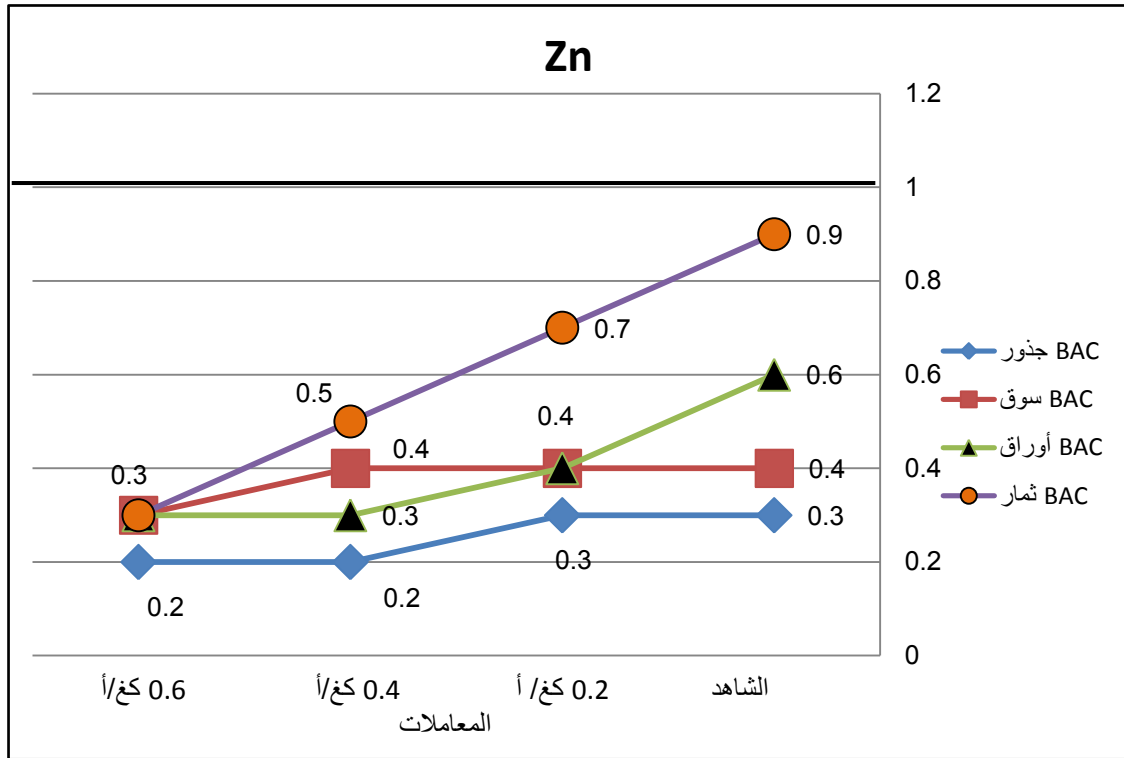


الشكل 38. مقارنة بثشي إضافة الحمأة في تركيز الزنك ppm في أجزاء الفصة ولجميع المعاملات.

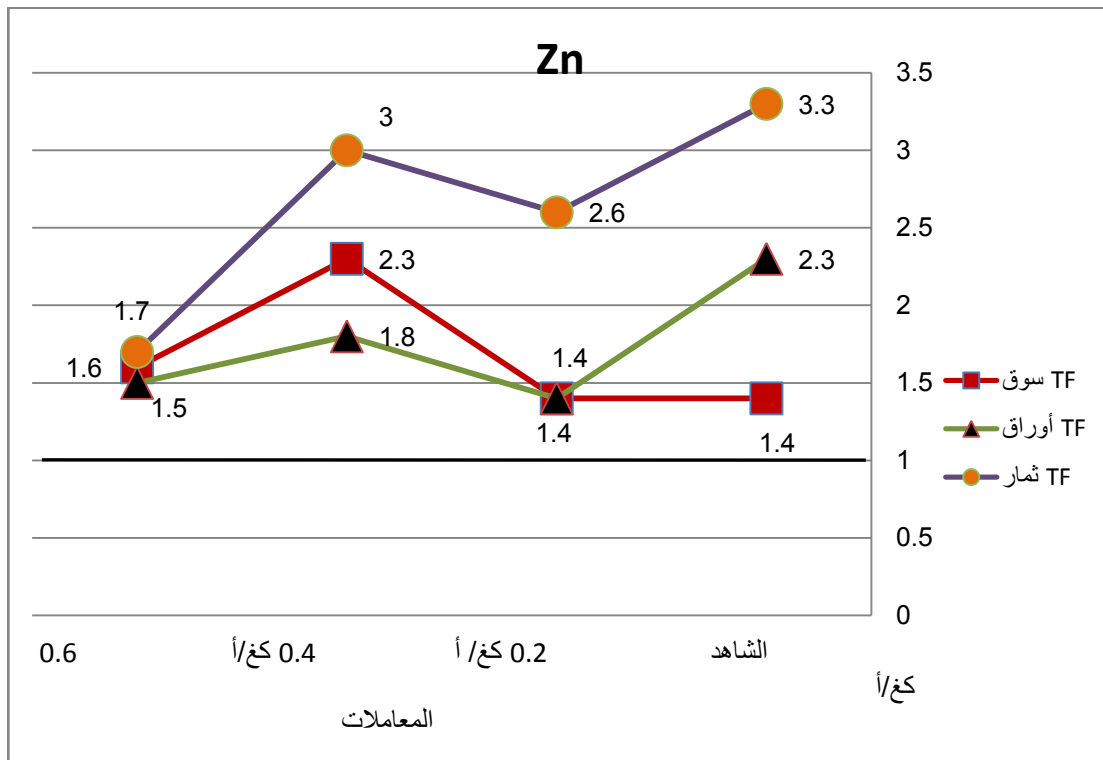
3-6-5 معامل الامتصاص الحيوي BAC وعامل الانتقال TF للزنك في الفصة

BAC and TF for Zinc in Alfalfa

يلاحظ من دراسة معامل الامتصاص الحيوي لعنصر الزنك أن جميع القيم كانت أقل من 1 (الشكل 39) أي إن نبات الفصة لا يراكم الزنك في أي جزء من أجزائه، وبملاحظة الخط البياني الذي شكله معامل الامتصاص في جميع المعاملات نجد أن قيم BAC في السوق والجزور كانت متقاربة في جميع المعاملات، بينما كانت أعلى قيم للمعامل BAC في أوراق وثمار الشاهد وأخذت بالتناقص في أوراق وثمار باقي المعاملات تبعاً لتدرج الإضافات، أما عامل الانتقال ضمن النبات TF فيلاحظ من الشكل 40 أن جميع القيم $TF < 1$ أي إنه حدث انتقال لعنصر الزنك من الجذر إلى باقي أجزاء النبات وكانت قيمة TF في الثمار أعلى من قيمته في السوق والأوراق، وبمقارنة قيمة معامل الانتقال في ثمار جميع المعاملات نلاحظ أن ثمار الشاهد سجلت أعلى قيمة وثمار المعاملة 0.6 كغ/أ سجلت أخفض قيمة، نلاحظ عموماً أن جميع الخطوط البيانية لعامل الانتقال في جميع أجزاء النبات بعد أن ارتفعت في المعاملة 0.4 كغ/أ انخفضت في المعاملة 0.6 كغ/أ، وهذا يدل على أن عامل الانتقال قد انخفض عند زيادة تركيز الزنك في التربة، ولم يتناسب طردياً مع كمية الحمأة المضافة إذ إن بعض النباتات تحافظ على تركيز معين للعنصر في الجملة الفارعية حتى لو ارتفع تركيزه في التربة (الوهيبي، 2007).



الشكل 39. تأثير إضافة الحمأة في معاملة الامتصاص الحيوي BAC للزنك في الفصية لجميع المعاملات.



الشكل 40. تأثير إضافة الحمأة في معاملة انتقال الزنك TF في الفصية لجميع المعاملات.

3-6-6 تركيز الكاديوم في الفصّة Alfalfa

يتضمن الجدول 49 نتائج تحليل الكاديوم التي تبين اختلاف متوسط تركيز الكاديوم من معاملة لأخرى ومن عضو نباتي لآخر؛ فقد ارتفع بشكل غير معنوي متوسط تركيز الكاديوم في جذر الفصّة من 154.7 ppb عند الشاهد وحتى 204.7، 337.6، 191.9 ppb حسب تسلسل الإضافات، أي بنسبة مئوية قدرها 32.32%، 85.91%، 24.05% على الترتيب؛ بينما انخفض في الساق من 108.7 ppb عند الشاهد إلى 35.3، 101.7، 65.7 ppb حسب تسلسل الإضافات، أي بمعدل 67.53%، 6.44%، 39.56% على التوالي؛ بالمقابل زاد متوسط تركيز الكاديوم في الثمار من 32.3 ppb عند الشاهد وحتى 88.5، 42.6، 72.7 ppb حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة مئوية قدرها 17.4%، 31.89%، 125.08% على الترتيب. بالمقابل انخفض هذا التركيز بشكل غير معنوي في الأوراق من 96.4 ppb عند الشاهد إلى 55.75، 87.4 ppb للإضافتين 0.2 كغ/أ و 0.4 كغ/أ أي ما يعادل 42.17%، 9.34%، بينما ارتفع بشكل غير معنوي في المعاملة 0.6 كغ/أ إلى 103.95 ppb أي بنسبة 7.83%. تؤكد التحاليل الإحصائية أن الفروق بين تراكيز الكاديوم في جذور وأوراق جميع المعاملات لم تكن معنوية، بينما كانت الفروق معنوية بين تركيز الكاديوم في سوق النبات الشاهد وسوق المعاملة 0.2 كغ/أ، وبين تركيزه في ثمار الشاهد وثمار المعاملتين 0.2، 0.6 كغ/أ.

الجدول 49. تأثير إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم (ppb) في أجزاء الفصّة لجميع المعاملات.

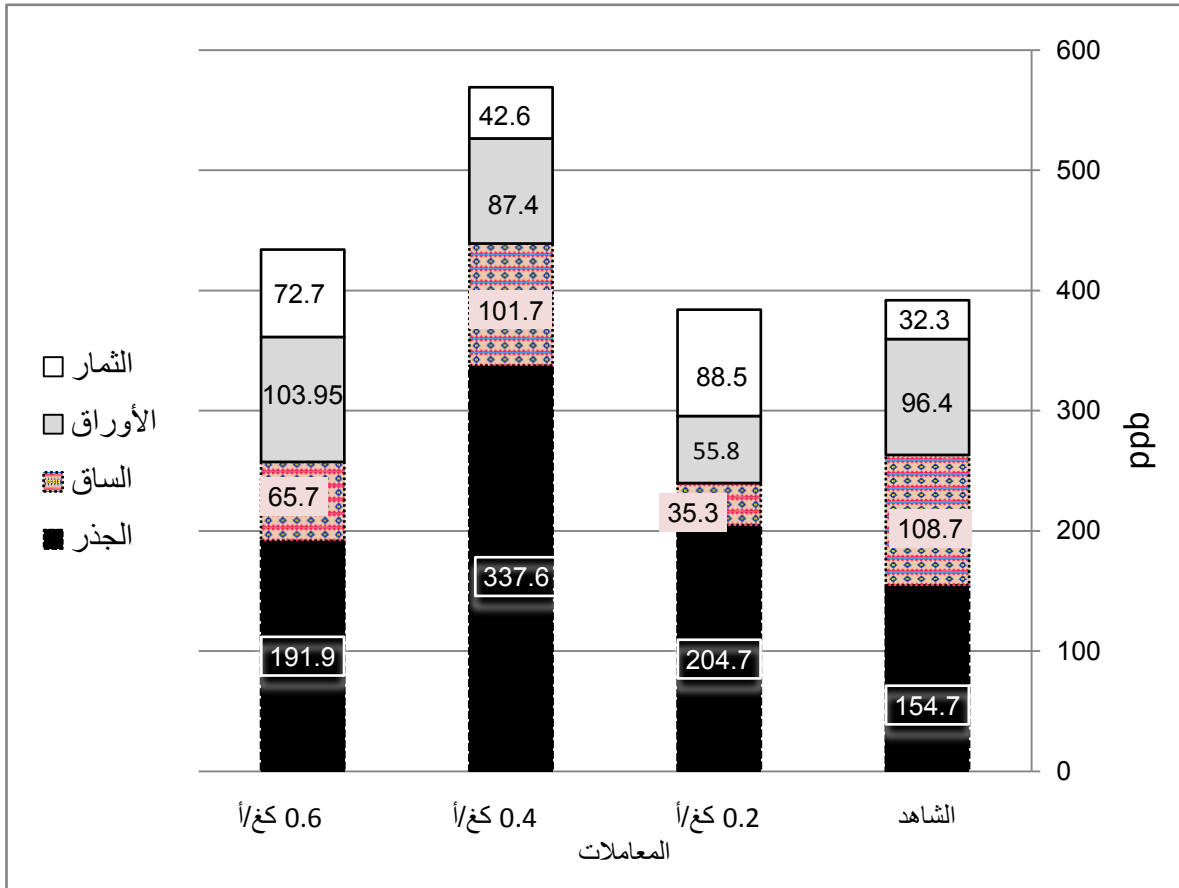
متوسط تركيز الكاديوم في النبات				المعاملة
الثمار	الأوراق	الساق	الجذر	
32.3 ± 1.9 ^a	96.4 ± 43.6 ^a	108.7 ± 57.8 ^a	154.7 ± 72.5 ^a	الشاهد
88.5 ± 5.9 ^b	55.76 ± 30.3 ^a	35.3 ± 10.7 ^b	204.7 ± 85.9 ^a	0.2 كغ/أ
42.6 ± 6.8 ^a	87.4 ± 35.4 ^a	101.7 ± 56.1 ^a	337.6 ± 249.2 ^a	0.4 كغ/أ
72.7 ± 20.8 ^d	103.95 ± 44.8 ^a	65.7 ± 6.5 ^{a,b}	191.9 ± 95.74 ^a	0.6 كغ/أ
15.27	52.26	54.68	194.16	%5 - LSD
200 - 50			التركيز الطبيعي في النبات*	
30000 - 5000			التركيز السام*	

*(Kabata &Pendias ,1992)

تبين مقارنة تركيز الكاديوم في أجزاء النبات المختلفة في المعاملة الواحدة (الجدول 50) أن تراكيز الكاديوم مختلفة من عضو لآخر وكانت أعلى التراكيز في الجذر؛ مما جعل الفروق معنوية بين تركيزه في جذور النبات وبين تركيزه في باقي أجزاء النبات و في جميع المعاملات (الشكل 41).

الجدول 50. مقارنة تراكيز الكاديوم (ppb) في أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة في الفصّة.

متوسط تركيز الكاديوم في النبات حسب المعاملات (كغ/أ)				جزء النبات
0.6	0.4	0.2	0	
191.9 ± 95.7 ^a	337.6 ± 249.1 ^a	204.7 ± 85.9 ^a	154.7 ± 72.4 ^a	جذر
65.7 ± 6.5 ^b	101.7 ± 56.1 ^b	35.3 ± 10.7 ^b	108.7 ± 57.8 ^a	ساق
103.95 ± 44.8 ^b	87.4 ± 35.4 ^b	55.8 ± 30.3 ^b	96.4 ± 43.6 ^{a,b}	أوراق
72.7 ± 20.8 ^b	42.6 ± 6.8 ^b	88.5 ± 5.9 ^b	32.3 ± 1.9 ^b	ثمار
72.36	172.92	61.58	68.74	%5 -LSD



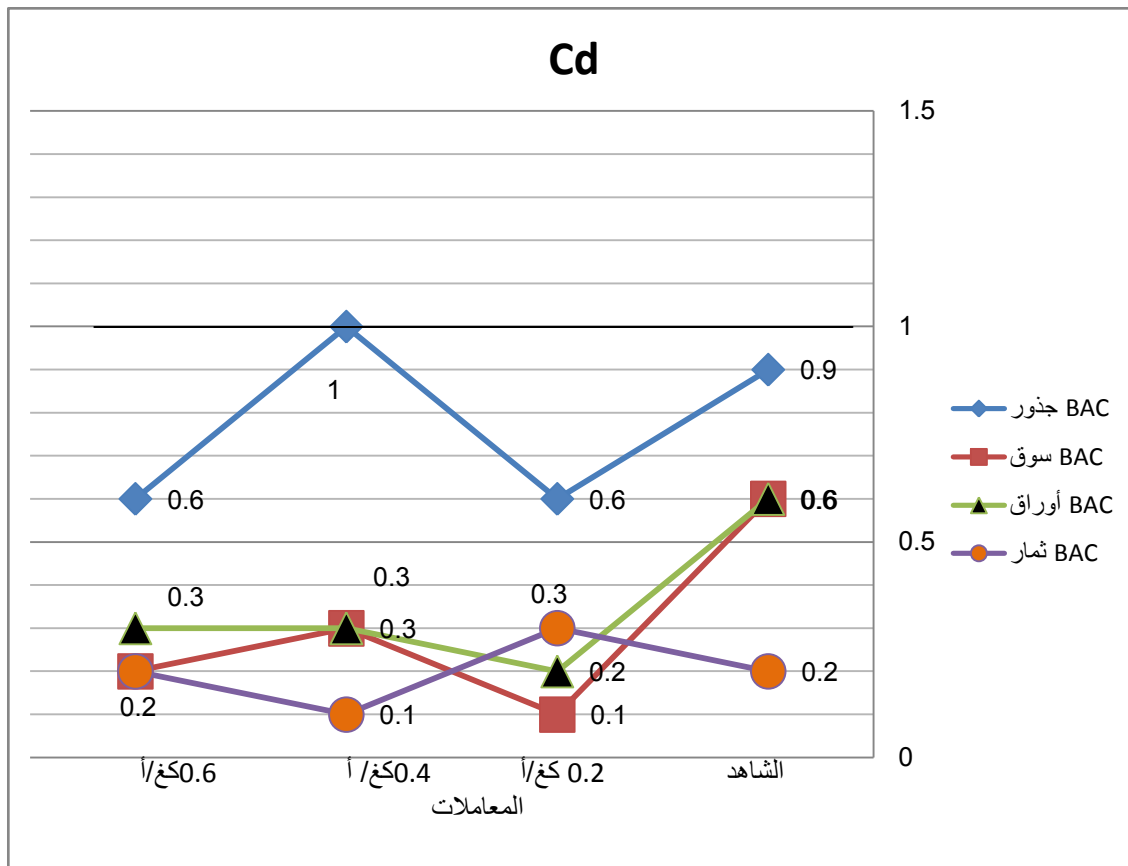
الشكل 41. مقارنة بنسبة إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم (ppb) في أجزاء الفصّة لجميع المعاملات.

3-6-7 معامل الامتصاص الحيوي BAC وعامل الانتقال TF للكاديوم في الفصّة

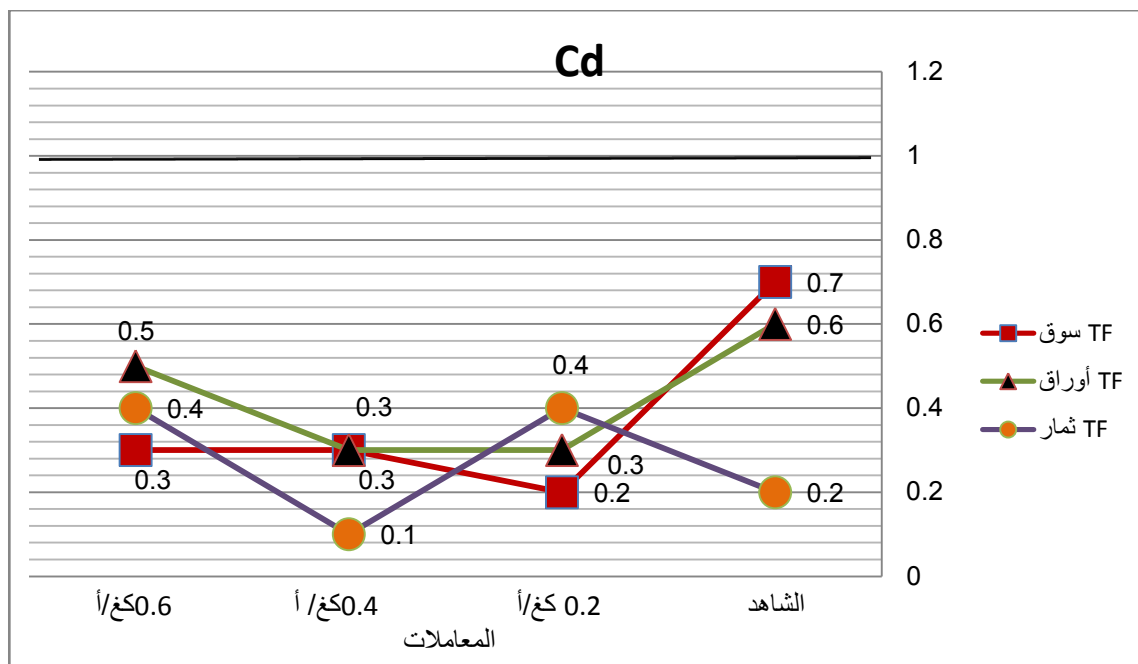
BAC and TF for Cadmium in Alfalfa

يبين الشكل 42 أن قيمة BAC في كل أجزاء النبات ولجميع المعاملات كانت أقل من 1 باستثناء جذور المعاملة 0.4 كغ/أ فقد كان BAC = 1, وهذا يدل على أن الفصّة لا يراكم الكاديوم

في أي جزء من أجزاء النبات، كانت أعلى قيمة في جذور النبات مقارنة بباقي أجزاء النبات في كل المعاملات، وكانت قيمة BAC في الأوراق والسوق والثمار قد تذبذبت بين القيمتين 0.1 و 0.3 في جميع المعاملات باستثناء قيمة BAC في سوق وأوراق الشاهد فقد بلغت 0.6؛ أما عامل انتقال العنصر داخل النبات TF فيبين الشكل 43 أن جميع القيم ولكل المعاملات كانت أقل من الوحدة أي أن معظم الكاديوم الذي يمتصه نبات الفصّة يبقى في الجذور هذا ما أكدته دراسة Singh وآخرون (2009) حيث كان أعلى تركيز للكاديوم في جذور نبات الفصّة مقارنة بللمجملة الفارعية، إذ إن جذور بعض النباتات قادرة على امتصاص كميات كبيرة من الكاديوم من محلول التربة إلا أن حركته داخل النبات صعبة ومعقدة ويمكن أن يبقى الكاديوم في الجذور على سطوح التبادل (Gregory, 2006)، وهذا الأمر جيد لزراعة نبات الفصّة كنبات علفي حيث من المعلوم أنه يتم حش المجوع الخضري أكثر من مرة خلال العام، وبالتالي يبقى خطر الكاديوم بعيداً طالما أنه يتجمع في الجذور، على ضوء هذه النتائج فإن نبات الفصّة لا يراكم عنصر الكاديوم ولا ينقله إلى الجملة الفارعية إلا بتراكيز منخفضة جداً مع العلم أن جميع القيم التي تم تسجيلها لتركيز عنصر الكاديوم هي ضمن الحدود المسموح بها.



الشكل 42. تأثير إضافة الحمأة في معامل الامتصاص الحيوي BAC للكاديوم في الفصّة لجميع المعاملات.



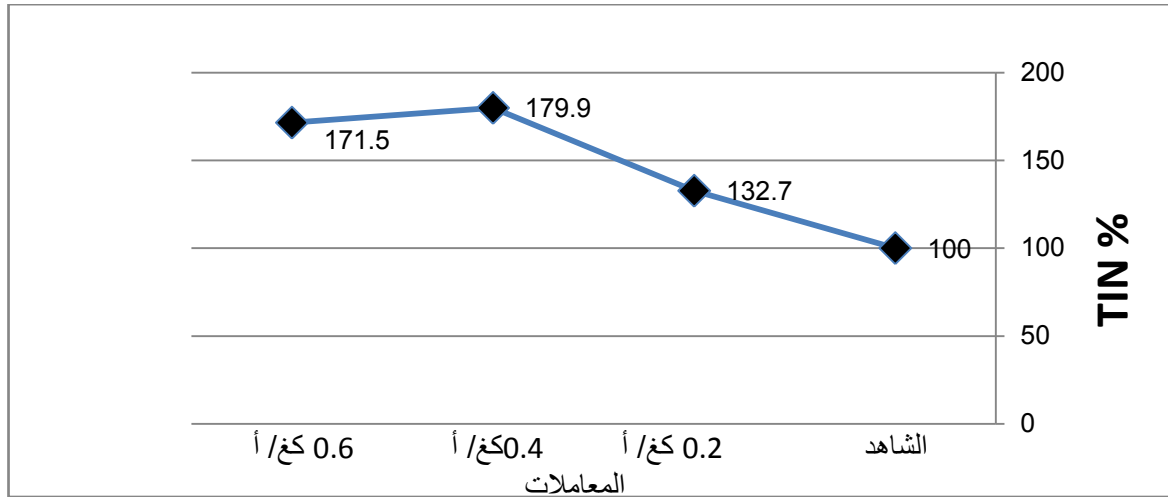
الشكل 43. تأثير إضافة الحمأة في عامل الانتقال TF للكاميوم في الفصة لجميع المعاملات.

3-6-8. مؤشر التحمل TIN للفصة Tolerance index for Alfalfa

يبين الجدول 51 متوسط الوزن الجاف الكلي في الموسمين والذي كان في الشاهد 28.4 غ/أ، أما في باقي المعاملات فكان 37.7، 51.1، 48.7 غ/أ حسب تسلسل الإضافات، وبلغ مؤشر التحمل 132.7%، 179.9%، 171.5% للمعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ على الترتيب، وهو يدل على أن جميع القيم كانت أعلى من 100%، حيث ازداد الوزن الجاف الكلي طردياً مع إضافة الحمأة في المعاملتين 0.2، 0.4 كغ/أ، ولكنه تناقص مع زيادة الحمأة في المعاملة 0.6 كغ/أ، ومع ذلك بقي مؤشر التحمل أعلى من 100% (الشكل 44)، أي إن هناك تأثيراً غير مناسب للحمأة في الفصة إذا كانت كمية الحمأة المضافة أعلى من 40 طن/هكتار (Orman *et al.*, 2014).

الجدول 51. متوسط الوزن الجاف (غ/أ) للفصة في الموسمين ومؤشر التحمل TIN%.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
الوزن الجاف الكلي	28.4 ^a	37.7 ^b	51.1 ^c	48.7 ^d
% TIN	100	132.7	179.9	171.5



الشكل 44. تأثير إضافة الحمأة في مؤشر التحمل TIN % للفصة في جميع المعاملات.

3-6-9. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات للفصة

Correlations between all variables in Alfalfa

أ- علاقة الارتباط بين طول النبات وباقي المتغيرات: يبين الجدول 52 علاقة ارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين طول النبات وبين إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمواد العضوية والأزوت الكلي والبيوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكالسيوم في التربة وبلغت 0.662، 0.686، 0.776، 0.665، 0.769، 0.859، 0.769، 0.761، 0.834 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01؛ بينما كانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية عند مستوى الثقة 0.01 بين طول النبات وكل من pH التربة وكربونات الكالسيوم في التربة والطين والسلت وبلغت 0.603، 0.701، 0.740، 0.621 على الترتيب، وهذا يتفق مع النتائج التي تم الحصول عليها لنبات الشعير، ويؤكد دور الحمأة الإيجابي في تحسين معدلات النمو للنبات.

ب- علاقة الارتباط بين كمية اليخضور وباقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين كمية اليخضور وبين كل من إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والأزوت الكلي والبيوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكالسيوم في التربة وطول النبات وبلغت 0.696، 0.591، 0.612، 0.615، 0.624، 0.779، 0.624، 0.683، 0.807، 0.810 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01؛ بينما كانت العلاقة سلبية قوية ومعنوية مع pH التربة وكربونات الكالسيوم عند مستوى الثقة 0.01، وكانت العلاقة سلبية معنوية عند مستوى الثقة 0.05 مع الطين والسلت؛ يلاحظ أن زيادة مخصبات التربة ساهمت في زيادة اليخضور الذي ساهم بدوره في زيادة إنتاجية النبات (El-shairy and Hegazi, 2009).

الجدول 52. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات للفصاة

	الحماة	pH التربة	EC	CaCO ₃	مادة عضوية	N التربة	بوتاسيوم	فسفور	رمل	طين	سلت	Zn تربة	Cd تربة	طول نبات	اليخضور	وزن جاف	Zn النبات	Cd النبات
الحماة	1																	
pH	-.994**	1																
EC	.974**	-.993**	1															
CaCO ₃	-.813**	.747**	-.670**	1														
مادة عضوية	.978**	-.974**	.959**	-.827**	1													
N التربة	.979**	-.974**	.958**	-.829**	1.000**	1												
البوتاسيوم	.894**	-.921**	.931**	-.505*	.809**	.809**	1											
الفسفور	.980**	-.955**	.916**	-.864**	.932**	.933**	.870**	1										
الرمل	.894**	-.921**	.931**	-.505*	.809**	.809**	1.000**	.870**	1									
الطين	-.944**	.974**	-.992**	.609**	-.946**	-.945**	-.905**	-.862**	-.905**	1								
السلت	-.258-	.262	-.251-	.000	-.055-	-.057-	-.577**	-.358-	-.577**	.174	1							
Zn تربة	1.000**	-.995**	.977**	-.810**	.984**	.984**	.889**	.974**	.889**	-.950**	-.234-	1						
Cd تربة	.733**	-.655**	.562**	-.924**	.671**	.674**	.528*	.845**	.528*	-.467*	-.327-	.719**	1					
طول نبات	.776**	-.740**	.686**	-.701**	.662**	.665**	.769**	.859**	.769**	-.603**	-.621**	.761**	.834**	1				
يخضور	.696**	-.651**	.591**	-.710**	.612**	.615**	.624**	.779**	.624**	-.513*	-.460*	.683**	.807**	.810**	1			
وزن جاف	.909**	-.893**	.859**	-.717**	.808**	.809**	.921**	.951**	.921**	-.794**	-.606**	.897**	.796**	.899**	.785**	1		
Zn نبات	.820**	-.763**	.690**	-.853**	.724**	.727**	.722**	.918**	.722**	-.598**	-.522*	.804**	.962**	.921**	.846**	.922**	1	
Cd نبات	.464*	-.480*	.478*	-.124-	.278	.279	.761**	.531*	.761**	-.412-	-.968**	.444*	.388	.708**	.534*	.747**	.608**	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ت- علاقة الارتباط بين الوزن الجاف الكلي وباقي المتغيرات: بملاحظة الجدول 52 يتبين أن علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين الوزن الجاف للفصاة وبين كلٍ من إضافة الحماة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والأزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكاميوم في التربة وطول النبات وكمية اليخضور، وبلغت 0.909، 0.809، 0.808، 0.921، 0.951، 0.921، 0.897، 0.796، 0.899، 0.785 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، حيث إن

إضافة الحمأة كسماد عضوي يؤثر في محتوى محلول التربة من العناصر السمادية المذابة وتتوافر على نحو أكبر مما لو كان التسميد غير عضوي (Song *et al.*, 2010)؛ وكانت علاقة الارتباط سلبية قوية ومعنوية مع كلٍ من pH التربة وكربونات الكالسيوم في التربة والطين والسلت وبلغت 0.893، 0.717، 0.794، 0.606 على الترتيب.

ث- علاقة الارتباط بين تركيز الزنك في النبات وباقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية وأعلى من 0.650 عند مستوى الثقة 0.01 بين تركيز الزنك في النبات وبين إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل وتركيز الزنك والكالسيوم في التربة وطول النبات وكمية اليخضور والوزن الجاف؛ بينما كانت هذه العلاقة سلبية ومعنوية مع pH التربة وكربونات الكالسيوم والطين والسلت، حيث أكد Kaplan وآخرون (2005) أن ارتفاع قيمة pH وتركيز CaCO_3 في التربة والمحتوى الطيني الجيد يقلل من امتصاص العناصر الثقيلة في النبات.

ج- علاقة الارتباط بين تركيز الكاديوم في النبات وبين باقي المتغيرات: يظهر الجدول 52 أن علاقة الارتباط كانت إيجابية قوية ومعنوية عند مستوى الثقة 0.01 بين تركيز الكاديوم في التربة وبين تركيز البوتاسيوم في التربة والرمل وطول النبات والوزن الجاف وتركيز الزنك في النبات، وكانت هذه العلاقة إيجابية معنوية عند مستوى الثقة 0.05 مع إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والفسفور والزنك في التربة وكمية اليخضور، وكانت العلاقة إيجابية غير معنوية مع المادة العضوية والآزوت الكلي وتركيز الكاديوم في التربة؛ بينما كانت علاقة الارتباط سلبية معنوية مع pH التربة والسلت وسلبية غير معنوية مع الطين وكربونات الكالسيوم.

3-7. تأثير الحمأة في نمو وتطور جرجير الحقول *Diplotaxis erucoides*

Effect of sludge on growth and development of white wall rocket

3-7-1. طول النبات Height of plant

تؤكد نتائج قياسات طول النبات أن إضافة الحمأة قد زادت من طول النبات طردياً مع الكمية المضافة، وكانت الفروق معنوية بين جميع المعاملات في الموسم الأول (الجدول 53)؛ فقد زاد متوسط طول النبات من 39.1 سم عند الشاهد حتى 44.4، 47.4، 51.9 سم حسب تسلسل الإضافات، وكان معدل الزيادة 12.5%، 21.2%، 32.7% على الترتيب؛ أما في الموسم الثاني (الجدول 54) كانت الفروق معنوية بين الشاهد وبين باقي المعاملات، وكانت أيضاً الفروق معنوية بين المعاملتين 0.2، 0.4 كغ/أ، وقد سُجل التغير نفسه إذ زاد طول النبات من 45.5 سم عند الشاهد حتى 51.4، 54.6، 58.7 سم حسب ترتيب الإضافات، وهذا يعادل 5.9%، 9.1%، 13.2% على الترتيب.

الجدول 53. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول جرجير الحقول (سم) في الموسم الأول.

متوسط طول النبات حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0	0.2	0.4	0.6	
35.5	42.8	45.0	46.6	1
42.1	46.0	49.8	54.2	2
39.2	44.5	45.5	55.5	3
40.3	44.4	48.5	50.3	4
38.5	42.3	48.4	52.8	5
39.1 ± 2.4 ^a	44.0 ± 1.5 ^b	47.4 ± 2.1 ^c	51.9 ± 3.5 ^d	متوسط الطول
-	4.9	8.3	12.8	الزيادة في الطول
-	12.5	21.2	32.7	الزيادة النسبية
3.34				5% - LSD

المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة تختلف معنويًا عن بعضها طبقاً لاختبار LSD عند مستوى الثقة 0.05.

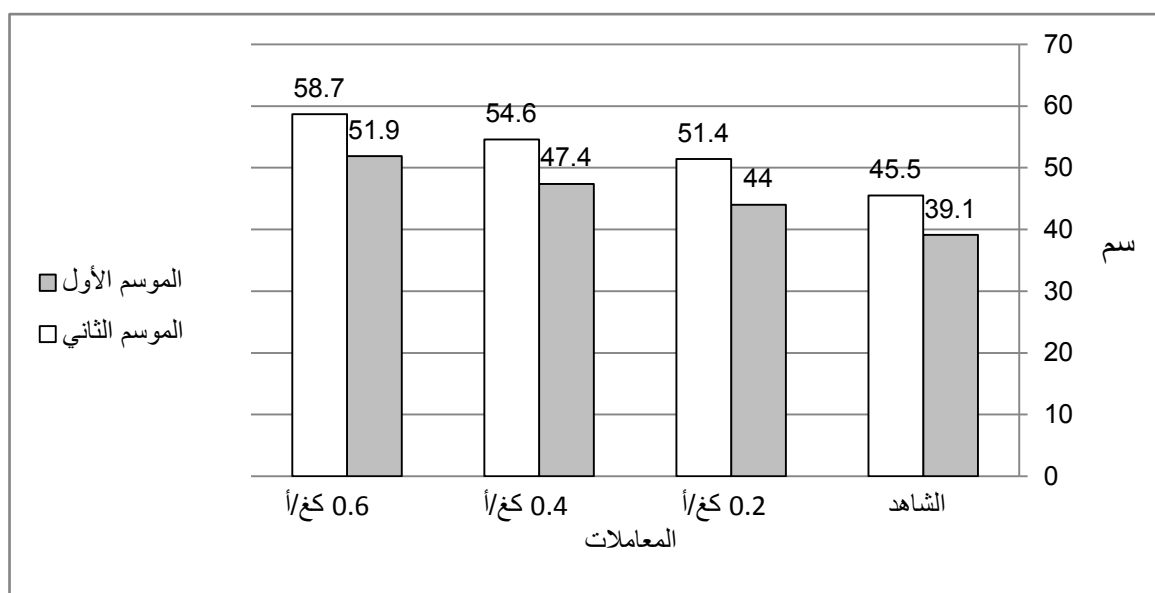
الجدول 54. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في متوسط طول جرجير الحقول (سم) في الموسم الثاني.

متوسط طول النبات حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0	0.2	0.4	0.6	
43.8	44.2	51.8	56.6	1
44.8	52.4	57.8	63.82	2
43.0	50.4	53.4	55.8	3
50.8	53.8	55.0	56.6	4
45.2	56.0	54.9	60.7	5
45.5 ± 3.1 ^a	51.4 ± 4.5 ^b	54.6 ± 2.2 ^{b.c}	58.7 ± 3.4 ^c	متوسط الطول
-	5.9	9.1	13.2	الزيادة في الطول
-	13	20	29	الزيادة النسبية
4.56				5% - LSD

أما المقارنة بين متوسط الطول في الموسم الأول والثاني كما يبين الجدول 55 فإنها تؤكد زيادة الطول في الموسم الثاني بنسبة 16.4% عند الشاهد حتى 16.8%، 15.2%، 13.1% (الشكل 45)، حيث إن العناصر المغذية الكبرى N- P -K التي تضيفها الحمأة للتربة تزيد من دالات النمو (Celebi Zorer et al., 2011).

الجدول 55. مقارنة بين متوسطات طول جرجير الحقول (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	39.1 ± 2.4 ^a	44.0 ± 1.5 ^b	47.4 ± 2.1 ^c	51.9 ± 3.5 ^d
متوسط الموسم الثاني	45.5 ± 3.1 ^a	51.4 ± 4.5 ^b	54.6 ± 2.2 ^{b,c}	58.7 ± 3.4 ^c
الزيادة %	16.4	16.8	15.2	13.1



الشكل 45. تأثير إضافة الحمأة في طول جرجير الحقول (سم) في الموسمين لجميع المعاملات.

3-7-2. كمية اليخضور Amount of chlorophyll

تؤكد نتائج تقدير كمية اليخضور في أوراق النبات حصول زيادة طردية مع كمية الحمأة المضافة في الموسمين؛ أما ضمن المعاملة الواحدة فهذه الكمية مختلفة نسبياً من فرد لآخر؛ يبين الجدول 56 أن كمية اليخضور قد زادت معنوياً في الموسم الأول من 20 عند الشاهد حتى 24، 26.8، 31.3 حسب تسلسل الإضافات أي بنسبة 20%، 33.7%، 56.2%، على التوالي؛ كذلك الأمر في الموسم الثاني (الجدول 57) حيث زادت كمية اليخضور معنوياً من 21.7 عند الشاهد حتى 25.4، 28.8، 30.1 وفق تسلسل الإضافات، وهذا يعادل 17.1%، 32.7%، 40.1% على التوالي.

الجدول 56. نُثني إضافة الحمأة في متوسط كمية اليخضور لأوراق جرجير الحقول في الموسم الأول.

متوسط كمية اليخضور في النبات حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
30.5	26.4	23.1	20.1	1
33.8	25.0	26.9	17.7	2
30.0	29.2	21.1	20.4	3
28.9	26.5	25.9	22.6	4
33.4	26.9	23.2	19.4	5
31.3 ± 2.2^d	26.8 ± 1.5^c	24.0 ± 2.3^b	20.0 ± 1.8^a	المتوسط
11.3	6.8	4.0	-	زيادة اليخضور
56.2	33.7	20.0	-	الزيادة النسبية
2.64				%5 -LSD

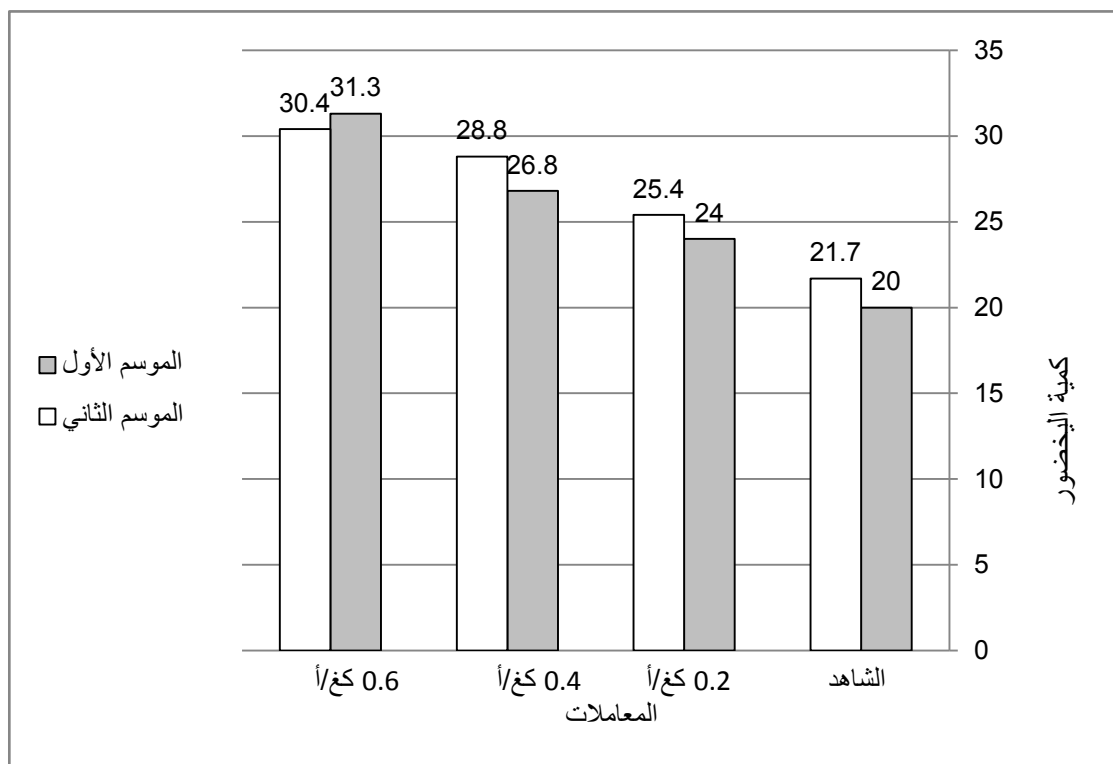
الجدول 57. نُثني إضافة الحمأة في متوسط كمية اليخضور لأوراق جرجير الحقول في الموسم الثاني.

متوسط كمية اليخضور في النبات حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
30.2	31.2	28.2	22.8	1
30.5	29.4	25.3	21.8	2
29.0	31.3	26.4	20.3	3
28.9	23.8	24.8	20.8	4
33.2	28.5	22.5	22.6	5
30.4 ± 1.7^c	28.8 ± 3.1^c	25.4 ± 2.1^b	21.7 ± 1.1^a	المتوسط
8.7	7.1	3.7	-	زيادة اليخضور
40.1	32.7	17.1	-	الزيادة النسبية
2.84				%5 -LSD

أما المقارنة بين المتوسطات السنوية فتُظهر تفوقاً لمتوسطات الموسم الثاني قياساً بالأول (الجدول 58) بنسبة 8.5%، 5.8%، 7.5% لمعاملات الشاهد، 0.2، 0.4 كغ/أ على الترتيب، وانخفاض بنسبة 3% للمعاملة 0.6 كغ/أ في الموسم الثاني؛ بسبب زيادة المخصبات الناتجة عن إضافة الحمأة مرة ثانية (الشكل 44)، حيث يؤكد الربيعي والخفاجي (2011) أن زيادة المادة العضوية في التربة تزيد من المسطح الورقي وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة كمية اليخضور.

الجدول 58. مقارنة بين متوسطات كمية اليخضور لأوراق جرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	20.0 ± 1.8 ^a	24.0 ± 2.3 ^b	26.8 ± 1.5 ^c	31.3 ± 2.2 ^d
متوسط الموسم الثاني	21.7 ± 1.1 ^a	25.4 ± 2.1 ^b	28.8 ± 3.1 ^c	30.4 ± 1.7 ^c
الفرق %	8.5	5.8	7.5	3.0



الشكل 46. تأثير إضافة الحمأة في كمية اليخضور لأوراق جرجير الحقول في الموسمين ولجميع المعاملات.

3-7-3 عدد النورات في النبات Number of inflorescences in the plant

تبين نتائج إحصاء عدد النورات التي حملتها الأفراد قبل وبعد إضافة الحمأة (الجدول 59) أن متوسط عدد النورات على النباتات قد ارتفع معنويًا في الموسم الأول من 2.6 نورة/نبات في الشاهد حتى 4.5، 7.3، 7.7 نورة/نبات حسب تسلسل الإضافات؛ أي بنسبة 73.1%، 180.8%، 196.2% على الترتيب.

أما في الموسم الثاني يبين الجدول 60 زيادة عدد النورات من 2.3 نورة/نبات في الشاهد حتى 4.2، 7.4، 7.8 نورة/نبات حسب تسلسل الإضافات أي بمعدل زيادة قدره 82.6%، 221.7%، 239.1% على الترتيب، ولم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ في الموسمين.

الجدول 59. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد نورة / نبات لجرجير الحقول في الموسم الأول.

متوسط عدد نورات النبات حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
7.2	6.5	3.9	2.1	1
8.2	8.1	4.5	3.1	2
8.5	5.9	5.1	1.9	3
8.1	7.8	4.9	3.5	4
6.5	8.3	4.2	2.2	5
7.7 ± 0.8^c	7.3 ± 1.1^c	4.5 ± 0.5^b	2.6 ± 0.7^a	المتوسط
5.1	4.7	1.9	-	الزيادة العددية
196.2	180.8	73.1	-	الزيادة النسبية
1.06				%5 -LSD

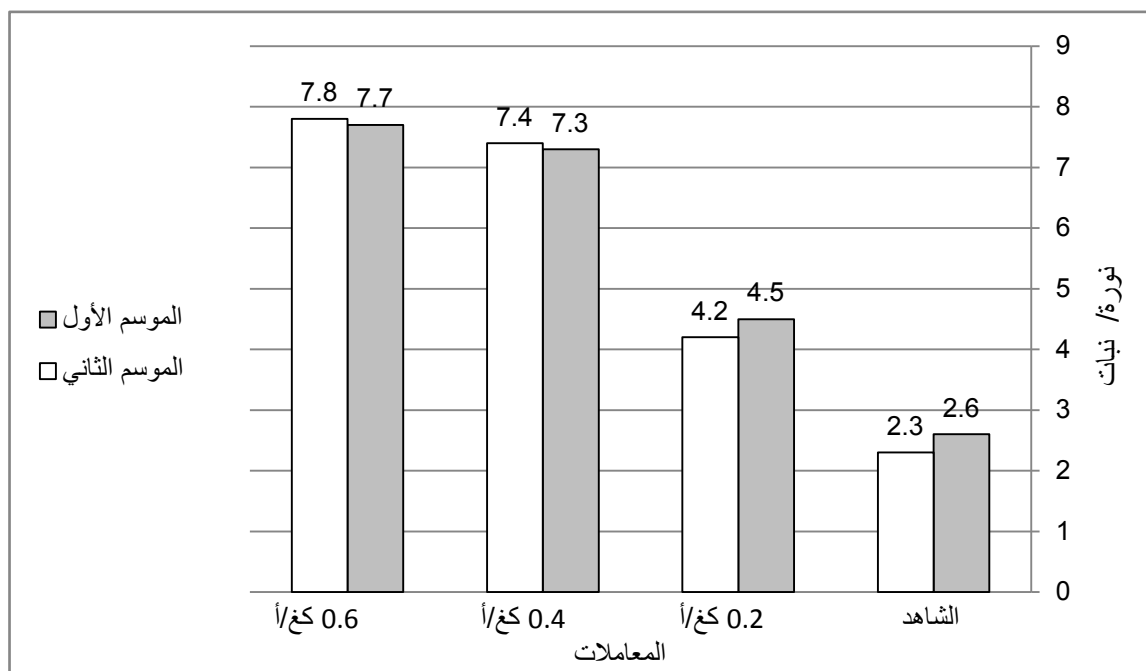
الجدول 60. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد نورة / نبات لجرجير الحقول في الموسم الثاني.

متوسط عدد نورات النبات حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
7.0	9.2	4.0	1.8	1
6.5	7.0	5.2	2.2	2
8.2	7.4	4.0	1.6	3
7.8	6.5	3.0	2.4	4
9.3	6.8	4.6	3.6	5
7.8 ± 1.1^c	7.4 ± 1.1^c	4.2 ± 0.8^b	2.3 ± 0.8^a	المتوسط
5.5	5.1	1.9	-	الزيادة العددية
239.1	221.7	82.6	-	الزيادة النسبية
1.27				%5 -LSD

تبين المقارنة ضمن المعاملة الواحدة أن متوسط عدد النورات مختلف نسبياً من مكرر لآخر، وبنسبة مختلفة من معاملة لأخرى وكذلك من موسم لآخر؛ وبمقارنة نتائج الموسمين (الجدول 61) نلاحظ انخفاض طفيف في الموسم الثاني في متوسط عدد نورات معاملي الشاهد و 0.2 كغ/أ، بنسبة 13%، 7.1% على الترتيب، يقابلها زيادة طفيفة بنسبة 1.4%، 1.3% للمعاملتين 0.4، و0.6 كغ/أ على الترتيب كما يوضحها الشكل 47، تبين هذه النتائج أن إضافة الحمأة قد زادت من عدد النورات لما لها من دور مهم في زيادة خصوبة التربة.

الجدول 61. مقارنة بين متوسطات عدد النورات/نبات لجرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	2.6 ± 0.7 ^a	4.5 ± 0.5 ^b	7.3 ± 1.1 ^c	7.7 ± 0.8 ^c
متوسط الموسم الثاني	2.3 ± 0.8 ^a	4.2 ± 0.8 ^b	7.4 ± 1.1 ^c	7.8 ± 1.1 ^c
الفرق %	13.0	7.1	1.4	1.3



الشكل 47. تأثير إضافة الحمأة في عدد نورات جرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.

3-7-4. عدد الثمار في النورة number of fruit in inflorescence

تبين بعد إحصاء عدد الثمار المتشكلة في نورات كل الأفراد بجميع المعاملات ومكرراتها وفي الموسمين أن عدد الثمار يزداد طردياً مع كمية الحمأة المضافة وهي زيادة معنوية في الموسمين؛ فقد ارتفع متوسط عدد الثمار في النورة الواحدة في الموسم الأول (الجدول 62) من 20.8 ثمرة/نورة عند الشاهد حتى 28.8، 32.1، 33.8 ثمرة/نورة حسب تدرج الإضافات، وقد وصلت نسبة الزيادة إلى 38.5%، 54.3%، 62.5% على الترتيب. أما في الموسم الثاني (الجدول 63) فقد ارتفع أيضاً متوسط عدد الثمار في النورة الواحدة من 21.2 ثمرة/نورة عند الشاهد حتى 30.7، 34.7، 36.2 ثمرة/نورة على الترتيب حسب تدرج الإضافات، أي بمعدل 44.8%، 63.7%، 70.8% على التوالي.

الجدول 62. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد ثمار/ نورة لجرجير الحقول في الموسم الأول.

متوسط عدد ثمار النورة الواحدة حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
34.5	33.2	25.2	19.2	1
32.9	35.4	26.9	18.4	2
30.7	31.6	30.4	20.8	3
36.0	29.9	31.7	23.0	4
34.6	30.6	29.8	22.5	5
33.8 ± 2.0^c	32.1 ± 2.2^c	28.8 ± 2.7^b	20.8 ± 2.0^a	المتوسط
13.0	11.3	8.0	-	الزيادة العددية
62.5	54.3	38.5	-	الزيادة النسبية
3.00				%5 -LSD

الجدول 63. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في عدد ثمار/ نورة لجرجير الحقول في الموسم الثاني.

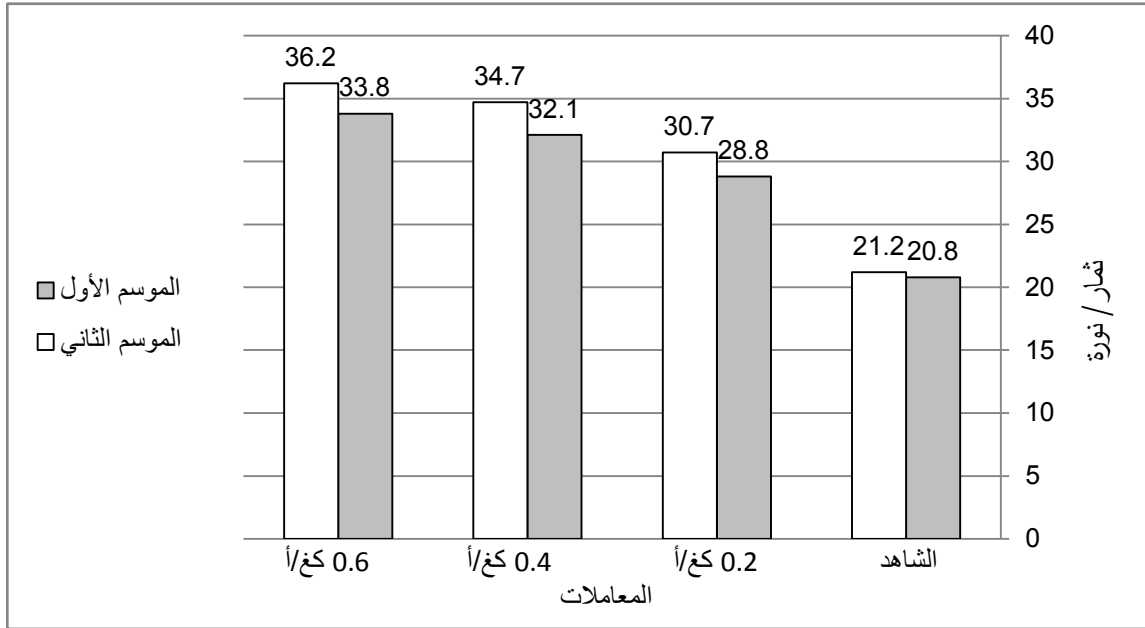
متوسط عدد ثمار النورة الواحدة حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
33.8	32.5	29.3	22.0	1
35.5	34.3	33.8	19.0	2
38.3	36.3	30.5	16.5	3
35.3	35.3	32.0	24.3	4
38.0	35.1	27.8	24.0	5
36.2 ± 1.9^c	34.7 ± 1.4^c	30.7 ± 2.3^b	21.2 ± 3.4^a	المتوسط
15.0	13.5	9.5	-	الزيادة العددية
70.8	63.7	44.8	-	الزيادة النسبية
3.17				%5 -LSD

وهكذا يتبين أن إضافة الحمأة إلى التربة زادت من عدد الثمار وهذا ما يتفق مع ما توصل إليه علي نظام وآخرون (2008) في دراستهم على نبات الرشاد *Lepidium sativum*، حيث تبين وجود علاقة إيجابية بين الحمأة المضافة للتربة وعدد الثمار (الخريدلات) في النبات.

تبين المقارنة بين متوسطات عدد الثمار في الموسمين (الجدول 64) ارتفاع هذا المتوسط في الموسم الثاني بنسبة 1.9% عند الشاهد وحتى 6.6%، 8.1%، 7.1% حسب تسلسل الإضافات كما يبينه الشكل 46.

الجدول 64. مقارنة بين متوسطات عدد الثمار/ نورة لجرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	20.8 ± 2.0 ^a	28.8 ± 2.7 ^b	32.1 ± 2.2 ^c	33.8 ± 2.0 ^c
متوسط الموسم الثاني	21.2 ± 3.4 ^a	30.7 ± 2.3 ^b	34.7 ± 1.4 ^c	36.2 ± 1.9 ^c
الزيادة %	1.9	6.6	8.1	7.1



الشكل 48. تأثير إضافة الحمأة في عدد الثمار في النورة لجرجير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.

3-7-5. الوزن الجاف Dry weight

تؤكد قياسات الوزن الجاف للنبات (دون الجذور)، ازدياد الوزن الجاف بشكل معنوي و متناسب طردياً مع كمية الحمأة المضافة ؛ فقد زاد متوسط الوزن الجاف في الموسم الأول (الجدول 65) من 28.1 غ/أ عند الشاهد حتى 31.7، 33.2، 40.2 غ/أ حسب تدرج الإضافات أي بمعدل زيادة مقارنة بالشاهد، قدرها 12.8%، 18.1%، 43.1% على الترتيب، لم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين 0.2، 0.4 كغ/أ؛ أما في الموسم الثاني (الجدول 66) فقد ارتفع متوسط الوزن الجاف من 26 غ/أ للشاهد حتى 40، 43.2، 44.3 غ/أ حسب تدرج الإضافات، وهذه الزيادة تعادل 53.8%، 66%، 70.3% حسب الترتيب السابق ودائماً مقارنة مع الشاهد ، كما يلاحظ أن الفروق كانت كبيرة ومعنوية بين الشاهد وباقي المعاملات، ولكن لم تكن الفروق كبيرة ومعنوية بين المعاملات التي أضيف إليها حمأة، إن هذه الزيادة المعنوية في الوزن الجاف والطرديّة مع كمية الحمأة المضافة سواء في الموسم الأول أو الموسم الثاني (الشكل 50) ليست إلا نتيجة لما حملته الحمأة من عناصر

مغذية ساعدت على زيادة النمو وبالتالي زيادة الإنتاج، ففي دراسة Korboulewsky وآخرون (2002) تم تطبيق الحمأة على تربة زرع فيها نبات جرجير الحقول تبين أن إضافة الحمأة أدت إلى زيادة الوزن الجاف الكلي وعدد الأزهار اليومي والكتلة الجذرية للنبات.

الجدول 65. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف (غ/أ) لجرجير الحقول الموسم الأول.

متوسط الوزن الجاف الكلي للنبات حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
39.4	30.5	30.9	29.5	1
44.2	31.8	32.5	30.3	2
37.3	34.9	29.2	27.3	3
39.2	32.2	33.6	26.4	4
41.1	36.7	32.1	27.1	5
40.2 ± 2.6 ^c	33.2 ± 2.5 ^b	31.7 ± 1.7 ^b	28.1 ± 1.7 ^a	متوسط الوزن
12.1	5.1	3.6	-	الزيادة في الوزن
43.1	18.1	12.8	-	الزيادة النسبية
2.9				%5 -LSD

الجدول 66. تأثير إضافة كميات متزايدة من الحمأة في الوزن الجاف (غ/أ) لجرجير الحقول الموسم الثاني.

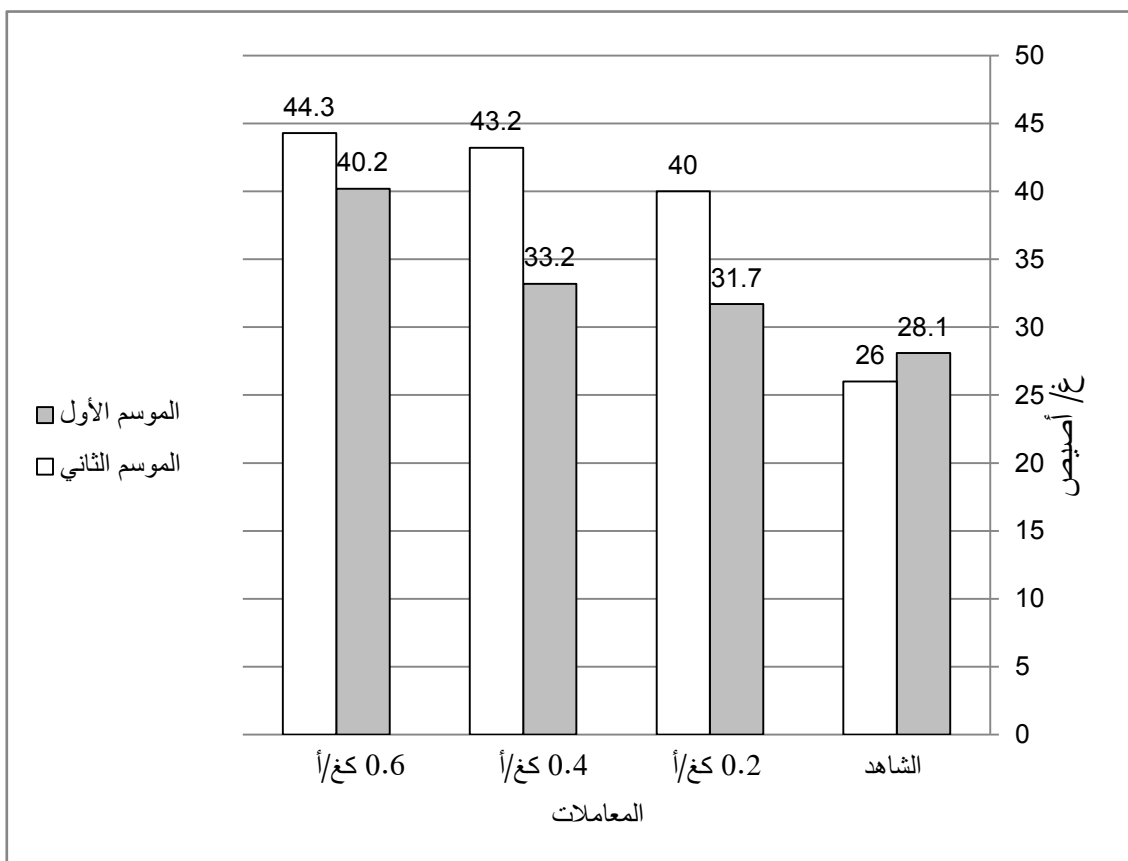
متوسط الوزن الجاف الكلي حسب المعاملات (كغ/أ)				المكررات
0.6	0.4	0.2	0	
47.2	45.4	38.5	25.3	1
40.5	46.2	47.0	26.4	2
44.5	47.1	30.1	24.2	3
40.4	40.2	45.6	27.4	4
48.9	37.1	38.9	26.8	5
44.3 ± 3.8 ^b	43.2 ± 4.3 ^b	40.0 ± 6.7 ^b	26.0 ± 1.3 ^a	متوسط الوزن
18.3	17.2	14.0	-	الزيادة في الوزن
70.3	66	53.8	-	الزيادة النسبية
6.02				%5 -LSD

تسمح المقارنة بين متوسطات الوزن الجاف في الموسم الأول والثاني (الجدول 67) بتأكيد ازدياد الوزن الجاف في الموسم الثاني بعد إضافة الحمأة ولو بنسب مختلفة من معاملة إلى أخرى؛ فإذا كان متوسط الوزن الجاف للنبات في الموسم الأول أعلى بنسبة 8.1% مما هو في الموسم الثاني للنبات

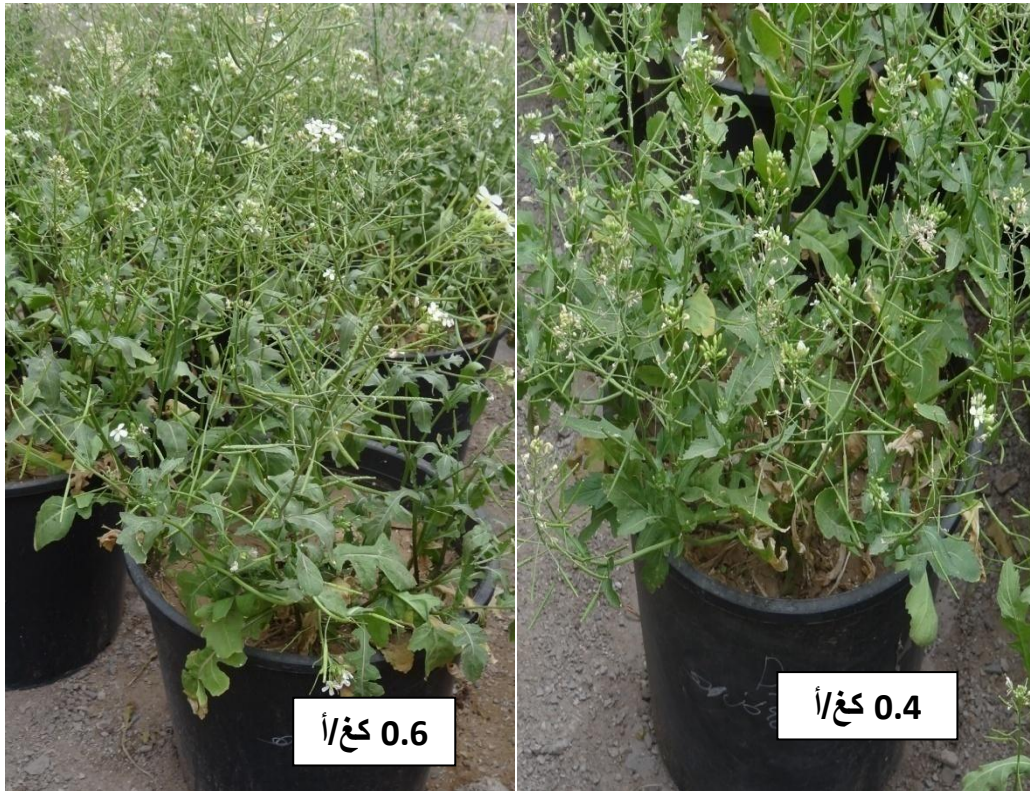
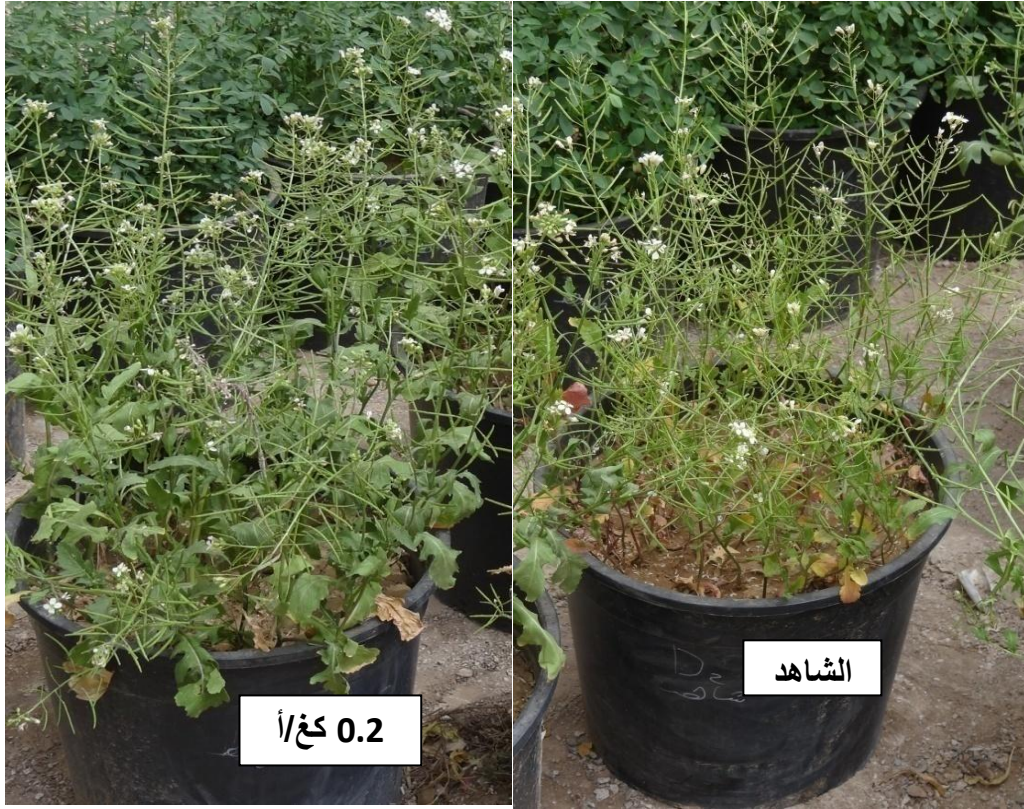
الشاهد، فإنه بعد إضافة الحمأة أصبحت متوسطات الوزن الجاف في الموسم الثاني أعلى مما كانت عليه في الموسم الأول بنسب متناقصة طردياً مع زيادة الحمأة المضافة (36.9%، 30.1%، 10.2% على التوالي حسب تسلسل الإضافات) كما يوضحه الشكل 49.

الجدول 67. مقارنة بين متوسطات الوزن الجاف (غ/أ) لجرير الحقول في الموسمين لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
متوسط الموسم الأول	28.1 ± 1.7 ^a	31.7 ± 1.7 ^b	33.2 ± 2.5 ^b	40.2 ± 2.6 ^c
متوسط الموسم الثاني	26.0 ± 1.3 ^a	40.0 ± 6.7 ^b	43.2 ± 4.3 ^b	44.3 ± 3.8 ^b
الفرق %	8.1	36.9	30.1	10.2



الشكل 49. أثر إضافة الحمأة في الوزن الجاف (غ/أ) لجرير الحقول في الموسمين ولجميع المعاملات.



الشكل 50. مكرر واحد من كل معاملة (الشاهد، 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ) لنبات جرجير الحقول.

3-7-6. تركيز الزنك في جرجير الحقول

Concentration of Zinc in White wall rocket

يتضمن الجدول 68 نتائج تقدير تراكيز الزنك في أعضاء نبات جرجير الحقول، حيث تبين هذه النتائج أن متوسطات تراكيز الزنك في الجذر تتراوح بين 32.5 ppm في الشاهد حتى 73.4، 119.7، 121.1 ppm حسب تدرج إضافة الحمأة، يُلاحظ وبوضوح تام أن تركيز الزنك يزداد طردياً مع كمية الحمأة المضافة وأن نسبة الزيادة تعادل 125.85%، 268.31%، 272.62% على الترتيب حسب تسلسل الإضافات مقارنة بالشاهد، وأن هذه الزيادة معنوية بين كل معاملة وأخرى، باستثناء بين المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ.

أما في الساق فتلاحظ الحالة نفسها من الزيادة ولكن بقيم ونسب أعلى، حيث زادت متوسطات تراكيز الزنك في ساق الجرجير من 29.2 ppm في الشاهد وحتى 136.3، 181.3، 224 ppm حسب تسلسل الإضافات، وأن نسبة الزيادة الموافقة كانت 365.53%، 519.86%، 667.47% على الترتيب وهي زيادات هائلة وذات معنوية واضحة كما أكد ذلك التحليل الإحصائي، حيث كانت الفروق معنوية بتركيز الزنك في الساق لجميع المعاملات.

يتابع تركيز الزنك ارتفاعه في الأوراق إذ يزداد من 51.4 ppm في أوراق الشاهد حتى 175، 281.3، 347 ppm في أوراق نباتات المعاملات حسب تدرج الإضافة، وهذا يعادل 240.5%، 447.3%، 574.3% على الترتيب، وكانت الفروق معنوية بين جميع المعاملات باستثناء المعاملتين 0.4، 0.6 كغ/أ.

أما متوسطات تراكيز الزنك في الثمار فلا تختلف كثيراً عن سابقتها، فقد ازدادت من 40.3 ppm في ثمار الشاهد حتى 111.8، 124.1، 191.8 ppm بعد إضافة الحمأة وحسب تدرج كمياتها، وكانت معدلات الزيادة بعد إضافة الحمأة 177.42%، 207.94%، 375.93% على الترتيب؛ وهي زيادات عالية وذات معنوية عالية كما أكد التحليل الإحصائي، مع العلم أن الفروق لم تكن معنوية بين المعاملتين 0.2، 0.4 كغ/أ.

إذاً تناسب تركيز الزنك طردياً مع ازدياد كمية الحمأة المضافة وكانت الفروق معنوية بين تركيز الزنك في جذور وسوق وأوراق وثمار الشاهد مقارنة بالجذور وسوق وأوراق وثمار باقي المعاملات؛ ويلاحظ من الجدول 68 أيضاً أن تركيز الزنك في المعاملات التي أضيف إليها حمأة وبجميع الأجزاء باستثناء جذور المعاملة 0.2 كغ/أ تجاوز الحد الذي يعد ساماً بالنسبة للنبات وهو 100 ppm (Kabata and Pendias, 1992)، ومع ذلك لم تظهر علامات إجهاد أو سمية على النبات بدليل زيادة الوزن الجاف طردياً مع كمية الحمأة المضافة، وهذا ما يوضحه أيضاً مؤشر

التحمل، إذ يعد من الصفات المهمة للنباتات المراكمة قدرتها على تحمل تراكيز من العنصر الثقيل لا تستطيع النباتات غير المراكمة تحمله (Gradea- Torresdey *et al.*, 1998).

الجدول 68. تأثير إضافة الحمأة في تركيز الزنك ppm في أجزاء جرجير الحقول لجميع المعاملات.

متوسط تركيز الزنك في أعضاء النبات المختلفة				المعاملة
الثمار	الأوراق	الساق	الجذر	
40.3± 3.6 a	51.4± 10.9 a	29.2±11.7 a	32.5± 3.6 a	الشاهد
111.8± 6.2 b	175.0± 43.5 b	136.3± 4.8 b	73.4± 7.8 b	0.2 كغ/أ
124.1± 14.5 b	281.3± 54.9 c	181.0± 4.9 c	119.7± 9.1 c	0.4 كغ/أ
191.8± 16.2 c	347.0± 70.5 c	224.1± 1.2 d	121.1± 40.4 c	0.6 كغ/أ
15.34	67.03	8.9	28.37	LSD
100 - 27			التركيز الطبيعي في النبات*	
أكثر من 100			التركيز السام*	

*(Kabata &Pendias ,1992).

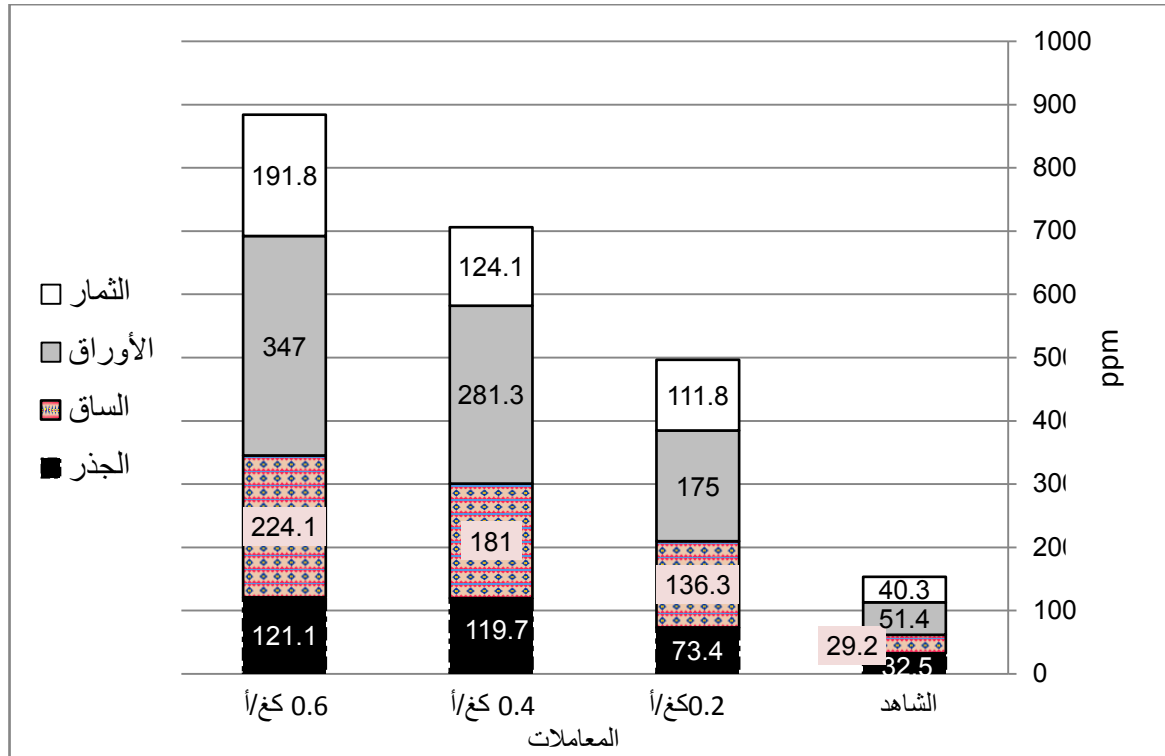
☆ المتوسطات المتوقعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد مختلفة معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD -5%.
 *المتوسطات المتوقعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد مختلفة معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD -5%.

تؤكد مقارنة متوسطات الزنك في الأجزاء النباتية المختلفة ضمن المعاملة الواحدة (الجدول 69).

أن الأوراق هي الأغنى بالزنك تليها الساق ثم الثمار ويأتي الجذر في المرتبة الأخيرة، وهذا بعد إضافة الحمأة وبغض النظر عن الكمية المضافة، وهذا مشابه ل ما أظهرته بيانات الشاهد من حيث كون الأوراق هي الأغنى أما باقي التسلسل فهو مختلف إذ أتت الثمار في المرتبة الثانية يليها الجذر ثم الساق في المرتبة الأخيرة (الشكل 51)، مع العلم أنه كانت الفروق معنوية بتركيز الزنك بين الأوراق وبين باقي أجزاء النبات أياً كانت المعاملة.

الجدول 69. مقارنة تراكيز عنصر الزنك (ppm) في أجزاء جرجير الحقول ضمن المعاملة الواحدة.

متوسط تركيز الزنك حسب المعاملات (كغ/أ)				الجزء النباتي
0.6	0.4	0.2	0	
121.1± 40.4 ^a	119.7± 9.1 ^a	73.4± 7.8 ^a	32.5± 3.6 ^a	جذر
224.1± 1.2 ^b	181.0± 4.9 ^b	136.3± 4.8 ^b	29.2± 11.7 ^a	ساق
347.0± 70.5 ^c	281.3± 54.9 ^c	175.0± 43.5 ^c	51.4± 10.9 ^b	أوراق
191.8± 16.2 ^b	124.1± 14.5 ^a	111.8± 6.2 ^b	40.3± 3.6 ^a	ثمار
55.58	38.67	30.09	11.11	LSD

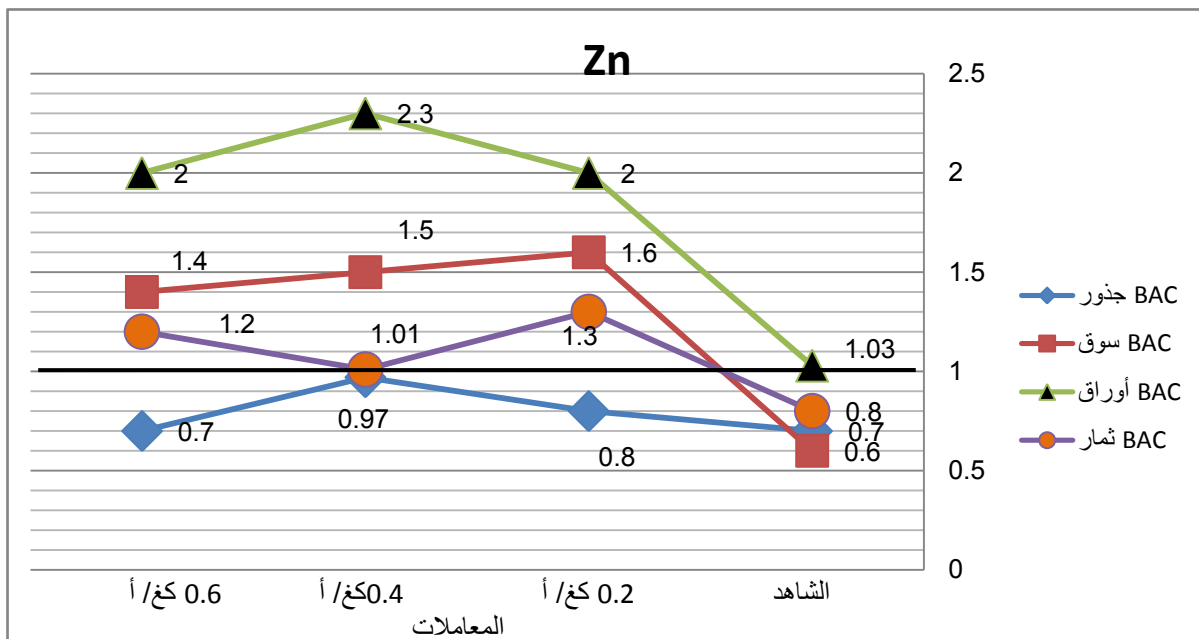


الشكل 51. مقارنة تأثير إضافة الحمأة في تركيز الزنك ppm في أجزاء جرجير الحقول لجميع المعاملات.

3-7-7. معامل الامتصاص الحيوي BAC وعامل الانتقال TF لعنصر الزنك في جرجير الحقول

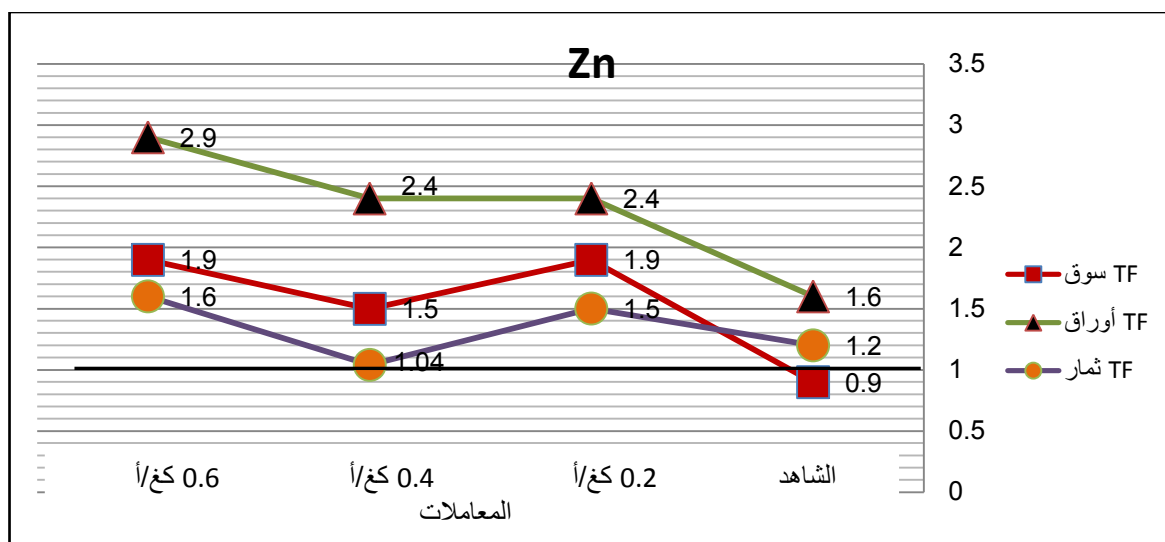
BAC and TF for Zinc in White wall rocket

يبين الشكل 52 أن $BAC < 1$ في أوراق جميع المعاملات، وفي سوق وثمار المعاملات التي أضيف إليها حمأة، وكان $BAC > 1$ في جذور جميع المعاملات وفي سوق وثمار معاملة الشاهد، يتضح من هذه النتائج أن نبات جرجير الحقول يراكم الزنك في أوراقه حتى في التراكيز المنخفضة في التربة وقد بلغت 49.9 ppm في الشاهد، وعند زيادة تركيز الزنك في التربة فإنه يراكمه في سوقه وثماره، ولكنه لا يراكم الزنك في جذوره حتى مع ارتفاع تركيزه في التربة إلى 164.66 ppm في المعاملة 0.6 كغ/أ (الجدول 9)؛ إن وجود التراكيز المرتفعة من الزنك في الأوراق تليها الساق فالثمار لنبات جرجير الحقول يتفق مع دراسة Korboulewsky وآخرون (2002)، كما أن جرجير الحقول يمكنه دالاً لوجود الزنك في التربة حيث ارتفع التركيز داخل النبات كلما ارتفع التركيز في التربة. (الوهيبي، 2007)؛ وبالرغم من تفاوت تراكيز الزنك في النبات فإنها بقيت جميعها ضمن الحدود المسموح بها.



الشكل 52. تأثير إضافة الحمأة في معاملة الامتصاص الحيوي BAC للزنك في جرجير الحقول.

أما بالنسبة لانتقال عنصر الزنك داخل النبات يبين الشكل 53 أن عامل الانتقال $TF < 1$ في جميع أجزاء النبات ولجميع المعاملات باستثناء السوق في النبات الشاهد كان $TF > 1$ ، أي إن الزنك انتقل من الجذر إلى باقي أجزاء النبات ولم يتجمع في الجذور، كانت أعلى قيم لعامل الانتقال TF في أوراق جميع المعاملات مقارنة بالسوق والثمار وأخفض قيم في ثمار المعاملات التي أضيف إليها حمأة.



الشكل 53. أثر إضافة الحمأة في عامل انتقال الزنك TF في جرجير الحقول.

3-7-8. تركيز الكاديوم في جرجير الحقول

Concentration of Cadmium in White wall rocket

يتضمن الجدول 70 البيانات المتعلقة بمتوسطات تراكيز الكاديوم في أعضاء نبات جرجير الحقول وبكل المعاملات، ويبين أن متوسطات تراكيز هذا العنصر تزداد طردياً مع ازدياد كمية الحمأة المضافة وهذا على نحو مختلف من عضو لآخر، يلاحظ أن تراكيز هذا العنصر قد انخفضت في جميع أعضاء النبات في المعاملة 0.2 كغ/أ، لكنها عادت للارتفاع طردياً مع زيادة كمية الحمأة المضافة أي في المعاملتين 0.4 و 0.6 كغ/أ؛ وبمقارنة تركيز الكاديوم بين أجزاء النباتات في جميع المعاملات نلاحظ أنه في الجذر انخفضت تراكيز الكاديوم بشكل غير معنوي من 194.7 ppb في جذور نبات الشاهد وحتى 189.6 في جذور المعاملة 0.2 كغ/أ أي بنسبة 2.62%، ثم ارتفعت من جديد إلى 222.1، 274.9 ppb في جذور نباتات المعاملتين 0.4 و 0.6 كغ/أ وبلغت نسبة الزيادة 17.14%، 44.99% على التسلسل، وكانت الفروق معنوية بين المعاملة 0.6 كغ/أ وبين معاملي الشاهد و 0.2 كغ/أ، بينما لم تكن معنوية بين المعاملة 0.6 كغ/أ والمعاملة 0.4 كغ/أ.

أما في الساق فقد لوحظت حالة الجذر نفسها إذ انخفضت بشكل غير معنوي متوسطات تراكيز الكاديوم من 274.5 ppb في ساق الشاهد إلى 243.1 ppb في ساق المعاملة 0.2 كغ/أ أي بنسبة انخفاض قدرها 11.44%، لتعود هذه المتوسطات وترتفع معنوياً إلى 302.6، 328.7 ppb للإضافتين 0.4 و 0.6 كغ/أ أي بنسبة زيادة قدرها 24.48%، 35.21% على التوالي.

أما بالنسبة للأوراق التي انخفضت فيها بشكل غير معنوي متوسطات تراكيز الكاديوم من 462.4 ppb في الشاهد إلى 426.3 ppb في المعاملة 0.2 كغ/أ حيث بلغت نسبة الانخفاض 7.81%، ثم عادت وارتفعت المتوسطات من جديد إلى 502.7، 556.7 ppb للمعاملتين 0.4 و 0.6 كغ/أ أي بنسبة زيادة قدرها 17.92%، 30.59% على الترتيب، وقد كانت الفروق معنوية بين المعاملة 0.6 كغ/أ وبين معاملي الشاهد و 0.2 كغ/أ، ولم تكن معنوية بين المعاملة 0.6 كغ/أ والمعاملة 0.4 كغ/أ؛ لم يختلف الأمر بالنسبة للثمار التي انخفضت فيها بشكل غير معنوي أيضاً متوسطات تراكيز الكاديوم من 218.8 ppb في ثمار النبات الشاهد إلى 167.5 ppb في ثمار المعاملة 0.2 كغ/أ أي بنسبة انخفاض قدرها 23.31%، ثم استأنفت متوسطات التراكيز ارتفاعها إلى 208.8 و 220.5 ppb للمعاملتين 0.4 و 0.6 كغ/أ أي بنسبة 24.66%، 31.64% على التوالي، علماً أن معدل الكاديوم في ثمار نباتات الإضافة 0.4 كغ/أ بقي أقل من معدل العنصر في ثمار نباتات الشاهد بنسبة 4.4%، وكانت الزيادة معنوية واضحة بين المعاملة 0.6 كغ/أ والمعاملة 0.2 كغ/أ.

الجدول 70. تأثير إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم في أجزاء جرجير الحقول لجميع المعاملات.

متوسط تركيز الكاديوم في أعضاء النبات				المعاملة
الثمار	الأوراق	الساق	الجزر	
218.4± 10.8 ^{a,b}	462.4± 63.4 ^a	271.5± 77.1 ^{a,b}	194.7± 40.4 ^a	الشاهد
167.5± 8.1 ^a	426.3± 56.5 ^a	243.1± 24.9 ^a	189.6± 20.2 ^a	0.2 كغ/أ
208.8± 5.8 ^{a,b}	502.7± 82.9 ^{a,b}	302.6± 41.4 ^{a,b}	222.1± 73.9 ^{a,b}	0.4 كغ/أ
220.5± 76.3 ^b	556.7± 27.7 ^b	328.7± 9.9 ^b	274.9± 21.9 ^b	0.6 كغ/أ
52.09	81.70	61.35	59.87	%5 -LSD
ppb 30000 - 5000 ما يعادل 30-5 مغ/كغ				التركيز السام*

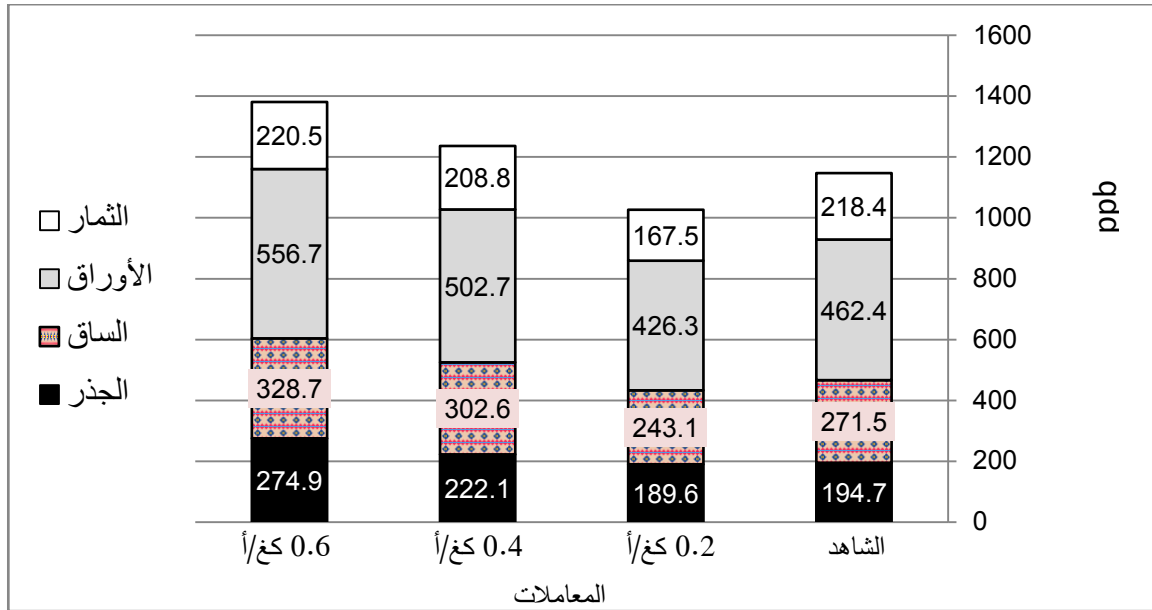
*(Kabata &Pendias ,1992)

أما المقارنة بين متوسطات تراكيز الكاديوم في مختلف أجزاء النبات ضمن المعاملة الواحدة (الجدول 71) فإنها تؤكد أن أغنى أعضاء الجرجير بالكاديوم هي الأوراق يليها الساق ثم الجزر فالثمار وهذا بجميع المعاملات عدا نبات الشاهد حيث ظهرت الثمار أغنى من الجذور بالكاديوم (الشكل 54).

أما فيما يتعلق بمعنوية الفروق، فقد كانت هذه الفروق معنوية بين تركيز الكاديوم في الأوراق وبين تركيزه في باقي أجزاء النبات في جميع المعاملات كما يظهر التحليل الإحصائي، ولم تكن الفروق معنوية بين تركيز الكاديوم في الجذور وبين تركيزه في الثمار في جميع المعاملات (الجدول 69)؛ الخلاصة أن تراكيز الكاديوم تزداد طردياً مع إضافة الحمأة وأن أعلى تركيز للكاديوم سُجل في أوراق النبات مقارنة بالجزر والثمار، وقد بقيت جميع هذه التراكيز ضمن الحدود المسموح بها ودون درجة السمية في النبات.

الجدول 71. مقارنة تراكيز الكاديوم (ppb) في أجزاء جرجير الحقول ضمن المعاملة الواحدة.

متوسط تركيز الكاديوم في أعضاء النبات حسب المعاملات (كغ/أ)				العضو
0.6	0.4	0.2	0	
274.9± 21.9 ^{a,c}	222.1± 73.9 ^a	189.6± 20.2 ^a	194.7± 40.4 ^a	النبات جزر
328.7± 9.9 ^a	302.6± 41.4 ^b	243.1± 24.9 ^b	271.5± 77.1 ^b	ساق
556.7± 27.7 ^b	502.7± 82.9 ^c	426.3± 56.5 ^c	462.4± 63.4 ^c	أوراق
220.5± 76.3 ^c	208.8± 5.8 ^a	167.5± 8.1 ^a	218.4± 10.8 ^{a,b}	ثمار
56.75	79.53	43.88	72.56	%5 -LSD

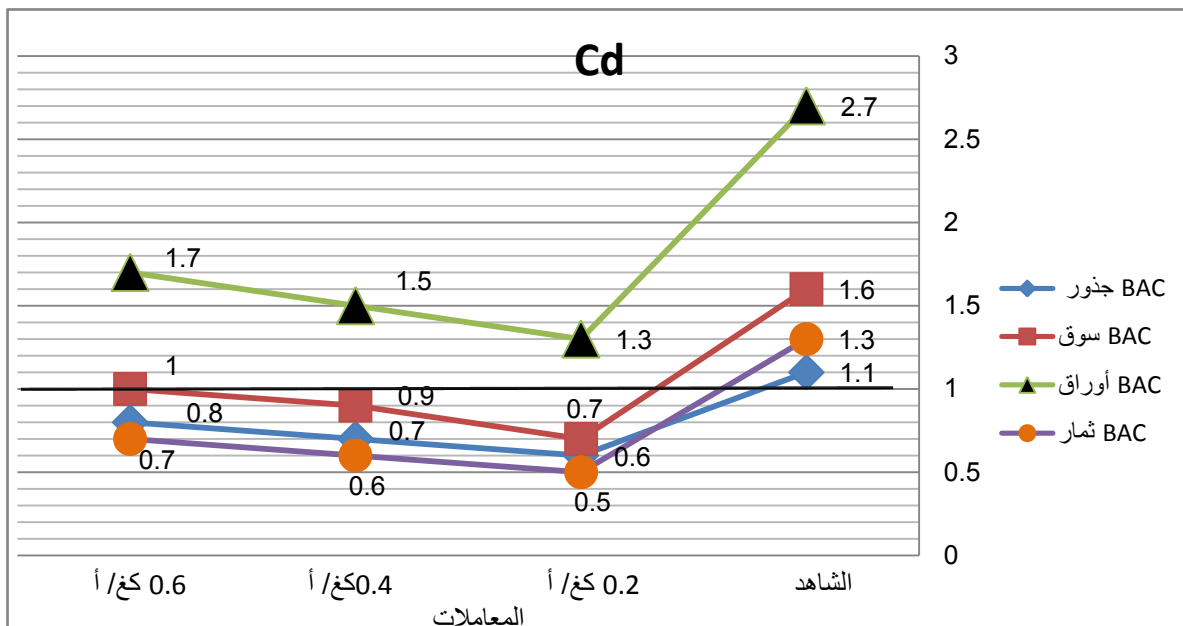


الشكل 54. مقارنة بشقي إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم (ppb) في أجزاء جرجير الحقول لجميع المعاملات.

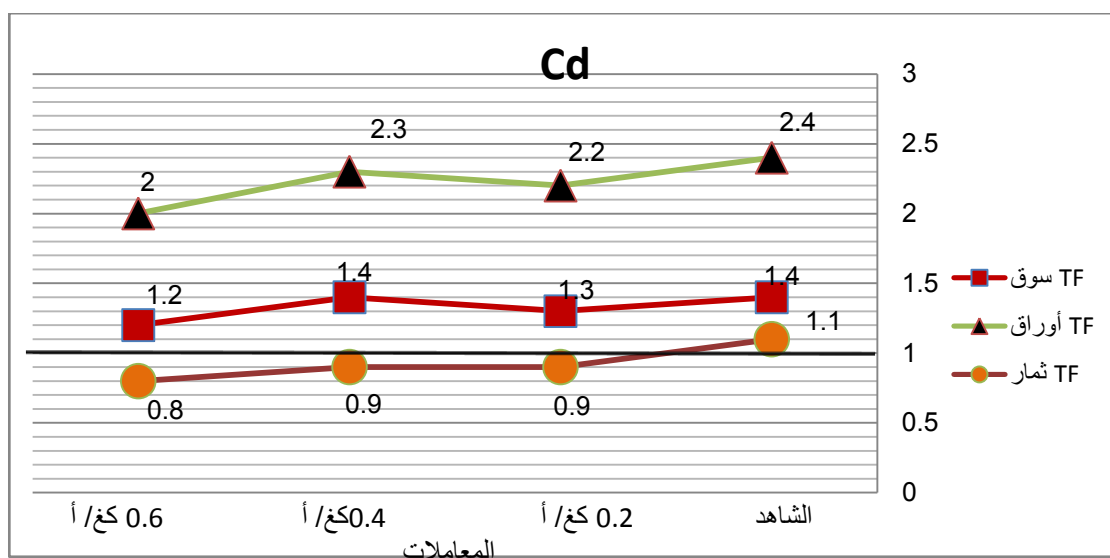
3-7-9. معامل الامتصاص BAC وعامل الانتقال TF للكاديوم في جرجير الحقول BAC and TF for Cadmium in White wall rocket

يبين الشكل 55 أن معامل الامتصاص الحيوي لعنصر الكاديوم $BAC < 1$ في أوراق جميع المعاملات، كما أنه كان أكبر من الوحدة في أجزاء نبات الشاهد كلها، بينما كان $BAC \geq 1$ في جذور وسوق وثمار المعاملات المضاف إليها حمأة. على ضوء هذه النتائج يعد جرجير الحقول مراكماً للكاديوم في أوراقه في جميع المعاملات، ويراكم الكاديوم في جميع أجزاء النبات عندما يكون تركيزه في التربة 170.51 ppb في معاملة الشاهد ولكن لوحظ أنه مع ارتفاع تركيز الكاديوم في التربة تقتصر مراكمته على أوراق النبات.

وبدراسة عامل الانتقال TF يبين الشكل 56 أن $TF < 1$ في سوق وأوراق جميع المعاملات وفي ثمار نبات الشاهد، بينما كان $TF > 1$ في ثمار المعاملات التي أضيف إليها حمأة، أي إن نبات جرجير الحقول ينقل الكاديوم الممتص من التربة إلى أوراقه وسوقه، ولكن لا ينقل إلا كمية قليلة للثمار، وهذا يتفق مع دراسة العيد وآخرين (2002) حول تركيز عنصر الكاديوم في أجزاء نبات الفجل (*Raphanus sativus*) (الفصيلة الملقوية) إذ تبين أن أعلى تركيز كان في المجموع الخضري وليس في الجذر بينما في نبات البندورة *Lycopersicon esculatum* كان الأمر معاكساً تبعاً لنفس الدراسة.



الشكل 55. تأثير إضافة الحمأة في معاملة الامتصاص الحيوي لعنصر الكاديوم BAC في جرجير الحقول.



الشكل 56. تأثير إضافة الحمأة في عامل انتقال عنصر الكاديوم TF في جرجير الحقول.

3-7-9. مؤشر التحمل TIN لجرجير الحقول

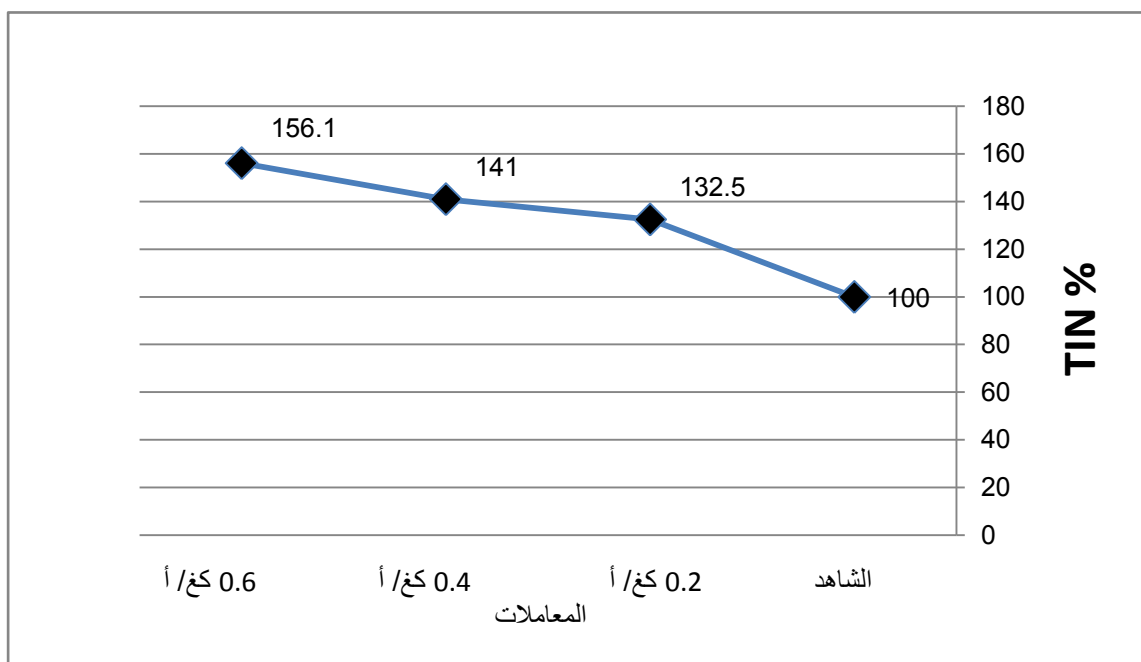
Tolerance index in White wall rocket

يبين الجدول 72 متوسط الوزن الجاف لجرجير الحقول في الموسمين الذي بلغ 27.1 غ/أ في الشاهد، و 35.9، 38.2، 42.3 غ/أ حسب تسلسل الإضافات، حيث زاد الوزن الجاف الكلي طردياً مع كمية الحمأة المضافة، وبحساب مؤشر التحمل نرى أنه كان 132.5%، 141.0%، 156.1% للمعاملات 0.2، 0.4، 0.6 كغ/أ على الترتيب، أي أن نبات جرجير الحقول تحمل الإضافات من

الحمأة التي تمّ اعتمادها واستفاد منها إيجاباً ولم يؤثر ما أضافته الحمأة من عناصر ثقيلة إلى التربة في الوزن الجاف للنبات (الشكل 57).

الجدول 72. متوسط الوزن الجاف غ/أ لجرجير الحقول في الموسمين، و مؤشر التحمل TIN % لجميع المعاملات.

المعاملة	الشاهد	0.2 كغ/أ	0.4 كغ/أ	0.6 كغ/أ
الوزن الجاف الكلي	27.1 ^a	35.9 ^b	38.2 ^b	42.3 ^c
% TIN	100	132.5	141.0	156.1



الشكل 57. تأثير إضافة الحمأة في مؤشر التحمل TIN % لجرجير الحقول في جميع المعاملات مقارنة مع الشاهد.

3-7-10. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات لجرجير الحقول

Correlations between all variables in White wall rocket

يبين الجدول 73 علاقات الارتباط لجميع المتغيرات بالنسبة لجرجير الحقول و وقد جاءت

كالآتي:

أ- علاقة الارتباط بين طول النبات وباقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين طول النبات وبين كلٍ من إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمواد العضوية والأزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكاديوم في التربة وبلغت 0.887، 0.863، 0.904، 0.888، 0.781، 0.782، 0.903، 0.712 على الترتيب وعند مستوى الثقة 0.01،

الجدول 73. علاقات الارتباط بين جميع المتغيرات لجرير الحقول.

	الحماة	pH التربة	EC	CaCO ₃	مادة عضوية	N التربة	بوتاسيوم	فسفور	رمل	طين	سلت	Zn التربة	Cd	طول نبات	اليخضور	عدد نورات	عدد	وزن	نبات Zn	نبات Cd
الحماة	1																			
pH التربة	-.994**	1																		
EC	.974**	-.993**	1																	
CaCO ₃	-.813**	.747**	-.670**	1																
مادة عضوية	.978**	-.974**	.959**	-.827**	1															
N التربة	.979**	-.974**	.958**	-.829**	1.000**	1														
بوتاسيوم	.894**	-.921**	.931**	-.505*	.809**	.809**	1													
فسفور	.980**	-.955**	.916**	-.864**	.932**	.933**	.870**	1												
رمل	.894**	-.921**	.931**	-.505*	.809**	.809**	1.000**	.870**	1											
طين	-.944**	.974**	-.992**	.609**	-.946-	-.945-	-.905**	-.862-	-.905-	1										
سلت	-.258-	.262	-.251-	.000	-.055-	-.057-	-.577**	-.358-	-.577-	.174	1									
Zn تربة	1.000**	-.995**	.977**	-.810**	.984**	.984**	.889**	.974**	.889**	-.950**	-.234-	1								
Cd تربة	.733**	-.655**	.562**	-.924**	.671**	.674**	.528*	.845**	.528*	-.467*	-.327-	.719**	1							
طول نبات	.904**	-.890**	.863**	-.782**	.887**	.888**	.781**	.897**	.781**	-.830**	-.214-	.903**	.712**	1						
يخضور	.935**	-.923**	.898**	-.789**	.910**	.911**	.826**	.928**	.826**	-.863**	-.256-	.934**	.726**	.849**	1					
عدد نورات	.952**	-.946**	.925**	-.735**	.889**	.890**	.921**	.956**	.921**	-.881**	-.441-	.946**	.732**	.889**	.877**	1				
عدد ثمار	.911**	-.880**	.834**	-.832**	.853**	.854**	.810**	.950**	.810**	-.773**	-.391-	.903**	.846**	.872**	.873**	.914**				
وزن جاف	.892**	-.859**	.813**	-.860**	.867**	.869**	.730**	.915**	.730**	-.763**	-.226-	.888**	.817**	.857**	.927**	.834**	.863**	1		
Zn نبات	.988**	-.965**	.929**	-.870**	.951**	.952**	.865**	.998**	.865**	-.881**	-.310-	.984**	.829**	.903**	.933**	.953**	.943**	.917**	1	
Cd نبات	.787**	-.851**	.906**	-.315-	.792**	.790**	.857**	.664**	.857**	-.944**	-.173-	.797**	.162	.664**	.700**	.737**	.568**	.550*	.685**	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

بينما كانت العلاقة سلبية قوية ومعنوية بين طول النبات وبين pH التربة وكربونات الكالسيوم والطين وبلغت 0.890، 0.782، 0.830 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، وكانت العلاقة سلبية غير معنوية مع السلت، يلاحظ أن طول النبات قد تأثر إيجاباً بإضافة الحمأة حيث إن تحرر الكربون والهيدروجين من المادة العضوية له دور في عملية التبادل الشاردي بين النبات والوسط المحيط بالجذر، مما يزيد من امتصاص العناصر المهمة لنمو النبات (Oste et al., 2002) ب- علاقة الارتباط بين كمية اليخضور وباقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين كمية اليخضور وبين إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكاميوم في التربة وطول النبات وأخذت القيم التالية: 0.935، 0.898، 0.910، 0.911، 0.826، 0.928، 0.826، 0.934، 0.726، 0.849 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، وكانت العلاقة سلبية قوية ومعنوية مع pH التربة وتركيز كربونات الكالسيوم في التربة والطين، وبلغت 0.923، 0.789، 0.863 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، وكانت سلبية غير معنوية مع السلت.

حيث أن لانخفاض الطين والسلت عن حد معين في التربة وزيادة الرمل أثر إيجابي في خصائص التربة مما ينعكس على إنتاجية النبات، كما أن إضافة الحمأة تثري التربة بعناصر الحديد والمغنسيوم والزنك التي تتميز بدور مهم في تركيب اليخضور وبالتالي زيادة عملية التركيب الضوئي والإنتاجية النباتية (الجبوري وآخرون، 2011).

ت- علاقة الارتباط بين عدد النورات وباقي المتغيرات: يلاحظ من الجدول 73 أن علاقة الارتباط كانت إيجابية قوية ومعنوية بين عدد النورات وبين كلٍ من إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكاميوم في التربة وطول النبات وكمية اليخضور وكانت أعلى من 0.730 عند مستوى الثقة 0.01؛ بينما كانت هذه العلاقة سلبية قوية ومعنوية مع pH التربة وتركيز كربونات الكالسيوم في التربة والطين وكانت أعلى من 0.730 عند مستوى الثقة 0.01، وكانت العلاقة سلبية غير معنوية مع السلت.

ث- علاقة الارتباط بين عدد الثمار وباقي المتغيرات: كان لإضافة الحمأة تأثير إيجابي في عدد الثمار وكان الارتباط إيجابياً قوياً ومعنوياً مع إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكاميوم في التربة وطول النبات وكمية اليخضور وعدد النورات وكان أعلى من 0.810 عند مستوى الثقة 0.01؛ بينما كان هذا الارتباط سلبياً قوياً ومعنوياً مع pH التربة وتركيز كربونات الكالسيوم في التربة والطين وكان أعلى من 0.770 عند مستوى الثقة 0.01، بينما كانت العلاقة سلبية غير معنوية مع السلت.

ج- علاقة الارتباط بين الوزن الجاف الكلي وباقي المتغيرات: تأثر الوزن الجاف إيجاباً بإضافة الحمأة وهذا ما أكده التحليل الإحصائي لدراسة علاقة الارتباط حيث كانت إيجابية قوية ومعنوية عند مستوى الثقة 0.01 بين الوزن الجاف وبين كلٍ من: إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكالسيوم في التربة وطول النبات وكمية اليخضور وعدد النورات والثمار وبلغت 0.892، 0.813، 0.867، 0.869، 0.730، 0.915، 0.730، 0.888، 0.817، 0.857، 0.927، 0.834، 0.863 على الترتيب وذلك عند مستوى الثقة 0.01، لما لإضافة الحمأة بما تحويه من عناصر مغذية ومادة عضوية من فوائد للتربة والنبات (Hernandes *et al.*, 1991)؛ بينما كانت هذه العلاقة سلبية قوية ومعنوية عند مستوى الثقة 0.01 مع كلٍ من pH التربة وتركيز كربونات الكالسيوم في التربة والطين وأخذت القيم الآتية: 0.859، 0.860، 0.763 على الترتيب، وكانت العلاقة سلبية غير معنوية مع السلت، وهذا يؤكد من جديد أن انخفاض pH التربة واقتربها من الاعتدال يساهم على نحو أفضل بإنتاجية النبات.

ح- علاقة الارتباط بين الزنك في النبات وباقي المتغيرات: كانت علاقة الارتباط إيجابية قوية ومعنوية بين تركيز الزنك في التربة وبين إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك والكالسيوم في التربة وطول النبات وكمية اليخضور وعدد النورات والثمار والوزن الجاف الكلي وكانت أعلى من 0.820 عند مستوى الثقة 0.01، بينما كانت هذه العلاقة سلبية مع pH التربة وتركيز كربونات الكالسيوم في التربة والطين وكانت أعلى من 0.850 عند مستوى الثقة 0.01، ولم تكن العلاقة معنوية بين تركيز الزنك في التربة وبين السلت، يبرز هنا الدور الإيجابي للزنك وأهميته في تركيب اليخضور مما ينعكس على كل دالات النمو.

خ- علاقة الارتباط بين الكالسيوم في النبات وباقي المتغيرات: يلاحظ من الجدول 73 أن علاقة الارتباط بين تركيز الكالسيوم في التربة وتركيزه في النبات كانت إيجابية غير معنوية وبلغت 0.162، أي لم يعكس تركيز الكالسيوم في النبات تركيزه في التربة وهذا يؤكد أن النبات قد راكم هذا العنصر بغض النظر عن المستوى الذي تواجد في الكالسيوم في التربة (الوهيبي، 2007)، وكانت هذه العلاقة إيجابية قوية ومعنوية مع إضافة الحمأة والناقلية الكهربائية والمادة العضوية والآزوت الكلي والبوتاسيوم والفسفور والرمل والزنك في التربة وطول النبات وكمية اليخضور وعدد النورات والثمار والزنك في النبات وكانت أعلى من 0.560 عند مستوى الثقة 0.01، وكانت العلاقة إيجابية معنوية مع الوزن الجاف عند مستوى الثقة 0.05 وبلغت 0.550، ربما يعود ذلك إلى أن السبب الذي أدى لزيادة هذه المتغيرات أدى لزيادة تركيز الكالسيوم في التربة وهو إضافة الحمأة لأنه من المعلوم أنه ليس هناك أي دور حيوي للكالسيوم في النبات (الوهيبي، 2006)؛ بينما كانت هذه

العلاقة سلبية قوية ومعنوية بين تركيز الكاديوم في النبات وبين pH التربة والطين وبلغت 0.851، 0.944 على الترتيب عند مستوى الثقة 0.01، وكانت سلبية العلاقة سلبية غير معنوية مع تركيز كربونات الكالسيوم في التربة والسلت.

3-8. مقارنة قدرة الأنواع النباتية المدروسة على تجميع الزنك والكاديوم

Comparison Ability of Studied Plants to Accumulate Zinc and Cadmium

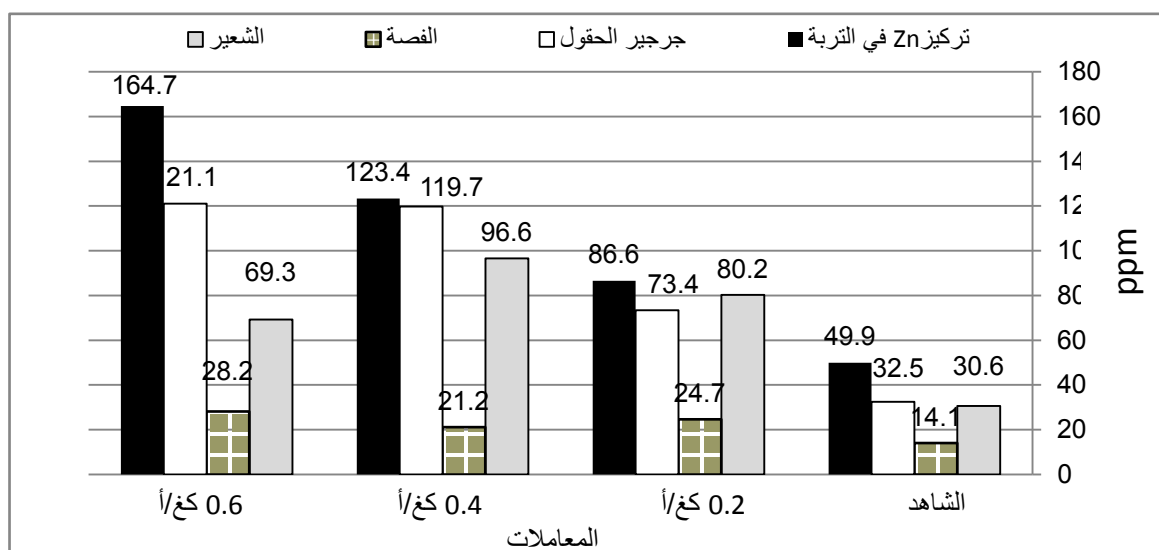
3-8-1. مقارنة تركيز الزنك

يبين الجدول 74 مقارنة بين متوسطات تراكيز عنصر الزنك في جذور الشعير والفصة وجرجير الحقول وكانت التراكيز الأعلى في جذور جرجير الحقول، يليها الشعير وأدنى تركيز في جذور الفصة، كما يلاحظ أن تركيز الزنك في جذور النباتات الثلاثة كان أقل من تركيزه في التربة ولم يراكم أي من النباتات الثلاثة الزنك في جذوره، لكنه ارتفع وبشكل مختلف بحسب كمية الحمأة المضافة ونوع النبات كما يوضحه الشكل 58.

الجدول 74. تأثير إضافة الحمأة في تراكيز الزنك (ppm) في جذور الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات.

تركيز Zn في التربة	متوسط تركيز الزنك في جذور النباتات			المعاملة
	جرجير الحقول	الفصة	الشعير	
49.9	32.5 ± 3.6 a	14.1 ± 4.99 a	30.6 ± 6.0 a	الشاهد
86.6	73.4 ± 7.8 b	24.7 ± 8.9 a.b	80.2 ± 11.8 b	0.2 كغ/أ
123.4	119.7 ± 9.1 c	21.2 ± 10.5 a.b	96.6 ± 3.1 c	0.4 كغ/أ
164.7	121.1 ± 40.4 c	28.2 ± 13.2 b	69.3 ± 14.3 b	0.6 كغ/أ
-	26.9	12.53	12.56	%5 – LSD

المتوسطات المتوقعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد مختلفة معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD - 5%.



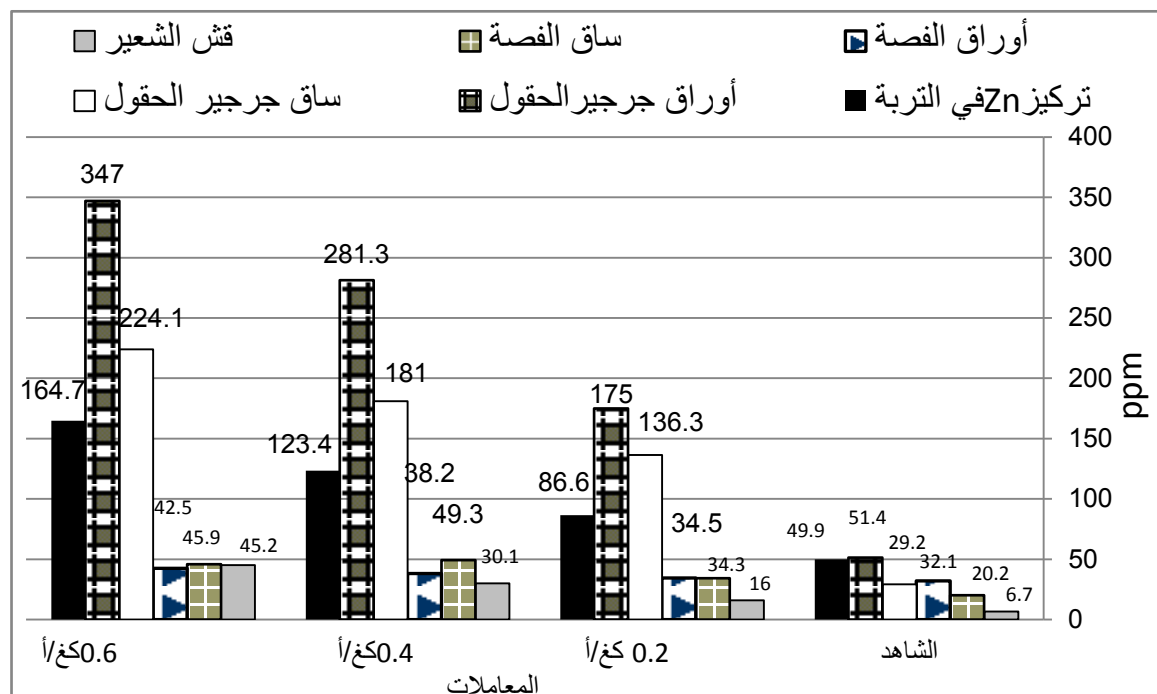
الشكل 58. مقارنة تركيز الزنك (ppm) في جذور الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات.

وبمقارنة تركيز الزنك في سوق وأوراق النباتات (الجدول 75) يتبين أن أعلى تركيز كان في سوق وأوراق جرجير الحقول وبجميع المعاملات، وقد زاد تركيزه طردياً مع كمية الحمأة المضافة وكان أعلى من تركيزه في التربة، يليه تركيز الزنك في سوق وأوراق الفصاة وكان أقل من تركيزه في التربة، بينما كان أقل تركيز للزنك في قش الشعير وكان أيضاً أقل من تركيزه في التربة، وذلك في جميع المعاملات (الشكل 59).

الجدول 75. تأثير إضافة الحمأة في تراكيز الزنك (ppm) في سوق وأوراق الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات.

تركيز في Zn	متوسط تركيز الزنك في ساق وأوراق النبات					المعاملة
	جرجير الحقول		الفصاة		الشعير	
	أوراق	ساق	أوراق	ساق	قش	
49.9	51.4± 10.9 ^a	29.2±11.7 ^a	32.1± 5.4 ^a	20.2± 2.1 ^a	6.4 ± 0.7 ^a	الشاهد
86.6	175.0± 43.5 ^b	136.3± 4.8 ^b	34.5± 10.9 ^a	34.3± 5.0 ^b	15.96 ± 3.9 ^b	0.2 كغ/أ
123.4	281.3± 54.9 ^c	181.0± 4.9 ^c	38.2± 14.5 ^a	49.3± 6.2 ^c	30.1 ± 2.5 ^c	2.4 كغ/أ
164.7	347.0± 70.5 ^c	224.1± 1.2 ^d	42.5± 14.6 ^a	45.9± 6.9 ^c	45.2 ± 10.7 ^d	0.6 كغ/أ
-	65.8	8.49	15.25	6.83	7.41	-LSD

المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد مختلفة معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD -5%.



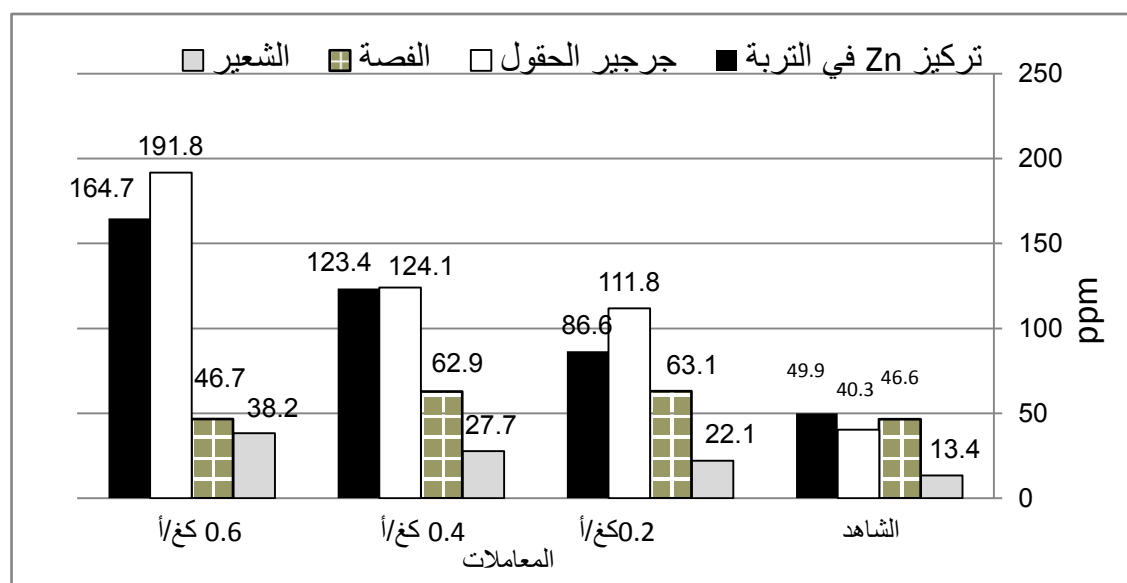
الشكل 59. مقارنة تركيز الزنك (ppm) في سوق وأوراق الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات.

أما بالنسبة تركيز عنصر الزنك في الثمار فبيّن الجدول 76 أن أعلى تركيز كان في ثمار الجرجير وبجميع المعاملات (عدا الشاهد) وتتاسب التركيز طرداً مع الحمأة المضافة و كان دائماً أعلى من تركيز العنصر في التربة بعد إضافة الحمأة بغض النظر عن كمية الإضافة ، يلي تركيز الزنك في ثمار جرجير الحقول تركيزه في ثمار الفصّة وكان أقل من تركيزه في التربة وبجميع المعاملات، بينما سُجل أقل تركيز للزنك في حبوب الشعير وكان أقل من تركيزه في التربة وبجميع المعاملات كما يوضحه الشكل 60، إن هذه النتائج توضح أن تركيز عنصر الزنك في جميع أجزاء نبات جرجير الحقول يزداد مع زيادة تركيزه في التربة وبجميع المعاملات وبالتالي يمكن أن يعد هذا النبات دالاً لتركيز الزنك بالتربة (الوهيبي، 2006) بالإضافة إلى كونه مراكماً لهذا العنصر في أوراقه في جميع المعاملات، ومراكماً للزنك في سوقه وثماره بعد إضافة الحمأة.

الجدول 76. تأثير إضافة الحمأة في تراكيز الزنك (ppm) في ثمار الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات.

تركيز Zn في التربة	متوسط تركيز الزنك في ثمار النباتات			المعاملة
	جرجير الحقول	الفصّة	الشعير	
49.9	40.3 ± 3.6 a	46.6 ± 7.4 ^a	13.4 ± 1.7 ^a	الشاهد
86.6	111.8 ± 6.2 b	63.1 ± 5.7 ^b	22.1 ± 2.1 ^b	0.2 كغ/أ
123.4	124.1 ± 14.5 b	62.9 ± 8.7 ^b	27.7 ± 1.8 ^c	0.4 كغ/أ
164.7	191.8 ± 16.2 c	46.7 ± 8.4 ^a	38.2 ± 0.8 ^d	0.6 كغ/أ
-	14.6	9.70	2.11	%5 -LSD

المتوسّطات المتبوعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد مختلفة معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD -5%.



الشكل 60. مقارنة تركيز الزنك (ppm) في ثمار الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات.

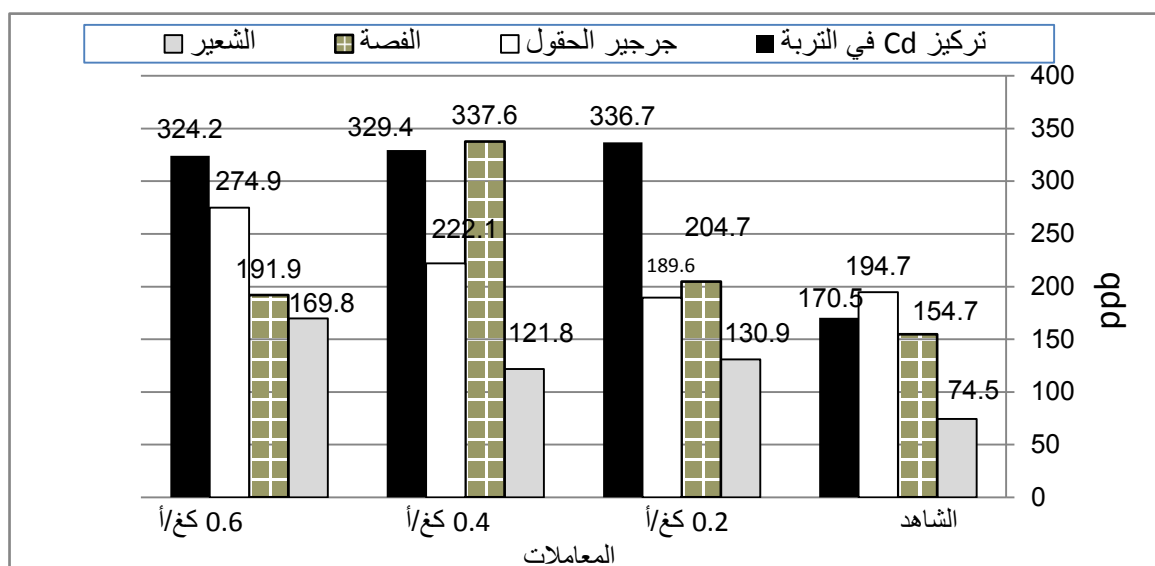
3- 8- 2. مقارنة تركيز الكاديوم

تبين مقارنة متوسطات تراكبي الكاديوم في جذور النباتات الثلاثة (الجدول 77) أنه في معاملي الشاهد و 0.6 كغ/أ كان أعلى تركيز في جذور جرجير الحقول، يليه تركيز الكاديوم في جذور الفصاة فالشعير وكان أقل من تركيزه في التربة (باستثناء تركيز الكاديوم في جذور جرجير الحقول في الشاهد كان أعلى من تركيزه في التربة)، وفي المعاملتين 0.2، 0.4 كغ/أ كان أعلى تركيز في جذور الفصاة يليه جرجير الحقول فالشعير وكانت جميع هذه التراكيز أقل من تركيز الكاديوم في التربة (الشكل 61).

الجدول 77. تأثير إضافة الحمأة في تركيز الكاديوم (ppb) في جذور الأنواع المدروسة والتربة لجميع المعاملات.

تركيز الكاديوم في التربة	متوسط تركيز الكاديوم في جذور النباتات			المعاملة
	الجرجير	الفصاة	الشعير	
170.5	194.7 ± 40.4 a	154.7 ± 72.5 ^a	74.5 ± 14.99 ^a	الشاهد
336.7	189.6 ± 20.2 a	204.7 ± 85.9 ^a	130.9 ± 9.7 ^b	0.2 كغ/أ
329.4	222.1 ± 73.9 a.b	337.6 ± 249.2 ^a	121.8 ± 33.8 ^b	0.4 كغ/أ
324.2	274.9 ± 21.9 b	191.9 ± 95.74 ^a	169.8 ± 8.24 ^c	0.6 كغ/أ
-	56.8	184.32	24.87	

المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد مختلفة معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD - 5%.



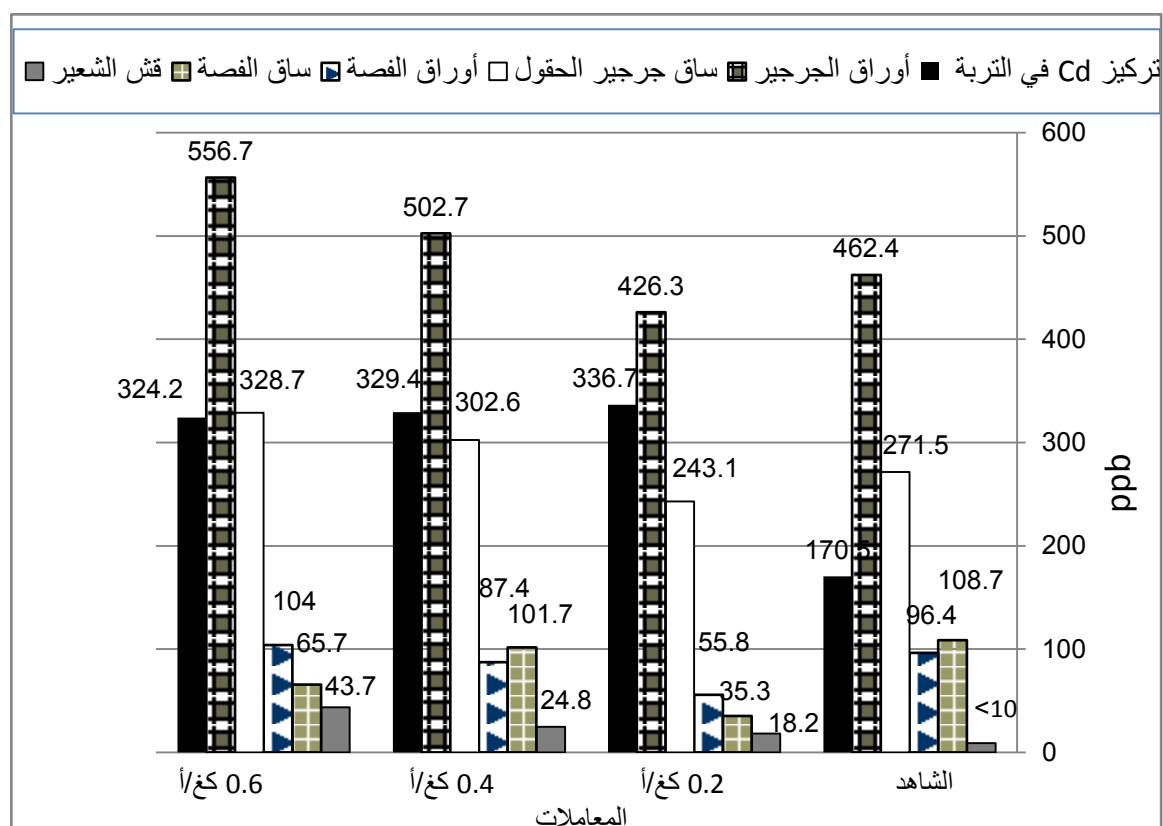
الشكل 61. مقارنة تركيز الكاديوم (ppb) في جذور الأنواع المدروسة والتربة لجميع المعاملات.

تبين مقارنة متوسطات تراكيز الكاديوم في سوق وأوراق الأنواع الثلاثة (الجدول 78)، أن أعلى تركيز كان في سوق وأوراق نبات جرجير الحقول، وأن تركيز الكاديوم في أوراق جرجير الحقول أعلى منه في التربة، يليه تركيز الكاديوم في أوراق وسوق نبات الفصة، بينما سجلت تراكيز منخفضة في قش نبات الشعير، وكان تركيز الكاديوم في أوراق وسوق الفصة والشعير أقل من تركيزه في التربة كما يوضحه الشكل 62.

الجدول 78. تأثير إضافة الحمأة في تراكيز الكاديوم (ppb) في سوق وأوراق الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات .

تركيز الكاديوم في التربة	متوسط تركيز الكاديوم في سوق وأوراق النباتات				المعاملة	
	الرجير		الفصة			الشعير
	أوراق	ساق	أوراق	ساق		قش
170.5	462.4 ± 63.4 ^a	271.5 ± 77.1 ^{a,b}	96.4 ± 43.6 ^a	108.7 ± 57.8 ^a	<10	الشاهد
336.7	426.3 ± 56.5 ^a	243.1 ± 24.9 ^a	55.76 ± 30.3 ^a	35.3 ± 10.7 ^b	18.2 ± 8.8 ^a	0.2 كغ/أ
329.4	502.7 ± 82.9 ^{a,b}	302.6 ± 41.4 ^b	87.4 ± 35.4 ^a	101.7 ± 56.1 ^a	24.8 ± 0.61 ^a	0.4 كغ/أ
324.2	556.7 ± 27.7 ^b	328.7 ± 9.9 ^b	104 ± 44.8 ^a	65.7 ± 6.5 ^{a,b}	43.7 ± 9.73 ^b	0.6 كغ/أ
-	77.7	59.6	49.61	51.90	9.66	%5 -LSD

المتوسطات المتبوعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد مختلفة معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD -5%.



الشكل 62. مقارنة تركيز الكاديوم (ppb) في التربة وسوق وأوراق الأنواع المدروسة لجميع المعاملات.

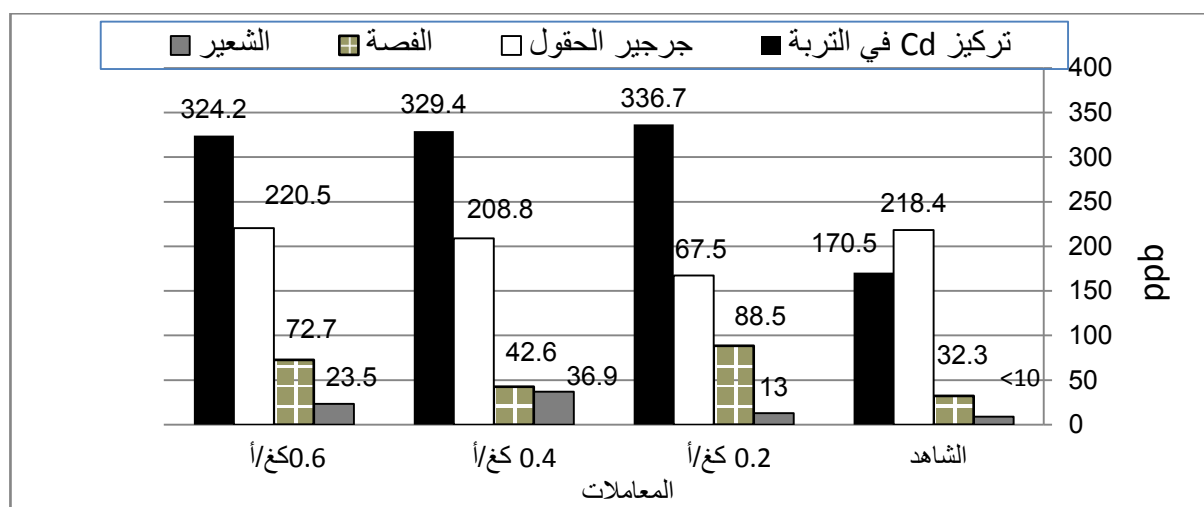
يبين الجدول 79 المتوسطات المختلفة لتراكيز الكاديوم في ثمار الأنواع الثلاثة حيث سُجل أعلى تركيز في ثمار جرجير الحقول وكانت جميعها أقل من تركيز الكاديوم في التربة (باستثناء الثمار في الشاهد)، يليه تركيز الكاديوم في ثمار الفصاة، وأقلها في حبوب الشعير وجميع التراكيز أقل من تركيز العنصر في التربة كما يوضحه الشكل 63.

إن جميع التراكيز التي تم تسجيلها لعنصري الزنك والكاديوم في التربة وفي أجزاء النباتات الثلاثة بقيت ضمن الحدود التي سمحت بها هيئة المواصفات والمقاييس السورية، وهذا ما أكده المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد، 2008)، حيث تم إجراء دراسة حقلية حول تأثير إضافة الحمأة في إنتاجية محاصيل القطن والقمح والذرة الصفراء والبيقية العلفية، وتراكم العناصر الثقيلة في التربة والنسج النباتية لتلك المحاصيل حيث أظهرت النتائج زيادة معنوية في إنتاجية تلك المحاصيل مقارنة مع الشاهد، وأن تركيز العناصر الثقيلة في التربة والنسج النباتية بقي ضمن الحدود المسموح بها.

الجدول 79. تأثير إضافة الحمأة في تراكيز الكاديوم (ppb) في ثمار الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات.

متوسط تركيز الكاديوم في ثمار النباتات والتربة				
التربة	الجرجير	الفصاة	الشعير	
170.5	218.4 ± 10.8 a.b	32.3 ± 1.9 ^a	<10	الشاهد
336.7	167.5 ± 8.1 a	88.5 ± 5.9 ^b	13.0 ± 4.72 ^a	0.2 كغ/أ
329.4	208.8 ± 5.8 a.b	42.6 ± 6.8 ^a	36.9 ± 6.15 ^b	0.4 كغ/أ
324.2	220.5 ± 76.3 b	72.7 ± 20.8 ^d	23.5 ± 8.98 ^c	0.6 كغ/أ
-	54.5	14.50	8.72	

المتوسطات المتنوعة بأحرف مختلفة في العمود الواحد مختلفة معنوياً عن بعضها طبقاً لاختبار LSD - 5%.



الشكل 63. مقارنة تركيز الكاديوم (ppb) في ثمار الأنواع المدروسة وفي التربة لجميع المعاملات.

الاستنتاجات Conclusions

- 1- تحسّرت بعض مواصفات التربة الفيزيائية والكيميائية بإضافة الحمأة ، حيث زادت الناقلية الكهربائية وانخفضت pH التربة من 7.99 حتى 7.46 لتقترب من الاعتدال.
- 2- زاد تركيز عنصر الزنك في التربة طرداً مع كمية الحمأة المضافة ، مع العلم أن تركيز عنصري الزنك والكاديوم في تربة جميع المعاملات وفي أجزاء نباتات الأنواع الثلاثة كانت ضمن الحدود المسموح بها (عدا تركيز الزنك في أجزاء نبات جرجير الحقول بعد إضافة الحمأة).
- 3- كانت الزيادة معنوية في طول نبات وعدد الإسطوانات وعدد السنابل وطولها وكمية اليخضور والوزن الجاف للحب والقش وكل هذه الزيادات طردية مع كمية الحمأة المضافة، وكانت أفضل إنتاجية في المعاملة المضاف إليها 0.6 كغ / أصيص وهو ما يعادل 60 طن/ هكتار، وسُجل أعلى تركيز للزنك والكاديوم ضمن النبات في الجذور، وكان $BAC > I$ للعنصرين في الجذور، فلشعير غير مراكم لهذين العنصرين، كما أنه لا ينقلهما إلى المجموع الخضري لأن TF للعنصرين في القش والحب أصغر من الوحدة في جميع المعاملات.
- 4- إن أفضل إنتاجية لنبات الفصّة كانت في المعاملة 0.4 كغ / أي ما يعادل 40 طن/هكتار، وزاد معنوياً كل من طول النبات وكمية اليخضور والوزن الجاف طرداً مع كمية الحمأة المضافة؛ سُجل أعلى تركيز لعنصر الزنك في ثمار النبات وكانت قيمة BAC أقل من الوحدة في جميع أجزاء النبات ولجميع المعاملات ، أي أن نبات الفصّة لا يراكم الزنك ولكنه ينقله من المجموع الجذري إلى المجموع الخضري لأن TF كان أكبر من الوحدة في السوق والأوراق والثمار في جميع المعاملات؛ أما أعلى تركيز للكاديوم فكان في جذور نبات الفصّة وكانت قيمة BAC أقل من الوحدة في كل أجزاء النبات وفي جميع المعاملات، بناءً على ذلك لا يعد هذا النبات مراكماً للكاديوم، كما أنه لا ينقله إلى المجموع الخضري لأن TF كان أصغر من الوحدة في السوق والأوراق والثمار في جميع المعاملات.
- 5- زادت إنتاجية جرجير الحقول وتناسبت طرداً مع كمية الحمأة المضافة، وكانت الأفضل في المعاملة 0.6 كغ/ أصيص أي ما يعادل 60 طن/هكتار، كما زاد معنوياً كل من طول النبات وكمية اليخضور وعدد النورات والثمار نتيجةً لإضافة الحمأة، وكان أعلى تركيز لعنصر الزنك في أوراق النبات و كان $BAC < I$ ، وهذا يعني أن جرجير الحقول يراكم الزنك في أوراقه، كما أنه ينقله من الجذر إلى المجموع الخضري حيث كان TF أكبر من الوحدة للزنك في السوق والأوراق والثمار (باستثناء سوق الشاهد)، وسُجل أعلى تركيز لعنصر الكاديوم في أوراق النبات وأقل تركيز في الجذور والثمار ، وكانت قيمة BAC أكبر من الوحدة في الأوراق، وحسب هذه الدراسة يُعد نبات

TF جرجير الحقول مراكماً للكادميوم وناقلاً له من الجذر إلى المجموع الخضري، إذ سجلت قيم لعنصر الكادميوم في سوق وأوراق النبات قيماً أعلى من الوحدة.

التوصيات Recommendations

- 1- يمكن استعمال الحمأة المجففة بمحطة عدرا ضمن ضوابط معينة.
- 2- إضافة الحمأة إلى الترب يجب أن تكون حسب حاجة هذه الترب للمواد المغذية وحسب تراكيز العناصر الثقيلة في التربة.
- 3- استعمال الحمأة في تسميد الترب التي تزرع بنبات الشعير دون قلق.
- 4- عدم إضافة أكثر من 40 طن/ هكتار من الحمأة للتربة التي تزرع بالفصة.
- 5- من الممكن استعمال جرجير الحقول للتخفيف من تركيز عنصري الكاديوم والزنك في التربة وتطبيق مبدأ المعالجة النباتية.
- 6- نشر الوعي بين المزارعين اللذين يستعملون الحمأة و إعلامهم بالاحتياطات اللازمة، والنسب التي يجب إضافتها من الحمأة إلى التربة في كل مرة وذلك بحسب الأنواع المزروعة.
- 7- إجراء دراسات متممة لهذه الدراسة وزراعة نباتي الشعير وجرجير الحقول بإضافة كميات من الحمأة أعلى من تلك التي تمت دراستها لمعرفة الكمية غير الملائمة لهذين النباتين.

المراجع References

1. أبو الروس ، سمير بدوي هولة . (1996). مستوى العناصر الثقيلة في الأراضي ونبات الذرة في مصر ، مجلة علم التربة ، مجلد (46) العدد الأول .
أكساد. (2008). الموارد المائية غير التقليدية وإستراتيجيتها في المنطقة العربية، جامعة الدول العربية، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ACSAD. ص6.
2. بابوجيان، جورجيت. القاضي، عماد. (2011). أساسيات التصنيف النباتي (الفصائل النباتية) الجزء النظري، منشورات جامعة دمشق، ص 468-477.
3. باصهي، جلال بن محمد. السليمانى، سمير جميل. النخلاوي، فتحي سعد. الفاسهي، فهد عبد الرحمن. حمو، بهجت طلعت. (2007) تأثير مياه الري الممزوجة بمياه الصرف الصحي على إنتاجية محصول البرسيم الحجازي ومحتواه من العناصر الصغرى والسامة. جامعة الملك عبد العزيز: علوم الأرصاء والبيئة وزراعة المناطق الجافة، م 18، ع 2 (1428هـ - 2007).
4. البشير، م. العودات، م. شما، م. زينو، ر. أصفري، ف. خميس، أ. سرحيل، أ. الصمل، ن. المرعي، ر. زيزفون، غ. الشمالي، ك. ابراهيم، س. (2003) دراسة إمكانية استعمال الحمأة في الزراعة في سورية. المؤتمر الإقليمي الأول حول تقنيات وإدارة حمأة مياه الصرف الصحي 15-17 ديسمبر 2003 دولة الكويت ص 21-33.
5. الجبوري، خالد خليل. محمد، إبراهيم محمد. خطاب، عبدالله محمد. (2008). أداء أصناف من حنطة الخبز في طرق ري مختلفة، مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية، مجلد (8)، عدد (2).
6. الجبوري، خالد خليل. العبد ربه، وليد محمد شيت. عبدالله، خالد سعيد. هندي، حسين علي. (2011). نوعية مياه الصرف الصناعي غير المعالجة وتأثيرها على الحاصل ومكوناته لخمسة تراكيب وراثية من الحنطة. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 3 (2): 496-503.
7. جزدان، عمر. أرسلان، أوديس. عبدالجواد، الجيلاني. الزعبي، منهل. بيمون، ناديا. الطباع، محمد. (2006). تأثير حمأة الصرف الصحي في إنتاجية المحاصيل وتراكم العناصر الثقيلة في التربة والنبات في الكماري - حلب. مؤتمر التنمية الزراعية المستدامة والأمن الغذائي، أسبوع العلم السادس والأربعين. اللاذقية - جامعة تشرين 20-23 تشرين الثاني (نوفمبر) 2006.
8. حمداني، فوزي محسن. (2000). التداخل بين ملوحة ماء الري والسماد الفوسفاتي وعلاقة ذلك ببعض صفات التربة الكيميائية وحاصل نبات الحنطة . أطروحة دكتوراه. قسم علوم التربة والمياه. كلية الزراعة جامعة بغداد. ص 122 .

9. الربيعي، باقر جلاب هادي. الخفاجي، عبد الأمير كاظم فرهود. (2011). دراسة تأثير التعرض لعنصر الكادميوم وخلطات من السماد العضوي في بعض الصفات الطبيعية والكيميائية لشتلات الطماطة (*Lycopersicon esculuntum*) صنف بولياتا، كلية العلوم، جامعة المثنى، العراق.
10. الزعبي، محمد منهل. أرسلان، أوديس. عصفور، زياد. أمين، يوسف. عطري، مازن. جزدان، عمر. (2010). دراسة الأثر التراكمي للعناصر الثقيلة في النبات والتربة المسمدة بحمأة الصرف الصحي في ظروف محافظة إديب. المؤتمر العلمي الثامن للهيئة العامة للبحوث الزراعية.
11. الزعبي، محمد منهل. أرسلان، أوديس. عصفور، زياد. أمين، يوسف. عطري، مازن. بيجون، ناديا. طباع، محمد. (2011). دراسة تأثير حمأة الصرف الصحي المعالجة على تراكم العناصر الثقيلة في التربة والنبات وإنتاجية بعض المحاصيل في بعض المحافظات السورية. إدارة بحوث الموارد الطبيعية، دوما، دمشق. المركز العربي لدراسات الأراضي القاحلة والجافة أكساد.
12. الزعبي، محمد منهل. الحصني، أنس المصطفى. درغام، حسان. (2013). طرائق تحليل التربة والنبات والسماد والمياه، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية.
13. الشرايبي، نجم الدين. الأشقر، وليد. الصفدي، بسام. عبيد، سوزان. اللباس، رنا. الخوري، سمير. (2004). نباتات محورة للتخلص من الرصاص والكادميوم نباتياً، أخبار التقانة الحيوية، العدد العاشر، نيسان (2004). هيئة الطاقة الذرية، الجمهورية العربية السورية.
14. عباس، محمد خضر. (2012). دور الكربونات والمادة العضوية في حدوث التشققات في مفضولات التربة، مجلة العلوم الزراعية العراقية، 43 (4) (عدد خاص): 73-79.
15. علي نظام، عدنان. معلا، عبيرة. إبراهيم، وفيقة. (2008). استجابة القمح الحوراني لتأثير الحمأة الجافة، ندوة حول البيئة والتلوث الحيوي، جامعة حلب 22-23 تشرين الأول 2008.
16. علي نظام، عدنان. إبراهيم، وفيقة. معلا، عبيرة. (2008). تأثير حمأة محطة عدرا لمعالجة المخلفات السائلة المنزلية بدمشق في نمو نبات الرشاد المزروع وإنتاجيته، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (30) العدد 3، 2008.
17. علي نظام، عدنان. نادر، سهيل. (2006). دراسة تأثير السماد العضوي الناتج عن معمل معالجة القمامة في دير الحجر في إنبات ونمو وإنتاجية الفاصولياء، مجلة جامعة تشرين، العدد 1، المجلد 28
18. العودات، محمد. البشير، محفوظ. (2007). الحمأة خصائصها وإمكانية استعمالها الآمن في الزراعة، هيئة الطاقة الذرية، الجمهورية العربية السورية، ص59-77.

19. العودات، محمد. البشير، محفوظ. كرد علي، فواز. الأصفري، ف. (2007). إمكانية استعمال الحمأة في الزراعة، هيئة الطاقة الذرية السورية، ه ط ذ س - ش / ت ن ب ع 373.
20. العيد، محمد بن عبد الرحمن. الجرواني، محمد محمد. حمائل، علي فتحي. (2002). دراسة تأثير التسميد بالأسمدة الفوسفاتية على تراكم عنصر الكاديوم في التربة وفي الأجزاء النباتية لبعض محاصيل الخضر، كلية العلوم، جامعة الملك فيصل، المملكة العربية السعودية، التقرير النهائي ص 32 .
21. الكلدار، قصي قاسم. بريسم، ترف هاشم. ناصر، سعد عزيز. (2010). القياس الاقتصادي لإمكانية استبدال الأسمدة العضوية (الحمأة) بدلا من السماد الكيماوي والاستعانة بمياه الري (البزل) بدلا من مياه (النهر) على إنتاج الدونم من محصول الذرة الصفراء في محافظة بابل عام 2008 . مجلة الأنبار للعلوم الزراعية، المجلد 8 :العدد (4) عدد خاص بالمؤتمر 2010 . ص 213 - 232.
22. كيوان، سامر. وطفة، حياة. سليم، سليمان. (2014). واقع العناصر الصغرى لبعض ترب المنطقة الجنوبية من محافظة السويداء، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد (30)، العدد 3، ص 143 - 154.
23. محمود، يوسف أحمد. الزيدي، حاتم سلوم صالح. (2011). تأثير نوعية مياه الري والمادة العضوية والفسفور في بعض خصائص التربة الكيميائية وحاصل القرنابيط، مجلة العلوم الزراعية العراقية، 42 (عدد خاص): 42 - 54.
24. نادر، سهيل. (1999). الفريغانا الشرقية في سورية دراسة بيئية واجتماعية، منشورات أسبوع العلم التاسع عشر، وزارة التعليم العالي، الجمهورية العربية السورية.
25. نادر، سهيل. إبراهيم، وفيقة. (2009). أساسيات علم البيئة النباتية (الجزء العملي)، منشورات جامعة دمشق كلية العلوم.
26. نادر، سهيل. سلوم، غسان. (2012). علم البيئة النباتية لطلاب السنة الرابعة حيوية كيميائية، منشورات جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.
27. هيئة المواصفات والمقاييس السورية. (2002). المعايير الناظمة لاستخدام الحمأة الناتجة عن محطات المعالجة لمياه الصرف الصحي في الزراعة، المواصفة رقم 2665 تاريخ 2002/10/28، وزارة الصناعة، الجمهورية العربية السورية.
28. الوهبي، محمد بن حمد. (2006). المخليبات النباتية والعناصر الثقيلة الرياض، المملكة العربية السعودية، (Saudi Journal of Biological Sciences Vol. 13, No 2, 2006) ص 43 - 53.

29. الوهبي ، محمد بن حمد. (2007). ظاهرة تراكم العناصر الثقيلة في النباتات، قسم علم الأحياء الدقيقة، كلية العلوم، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.

(Saudi Journal of Biological Sciences vol.14 NO2, 2007) ص 9-2 .

30. **Abou Seeda**, M. (1997). Use of sewage sludge for sustainable agriculture and pollution preservation. III treatment of sewage sludge and its effect on chemical characteristics of sludge, soil and some nutrients uptake by *Radish Spanish and Lettuce* plants. Agric. sci. Mansoura Univ. 22(10) 3424-3450.
31. **Ahmad**, R. Jabeen, N. (2009). Demonstration of growth improvement in sunflower(*Helianthus annuus L.*)by the use of organic fertilizers under saline conditions. Pak. J. Bot.,41(3): 1373 -1384.
32. **Alkorta**, I. Hernandez-Allica, J. Becerril, J.M. Amezaga, I. Albizu, I. and Garbisu, C. (2004). Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. Environmental Science and Bio/Technology. 3: 71-90.
33. **Amjoyeba**, B. J. Opabode, J. T. Olayinka, A. (2007). Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of maize (*zea mays L.*) and sorghum (*sorghum bicolor L. Monch*) African J. of Biotechnology . 6 (16) :1869-1873) .
34. **Angle**, J. S. Chaney, R. L. (1991). Heavy metal effect on soil populations and heavy metal tolerance of *Rhizobium meliloti*, nodulation, and growth of alfalfa, Air, and Soil Pollution, 57- 58. 597- 604.
35. **Ashraf**, M. Gill, M. A. (2005). Irrigation of crops with brackish water using organic amendments. Pak. J. Agri. Sci., Vol 42(1-2): 33- 37.
36. **Assuncao**, A. G. L., Ten Bookum, W.M., Nelissen, H.J.M., Vooijs, R., Schat, H., Wilfried, H.O.E. (2003). Acosegregation analysis of zinc (Zn) accumulation and Zn tolerance in the Zn hyper accumulator *Thlaspi caerulescens*. New phytologist.159:383-390.
37. **Audet**, P. Charest, C. (2007). Heavy metal phytoremediation from a meta-analytical perspective. Environmental Pollution 147: 231-237.
38. **Bennett**, W. F. (1993). Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants, The American Phytopathological Society.
39. **Celebi Zorer**, S. Arvas, O. Celebi, R. Yilmaz, I.H. (2011). Assessment as Establishing Fertilizer of Biosolid in a Sod Establishment with Creeping Red Fescue (*Festuca rubra var. rubra*). Ekoloji 20(78): 18-25.
40. **Chodak**, M. Borken, W. Ludwig, B. Beese, F. (2001). Effect of temperature on the mineralization of C and N of fresh and mature compost in sandy material. J. Plant Nutr. Soil Sci. 164: 284- 294.
41. **Clemens**, S. (2001). Molecular mechanisms of plant metal homeostasis and tolerance. Planta Science. 212: 475- 486.

42. **El-Shairy**, A. M. Hegazi, A. M. (2009). Effect of Acetylsalicylic acid, Indole-3-pyruvic Acid and Gibberellic Acid on plant growth and yield of pea (*Pisum sativum L.*). Australian J. of Basic and Applied Sci. 3(4): 3514-3523.
43. **Epstein**, E. (2003). Land application of sewage sludge and biosolids. Lewis publishers, CRC press company. Washington, D. C.
44. **Ewulo**, B. S. Hassan, K. O. ojeniyi, S. O. (2007). Comparative effect of cow dung manure on soil and leaf nutrient and yield of pepper. Inter. J. of Agri Res. 2(12):1043-1048
45. **FAO**. (1970). physical and chemical methods of soil and water analysis. Soils Bulletin No. 10, FAO, Rome, Italy.
46. **FAO**. (1980). Soil testing and plant analysis. Bull. No. 3811, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
47. **FAO**. (2007). Methods of analysis for soils of arid and semiarid regions. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
48. **Frey**, B. Zierold, K. Brunner, I. (2000). Extracellular complexation of Cd in Hartig net and cytosolic Zn sequestration in the fungal mantle of *Picea abies-Hebeloma crustuliniforme ectomycorrhizas*. Plant Cell Environ. 23: 65 – 1257.
49. **Gradea-Torresdey**, J. L. Gonzalez, J. H. Tiemann, K. J. Rodriguez, O. (1998). Biosorption of Cadmium, Chromium, Lead, and Zinc by biomass of *Medicago sativa* (Alfalfa). Department of Chemistry, The University of Texas at El Paso, El Paso.
50. **Gregory**, P. (2006). Plant roots, Growth activity and interaction with soils. Blackwell Publishing. U. K.
51. **Hanson**, B., Garifullina, G.F. Lindblom, S.D. Wangeline, A., Ackley, A., Kramer, K. Norton, A.P. Lawrence, C.B. and Pilon-Smits, E.A.H. (2003). Selenium accumulation protects *Brassica juncea* from invertebrate herbivory and fungal infection, New Phytologist 159: 461– 469.
52. **He**, Z. L. Alva, A. K. Yan, P. Li, Y. C. Calverat, D. V. Stoffella, P. J. Banks, D.J. (2000). Nitrogen mineralization and transformation from composts and biosolids during field incubation in sandy soil. Soil Sci. 165, 161- 169. -3.
53. **Hernandes**, T. Moreno, J. I. Costa, F. (1991). Influence of sewage sludge application on crop yields and heavy metal availability. Soil Sci. and Plant Nutr. 37: 201-210.
54. **Hornick**, S. B. Sikora, L. J. Sterret, S. B. Murray, J. J. Millner, J. D. Parr, J. F. Chaney, R. L. Willson, G. B. (1984). Utilization of sewage sludge compost as a soil conditioner and fertilizer for plant growth. Agric Inform Bull No. 464, USDA, USG ovt. Printing office, Washington, DC.
55. **Jackson**, M. L. (1985). Chemical analysis- advanced course, 2nd edn., Madison, WI, USA.
56. **Jiang**, R. F. Ma, D. Y. Zahao, F. J. McGrath, S. P. (2005). Cadmium hyperaccumulation protects *Thlaspi caerulescens* from leaf feeding damage by thrips. New phytologist, 167: 805- 814.

57. **Kabata;** Pendias, A. and Pendias, H. (1992). Trace elements in soil and plants, 2nd ed., Boca Raton, FL: Lewis Pub. Inc P. 365.
58. **Kaplan,** M. Orman, S. Kadar, I. Koncz, J. (2005). Heavy metal accumulation in calcareous soil and sorghum plants after addition of sulphur-containing waste as a soil amendment in Turkey. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 111: 41-46.
59. **Kelley,** Colinp. Mohtadi, Shahrazad. Cane, Mark A. Seager, Richard. Kushnir, Yochanan. (2014). Climate change in the fertile crescent and implications of the recent Syrian drought. Imperial College. London. United Kingdom.
60. **Korboulewsky,** Nathalie. Bonin, Gilles. Massiani, Catherine. (2002). Biological and ecophysiological reactions of white wall rocket (*Diplotaxis erucoides* L.) grown on sewage sludge compost. Volume 117, Issue 2, April 2002, P. 365–370
61. **Kumazaw,** K. (1997). Use of sewage sludge for agriculture in Japan. In: *Sewage Sludge and Waste Water for Use in Agriculture*. Proceedings of consultant meeting. IAEA. Vienna. pp. 3- 127.
62. **Larsson,** J. H. (2001). Role of cadmium and ultraviolet- B radiation in plants, influence on photosynthesis and element content in two species of Brassicaceae, Ph. D., *Scripla Academic a Lundensis*, Lund University.
63. **Liu,** XH. Gao, YT. Sardar, K. Duan, G. Chen, AK. Ling, L. (2008). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on contaminated sites and their potential accumulation capacity in Heqing, Yunnan. *Journal of Environmental Sciences* 20: 1469-1474.
64. **Martinez,** F. Cuevas, G. Calvo, R. Walter, I. (2003). Biowaste effects on soil and native plants in a semiarid ecosystem. *J. Environ. Qual.* 32: 472–479.
65. **Matthews,** P.J. (1992) Sewage sludge disposal in the UK: a new challenge for the next twenty years. *Water Environment Journal* 6: 551-559.
66. **Mathews,** P. J. (1999). Sewage sludge treatment and biosolids management in Europe, Sewage sludge treatment and disposal in Spain, IQP, Ltd., England, Madrid, Spain.
67. **Mattina,** MJI. Lannucci-Berger, W. Musante, C. White, JC. (2003). Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil. *Environmental Pollution* 124: 375-378.
68. **McGrath,** S. P. Zhao, F. J. and Lombi, E. (2002). Phytoremediation of metals, metalloids, and radionuclides. *Adv. Agronomy* 75: 1– 56.
69. **Mohammed,** D. A. (1992). Effect of sewage sludge on some soil properties and Barley yield in Mawagar area. M. Sc. Thesis. University of Jordan. Amman, Jordan.
70. **Orman,** Sule. Ok, Huseyin. Kaplan, Mustafa. (2014). Application of Sewage Sludge for Growing Alfalfa, Its Effects on the Macro-Micronutrient Concentration, Heavy Metal Accumulation, and Translocation, doi: 10.5053/ekoloji.2014.902. *Ekoloji* 23, 90: 10-19.

71. **Oste**, LA. Temminghoff, EJM. Van, Riemsdijk. WH. (2002) Solid-solution portioning of organic matter in soils as influenced by an increase in pH or Ca concentration. *Environmental Science and Technology* 36: 208-214.
72. **Peralta**, J. R. Gardea – Torresdey, J. L. Tiemann, K. J. Gomez, E. Arteaga, S. Rascon, E. Parsons, J. G. (2000). Study of the effects of heavy metals on seed germination and growth on Alfalfa plant (*Medicago sativa*) grown in solid media. Environmental Science and Engineering Ph. D. Program, University of Texas at El Paso, El Paso. Proceeding of the 2000 Conference on Hazardous Waste Research.
73. **Perez-Espinosa**, A. Perez- Murcia, M .D . Moral, R. Moreno- Caselles, J. Paredes, C. (2005). Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli, Miguel Hernandez, University, EPS- Orihuela, Ctra Beniel Km3. 2, 03312Orihuela(Alicante)Spin, 10February 2005.
74. **Pinamonti**, F., Zorzi, G. (1996). Experiences of compost use in agriculture and in land reclamation projects. In: de Bertoldi, M. Sequi, P. Lemmes, B. Papi, T. (Eds), *The Science of Composting*. Blackie Academic and Professional, London, pp. 515- 527.
75. **Prasad**, M. N. V. Freitas, H. De. O. (2003). Metal hyper accumulation technology, *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol. 6, No. 3, 285- 321.
76. **Ragab** , A. A.M . Hellal, F. A. Abd El-Hady, M. (2008). Water salinity impacts on some soil properties and nutrients uptake by wheat plants and calcareous soil , *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 2 (2): 225- 233.
77. **Sabey**, B. R. Pendleton, R. L. and Webb, B. L. (1990). Effect of municipal-sewage sludge application on growth of two reclamation shrub species in copper mine spoils. *J. Environ. Qual.* 1990, 19: 580-589.
78. **Satarug**, S. , Baker, J.R. Urbenjapol, S. Haswell-Elkins, M. Reilly, P.E.B., Williams, D.J. and Moore, M.R. (2003). A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population, *Toxicol. Lett.* 137: 65– 83.
79. **Sillanpaa**, M. Jansson, H. (1992). Status of cadmium, lead, cobalt, and selenium in soils and plants of thirty countries. *FAO. Soils Bulletin* (65). Rom, Italy.
80. **Singh**, Anamika. Eapen, Susan. Fulekar, M.H. (2009). Potential of *Medicago sativa* for uptake of cadmium from contaminated environment. *Romanian Society of Biological Sciences*, Vol. 14, No. 1, 2009, pp. 4164 – 4169.
81. **Singh**, RP. Agrawal, M. (2007). Effects of sewage sludge amendment on heavy metal accumulation and consequent responses of *Beta vulgaris* plants. *Chemosphere* 67: 2229-2240.
82. **Song** , S. Lehne, P. Ge, j. T. Huang, d. (2010). yield .fruit quality and nitrogen uptake of organic ally and convention ally grown muskmelon with different in puts of nitrogen .phosphos.us and potassium J . of *Plant Nutrition* 33:130 -141

83. **Szalai**, G. Janda, T. Golan- goldhirsh, A. and Paldi, E. (2002). Effect of Cd treatment on phytochelatin synthesis in maize. *Acta Biol Szeged*, 46 (3-4): 121-122.
84. **Tendon**, H. L. S. (2005). Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi, India.
85. **Vassilev**, A. Iordanov, I. Chakalova, E. Kerin, V. (1995). Effect of Cadmium stress on growth and photosynthesis of young Barley (*H. vulgare* L.) plants. *BULG. J. Plant Physiol.* 1995, 21(4), 12- 21.
86. **Vassilev**, A. (2002). Physiological and Agroecological Aspects of Cadmium Interactions with Barley Plants: an Overview, *Journal of European Agriculture*, Volume 4(2002) No. 1, p66- 72.
87. **Vries Mpc De**. (2005). Investigations on twenty Australian sewage sludge-effect on clover plants *J. Nutrient cycling in Agroecosystems*. Publisher Springer Netherlands, pages 231-238, January 27, 2005. Division of Solils, CSIRO, Mailbage 2.5064 Glen Osmond, South Australia, Australia.
88. **Wagner**, G. J. Trotter, M. A. (1982). Inducible cadmium binding complexes of cabbage and tobacco. *Plant Physiol.* 69: 804- 809.
89. **Wei**, y. j. (2002). Study on sewage sludge composting technology and effects of compost application on soil and crops. Master thesis. Centre for Environmental Sciences ,Peking University.
90. **Wei**, Yongjie. Liu, Yangsheng. (2005). Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in 3 year field study. Ministry of Education, College of Environmental Sciences, Department of Environment Engineering, Peking University, Beijing100871,China. WWW. elsevier.com//ocate/chemosphere 59. (2005). 1257.
91. **Zhang**, M. Heaney, D. Solberg, E. Heriquez, B. (2000).The effect of MSW compost on metal uptake and yield of wheat, barley and conola in less productive farming soils of Alberta. *Compost Sci.Util.*8 (3), 224-235.
92. **Zhang**, W. Cai, Y. Tu, C. Ma, LQ. (2002). Arsenic speciation and distribution in an arsenic hyperaccumulating plant. *The Science of the Total Environment* 300: 167-177.