الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الزراعة
قسم الهندسة الريفية

تأثير مستويات مختلفة من الكومبوست والري الناقص في خواص التربة وإنتاجية النبات

Effect of different levels of compost and deficit irrigation on soil characteristics and the productivity of plant

أطروحة أعدت لنيل شهادة الدكتوراه في الهندسة الزراعية

إعداد:
م. رهام فوزي زطلان

أ.د. رياض بلدية
أستاذ في قسم الهندسة الريفية
كلية الزراعة/جامعة دمشق

د. محمد منهل الزعبي
مدير إدارة بحوث الموارد الطبيعية
الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية

2020-2019

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الدكتوراه في قسم الهندسة الريفية في كلية الهندسة الزراعية / جامعة دمشق.

This thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirements for Doctoral degree in Rural Engineering, Faculty of Agriculture / Damascus University.

أمام لجنة الحكم المؤلفة من السادة:

أ.د. أحمد صالح محيميد: الأستاذ في كلية الزراعة /جامعة بغداد

أ.د. رياض بلدية: الأستاذ في قسم الهندسة الريفية في كلية الزراعة/جامعة دمشق

د. عبدالله يعقوب: الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الريفية في كلية الزراعة/ جامعة دمشق

د. أكرم البلخي: الأستاذ المساعد في قسم علوم التربة في كلية الزراعة/ جامعة دمشق

د. صفاء نجلا : الأستاذ المساعد في قسم علوم البستنة في كلية الزراعة/ جامعة دمشق

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الأطروحة نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة رهام فوزي زحلان تحت إشراف الدكتور رياض بلديه الأستاذ في قسم الهندسة الريفية في كلية الزراعة بجامعة دمشق، والدكتور محمد منهل الزعبي مدير إدارة الموارد الطبيعية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، وإن أية مراجع أخرى بحثت في هذه الرسالة موثقة في النص.

المرشحة المهندسة	أ.د. رياض بلديه	د.محمد منهل الزعبي
رهام فوزي زحلان	(المشرف العلمي)	(المشرف المشارك)

Certificate

We hereby that the work described in this thesis is the result of a scientific research, performed by the researcher Riham Zahalan, under the supervision of Dr.Riyad Baladia and Dr mohammad manhal Al-Zoubi. All reference books resorted by the researcher has been checked by the text.

Candidate

Riham Zahalan

Supervisor	Co- Supervisor
Dr-Riyad Baladia	Dr-Mohammad manhal Al-Zoubi

تصريح

أصرح بأن البحث الموصوف في هذه الأطروحة تحت عنوان:

" تأثير مستويات مختلفة من الكومبوست والري الناقص في خواص التربة وإنتاجية النبات "

لم يسبق أن قدم للحصول على أية درجة جامعية أخرى، وهو غير مقدم حالياً لذلك.

وأن كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي نتاج جهودي الشخصية وبتوجيه من المشرفين العلميين، وقد نسبت أية معلومات أو نتائج أخرى ذكرت في الأطروحة إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المرشحة

رهام زحلان

Declaration

I declare that the present research entitled:

Effect of different levels of compost and deficit irrigation on soil characteristics and the productivity of plant

Is a new research work that has never been studied by any other researchers for any other degrees, and currently is not submitted by any one for any degree.

Candidate

Riham Zahalan

فهرس المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
الملخص باللغة العربية	5
المقدمة	7
أهمية البحث	9
أهداف البحث	9
الدراسة المرجعية	10
مواد البحث وطرائقه	30
النتائج والمناقشة	50
الخواص الفيزيائية للتربة	50
الخواص الكيميائية للتربة	69
الخواص الإنتاجية للمحاصيل المدروسة	89
الخواص المائية	106
ملخص النتائج	121
التوصيات	123
المراجع	124
الملخص باللغة الإنكليزية	146

فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
1	الخواص الكيميائية لتربة الدراسة	31
2	الخواص الفيزيائية لتربة الدراسة	31
3	الخواص الفيزيائية لكومبوست قمامة مدينة دمشق	32
4,a	الخواص الكيميائية لكومبوست قمامة مدينة دمشق ومحتواه من العناصر الكبرى (%).	33
4,b	محتوى كومبوست قمامة مدينة دمشق من القواعد الأساسية (مليمكافئ/100 غ تربة) والعناصر الصغرى المتاحة (مغ/كغ).	34
4,c	محتوى كومبوست قمامة مدينة دمشق من العناصر الثقيلة (مغ/كغ).	34
4,d	متوسط قيم الشوائب في الجزء الناعم من كومبوست قمامة المدينة.	34
5,a	كميات الهطول المطري (مم) خلال موسمي الزراعة (1-3).	44
5,b	كميات الهطول المطري (مم) خلال موسمي الزراعة (2-4).	45
6	قيم التبخر نتح المرجعي ET0 خلال المواسم الأربعة (مم/اليوم).	45
7	محتوى تربة المعاملة F2 (أساس الإضافة) من الآزوت الكلي والمعدني على مدى المواسم الأربعة.	46
8	كمية الكومبوست المضافة قبل بداية الموسم الأول بحسب المعاملات (كغ /القطعة التجريبية).	46
9	كمية الكومبوست المضافة قبل بداية المواسم (2-3-4) بحسب المعاملات (كغ/القطعة التجريبية).	47
10	كمية السماد المعدني (غ/القطعة) للمعاملة المعدنية F4 في المواسم الأربعة.	47
11	محتوى التربة من المادة العضوية (%) في نهاية كل موسم نمو.	50
12	كثافة التربة الظاهرية (غ/سم^3) للأفق السطحي (0-25) سم	52
13	كثافة التربة الحقيقة (غ/سم^3) للأفق السطحي (0-25) سم.	54
14	المسامية الكلية للتربة (%) للأفق السطحي (25-50) سم.	56
15	.الرطوبة الحجمية لتربة الدراسة عند حد السعة الحقلية (m^3/m^3).	57
16	المحتوى الرطوبي الحجمي عند نقطة الذبول الدائم لتربة الدراسة (m^3/m^3).	59
17	رطوبة التربة الوزنية عند حد السعة الحقلية لتربة الدراسة (%)	60
18	رطوبة التربة الوزنية عند حد نقطة الذبول الدائم (%)	61
19	الماء الكلي المتاح (%) في التربة بنهاية المواسم الأربعة.	64
20	الفروق الإحصائية بين المواسم الأربع من أجل الثوابت المائية.	65
21	قيم النفاذية التراكمية (سم / سا) لترب المعاملات في نهاية التجربة.	66
22	محتوى التربة من عنصر الآزوت الكلي خلال المواسم الأربعة (%).	69
23	محتوى التربة من عنصر الفوسفور المتاح خلال المواسم الأربعة (مغ/كغ).	72
24	محتوى التربة من عنصر البوتاسيوم خلال المواسم الأربعة (مغ/كغ).	73
25	محتوى تربة الدراسة من عنصر الكادميوم (مغ/كغ) للمواسم الأربعة.	75
26	محتوى تربة الدراسة من عنصر الكروم (مغ/كغ) للمواسم الأربعة.	76
27	محتوى تربة الدراسة من عنصر النيكل (مغ/كغ) للمواسم الأربعة.	77
28	محتوى تربة الدراسة من عنصر الرصاص (مغ/كغ) للمواسم الأربعة.	79
29	الفروق الإحصائية بين المواسم الأربع وأكثر المعاملات تأثيراً في محتوى تربة الدراسة (مغ/كغ) من العناصر الثقيلة قيد الدراسة.	80

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
30	محتوى أوراق الخس ودرنات البطاطا من عنصري الكادميوم والكروم (مع/كغ).	86
31	محتوى أوراق الخس ودرنات البطاطا من عنصري النيكل والرصاص (مع/كغ).	88
32	عدد الأوراق في النبات (ورقة/نبات) وارتفاع النبات (سم) لنباتات الخس.	90
33	قطر المجموع الخضري(سم) ومؤشر المساحة الورقية للنبات.	93
34	الوزن الرطب لرأس الخس (غ) وإنتاجية الهكتار (طن/هـ).	97
35	عدد الأوراق في النبات (ورقة/ نبات) وارتفاع النبات (سم) ومؤشر المساحة الورقية.	99
36	متوسط وزن درنة نبات البطاطا (غ)، إنتاجية النبات (غ/النبات)، إنتاجية الهكتار (طن).	102
37	قيم معامل المحصول ضمن مراحل تطور محصول الخس للموسم الأول 2015.	107
38	قيم معامل المحصول ضمن مراحل تطور محصول الخس للموسم الثاني 2016.	107
39	قيم معامل المحصول ضمن مراحل تطور محصول البطاطا للموسم الأول 2016.	108
40	قيم معامل المحصول ضمن مراحل تطور محصول البطاطا للموسم الثاني 2017.	108
41	قيم الاستهلاك المائي الموسمي للمحاصيل المزروعة خلال المواسم الأربعة (مم).	111
42	كفاءة استعمال المياه الكليةWUE وكفاءة استعمال مياه الريIWUE (كغ/م^3) لمحصول البطاطا خلال الموسمين.	115
43	كفاءة استعمال المياه الكليةWUE وكفاءة استعمال مياه الريIWUE (كغ/م^3) لمحصول الخس خلال الموسمين.	115
44	. قيم معامل استجابة المحصول للري الناقص (Ky) من أجل المحصولين المزروعين ضمن المواسم الأربعة.	118

فهرس الأشكال

رقم الشكل	العنوان	رقم الصفحة
1	تصميم شبكة الري وتزع القطع التجريبية في الحقل.	37
2,a	توزع نباتات الخس ضمن القطعة التجريبية	36
2,b	توزع نباتات البطاطا ضمن القطعة التجريبية	36
3	الفروق في متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى لأشهر الزراعة.	44
4,a	معدل التسرب مع الزمن (سم/سا)	68
4,b	منحنى التسرب التراكمي مع الزمن	68
5	منحنى معامل المحصول للمعاملات ذات المستوى التسميدي الأعلى F1 ضمن مستويات الري الثلاث من موسم زراعة البطاطا الأول 2016	109

الملخص

أجريت تجربة حقلية خلال الفترة الممتدة بين 2015–2017 في محطة بحوث حوط التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في محافظة السويداء، لدراسة تأثير إضافة مستويات مختلفة من كومبوست قمامة مدينة دمشق (F3–F2-F1) في مختلف الخواص الفيزيائية والكيميائية والإنتاجية للتربة الطينية، وتأثيرها في كفاءة تطبيق مستويات مختلفة من الري الناقص I1 (ري كامل) و{I2 (75%) و I3 (50%) ري من معاملة الري الكامل} وتم مقارنة تأثير هذه الإضافات مع السماد المعدني المفرد F4 والشاهد F5 (غير معامل)، وتتبع الأثر البيئي المحتمل لهذا الاستخدام في التربة وأجزاء مختلفة من النبات (أوراق/ الخس– درنات/ البطاطا)، والإنتاجية النهائية وقدرة هذه المحاصيل على تحمل مستويات الإجهاد المطبقة (Ky) وكفاءات استعمال المياه (IWUE-WUE).

بينت نتائج الاستعمال التراكمي لكومبوست قمامة المدينة لأربعة مواسم زراعية، تأثيره المعنوي في مختلف خواص التربة المدروسة، فكانت المعاملة I1F1 الأفضل بزيادة بلغت (165 –17 – 15 – 96)% لكل من محتوى التربة من المادة العضوية (OMC) والمسامية الكلية (Po%) والسعة الحقلية (Fc) ومحتواها من الماء المتاح (RAW) ،على التوالي، وزيادة في نفاذية الترب بنسبة 287% وخفضاً للكثافة الظاهرية للتربة الطينية الثقيلة ρ_b والحقيقة ρ_d بنسب بلغت 31–11% على التوالي مقارنة بالشاهد I1F5.

ارتفع محتوى التربة من العناصر الكبرى (N% الكلي والفسفور P والبوتاسيوم K المتاحين) بنسب بلغت 374–932–56% على التوالي مقارنة بالشاهد بنهاية التجربة، ازداد محتوى التربة من العناصر الثقيلة بنهاية الموسم الرابع بنسبة 88-154-21-3%،على التوالي من العناصر الثقيلة Pb - Ni- Cr- Cd مقارنة بالشاهد، زيادة خطية مع ازدياد الكميات المضافة من كومبوست القمامة.

انخفضت الكمية الممتصة من العناصر الثقيلة مع ازدياد محتوى التربة من المادة العضوية وأظهرت أوراق الخس ميل أكبر لتركيز العناصر الثقيلة مقارنة بدرنات البطاطا، بزيادة بلغت في المعاملة I1F1 179 –105 –820% ضمن أوراق الخس، على التوالي مقارنة بدرنات البطاطا للمعاملة ذاتها من أجل Ni- Cr- Cd .

أظهرت المعاملة I1F1 أفضل إنتاجية (77.8 طن/هـ من رؤوس الخس و 35.3طن/هـ من درنات البطاطا) باستهلاك مائي موسمي بلغ 177.18–469.72 مم، على التوالي. بينما كانت المعاملة I2F1 أكثر المعاملات تحملاً للإجهاد بقيم بلغت 0.38 –0.24 من أجل Ky لمحصولي الخس والبطاطا، على التوالي.

المقدمة *Introduction*

يعد فقد التربة لمحتواها العضوي وتدهورها من أهم المشاكل البيئية المطروحة على مستوى العالم، التي باتت تهدد وبشكل مباشر قدرة التربة واستدامتها كوسط حيوي ومصدر اقتصادي أساسي، وامتد خطره ذو التأثير طويل الأمد بحيث أصبح يهدد مستقبل إنتاجيتها واستدامة العمل الزراعي بصورة عامة (Pagliai , 2010) خاصة وأن التربة تعد مصدراً طبيعياً غير متجدد (بطيء التشكّل: يحتاج 1سم من التربة 1000عام حتى يُتم تشكله) وذو قابلية تدهور سريعة (Diacono and Montemurro, 2010) يترجم التغيرات والإجهادات البيئية على هيئة نظام بيئي جديد غير مستدام (Bonini and Alves , 2010). يجب أن تعمل الإدارة الناجحة للتربة الزراعية على وضع حد لعملية التدهور(نخسر التربة بسرعة أكبر بنسبة 10–20 مرة أسرع من تعويضها) وإيجاد الحلول المناسبة لخفض التأثيرات البيئية الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة كالآثار السلبية لتكرار الزراعات التقليدية وتبني سياسات زراعية مكثفة (مجهدة) بدون أية إضافات عضوية والتي أدت مع مرور الوقت لتدهور بنائها وانخفاض محتواها من المادة العضوية (Pagliai , 2010). ورغم أن الماء من المصادر الطبيعية المتجددة بفعل الهطول المطري إلا أنه بات أيضاً يتعرض للكثير من الضغوط (امتازت الهطولات المطرية خلال السنوات الماضية بعدم الانتظام فأصبحت أقل تكراراً وأكثر غزارة) حيث انخفضت الكمية المتاحة منه إلى ما دون (1 مليون لتر/ الفرد / السنة)، وتزداد الأمور سوءاً في دول حوض البحر المتوسط بما فيها سوريا التي تختبر نقصاً حاداً في مصادرها المائية نتيجة تلقيها لهطولات مطرية لا تتجاوز 500 ملم/ السنة، تجعل مصادرها من الماء العذب غير كافية لمقابلة الحاجة منه. يستهلك القطاع الزراعي حوالي 70% من الماء العذب (Pimentel *et al.*, 2004)، ولا يمكن للزيادة السنوية الصغيرة في نسبة الأراضي المروية عالمياً أن تجاري الزيادة الحاصلة في التعداد السكاني العالمي، ويضاف لذلك أن الاستعمال المائي العالمي ينمو بمعدل ضعف نسبة الزيادة السكانية (Leu *et al.*, 2010).

مع الازدياد المستمر في الكثافة السكانية يزداد الاستهلاك من المياه العذبة لأغراض الشرب والاستعمالات اليومية الأخرى، وينافسها على ذلك النمو الاقتصادي (القطاعات الصناعية والمحلية...وغيرها)، هذه الزيادة ستكون على حساب القطاع الزراعي الذي يواجه ضغوط النقص في المياه المتاحة للري ونقص الأمطار في وقت يلجأ به المزارعون حول العالم إلى نظام الزراعة

المكثف لتلبية الحاجة المتزايدة على الغذاء وتحقيق الأمن الغذائي العالمي، حيث أشار Pimentel وزملاؤه (2004) لأن كمية مياه الري المطلوبة على مستوى العالم للتأكد من تحقيق الأمان الغذائي العالمي قد تزداد بمعدل 30%. تدهور التربة ونقص المياه الضرورية للإنتاج الزراعي وتنامي الحاجة للماء والغذاء جعلت العالم أمام مشكلة جدية لابد من إيجاد الحلول المناسبة لها، فكانت المحاولات التي استخدمت الأسمدة الكيميائية بهدف زيادة الإنتاج، لكن الاستعمال طويل الأمد والعشوائي لهذه الأسمدة أدى مع الوقت إلى تدهور بناء التربة ورغم التكاليف العالية لهذه الأسمدة فقد انخفضت النتيجة المحققة منها(Diacono and Montemurro, 2010) ولم تثبت قدرتها على تحقيق الغاية المرجوة منها. من الجوانب السلبية الأخرى للنمو السكاني هو الازدياد في كمية الفضلات المتراكمة الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة، حيث يُنتج حوالي 3 بلايين مقيم حول العالم ما يعادل 1.2 كغ/الفرد/ اليوم أي حوالي 1.3 بليون طن من النفايات المنزلية في كل سنة، وتشير الإحصاءات لأن الزيادة السكانية ستصل حتى 4.3 بلايين ينتج عنها 1.42 كغ فضلات/ الفرد/ اليوم أي بمعدل 2.2 بليون طن / السنة بحلول العام 2025 (Hossain *et al.*, 2017). ومن المتوقع أن تزداد سرعة تراكم هذه النفايات لأكثر من الضعف خلال 20 سنة المقبلة، وخاصة في الدول ذات الدخل المنخفض (Hoornweg and Bhada- Tata , 2012). عادة يرتبط تراكم هذه الكميات الهائلة من الفضلات بالروائح المنبعثة والحشرات والأمراض التي تؤدي لمشاكل صحية وبيئية جدية، وتحويل جزء متزايد من الأراضي إلى مقالب أرضية لتكون قادرة على استيعاب الكميات الجديدة يومياً فضلاً عن الخطر الناتج من ارتشاح بعض السوائل المتجمعة في هذه المقالب إلى التربة المحيطة والمياه الجوفية (Chatterjee *et al.*, 2017). معظم هذه الفضلات هي مصادر جيدة للكربون العضوي، وإضافتها للتربة بنسب زراعية كمصدر غذائي للنبات كان التقليد القديم لإدارة النفايات، تماشياً مع قدرة التربة على استيعاب هذه الفضلات العضوية (Khaleel *et al.*, 1981). هذا المصدر العضوي الهائل من المغذيات النباتية قابل لإعادة التدوير وللتحويل إلى سماد عضوي صالح للاستخدام في القطاع الزراعي، مع الأخذ بعين الاعتبار النقص الموجود في محتوى التربة من المادة العضوية والعناصر الضرورية للنمو النباتي، إلى جانب التكلفة العالية للأسمدة المعدنية وانخفاض فعاليتها مع الوقت.

أهمية البحث *Importance of the Study*

تأتي أهمية البحث من خلال استخدامه لكومبوست قمامة المدن وتقديمه كوسيلة للحفاظ على التربة وتحسين خواصها الفيزيائية ورفع قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة الفعّالة (الماء المتاح للنبات) بحيث يساهم ذلك في خفض كميات المياه المستهلكة في عملية الري (بشكل عام) ورفع كفاءة استخدام تقنيات جديدة كتقنية الري الناقص، حيث أن معظم الأبحاث التي درست هذه الطريقة درستها بمعزل عن تحسين الخواص الفيزيائية للتربة ذات الصلة الوثيقة بعملية الري.

بالإضافة لدورها كمخصب ومخزن للعناصر المغذية الضرورية للنبات، بحيث تمكّن الفلاح من الاستغناء كلياً أو جزئياً عن الأسمدة المعدنية فيحد بذلك من الآثار السلبية لاستعمالها المستديم ويقلل من التكلفة الكلية لعملية الإنتاج. كل العوامل السابقة ستؤدي بصورة مباشرة إلى رفع كفاءة استعمال مياه الري، والحصول على أعلى إنتاج ممكن حتى في ظروف النقص (أو الإجهاد)، وبحيث يمكن استخدام الكميات الموفرة من مياه الري في قطاعات أخرى أو تحويلها لري مساحات جديدة أو محاصيل أخرى ضمن الدورة الزراعية ولذلك أهمية كبيرة في ظل محدودية الموارد المائية المتاحة والتغيرات المناخية التي أخفضت الكميات الهاطلة من الأمطار فضلاً عن تذبذبها وعدم القدرة على الاعتماد عليها بصورة كاملة. بالإضافة لأن هذه البحث سيلقي الضوء على المخاطر المحتملة لاستعمال محسنات عضوية جديدة ككومبوست القمامة في ظل غياب قوانين تُعنى بتنظيم استعمال مثل هذه المواد على مستوى القطر، وعدم وجود دراسات سابقة استخدمت كومبوست القمامة في منطقة الدراسة.

أهداف البحث *Aims of the Study*

1- دراسة تأثير إضافة كميات مختلفة من كومبوست قمامة المدن في بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة.

2- دراسة تأثير الإضافات العضوية (كومبوست قمامة المدن) تحت معاملات ري مختلفة في إنتاجية محصولي البطاطا و الخس.

3- دراسة تأثير التحسين الفيزيائي للتربة في تحمل محاصيل البطاطا و الخس لمستويات مختلفة من الري الناقص.

4- دراسة تأثير الإضافات العضوية من كومبوست قمامة المدن في الحمولة من بعض المعادن الثقيلة في التربة وأجزاء مختلفة من النبات.

الدراسة المرجعية
Literature Review

التسلسل	العنوان	الصفحة
أولاً:	الإجهاد المائي والري الناقص *Water Stress and Deficit Irrigation*	11
ثانياً:	أهمية المادة العضوية وكومبوست القمامة في القطاع الزراعي *Importance of Organic Matter and Town Refuse Compost in Agricultural Sector*	17
ثالثاً:	تأثير المادة العضوية في الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة *Effect of Organic Matter on Soil Physical & Chemical Characteristics*	19
رابعاً:	دور المحسنات العضوية في محتوى التربة من العناصر الثقيلة *Role of Organic Amendments on Soil Content of Heavy Metals*	26

أولاً: الإجهاد المائي والري الناقص
Water Stress and Deficit Irrigation

يعد الماء المُدخل الأكثر أهمية من مدخلات الزراعة (Singh *et al.*, 2010)، هذا ما يبرر استنزاف القطاع الزراعي لما يقارب 70–80% من الماء العذب الكلي المتوفر (Morison *et al.*, 2008). حيث تأتي المياه اللازمة لري المحاصيل بمعظمها عن طريق الأمطار وتشكل الزراعات غير المروية 60% من الإنتاج في البلدان المتطورة، أما الري فيؤمن فقط 10% من الزراعات مغطياً مساحة قدرها 20% من الأراضي المزروعة عالمياً، لكن الري يملك القدرة على زيادة نمو وغلة المحاصيل ويحسن الأمن الغذائي، خاصة إذا علمنا أن إنتاجية الأراضي المروية أعلى بحوالي 3 مرات من الأراضي ذات الري المطري (Singh *et al.*, 2010).

مع تطور النمو البشري بينت منظمة الزراعة والغذاء العالمية FAO أن هذه الإحصاءات في تزايد متوقعة تمدد صافي مساحة الأراضي المروية بحوالي 45 مليون هكتار في 93 بلداً متطوراً لتصبح 242 مليون هكتار في العام 2030م حتى تستطيع مواجهة الطلب المتزايد على الغذاء وتحقيق الأمان الغذائي (Singh *et al.*, 2010). لذا وفي ظل غياب مصادر مائية جديدة متاحة من المياه العذبة لابد من التحوّل إلى تحسين كفاءة الاستفادة من مياه الري والأمطار في الأراضي الزراعية بما لا يقل عن 40% لموازنة الحاجة للمصادر المائية خلال 25 سنة المقبلة لمقابلة الاحتياج المائي الإضافي من أجل الإنتاج الغذائي الذي سيتضمن زراعة محاصيل إضافية لكل نقطة مستعملة من مياه الري كطريقة لتخفيف الأزمة المائية التي تشكل تحدي كبير في كثير من البلدان على مستوى العالم.

تشمل آليات إدارة كفاءة مياه الري المستعملة: التوفير في المياه، تعزيز كفاءة استعمال المياه، التوزيع المثالي والمتجانس للمياه وغيرها.. تحسين هذه الكفاءة يتطلب زيادة في إنتاجية المياه المقدمة للمحصول (أي زيادة الغلة القابلة للتسويق لكل وحدة مياه مستهلكة من قبل النبات) وخفض المياه المفقودة من المنطقة الجذرية الفعالة للمحصول.

بالمجمل يمكن تحسين هذه الكفاءة عبر تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية. هذا التحسين سيساعد أيضاً في رفع إمكانية إفادة بعض أفقر المناطق في العالم التي تعاني الزراعة فيها من نقص في مياه الري والأمطار، وبذلك يتضح أن تحسين خواص الترب الزراعية يكتسب أهمية خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث التدهور السريع لمحتوى التربة العضوي يرافقه النقص في الموارد المائية المتاحة.

أكّد Yildirim (1993) على أهمية الري بالتنقيط لنباتات الخس المعرضة للري الناقص والذي يتلقى كميات أقل من مياه الري المطلوبة في كل مرة، وبفواصل زمنية متكررة ، الأمر الذي يحافظ على رطوبة التربة عند جهد منخفض.

بيّن Kuslu وزملاؤه (2008) أن النقص الحاد في المصادر المائية المتاحة يعتبر من المشاكل الرئيسية التي تعاني منها المناطق الجافة وشبه الجافة، وأن التحدي الكبير خلال العقود القادمة سيكون بالتركيز على إيجاد الحلول المناسبة التي تضمن زيادة الإنتاج الغذائي بأقل كميات ممكنة من مياه الري المضافة، وإتباع تقنيات جديدة مثل الري الناقص من شأنها رفع كفاءة استعمال مياه الري وخفض الكميات والتكاليف المستهلكة، بحيث يصبح الانخفاض الحاصل في الغلة ذو قيمة أصغريه بمقابل الفوائد الناتجة عن التوفير بالمياه وكلفتها.

بيّن Fereres و Soriano (2007) إمكانية اللجوء للري الناقص في المناطق الجافة ونصف الجافة ذات المصادر المائية المحدودة كطريقة للتوفير في مياه الري المضافة وبيّن المزارعون أن العائد الصافي لزراعاتهم من الخضار وإنتاجية وحدة مياه الري تحسنت بتطبيق هذه التقنية، رغم الانخفاض الذي طرأ على الغلة الكلية كنتيجة لتطبيق هذه التقنية.

وضّح Demelash (2013) أن جدولة عملية الري ليس بالضرورة أن تعتمد على الحاجة المائية الكاملة للمحصول (الكلية) بل يمكن أن تصمم بحيث تضمن الاستعمال المثالي للحصة المائية مع جدولة الري الناقص، وأكد على أن النقص الحاصل في الغلة سيكون غير معنوي بالمقارنة مع الفوائد الأخرى التي يحققها التوفير بكميات مياه الري المضافة، والتي يمكن أن تؤمن ري أراضي أخرى أو محاصيل جديدة، لكن يؤكد Shock وزملاؤه (1998) أن على المزارع أن يكون على دراية ومعرفة كافية باستجابات المحصول للري الناقص، أما استجابة المحصول للري فستختلف باختلاف مستويات الإضافة، هذا الاختلاف كان محوراً للعديد من الدراسات المرجعية مثل Bozkurt وزملاؤه (2009) و Yazgan وزملاؤه (2008) وبشكل خاص العلاقة (الماء– الغلة) لتحديد أفضل مستويات الري بحسب المنطقة والمحصول. شرح Kirnak وزملاؤه (2016) أن كفاءة الري المنخفضة يمكن أن تحدث عندما يكون الماء المتبخر من سطح التربة مرتفعاً بالمقارنة مع تبخر نتح المحصول، حيث الإضافات من مياه الري لا تقابل احتياجات المحصول، وعندما تكون الجذور سطحية غير قادرة على الوصول

لرطوبة الطبقات الأعمق من قطاع التربة، هذا ما أكدته دراسة Battilani وزملاؤه (2008) بأن التقدير الصحيح للمنطقة الجذرية ضروري جداً من أجل تحسين إدارة تغذية وري المحاصيل.

وضّح Tsabedzeو Wahome (2010) أن الري قد يكون ضروري لمعظم المحاصيل الخضرية، لأن العديد منها ذو مجاميع جذرية سطحية تجعلها حساسة للنقص في المياه، ويعتبر الخس من أكثر الخضار الورقية شهرة وانتشاراً على مستوى العالم (Durazzo *et al.*, 2014)، ومحصولاً خضرياً ذو نسبة استهلاك عالية وأهمية اقتصادية عالمية (Cello *et al.*, 2005 ; Bozkurt and Mansuroglu , 2011)، حيث أثبت الخس كونه أحد أهم الخضار التي تستهلك بشكل كبير خاصة بشكل طازج كخضار للسلطة (Dias and Ryder , 2011).

يزرع بشكل واسع بسبب نسبة استهلاكه المرتفعة وعائداته الاقتصادية العالية، إلى جانب قصر موسم نموه الذي يسمح بتكرار زراعته ويرفع من عائدات وحدة المساحة من التربة (Senyigit and Kaplan , 2013)، وبسبب احتواءه على العديد من البروتينات والفيتامينات والمعادن ومختلف المغذيات والأنسجة النباتية التي تؤمن توازناً في المغذيات للجسم البشري وتعتبر مصدراً جيداً لمضادات الأكسدة (Gacche *et al.*, 2010). تناسب معظم الترب زراعة الخس رغم أنه يجود في الترب ذات المحتوى العالي من المادة العضوية جيدة التحلل (Tsabedze and Wahome , 2010)، نبات الخس كحال معظم المحاصيل الخضرية ذو مجموع جذري سطحي ما يجعله حساساً لظروف الإجهاد المائي بشكل خاص (Molina-Montenegro *et al.*, 2011; Kirnak *et al.*, 2016).

بيّن Molina-Montenegro وزملاؤه (2011) أن معدل التمثيل الضوئي والإنتاج الكلي من الكتلة الحية لنبات الخس كان أخفض بصورة معنوية في المعاملات التي تلقت مياه ري أقل بنسبة 50% من مياه الري المقدمة للمعاملة ذات الري الكامل، وأقل معنوياً أيضاً من المستوى 75% ري من المعاملة الكاملة. يتطلب الخس رياً منتظماً من أجل تحقيق نمو أكبر وتطور أفضل للنبات، لذا درس Tsabedze و Wahome (2010) فعالية استخدام مستويات مختلفة من مياه الري (25 -40 -50 – 75)% من المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية للتربة، وبيّن بالنتيجة عدم وجود فروق معنوية في ارتفاع النبات وعدد أوراقه والمساحة الورقية ومؤشر المساحة الورقية للنبات في النباتات المروية عند 75% و 50%، علماً أن المؤشرات السابقة

جميعاً انخفضت بصورة معنوية عند المستويات 40% و25% ري، أما أفضل مؤشرات إنتاجية فقد تحققت في المعاملة 75%.

وجد كل من Onder وزملاؤه (2005) و Christou (1992) أن النبات يستجيب للإجهاد المائي عبر وقف النمو وخفض التمثيل الضوئي وعمليات الاستقلاب الأخرى من أجل خفض الاحتياج من المياه. أما Loos (2006) فقد شرح أن الوقت اللازم لحدوث الأذية بسبب الجفاف ونسبتها يعتمد على خواص التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة، الظروف البيئية لمنطقة الزراعة، مرحلة النمو والأنواع النباتية وطول فترة الإجهاد.

بينت FAO (2002) أن التأثير الأكثر وضوحاً للإجهاد المائي يكون بانخفاض حجم النبات ومساحته الورقية والغلة الناتجة كماً ونوعاً، لكن Tsabedzeو Wahome (2010) وضّح أن لبيئة زراعة النبات القدرة على تعديل أو خفض أو حتى منع الإجهاد المائي.

بحث Jutka وزملاؤه (2011) في تحديد الاستهلاك المائي وجدولة الري لنبات الخس المزروع، من أجل تحقيق أعلى غلة وأفضل نوعية بأقل كلفة إنتاجية ممكنة، بتحديد استجابة المحصول لثلاث مستويات من الري (60-70-80)% من الاحتياج المائي وبالاعتماد على معادلة الموازنة المائية. ووجد بالنتيجة أن مستوى الري80% تميز عن بقية المستويات المطبقة من خلال القيم العظمى من الاستهلاك المائي التي سجلها (1674 , 1890 م^3/ هـ) لسنتي الدراسة على التوالي كما بيّن وجود تأرجح في استهلاك الخس للمياه بحسب مراحل النمو حيث بلغ أخفض قيمه في بداية ونهاية موسم النمو وبلغ ذروته في مرحلة النمو ألأعظمي وتطور المحصول، كما وجد ارتباطاً معنوياً قوياً بين غلة المحصول والماء الكلي المستهلك (R^2= 0.94) مشيراً لاعتماد الغلة بشكل كبير على الاستهلاك المائي للمحصول.

بحث Bozkurt و Mansuroglu (2011) في إمكانية وتأثير ري محصول الخس المزروع حقلياً بمستويات ($T_{25\%}$ –$T_{50\%}$ – $T_{75\%}$ – $T_{100\%}$ –$T_{125\%}$) من التبخر نتح المحسوب باستخدام حوض كلاس A في منطقة شرق المتوسط، ووجد بالنتيجة أن للمعاملات المدروسة تأثيراً معنوياً على الغلة ومكوناتها باستثناء اندماج الرأس، حيث تراوحت مياه الري المضافة مابين 101 وحتى 285 مم، أعلى غلة كانت مسجلة في المعاملة $T75_{\%}$ (55.4 طن/هـ) والأخفض (21.7 طن/هـ) في المعاملة $T25_{\%}$، وكفاءة استخدام المياه ومياه الري ازدادت مع ازدياد مستوى الري فسجلت المعاملة أعلى قيمها 28.7 و 12.8 كغ/م^3 على التوالي،هذا التأثير

المعنوي لمستويات الري على نمو وغلة نبات الخس لوحظ على مؤشرات النمو المختلفة كارتفاع النبات و قطر النبات وعدد أوراقه.

نتائج تجربة حقلية أجراها Kuslu وزملاؤه (2008) حين درس تأثير مستويات من الري الناقص على إنتاجية نبات الخس المجعد *Bohemia* ($T_{20\%}$- $T_{40\%}$ - $T_{60\%}$ - $T_{80\%}$) من ماء التربة القابل للاستعمال (المتاح) مع الشاهد $T_{100\%}$ ري، بينت أن التبخر نتح الموسمي بلغ 232 مم في معاملة الشاهد وانخفض حتى 12 في المعاملة $T_{20\%}$، أما الغلة فبلغت 39.49 طن/هـ و 14.57 طن/هـ للمعاملات ذاتها على التوالي.

هذا يتفق مع Sahin وزملاؤه (2016) الذي حاول معرفة تأثير الإجهاد المائي على غلة محصول الخس كماً ونوعاً في المناطق شبه الجافة، حيث استخدم شبكة الري بالتنقيط لتطبيق ثلاث مستويات من الري (100 – 85 – 70)% كنسبة من التبخر– نتح المحسوب باستخدام حوض كلاس A، بينت نتائج هذا البحث أن الاستهلاك المائي لنبات الخس بلغ أعظم قيمه 214.1 مم في المعاملة $I_{1(\%100)}$ كمتوسط لكلا سنتي الدراسة، وأعطت أعظم نمو نباتي وأعلى غلة قابلة للتسويق 2.17 كغ/ م^2، مبيناً كيف أن الغلة النهائية انخفضت معنوياً مع انخفاض كميات مياه الري المضافة فسجلت المعاملة ذات الري الكامل أعلى كفاءة استعمال لمياه الري بمعدل 10.2 كغ/ م^3.

يحتل نبات البطاطا المركز الرابع عالمياً كأكثر المحاصيل استهلاكاً على مستوى العالم، حيث تشارك درنات البطاطا وسطياً بمقدار 33 كغ (على أساس الوزن الجاف) في متوسط الغذاء السنوي لكل مواطن في العالم، وهذا التقييم قابل للتغيير مع الكثافة السكانية المتزايدة وارتفاع مستويات المعيشة التي ترفع من المواصفات المقبولة لدى المستهلك والمرغوب بها بحسب Abbas وRanjan (2015)، الذين غالباً ما ينتقون الدرنات بناءً على مظهرها الخارجي (الصفات المرئية: كالشكل واللون ولمعان القشرة وغيرها...)(Feltran *et al.*, 2004) .

نبات البطاطا كغيره من المحاصيل الخضرية يعتبر حساساً جداً تجاه نقص الرطوبة الأرضية وماء التربة، تختلف استجابته بحسب مرحلة النمو وشدة النقص واستمراريته، حيث يتأثر بصورة كبيرة مثلاً بنقص المياه خلال مرحلة إنبات الدرنات، وتذكر الدراسات السابقة أن الإجهاد المائي عند أي مرحلة من مراحل النمو يؤدي لتأثير سلبي ملحوظ على غلة نبات البطاطا الكمية والنوعية (Shayannejad , 2009 ; Ahmadi *et al.*, 2010). هذا ينسجم مع ما وجده

Abbas و Ranjan (2015) بأن الرطوبة المتاحة و تركيز المغذيات المنتشرة ضمن المنطقة الجذرية الفعالة لنبات البطاطا تلعب دوراً محورياً في المنتج من الدرنات كماً ونوعاً، حيث أن الكمية الناتجة من الدرنات ونوعيتها هما العاملان الأساسيان الذين يمكنهما زيادة أو خفض القيمة التسويقية لدرنات البطاطا.

بعد العديد من الأبحاث أصبح واضحاً أنه لا يمكن الاعتماد على مياه الأمطار في الزراعة الاقتصادية لمحصول البطاطا، لكن كمية مياه الري وتحمله للري الناقص كانت ولازالت محوراً للبحث، حيث وضح Shock وزملاؤه(1993) أن تأثير الإجهاد المائي على نبات البطاطا يختلف باختلاف مرحلة النمو، وبيّن Miller و Martin (1987) أن المراحل الأكثر حساسية هي مرحلة وضع الدرنات وامتلاءها بالمقارنة مع مرحلة الإنبات ومرحلة النمو الخضري ومرحلة النضج الأخيرة. فتعرض النبات للإجهاد المائي خلال فترة النمو يخفض ارتفاع النبات وامتداد الجذور (Shock *et al.*, 1993)، بينما يتسبب النقص في المياه خلال مرحلة وضع الدرنات بانخفاض عدد الدرنات المتكونة من كل نبات (Mackerron and Jefferies , 1986) في حين يؤدي تعرض النبات للإجهاد في مرحلة امتلاء الدرنات وإن كان لفترة قصيرة لإنتاج درنات ذات أشكال غير تسويقية (Mackerron and Jefferies , 1988; Jefferies and Mackerron, 1993)، وأثبتت أبحاث Liu وزملاؤه (2006) أنه يمكن لمحصول البطاطا أن يتحمل نقص رطوبة التربة في مرحلة النمو الخضري ومرحلة النضج بدون انخفاض معنوي في الغلة النوعية والكمية من الدرنات.

لاحظ Carter وزملاؤه (2004) أن الدرنات المشوهة قد تنتج بنتيجة ظروف التربة نفسها، هذا ما يجعل المزارعين يفضلون زراعته في الترب الرملية الخفيفة أو يعمدون إلى التسميد العضوي للترب الأثقل بهدف تخفيفها وخفض مقاومة التربة أمام امتداد الجذور وتشكل الدرنات. يعتبر Grandy وزملاؤه (2002) استخدام المحسنات العضوية إجراءً شائعاً في الأنظمة المكثفة لإنتاج البطاطا لأهميتها كخصب ومحسن فيزيائي في آن معاً، داعماً بذلك ما توصل إليه Porter وزملاؤه (1999) عن أهمية تفاعل معاملات الري مع التحسين العضوي وما تركته من أثر إيجابي على كل من غلة البطاطا وخواص التربة.

ثانياً: أهمية المادة العضوية وكومبوست القمامة في القطاع الزراعي
Importance of Organic Matter and Town Refuse Compost in Agricultural Sector

أصبح جلياً للمزارعين والعاملين في القطاع الزراعي أن النتيجة الأساسية للسياسات الزراعية المكثفة وطويلة الأمد هي تدهور بناء التربة، الأمر الذي فسّر انخفاض تأثير الإضافات من الأسمدة الكيميائية (رغم زيادة المضاف منها)(Pagliai *et al.* , 1995).

دفعت النتائج الواضحة لهذا التدهور على أرض الواقع المزارعين لتبني سياسات وتطبيقات زراعية جديدة كبديل للزراعة التقليدية بحسب Connell و Hawes (1994) لتجاوز الآثار السلبية لتكرار التطبيقات القديمة ذاتها وتبنيهم سابقاً لزراعات فردية مكثفة ومجهدة للتربة، دون أن يترافق ذلك مع أي إضافات عضوية، الأمر الذي أدى مع الوقت لانخفاض محتوى التربة من أهم مكونات صحتها وهي المادة العضوية وبالتالي انخفاض ثبات بنائها وتدهورها(Lal *et al.*, 1994). حيث يؤكد Hedlund وزملاؤه (2003) بأن الإضافات الفائضة من الأسمدة المعدنية كسياسة إدارية غير متوازنة للحالة الغذائية للتربة بهدف زيادة الإنتاج كانت من ضمن المسببات الرئيسية لتدهور التربة وأحد أهم مصادر تلوثها. تعتبر الإضافات العضوية بمنأى عن تغذية النباتات ضرورية للتربة من أولويات عملية التطوير الزراعي والتي تعمل على خلق بيئة متجانسة تضمن بقاء واستمرار أحياء التربة المختلفة وتحفظ لها خصوبتها(Larson and Pierce, 1994.). تصبح المادة العضوية ضمن هذا المفهوم العامل المفتاحي لمجمل خواص التربة التي تحفظ استدامة العمل الزراعي.

بيّن Barzegar وزملاؤه(2002) أن الإضافات العضوية هي الإجراء الوحيد الذي يزيد ثبات التجمعات الترابية في الترب شبه الجافة ويحسّن مختلف خواصها الفيزيائية والمائية ويرفع سعة احتفاظها بالرطوبة، وأكّد على أن الاستمرار في الزراعة دون إضافات عضوية يمكنه أن يُفقر التربة مع الوقت. أما Rodrigues-Vila وزملاؤه (2016) فوجدوا أن المحسنات العضوية تحافظ على التربة عبر زيادة محتواها من المادة العضوية والمغذيات وتزيد نشاطها الميكروبي الذي يؤدي لزيادة في نمو النبات وتحسن في غلته.

أكّدت الدراسات المرجعية على أهمية إعطاء اهتمام أكبر بعمليات معالجة المخلفات المتراكمة وإيجاد طرق مناسبة للتخلص منها نظراً للكميات السنوية الآخذة بالازدياد مع مراعاة الاعتبارات والنواحي المجتمعية والتكاليف الاقتصادية والبيئة. واعتبرت أن إضافة هذه المواد للتربة طريقة

جيدة للتخلص منها تنخفض معها تكاليف التصريف والكميات الذاهبة للمقالب الأرضية إلى جانب إعادة تدوير كمية مهمة من المغذيات النباتية.

يشار بمصطلح كومبوست القمامة إلى الكومبوست المصنّع من الفضلات المنزلية والفضلات الأخرى المشابهة لها(Hossain *et al.*, 2017)، من أهم هذه الفضلات البقايا الغذائية التي تتضمن الأطعمة غير المستهلكة وبقايا تحضير الطعام بالإضافة إلى ما ينتج عن مطابخ المطاعم والمصانع وغيرها والتي كانت تتجه فيما مضى إلى المقالب الأرضية أو للمحارق بحسب Zhang وزملاؤه (2007)، في حين يعتبر Kim وزملاؤه (2006) أن تحويلها لكومبوست طريقة جيدة وفعالة لإدارة هذه البقايا وتحويلها من نفايات متراكمة إلى منتج ثابت غني بالدبال يستعمل كمحسّن ومخصّب للتربة.

بيّن Hargreaves وزملاؤه (2008) أن هذه المواد العضوية استعملت في البداية كمصدر للآزوت والمادة العضوية، لكن الأبحاث الجديدة كدراسة Angin وزملاؤه (2013) التي وجدت أن لهذه المحسنات القدرة على تحسين الخواص الفيزيائية للتربة، وهذا يؤيده Mahmoodabadi وزملاؤه (2013) الذي بيّن أنه يمكن الاستعانة بكومبوست هذه الفضلات لإدارة خواص التربة المختلفة، فقد لاحظ Rigby و Smith(2013) تحسناً في بناء التربة وخواصها النوعية عقب إضافة كومبوست الفضلات المنزلية.

أجرى Mohammed وزملاؤه (2004) تجربة لدراسة أثر استخدام كومبوست القمامة كبديل للأسمدة المعدنية، وأشارت نتائج هذا البحث لأن الإضافات من الكومبوست حسنت نوعية التربة وزادت خصوبتها ومحتواها من المادة العضوية كما ارتفعت فيها غلة المحصول النهائي.

بشكل مماثل وجد Reis وزملاؤه (2014) تفوق نباتات الخس من المعاملة المسمدة باستخدام كومبوست الفضلات العضوية معنوياً على المعاملة المسمدة بالسماد المعدني والشاهد من حيث قوة النمو ومحتوى الأوراق من العناصر الغذائية الصغرى.

ورغم أن محتوى الكومبوست من الآزوت الكلي يعتبر منخفضاً (Lin *et al.*, 2003 ; Guster *et al.*, 2005) إلا أن Rodriguez وزملاؤه (2005) وجد أن محتوى الترب المحسنة عضوياً من الآزوت كان أعلى من الترب التي تلقت أسمدة معدنية. لاحظ الباحثون أيضاً أن المحسنات العضوية المصنعة ككومبوست تستطيع تحسين صحة النبات إلى ما أبعد من القيمة السمادية التي يقدمها المحسن العضوي (Atiyeh *et al.*, 2001 ; Atiyeh *et al.*, 2002).

يوضّح Quintern وزملاؤه (2006) أن استخدام الأسمدة العضوية كالسماد البلدي وكومبوست القمامة أصبح من المكونات الهامة للعمليات الزراعية، وهذا ما أثبتته أبحاث Padmavathiamma وزملاؤه (2008) من حيث كون الفضلات العضوية ذات الأصل النباتي أو الحيواني تقدم مصدراً جيداً من العناصر التي تحسّن إنتاجية التربة.

ثالثاً: تأثير المادة العضوية في الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة

Effect of Organic Matter on Soil Physical &Chemical Characteristics

يوضّح Bauer (1974) أن استبدال جزء من المكونات الصلبة للتربة بمكونات ذات كثافة مختلفة سيؤثر على الكثافة الظاهرية للتربة، وأن إضافة أي مادة يمكنها أن تغير طريقة توضع وترتيب هذه الجزيئات ستؤثر حتماً في حجم الفراغ المسامي لتلك التربة، وبالتالي ستكون ذات تأثير على الكثافة الظاهرية للتربة.

وبيّن Tanveeraوزملاؤه (2016) أن الكثافة الظاهرية قيمة متغيرة و ذات علاقة إحصائية واضحة مع قوام التربة ومحتواها من المادة العضوية و مساميتها الكلية، حيث وجد أن محتوى التربة من الطين ارتبط مع الكثافة الظاهرية بعلاقة سلبية ($r = -0.41$)، و علاقة معنوية سلبية أخرى وجدت بينها وبين المسامية الكلية للتربة ($r = -0.67$)، و مع محتواها من المادة العضوية ($r = -0.75$)، وخلص بالنتيجة لأن الكثافة الظاهرية للتربة ومن خلال ارتباطها بمساميتها فإنها ستؤثر على قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة وعلى قدرة الجذور على النمو والتغلغل داخل قطاع التربة بالمشاركة مع الخواص الأخرى لتلك الترب.

أكّد Brown وCotton (2011) هذه النتائج وبيّن أن الكثافة الظاهرية تبعت النموذج المتوقع لها من حيث الانخفاض مع ازدياد النسب المضافة من المواد العضوية على هيئة كومبوست بسبب الأثر المخفف للجزء العضوي الأخف وزناً من الجزء المعدني، هذا التأثير الذي يزداد مع ازدياد الكميات المضافة من المحسنات العضوية.

تعمل المحسنات العضوية أيضاً على تحسين الكثافة الظاهرية من خلال تأثيرها في تحبب التربة وتشكل تجمعاتها الترابية عبر تجميع الجزيئات المعدنية في تجمعات وكتل تزداد بحسب Six وزملاؤه (2004) مع تحلل المواد العضوية المضافة، كما أن هذه القيم المنخفضة للكثافة يمكن أن تشير لازدياد المساحة المسامية وبالتالي تحسّن التهوية والخواص المسامية للتربة.

وعن أهمية المادة العضوية ودورها الحيوي بيّن Hossain وزملاؤه (2017) أن خلط التربة بكميات كبيرة من المحسنات العضوية يمكنه أن يحسّن خواصها الفيزيائية، التي أثبت Angin وزملاؤه (2013) أنها تحسّنت مع إضافة كومبوست القمامة من انخفاض في الكثافة الظاهرية ووجد ازدياد في التجمعات الترابية المتكونة إلى ثبات في البناء للتربة المُحسّنة، الأمر الذي ساعد في عملية الحفاظ على هذه الترب ومنع تدهورها.

تأثير المحسنات العضوية في الكثافة الظاهرية يختلف بحسب الكمية ومدة الإضافة رغم أن كل الدراسات الطويلة والقصيرة الأمد أشارت إلى الأثر المخفف للمادة العضوية في كثافة التربة لكن تختلف عندها درجة التأثير. فقد أكدت نتائج السلماني والبنداوي (2015) أن الانخفاض في الكثافة الظاهرية للتربة ازداد من 10% إلى 23.6% مقارنة بالشاهد مع ارتفاع النسب المضافة من المحسنات العضوية، وبرر هذه النتيجة بتأثير المادة العضوية في النسبة المئوية للتجمعات الترابية الثابتة، الأمر الذي حسّن بناء التربة عبر ربط حبيباتها مع بعضها البعض في تجمعات أكبر أكثر ثباتاً.

غالباً ما تشير الدراسات التي تبحث في أهمية الإضافات العضوية لدورها في ثبات بناء التربة وتأثير ذلك في مجمل خواصها الفيزيائية، هذا ما أيدته نتائج Bonini و Alves (2010) الذي اعتبر أن إضافة المحسنات العضوية والحفاظ على توازنها ضمن التربة من أهم العوامل المؤثرة في مجمل الخواص الفيزيائية للتربة، والذي يمكن تحقيقة فقط عبر النشاط الميكروبي الفعال وتحلل المواد العضوية المضافة، متفقاً بذلك مع Andrade (2004) و Alves مع Suzuki (2004) الذين ذهبا أبعد من ذلك في تقدير أهمية المادة العضوية معتبرين أن وجودها ولو على سطح التربة كمواد تغطية أثر إيجاباً على كثافة التربة الظاهرية ومساميتها الكلية و مقاومة التربة لاختراق الجذور النباتية.

وضّح Amlinger وزملاؤه (2007) أنه يمكن للإضافات من كومبوست الفضلات أن تعدل بناء التربة وتخفض كثافتها الظاهرية وتوازن نظامها المسامي عبر زيادة المسامات من النوع الماكرو*Macro* (بقطر أكبر من µm50) وتزيد ثبات التجمعات الترابية التي تتكون بواسطة الهيفات الفطرية والشعيرات الجذرية الدقيقة والسكريات الناتجة عن نشاط الأحياء الدقيقة.

من الفوائد الإيجابية الأخرى للإضافات العضوية زيادتها لقدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه وتوفيرها للنبات، حيث وجد Brown و Cotton (2011) أن الإضافات العضوية زادت نفاذية

التربة الداخلية والخارجية، وأن هذا التأثير ازداد مع ازدياد الكميات المضافة، وانعكس بصورة إيجابية على كفاءة استعمال المياه سواء مياه الري أو الأمطار، وأخفض المفقود من المياه بالجريانات السطحية وأدى لتحسّن واضح في فعالية عملية الري. لكن هذا التأثير للمحسن العضوي تقاطع مع تأثير قوام التربة فكان واضحاً في التربة الرملية بصورة أكبر من التربة الطينية الثقيلة. حيث يعتبر Rawls وزملاؤه (2003) أن قوام التربة كان عاملاً مؤثراً بشكل أساسي في كمية المياه المختزنة في التربة. ولـ Goss وزملاؤه (2013) رأي مشابه بأن التحسين العضوي ينعكس إيجاباً على مختلف الخواص الفيزيائية والكيمائية والحيوية للتربة الضرورية لإنتاج أفضل.

تحتفظ التربة الطينية بسبب طبيعة مسامها الدقيقة بكميات أكبر من المياه مقارنة بالتربة الرملية، ولهذا أشار Brown و Cotton (2011) لأنه وبينما يعتبر القوام بشكل عام هو العامل الأساسي المؤثر في سعة احتفاظ التربة بالماء، لكن المواد العضوية تعتبر عاملاً هاماً من أجل تحسين قدرة التربة وزيادة سعة احتفاظها بالماء.

هذه الآلية أعادها Eibisch وزملاؤه (2015) أيضاً إلى تأثير الكربون العضوي على تحفيز وتحسين التوصيل الهيدروليكي للتربة عبر تحسين ثبات التجمعات الترابية المتشكلة والتعديل الإيجابي لمساميتها، والتي اعتبرها Mahmoodabadi وزملاؤه (2013) عملية فعالة يمكن إدارتها عبر ضبط الإضافات من كومبوست الفضلات العضوية المحلية.

تلاقت هذه النتائج مع ما وجده Kuncoro وزملاؤه (2014) الذي بيّن أن الإضافات العضوية أخفضت الاندماج (الانضغاط) في التربة المحسنة، وحسّنت قدرة المياه على اختراقها.

وانسجمت مع نتائج العديد من الأبحاث مع هذه النتائج مثل Walter وزملاؤه (2006) وبخاصة في ظل الإضافات طويلة الأمد Garcia-Gil وزملاؤه (2004) التي حسنت قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه وزادت ثبات التجمعات الترابية عبر تشكيلها للجسور الكاتيونية محسنة بذلك بناء التربة بشكل عام.

أضاف Haynes و Naidu (1998) بأن المادة العضوية التي تزداد في التربة بعد تحسينها باستخدام كومبوست الفضلات العضوية معروفة بتحسينها للخواص الفيزيائية للتربة وبخاصة التعديل الذي يطال المسامية والنفاذية والتوصيل الهيدروليكي للتربة والأهم هو زيادتها للنفاذية الخارجية للمياه عبر منعها لتكون قشرة سطحية صلبة تحد من نفاذية المياه لداخل قطاع التربة.

هذا التحسن أرجعه Mamedov وزملاؤه (2014) إلى تأثير المحسنات العضوية على المسام كماً ونوعاً وثبات التجمعات الترابية بشكل أساسي، وبحسب Sarkar وزملاؤه (2003) فهو عائد لازدياد محتوى التربة من الكربون العضوي الذي تقدمه المحسنات العضوية من كومبوست الفضلات لأنه وبمقارنتها مع الأسمدة المعدنية اتضح أن الأخيرة تخفض ثبات التجمعات الترابية وتسيء إلى مسامية التربة، بخاصة المسام من النوع *Macro* (بقطر أكبر من 50µm)، هذا التأثير يطال النفاذية السطحية وقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة والتي وجد Laxminarayana (2006) أنها تحسنت بشكل مستمر في الترب المحسنة عضوياً مقارنة بالمسمدة معدنياً فقط.

بيّنت الأبحاث الأولى لـ Biswas و Kosla (1971) أن إضافة الأسمدة العضوية حسنت بصورة معنوية سعة احتفاظ التربة بالماء بالمقارنة مع الأسمدة غير العضوية (المعدنية) فقط.

كذلك قارن Ravikumar وKrishnamoorthy (1980) تأثير المحسنات العضوية و اللاعضوية على الخواص الفيزيائية للتربة، ووجد أن المحسنات العضوية وبشكل خاص تلك الغنية بالسيليلوز تفوقت معنوياً على الأسمدة اللاعضوية من حيث تحسين ثبات التجمعات الترابية والتوصيل الهيدروليكي ومحتوى التربة من الماء المتاح.

وضّح Franzluebbers (2002) أهمية تحبب التربة الذي يتحفّز ويزداد مع الإضافات العضوية، من تسهيل للرشح والنفاذية وتأمين فراغ كافي لأحياء التربة، وأكسجين الجذور إلى تثبيت التربة ومنع انجرافها، أما نقص محتوى التربة من المادة العضوية وضعف بنائها فينتج عنه تشكل للقشرة السطحية الصلبة التي تخفض إتاحة المغذيات وتزيد أخطار الانجراف والانغسال وتسيء لنوعية المياه.

أعطت نتائج Martens وFrankenberger (1992) مصداقية لهذه النظرية حين أثبتت وجود تحسّن بنسبة 15±40% في نفاذية التربة مع ازدياد محتوى التربة العضوي ووصلت إلى 31±48 % بعد سنتين من التحسين العضوي، بسبب تحفيزها للنشاط الميكروبي وتطور تجمعات ترابية أكثر ثباتاً. قلةٌ فقط الذين أولوا أهمية للارتباط بين الخواص الفيزيائية والكيميائية، الذي يعد هاماً جداً إذا أخذنا بالحسبان أن التوزع الحجمي للمسام في التربة يحدد ليس فقط ظروف تهويتها بل وخواصها الخصوبية والعلاقة بين أحيائها.

أكّد Pagliai و De Nobili (1993) هذا الارتباط حين بيّن أن الإضافات العضوية للتربة تعدّل حجوم مسامها وتزيد نسبة المسام الأنسب للفعاليات والنشاطات الحيوية الهامة (30-200 µm)، مبيناً دور العمليات الإدارية للتربة والقرارات الصحيحة في الحفاظ على خصوبة التربة ومنع تدهور مصادرها.

كتب Diacono و Montemurro (2010) في مناقشته لدور المادة العضوية في تثبيت بناء التربة، أنها تؤدي هذا الدور الهام بما لا يقل عن آليتين مختلفتين:

أولاً: عبر زيادة التصاق الحبيبات الداخلية داخل التجمعات الترابية الأكبر.

ثانياً: عبر زيادة مقاومتها للماء وخفض احتمال تحطمها. وبشكل أكثر دقة عبر زيادتها للنشاط الميكروبي في التربة، وهذا كان واضحاً جداً من أجل كومبوست القمامة والذي كان مسؤولاً بحسب Van-Camp وزملاؤه (2004) عن تحسين ثبات بناء التربة.

العلاقات بين وظائف التربة المختلفة ونشاطها الحيوي (الميكروبي) هي علاقات معقدة بحسب Abiven وزملاؤه (2008)، أثبتت عوامل الربط البيولوجية هذه نفسها كعوامل هامة يجب أخذها بعين الاعتبار لدورها الهام في بناء التجمعات الترابية وتثبيتها باستخدام السكريات المتعددة المصنعة من قبل هذه الأحياء. أثبتت الدراسات طويلة الأمد هذه الأهمية كدراسة Dorado وزملاؤه (2003) التي استمرت 16 سنة أشار في نهايتها لأهمية الغرويات والمواد الدبالية في تثبيت التجمعات الترابية وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء. وتتلاقى مع نتائج Maragatham و Raj (2010) من أجل ارتفاع المسامية مع ازدياد مستويات الإضافة ومع Jeyamanagalm وزملاؤه (2014) من أجل دور المادة العضوية في زيادة سعة احتفاظ التربة بالمياه.

من المتوقع ازدياد قدرة التوصيل الهيدروليكي للتربة مع الإضافات العضوية وتحسينها للمسام لكن هذا التحسّن ازداد بنسبة 18% عند إضافة حمأة الصرف الصحي لمدة 2 سنة بمعدل (450 طن / الهكتار/السنة) في حين وصلت إلى 500% في الترب اللومية مقارنة بالشاهد من أجل (415 طن / الهكتار/ السنة) من السماد البلدي (مواشي) (Khaleel *et al.*, 1981).

بيّن Brown و Cotton (2011) أن الكومبوست يحتوي على مدى واسع من العناصر الغذائية الكبرى والصغرى، وأن إضافته للتربة ستفي بالغرض لملاقاة حاجة النبات على الأقل من عنصر الفوسفور والبوتاسيوم والعناصر الصغرى (Mn –Cu – Fe -Zn)، وأن تركيز المغذيات

المتاحة في التربة المحسنة بكومبوست القمامة كانت أعلى من تلك المسجلة في الترب المسمدة معدنياً والشاهد. خاصةً الزيادة المحققة في إتاحة البوتاسيوم والنحاس التي كانت معنوية مقارنة بالشاهد، مقترحاً أن الترب إن حُسنت باستخدام الكومبوست فإنها ستحتوي على تراكيز جيدة من المغذيات النباتية المتاحة مقارنة بالترب المسمدة تقليدياً باستخدام الأسمدة المعدنية وأعلى بكثير من الترب غير المحسنة. وجد Blanchet وزملاؤه (2016) أن السماد العضوي حسّن الخواص الكيميائية للتربة وزاد معنوياً كمية المتاح من عنصري البوتاسيوم والفوسفور، لتلاقي ما وجده Sabir و Zia-Urrehman (2015) بأنها تؤدي لزيادة في محتوى التربة من الآزوت أيضاً.

اختبر Scotti وزملاؤه (2016) تأثير إضافة كومبوست القمامة والسماد البلدي على خواص التربة ووجد بعد سنة من الإضافة أن محتوى التربة من الآزوت الكلي ازداد بنسبة 60% للكومبوست و 40% للسماد البلدي مقارنة بتربة الشاهد.

درس Soheil وزملاؤه (2012) تأثير كومبوست القمامة على الخواص الكيميائية للتربة ووجد بالنتيجة أن الكمية المتاحة من K-P-N والعناصر الصغرى ازدادت في التربة كنتيجة لإضافة الكومبوست، هذه الزيادة كانت معنوية في كل المستويات المدروسة وبخاصة من أجل الإضافة 60 طن/هـ.

بيّن Zhang وزملاؤه (2006) أن إضافة كومبوست القمامة زاد محتوى التربة من العناصر الكبرى N- P- K بعد سنتين من إضافته للتربة، ومتفقاً مع نتائج Walter وزملاؤه (2006) بعد دراسة استمرت لمدة 5 سنوات، و Montemurro وزملاؤه (2006) بعد 3 سنوات من الإضافة.

بيّن Eghball وزملاؤه (2004) أن تأثير التحسين العضوي للتربة قد يستمر لعدة سنوات تالية لأن جزءاً فقط من الآزوت والمغذيات الأخرى سيصبح متاحاً للنباتات خلال السنة الأولى بعد الإضافة، وفي تقدير Tittarelli وزملاؤه (2007) للآزوت المتاح من الكومبوست خلال السنة الأولى للإضافة وجد أن 30–35% من محتواه من الآزوت الكلي كان متاحاً للنبات، بينما بيّن Nevens و Peheul (2003) بعد 4 سنوات من إضافة الكومبوست لتربة مزروعة بالخضار أن محتواها من الآزوت الكلي كان أعلى معنوياً في القطع المحسنة مقارنة بالشاهد غير المعامل. هذا التحرر البطيء للمغذيات كان برأي العديد من الأبحاث (Khatik and Dikshit ,2001; Rodriguez *et al.*, 2005) السبب الأساسي في زيادة محتوى الترب المحسنة من عنصر

الآزوت عبر خفض انغساله وفقده من المنطقة الجذرية الفعالة بالمقارنة مع الأسمدة الآزوتية المعدنية ذات التحرر السريع.

ويؤكد Tilman وزملاؤه (2002) أن لذلك أهمية كبيرة فيما يتعلق بفقد الآزوت من التربة خاصةً في ظروف المحاصيل الشتوية والخريفية في المناطق ذات الهطولات المطرية الغزيرة.

إذا يبين Omidire وزملاؤه (2015) أن الأسمدة غير العضوية تحرر المغذيات بصورة أسرع وأعلى من تلك المطلوبة من قبل النبات عند زمن معين بسبب عدم حاجتها لعمليات التحلل والمعدنة كحال الأسمدة العضوية.

قام Meena وزملاؤه (2016) بدراسة تأثير الخليط العضوي (كومبوست قمامة) – المعدني على خواص التربة الكيميائية ووجد أن إضافة الكومبوست إلى جانب الأسمدة المعدنية المعروفة زاد بشكل ملحوظ إتاحة الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم في التربة مقارنة بالشاهد، هذا ينسجم مع نتائج Anjanappa وزملاؤه (2012) بأن الخليط العضوي المعدني يبدو كخيار جيد خاصة في المراحل الأولى من حياة النبات، ويؤثر إيجاباً في زيادة غلة وإنتاجية المحاصيل.

ويتفق مع ما بينه Abbasi وزملاؤه (2008) بأن الإضافات العضوية تزيد المتاح من الفوسفور إما بشكل مباشر عبر تحللها أو بصورة غير مباشرة عبر تحريره كنتيجة لتأثير الأحماض العضوية وبالتالي تزيد نسبة المتاح منه أمام الامتصاص النباتي، وقد تكون بحسب Melero وزملاؤه (2007) نتيجة لازدياد النشاط الميكروبي بعد الإضافات العضوية وتسريعها لدورة الفوسفور.

وجد Surekha وزملاؤه (2011) بعد تجربة استمرت لمدة 4 سنوات أن الإضافات العضوية للتربة زادت محتواها المتاح من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم بنسبة (28–7–21) % على التوالي بالمقارنة مع الأسمدة المعدنية. أما Fuentes وزملاؤه (2006) فأكّد على أهمية المحسنات العضوية فيما يتعلق بمحتوى التربة من الفوسفور المتاح مع أو بدون الإضافات المعدنية من أجل تحسين مخزون التربة الزراعية من الفوسفور العضوي القابل للمعدنة.

بيّن Zhang وزملاؤه (2006) أن كومبوست القمامة زاد محتوى التربة من الفوسفور القابل للاستخلاص بمعدل من 7.2 وحتى 86 مغ/كغ مع ازدياد نسبة الإضافة من صفر وحتى 200 طن/هـ.

وجد Hartl وزملاؤه (2003) زيادة في بوتاسيوم التربة المتاح للنبات بعد الإضافات من كومبوست القمامة بنسبة بلغت 26% مقارنة بالشاهد بعد خمس سنوات على الإضافة.

وصنّف Amlinger وزملاؤه (2007) كومبوست الفضلات العضوية كسماد متعدد المغذيات، يمكن استخدامه كبديل للأسمدة المعدنية التجارية المستخدمة في الزراعة، فهو يحتوي بحسب Adugna (2016) إلى جانب العناصر الكبرى مجموعة وكمية هامة جداً من العناصر الأخرى الضرورية للنمو النباتي (Mg- Ca - S).

يختلف تأثير المحسن العضوي أيضاً باختلاف مستوى الإضافة، فقد أجرى Abdel-Rahman (2009) بحثاً لدراسة تأثير مستويات مختلفة من كومبوست القمامة (0–5–10) طن/هـ على محتوى التربة من مختلف المغذيات عند الحصاد، ووجد زيادة ملحوظة في تركيز N.P.K في القطع المحسنة وأن أعلى زيادة وجدت مع أعلى مستوى إضافة (10 طن/هـ).

كما وجد Boujaila و Sanaa (2011) أن الإضافات المتزايدة من كومبوست قمامة المدن (من40 إلى 120) طن/هـ أنتجت زيادة معنوية في محتوى التربة من الآزوت ارتفعت مع ازدياد مستوى الإضافة.

رابعاً: دور المحسنات العضوية في محتوى التربة من العناصر الثقيلة

Role of Organic Amendments on Soil Content of Heavy Metals

باتت مشاكل التلوث البيئي تسترعي اهتماماً عالمياً كبيراً في الآونة الأخيرة لما ينتج عنها من مشاكل خطيرة وجديّة، خاصة إذا كان هذا التلوث يطال التربة التي تعتبر قاعدةً ومصدراً للغذاء العالمي للكثافات البشرية الآخذة بالازدياد عاماً بعد عام. لم يكن تلوث التربة فيما مضى مأخوذاً بالحسبان مقارنة بتلوث الماء والهواء، وهذا يعود لكونه غير ظاهر عملياً(عديم اللون والرائحة وتصعب ملاحظته)، وذو مدى واسع تصعب الإحاطة بكل جوانبه، لكنه تطور حتى أصبح تلوث التربة بالعناصر الثقيلة من بين الأحداث العشرة البيئية الأهم على مستوى العالم التي يتعلق اثنان منها بالتلوث بالعناصر الثقيلة (Su *et al.*, 2014).

وضّح Miotto وزملاؤه (2014) أن مصطلح العناصر الثقيلة يستخدم للدلالة على مجموعة من المعادن وأشباه المعادن التي ترتبط بالتلوث واحتمالات السمية البيئية، هذه العناصر ترتبط عادة بمشاكل التلوث البيئي والسمية النباتية وسمية الأحياء الدقيقة في التربة، من أمثلتها:

Zn – Cu – Ni – Hg – Pb –Cr –Cd –As إلى جانب عناصر أخرى (Nagajyoti *et al.*, 2010)، وتعتبر العناصر Cu- Zn – Ni عناصر ذات سمية محدودة بينما تعتبر العناصر الباقية ذات سمية حيوية كبيرة (Su *et al.*, 2014).

بيّن Brunetto وزملاؤه (2011; 2014) أن هذه العناصر تصل للتربة من مصادر طبيعية كتجوية الصخور أو بسبب النشاطات الزراعية المختلفة كإضافة الأسمدة العضوية والكيميائية، إلى جانب المبيدات الفطرية والحشرية ومبيدات الأعشاب وغيرها من الكيميائيات الزراعية. لكن يزداد خطر هذه العناصر عندما تتراكم في التربة بكميات تفوق القدرة الإدمصاصية للتربة فيصبح فقدها متوقعاً ويزداد معه احتمال تلويثها للمياه السطحية والجوفية والتربة المحاصيل المزروعة فيها.

ويعتبر Abdullateef وزملاؤه (2014) أنها مجموعة هامة من الملوثات البيئية وذلك لعدة أسباب: إذ أنها تعتبر غير قابلة للتحلل لأنها لا تتفاعل بسهولة بل تتراكم في التربة وقد تصل لمستويات سامة جداً للأحياء المختلفة (الإنسان و الحيوان والنبات)، بالإضافة لاحتمال وصولها إلى المصادر المائية السطحية مع الترب المنجرفة أو إلى المياه الجوفية بالانغسال مع مياه الري والأمطار. تبقى بحسب Luo وزملاؤه (2009) في التربة لمدة طويلة جداً قد تصل خلالها إلى السلسلة الغذائية عبر انتقالها للمحاصيل المزروعة في التربة الملوثة ومنها إلى الإنسان والحيوان على حد سواء، و تتسبب في حال تراكمها في الجسم البشري (إما عبر تناول الأغذية الملوثة بها أو عبر الاتصال المباشر بالترب الملوثة) بالعديد من المشاكل والأمراض التي تعتبر قاتلة بمجملها من الفشل الكلوي وحتى السرطان.

يعتبر Su وزملاؤه (2014) التخلص منها وتنقية الترب الملوثة بها من أصعب مواضيع الاستصلاح (قد تستغرق 100–200 سنة لعلاجها)، بسبب خواصها الكيميائية من جهة، والتكاليف الباهضة المطلوبة لإتمام هذه العمليات فضلاً عن عدم توفر التقنيات والمعدات اللازمة في معظم الدول وبخاصة النامية منها، وتزداد هذه الصعوبة عند ازدياد واتساع المساحات الملوثة، وعند تلوثها بأكثر من عنصر في آن واحد.

بشكل عام تبين الأبحاث المرجعية أن أعراض سمية النبات بالعناصر الثقيلة الأكثر وضوحاً تتضمن: انخفاض في النمو العام وانخفاض في النمو الجذري بشكل خاص، تبرقش الأوراق وتظهر أعراضاً نمطية تشبه تلك التي نلاحظها عند شيخوخة النبات، انخفاض في طول الجذور

وارتفاع النبات والمساحة الورقية، كما أن بعض العناصر مثل الكادميوم قد تتدخل في عملية التمثيل الضوئي وتصنيع البروتينات قد تصل لحد تضرر الأغشية النباتية.

تعتبر الإضافات من الأسمدة المعدنية من أكثر الإجراءات الشائعة في العمل الزراعي، والتي يمكن أن تصبح مصدراً للعناصر الثقيلة الداخلة للتربة كحال بعض الأسمدة الفوسفاتية التي قد تحتوي على عناصر مثل: Cd , Hg , Pb (Nagajyoti *et al.*, 2010).

بين Boyd (2010) أن العناصر الثقيلة تصل للمركبات السمادية إما مع المواد الأساسية أو خلال العملية التصنيعية، وتنف بحس ب محتواها كالتالي:

الأسمدة الآزوتية < الأسمدة البوتاسية < الأسمدة المركبة < الأسمدة الفوسفورية

تختلف درجة و احتمالية تلوث التربة تبعاً للجرعة المضافة وتكرار الإضافات، نوع التربة، طبيعة الزراعة والخدمات المقدمة (أسمدة – مبيدات – ملش..إلخ)، وعلى قدرة النبات على امتصاص هذه العناصر ومراكمتها في أجزاءه المختلفة.

بشكل عام تعتبر العناصر الثقيلة ذات حركية منخفضة ضمن قطاع التربة مما يدفعها للتراكم فيها، إذ تتواجد في محلول التربة إما بشكل حر أو على شكل معقدات، حيث يحدث المعقّد بين المعدن مع رابط عضوي أو لاعضوي، تشكل هذه المعقدات الثابتة قد تؤخر امتصاص العناصر الثقيلة ويتركها مرتبطة مع المجموعات الوظيفية المنتشرة على سطح حبيبات التربة (Ferreira *et al.*, 2014).

لذا وجد Miotto وزملاؤه (2014) أن وجود المادة العضوية في التربة يعتبر ضروري حيث يمكنها تجنيبنا الزيادة المتاحة من هذه العناصر عبر ارتباطها بها مع ما تملكه من مجموعات وظيفية تنتشر على سطحها. وتختلف النسبة الممتصة من هذه العناصر من قبل النباتات باختلاف الأنواع النباتية، حيث بيّن Shaw (1989) أن تعريض نباتيين لنفس التركيز من العناصر الثقيلة قد يُنتج فروقاً في سعة وقدرة امتصاصها واحتفاظها بالعناصر الممتصة من التربة.

بينت الأبحاث التي اهتمت بالمواضيع البيئية على مستوى العالم أن تلوث التربة هو تلوث لاعضوي بالدرجة الأولى ثم عضوي ثم تلوث مختلط بالدرجة الثالثة، وأن تلوث الترب القابلة للزراعة تجاوز 19.4% على هيئة تلوث طفيف Slight ثم لطيف Mild بنسبة 2.8% فمتوسط Moderate 1.8% وشديد Sever 1.1% على التوالي، معظم هذا التلوث نتج عن

العناصر (Cd- Ni – Hg – As –Cu) (Su *et al.*, 2014). التراكيز المنخفضة من هذه العناصر وبغض النظر عن أهميتها أو عدمها للنبات، فإنها وضمن مجال معين لن تؤثر على نمو النبات لكن عند التراكيز المرتفعة فالنباتات قد تتجاوز حد التحمل وتصبح نباتات مسممة قد تصل لحد الموت.

بيّن Chander وزملاؤه (1995) أن نشاط معظم الأنزيمات العاملة في التربة انخفض بمعدل (10–50 مرة) مع ازدياد تركيز العناصر الثقيلة في التربة، لكن الخطورة الحقيقية تكمن عند وصول هذه العناصر للجسم البشري عبر الغذاء الملوث بها أو عند التعامل مع الترب الملوثة بالامتصاص الجلدي أو الاستنشاق للغبار الملوث وغيرها من الطرق التي تسمح لهذه العناصر السامة بالوصول للجسم البشري. فالكادميوم Cd مثلاً صُنّف كسادس أقوى مادة سامة يمكنها أن تؤذي صحة الإنسان، وأذية الرصاص Pb يمكنها أن تتجاوز الحدود لتصل إلى الجينات نفسها، أما النيكل Ni فيعتبر من العوامل الأساسية المحفّزة للأورام... وغيرها من الآثار التي تعتبر بمجملها مؤذية وقاتلة للإنسان.

مواد البحث وطرائقه
Materials and Methods

الرقم التسلسلي	العنوان	رقم الصفحة
أولاً:	**موقع الدراسة ومواد البحث**	31
1-1	تحليل وتوصيف تربة الدراسة	31
1-2	التصميم الإحصائي للتجربة	31
1-3	الصفات الفيزيائية والكيميائية لكومبوست قمامة المدينة	32
1-4	المحاصيل المزروعة	35
1-5	خدمة التربة وتحضير الأرض للزراعة	35
1-6	طريقة أخذ العينات الترابية والنباتية وتحضيرها	38
1-6-1	العينات الترابية	38
1-6-2	العينات النباتية	38
ثانياً:	**المؤشرات المدروسة وطرائق البحث المستخدمة**	39
1	المؤشرات الفيزيائية والكيميائية	39
2	المؤشرات الإنتاجية	42
2-1	المؤشرات الإنتاجية لنبات الخس	42
2-2	المؤشرات الإنتاجية لنبات البطاطا	42
2-2-1	صفات المجموع الخضري	42
2-2-2	صفات الدرنات	42
ثالثاً:	**التحليل الإحصائي**	42
رابعاً:	**الظروف المناخية خلال فترة البحث والتبخر نتح المرجعي ET_0**	43
خامساً:	**كميات الكومبوست المضافة خلال المواسم الأربعة**	46

مواد البحث وطرائقه
Materials and Methods

أولاً: موقع الدراسة ومواد البحث :

1-1 تحليل وتوصيف تربة الدراسة:

تمت الدراسة في محطة بحوث حوط التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية الواقعة جنوب محافظة السويداء، على بُعد 30 كم من مركز المحافظة (على خط عرض 32.47 وخط طول 36.60 وترتفع 1050 م عن سطح البحر)، في منطقة الاستقرار المطري الثانية، التي تتميز بمعدل أمطار سنوي لا يتجاوز 250 مم. يشير تحليل تربة موقع الدراسة قبل بدء التجربة إلى أنها تربة ذات قوام طيني ثقيل، قليلة النفاذية 1.5 سم/سا، وتحتوي الجداول(2،1) على بعض خواصها الكيميائية المقدرة باستخدام طرائق التحليل الواردة في مواد وطرائق البحث:

جدول(1): الخواص الكيميائية لتربة الدراسة.

عمق العينة سم	الأزوت الكلي %	الفوسفور المتاح مغ/كغ	البوتاسيوم الذائب والمتبادل مغ/كغ	المادة العضوية %	PH (عجينة مشبعة)	EC (dS/m)	$CaCO_3$ %
30-0	0.023	3.5	350	0.50	7.5	0.40	0.83
60-30	0.019	3.3	325	0.39	7.4	0.38	0.84

جدول(2): الخواص الفيزيائية لتربة الدراسة.

عمق العينة سم	Clay %	Silt %	Sand %	ρ_b غ/سم^3	ρ_d غ/سم^3	Fc m^3/m^3	Po %	Infil سم/سا
30-0	58	23	19	1.15	2.76	0.36	58.15	1.5
60-30	60	21	19	1.19	2.77	0.36	57.64	

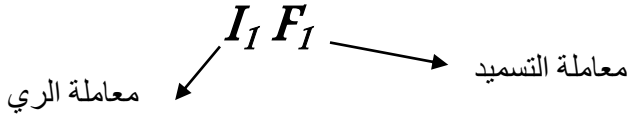
2-1: تصميم التجربة: صممت التجربة بتصميم القطع المنشقة بثلاث مستويات من الري:

1. **I1:** ري حتى 100% من السعة الحقلية.
2. **I2:** ري بمعدل 75% من الكمية المضافة للمعاملة الأولى.
3. **I3:** ري بمعدل 50% من الكمية المضافة للمعاملة الأولى.

ضمن كل منها أربع معاملات من التسميد بالإضافة للشاهد غير المعامل:

1. **F1:** تسميد عضوي فقط بكمية من كومبوست قمامة المدينة تعادل ضعف حاجة المحصول من الآزوت.
2. **F2:** تسميد عضوي فقط بكمية من الكومبوست تعادل حاجة المحصول من الآزوت.
3. **F3:** تسميد عضوي ومعدني بكمية من الكومبوست تعادل نصف حاجة المحصول من الآزوت بينما يضاف النصف الآخر كسماد معدني.
4. **F4:** تسميد معدني فقط حسب حاجة النبات وباستخدام المعادلة السمادية لحساب الأسمدة الضرورية.
5. **T5:** شاهد غير معامل بأي إضافات معدنية كانت أم عضوية.

وبثلاث مكررات لكل معاملة ليصبح العدد الكلي للمعاملات: (3 ×5 ×3) أي 45 قطعة تجريبية وزعت بصورة عشوائية.



حيث استخدمت القطع التجريبية نفسها لزراعة محاصيل الخس والبطاطا على امتداد مواسم الدراسة الأربعة وبالتتابع التالي: 1- خس، 2- بطاطا ، 3- خس، 4- بطاطا لتتبع الأثر التراكمي للإضافات.

3-1 الصفات الفيزيائية والكيميائية لكومبوست قمامة المدينة:

مصدر الكومبوست المستخدم في هذه الدراسة هو معمل معالجة النفايات الصلبة التابع لمحافظة دمشق، والذي يتمتع بالخواص المبينة في الجدول(3)، حيث تم تقديرها باستخدام الطرائق الموضحة في Khater (2012):

جدول(3): الخواص الفيزيائية لكومبوست قمامة مدينة دمشق.

الموسم	*الكثافة الظاهرية غ /سم^3*	*سعة التشبع الرطوبي غ ماء/غ كومبوست (مادة جافة)*	*المسامية الكلية %*
1	*0.581*	*3.3*	*64.55*
2	*0.577*	*3.4*	*65.13*
3	*0.579*	*3.4*	*64.97*
4	*0.583*	*3.2*	*63.44*

- قُدّرت رطوبة الكومبوست عبر وزن عينة رطوبة ثم تجفيفها في الفرن على درجة حرارة 60 C^o لمدة 24 ساعة حتى ثبات الوزن.
- قُدّرت سعة التشبع الرطوبي بحسب Ahn وزملاؤه (2008):

$$WHC = \{(Ws - Wi) + MC + Wi \} / \{ (1-MC) \times Wi \}$$

حيث: Wi: الوزن الأولي لعينة الكومبوست (غ).

Ws: الوزن النهائي للعينة بعد وضعها لتتشرب الماء لمدة 48 ساعة ثم صرف الماء الزائد منها(غ).

MC: النسبة المئوية للرطوبة العينة المبدئية (عشري).

- الكثافة الظاهرية قُدّرت باستخدام وعاء سعة 10 لتر تقريباً، يُملأ بالكومبوست ثم تضغط هذه الكمية ببطء حتى التأكد من غياب الفراغات الكبيرة، ثم تُحسب الكثافة الظاهرية عبر تقسيم وزن الكمية المستخدمة على الحجم الذي تشغله (Khater , 2012).
- والمسامية الكلية من العلاقة بحسب (Richard *et al.*, 2002):

$$PO = 1\text{-}P_{wb} \left[\frac{MC}{Pw} + \frac{Dm\,.OM}{Pom} + \frac{Dm\,(1-OM)}{Pash} \right] \times 100$$

حيث P_{wb}: الكثافة الظاهرية الرطبة للكومبوست (كغ/ $م^3$).

P_w: كثافة المياه. P_{om} : كثافة المادة العضوية(1600 كغ/$م^3$).

P_{ash} : كثافة الرماد (2500 كغ/ $م^3$). MC : المحتوى الرطوبي ألمبدأي (عشري).

Dm : المادة الجافة (عشري). OM : المادة العضوية (عشري).

أما البيانات في الجدول(4,a) و(4,b) فتشير لأهم الخواص الكيميائية للكومبوست ومحتواه من مختلف العناصر الغذائية:

جدول(a،4): الخواص الكيميائية لكومبوست قمامة مدينة دمشق ومحتواه من العناصر الكبرى (%).

الموسم	***الرطوبة*** %	***OM*** %	***pH*** مستخلص (10:1)	***EC*** مستخلص (10:1)	***N*** %	***P*** %	***K*** %
1	***16.5***	***36.49***	***7.88***	***0.31***	***0.4***	***0.21***	***0.37***
2	***15.3***	***37.8***	***7.80***	***0.29***	***0.45***	***0.22***	***0.33***
3	***17.5***	***35.34***	***7.97***	***0.32***	***0.5***	***0.19***	***0.36***
4	***16.1***	***36.92***	***8.07***	***0.30***	***0.5***	***0.21***	***0.38***

جدول(4،b): محتوى كومبوست قمامة مدينة دمشق من القواعد الأساسية والعناصر الصغرى المتاحة.

الموسم	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	B	Mn
	ميلمكافئ/100غ تربة		مغ/كغ				
1	10.262	0.947	7575	225	141	21	189
2	11.655	1.192	7621	217	153	24	163
3	11.921	1.142	7785	222	161	22	176
4	10.562	1.114	7334	210	149	22	169

لابدّ أيضاً قبل استخدام الكومبوست وإضافته للتربة من تقدير صلاحيته للاستعمال في القطاع الزراعي وذلك بتقدير محتواه من العناصر الثقيلة للكمية المضافة في كل موسم (ISO, 1995):

جدول(4،c): محتوى كومبوست قمامة مدينة دمشق من العناصر الثقيلة (مع/كغ).

الموسم	Cd مغ/كغ	Cr مغ/كغ	Ni مغ/كغ	Pb مغ/كغ
1	4.9	46.4	73.15	180.2
2	4.4	43.4	70.9	180.9
3	4.9	45.7	65.6	160.85
4	4.7	45.1	68.3	166.7
الحدود المسموح بها (مع /كغ مادة جافة)*	5	209	149	720

*(Compost Consulting & Development , 2004)

وبسب غياب الفرز المنزلي الأولي والضروري للنفايات المنزلية يشير اختبار الشوائب للجزء الناعم (< 2 مم) من الكومبوست لأنه يحتوي على النسب التالية من الشوائب (جدول 4,d) :

جدول(4 ،d): متوسط قيم الشوائب في الجزء الناعم من كومبوست قمامة مدينة دمشق .

المكوّن	% في 100غ كومبوست
المحتوى العضوي	
مادة عضوية < 2 mm	57
مادة عضوية ≤ 2 mm	32.5
الشوائب	
بلاستيك ≤ 2 mm	0.78
حصى	5.47
زجاج ≤ 2 mm	2.69
شوائب أخرى	1.57

1-4 المحاصيل المزروعة: ضمت هذه التجربة محصولين نباتيين بهدف تواجد محصول ورقي(الخس) وآخر درني(البطاطا). نبات الخس المزروع: هو الخس *Lactuca Sativa L.* الذي ينتمي للفصيلة المركبة *Compositeae* (أو النجمية *Asteraceae*) والتي تعد من أكبر الفصائل النباتية. ينتمي لها صنف الخس المتطاول *Lactuca Sativa, Var Longifolia L.* (بوراس وأخرون، 2006).

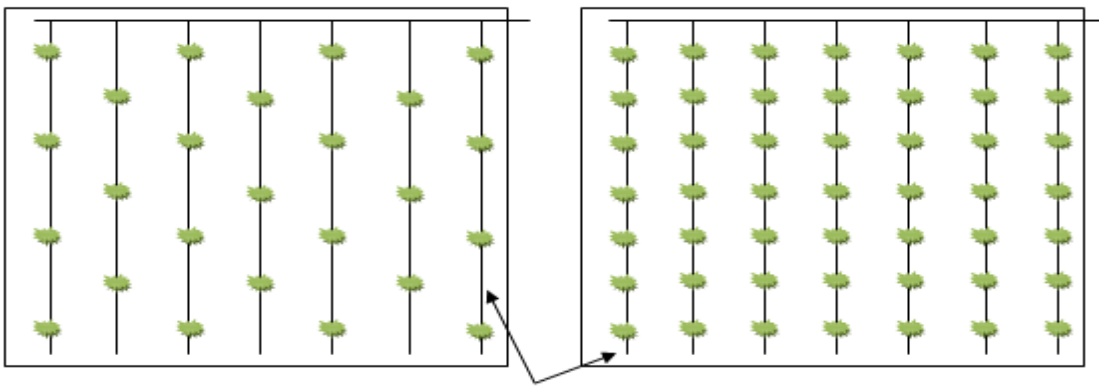
نبات البطاطا المزروع: يعد نبات البطاطا كنبات حولي عشبي معمر Solanum Tuberosum L. من أهم المحاصيل الخضرية والغذائية، يتبع للعائلة الباذنجانية *Solanaceae* الصنف المستعمل *Spunta* وهو صنف هولندي، نصف مبكر (بوراس وأخرون، 2006).

1-5 خدمة التربة وتحضير الأرض للزراعة:

حرثت التربة بشكل متعامد ثم زُحّفت وسوّيت وأزيلت منها الحجارة ثم خُططت ووزعت القطع التجريبية بحسب تصميم التجربة، أضيف الكومبوست للقطع المحسنة بعد تقدير الكميات المناسبة لكل معاملة، وخلطت في التربة باستخدام العزاقة (من أجل الحفاظ على كامل كمية المحسن ضمن القطعة)، إلى جانب الأسمدة الفوسفورية والبوتاسية بعد تقدير الحاجة إليها (بعد تحليل تربة الدراسة وبحسب نوع النبات المزروع).

تم تركيب ومد شبكة الري بحسب التصميم الموضح في الشكل (1) ثم خططت كل قطعة بحسب المحصول المزروع والموسم بحيث تشمل كل قطعة تجريبية 7 خطوط زراعة يروى كل منها من خط سقاية خاص ليصبح شكل القطعة التجريبية كما في الشكل (2 a - b).

مساحة القطعة التجريبية 3 ×3 =9 م^2 ، تفصل مسافة 40 سم بين كل خطي زراعة و 40 سم بين كل نباتين على الخط بالنسبة لنبات الخس بحيث يصبح العدد الكلي للنباتات ضمن القطعة التجريبية 7 × 7 =49 نبات وبكثافة نباتية 5.4 نبات/م^2، أما في حالة نبات البطاطا فتصبح المسافات الفاصلة 40 سم بين خطوط الزراعة و 80 سم بين كل نباتين على الخط الواحد (Bahramloo and Nasseri, 2009) فيصبح العدد الكلي لنباتات القطعة التجريبية الواحدة 25 نبات وبكثافة نباتية 2.8 نبات/م^2.



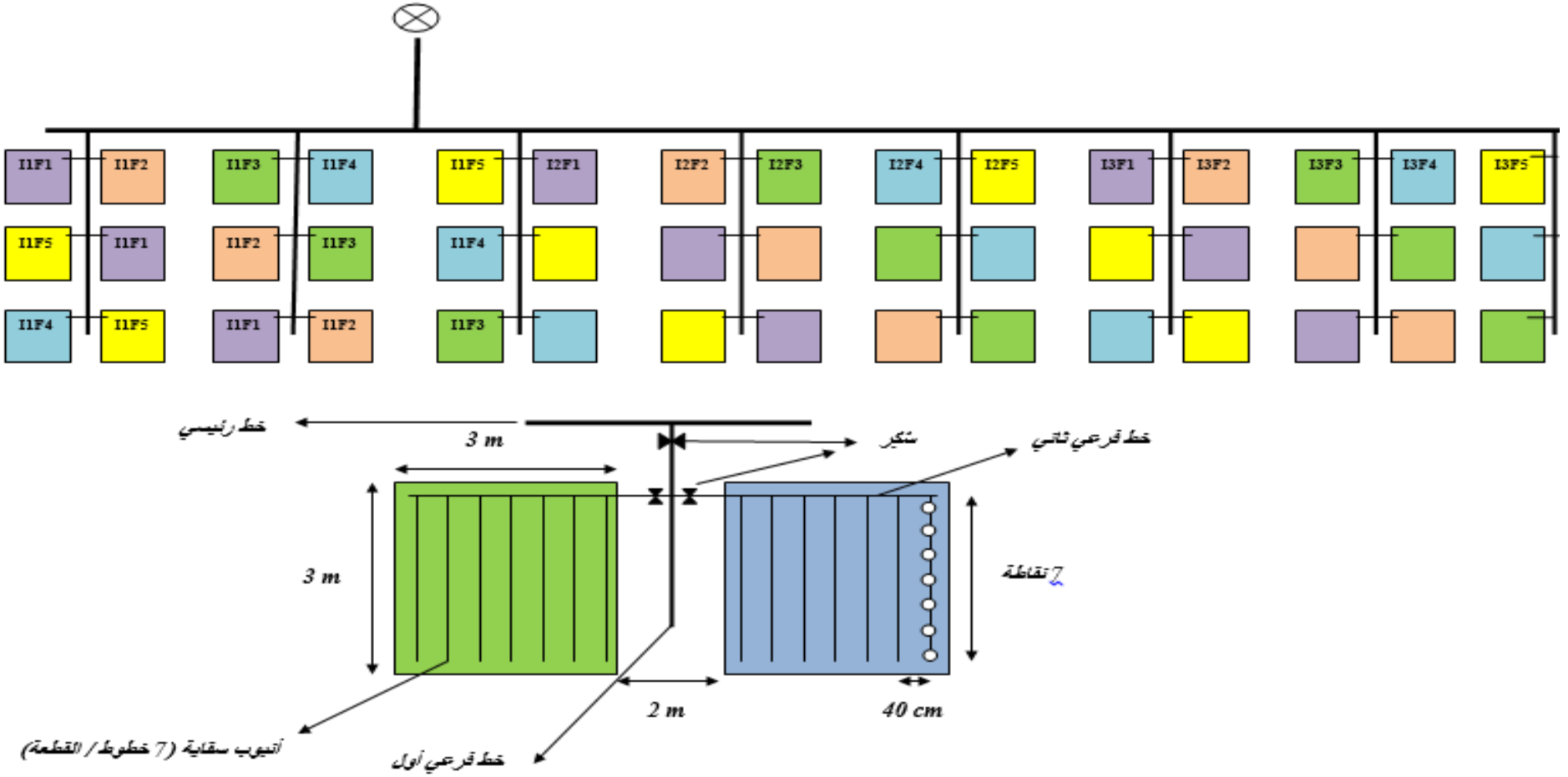
شكل (2,a). توزع نباتات الخس ضمن القطعة التجريبية

شكل (2,b). توزع نباتات البطاطا ضمن القطعة التجريبية

زرعت نباتات الخس من شتول بعمر 3 أسابيع (4–5أوراق)، ناتجة عن بذور زرعت في صواني تشتيل خاصة و تلقت رشاً وقائياً من الأمراض الفطرية ثم نُقلت للأرض الدائمة كموسم شتوي بتاريخ 2015/10/1 في السنة الأولى و 2016/10/1 في السنة الثانية.

أما نباتات البطاطا فزرعت من درنات مستوردة (بلد المنشأ: هولندا) ومعقمة بحجم وسطي (28–55) مم على عمق 10–15سم في كعروة صيفية في المواعيد 1 /4 /2016 في السنة الأولى و 2017/4/1 في السنة الثانية. بعد الزراعة أعطيت النباتات رية حتى تمام وصول التربة إلى سعتها الحقلية ولم تبدأ حسابات الري إلا بعد ضمان نجاح عملية نقل واستقرار الشتول في الأرض الدائمة بالنسبة لنباتات الخس واستكمال إنبات الدرنات بالنسبة لنبات البطاطا.

استخدم مبيد السوبرمثرين رشاً حول ساق نباتات الخس لمكافحة الأذية الملاحظة حقلياً من قبل حشرات النمل التي ظهرت في منطقة الزراعة، ورشاً على الأوراق لمكافحة حشرة المن في المواعيد التالية: نثراً (2015/10/29) و رشاً (2015/11/11) في الموسم الأول ونثراً فقط في (2016/10/20) في الموسم الثاني.



شكل 1 .تصميم شبكة الري وتوزع القطع التجريبية في الحقل .

أما نباتات البطاطا فقد تلقت نوعين من المكافحة: الأولى ضد حشرات النمل (سوبرمثرين نثراً في منطقة اتصال الساق بالتربة) والثانية لمكافحة أمراض اللفحة المبكرة والمتأخرة باستخدام مبيد فطري فلوريكس (Mancozeb + Cymoxanil) رشاً على المجموع الخضري في المواعيد التالية: نثراً لمرة واحدة في بداية موسم النمو (شهر نيسان) ورشاً (ثلاث مرات بتباعد 20 يوماً بين كل رشتين متتاليتين خلال شهري أيار وحزيران).

تكونت شبكة الري من خط الأنابيب الرئيسي بقطر 75مم من المجموعة الرأسية لشبكة المحطة وحتى بداية الحقل، يتفرع منه أنبوب بقطر 50 مم بطول 80 م (على طول الحقل بجوار القطع التجريبية)، يتفرع عنه ثمانية أنابيب بقطر 32 مم، ليتفرع عن كل أنبوب منها أنابيب بقطر 16 مم (بطول 3م على رأس كل قطعة تجريبية)، بمعدل 6 قطع على كل أنبوب (3 قطع تجريبية من كل جانب)، باستثناء الأنبوب الأخير تفرع عنه أنابيب ثلاث قطع تجريبية فقط. تحتوي كل قطعة تجريبية على 7 أنابيب جي آر (منقطات داخلية) بطول 3 أمتار (طول القطعة التجريبية) على كل أنبوب منها 7 منقطات بتصريف 8 ل/سا (شكل 1).

6.1. طريقة أخذ العينات الترابية والنباتية وتحضيرها:

1.6.1. العينات الترابية: أخذت العينات الترابية على عمقين (0–25) سم و(25–50) سم في نهاية كل موسم، بحيث جمعت عينة مركبة لكل قطعة (مكرر معاملة) من ثلاث مواقع ضمن القطعة الواحدة ، لكل عمق ثم جُففت هوائياً وطحنت ثم نُخلت على منخل 2مم تحضيراً لتحليلها.

2.6.1. العينات النباتية: أخذت العينات النباتية من أجل تحليل محتواها من العناصر الثقيلة من أوراق نبات الخس في منتصف فترة نمو النبات ومن الأوراق الناضجة الأحدث وذلك من 40 نبات من كل معاملة. وفي نبات البطاطا من الأوراق الناضجة المركزية من 25 نبات قبل سقوط العروش واكتمال نمو الدرنات، أما الدرنات فقد جمعت عينات عشوائية بمعدل 9 درنات من (9 نباتات من كل قطعة تجريبية) لكل مكرر لكل معاملة (عينة مركبة) عند حصاد المحصول.

حيث غُسلت العينات النباتية بماء الصنبور لإزالة ما علق عليها من أتربة (غسل سريع) ثم غسلت بالماء المقطر، ثم جففت باستخدام صواني التجفيف (بعد تقطيعها لتسهيل عملية التجفيف خاصة بالنسبة للدرنات) في فرن على درجة حرارة 60-70 Cº لمدة 24 ساعة، ثم طحنت بمطحنة خاصة (من الستانلس ستيل) بالنسبة للأوراق وباستخدام هاون خزفي بالنسبة للدرنات ونخلت بمنخل 1 مم تحضيراً لهضمها وتحليلها (Hanson , 1993).

ثانياً: المؤشرات المدروسة *The Studied Parameters*

أجريت التحاليل (غير الحقلية) في مخبر تحليل التربة والنبات في دائرة الموارد الطبيعية التابع لمركز البحوث العلمية الزراعية في محافظة السويداء / الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

1- المؤشرات الفيزيائية والكيميائية للتربة *Soil Physical & Chemical Parameters*

1. تقدير المادة العضوية بطريقة Walkleyو Black (1934).
2. الكثافة الظاهرية لتربة الطبقة السطحية (0–25) سم بطريقة الاسطوانة معلومة الحجم (غ/سم^3) (Black and Hartge, 1986).
3. الكثافة الحقيقة لتربة الطبقة السطحية (0–25) سم بطريقة البكنوميتر (غ/سم^3) (Black and Hartge, 1986).
4. تقدير السعة الحقلية للتربة: بالطريقة الحقلية (Mbagwu and Mbah, 1998).
5. تقدير الهيغروسكوبية العظمى ونقطة الذبول للتربة: باستخدام العلاقة بين الهيغروسكوبية العظمى ومعامل الذبول (معامل الذبول= الهيغروسكوبية العظمى × 1.5).

لتقدير الهيغروسكوبية العظمى: أُخذ كأس زجاجي (W_1) نزن فيه 10 غ من التربة الناعمة الجافة هوائياً (W_2)، ثم وضع الكأس في مرطب يحوي في قعره محلولاً مشبعاً من كبريتات البوتاسيوم حتى تصل الرطوبة النسبية في جو مرطب إلى 98–99% مع مراعاة وضع المرطب في جو مظلم ثابت الحرارة.

بعد مرور يومين نأخذ الكأس، تمت تغطية الكأس ووزنها ثم سُجل الوزن بعد إزالة الغطاء، أعيد إلى المرطب، كرر العمل كل يومين حتى ثبات الوزن مع تسجيل وزن التربة المشبعة ببخار الماء (W_3).

جففت العينة في الفرن على درجة حرارة 105 C^o حتى ثبات الوزن (W_4)، وبذلك حسبت الهيغروسكوبية من العلاقة:

الماء الهيغروسكوبي الأعظمي % = $\frac{W4-W3}{W1-W4}$ × 100 (أبو نقطة، 1995).

6. تقدير المسامية الكلية للتربة بدلالة الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية بحسب القانون:

% المسامية الكلية للتربة = $(1 - \frac{Pb}{Pd})$ × 100 (Klute, 1986)

7. تقدير النفاذية التراكمية: باستخدام طريقة الاسطوانة ذات الحلقة المزدوجة (Bouwer, 1986).

8. تقدير الماء الكلي المتاح (TAW) بحسب Allen وزملاؤه (1998) :

$$TAW = 1000\ (\theta_{FC} - \theta_{WP}) \times Z_e$$

حيث: θ_{FC} : المحتوى المائي عند السعة الحقلية ($م^3$ / $م^3$).

θ_{WP}: المحتوى المائي عند نقطة الذبول ($م^3$ / $م^3$).

Z_e : عمق الطبقة السطحية المعرضة للجفاف بالتبخر (م).

9. تقدير التبخر نتح المرجعي (ET0) بحسب معادلة بنمان– مونتيس وباستخدام برنامج CropWat8.

10. حساب قيمة معامل المحصول لكل من المحاصيل قيد البحث Kc من العلاقة:

$$Kc = ETc / ET_0 \qquad ET_C = Kc \times ET_0$$

حيث: ET_0 هو التبخر نتح المرجعي.

ET_C هو الاستهلاك المائي للمحصول.

11. حساب الاستهلاك المائي لكل موسم ETc بطريقة الموازنة المائية وفق المعادلة من Allen وزملاؤه (1998): $ET = M + 10\ P + (W1 - W2) + Rf - Dp + CR$

حيث: CR: الارتفاع بالماء الشعري. Dp: التسرب العميق.

Rf: الانجراف السطحي للمياه. P: كمية الأمطار (مم).

(W1- W2): معدل الرطوبة المتاحة عند بداية فترة القياس ونهايتها.

M: معدل الري ($م^3$/ دونم) وتحسب من العلاقة:

$$M = 10 \cdot h \cdot a \cdot (B1 - B2)$$ حيث :

a : الكثافة الظاهرية للتربة ($غ/سم^3$).

h: عمق الجذور (م).

B1 :الرطوبة عند السعة الحقلية.

B2 :الرطوبة عند 70% من السعة الحقلية بالنسبة لنبات الخس و 65% بالنسبة لنبات البطاطا(الرطوبة الوزنية قبل الري) (Allen *et al.*, 1998).

علماً أن رطوبة التربة قُدّرت بالطريقة الوزنية (الطريقة المباشرة بالتجفيف) وقُدّر المحتوى الرطوبي الحجمي من العلاقة (المحتوى الرطوبي الوزني × الكثافة الظاهرية) (Gardner , 1986).

وأن القيم (Rf- Dp- CR) تأخذ القيمة صفر في هذا البحث نظراً لأن المحصول يروى فقط إلى حد السعة الحقلية وبطريقة الري بالتنقيط إضافة لبعد الماء الأرضي في منطقة الدراسة.

12. حساب معامل استجابة المحصول للري الناقص Ky (Moutonnet , 2002)

من العلاقة: $\mathbf{1 - \frac{Ya}{Ym} = Ky\ (1 - \frac{ETa}{ETm})}$ أو Yd = Ky. ETd

حيث: Ya: الغلة الفعلية Actual yield (kg/ha).

Ym:الغلة القصوى Maximum yield (kg/ha).

Ky: معامل استجابة المحصول.

ETa:الاستهلاك المائي الفعلي Actual evapotranspiration(mm).

ETm:الاستهلاك المائي الأقصى Maximum evapotranspiration (mm).

Yd: الانخفاض النسبي للغلة.

ETd: الانخفاض النسبي للاستهلاك المائي.

13. تقدير كفاءة استعمال المياه الكلية وكفاءة استعمال مياه الري الصافية WUE WUEI وذلك من العلاقات (Ibrahim ,2009):

WUE = الإنتاج الكلي (كغ) / الكمية الكلية المستهلكة من المياه ($م^3$).

WUE= الإنتاج الكلي (كغ) / الكمية الكلية المستهلكة من مياه الري ($م^3$).

14. تقدير الآزوت الكلي في التربة بطريقة كلداهل (Kjeldahl , 1883).

15. تقدير الفوسفور المتاح بطريقة أولسن (Olsen *et al*., 1954).

16. تقدير البوتاسيوم الذائب والمتبادل باستخدام جهاز الفلامفوتوميتر (FAO, 2007).

17. تقدير العناصر الثقيلة الكلية (الهضم بالماء الملكي والقراءة بجهاز الامتصاص الذري) (ISO, 1995) في:

- ✓ الكومبوست (قبل إضافته).
- ✓ التربة (بنهاية كل موسم).
- ✓ أوراق نبات الخس(من الموسم الثالث).
- ✓ الدرنات (القشرة مع اللب)(من الموسم الرابع).

2- المؤشرات الإنتاجية Productivity Parameters:

2-1: بالنسبة لنبات الخس: قدرت في هذا المحصول المؤشرات التالية:

1. متوسط طول النبات (سم): بتقدير الارتفاع من منطقة اتصال الساق بسطح التربة وحتى أعلى نقطة في مجموعه الخضري باستخدام مسطرة مدرجة (Bozkurt and Mansuroglu , 2011).
2. متوسط عدد الأوراق للنبات الواحد.
3. مؤشر المساحة الورقية من العلاقة: (LAI= المساحة الورقية الكلية للنبات/المساحة الغذائية) حيث: أبعاد المساحة الغذائية للنبات الواحد(40×40) سم^2
4. قطر المجموع الخضري للنبات: بقياس أقطار امتداد مجموعه الخضري (سم).
5. متوسط الوزن الرطب لرأس الخس (غ): بحساب متوسط الوزن الطازج لعدد من النباتات الممثلة لكل قطعة.
6. الغلة الكلية للقطعة التجريبية (كغ/ القطعة) وللهكتار (طن/هـ).

2 -2: بالنسبة لنبات البطاطا: قدرت في هذا المحصول المؤشرات التالية:

2-2-1: في مجموعه الخضري For Foliar Part:

1. متوسط طول النبات (سم): بتقدير ارتفاع من منطقة اتصال الساق بالجذر وحتى أعلى نقطة في مجموعه الخضري.
2. متوسط عدد الأوراق للنبات الواحد (بعد الأوراق في عدد من النباتات الممثلة لكل معاملة).
3. مؤشر المساحة الورقية للنبات: (LAI= المساحة الورقية الكلية للنبات/المساحة الغذائية) حيث: أبعاد المساحة الغذائية للنبات الواحد(40×80) سم^2.

2-2-2: في الدرنات For Tubers:

1. متوسط وزن الدرنة (غ).
2. متوسط إنتاجية النبات (كغ/ النبات) بحساب متوسط إنتاجية عدد من النباتات الممثلة للمعاملة، وللهكتار (طن/هـ).

ثالثاً: التحليل الإحصائي Statistical Analysis: تم تحليل النتائج بما يتناسب مع تصميم التجربة باستخدام البرنامج الإحصائي *GenStat* (ANOVA2)، ومقارنة المتوسطات وفق

Duncan (Duncan , 1995)، وحساب أقل فرق إحصائي ممكن LSD على مستوى تباين 5%، بالإضافة لمقارنة متوسطات المواسم الأربع من أجل تقدير الأثر التراكمي للمعاملات المختلفة.

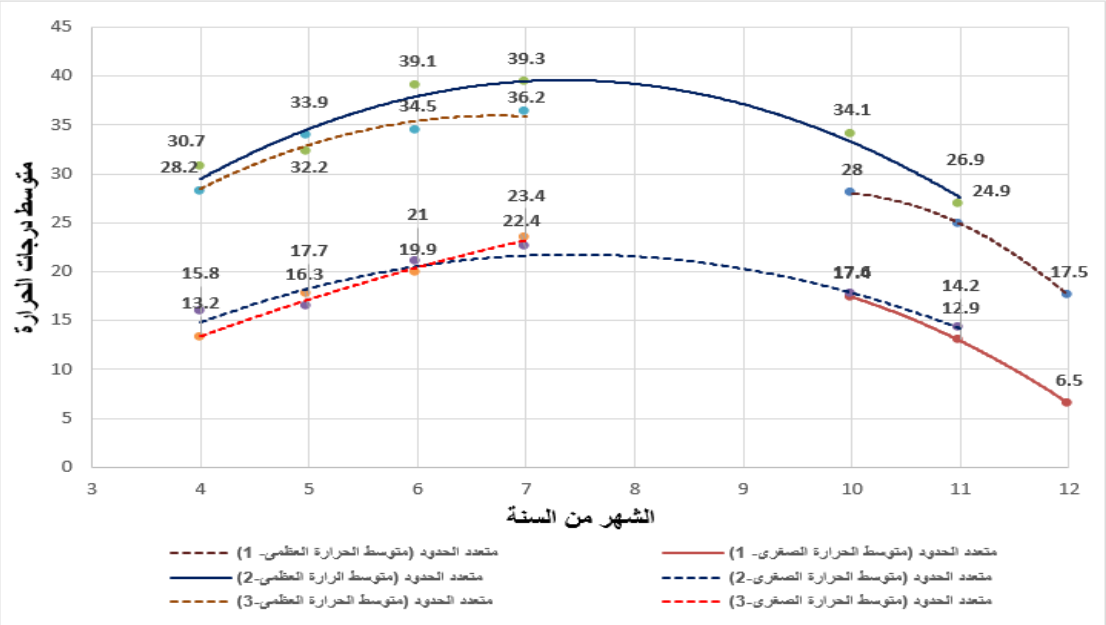
رابعاً: الظروف المناخية خلال فترة البحث والتبخر نتح المرجعي ET_0

امتد البحث من تاريخ زراعة الموسم الأول 2015/10/1 وحتى حصاد المحصول من الموسم الرابع 2017/7/30، اختلفت خلالها الظروف المناخية خلال فترة الدراسة بشكل كبير ولافت خلال السنوات الثلاث (2015 –2016 –2017). من الملاحظ خلال الموسم الأول أن درجات الحرارة تدنت خلال شهر كانون الأول للعام 2015 ليصبح متوسط الحرارة العظمى 16.88 Cº وتوضح البيانات المناخية أنها كانت أعلى خلال النصف الأول من الشهر، انخفضت درجات الحرارة الصغرى خلال النصف الثاني ووصلت في بعض الأيام إلى 2 Cº ولم تتجاوز في أحسن حالاتها 10 أو 11 Cº أي بمتوسط بلغ 6.08 Cº. بالمقابل وخلال نفس الفترة من العام 2016 بلغ متوسط الحرارة القصوى 32.84 Cº والصغرى 17.61 Cº، لكن الجدير بالانتباه أنها وصلت حتى 39 Cº خلال الأيام العشرة الأولى من الشهر.

أخفض القيم لدرجات الحرارة الصغرى خلال شهر تشرين الثاني من العام 2016 كانت معادلة أو قريبة جداً من أعلى القيم المسجلة للشهر ذاته من العام 2015، ليكون المتوسط العام لدرجات الحرارة الصغرى لهذا الشهر 14.17 Cº مع قيم وصلت إلى 22 Cº في بعض الأيام، وبقيمة 25.80 Cº بالنسبة لمتوسط درجات الحرارة القصوى المسجلة خلال هذا الشهر.

بدأت درجات الحرارة بالانخفاض من 2016/10/25 واستمرت خلال المرحلة الأولى من شهر تشرين الثاني حتى 2016/11/9 لتبدأ بعدها بالارتفاع حتى تصل 34 Cº ثم عادت لتنخفض علماً أن درجة الحرارة خلال فترة الحصاد بلغت 33 Cº.

اعتبر الكثير من المراقبين للتغير المناخي الذي يشهده العالم أن العام 2016 يعد من بين الأعوام الأكثر حرارة خلال السنوات الماضية حيث وصلت درجة الحرارة القصوى إلى35–33 Cº بمتوسط 30.70 Cº. هذا الارتفاع في درجات الحرارة استمر صعوداً خلال شهر أيار لتصل خلال الأسبوع الثاني من هذا الشهر حتى 40–44 Cº بمتوسط عام 32.19 Cº وصغرى 16.29 Cº التي سجلت قيماً وصلت إلى 25 Cº في بداية الشهر ولم تنخفض في أدنى قيمها عن 12–13 Cº.



شكل 3. الفروق في متوسط درجات الحرارة العظمى والصغرى لأشهر الزراعة.

أكثر الأشهر حرارة كان شهر حزيران حيث استمرت خلاله درجات الحرارة القصوى بالارتفاع ولم تنخفض أدنى قيم مسجلة للحرارة عن 31 Cº، بمتوسط عام 39.10 Cº، أما درجات الحرارة الصغرى فكانت بالمتوسط 21.00 Cº لكن ذلك لم يمنع وصولها في بعض الأيام حتى 28- 27 Cº، وبنفس الطريقة متوسط الحرارة القصوى خلال شهر تموز بلغ 39.26 Cº علماً أنها وصلت إلى 45 Cº في قيمها العظمى وللدنيا 22.35 Cº التي لم تنخفض عن 18 Cº بل وصلت إلى 29 Cº في بعض الأيام، أما الرطوبة النسبية فاستمرت بالانخفاض مع الارتفاع الشديد بدرجات الحرارة. خلال نفس الفترة من العام 2017 انخفض متوسط درجات الحرارة القصوى خلال شهر نيسان إلى 28.20 Cº والصغرى 13.20 Cº مع رطوبة نسبية عظمى 63.47% و 24.57% للصغرى خلال الشهر نفسه. خلال شهر أيار ارتفع متوسط درجة الحرارة فوصل إلى 33.90 Cº و 17.71 Cº للقصوى والصغرى على التوالي مع رطوبة نسبية 54.26 % و 20.52% للعظمى والصغرى على التوالي.

جدول(5,a) . كميات الهطول المطري(مم) خلال موسمي الزراعة (1-3):

الموسم / الشهر	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المجموع مم / الموسم
الموسم الأول	15.1	24.3	8.6	48
الموسم الثالث	0	8.6	126.3	134.9

جدول(5,b) . كميات الهطول المطري (مم) خلال موسمي الزراعة (2-4):

الموسم / الشهر	نيسان	أيار	حزيران	تموز	المجموع مم / الموسم
الموسم الثاني	6.5	1.5	0	0	8
الموسم الرابع	5.9	0	0	0	5.9

مجمل هذه الظروف المناخية تؤثر على الاستنزاف المائي للمحاصيل المزروعة وتعتبر التغيرات الملاحظة في قيم التبخر نتح المرجعي ET0 من أوائل هذه التغيرات، حيث يتضمن الجدول (6) قيم ET0 العشرية على امتداد أشهر الزراعة:

جدول 6: قيم التبخر نتح المرجعي ET0 (مم / اليوم):

الموسم	الشهر	ET0 الشهري	العشرية الأولى	العشرية الثانية	العشرية الثالثة
1 2015	تشرين 1	3.530	-	3.954	2.839
	تشرين 2	2.770	2.979	2.737	2.574
	كانون 1	2.180	2.869	1.918	2.026
2 2016	نيسان	5.940	-	5.439	6.350
	أيار	6.410	5.994	6.896	6.224
	حزيران	7.060	6.847	7.084	7.251
	تموز	6.500	6.500	-	-
3 2016	تشرين 1	4.150	4.692	4.187	3.600
	تشرين 2	3.330	3.300	3.360	-
4 2017	نيسان	5.150	-	5.110	5.920
	أيار	6.410	6.130	6.640	6.460
	حزيران	4.740	6.960	6.600	6.640
	تموز	6.950	6.960	-	-

حيث نلاحظ من القيم الموضحة ضمن الجدول السابق التغييرات التي طرأت على قيم ET0 خاصة إذا قارنا القيم الشهرية لمواسم الزراعة المتقابلة (المزروعة بالمحصول ذاته) ونجد أن قيم التبخر نتح المرجعي لمحصول الخس في الموسم الثالث (الثاني لزراعته) كانت اعلى من تلك المسجلة خلال الموسم الأول، وهذا يعزى إلى ارتفاع درجات الحرارة الذي ترافق مع ضعف في الهطولات المطرية مقارنة بالموسم الأول.

محصول البطاطا المزروع من نفس العام 2016 ضمن العروة الصيفية تعرض لإجهاد حراري إلى جانب الإجهاد المائي المطبق والذي سينعكس بصورة أساسية على نموه من جهة واستهلاكه المائي من جهة أخرى، في حين أن الموسم الأخير منه خلال العام 2017 كان موسماً نموذجياً ويمكن من الجدول ذاته مقارنة قيم ET0 والفروق الملاحظة للشهر نفسه من الأعوام المذكورة.

خامساً: كميات الكومبوست المضافة خلال المواسم الأربعة

بالاعتماد على مبدأ الإضافة المتبع في هذا البحث وبالعودة إلى الجدول (7) الذي يحتوي نتائج تحليل تربة المعاملة F2 التي اعتمدت كمعاملة أساس في حساب الإضافات نجد أن:

جدول7 .محتوى تربة المعاملة F2 من الآزوت الكلي والمعدني على مدى المواسم الأربعة:

المعاملة F2	***بداية التجربة***	***نهاية الموسم الأول***	***نهاية الموسم الثاني***	***نهاية الموسم الثالث***	***نهاية الموسم الرابع***
الآزوت الكلي مغ/كغ	*50*	*862*	*1148*	*1413*	*1715*
الآزوت المعدني مغ/كغ	*1*	*17.24*	*22.96*	*28.26*	

بنتيجة تحليل التربة قبل الدراسة وبحسب توصيات وزارة الزراعة نجد أن الكمية الواجب إضافتها لمحصول الخس الشتوي المروي من الآزوت (140 كغ/هـ) وبالعودة للجدول(4,a) الخاص بتحليل محتوى الكومبوست من الآزوت والنسبة المئوية للرطوبة نجد أن الكمية المضافة للمعاملات المختلفة ستكون كالتالي:

جدول8 . كمية الكومبوست المضافة قبل بداية الموسم الأول حسب المعاملات (كغ/ القطعة التجريبية):

المعاملة	***F1***	***F2***	***F3***	***F4***	***F5***
الكمية المضافة *وزن جاف (كغ/القطعة)*	***63***	***31.5***	***15.75***	***0***	***0***
الكمية المضافة *وزن رطب (كغ/القطعة)*	***73.4***	***36.7***	***18.4***	***0***	***0***
الكمية المضافة *وزن رطب (طن/هـ)*	***81.56***	***40.78***	***20.44***	***0***	***0***

بنفس الطريقة ومع تعديل محتوى الكومبوست من الآزوت والرطوبة يمكن حساب الكمية الواجب إضافتها قبل كل موسم، ذلك أن كل دفعة منتجة من الكومبوست يتغير محتواها من مختلف العناصر وبخاصة الآزوت تبعاً للمواد المستخدمة والوقت من السنة والمنطقة وغيرها من العوامل المؤثرة في نوع ونسبة المواد العضوية الداخلة في صناعته (Titiloy *et al.*, 1985; Wen *et al.*, 1999)، وبحسب الجدول(9) يتضح أن الكميات الواجب إضافتها كانت كالتالي:

جدول9 . كمية الكومبوست المضافة قبل بداية الموسم (2-3-4) حسب المعاملات (كغ/ القطعة التجريبية):

المعاملة	F1			F2			F3		
الموسم	الثاني	الثالث	الرابع	الثاني	الثالث	الرابع	الثاني	الثالث	الرابع
الكمية المضافة وزن جاف (كغ/القطعة)	48	28.8	28.8	24	14.4	14.4	12	7.2	7.2
الكمية المضافة وزن رطب (كغ/القطعة)	55.34	33.84	33.44	27.67	16.92	16.72	13.84	8.46	8.36
الكمية المضافة وزن رطب (طن/هـ)	61.5	37.6	37.15	30.74	18.8	18.58	15.38	9.4	9.29

بنفس الطريقة وبعد ملاحظة محتوى الكومبوست من الفوسفور والبوتاسيوم (جدول4,a)، وتحليل التربة قبل بداية كل موسم لتقدير الكميات الواجب إضافتها من كل منهما: محتوى التربة من هذه العناصر في بداية البحث منخفض جداً وعليه وبحسب توصيات وزارة الزراعة يجب إضافة (120كغ/هـ) من P_2O_5 و (45 كغ/هـ) من K_2O. بالنسبة للمعاملات العضوية يتضح من الجدول (4,a) أن الكومبوست سيقدم للتربة خلال الموسم الأول حاجة النبات المزروع من عنصر البوتاسيوم وسيقدم كميات أكبر من حاجة النبات من عنصر الفوسفور وهذا يتفق مع: Park وزملاؤه (2004). بالنتيجة نجد أن المعاملات العضوية وبحسب تحليل التربة في بداية كل موسم وبعد حساب ما تحمله الكميات المضافة من كومبوست القمامة من عنصري الفوسفور والبوتاسيوم لم تكن بحاجة لأي إضافات معدنية منهما، وهذه نتيجة إيجابية أولية للإضافات من الكومبوست بحسب المبدأ المتبع بحيث خفضت تكاليف الإنتاج من لكون الكومبوست المضاف أقل سعراً من الأسمدة المعدنية اللازمة من جهة ولكونه قدم حاجة النبات من العناصر الأساسية فلم توجد حاجة لأي إضافات معدنية لاحقة، أما بالنسبة للمعاملة المعدنية المفردة فقد تلقت الإضافات التالية على امتداد المواسم الأربعة:

جدول 10 . كميات السماد المعدني(غ/القطعة) للمعاملة F4 في المواسم الأربعة.

الموسم/ الكمية (غ/القطعة)	الآزوت N	الفوسفور P	البوتاسيوم K
الموسم الأول	126	108	40.5
الموسم الثاني	153	-	54
الموسم الثالث	117	-	81
الموسم الرابع	153	-	81
المجموع	549	108	256.5

النتائج والمناقشة
Results and Discussion

الرقم التسلسلي	العنوان	رقم الصفحة
أولاً:	الخواص الفيزيائية للتربة	50
1	محتوى التربة من المادة العضوية%.	50
2	الكثافة الظاهرية للتربة (غ/سم^3) عند نهاية كل موسم نمو.	51
3	كثافة التربة الحقيقية (غ/سم^3).	54
4	المسامية الكلية للتربة %.	55
5	سعة احتفاظ التربة بالماء عند حدي السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم.	57
6	محتوى التربة من الماء الكلي المتاح والماء سريع الإتاحة.	63
7	النفاذية التراكمية للتربة.	66
رابعاً	الخواص الكيميائية للتربة	69
1	محتوى التربة من الآزوت الكلي%.	69
2	محتوى التربة من الفوسفور المتاح (مغ/كغ).	71
3	محتوى التربة من البوتاسيوم المتاح (مغ/كغ).	73
4	محتوى التربة من العناصر الثقيلة(مغ/كغ).	74
5	تركيز العناصر المدروسة في أوراق الخس ودرنات البطاطا(مغ/كغ).	85
خامساً:	الخواص الإنتاجية	89
1	الخواص الإنتاجية لمحصول الخس.	89
1-1	ارتفاع النبات (سم) وعدد أوراقه (ورقة/النبات).	89
1-2	مؤشر المساحة الورقية وتطور قطر التغطية لنبات الخس(سم).	92
1-3	الوزن الرطب لرأس الخس (غ) وإنتاجية وحدة المساحة (كغ/القطعة).	96
2	الخواص الإنتاجية لمحصول البطاطا.	99
2-1	عدد الأوراق في النبات (ورقة/النبات).	99
2-2	ارتفاع النبات (سم).	100
2-3	مؤشر المساحة الورقية لنبات البطاطا.	101
2-4	متوسط وزن درنة البطاطا (غ).	101

2-5	متوسط إنتاجية نبات البطاطا (غ/النبات).	**103**
2-6	إنتاجية الهكتار (طن/هـ) من محصول البطاطا.	**104**
سادساً:	***الخواص المائية:***	**106**
1	معامل المحصول Kc.	**106**
2	الاستهلاك المائي للمحصول ETc.	**110**
3	كفاءة استعمال مياه الري (IWUE) والمياه الكلية (WUE).	**113**
4	معامل استجابة المحصول للري الناقص Ky.	**118**

أولاً: الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة

Soil Physical &Chemical Characteristics

1- محتوى التربة من المادة العضوية Soil Content of Organic Matter

توضح البيانات المدرجة في الجدول(11) نتائج تحليل التربة فيما يتعلق بمحتواها من المادة العضوية عند نهاية كل موسم زراعي من المواسم الأربعة في هذه الدراسة ومن أجل الأفقين السطحي (0-25 سم) وتحت السطحي (25-50 سم) في بداية ونهاية مدة الدراسة.

جدول 11. محتوى التربة من المادة العضوية(%) في نهاية كل موسم نمو.

الموسم الرابع		الموسم الثالث	الموسم الثاني	الموسم الأول		OM %
50-25	25-0	25-0	25-0	50-25	25-0	
1.75^{a}	4.24^{a}	3.64^{a}	3.08^{a}	1.87^{a}	2.77^{a**}	I1F1
1.23^{d}	3.43^{c}	2.83^{d}	2.30^{d}	1.17^{d}	1.72^{c}	I1F2
0.99^{g}	2.37^{f}	1.78^{g}	1.29^{g}	0.88^{f}	1.01^{e}	I1F3
0.75^{i}	0.89^{j}	0.84^{j}	0.78^{j}	0.56^{i}	0.68^{g}	I1F4
0.66^{k}	0.78^{k}	0.75^{l}	0.77^{j}	0.42^{j}	0.62^{gh}	I1F5
1.59^{b}	3.56^{b}	3.21^{b}	2.95^{b}	1.81^{b}	2.64^{b}	I2F1
1.09^{e}	2.87^{e}	2.45^{e}	1.93^{e}	1.11^{e}	1.62^{d}	I2F2
0.89^{h}	1.99^{h}	1.50^{h}	1.15^{h}	0.82^{g}	0.99^{e}	I2F3
0.74^{i}	0.79^{k}	0.79^{k}	0.79^{j}	0.52^{i}	0.65^{gh}	I2F4
0.68^{j}	0.78^{k}	0.77^{kl}	0.77^{j}	0.41^{j}	0.61^{h}	I2F5
1.28^{c}	3.22^{d}	3.03^{c}	2.86^{c}	1.72^{c}	2.59^{b}	I3F1
1.01^{f}	2.21^{g}	1.99^{f}	1.76^{f}	1.10^{e}	1.58^{d}	I3F2
0.88^{h}	1.54^{i}	1.36^{i}	1.00^{i}	0.76^{h}	0.81^{f}	I3F3
0.65^{k}	0.79^{k}	0.77^{kl}	0.77^{j}	0.52^{i}	0.65^{gh}	I3F4
0.69^{j}	0.76^{k}	0.76^{kl}	0.77^{j}	0.41^{j}	0.60^{h}	I3F5
0.02	0.03	0.03	0.06	0.05	0.06	$L.S.D_{\%5}$

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

تشير نتائج تفاعل معاملات الري والتسميد في الجدول السابق إلى تفوق المعاملة I1F1 بنهاية الموسم الأول من التجربة تفوقاً معنوياً على بقية المعاملات، وبالدرجة الثانية تأتي المعاملات I2F1 و I3F1 على التوالي. أقل المعاملات تغيراً من حيث محتوى تربتها من المادة العضوية هي المعاملات المعدنية المفردة والشاهد ضمن مستويات الري الثلاث المطبقة، حيث بلغت

الزيادة المحققة في أفضل المعاملات I1F1 عن أقل المعاملات I3F5 ما نسبته 358% في الأفق السطحي و 354% في الأفق تحت السطحي، هذه النتيجة تتفق مع Biswas وزملاؤه (2014) ومع Blanchet وزملاؤه (2016)، كما تنسجم مع Brown و Cotton (2011) من حيث تفوق محتوى الأفق السطحي المستهدف بالإضافات العضوية على الأفق تحت السطحي.

استمرت هذه الزيادة خلال المواسم التالية مع تراكم الإضافات من الكومبوست بنسب اختلفت مع مستوى الإضافة، فنجد بنهاية الموسم الرابع التفوق المعنوي للمعاملات ذات الإضافات العالية كالمعاملة I1F1 بالدرجة الأولى ثم المعاملات I2F1 و I3F1 بالدرجة الثانية وبزيادة بلغت مقارنة بالمعاملة الأقل I3F5 (455%–366%–322%) للمعاملات السابقة على التوالي من أجل الأفق السطحي.

نلاحظ أيضاً ارتفاع محتوى التربة من المادة العضوية مع ازدياد مستوى الإضافة من الكومبوست ضمن كل مستوى ري مطبق، فنجد أن الزيادة بلغت بنهاية الموسم الرابع (204%– 443 % –339%) عند مقارنة المعاملات (I1F3-I1F2-I1F1) بالشاهد ضمن مستوى الري ذاته في الأفق السطحي بمقابل 14% فقط للمعاملة I1F4. وبنفس النهج بالنسبة لمستويات الري I2 و I3 بحيث بقيت المعاملات المعدنية المفردة والشاهد ذات قيم متقاربة جداً ضمن مستويات الري الثلاث وعلى امتداد المواسم الأربعة ضمن هذه التجربة وفي الأفقين المدروسين، وهي نتيجة تتفق مع ما وجده Adugna (2016) ومع Chatterjee وزملاؤه (2017).

2- الكثافة الظاهرية للتربة (غ/سم^3) *Soil Bulk Density*

نلاحظ من الجدول(12) الخاص بقيم الكثافة الظاهرية للتربة عدم وجود تأثير معنوي لمستويات الري على قيم الكثافة الظاهرية التي أخذت القيم ذاتها في كل مستوى تسميد ضمن مستويات الري الثلاث المطبقة. فتفوقت المعاملة F1 بنهاية الموسم الأول وبعد إضافة واحدة من كومبوست القمامة معنوياً على المعاملة المعدنية F4 والشاهد ضمن مستويات الري الثلاث من حيث خفضها لكثافة تربة الدراسة. استمر هذا الاتجاه بالانخفاض مع ازدياد مستويات الإضافة من جهة فبلغت نسبة الانخفاض 31%–28%–27% للمعاملات I1F1 -I1F2- I1F3 مقارنة بالمعاملة I1F5 بنهاية الموسم الرابع ومع تكرار الإضافات مع المواسم من جهة أخرى، بحيث بلغ هذا الانخفاض17 – 20 –22% للمعاملات ذاتها مقارنة بقيم كل منها عند نهاية الموسم

الأول وهذا يتفق مع نتائج Jeyamangalom (2015) ونتائج Diacono و Montemurro (2010).

خلال الموسمين الثاني والثالث تفوقت المعاملة F1 معنوياً على بقية المعاملات ضمن كل مستويات الري، كما تفوقت المعاملات F2 و F3 على المعاملات المعدنية F4 والشاهد ضمن كل مستويات الري، بنهاية التجربة نجد أن الفروق الإحصائية بين مستويات الإضافة الثلاث من كومبوست القمامة بقيت غير معنوية فيما بينها لكنها تفوقت معنوياً على المعاملات F4 و F5، أما أكبر انخفاض مسجل لكثافة تربة الدراسة فوجد في المعاملات ذات مستوى الإضافة الأعلى F1 (I3-F1 , I2F1 , I1F1) وبلغ 31% مقارنة بالشاهد.

جدول 12 . كثافة التربة الظاهرية (غ/سم^3) للأفق السطحي (0-25) سم:

الكثافة الظاهرية (0-25) سم المعاملات	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
I1F1	0.949^{a}	0.873^{a}	0.814^{a}	0.790^{a}
I1F2	1.028^{ab}	0.935^{b}	0.848^{b}	0.825^{a}
I1F3	1.070^{ab}	0.944^{b}	0.850^{b}	0.838^{a}
I1F4	1.165^{b}	1.156^{c}	1.155^{c}	1.091^{b}
I1F5	1.159^{b}	1.155^{c}	1.159^{c}	1.144^{c}
I2F1	0.949^{a}	0.874^{a}	0.813^{a}	0.794^{a}
I2F2	1.029^{ab}	0.933^{b}	0.850^{a}	0.829^{a}
I2F3	1.070^{ab}	0.941^{b}	0.853^{b}	0.839^{a}
I2F4	1.164^{b}	0.944^{b}	1.157^{c}	1.090^{b}
I2F5	1.159^{b}	1.157^{c}	1.158^{c}	1.144^{c}
I3F1	0.948^{a}	0.877^{a}	0.813^{a}	0.790^{a}
I3F2	1.029^{ab}	0.934^{b}	0.848^{b}	0.822^{a}
I3F3	1.070^{ab}	0.944^{b}	0.857^{b}	0.843^{a}
I3F4	1.165^{b}	1.157^{c}	1.155^{c}	1.087^{b}
I3F5	1.159^{b}	1.156^{c}	1.158^{c}	1.144^{c}
L.S.D$_{\%5}$	0.071	0.028	0.020	0.028

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

هذا الانخفاض في الكثافة الظاهرية نتج بشكل مباشر عن الأثر المخفف لخلط كومبوست القمامة ذو الكثافة المنخفضة جدول(3) (متوسط كثافته 0.58 غ/سم^3) مع التربة الطينية الثقيلة ذات الكثافة الأعلى (1.15 غ/سم^3)، وهذا يتفق مع Liu وزملاؤه (2007) الذي وضح أن

كثافة التربة تنخفض مع الإضافات العضوية كنتيجة لخلط الجزء العضوي الأخف وزناً مع الجزء المعدني الأثقل، وتتلاقى هذه النتيجة أيضاً مع: Brown وCotton (2011) ونتائج Six وأخرين (2004) التي وجدت أن التأثير المخفف للمحسنات العضوية يزداد مع ازدياد نسبة الجزء العضوي على حساب الجزء المعدني، هذا الانخفاض في كثافة التربة الطينية الثقيلة يعتبر انخفاضاً مرغوباً ويتلاقى مع نتائج Adugna (2016).

إذا كان تأثير الإضافات العضوية على وزن التربة مباشراً فإن لها تأثيراً غير مباشر على الفراغ المسامي للتربة عبر تأثيرها في تحبب التربة وتطور مسامها كنتيجة لزيادة الإضافات العضوية للنشاط البيولوجي في التربة، هذا التغيير في المسامية ذو تأثير غير مباشر على قيم الكثافة الظاهرية للتربة التي تنخفض مع ازدياد المسامية الكلية للتربة متفقة مع Franzluebbers (2002) ومع نتائج Franzluebbers وأخرين (2000).

أما عن بقاء الفروق المحققة في كثافة التربة الظاهرية غير معنوية بين المعاملات العضوية من جهة وعن انخفاضها بنسب صغيرة بالمقارنة مع الشاهد من جهة أخرى فذلك ذكر أيضاً في أبحاث أخرى متفقة مع نتيجة هذا البحث مثل Bauer (1974) الذي بين أن كثافة التربة انخفضت بمعدل 0.07 غ/سم^3 فقط من أجل 1% زيادة في محتوى التربة من المادة العضوية، ومع Kowaljow وزملاؤه (2017) الذي وجد أن الانخفاض الناتج عن الإضافات العضوية لم يتجاوز 16–18% من الكثافة الظاهرية لتربة الشاهد، وهذا عائد بشكل أساسي لكون التأثير المتوقع في مسامية الترية يحتاج لفترة زمنية أطول بحسب Chatterjee وزملاؤه (2017) من جهة و لقوام التربة الطيني من جهة أخرى بحسب Tanveera وزملاؤه (2016) الذي وجد علاقة معنوية سلبية بين محتوى التربة من الطين وكثافتها الظاهرية، لكن ورغم عدم معنوية هذه الفروق إحصائياً بين المعاملات العضوية إلا أن لهذا التغيير تأثيراً كبيراً على أرض الواقع والذي سينعكس بصورة إيجابية على العديد من خواص التربة الأخرى، هذا يتلاقى مع Ghestem وزملاؤه (2014) الذي اعتبر الكثافة الظاهرية للتربة أحد أهم المؤشرات الدالة على محتواها من المادة العضوية، ومع Khairuddin وأخرين (2018) الذي اعتبرها مؤشراً على الحالة المسامية للتربة وطبيعة بنائها.

3- كثافة التربة الحقيقة (غ/سم^3) Soil Practical Density

يعتبر حساب الكثافة الحقيقية ضرورياً للتوصيف الجيد للتربة الزراعية لكونها تعطي فكرة واضحة عن نوع مكونات التربة ومحتواها من المادة العضوية من جهة، وتدخل من جهة أخرى في حساب بعض أهم صفات التربة وهي المسامية الكلية (Askin and Ozdemir , 2003 ; Hillel , 1982). نلاحظ من الجدول(13) أن قيم الكثافة الحقيقة للتربة رغم الانخفاض الذي طرأ على قيمها بنهاية الموسم الأول من الدراسة إلا الفروق الإحصائية بين المعاملات بقيت جميعها غير معنوية. حيث وجد التفوق المعنوي في نهاية الموسم الثاني للمعاملات F1 و F2 ضمن مستويات الري الثلاث مقارنة بالمعاملات F4 والشاهد.

جدول 13. كثافة التربة الحقيقة (غ/سم^3) للأفق السطحي (0-25) سم:

الكثافة الحقيقية (0-25) سم / المعاملات	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
I1F1	2.525^{a}	2.448^{a}	2.395^{a}	2.361^{a}
I1F2	2.735^{a}	2.521^{a}	2.449^{ab}	2.432^{ab}
I1F3	2.758^{a}	2.563^{ab}	2.493^{b}	2.459^{ab}
I1F4	2.763^{a}	2.637^{b}	2.608^{c}	2.587^{b}
I1F5	2.774^{a}	2.644^{b}	2.615^{c}	2.628^{b}
I2F1	2.518^{a}	2.432^{a}	2.394^{a}	2.360^{a}
I2F2	2.734^{a}	2.522^{ab}	2.452^{ab}	2.428^{ab}
I2F3	2.753^{a}	2.593^{ab}	2.493^{b}	2.455^{ab}
I2F4	2.767^{a}	2.631^{b}	2.616^{c}	2.589^{b}
I2F5	2.760^{a}	2.635^{b}	2.617^{c}	2.632^{b}
I3F1	2.525^{a}	2.442^{a}	2.395^{a}	2.358^{a}
I3F2	2.744^{a}	2.522^{ab}	2.452^{ab}	2.433^{ab}
I3F3	2.760^{a}	2.566^{ab}	2.494^{b}	2.459^{ab}
I3F4	2.767^{a}	2.635^{b}	2.611^{c}	2.587^{b}
I3F5	2.771^{a}	2.641^{b}	2.620^{c}	2.629^{b}
L.S.D$_{\%5}$	0.19	0.16	0.06	0.11

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

ازداد هذا الانخفاض مع تكرار الإضافات من كومبوست القمامة فوجد أقصى انخفاض عند مقارنة أعلى مستوى إضافة I1F1 مع الشاهد من مستوى الري ذاته I1F5 بنسبة 6% في

نهاية الموسم الثاني و 8% في نهاية الموسم الثالث ووصلت إلى 10% عند نهاية الموسم الرابع والأخير. هذا الانخفاض في الكثافة الحقيقية للتربة وُجد أيضاً من قِبل Jeyamangalom (2015)، ويعود بشكل أساسي للأثر المخفف للإضافات العضوية من كومبوست القمامة.

بينما تعود الاختلافات بين المعاملات في كون الفروق معنوية في المراحل الأولى لتنخفض إلى فروق غير معنوية عند نهاية التجربة إلى فقد جزء من المادة العضوية بالتحلل خاصة وأن العام 2016 كان الأكثر حرارة وسرّع من عملية تحطم وتحلل المواد العضوية المضافة، وهذا ينسجم مع نتائج Gabriela (2016).

4- المسامية الكلية (%) للتربة Soil Total Porosity

توضح بيانات الجدول (14) تأثير تفاعل الإضافات العضوية مع معاملات الري خلال المواسم الأربعة على المسامية الكلية لتربة الدراسة (%). بما أن قيم المسامية الكلية قُدّرت عند نهاية كل موسم نمو بعد عمليات الحصاد وانتهاء عمليات الري، نجد أن تأثير مستويات الري لم يظهر مقارنة بتأثير مستويات التسميد المطبقة والتي اتخذت منحى التغيير ذاته ضمن مستويات الري الثلاث.

رغم الزيادة التي لوحظت في قيم المسامية في نهاية الموسم الأول إلا أن الفروق أصبحت أوضح في نهاية الموسم الثاني مع تكرار الإضافات العضوية بتفوق المعاملات ذات مستويات الإضافة F1 و F2 و F3 معنوياً على المعاملات ذات المستويات F4 و F5 بغض النظر عن مستوى الري.

استمر هذا النمط من التغيير حتى نهاية التجربة وبعد أربع إضافات من كومبوست القمامة، وجدت أعلى زيادة في المعاملات ذات الإضافات الأعلى I3F1 – I2F1 – I1F1 بنسب بلغت 18% – 17% –18% على التوالي عند مقارنة كل منها بشاهد مستوى الري ذاته، نسب الزيادة الصغيرة وعدم معنوية الفروق بين مستويات الإضافة العضوية من أجل قيم المسامية الكلية للتربة بيّنها من قبل Bouajila وSanaa (2011) رغم أنها أظهرت دائماً قيماً أعلى وأفضل من الشاهد. هذا التحسّن في مسامية التربة وجد أيضاً في نتائج Adugna (2016) ومع Biswas وزملاؤه (2014)، كما تتفق نتائج هذا البحث من حيث ازدياد تأثير الإضافات العضوية في مسامية التربة مع ازدياد الكميات المضافة مع Bouajila وSanaa (2011)

الذي وجد بشكل مشابه ازدياد الأثر الإيجابي للكومبوست المضاف مع ارتفاع مستوى الإضافة موضحاً أن أفضل مستوى بلغ 120 طن/هـ مقارنة بالشاهد.

جدول 14 . المسامية الكلية للتربة (%) للأفق السطحي (25-50) سم:

المسامية الكلية (0-25) سم المعاملات	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
I1F1	62.26[a]	64.12[a]	66.03[a]	66.52[a]
I1F2	62.39[a]	62.90[a]	65.36[a]	65.94[a]
I1F3	61.20[a]	63.18[a]	65.93[a]	65.91[a]
I1F4	57.83[a]	56.12[b]	55.71[b]	57.83[b]
I1F5	58.23[a]	56.29[b]	55.69[b]	56.44[b]
I2F1	61.97[a]	63.87[a]	66.04[a]	66.32[a]
I2F2	62.38[a]	63.01[a]	65.41[a]	65.85[a]
I2F3	61.14[a]	63.66[a]	65.78[a]	65.80[a]
I2F4	57.92[a]	56.01[b]	55.78[b]	57.90[b]
I2F5	57.99[a]	56.09[b]	55.75[b]	56.54[b]
I3F1	61.20[a]	63.89[a]	66.03[a]	66.44[a]
I3F2	62.52[a]	62.98[a]	65.39[a]	66.22[a]
I3F3	61.24[a]	63.16[a]	65.64[a]	65.71[a]
I3F4	57.87[a]	56.09[b]	55.76[b]	57.99[b]
I3F5	58.15[a]	56.22[b]	55.80[b]	56.50[b]
L.S.D%5	3.024	2.484	1.335	1.996

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

التذبذب الملاحظ في قيم المسامية الكلية لتربة الشاهد (بصرف النظر عن مستوى الري) خلال المواسم الأربعة يعود إلى انخفاض محتواه من المادة العضوية، التي تعتبر بحسب الآراء المرجعية العامل الأكثر تأثيراً في مسامية التربة، حيث البقايا الجذرية والأوراق المتساقطة من عروش محصول البطاطا هي مصدر الشاهد الوحيد من المادة العضوية المضافة والتي تعتبر بمجملها صغيرة الكمية في ظل مناخ متوسطي حار وجاف يسرّع عمليات التحلل وفقد المادة العضوية من التربة الزراعية، وقد تعزى إلى التأثير السطحي لدورات الترطيب والتجفيف التي تتعرض لها الترب المروية وهذ يتفق مع: Piccolo وMbagwu (1999).

تعود الزيادة المحققة في مسامية تربة الدراسة على مدى المواسم الزراعية الأربعة لكون كومبوست القمامة مادة ذات مسامية عالية جدول (3)(بمتوسط 64.52 %) يمكنها أن تعدّل مسامية

التربة التي ستشغل جزءاً منها بعد الخلط، إلى جانب الدور الإيجابي للكومبوست المضاف في تشكيل التجمعات الترابية وتحسين ثباتها ومقاومتها للانهيار وهذا يتفق مع Amlinger وزملاؤه (2007) الذي أكد على أهمية السكريات المختلفة الناتجة عن تحلل المواد العضوية في ربط الحبيبات الترابية في تجمعات أكبر تحجز فيما بينها مساماً ذات حجم أكبر وتتماشى مع Adugna (2016) الذي شبّه هذه السكريات بالمواد الصمغية التي تساهم في تحسين تشكيل وثبات تجمعات ترابية أكبر.

5- سعة احتفاظ التربة بالماء عند حد السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم (حجماً ووزناً):

تعد قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء إلى حين تقديمه كماء متاح للامتصاص النباتي من أهم خواصها الفيزيائية والتي تؤثر بشكل جوهري على مجمل الظروف الهوائية والمائية والكيميائية للتربة وبالتالي إنتاجيتها بشكل عام. حيث تبين المعطيات المدرجة في الجدول (15) قيم الرطوبة الحجمية لتربة الدراسة عند حد السعة الحقلية والتي بقيت متقاربة عند نهاية الموسم الأول رغم الارتفاع الملاحظ في قيمها المسجلة للمعاملات العضوية.

جدول 15 .الرطوبة الحجمية لتربة الدراسة عند حد السعة الحقلية (m^3/m^3) :

السعة الحقلية حجما(0-25) سم المعاملات	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
I1F1	0.38^{a}	0.39^{a}	0.41^{a}	0.42^{a}
I1F2	0.37^{a}	0.38^{ab}	0.39^{b}	0.39^{ab}
I1F3	0.36^{a}	0.37^{bc}	0.37^{cd}	0.38^{ab}
I1F4	0.35^{a}	0.36^{c}	0.36^{d}	0.36^{b}
I1F5	0.36^{a}	0.36^{c}	0.36^{d}	0.36^{b}
I2F1	0.38^{a}	0.39^{a}	0.41^{a}	0.42^{a}
I2F2	0.37^{a}	0.38^{ab}	0.39^{b}	0.40^{ab}
I2F3	0.36^{a}	0.36^{c}	0.37^{cd}	0.38^{ab}
I2F4	0.35^{a}	0.36^{c}	0.36^{d}	0.36^{b}
I2F5	0.36^{a}	0.36^{c}	0.36^{d}	0.36^{b}
I3F1	0.38^{a}	0.39^{a}	0.41^{a}	0.42^{a}
I3F2	0.37^{a}	0.38^{ab}	0.39^{b}	0.39^{ab}
I3F3	0.36^{a}	0.36^{bc}	0.38^{bc}	0.38^{ab}
I3F4	0.35^{a}	0.36^{c}	0.36^{d}	0.36^{b}
I3F5	0.31^{a}	0.37^{c}	0.36^{d}	0.63^{b}
L.S.D%5	0.022	0.014	0.014	0.023

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

استمر هذا الارتفاع مع الإضافة الثانية من كومبوست القمامة فتفوقت المعاملات ذات الإضافات الأعلى F1 معنوياً على المعاملات المختلطة F3 والمعدنية F4 بالإضافة للشاهد ضمن كل مستويات الري.

كما استمر التطور والازدياد في محتوى الرطوبة الحجمي بعد الإضافة الثالثة فاتضح الاختلاف الناتج عن كل مستوى تسميد وأصبح الفارق الإحصائي معنوياً بين كل مستوى تسميد عضوي مع المستويات الأقل منه، لكن نلاحظ أن هذا الفارق انخفض بنهاية الموسم الرابع لتنتهي التجربة بزيادة حجمية قدرها 18% في المعاملات ذات الإضافة F1 وبنسبة 6% للمعاملات المختلطة F3 مقارنة بالشاهد لمستويات الري الثلاثة، أما الزيادة المحققة في نهاية التجربة مقارنة بما حققته المعاملات بنهاية الموسم الأول فبلغت أعلى قيمها 11% في المعاملات ذات الإضافات العالية F1 وأقلها زيادة 3% وجدت في المعاملات المعدنية F4 ضمن كل مستويات الري مقارنة بما حققته في الموسم الأول. حيث أن تعرض جزء من الكومبوست المضاف إلى التحلل مضافاً إليه انخفاض الكميات المضافة بعد الموسم الثاني (جدول9) كان سبباً رئيساً في الانخفاض الملاحظ من أجل الفروق رغم استمرار منحى الازدياد عن المواسم السابقة.

بالمقارنة مع محتوى التربة من الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية نجد أن القيم عند حد الذبول اتخذت منهجاً مختلفاً إذ انخفضت رطوبة التربة الحجمية مع ازدياد المضاف من الكومبوست بقيم كانت أكثر استقراراً على مدى المواسم الأربع.

نلاحظ من الجدول(16) التفوق المعنوي للمستويات العالية من الإضافات العضوية ضمن مستويات الري الثلاث منذ الموسم الأول وإن لم تكن نسب الانخفاض عالية جداً فلم تتجاوز 15.6%-8.5% مقارنة بالشاهد للمعاملات ذات مستويات الإضافة F2-F1 على التوالي ضمن مستويات الري الثلاثة لكنها كانت ذات تأثير أوضح من المعاملات المختلطة والمعدنية المفردة التي بقيت ذات قيم متقاربة وقريبة من الشاهد غير المحسن.

إلى جانب ازدياد هذا الانخفاض مع تكرار الإضافات العضوية نجد أن المعاملة المختلطة تطورت ليصبح الفارق الإحصائي غير معنوي مع المعاملة الأعلى F2 بعد الإضافة الثانية حتى نهاية الموسم الرابع، فتنتهي التجربة بنسب انخفاض بلغت مقارنة بالشاهد -12.7%-2.6% 31%-19.7%% للمستويات F4-F3-F2-F1 على التوالي ضمن كل مستوى ري.

جدول 16 . المحتوى الرطوبي الحجمي عند نقطة الذبول الدائم لتربة الدراسة (m^3/m^3).

نقطة الذبول الدائمة حجما (0-25) سم المعاملات	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
I1F1	0.22^{a}	0.20^{a}	0.20^{a}	0.19^{a}
I1F2	0.23^{ab}	0.23^{b}	0.22^{b}	0.21^{b}
I1F3	0.24^{bc}	0.24^{b}	0.22^{b}	0.21^{b}
I1F4	0.26^{bc}	0.25^{b}	0.24^{c}	0.24^{c}
I1F5	0.26^{c}	0.25^{b}	0.25^{c}	0.25^{c}
I2F1	0.21^{a}	0.20^{a}	0.20^{a}	0.19^{a}
I2F2	0.23^{ab}	0.23^{b}	0.22^{b}	0.21^{b}
I2F3	0.24^{bc}	0.24^{b}	0.22^{b}	0.22^{b}
I2F4	0.26^{bc}	0.25^{b}	0.24^{c}	0.24^{c}
I2F5	0.26^{bc}	0.25^{b}	0.25^{c}	0.25^{c}
I3F1	0.22^{a}	0.20^{a}	0.20^{a}	0.19^{a}
I3F2	0.23^{ab}	0.23^{b}	0.22^{b}	0.21^{b}
I3F3	0.24^{bc}	0.24^{b}	0.22^{b}	0.22^{b}
I3F4	0.25^{bc}	0.25^{b}	0.24^{c}	0.24^{c}
I3F5	0.26^{bc}	0.25^{b}	0.25^{c}	0.25^{c}
L.S.D$_{\%5}$	0.02	0.02	0.013	0.015

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

لتوضيح هذه التغيرات التي طرأت على تربة الدراسة بعد الإضافات العضوية من أجل قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة المقدمة سواء كأمطار أو على شكل مياه ري، لابدّ من ملاحظة التغيير الحاصل في محتواها الرطوبي الوزني عند الحدود السابقة (FC- PWP). حيث يوضح الجدول (17) قيم هذا التغيير على امتداد التجربة.

الذي اتخذ منحاً مختلفاً تماماً عن الرطوبة الحجمية إذا بدأت رطوبة التربة الوزنية بالازدياد مع الإضافات من الكومبوست، بتفوق معنوي واضح للمعاملات ذات المستوى الأعلى من الإضافة (F1) وبزيادة بلغت 30% مقارنة بالشاهد بعد الإضافة الأولى فقط. التغيير الذي أحدثته المستويات العالية من الإضافات كان واضحاً على امتداد التجربة فيما لوحظ التذبذب فقط في المعاملات المختلطة ذات الإضافات الأقل بين فرق معنوي وغير معنوي عن المعاملات المعدنية F4 وذات مستوى الإضافة F2. بدراسة الأثر التراكمي للإضافات فقد اتضح أن رطوبة التربة الوزنية ازدادت بنهاية التجربة بمعدل 66–50–44% للمعاملات ذات مستويات الإضافة

F3-F2-F1 على التوالي مقارنة بالشاهد ضمن كل مستوى ري، أما الإضافات المعدنية فلم ينتج عنها أكثر من 5% مقارنة بالشاهد.

جدول 17. رطوبة التربة الوزنية عند حد السعة الحقلية لتربة الدراسة%:

السعة الحقلية وزنا (0-25) سم / المعاملات	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
I1F1	39.72^{a}	44.72^{a}	50.07^{a}	52.51^{a}
I1F2	35.86^{b}	40.56^{b}	45.84^{b}	47.54^{ab}
I1F3	33.40^{bc}	38.62^{b}	43.72^{c}	45.55^{b}
I1F4	30.07^{c}	30.70^{c}	31.17^{d}	33.23^{c}
I1F5	30.68^{c}	30.87^{c}	30.83^{d}	31.69^{c}
I2F1	39.79^{a}	44.66^{a}	49.91^{a}	52.48^{a}
I2F2	35.67^{b}	40.54^{b}	45.80^{b}	47.60^{ab}
I2F3	33.39^{bc}	38.48^{b}	43.48^{c}	45.46^{b}
I2F4	30.09^{c}	30.70^{c}	31.16^{d}	33.21^{c}
I2F5	30.66^{c}	30.88^{c}	30.81^{d}	31.63^{c}
I3F1	39.74^{a}	44.57^{a}	50.13^{a}	52.51^{a}
I3F2	35.93^{b}	40.61^{b}	45.70^{b}	47.62^{ab}
I3F3	33.37^{bc}	38.58^{b}	44.26^{c}	45.42^{b}
I3F4	30.03^{c}	30.68^{c}	31.13^{d}	33.19^{c}
I3F5	30.67^{c}	30.87^{c}	30.99^{d}	31.63^{c}
L.S.D%5	1.85	1.74	1.72	1.68

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

الاختلاف الأكبر وجد من أجل الرطوبة الوزنية عند معامل الذبول الدائم (جدول 18) حيث اتخذت الفروق منحنى انخفضت فيه الرطوبة الوزنية مع ارتفاع مستوى الإضافة، وبالرغم من عدم معنوية الفروق لكن كانت أعلى القيم مسجلة في ترب المعاملات المختلطة F3، وهي نتيجة طبيعية لتآزر عاملين هما: محتوى عضوي حامل للرطوبة ميزها عن معاملات الشاهد والمعاملات المعدنية المفردة، وسطح نوعي أعلى برر تفوقها على المعاملات العضوية الأعلى حيث استبدال عضوي أكبر للمحتوى الطيني وهذا تؤيده حقيقة تأثر الرطوبة الوزنية للتربة بسطحها النوعي ومحتواها العضوي، وهذا ذكره وأيده Khaleel وزملاؤه (1981) الذي وجد زيادة في محتوى التربة الرطوبي الوزني عند حدي السعة الحقلية ونقطة الذبول رغم كون هذه الزيادة صغيرة في الترب الطينية، وبأن المحتوى المائي الوزني يتحدد بشكل كبير بواسطة مساحة السطح النوعي وسماكة الأغشية المائية على هذه السطوح. أما صغر الفروق المحققة فهو قد

ورد أيضاً في نتائج Khaleel وزملاؤه (1981) و Bauer (1974) الذين وجدوا بأن أكثر الاختلافات وضوحاً وجدت عند السعة الحقلية في حين لم تظهر فروق واضحة عند نقطة الذبول في التربة الطينية.

جدول 18. رطوبة التربة الوزنية عند حد نقطة الذبول الدائم (%).

نقطة الذبول الدائمة وزناً (0-25)سم المعاملات	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
I1F1	22.68^{a}	22.87^{bc}	24.37^{ab}	23.82^{abc}
I1F2	22.80^{a}	24.41^{ab}	25.85^{ab}	24.85^{ab}
I1F3	22.80^{a}	25.40^{a}	26.34^{a}	25.56^{a}
I1F4	21.91^{a}	21.33^{c}	21.01^{c}	22.14^{cd}
I1F5	22.47^{a}	21.65^{c}	21.55^{c}	21.52^{d}
I2F1	22.48^{a}	22.83^{bc}	24.37^{b}	23.48^{bc}
I2F2	22.78^{a}	24.46^{ab}	25.77^{ab}	24.84^{ab}
I2F3	22.70^{a}	25.37^{a}	26.28^{ab}	25.56^{a}
I2F4	22.04^{a}	21.36^{c}	21.09^{c}	22.09^{cd}
I2F5	22.09^{a}	21.71^{c}	21.52^{c}	21.49^{d}
I3F1	22.86^{a}	22.84^{bc}	24.37^{ab}	23.77^{abc}
I3F2	22.56^{a}	24.45^{ab}	25.84^{ab}	24.88^{ab}
I3F3	22.76^{a}	25.47^{a}	26.23^{ab}	25.57^{a}
I3F4	21.84^{a}	21.23^{c}	21.03^{c}	22.06^{cd}
I3F5	22.00^{a}	21.67^{c}	21.54^{c}	21.49^{d}
L.S.D%5	1.85	1.74	1.72	1.68

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

يمكن تفسير النتائج السابقة بالاعتماد على آلية تأثير الإضافات العضوية في قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة وتآزر جميع التغيرات التي طرأت على خواص تربة الدراسة كالمسامية مثلاً في القيم الناتجة عند حد السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم. حيث تتفق أغلب الدراسات المرجعية مع نتائج هذه الدراسة من حيث قدرة الإضافات العضوية على كمية الماء الممسوك بها في قطاع التربة ورفع قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة عبر عاملين هما: العامل الأول يتعلق بزيادة كمية المياه القابلة للنفاذ إلى داخل التربة عبر إمساكها بالمياه الواصلة لسطح التربة لفترات أطول (الإضافات استهدفت الطبقة السطحية من التربة) فتفسح مجالاً أطول أمام هذه المياه للدخول إلى التربة من جهة وعبر تأثيرها الإيجابي في المسامية الكلية و نفاذية التربة بشكل عام من جهة أخرى، حيث تسمح بدخول كميات مياه أكبر وتنتشر كميات الرطوبة الواصلة إلى المنطقة

الجذرية بسهولة وفعالية ومنها للمجاميع الجذرية، وهذا يتفق مع نتائج Giusquiani وزملاؤه (1995) الذي أشار لدور المادة العضوية في استمرار الوظيفة المسامية للتربة و احتفاظها العالي بالرطوبة.

أما العامل الثاني فيتعلق بكمية المياه التي تكون التربة قادرة على الاحتفاظ بها والتي تعود للقدرة الكبيرة للمادة العضوية بحسب طبيعتها ومكوناتها على الاحتفاظ بكميات أكبر من المياه مقارنة بالمكونات الصلبة للتربة، وهذا بينه أيضاً Bauer (1974) حين أكدت نتائجه القدرة العالية للمواد العضوية على امتصاص المياه المقدمة سواء كمياه ري أو كهطول مطري، كما تتفق مع Waksman (1932) الذي شبّه المواد العضوية ببوليميرات ذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة، وتتفق بشدة مع نتيجة حساب سعة التشبع الرطوبي للكومبوست المضاف (بمتوسط 3.33غ ماء/ غ كومبوست مادة جافة) والمدرجة في الجدول (3).

من جهة أخرى التأثير الجوهري والأساسي للمادة العضوية على بناء التربة المحدد لمساميتها الكلية (حجماً ونوعاً) والهوائية وبالتالي المساحة الكلية أو الحيز الفراغي المهيأ لاستقبال كميات إضافية من المياه سواء مياه ري أو أمطار، ويمكن الاستدلال على ذلك من علاقة الارتباط القوية التي تربط مسامية التربة بقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة. بالإضافة لدور المادة العضوية في زيادة الثبات المائي للتجمعات الترابية المتكونة وحمايتها من التأثر بالمياه أو ما يسمى التحطم المائي للتجمعات الترابية وهذا يتفق مع نتائج Capriel وزملاؤه (1990) الذي بيّن وجود ارتباط معنوي وقوي بين الإضافات العضوية وثبات التجمعات الترابية (R^2 = 0.91). تتفق أيضاً نتائج هذه الدراسة مع Shepherd وزملاؤه (2001) الذي أعاد ثبات البناء إلى ارتفاع محتوى التربة من المادة العضوية وبخاصة الدبال.

بعد الأخذ بالحسبان بكل ما سبق نجد أنه من الطبيعي لمحتوى التربة الرطوبي عند السعة الحقلية أن يزداد وزناً وحجماً أما عن سبب انخفاض القيم الحجمية عن الوزنية فهذا يعزى بصورة أساسية لكون المحتوى الحجمي ما هو إلا المحتوى الوزني مضاعفاً بقيم الكثافة الظاهرية للتربة والتي كما تمت الإشارة إليه سابقاً انخفضت مع الإضافات العضوية (جدول 12) الأمر الذي يبرر هذه النتيجة وينسجم مع قيم الارتباط العالية بين محتوى التربة من الرطوبة وكثافتها الظاهرية (R= -0.9).

بالنسبة للنتائج الخاصة بنقطة الذبول فيمكن تفسيرها بالاعتماد على عوامل هذا التغيير والتي تتجلى في أهم مكونين هما: المحتوى من المادة العضوية وقوام التربة المحدد لسطحها النوعي.

من المعروف وبحسب الدراسات المرجعية لـ Khaleel وزملاؤه (1981) أن مقدار الرطوبة الوزنية عند نقطة الذبول الدائم يتحدد بشكل أساسي بمساحة السطح النوعي للتربة خاصةً وأن طريقة الحساب في هذه الدراسة اعتمدت على حساب قيمها من علاقة الرطوبة عند نقطة الذبول بالرطوبة الهيغروسكوبية العظمى للتربة، وبملاحظة القوام الطيني لتربة الدراسة يمكن تفسير قيمها المرتفعة (جدول 2) في معاملات الشاهد والمعاملة المعدنية المفردة.

رفعت الإضافات العضوية قدرة التربة على امتصاص الرطوبة لكنها كانت ذات سطح نوعي أقل مقارنة بحبيبات الطين الناعمة فحيث وجد التوازن ارتفعت القيم (مثل المعاملات المختلطة F3) وحيث ازدادت الإضافات العضوية والمستبدل من الطين انخفضت القيم (مثل المعاملات ذات المستويات F2-F1). أما المحتوى حجماً عند نقطة الذبول فكان نتيجة لتآزر الأثر الواقع على القيم الوزنية للرطوبة والكثافة الظاهرية لتربة الدراسة.

إذا أخذنا بالحسبان القوام الطيني الثقيل لتربة الدراسة الذي يجعلها أساساً ذات قدرة كبيرة على الاحتفاظ بالرطوبة مقارنة بالأنواع الأخرى من الترب، نجد أن الأهمية هنا ليست لتحسين احتفاظها بالرطوبة بقدر تحسين حركيته وإتاحته للنبات المزروع، وهو ما يبرر صغر حجم التغيرات بين المعاملات من حيث قيم التغيير المحققة، وهذا يتفق مع Rawls وزملاؤه (2003) من قبل حين عزى قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء لمحتواها من المادة العضوية متآزراً في التأثير مع قوام التربة، وبأن حساسية التغيير تختلف باختلاف الرطوبة المبدئية للتربة وتنخفض عند المحتوى العالي من الطين.

6- محتوى التربة من الماء الكلي المتاح - Content of Total Available Water TAW

نلاحظ من الجدول (19) التطور الذي وجد من أجل محتوى التربة من الماء الكلي المتاح TAW حيث يتضح أن المعاملات العضوية ذات الإضافات العالية ومنذ نهاية الموسم الأول تفوقت معنوياً على بقية المعاملات ضمن مستويات الري الثلاث، وهذا عائد للكميات التي تلقتها من الكومبوست والتي رفعت محتوى التربة من الماء حجماً ووزناً.

جدول 19 . الماء الكلي المتاح (%) في التربة بنهاية المواسم الأربعة .

الماء الكلي المتاح %	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
المعاملات				
I1F1	48.53^{a}	56.87^{a}	62.71^{a}	67.97^{a}
I1F2	40.34^{c}	45.29^{b}	50.84^{b}	56.12^{b}
I1F3	33.89^{cd}	37.45^{bd}	44.33^{b}	50.28^{b}
I1F4	28.61^{d}	32.52^{d}	35.22^{c}	36.33^{c}
I1F5	28.55^{d}	31.95^{d}	32.24^{c}	34.83^{c}
I2F1	49.27^{a}	56.96^{a}	62.24^{a}	69.05^{a}
I2F2	39.70^{c}	45.02^{bc}	50.95^{b}	56.59^{b}
I2F3	34.08^{cd}	37.05^{bd}	44.03^{b}	50.11^{b}
I2F4	28.13^{d}	32.41^{d}	34.96^{c}	36.35^{c}
I2F5	29.81^{d}	31.82^{d}	32.26^{c}	34.79^{c}
I3F1	47.98^{ab}	57.06^{a}	62.84^{a}	68.16^{a}
I3F2	41.22^{bc}	45.26^{bc}	50.63^{b}	56.03^{b}
I3F3	34.20^{cd}	37.12^{d}	46.44^{b}	50.19^{b}
I3F4	28.61^{d}	32.79^{d}	35.02^{c}	36.30^{c}
I3F5	30.16^{d}	31.89^{d}	32.84^{c}	34.83^{c}
L.S.D%5	6.8	7.34	6.21	8.79

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

بدأت الفروق بين المعاملات بالإزدياد مع تراكم الإضافات العضوية وتتالي المواسم بحيث تفوق كل مستوى تسميد على المستويات الأقل منه ضمن كل مستوى ري، وهذا عائد للفروق في الكميات التي تلقتها من الكومبوست، وهذا يتفق مع Garcia-Gil وزملاؤه (2004). استمرت هذه الزيادة حتى نهاية الموسم الرابع ووجدت أعلى زيادة في المعاملات ذات مستوى الإضافة F1 ضمن مستويات الري الثلاث ومن بعدها للمعاملات ذات الإضافات F2 -F3 على التوالي. بلغت الزيادة بنهاية الموسم الرابع من التجربة إلى 96%–61%–44% على التوالي للمستويات F3-F2-F1 في حين بقي وسطي الزيادة المحققة في تربة المعاملة المعدنية 5% من الموسم الأول وحتى الرابع دون أي تغيير يذكر.التفوق المعنوي كان من نصيب المستوى الأعلى من الإضافة فيمكن ملاحظة التفوق المعنوي لكل مستوى تسميدي على المستويات الأقل باستثناء وحيد في نهاية الموسم الرابع حيث التحسن في ظروف تربة المعاملات المختلطة F3 قلص

الفارق الإحصائي من معنوي إلى غير معنوي مقارنة بالمعاملات الأعلى F2، وهذا يمكن إرجاعه لارتفاع محتواها من الرطوبة الوزنية عند حد الذبول الدائم(جدول18).

يمكن تفسير هذه النتيجة بسبب التغيير الحاصل في قدرة تربها على الإمساك بالرطوبة عند أهم حدين مسؤولين عن تحديد كمية الماء الكلي المتاح التي تستطيع أي تربة الاحتفاظ بها (جدول15) و (جدول16). يبقى تقدير الأثر التراكمي للإضافات العضوية في المتغيرات السابقة الذي يمثل مضمون الجدول (20) ويشير للفروق المعنوية الواضحة بين المواسم الأربعة من حيث كمية الماء الكلي المتاح بتفوق معنوي لكل موسم على المواسم السابقة بنتيجة الأثر التراكمي للفوائد الإيجابية المختلفة للإضافات العضوية من كومبوست القمامة على تربة الدراسة كنتيجة للتحسن الذي تركته المواسم الأربعة على قيم السعة الحقلية ونقطة الذبول لتربة الدراسة.

جدول 20 . الفروق الإحصائية بين المواسم الأربع من أجل الثوابت المائية :

الموسم	***السعة الحقلية*** m^3/m^3	***نقطة الذبول*** m^3/m^3	***الماء الكلي المتاح*** %
4	0.3829^a	0.2188^a	32.81^a
3	0.3774^a	0.2263^b	30.21^b
2	0.3700^b	0.2329^c	27.20^c
1	0.3613^c	0.2409^d	24.08^d
L.S.D%5	0.01331	0.011891	3.651

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

حيث محتوى التربة الرطوبي الحجمي عند نقطة الذبول الدائم ازداد مع تقدم التجربة بفروق إحصائية معنوية بين كل موسم مع ماسبقه، متجهةً نحو الانخفاض أما الرطوبة عند السعة الحقلية (حجماً) فقد اتجهت للازدياد بفروق معنوية بين المواسم باستثناء الموسمين الأخيرين (الثالث والرابع) حيث بقي الفرق الإحصائي بينهما غير معنوي رغم التحسّن بحوالي 2% في الموسم الرابع عن الثالث والذي يعود لانخفاض الكميات المضافة فيهما وتحلل جزء من الكومبوست المضاف سابقاً.

7- النفاذية التراكمية للتربة *Accumulative Soil Infiltration*

تعبر نفاذية التربة عن الظروف الهوائية والمائية للتربة، وتكتسب أهمية خاصة في الترب الطينية الثقيلة كتربة هذه الدراسة، لما يرافق ظروف الرطوبة الزائدة وسوء الصرف من مخاطر على حياة النبات ونموه بشكل عام.وتشير البيانات في الجدول (21) للتحليل الإحصائي لقيم النفاذية المسجلة بعد 5 ساعات والتي حسبت بعد رسم منحى النفاذية التراكمي والحصول على المعادلات الخاصة بكل معاملة التي تربط نفاذية التربة بالزمن الشكل (4,a,b)، حيث يظهر التفوق المعنوي الواضح لكل مستوى تسميد على المستويات الأقل منه مع بقاء الفروق غير معنوية بين معاملة الشاهد والمعاملة المعدنية المفردة بزيادة لم تتجاوز 2% كما هو مبين.

تتصف تربة الدراسة الأصلية بنفاذية ضعيفة تعود لقوامها الطيني الثقيل جدول(2)، ونتيجة الشاهد المسجلة في هذه الدراسة تتفق مع هذا الأساس لكن يبدو واضحاً أن التحسين العضوي بالكومبوست المضاف استطاع تعديل النفاذية وتحسين حركية الماء ضمن قطاع التربة بزيادة ارتفعت مع ازدياد الكميات المضافة عند نهاية هذا البحث لتصل 287%-202%-120% للمعاملات F3-F2-F1 على التوالي مقارنة بالشاهد.

جدول 21. قيم النفاذية التراكمية (سم / سا) لترب المعاملات في نهاية التجربة.

المعاملة	النفاذية التراكمية(سم/ سا)	نسبة الزيادة عن الشاهد %
F1	5.628^{a}	% 287
F2	4.393^{b}	% 202
F3	3.192^{c}	% 120
F4	1.485^{d}	% 2
F5	1.453^{d}	
L.S.D%5	0.4037	

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

لهذا التحسن أثره الإيجابي في قدرة التربة على تزويد النبات بالماء وتوفير ظروف تهوية أفضل تسمح بنمو جذري أكثر كفاءة إلى جانب تحسين قدرة التربة الغذائية لكون المغذيات تصل للشعيرات الجذرية مع ماء التربة بشكل أساسي وهذا يتفق مع Daniel و Bruno (2012) خاصة أن قوام التربة يحتاج لهذا التحسين وهو ما نبه إليه سابقاً Adugna (2016) بأن الترب الطينية تتميز بضعف صرفها للمياه ومع Brown و Cotton (2011) الذي وضح أن تحسين الترب الخشنة يجب أن يُعنى بزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء في حين أن الترب الطينية

بحاجة لتحسين نفاذيتها وقدرة الماء على الرشح من خلالها. بمقارنة الأثر الناتج عن إضافة السماد المعدني المفرد مع نظيره الغذائي (المعاملة المختلطة F3) نجد أن المعاملة F3 تفوقت معنوياً على المعاملة F4 بزيادة وصلت إلى 115% أي بما يزيد عن ضعفي (2 ضعف) قيمة النفاذية في المعاملة المعدنية.

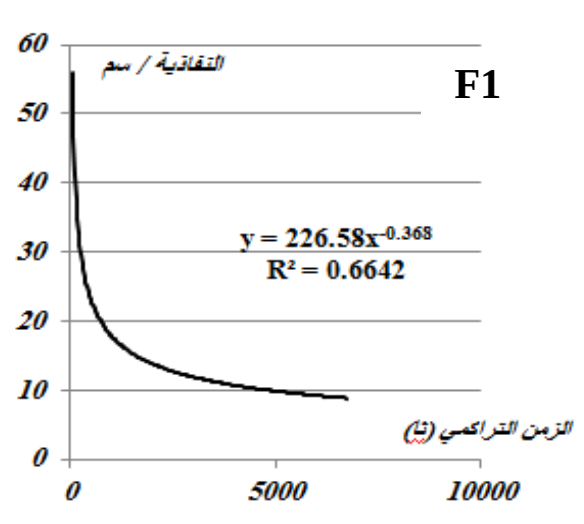
كما نلاحظ أن الزيادة المحققة مع ارتفاع مستويات الإضافة من كومبوست القمامة اتخذت الشكل التالي: 28% زيادة في المعاملة F1 عن F2 وبنسبة 38% في F2 عن F3 وهذا ينسجم مع ما تم توضيحه سابقاً عن قدرة التربة المحسنة عضوياً على الاحتفاظ بالرطوبة الممسوكة لفترة زمنية أطول قبل صرفها وهذا الأثر يزداد بازدياد المحتوى العضوي للتربة كما أثبتBauer (1974)، أي أن التحسين بالكومبوست يضم تحسين النفاذية وتعديل قدرة التربة على التحكم بوقت صرف المياه الممسوكة وحركتها ضمن التربة، الأمر الذي يؤدي بحسب Adugna (2016) إلى زيادة فعالية استعمال مياه الري والأمطار على حد سواء.

يتفق هذا الازدياد في نفاذية التربة مع كل من Adugna (2016) و Brown و Cotton (2011) ومع زحلان (2011) كما يتلاقى مع نتائج Bonajila و Sanaa (2011) الذي بيّن أن المحسنات العضوية سمحت بنفاذية أفضل للماء وأن الإضافة بمقدار 120 طن/هـ من كومبوست القمامة حسنت نفاذية التربة بنسبة 1.65% مقارنة بالشاهد، أما الاختلاف في نسبة الزيادة فيعود إلى اختلاف الكميات المضافة والمدة الزمنية للبحثين.

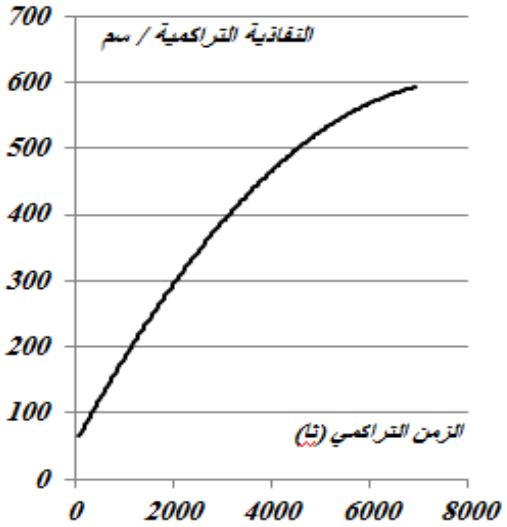
يمكن القول بأن النتائج السابقة هي نتيجة طبيعية للتحسن الذي أدخلته المحسنات العضوية على بناء تربة الدراسة ويمكن بحسب Owusu وزملاؤه (2015) اعتباره مؤشراً يستدل به على الأثر الإيجابي للتحسين العضوي بكومبوست القمامة للتربة الطينية، كما يتفق هذا المفهوم مع Khaleel وزملاؤه (1981) الذي أشار لوجود تغيرات كبيرة في وازدياد ملاحظ في قدرة المياه على الحركة ضمن قطاع التربة مع الإضافات العضوية.

هذا التحسّن في البناء كان غائباً في المعاملات المعدنية والشاهد، ومفسراً لانخفاض سرعة نفاذ الماء عبر تربتهما مع الزمن، يضاف لذلك ما لوحظ (ملاحظات حقلية) من تشكل لطبقة سطحية ناعمة جداً (مع مرور الزمن والتقدم بالتجربة) في المعاملة المعدنية والشاهد والتي يعتقد أنها تعود لتحطم التجمعات الترابية السطحية ذات الثبات المائي الضعيف (لغياب الرابط العضوي) تحت ثقل المياه والتي كانت سبباً في خفض كمية المياه الداخلة إلى قطاع التربة واستنزاف وقت أكبر

لإنفاذ نفس الكمية من المياه مقارنة بالمعاملات العضوية، تنسجم هذه النتيجة مع Bauer (1974) الذي بيّن أن المواد العضوية وخاصة الموجود منها ضمن الطبقة السطحية أو على سطح التربة على هيئة بقايا محصولية تقوم بامتصاص الطاقة المتولدة عن الهطول المطري، حيث أن هذه الطاقة إذا لم تمتص لها القدرة على تحطيم التجمعات الترابية ضمن الطبقة السطحية وبالتالي تنخفض النفاذية أمام المياه.



شكل(4,a) معدل التسرب مع الزمن (سم/سا).



شكل(4,b) منحنى التسرب التراكمي مع الزمن.

رابعاً .الخواص الكيميائية للتربة Soil Chemical Characteristics

1-محتوى التربة من الآزوت الكلي Soil Content of Total Nitrogen

يمكن من خلال الربط بين محتوى التربة من المادة العضوية (جدول11) ومحتواها من الآزوت الكلي (جدول22) اعتبار محتوى التربة من الآزوت الكلي الانعكاس الحقيقي لغناها بالمادة العضوية وقدرتها المستقبلية على توفيره للنبات.

جدول 22 . محتوى التربة من عنصر الآزوت الكلي خلال المواسم الأربعة (%):

N %	الموسم الأول		الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع	
	25-0	50-25	25-0	25-0	25-0	50-25
I1F1	0.138^{a}	0.094^{a}	0.154^{a}	0.182^{a}	0.212^{a}	0.087^{a}
I1F2	0.086^{c}	0.059^{d}	0.115^{d}	0.141^{d}	0.172^{c}	0.062^{d}
I1F3	0.050^{e}	0.044^{f}	0.055^{g}	0.089^{g}	0.119^{f}	0.049^{g}
I1F4	0.034^{g}	0.028^{i}	0.038^{i}	0.042^{j}	0.044^{j}	0.038^{i}
I1F5	0.031^{gh}	0.021^{j}	0.038^{i}	0.038^{l}	0.039^{k}	0.033^{k}
I2F1	0.132^{b}	0.091^{b}	0.148^{b}	0.161^{b}	0.178^{b}	0.079^{b}
I2F2	0.081^{d}	0.055^{e}	0.097^{e}	0.122^{e}	0.143^{e}	0.055^{e}
I2F3	0.049^{e}	0.041^{g}	0.051^{h}	0.075^{h}	0.099^{h}	0.044^{h}
I2F4	0.033^{gh}	0.026^{i}	0.039^{i}	0.040^{k}	0.039^{k}	0.037^{i}
I2F5	0.031^{h}	0.021^{j}	0.038^{i}	0.038^{kl}	0.039^{k}	0.034^{j}
I3F1	0.130^{b}	0.086^{c}	0.143^{c}	0.152^{c}	0.161^{d}	0.064^{c}
I3F2	0.079^{d}	0.055^{e}	0.088^{f}	0.100^{f}	0.111^{g}	0.051^{f}
I3F3	0.041^{f}	0.038^{h}	0.050^{h}	0.070^{i}	0.077^{i}	0.044^{h}
I3F4	0.032^{gh}	0.026^{i}	0.038^{i}	0.038^{kl}	0.039^{k}	0.032^{k}
I3F5	0.030^{h}	0.021^{j}	0.038^{i}	0.038^{kl}	0.038^{k}	0.034^{j}
L.S.D%5	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

نلاحظ من نتائج الموسم الأول في الجدول(22) ظهور الاختلاف في محتوى التربة من الأزوت الكلي بعد الإضافة الأولى ضمن الأفق السطحي، حيث وجد التفوق المعنوي للمعاملة I1F1 بالدرجة الأولى ثم للمعاملات I2F1 و I3F1 وهي المعاملات التي تلقت أعلى كميات من كومبوست القمامة بزيادة بلغت 360 % و 340%-333% للمعاملات السابقة على التوالي مقارنة بالمعاملة الأقل I3F5، وهي نتيجة تتفق مع Habteselassie وزملاؤه (2006) بأن محتوى التربة من الآزوت ازداد بعد إضافة كومبوست الفضلات للتربة بنسبة كبيرة، ومع

Sullivan وزملاؤه (2003) الذي وجد زيادة بنسبة 33%في آزوت الطبقة السطحية. نلاحظ بنفس الطريقة تفوق المعاملة I1F2 فالمعاملات I2F2 و I3F2 هذا السلوك يعزى إلى تأثير الكميات المضافة من كومبوست القمامة حيث يزداد التأثير بازدياد الكميات التي تلقتها كل معاملة وهذا وجده أيضاً Eghball وزملاؤه (2004).

سلوك مشابه وجد في الأفق تحت السطحي فتوفر تراكيز عالية من الآزوت في الأفق السطحي سيسمح بانتقال جزء منه إلى الأفق تحته سواء عبر انتقال أجزاء من المادة العضوية خلال عمليات الخدمة أو بحركته مع مياه الري وحركته ضمن المنطقة الجذرية، هذا التفسير يثبته بقاء ترب الشاهد دون أي تغيير يذكر وينسجم مع نتائج Brown و Cotton (2011) الذي وجد انخفاضاً في الأفق تحت السطحي عن السطحي الذين تحسّنا بصورة عامة من أجل محتواهما من الآزوت الكلي بعد إضافة كومبوست الفضلات.

استمرت المعاملات العضوية بزيادتها لمحتوى التربة من الآزوت وتفوقت جميعها معنوياً على معاملة التسميد المعدني رغم تفوق الأخيرة معنوياً على الشاهد ضمن مستويات الري الثلاثة، وهذا ينسجم مع Diacono و Montemurro (2010) بأن الإضافات العضوية لا تزيد فقط حجم المخزون العضوي من الآزوت في التربة لكنها تتسبب بتغيرات ملحوظة في خواص التربة والتي تؤثر بدورها على حركية الازوت ومدة بقاءه في التربة. ويتفق مع Biswas وزملاؤه (2014) ومع Amlinger وزملاؤه (2007) الذي وضّح أثر التحلل البطيء للمواد العضوية المضافة والتي تستطيع الاحتفاظ بمحتواها لفترات أطول وتخفض من أخطار فقدها وغسلها العميق سواء بسبب نمط التحلل أو بسبب تحسين خواص التربة الفيزيائية، وهو ما جعل كل موسم يتفوق في محتواه الآزوتي عن الموسم السابق. حيث نلاحظ أن محتوى تربة المعاملة I1F1 ازدادت بنسبة 54% مقارنة بنهاية الموسم الأول ضمن الأفق السطحي، وازدادت بمقدار 340% مقارنة بالشاهد I1F5 عند الموسم الرابع، ووصلت قيمة هذه الزيادة إلى 330% و298% من أجل المعاملات I1F3-I1F2 على التوالي مقارنة بالشاهد بمقابل 10% زيادة فقط ضمن المعاملة المعدنية I1F4 عن الشاهدI1F5. الأداء الأقل فعالية للسماد المعدني مقارنة بالمعاملات العضوية يرجع لسرعة إتاحته مقارنة بالكومبوست وبالتالي فقده إما بالاستنزاف النباتي أو بالغسل خاصةً إذا أخذنا بالحسبان غياب التحسن الفيزيائي عنها (الذي شهدته ترب المعاملات العضوية)، كثيرة هي الدراسات التي بينت تفوق التسميد العضوي على المعدني كحال

نتائج هذه الدراسة مثل Antil وزملاؤه (2005) ومع Brown و Cotton (2011) والدراسات التي أثبتت تفوق الخلط العضوي- المعدني على المعدني المفرد مثل Meena وزملاؤه (2016). هذا المحتوى لتربة الدراسة من الآزوت مع نهاية المواسم الأربعة والتي استمر آخرها لما يزيد عن ثلاثة أشهر هو دليل واضح على قدرة المادة العضوية على توفير الآزوت الضروري للنبات بكميات كافية لمواكبة نموه وتخفض بتحللها البطيء من احتمال وأخطار فقده بالغسل العميق إلى مادون الطبقات الفعالة، ويمكن اعتباره مؤشراً على أهميتها في تغذية المحاصيل التالية ضمن الدورة الزراعية خاصةً وأن كومبوست القمامة المضاف أعاد بناء مخزون التربة من المادة العضوية أهم مصادر الآزوت في التربة. كنتيجة طبيعية لتكرار الإضافات الذي طُبّق في هذه الدراسة وكان متماشياً مع النتائج السابقة لدراسة Zhang وزملاؤه (2006) الذي اقترح تكرار الإضافات العضوية وبنسب مرتفعة للحفاظ على النتائج الإيجابية لهذه الإضافات.

2-*محتوى التربة من الفوسفور المتاح* *Soil Content of Available Phosphorous*

نلاحظ من الجدول(23) الاختلاف المعنوي بين مختلف المعاملات وتفوق المعاملات العضوية بشكل عام بعد الإضافة الأولى، حيث ارتفعت الزيادة الملاحظة في محتوى التربة من الفوسفور المتاح بازدياد الكميات المضافة من الكومبوست فبلغت مثلاً: 287%-218%-147% في المعاملات I1F3-I1F2-I1F1 على التوالي مقارنة بالشاهد I1F5 بمقابل 112% في المعاملة المعدنية I1F4 مقارنة بالشاهد بنهاية الموسم الأول.

يتضح من الجدول أيضاً أنها زيادة تراكمية بعد تكرار الإضافات العضوية حيث ازداد محتوى تربة المعاملة I1F1 في نهاية التجربة من أجل الأفق السطحي بمعدل 907% مقارنة بنهاية الموسم الأول، وبنسبة 687%-404% من أجل المعاملات I1F2 - I1F3 على التوالي مقارنة بالشاهد. نلاحظ أيضاً بالمقارنة بين المعاملات ذات الإضافة العضوية المتماثلة ضمن مستويات الري المختلفة نجد أن المعاملة I1F3 تفوقت معنوياً على المعاملة I2F1 التي تفوقت بدورها على المعاملة I1F1 وهذا يعود إلى الاختلاف في الكمية المستنزفة بالنمو النباتي من الفوسفور المتاح ضمن المعاملات السابقة، هذا الاستنزاف الذي يزداد بازدياد مستوى الري، ويتفق مع Shanmugam (2005). أما الزيادة الملاحظة في الأفق تحت السطحي تعود بشكل أساسي

للكميات المنتقلة من المادة العضوية من الأفق السطحي إلى تحت السطحي أثناء عمليات الخدمة والحراثة.

جدول 23. محتوى التربة من عنصر الفوسفور المتاح خلال المواسم الأربعة (مغ/كغ):

P مغ/كغ	الموسم الأول		الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع	
	25-0	50-25	25-0	25-0	25-0	50-25
I1F1	30.87^{c}	26.17^{b}	46.27^{c}	55.23^{c}	65.47^{c}	47.77^{b}
I1F2	25.33^{e}	22.73^{d}	36.70^{f}	49.80^{d}	51.13^{f}	34.87^{d}
I1F3	19.67^{h}	16.17^{g}	24.37^{i}	29.83^{g}	32.73^{h}	19.00^{e}
I1F4	16.87^{i}	15.17^{h}	16.60^{k}	16.23^{i}	21.93^{i}	16.80^{f}
I1F5	7.97^{j}	5.23^{i}	7.60^{l}	7.50^{j}	6.50^{k}	4.33^{h}
I2F1	33.08^{b}	28.20^{a}	47.70^{b}	58.10^{b}	70.47^{b}	47.93^{ab}
I2F2	27.87^{d}	23.77^{c}	40.83^{e}	50.67^{d}	55.00^{e}	35.73^{d}
I2F3	21.73^{g}	17.57^{f}	30.03^{h}	34.23^{f}	32.73^{h}	18.57^{e}
I2F4	17.20^{i}	15.90^{gh}	18.67^{j}	16.07^{i}	22.07^{i}	14.60^{g}
I2F5	6.80^{k}	5.70^{i}	6.67^{lm}	6.27^{k}	7.50^{k}	4.17^{h}
I3F1	36.77^{a}	28.47^{a}	53.57^{a}	62.10^{a}	75.47^{a}	49.13^{a}
I3F2	31.13^{c}	24.20^{c}	42.67^{d}	54.47^{c}	59.40^{d}	38.47^{c}
I3F3	24.23^{f}	18.70^{e}	31.27^{g}	35.93^{e}	36.33^{g}	16.80^{f}
I3F4	17.83^{i}	15.83^{gh}	17.17^{k}	18.90^{h}	18.60^{j}	14.80^{g}
I3F5	6.57^{k}	5.03^{i}	5.70^{m}	6.53^{jk}	6.50^{k}	4.20^{h}
L.S.D%5	0.995	0.865	1.164	1.011	1.295	1.201

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

هذه النسب المرتفعة جداً من الزيادة خاصة مقارنة بالمعاملة المعدنية والشاهد إنما تعود لأن الكميات المضافة كميات كبيرة نسبياً مقارنة بالكميات التي اعتاد المزارعون إضافتها أو استخدمتها الأبحاث المرجعية مثل، والتحرر البطيء لمحتوى الإضافات من العناصر المغذية كالفوسفور وهذا يتفق مع Lakhdar وزملاؤه (2011) و Diacono و Montemurro (2010)، وهي نتيجة إيجابية تشير لقدرة الكومبوست على مواكبة حاجة النباتات من المغذيات لفترة أطول وتخفض الحاجة لأي إضافات سمادية معدنية من الفوسفور كحال هذه الدراسة حيث قدّر مبدأ الإضافة الكميات اللازمة بالاعتماد على محتواها من الآزوت (وهو محتوى منخفض نسبياً) وقد بينت الدراسات السابقة، هذه الطريقة ستنتج كميات عضوية ذات محتوى من الفوسفور يفوق حاجة النبات منها وهذا يتفق مع Singer وزملاؤه (2004) و Park وزملاؤه

(2004). علماً أن هذه المستويات المرتفعة ليست محددة لصحة النبات، ولم تظهر أعراض سميّة على المحاصيل المدروسة.

3-محتوى التربة من البوتاسيوم *soil content of Potassium*

بالاعتماد على تصنيف FAO (2007) تربة الدراسة غنية بالبوتاسيوم وهذا ملاحظ من محتوى تربة الشاهد بنهاية الموسم الأول في الجدول (24)، سببت الإضافات العضوية ارتفاعاً في محتوى ترب المعاملات المختلفة من البوتاسيوم الذائب والمتبادل حيث وجدت نسب الزيادة الأعلى في المعاملات ذات الإضافات الأعلى كميةً من الكومبوست كالمعاملات I3F1-I2F1-I1F1 على بقية المعاملات. ثم المعاملات التي شملت مستوى الإضافة F2 ضمن مستويات الري الثلاث ثم المعاملات ذات المستوى F2 بنفس الطريقة وهذا يتفق مع ما وجده Abd El-Latif وزملاؤه (2011).

جدول 24. محتوى التربة من عنصر البوتاسيوم خلال المواسم الأربعة (مغ/كغ):

K مغ/كغ	الموسم الأول		الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع	
	25-0	50-25	25-0	25-0	25-0	50-25
I1F1	441.0^{b}	337.7^{ab}	461.3^{c}	478.7^{c}	484.7^{c}	311.0^{c}
I1F2	428.3^{c}	336.0^{abcde}	414.3^{f}	440.7^{g}	466.7^{e}	277.7^{f}
I1F3	407.3^{d}	331.0^{e}	400.7^{h}	415.7^{i}	421.7^{h}	243.0^{j}
I1F4	337.0^{f}	319.7^{f}	320.7^{jk}	322.7^{j}	320.7^{i}	235.7^{k}
I1F5	315.3^{g}	319.0^{f}	321.3^{j}	320.3^{k}	320.3^{i}	234.7^{k}
I2F1	446.3^{ab}	338.3^{a}	465.7^{b}	483.3^{b}	499.7^{b}	351.0^{b}
I2F2	430.3^{c}	337.3^{abcd}	430.7^{e}	454.7^{e}	453.0^{f}	291.3^{e}
I2F3	410.0^{d}	330.7^{e}	410.3^{g}	427.7^{h}	437.7^{g}	261.7^{h}
I2F4	335.3^{f}	318.3^{f}	319.0^{kl}	319.0^{k}	319.0^{i}	250.7^{i}
I2F5	317.7^{g}	319.3^{f}	318.3^{l}	319.3^{k}	319.0^{i}	251.0^{i}
I3F1	450.3^{a}	337.7^{abc}	471.3^{a}	485.7^{a}	516.0^{a}	383.0^{a}
I3F2	433.7^{c}	336.3^{abcde}	454.7^{d}	460.3^{d}	477.7^{d}	301.3^{d}
I3F3	412.7^{d}	331.3^{bde}	431.3^{e}	443.0^{f}	466.0^{e}	261.3^{h}
I3F4	344.7^{e}	320.7^{f}	324.7^{i}	320.7^{k}	320.7^{i}	269.3^{g}
I3F5	321.0^{g}	319.7^{f}	319.7^{jkl}	320.3^{k}	319.7^{i}	270.0^{g}
$L.S.D_{\%5}$	5.77	5.72	1.91	1.94	2.46	2.38

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

بينما نلاحظ أن أعلى ارتفاع في المعاملات المعدنية لم يتجاوز 7% في أفضل حالاتها مقارنة بالشاهد. واستمرت هذه الزيادة مع الإضافات التالية من الكومبوست بمقابل عدم وجود تغير كبير في محتوى ترب المعاملات المعدنية والشاهد حتى نهاية التجربة ومن أجل أفقي الدراسة.

تفوقت المعاملة I3F1 معنوياً على بقية المعاملات في نهاية الموسم الرابع ثم المعاملة I2F1 ومن بعدها المعامة I1F1 على التوالي، يرجع هذا الاختلاف رغم تلقيها لكميات متساوية من الكومبوست إلى الاختلاف في المستنزف من هذا العنصر تبعاً لحجم وقوة النمو الخضري لنباتات كل معاملة منها والتي كانت أفضل في المعاملات ذات مستويات الري الأعلى، وهذا يتفق مع Soheil وزملاؤه (2012). نلاحظ أيضاً ارتفاع محتوى الأفق تحت السطحي في جميع المعاملات ذات الإضافات العضوية بنسب ازدادت أيضاً مع ازدياد الكمية المضافة، وهذا يعود لكون البوتاسيوم من العناصر المتحركة ضمن قطاع التربة من جهة كما ذكر Supriya (2014) ولاحتمال انتقاله ضمن المادة العضوية مع عمليات الخدمة من الطبقة السطحية.

4-العناصر الثقيلة *Heavy Metals*

الكادميوم *Cadmium*

نلاحظ من البيانات في الجدول(25) أن محتوى التربة من الكادميوم الكلي ازداد مع ازدياد مستويات الإضافة ضمن كل مستوى ري ومنذ الإضافة الأولى، فقد بلغت الزيادة-50% 113%-106% للمعاملات I1F3-I1F2-I1F1 على التوالي مقارنة بالشاهدI1F5.

من جهة أخرى ارتفع محتوى التربة لكل مستوى تسميد مع ازدياد مستوى الإجهاد المائي المطبق، حيث نلاحظ أن المعاملة I1F3 كان الأعلى ثم المعاملة I2F1 فالمعاملة I3F1 بنسبة زيادة بلغت 7% و32% على التوالي وهذا يعود لاختلاف النمو النباتي فيما بينها مع اختلاف مستويات الري وبالتالي اختلاف المستنزف من هذا العنصر بالامتصاص النباتي، حيث كانت أعلى نسبة تراكم لهذا العنصر وجدت في المعاملة I3F1 التي تفوقت معنوياً على بقية المعاملات وبزيادة بلغت 31% في نهاية الموسم الرابع مقارنة بنهاية الموسم الأول للمعاملة ذاتها، وهذا يتفق مع Adriano (2001) ومع Kirpichtchikova وزملاؤه (2006). ويعود لارتفاع الكميات الي تلقتها من كومبوست القمامة الذي احتوى بحسب (جدول4,c) على نسبة عالية من هذا العنصر من جهة، ولكون التربة طينية ذات سطح نوعي عالي يلعب دوراً هاماً في

تثبيت هذه الملوثات بصورة غير متاحة، وهذا يتفق مع Loughnan(1969) وDube وزملاؤه (2001).

جدول 25. محتوى تربة الدراسة من عنصر الكادميوم (مغ/كغ) للمواسم الأربعة:

Cd مغ/كغ	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
العمق	0-25 سم	0-25 سم	0-25 سم	0-25 سم
I1F1	0.34^{d}	0.44^{e}	0.46^{d}	0.47^{d}
I1F2	0.33^{d}	0.40^{f}	0.42^{g}	0.43^{g}
I1F3	0.24^{f}	0.32^{h}	0.33^{i}	0.33^{j}
I1F4	0.16^{g}	0.23^{j}	0.23^{k}	0.24^{l}
I1F5	0.16^{g}	0.17^{k}	0.18^{l}	0.18^{m}
I2F1	0.42^{ab}	0.56^{b}	0.57^{b}	0.58^{b}
I2F2	0.35^{d}	0.46^{d}	0.47^{d}	0.47^{d}
I2F3	0.33^{d}	0.41^{f}	0.42^{g}	0.43^{g}
I2F4	0.33^{d}	0.36^{g}	0.37^{h}	0.38^{h}
I2F5	0.28^{e}	0.30^{i}	0.31^{j}	0.32^{k}
I3F1	0.45^{a}	0.58^{a}	0.58^{a}	0.59^{a}
I3F2	0.40^{bc}	0.48^{c}	0.49^{c}	0.49^{c}
I3F3	0.40^{bc}	0.44^{e}	0.45^{e}	0.46^{e}
I3F4	0.41^{ab}	0.41^{f}	0.43^{f}	0.44^{f}
I3F5	0.37^{cd}	0.36^{g}	0.37^{h}	0.37^{i}
L.S.D%5	0.36	0.012	0.005	0.005

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

يعود ارتفاع محتوى عينة الشاهد ضمن كل معاملات الري من هذا العنصر لما تلقته النباتات من مبيدات حشرية وفطرية قد تحمل هذا العنصر على هيئة شوائب تعود للتربة مع الأوراق المتساقطة من عروش نبات البطاطا وبقايا جذور نبات الخس بعد الحصاد، وهذا يتفق ما ذكره Nirmal Kumar وزملاؤه (2009). علماً أن كل التراكيز المقدرة ضمن كل المعاملات بقيت ضمن الحدود المسموح بها من عنضر الكادميوم ضمن الترب الزراعية (2< مغ Cd /كغ تربة) بحسب Adriano (1986).

الكروم Chromium

نلاحظ من الجدول (26) أن الاختلاف في محتوى التربة من الكروم الكلي على امتداد المواسم الأربعة لهذه الدراسة كان شبه مستقر، حيث سجلت المعاملة I2F4 أعلى نسبة زيادة 45% في نهاية الموسم الرابع مقارنة بمحتواها في نهاية الموسم الأول.

جدول 26 . محتوى تربة الدراسة من عنصر الكروم (مغ/كغ) للمواسم الأربعة:

الموسم الرابع	***الموسم الثالث***	***الموسم الثاني***	***الموسم الأول***	***Cr مغ/كغ***
0-25 سم	***0-25 سم***	***0-25 سم***	***0-25 سم***	***العمق***
76.62^{bc}	74.78^{d}	73.42^{d}	70.81^{d}	***I1F1***
63.47^{d}	61.49^{e}	60.21^{e}	57.97^{e}	***I1F2***
49.18^{ef}	46.55^{fg}	43.45^{g}	40.19^{g}	***I1F3***
42.00^{fg}	39.65^{gh}	33.05^{hi}	29.28^{h}	***I1F4***
29.50^{h}	27.59^{i}	27.03^{i}	26.01^{h}	***I1F5***
93.53^{a}	91.99^{b}	91.13^{b}	89.91^{b}	***I2F1***
83.39^{b}	82.63^{c}	80.61^{c}	79.06^{c}	***I2F2***
52.23^{e}	50.77^{f}	49.14^{fg}	47.23^{f}	***I2F3***
41.35^{g}	37.86^{h}	35.05^{h}	28.52^{h}	***I2F4***
31.18^{h}	27.80^{i}	27.37^{i}	26.35^{h}	***I2F5***
100.88^{a}	100.92^{a}	100.73^{a}	98.49^{a}	***I3F1***
95.70^{a}	94.52^{ab}	93.69^{b}	92.04^{b}	***I3F2***
71.96^{c}	70.25^{d}	67.81^{d}	66.06^{d}	***I3F3***
61.09^{d}	58.21^{e}	55.79^{ef}	53.75^{e}	***I3F4***
45.90^{efg}	44.95^{fgh}	44.04^{g}	42.41^{fg}	***I3F5***
7.066	*6.967*	*6.669*	*6.249*	***L.S.D%5***

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

على امتداد التجربة نجد أن تركيز الكروم ارتفع مع ارتفاع مستويات الإضافة من الكومبوست، فبلغت نسبة الزيادة في نهاية الموسم الرابع لمعاملات التسميد 160%-115%-67% للمستويات F3-F2-F1 على التوالي مقارنة بالشاهد F5 ضمن معاملة الري الكامل I1.

على الرغم أن جميع قيم الكروم المقدرة بقيت بحسب Adriano(1986) ضمن الحدود المسموحة لهذا العنصر في الترب ذات الاستعمال الزراعي (150مغ$_{Cr}$/ كغ)، لكن نلاحظ ان نسبة تراكمه مع المواسم من جهة ومع كميات الكومبوست المضافة من جهة أخرى هي نسب

عالية يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار خاصة في حالة الترب الطينية كتربة هذه الدراسة لصعوبة الاستصلاح بحسب Brunetto وزملاؤه (2011;2014;2016).

النيكل Nickel

مع نهاية الموسم الأول ومن الجدول(27) نلاحظ أن الاختلافات في محتوى التربة من النيكل بين المعاملات كانت أقل وضوحاً مع نهاية الموسم الأول، حيث نجد أن التركيز الأعلى لهذا العنصر وجد في المعاملات ذات مستوى الري الناقص I3 بزيادة لم تتجاوز 3% و 11% عند مقارنة التركيز في المعاملة الأعلى I3F1 مع المعاملات ذات الإضافة العضوية ذاتها I2F1 و I1F1 على التوالي، وهذا يعود لازدياد المستنزف من هذا العنصر مع ازدياد النمو النباتي الذي كان أعلى في المعاملات ذات مستويات الري الأعلى لكل مستوى تسميد وتتفق مع Senden وWolterbeek (1990) من جهة ولانخفاض المتاح من هذا العنصر مع انخفاض مستوى رطوبة التربة من جهة أخرى، وهذا يتفق مع Dube وزملاؤه (2001) .

جدول 27 . محتوى تربة الدراسة من عنصر النيكل (مغ/كغ) للمواسم الأربعة:

Ni مغ/كغ	الموسم الأول	الموسم الثاني	الموسم الثالث	الموسم الرابع
العمق	0-25 سم	0-25 سم	0-25 سم	0-25 سم
I1F1	134.5^{d}	156.6^{b}	165.9^{bc}	170.4^{ab}
I1F2	133.5^{d}	153.5^{cd}	158.1^{de}	162.6^{de}
I1F3	133.6^{d}	149.8^{e}	156.1^{e}	159.7^{ef}
I1F4	134.3^{d}	139.8^{g}	147.5^{g}	152.2^{g}
I1F5	119.2^{e}	135.8^{h}	135.3^{i}	135.4^{i}
I2F1	145.3^{b}	162.9^{a}	169.7^{a}	172.4^{a}
I2F2	140.3^{c}	154.1^{bcd}	163.3^{c}	168.2^{bc}
I2F3	133.8^{d}	152.6^{d}	160.0^{d}	161.9^{ef}
I2F4	133.6^{d}	147.5^{e}	151.3^{f}	154.4^{g}
I2F5	121.0^{e}	140.0^{g}	143.0^{h}	144.7^{h}
I3F1	149.2^{a}	164.8^{a}	172.0^{a}	173.6^{a}
I3F2	147.3^{ab}	156.4^{b}	168.7^{ab}	171.8^{a}
I3F3	146.5^{ab}	155.7^{bc}	165.2^{c}	165.5^{cd}
I3F4	143.8^{b}	149.5^{e}	157.3^{de}	159.1^{f}
I3F5	122.0^{e}	144.1^{f}	146.1^{gh}	146.4^{h}
L.S.D%5	1.418	2.408	3.101	3.012

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

اتضحت الفروق بشكل أكبر بين المعاملات مع استمرار الإضافات العضوية مع المواسم التالية فنلاحظ من الجدول ذاته وبنهاية الموسم الرابع أن أعلى القيم وجدت في المعاملات ذات الإضافات الأعلى I1F1-I2F1-I3F1 والمعاملة العضوية (I3F2) ضمن مستوى الري الناقص I3، وهي محصلة لتأثير مستوى الاضافة من الكومبوست من جهة وللاستنزاف النباتي من جهة أخرى والذي يبرر استمرار التفوق للمعاملات العضوية ضمن أدنى مستويات الري المطبقة I3. نلاحظ أيضاً انخفاض محتوى تربة المعاملة من النيكل مع انخفاض مستوى الإضافة من الكومبوست ضمن كل مستوى ري على حدى، فنجد أن الزيادة بلغت ما مقداره – 17% –13% 18% للمعاملات I3F1 – I3F2 -I3F3 مقارنة بالشاهد I3F5 على التوالي، وهذا يتفق مع Stevensen(1994) ويعود للكمية المحمولة مع الكومبوست المضاف من جهة ولقدرة المادة العضوية على تثبيت هذا العنصر بصورة غير متاحة في التربة خاصة وأن القيم المدرجة في الجدول (27) هي قيم كلية وليست متاحة.

الرصاص Lead

نلاحظ من الجدول(28) الخاص بمحتوى ترب المعاملات المختلفة من عنصر الرصاص، أن الفروق بين المعاملات بقيت غير معنوية على امتداد المواسم الأربعة. مع استثناء وحيد لم يتكرر بتقدم التجربة يتمثل بالتفوق المعنوي للمعاملات I1F1 -I2F1- I2F3 – I3F4 على الشاهد في أخفض مستويات الري I3F5 رغم أن الزيادة فيهما لم تتجاوز 14%–16%–15%–16% للمعاملات المشار إليها على التوالي، وملاحظة أن أعلى تركيز وجد في المعاملة المعدنية I3F4 وذلك خلال الموسم الأول. وجدت أعلى القيم بنهاية التجربة في تربة المعاملة المعدنية I1F4 أما أقلها فكانت في المعاملة المختلطة I1F3 بفارق بلغ 7% فقط بينهما.

يوضح الجدول(29) الخاص بالفروق الإحصائية بين محتوى ترب المواسم الأربع من العناصر الأربع قيد الدراسة أن النتائج الخاصة بالعناصر المدروسة تشابهت من حيث:

<u>أولاً</u>: الأثر التراكمي للتركيز : فنجد أن الموسم الرابع تفوق معنوياً على الموسم الثالث، الذي تفوق معنوياً بدوره على الثاني، والثاني تفوق معنوياً على الأول ليبقي الموسم ذو التربة الأقل محتوى من هذه العناصر، هذه الزيادة في التركيز بلغت24%–23%–19% للمواسم (4–3–2) على التوالي مقارنة بتربة الموسم الأول من أجل عنصر الكادميوم و (11–7–4)% للكروم، و18%–16%–11% لعنصر النيكل. أما نتائج تركيز عنصر الرصاص فقد بينت وجود زيادة

بنسبة 6% في الموسم الثالث عن تركيزه في المواسم الباقية، لكنها لم تتجاوز 0.2% في المواسم الرابع والأول عن الثاني ذو التركيز الأقل (16.83) مغ/كغ.

جدول 28. محتوى تربة الدراسة من عنصر الرصاص (مغ/كغ) للمواسم الأربعة:

Pb مغ/كغ	***الموسم الأول***	***الموسم الثاني***	***الموسم الثالث***	***الموسم الرابع***
العمق	***0-25 سم***	***0-25 سم***	***0-25 سم***	***0-25 سم***
I1F1	*17.24^{a}*	*17.40^{a}*	*18.11^{a}*	*18.19^{a}*
I1F2	*16.83^{ab}*	*16.89^{a}*	*16.92^{a}*	*17.46^{a}*
I1F3	*17.03^{ab}*	*16.08^{a}*	*17.28^{a}*	*17.36^{a}*
I1F4	*17.07^{ab}*	*17.24^{a}*	*17.88^{a}*	*18.58^{a}*
I1F5	*15.95^{ab}*	*15.77^{a}*	*16.90^{a}*	*17.54^{a}*
I2F1	*17.59^{a}*	*17.34^{a}*	*17.84^{a}*	*18.24^{a}*
I2F2	*17.05^{ab}*	*16.52^{a}*	*17.22^{a}*	*18.00^{a}*
I2F3	*17.37^{a}*	*16.84^{a}*	*17.52^{a}*	*17.91^{a}*
I2F4	*17.15^{ab}*	*16.92^{a}*	*16.63^{a}*	*18.35^{a}*
I2F5	*15.71^{ab}*	*16.29^{a}*	*16.90^{a}*	*17.52^{a}*
I3F1	*16.93^{ab}*	*17.37^{a}*	*17.79^{a}*	*17.85^{a}*
I3F2	*17.07^{ab}*	*16.89^{a}*	*16.75^{a}*	*17.46^{a}*
I3F3	*17.04^{ab}*	*16.85^{a}*	*17.49^{a}*	*17.76^{a}*
I3F4	*17.64^{a}*	*16.78^{a}*	*16.94^{a}*	*17.45^{a}*
I3F5	*15.17^{b}*	*17.24^{a}*	*17.09^{a}*	*17.80^{a}*
L.S.D$_{\%5}$	*1.706*	*1.782*	*1.519*	*1.488*

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

بحسب Dube وزملاؤه (2011) فإن التعقيد في قالب التربة وخواصها المختلفة يجعل من الصعب تحديد واختيار تفاعل أو تداخل ما كأكثر العوامل المسببة لهذا التراكم بشكل دقيق، كما من الصعب تشكيل فهم واضح لنماذج متوقعة يمكنها التنبؤ بانتقال هذه المعادن وتراكمها، لكن يمكن الإشارة لأكثر العوامل مساهمةً في هذه الزيادة، كقدرة للتربة على شل وتجميد أيونات العناصر الثقيلة، بسبب خواصها الامتصاصية والادمصاصية التي تتحدد بفعل الخواص الفيزياكيميائية للتربة مثل محتواها من الطين ومن المادة العضوية ودرجة حموضة التربة إلى

جانب محتواها الرطوبي، وما يتعلق بخواص كل شحنة معدنية للعناصر المدروسة، وهذا يتفق مع Stevenson (1994) ومعWeber (1991).

جدول 29 . الفروق الإحصائية بين المواسم الأربع وأكثر المعاملات تأثيراً في محتوى تربة الدراسة (مغ/كغ) من العناصر الثقيلة قيد الدراسة.

المعاملة	الكادميوم	الكروم	النيكل	الرصاص
	مغ/كغ			
معاملات الري Irrigation Treatment				
I1	0.3030^{c}	48.61^{c}	146.7^{c}	17.19^{a}
I2	0.4055^{b}	57.35^{b}	151.0^{b}	17.25^{a}
I3	0.4473^{a}	72.96^{a}	155.3^{a}	17.17^{a}
L.S.D%5	0.002	2.721	0.842	0.411
معاملات التسميد Fertilizer Treatment				
F1	0.5024^{a}	88.60^{a}	161.5^{a}	17.66^{a}
F2	0.4307^{b}	78.73^{b}	156.5^{b}	17.09^{bc}
F3	0.3801^{c}	54.57^{c}	153.4^{c}	17.21^{ab}
F4	0.3327^{d}	42.97^{d}	147.5^{d}	17.39^{ab}
F5	0.2805^{e}	33.34^{e}	136.1^{e}	16.66^{c}
L.S.D%5	0.006	1.767	0.785	0.448
المواسم Seasons				
S4	0.4110^{a}	62.53^{a}	159.9^{a}	16.86^{a}
S3	0.4050^{b}	60.66^{b}	157.3^{b}	17.83^{ab}
S2	0.3946^{c}	58.83^{c}	150.9^{c}	16.83^{b}
S1	0.3304^{d}	56.54^{d}	135.9^{d}	16.86^{b}
L.S.D%5	0.003	0.721	1.167	0.572

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

خاصةً وأن الحالة الصلبة تشكل ما يقارب 45%–50% من كتلة التربة كجزء معدني ومادة عضوية، وتعتبر المسؤولة عن إعطاء التربة قدرتها على إدمصاص وتبادل وأكسدة وترسيب مختلف الشوارد المعدنية بشكل خاص كشوارد العناصر الثقيلة من جهة، وهذا يتفق مع Weber (1991). والقوام الطيني الثقيل لتربة الدراسة من جهة أخرى ذات السطح النوعي العالي و جزيئات الطين ذات الشحنة السالبة، التي ترتبط مع هذه المعادن إما عبر مجموعات الهيدروكسيل الموجودة على الحواف وعلى الطبقات الخارجية للمعادنأو عبر الاستبدال المتماثل للشحنات، متفقة بذلك مع Loughnan(1969).

يضاف لذلك ما يسمى بالتفضيل الامتصاصي: حيث تفضل معادن الطين شوارد معدنية على غيرها فتتفاعل معها بسهولة وبنسبة أكبر، ومع ملاحظة ما بينه كل من Dube وزملاؤه (2001) و Gaffney (1996) من حيث تفضيل الطين لعنصر الكادميوم على عنصر النيكل يمكن تفسير الزيادة الأعلى التي شهدتها تربة الدراسة من عنصر الكادميوم في نهاية الموسم الرابع (24%) مقارنة بتلك التي شهدها محتوى التربة من عنصر النيكل (18%)، إلى جانب العوامل الأخرى المؤثرة المتعلقة بمصادر كل منهما.

كل ما سبق يشير لضرورة توخي الحذر في أي تعامل مع الترب ذات المحتوى العالي من الطين كتربة هذه الدراسة، لأن خواصها تساعدها في مراكمة هذه الملوثات وغيرها، وتصعّب عمليات استصلاحها فيما إذا تلوثت.

***ثانياً*: تأثير الإضافات العضوية:** يمكن تبرير تراكم تركيز العناصر المدروسة مع تقدم التجربة وتكرار المواسم بسبب ما تلقته ترب المعاملات من كميات مختلفة من الكومبوست أو الأسمدة المعدنية وما عاد إليها على صورة بقايا نباتية (جذور نبات الخس– الأوراق المتساقطة من عروش نباتات البطاطا) وهي العوامل الرئيسية التي تجلت بتفوق كل مستوى تسميد على المستويات الأقل منه وبصورة معنوية واضحة، تأثيراً ازداد خطياً مع ازدياد الكميات المضافة.

تعتبر المادة العضوية المكوّن الثاني للجزء الصلب من التربة، ووجود المواد الدبالية في التربة يؤثر بقوة على امتصاص الكيميائيات المختلفة، وهذا ذكره Stevenson (1994) حيث يمكن للأحماض العضوية الدبالية والفولفية أن توجد بصورة غير مرتبطة مشحونة بشحنة سلبية تعود بشكل أساسي للمجموعات الكربوكسيلية والفينولية التي يمكن أن تستبدل بالشوارد المعدنية كشوارد العناصر الثقيلة، وهذا يتفق مع Alleoni وزملاؤه (2005) ومع Brunetto وزملاؤه (2014) عبر ربط شاردة العنصر الثقيل بالمادة العضوية بواسطة التبادل الأيوني بين شاردة الهيدروجين H^+ من المجموعة الوظيفية وشاردة المعدن الثقيل. ومع الأخذ بالحسبان أن المادة العضوية تتكون من أجزاء منحلة وأخرى غير منحلة، وأن الجزء غير المنحل يتمثل ب(الأحماض الدبالية بشكل خاص) هو الأكثر تفاعلاً مع هذه الشوارد بحسب Dube وزملاؤه (2001) والتي تعتبر غير متحركة في التربة مقارنة بالأحماض الفولفية، الأمر الذي يحدد حركتها ضمن قطاع التربة، ويجعل المادة العضوية تركّز التلوث في منطقة الهدف (المنطقة السطحية المستهدفة بالإضافة) وتحول قدر الإمكان دون انتشاره إلى مناطق مجاورة أو إلى الطبقات الأعمق الأقرب للمياه

الأرضية، (باستثناء الجزء المنتقل مع الجزء المنحل والذي يعتبر أصغرياً) ، وهذا ينسجم مع نتائج الدراسات السابقة مثل Graber وزملاؤه (2005) وGirotto وزملاؤه (2010) ومع Tiecher وزملاؤه (2013) التي وجدت أن المكوّن العضوي سبب تراكماً في التركيز وتعديلاً في حركية وتوزع العناصر الثقيلة ضمن قطاع التربة.

كل ما ذُكر يبرر ازدياد تركيز التربة من العناصر المدروسة مع ازدياد مستوى التحسين بكومبوست القمامة، الذي حمل بحسب الجدول (4,C) كميات معينة منها ازدادت خطياً بازدياد مستوى الإضافة من جهة، وهذا يتفق مع Zhang وزملاؤه (2011) ومع Satarug وزملاؤه (2003) بكون النايلون قد يكون سبباً لاحتواء الكومبوست على عناصر مثل الكادميوم والرصاص مثلاً، والتي ثبت بحسب الجدول(4,C) احتواء الكومبوست المضاف عليها وإن كانت النسبة منخفضة.

من جهة أخرى ازداد محتوى التربة من المادة العضوية مع ازدياد التحسين العضوي كما ورد في الجدول (11) مما منح التربة المحسنة قدرة أكبر على التثبيت العضوي إن صح التعبير لهذه العناصر، ومنسجماً مع نتائج Jung (2008) ونتائج Lupascu وزملاؤه (2009) بكون المحتوى العضوي من أكثر العوامل تأثيراً، فكانت الزيادة بالنسبة لعنصر الكادميوم مثلاً للمعاملات F4-F3-F2-F1 مقارنة بالشاهد 79–54–36–19% على التوالي. أما الزيادة الأكبر فلوحظت من أجل محتوى التربة من الكروم وبلغت 166–136–64–29% لذات المعاملات على التوالي مقارنة بالشاهد، و19–15–13–8% من أجل محتوى التربة من النيكل. هذا يتفق مع Brunetto وزملاؤه (2016) الذي بيّن أن احتمال تلوث التربة يزداد بازدياد الجرعة أو الكمية المضافة ومع تكرار هذه الإضافات، ومع Casali وزملاؤه(2008) بأن الإضافات العضوية من كومبوست القمامة الناتج عن التخمير الهوائي لفضلات الطعام العضوية يمكن أن يساهم في زيادة حمولة التربة من العناصر الثقيلة المرتبطة مع المجموعات الوظيفية للمادة العضوية المضافة. أما عنصر الرصاص فازداد كالتالي 6–3–3–4% حيث يمكن مشاهدة الزيادة التي شهدتها المعاملة المعدنية والتي تعود لاحتواء الأسمدة المعدنية والمبيدات الحشرية والفطرية على هذا العنصر كشوائب تبعاً للدراسات السابقة كدراسة Nagajyoti وزملاؤه (2010) ودراسة Wuana و Okieimen (2011).

الزيادة الملاحظة في محتوى التربة من العناصر الثقيلة في تربة المعاملة المعدنية المفردة F4 يعود لما تلقته التربة من بقايا نباتية (جذور وأوراق) قد تكون أثرت في محتواها من المادة العضوية من جهة وما تلقته تربتها من أسمدة معدنية ومبيدات فطرية وحشرية من جهة أخرى.

هذه البقايا التي تعتبر ثنائية التأثير: فهي من جهة ترفع محتوى التربة من المادة العضوية، ومن جهة أخرى تعتبر هي ذاتها ذات حمولة من هذه العناصر تعود للتربة معها فترفع التركيز العام أو الكلي، خاصة إذا علمنا بأن الجذور تظهر عادة تراكيز عالية من العناصر الثقيلة لأنها العضو النباتي الذي تمر من خلاله الأيونات المعدنية المختلفة ومنها أيونات هذه العناصر فضلاً عن تواجدها على اتصال مباشر معها في التربة، وهو ما يتفق مع Nirmal Kumar وزملاؤه(2009) وبأن الأوراق هي الأجزاء التي تلقت الرشات المتتالية من مبيدات المكافحة الفطرية والحشرية والتي تعود بتساقطها للتربة، وهذا ذُكر من قبل دراسات سابقة كثيرة كدراسة Miotto وزملاؤه (2014) و Komarek وزملاؤه (2010) التي وجدت بأن المبيدات الفطرية تسبب تراكماً وتغييراً في حمولة التربة من هذه العناصر بعد وصولها للتربة مع الأوراق الهرمة والمتساقطة. هذا الأثر ينسجم مع النتيجة السابقة الخاصة بالمعاملات ذات التحسين الأعلى، والتي كانت ذات نباتات أكبر وبالتالي جذور أفضل وعروش ورقية أكبر، فيصبح العائد معها أكبر معززاً للنتيجة السابقة كأحد الأسباب المحتملة لها وتتفق مع نتائج Brunetto وزملاؤه (2011; 2014, 2016).

نلاحظ أيضاً أن الشاهد غير المعامل بأي نوع من أنواع الأسمدة العضوية منها أو المعدنية احتوى على نسبة من هذه العناصر، وهذا يمكن إرجاعه إلى:

عنصر النيكل Ni من أكثر العناصر ارتباطاً بالموقع الجغرافي وطبيعة الصخر الأم للتربة التي ثبت كونها أحد أهم مصادره إلى جانب ما تساهم به من العوامل الأخرى المؤثرة، وهذا يتفق مع Liu وزملاؤه (2015) الذي وجد بأن التلوث بالنيكل قد ينتج عن الصخرة الأم للتربة، ومع Li وزملاؤه (2008) الذي بيّن أن العامل الأساسي المؤثر في تراكم العناصر الثقيلة كان العامل الصخري خاصة في المناطق الجافة.

تحتوي التربة على نسبة من Cd:Zn تسمى بالنسبة الجيولوجية (Dube *et al.*, 2001) وهو ما يبرر وجود جزء معين من عنصر الكادميوم، وهذا ذُكر أيضاً من قبل Abdullateef وزملاؤه (2014)، أما الجزء المتبقي منه و التركيز المقاس من الرصاص Pb فيعود للمبيدات الفطرية

والحشرية التي تلقتها النباتات وعادت لتربته مع الأوراق الهرمة والمتساقطة، وهذا ينسجم مع Abosede(2017)، كما أشير إليه من قِبل Brunetto وزملاؤه (2016) وLuo وزملاؤه (2009) بأن المحاصيل التي تستدعي عمليات مكافحة أكثر تزيد محتوى التربة من العناصر الثقيلة في الطبقة السطحية من التربة، وهذا يتطابق مع حالة محصول البطاطا الذي يستدعي تكرار عمليات الرش الوقائي ضد أمراض اللفحة باستخدام المبيدات الفطرية بشكل خاص.

في النهاية لابدّ من الإشارة لأمر بالغ الأهمية، وهي أسباب وصول هذه الملوثات إلى الكومبوست المستعمل والتي تتلخص بـ:

- ✓ النباتات والبقايا العضوية التي تعتبر المادة الأولية في عملية تصنيع الكومبوست قد تكون ملوثة بجزء من هذه العناصر خاصة إذا أخذنا بالحسبان تعدد مصادرها واحتمالات ريها بالمياه العادمة أو تسميدها بالحمأة (Dube *et al.*, 2001).
- ✓ الفضلات المجموعة تخضع لعملية تنقية خارجية لعزل المواد القابلة لإعادة التصني، حيث تنشر في الخارج على التراب الذي قد يصل إليها مع ما يحمله من ملوثات داخلاً في عملية التصنيع ومسيئاً لنوعية الكومبوست الناتج، خاصة إذا علمنا أن ترب المطامر ومعامل المعالجة من أكثر الترب احتواءً لهذه الملوثات.
- ✓ إن غياب الفرز المنزلي يسيء لنوعية الكومبوست الناتج، فبقاء الفضلات على تماس مع مصادر التلوث المختلفة مثل: بقايا علب الأصبغة والطلاء والدهانات والمبيدات والأسمدة والنايلون وأعقاب السجائر والبطاريات ... وغيرها من المصادر التي يزيد خطرها بازدياد مدة تلامسها مع البقايا العضوية الصالحة للتصنيع (Abosede , 2017 ; Jarup , 2003).

ثالثاً: من أجل تأثير معاملات الري يتضح التفوق المعنوي لمعاملات الري الناقص (جدول29)، حيث تفوقت معاملة الري الناقص 50% من أجل العناصر الثلاث (Cd- Cr - Ni) معنوياً على بقية المستويات وتفوقت المعاملة 75% ري على معاملة الري الكامل، تأثيراً ازداد بصورة خطية مع ازدياد مستوى الإجهاد المائي المطبق.

في حين بقيت الفروق غير معنوية من أجل تأثير مستويات الري الثلاث في محتوى تربة الدراسة من عنصر الرصاص بتفوق غير معنوي لمعاملة الري 75% ري بزيادة لم تتجاوز 0.45%

و0.34% عن المعاملات 50% و 100% على التوالي. ينتج هذا التأثير لمعاملات الري من خلال الجوانب التالية:

- ✓ كلما انخفض مستوى الري المطبق انخفض معه النمو النباتي، وانخفضت معه الكمية المستنزفة من هذه العناصر من التربة، الأمر الذي يقود لازدياد محتوى تربتها الكلي مقارنة بمستويات الري الأعلى، وهذا يتفق مع Senden و Wolterbeek (1990).
- ✓ إتاحة شوارد العناصر المعدنية تتعلق بمحتوى التربة من الرطوبة التي تعتبر ضرورية لحركة هذه الشوارد وامتصاصها النباتي، هذه الشوارد التي ستبقى في التربة مع انخفاض محتواها الرطوبي، أو سوء خواصها الفيزيائية وهذا وجده أيضاً Dube وزملاؤه(2001).

تركيز العناصر المدروسة في أوراق الخس ودرنات البطاطا
Concentration of Studied Elements in Lettuce Leaves and Potato Tubers
الكادميوم والكروم

يبين الجدول(30) محتوى أوراق الخس ودرنات البطاطا من عنصر الكادميوم، الذي تركّز بشكل أكبر في أوراق ودرنات نباتات المعاملات المعدنية ضمن كل مستويات الري المطبقة ومن أجل المحصولين المدروسين، وهذ يعود للشوائب التي تحملها الأسمدة المعدنية من هذا العنصر وبخاصة الأسمدة الفوسفاتية، وهذا يتفق مع Nagajyoti وزملاؤه (2010).

وتشترك مع الشاهد من جهة أخرى الذي شهد أيضاً ارتفاعاً في تركيز أوراق ودرنات نباتاته من الكادميوم والذي يعود لغياب التثبيت العضوي الذي أضافه الكومبوست المقدم للتربة وتحويله للملوثات إلى صور غير متاحة وغير قابلة للامتصاص النباتي، وهذا ينسجم مع انخفاض التركيز كلما ازداد مستوى الإضافة من الكومبوست بحيث وجدت أخفض التراكيز في المعاملات التي تلقت أعلى مستوى من الإضافة العضوية ضمن مستويات الري الثلاث، حيث انخفض التركيز في المعاملات I3F1-I2F1-I1F1 بمقدار 23%–21%–19% عند مقارنة كل معاملة بالمعاملة المعدنية ضمن مستوى الري ذاته من أجل تركيز الكاميوم في أوراق نبات الخس ووصلت إلى 64%–67%–69% للمعاملات ذاتها على التوالي من أجل درنات البطاطا، وهذا يتفق مع Girotto وزملاؤه (2010). مع العلم بأن جميع التراكيز المقدرة بقيت ضمن الحدود

المسموح بها (1.2 مع/كغ) بحسب Adriano (1986)، فقط المعاملات المعدنية F4 وصلت للحد الأقصى المسموح به.

جدول 30. محتوى أوراق الخس ودرنات البطاطا من عنصري الكادميوم والكروم (مع/كغ).

الجزء النباتي	أوراق الخس		درنات البطاطا	
العنصر	Cd مغ/كغ	Cr مغ/كغ	Cd مغ/كغ	Cr مغ/كغ
I1F1	0.92^{b}	1.78^{c}	0.33^{d}	0.87^{d}
I1F2	0.96^{b}	2.04^{bc}	0.43^{d}	1.88^{bc}
I1F3	1.01^{b}	2.32^{bc}	0.70^{bc}	1.33^{cd}
I1F4	1.19^{a}	2.65^{ab}	0.92^{ab}	2.62^{a}
I1F5	1.03^{b}	3.25^{a}	0.67^{c}	2.38^{ab}
I2F1	0.95^{b}	1.83^{c}	0.30^{d}	0.89^{d}
I2F2	0.99^{b}	2.04^{bc}	0.44^{d}	1.89^{bc}
I2F3	1.06^{ab}	2.37^{bc}	0.70^{bc}	1.36^{cd}
I2F4	1.20^{a}	2.72^{ab}	0.99^{a}	2.52^{ab}
I2F5	1.05^{ab}	3.33^{a}	0.70^{bc}	2.24^{ab}
I3F1	0.97^{b}	1.85^{c}	0.31^{d}	0.86^{d}
I3F2	0.99^{b}	1.74c	0.47^{d}	1.90^{bc}
I3F3	1.08^{ab}	2.35^{bc}	0.71^{bc}	1.37^{cd}
I3F4	1.20^{a}	2.71^{ab}	0.99^{a}	2.55^{ab}
I3F5	1.08^{ab}	3.34^{a}	0.71^{c}	2.25^{ab}
L.S.D%5	0.137	0.680	0.25	0.622

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

السلوك ذاته كان ملاحظاً من أجل عنصر الكروم، من حيث ازدياد التركيز في المعاملات المعدنية والشاهد مقارنة بالمعاملات ذات الإضافات العضوية وذلك يعود لغياب التثبيت العضوي لمحتوى تربها من عنصر الكروم (جدول 26)، يضاف لها ما قد تكون الأسمدة المعدنية والمبيدات حملته على هيئة شوائب في المعاملة المعدنية، وهذا يتفق مع Wuanaو Okieimen (2011).

نلاحظ أيضاً من الجدول السابق أن نباتات الخس راكمت في أوراقها تراكيز أكبر من عنصري الكادميوم والكروم بالمقارنة مع درنات البطاطا، كالمعاملة I1F1 التي انخفض التركيز في درناتها بنسبة 64%-51% مقارنة بأوراق الخس من أجل عنصري الكادميوم والكروم على التوالي، وهذه النتيجة تتفق مع Bergkvisk وزملاؤه (2003) ومع Arao وزملاؤه (2010)، علماً أن جميع التراكيز المقدرة في المحصولين بقيت ضمن الحدود المسموح بها بحسب Adriano (1986) المحدد بـ(5 مغ /كغ).

النيكل والرصاص

أكبر اختلاف في التراكيز بين أوراق الخس ودرنات البطاطا وجد من أجل عنصر النيكل (جدول31)، حيث نلاحظ غياب الفروق المعنوية بين المعاملات المختلفة في أوراق الخس والذي يعود لكون المحصول الورقي يسنزف من هذه العناصر كمية أكبر من المحصول الدرني من جهة، وهذا ذكره من قبلNirmal Kumar وزملاؤه (2009). ومن جهة أخرى يعود لتربة الدراسة ذاتها وغياب التثبيت العضوي، الأمر الذي يتفق مع التفوق المعنوي لدرنات المعاملات المعدنية والشاهد على المعاملات العضوية الباقية ضمن مستويات الري الثلاث. بالإضافة لكون جزء من النيكل الممتص من قبل نباتات البطاطا سيبقى في الأوراق، وهذا يتفق مع Jamali وزملاؤه (2007) ومع Itanna (2002).

محتوى الشاهد من عنصر النيكل لا يعود للكومبوست المضاف الذي لا يعتبر المصدر الوحيد المحتمل لعنصر النيكل بل قد يعود لنوع الصخرة الأم خاصة مع غياب دراسات حول هذا الموضوع في منطقة الدراسة.

مع ملاحظة أن جميع القيم المقدرة بقيت ضمن الحدود المسموح بها(4مغ/كغ) بحسب Adriano(1986). فيما يتعلق بمحتوى الأجزاء النباتية المدروسة من عنصر الرصاص فنلاحظ بالعودة للجدول (31) أن الفروق بين المعاملات لم تكن كبيرة جداً، ويمكن أن تبرر الإضافات السمادية والمبيدات التي تحمل الريصاص كأحد شوائبها التراكيز المقدرة وارتفاعها بشكل خاص في المعاملة المعدنية، وهذا يتفق مع التركيز المقدر في التربة من عنصر الرصاص (جدول 28) الذي لم يظهر اختلافاً بين المعاملات المدروسة، خاصةً أن التلوث بالرصاص غالباً ما يعود للتلوث الجوي الذي كان أصغرياً أو غير موجود في منطقة الدراسة (الحقل بعيد عن مناطق الازدحام واستعمال الآليات بالحد الأدنى خلال المواسم الأربعة) أو

للشوائب الموجودة في المبيدات الورقية المستعملة. علماً أن جميع التراكيز بقيت بعيدة جداً عن الحد الأقصى المسموح به (30 مغ/كغ) بحسب Adriano (1986).

جدول 31 . محتوى أوراق الخس ودرنات البطاطا من عنصري النيكل والرصاص (مع/كغ).

درنات البطاطا		أوراق الخس		الجزء النباتي
Pb مغ/كغ	**Ni** مغ/كغ	**Pb** مغ/كغ	**Ni** مغ/كغ	العنصر
3.45^{a}	0.40^{d}	2.20^{abc}	3.68^{a}	**I1F1**
2.60^{abcde}	0.71^{c}	2.13^{abcd}	3.40^{a}	**I1F2**
2.59^{abcdef}	1.17^{b}	2.03^{abcde}	3.48^{a}	**I1F3**
2.65^{abcd}	1.40^{a}	1.93^{def}	3.85^{a}	**I1F4**
1.65^{ef}	1.38^{a}	1.87^{f}	3.91^{a}	**I1F5**
3.49^{a}	0.44^{d}	2.23^{ab}	3.68^{a}	**I2F1**
2.68^{abc}	0.71^{c}	2.23^{ab}	3.42^{a}	**I2F2**
2.69^{abc}	1.30^{ab}	2.07^{abcdef}	3.53^{a}	**I2F3**
2.70^{ab}	1.383^{a}	2.00^{cdef}	3.83^{a}	**I2F4**
1.67^{ef}	1.42^{a}	1.90^{ef}	3.70^{a}	**I2F5**
3.51^{a}	0.45^{d}	2.23^{ab}	3.74^{a}	**I3F1**
2.73^{a}	0.75^{c}	2.27^{a}	3.44^{a}	**I3F2**
2.71^{ab}	1.32^{ab}	2.08^{abcde}	3.53^{a}	**I3F3**
2.70^{ab}	1.40^{a}	2.01^{cdef}	3.87^{a}	**I3F4**
1.69^{bde}	1.43^{a}	1.93^{def}	3.72^{a}	**I3F5**
0.885	0.187	0.181	0.220	**L.S.D%5**

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

الخواص الإنتاجية *Productivity Characteristics*

1- محصول الخس *Lettuce*

المجموع الخضري للنبات هو مصنع الطاقة والغذاء ورئة النبات التي تمده بما يحتاج إليه لاستكمال عمليات نموه وتطوره، وبالنسبة لنبات الخس هو الجزء الاقتصادي المستهلك وفي نبات البطاطا ينتج المدخرات الغذائية التي ستنتقل فيما بعد للدرنات التي تمثل الجزء الاقتصادي المرغوب، وما يتبقى في الحالتين يعتبر مصدراً هاماً وجيداً للمادة العضوية فيما لو عاد للتربة وذو أهمية علفية فيما لو جُمع وقُدّم لحيوانات المزرعة.

بشكل عام يعتبر الحصول على مجموع خضري سليم وذو قوة نمو أكبر على درجة عالية من الأهمية بالنسبة للخضار المزروعة. من أهم الاختلافات الملاحظة بالنسبة لنبات الخس هو الاختلاف في طول موسم النمو: موسم النمو الأول استمر لمدة شهرين ونصف (75 يوماً) في حين استمر الموسم الثاني لما يزيد بقليل عن شهر ونصف فقط بعد نقل الشتول للأرض الدائمة (50 يوماً). هذا الفارق يعود بالدرجة الأولى إلى الاختلاف في المناخ الذي ساد خلال موسمي الزراعة، خاصة درجات الحرارة والهطولات المطرية. فالهطولات وإن لم تكن عالية خلال الموسم الأول لكنها غابت تماماً خلال الموسم الثاني، هذا الغياب متزامناً مع الارتفاع الذي طرأ على درجات الحرارة حول موسم الزراعة من موسم شتوي إلى موسم أقرب للمواسم الصيفية.

تعتبر هذه النتيجة متوافقة مع الكثير من الأبحاث مثل: Sahin وزملاؤه (2016) ومع Hasanuzzamann وزملاؤه (2013) التي وضحت كيف يمكن للحرارة أن تكون أحد العوامل المحددة للإنتاج، لتأثيرها في عمليات التنفس والتمثيل الضوئي، النمو وفينولوجيا النبات، هذا التأثير الذي يمتد ليطال الغلة النهائية من المحصول.

1-1 ارتفاع النبات وعدد أوراقه *Plant Height & Number of Leaves*

يمثل الجدول (32) القيم الناتجة لكل من عدد الأوراق للنبات الواحد وارتفاع النبات من أجل كل معاملة، حيث يبدو من خلال هذه النتائج أن أفضل المعاملات من حيث ارتفاع النبات هي المعاملة I1F1 ثم المعاملات I1F2 و I2F1 حيث الكميات الأعلى من الكومبوست التي تلقتها المعاملة I2F1 ساهمت في الحفاظ على رطوبة أرضية أعلى عوضت النقص (بمقدار 25%) الذي تلقته بالمقارنة مع I1F2 وكانت ذات نتائج متقاربة من أجل موسمي الزراعة. لنفس السبب نلاحظ تقارب ارتفاع النباتات في المعاملات I3F1 و I1F3 وهذا يتفق مع Kowaljow وزملاؤه (2017).

جدول 32. عدد الأوراق في النبات (ورقة/نبات) وارتفاع النبات (سم) لنباتات الخس.

المعاملة	الموسم الأول		الموسم الثالث	
	الارتفاع	عدد الأوراق	الارتفاع	عدد الأوراق
I1F1	25.53^{a}	25.57^{a}	39.00^{a}	56.67^{a}
I1F2	23.33^{b}	23.87^{abc}	35.00^{bc}	54.00^{a}
I1F3	20.00^{c}	21.53^{cde}	31.00^{de}	41.67^{b}
I1F4	17.67^{d}	19.43^{ef}	23.67^{f}	26.67^{d}
I1F5	16.10^{e}	17.23^{fgh}	21.33^{f}	22.67^{dfg}
I2F1	22.67^{b}	24.37^{ab}	37.00^{ab}	54.33^{a}
I2F2	20.67^{c}	22.90^{bcd}	33.00^{cd}	43.33^{b}
I2F3	18.53^{d}	21.00^{de}	28.33^{e}	34.67^{c}
I2F4	16.00^{ef}	17.43^{fgh}	21.67^{f}	24.00^{def}
I2F5	12.90^{h}	15.27^{hi}	17.67^{g}	19.33^{gh}
I3F1	20.57^{c}	20.77^{de}	31.67^{d}	41.67^{b}
I3F2	18.00^{d}	19.00^{efg}	28.00^{e}	36.33^{c}
I3F3	15.10^{f}	16.67^{gh}	23.00^{f}	26.67^{de}
I3F4	13.90^{g}	13.90^{i}	17.67^{g}	22.67^{defg}
I3F5	11.67^{i}	10.33^{i}	15.67^{g}	17.67^{h}
$L.S.D_{\%5}$	0.934	2.377	3.075	3.750

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

ازداد ارتفاع النبات في الموسم الثالث مع تكرار الإضافات العضوية والتغيير في الظروف المناخية بين الموسمين فبلغت الزيادة 53% من أجل المعاملة الأفضل I1F1 عن ماحققته خلال الموسم الأول، وتحسن ارتفاع النباتات في المعاملة I2F1 فتحول من تفوق معنوي بنهاية الموسم الأول مع المعاملة I1F1 إلى تفوق غير معنوي بنهاية الموسم الثالث وبانخفاض لم يتجاوز 5% مع إمكانية توفير بنسبة 25% في مياه الري المقدمة، علماً ان كل المعاملات شهدت تحسناً ملحوظاً في الموسم الثالث عن الموسم الأول لزراعة الخس. ضمن كل مستوى ري نجد أن التفوق المعنوي كان للمعاملات ذات مستويات الإضافة العضوية الأعلى فبلغت الزيادة مثلاً في نهاية الموسم الثالث 83%–64% –45% للمستويات F3-F2-F1 ضمن مستوى الري

الكامل مقارنة بالشاهد I1F5، وجميعها تفوقت معنوياً على المعاملة المعدنية المفردة I1F4 التي لم تسبب زيادة إلا بمقدار 11% مقارنة بالشاهد.

أعلى ارتفاع وجد في الموسم الأول لأفضل المعاملات I1F1 (25.53 سم) كان أخفض من الأرقام التي ذكرتها الدراسات المرجعية، بينما تفوق ارتفاع النبات المسجل في هذه الدراسة لنفس المعاملة من الموسم الثاني 39 سم على الدراسات المرجعية مثل: Tsabedze و Wahome (2010) الذي وجد أقصى ارتفاع للنبات 31.5 سم وBozkurt و Mansuroglu (2011) أن هذا الارتفاع بلغ 33.5 سم، حيث بيّن جميعهم إلى جانب أبحاث أخرى مثل Yazgan وزملاؤه (2008) أن ارتفاع النبات تأثر سلباً وانخفض مع تطبيق الإجهاد المائي بالري الناقص، وهذا يعود بشكل أساسي لدور التحسين العضوي الفيزيائي الذي قدمته الإضافات من كومبوست القمامة . كما يمكن تفسير النتائج السابقة بأن: استطالة الساق ما هي إلا نتيجة لازدياد عدد الأوراق المتشكلة والتي تتوضع بشكل مباشر على الساق الداخلية للنبات وتحثه مع ازدياد عددها على النمو الشاقولي حتى يتيح مكاناً للأوراق الجديدة المتشكلة، إلى جانب الازدياد في طول الورقة نفسها، وهي نتيجة أكدها أيضاً Tsabedze وWahome (2010).

الاختلافات بين المعاملات من أجل عدد الأوراق المتشكلة في النبات الواحد كانت أوضح خلال الموسم الثالث مقارنة بالموسم الأول، ووجد أعلى عدد من الأوراق في نباتات المعاملات I1F1 وI1F2 وI2F1 خلال موسمي الزراعة، ثم في المعاملات I1F3 و I3F1 و I2F2.

حيث بلغت الزيادة 122% –126% –123% في الموسم الثالث عن ما حققته في الموسم الأول للمعاملات الأعلىI1F1 -I1F2 – I2F1 على التوالي، على الرغم أن الموسم الثاني يعادل زمنياً نصف المدة الزمنية التي استمر خلالها الموسم الأول، وهذا يعود إلى تآزر تأثير التغير المناخي مع الأثر التراكمي للإضافات العضوية من كومبوست القمامة وما أحدثته من تغيير في خواص تربة الزراعة، خاصة ما يتعلق بقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة.

الدراسات المرجعية مثل Senyigit وKaplan (2013) أشارت لأن الري الناقص يخفض عدد الأوراق المتشكلة في النبات من 49 إلى 13 ورقة /النبات لكن هذه الدراسة تشير لقدرة التحسين الفيزيائي على التخفيف من أثر الري الناقص على عدد أوراق النبات، حيث نلاحظ أن المعاملات I3F1 و I2F2 كانت ذات نتيجة مقاربة لنتائج المعاملة I1F3 ذات الري الكامل.

كما أن المعاملات ذات الإضافات العالية من الكومبوست I3F1 عوضت النقص في مياه الري المضافة (بنسبة 50%) وتفوقت على المعاملات المعدنية ضمن مستويات الري الأعلى I1F4 و I2F4 بزيادة بلغت 56% و 74% على التوالي. وضمن مستويات الري الناقص المطبقة نلاحظ التفوق المعنوي للمعاملات ذات الإضافات العضوية الأعلى، بحيث تفوق كل مستوى تسميد على المستويات الأقل منه ضمن مستوى الري الواحد. تتلاقى هذه الزيادة في عدد الأوراق مع ازدياد المضاف من الكومبوست مع نتائج Mrabet وزملاؤه (2012) حيث الترب المحسنة بكومبوست القمامة أعطت نباتات ذات عدد أكبر من الأوراق مقارنة بالشاهد غير المحسّن، وهي نتيجة أكدها أيضاً كل من Patil وزملاؤه (2013) و Reis زملاؤه (2014).

كما يتفق مع Bozkurt و Mansuroglu (2011) الذي وجد زيادة في عدد أوراق النبات من 65 حتى 109 ورقة مع ازدياد مستوى الرطوبة الأرضية، أما الاختلاف في العدد الناتج عن هذه الدراسة فإنما يعود للاختلاف في الأصناف المستعملة في هذه الأبحاث، رغم أن اتجاه التأثير كان متشابهاً فيها من أجل تأثير انخفاض مستوى الري سلباً على عدد الأوراق.

2-1 مؤشر المساحة الورقية وتطور قطر التغطية للنبات

Leave Area Index and Coverage Diameter Development

ينتج مؤشر أو دليل المساحة الورقية للنبات *LAI* من حاصل قسمة المساحة الورقية الكلية للنبات على المساحة الغذائية المخصصة له، ويشير إلى عدد طبقات الأوراق العاملة بالتمثيل الضوئي للنبات الواحد، بكلام أخر يعبر عن عدد أمثال المساحة الغذائية التي يمتلكها النبات على هيئة مسطح ورقي أخضر مستقبل للأشعة الشمسية وقادر على القيام بعملية التمثيل الضوئي (Patil *et al.*, 2013 ; Das *et al.*, 2009).

حيث يمكن الاستدلال منه على قدرة النبات التمثيلية للضوء والغذاء والماء، وتأثره بظروف النمو المحيطة، فغياب 50% من مياه الري المقدمة للمعاملة I3F1 ذات الري الناقص ورغم تساوي المضاف لها من كومبوست القمامة مع المعاملة I1F1 أدى لانخفاض دليل المساحة الورقية الخاص بها في الموسم الأول للنصف حيث أن المناخ السائد حينها لطّف من أثر الإجهاد المائي المطبق، أما خلال الموسم الثاني فبلغ الفارق بينهما 9.6 طبقة، تتلاقى هذه النتيجة مع Kirnak وزملاؤه (2002) الذي وجد بأن التغطية النباتية لنبات الخس ازدادت بازدياد مستويات

الري، وانخفضت بتطبيق معاملات الري الناقص، حيث يلجأ النبات إلى خفض المساحة الورقية المعرضة للبخر وهذا ذكره أيضاً Steduto وزملاؤه (2009).

جدول33 . قطر المجموع الخضري(سم) ومؤشر المساحة الورقية للنبات .

المعاملة	الموسم الأول		الموسم الثالث	
	قطر المجموع الخضري	مؤشر المساحة الورقية	قطر المجموع الخضري	مؤشر المساحة الورقية
I1F1	37.67^{a}	4.997^{a}	39.67^{a}	19.723^{a}
I1F2	32.67^{b}	3.840^{b}	36.33^{bc}	13.893^{c}
I1F3	27.67^{c}	2.733^{cd}	33.00^{d}	8.071^{e}
I1F4	24.67^{de}	1.948^{ef}	27.33^{e}	3.876^{gh}
I1F5	22.33^{fg}	1.611^{fg}	22.00^{fg}	2.079^{ij}
I2F1	33.67^{b}	4.077^{b}	38.00^{ab}	16.655^{b}
I2F2	32.33^{b}	3.139^{c}	34.33^{cd}	10.323^{d}
I2F3	25.00^{de}	2.346^{de}	28.67^{e}	5.622^{f}
I2F4	22.67^{fg}	1.644^{fg}	23.67^{f}	2.376^{ij}
I2F5	20.33^{h}	1.261^{gh}	19.67^{g}	1.594^{ijk}
I3F1	32.00^{b}	2.545^{d}	32.67^{d}	8.100^{e}
I3F2	26.33^{cd}	1.948^{ef}	28.00^{e}	4.871^{fg}
I3F3	23.67^{ef}	1.554^{fgh}	20.33^{g}	2.844^{hi}
I3F4	21.00^{gh}	1.128^{hi}	17.00^{h}	1.307^{jk}
I3F5	18.33^{i}	0.763^{i}	16.67^{h}	0.802^{k}
$L.S.D_{\%5}$	1.827	0.4375	2.595	1.163

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

وجدت الاختلافات الأكبر بين أفضل المعاملات I1F1 بمعدل 4.2 طبقة و18.9 للموسمين الأول والثاني على التوالي مقارنة بأقل المعاملات I3F5، تنسجم هذه النتيجة مع ما ذكره Tsabedze و Wahome (2010) عن انخفاض مؤشر المساحة الورقية لنبات الخس مع الري الناقص، ومع Mrabet وزملاؤه (2012) بكون النباتات المسمدة بالكومبوست كانت أكبر وأفضل نمواً.

عدد الأوراق المتشكلة في النبات (جدول32) ومساحة هذه الأوراق انعكست بصورة مباشرة على قيم مؤشر المساحة الورقية وتبرر التفوق المعنوي للمعاملة I1F1 خلال موسمي الزراعة التي كانت ذات نباتات باعلى عدد أوراق وأكبر مساحة ورقية كلية للنبات.

الإضافات العضوية المتكررة والاختلاف في الظروف المناخية خلال الموسمين أظهرت الفروق بين المعاملات حيث تفوقت المعاملة I2F1 على المعاملة I1F2 بعد أن كانت ذات قيم متقاربة في نهاية الموسم الأول، وتعود لقدرة التحسين الفيزيائي العضوي على التلطيف من تأثير الإجهاد المائي المطبق (بمقدار 25%) عبر تحسينها لقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء المتاح للنبات (جدول 19)، وتحسينها لقدرة المجاميع الجذرية على الامتداد لمساحة غذائية أكبر والاستفادة من رطوبتها، وهذا يتفق مع Marbet وزملاؤه (2012) ومع Akinci و Losel (2012).

يعود تفوق المستويات العالية من الإضافات العضوية ضمن كل مستوى ري، والمعاملات العضوية بشكل عام على المعدنية المفردة ضمن كل مستويات الري لقدرة الكومبوست المضاف على توفير ماء متاح أعلى والعناصر المغذية المطلوبة للنمو النباتي وتحريرها بشكل بطيء استطاع تلبية حاجة النبات على امتداد فترة نموه، وبخاصة عنصر الآزوت (جدول 22) ذو الدور الهام في النمو الخضري للنبات، وهذا يتفق مع Patil وزملاؤه(2013) ومعSquire وزملاؤه (1987).

يختلف مفهوم قطر المجموع الخضري ونسبة التغطية النباتية عن مؤشر المساحة الورقية للنبات، فنبات بطبقة ورقية واحدة ونبات بعشر طبقات ورقية مصطفة فوق بعضها البعض قد يكون لهما نفس قطر التغطية أو نسبة التغطية التي تنتج من نصف قطر التغطية على اعتبار أن شكل المجموع الخضري لنبات الخس هو شكل دائري.

أكبر قطر للمجموع الخضري وجد في المعاملة I1F1 بتفوق معنوي على بقية المعاملات، من ناحية أخرى المعاملات I2F1 - I2F2 -I3F2 كانت ذات اقطار متقاربة مع I1F2 رغم انخفاض ما تلقته من مياه ري، وهذا يشير لقدرة التحسين الفيزيائي العضوي من جهة على التخفيف من أثر الإجهاد المائي ولطبيعة الظروف المناخية التي سادت خلال الموسم الأول من جهة أخرى. ظهر تأثير الظروف المناخية والأثر التراكمي للإضافات العضوية بشكل أوضح خلال الموسم الثالث فنلاحظ تقارب قيم المعاملات I1F1 – I2F1 كأفضل القيم السميجلة وبزيادة بلغت 5% و 13% عن ما حققته في الموسم الأول. وكذلك المعاملات I1F2 عن I2F2 بزيادة لم تتجاوز 6 % رغم 25% زيادة في مياه الري التي تلقتها وهذا يشير أيضاً للدور الهام للتحسين الفيزيائي للتربة ويتفق مع Kowaljow وزملاؤه(2017).

تدل هذه القيم على قدرة النبات على خفض المفقود من مياه الري بالتبخر من سطح التربة وبخاصة الجزء المرطب بأنابيب الري فترفع من كفاءة عملية الري وتساعد على خفض كمية مياه الري المقدمة حيث تستعمل نسبة التغطية النباتية كمعامل خفض يحدد أو يعدّل كمية مياه الري المحسوبة بما يتناسب مع كل معاملة ولكل مرحلة من مراحل نمو النبات، كما تعبر عن مساحة السطح النباتي المعرض لأشعة الشمس وعلاقته بفقد الماء عبر النتح، هذا يتفق مع Singh وزملاؤه(2010). كما يذكر Steduto وزملاؤه(2009) بأن نسبة التغطية النباتية ذات صلة وثيقة بقيمة الماء المفقود بالنتح من وحدة المساحة الورقية وبالتبخر من التربة، خاصة غير المشمولة بالتغطية النباتية (مكشوفة).

لهذه العلاقة أهمية خاصة في حالات الإجهاد كحال هذه الدراسة إذ يملك النبات القدرة على التحكم بالانفتاح والانغلاق المسامي، لكنه لا يملك القدرة على التحكم ببخر التربة.

يمكن من خلال قيمها الحكم على قوة نمو النبات وتطوره، والاستدلال على وجود أو ظهور مؤشرات إجهاديّة أو مرضيّة غير مخطط لها، فالنبات قد يلجأ مثلاً لخفض سطحه المعرض للإجهاد كوسيلة دفاعية أو قد تلتف أوراقه وتتجعد ويتقلص امتدادها بنتيجة بعض الإصابات المرضية، فنبات الخس مثلاً ذو حساسية اتجاه حشرات المن التي تقوم بامتصاص العصارة النباتية فتغير من شكلها ومساحتها كبداية وقد تهدد الإنتاج بحال تفاقمت دون مكافحة مناسبة.

تدل النتائج في الجدول (33) على تأثير الإجهاد المائي ووارتفاع الحرارة الذي لوحظ خلال الموسم الثاني ودفع بنباتات المعاملة I3F5 (50% ري) إلى خفض امتداد مسطحها الأخضر بمقدار 1.7سم والمعاملة I3F4 بمقدار 4 سم مقارنة بالموسم الأول.

هذا الإجهاد الذي ازداد بصورة متناسبة مع انخفاض مستوى الري المضاف والذي يتضح أكثر بمراقبة نسب الانخفاض التي شهدتها نباتات الشاهد بين الموسمين مع انخفاض مستوى الري فكانت كالتالي0.33%−0.7%−1.7% للمعاملات I3F5-I2F5-I1F5 على التوالي.

هذه النتائج تتفق مع دراسات مرجعية عدة مثل: Kirnak وزملاؤه (2016) ومع Bozkurt و Masuroglu (2011) من حيث انخفاض قطر النبات بانخفاض مستوى الري، وأيضاً مع Ferreira (2017) الذي ذكر تأثير الإجهاد المائي على امتداد المجموع الخضري للنبات (التغطية النباتية).

لابدّ من الإشارة أيضاً لأنه وضمن الكثافة النباتية المطبقة في هذه الدراسة، فقطر المجموع الخضري ذو أهمية عالية فهو يدل على إمكانية اتصال المجاميع الخضرية للنباتات المتجاورة الأمر الذي يساعدها على توفير الظروف المناسبة لبدء التفاف الرؤوس المتكونة من جهة، ولتحفيز النباتات على الاستطالة أو التطاول كنوع من التنافس على الضوء وبالتالي نباتات أكثر ارتفاعاً، وهذا يتفق مع Das وزملاؤه (2009).

3-1 الوزن الرطب لرأس الخس وإنتاجية وحدة المساحة

Fresh weight of lettuce head and productivity per unit of area

تعبر الغلة النهائية من محصول ما عن نتيجة مجمل العمليات والخدمات الزراعية التي قدمها الفلاح على امتداد الموسم الزراعي متكاملةً مع الظروف المناخية التي سادت خلاله، فيحكم من خلال هذه الغلة على مدى نجاح العملية الزراعية أو فشلها. فنلاحظ من خلال الجدول(34) الخاص بقيم الغلة النهائية لمحصول الخس، والوزن الرطب المسجل لرأس الخس في كل معاملة من المعاملات المطبقة.

بما أن السنة الأولى تميزت ببطء النمو، خاصة خلال المراحل الأخيرة من عمر النبات، فنجد أن أعلى متوسط لوزن رأس الخس لم يتجاوز في أفضل المعاملات 371.9 غ/ النبات، بفارق بلغ 300 غ عن أخفض معاملات الري الناقص I3F5 (72) غ، لتبلغ نسبة الزيادة المحققة عنها 417%، هذه النسب العالية من الزيادة بعد التحسين العضوي وجدت أيضاً من قبل Sullivan وزملاؤه (2003). أفضل معاملات الري الناقص كانت المعاملة ذات الإضافة العضوية الأعلى I2F1 التي تفوقت وإن بصورة غير معنوية على المعاملة I1F2 لكنها رفعت الغلة بنسبة بلغت 5%، مع توفير بنسبة 25% من مياه الري المقدمة. يمكن أيضاً أن نلاحظ تفوق المعاملة العضوية ذات أقل كمية ري I3F1 معنوياً على المعاملة المعدنية ذات الري الكامل I1F4 وبزيادة وصلت إلى 21% عنها.

هذه الأوزان الرطبة لرؤوس الخس الناتجة ستنعكس على الإنتاجية النهائية لوحدة المساحة، والتي تشير بحسب القيم المبينة في الجدول(34) إلى أنها بلغت ما يزيد عن 20 طن/هـ من أجل أفضل المعاملات I1F1، في حين لم تتجاوز 3.9 طن/هـ للمعاملة الأضعف I3F5 أي بفارق بلغ حوالي 5 أضعاف.

جدول 34. الوزن الرطب لرأس الخس (غ) وإنتاجية الهكتار (طن/هـ).

المعاملة	الموسم الأول		الموسم الثالث	
	وزن رأس الخس (غ)	إنتاجية الهكتار (طن/هـ)	وزن رأس الخس (غ)	إنتاجية الهكتار (طن/هـ)
I1F1	371.9^{a}	20.249^{a}	1429.5^{a}	77.827^{a}
I1F2	331.4^{bc}	18.044^{b}	1122.5^{c}	61.112^{c}
I1F3	291.0^{de}	15.844^{c}	902.7^{de}	49.145^{de}
I1F4	224.5^{g}	12.222^{d}	488.8^{g}	26.615^{g}
I1F5	154.8^{h}	8.430^{ef}	341.9^{h}	18.612^{h}
I2F1	347.6^{ab}	18.926^{b}	1292.3^{b}	70.360^{b}
I2F2	304.5^{cd}	16.578^{bc}	987.7^{d}	53.774^{d}
I2F3	250.9^{fg}	13.660^{d}	710.7^{f}	38.691^{f}
I2F4	162.2^{h}	8.832^{e}	367.7^{h}	20.021^{h}
I2F5	115.3^{i}	6.278^{ef}	224.0^{i}	12.198^{i}
I3F1	271.9^{ef}	14.806^{c}	946.4^{d}	52.504^{d}
I3F2	222.5^{g}	12.114^{d}	853.8^{e}	46.483^{e}
I3F3	166.3^{h}	9.055^{ef}	485.0^{g}	26.405^{g}
I3F4	104.6^{i}	5.693^{f}	215.1^{i}	11.713^{i}
I3F5	72.0^{j}	3.922^{g}	123.5^{j}	6.572^{j}
$L.S.D_{\%5}$	28.22	1.536	81.52	4.4381

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

بقيت المعاملات I2F1 و I1F2 ذات غلة نهائية متقاربة بتفوق للمعاملة I2F1 بمقدار 882كغ/هـ. بملاحظة الاختلاف بين المعاملة ذات الري الناقص I2F2 و المعاملة I1F3 ذات الري الكامل ورغم أن الزيادة بقيت غير معنوية لكنها بلغت 734 كغ/هـ لصالح معاملة الري الناقص، كما نجد تقارباً واضحاً في الغلة المتحققة من المعاملة I3F1 معهما.

أثمرت مجمل التغيرات الفيزيائية المحققة بالتزامن مع التغيير المناخي بين موسمي الزراعة عن زيادة في الغلة المتحققة من كل مستوى من مستويات الري الثلاث المطبقة في الموسم الثالث (الموسم الثاني لزراعة الخس) بمقدار يقارب 3 أضعاف ما أنتجته خلال الموسم الأول. هذا التحسن في تأثير معاملات الري والتسميد أدى لزيادة وصلت إلى 284% في المعاملة الأفضل I1F1 مقارنةً بالموسم الأول، أما أضعف المعاملات I3F5 فشهدت زيادة قدرها 68% والتي تعود على الأغلب للفروق المناخية التي سادت خلال الموسمين.

يمكن أيضاً ملاحظة أن التفوق غير المعنوي خلال الموسم الأول تحول لتفوق معنوي خلال الموسم الثاني للمعاملة I2F1 على المعاملة I1F2 بزيادة قدرها 15% أي ما يعادل 9.3 طن/هـ، وهو فارق يفوق إنتاجية الشاهد ذو الري الناقص I3F5 (6.672) طن/هـ.

أما المعاملات I1F3-I3F1-I2F2 فكانت ذات غلة متقاربة جداً وفروق لم تتجاوز بأفضل الحالات 9% بين أعلاها I2F2 وأدناها I1F3، لكن اللافت أن التحسين العضوي مع الري الناقص سواء المعاملة I1F3 (52.5) طن/هـ أو I3F2 (46.5) طن/هـ أعطت غلة تقارب أو تزيد عن ضعفي تلك المذكورة في إحصاءات وزارة الزراعة والمتوقعة من هكتار واحد من محصول الخس المروي (22) طن/هـ. كما يمكن بالعودة إلى الجدول ذاته ملاحظة أن المعاملة المعدنية ذات الري الكامل I1F4 لم تستطع في الظروف المناخية التي سادت خلال الموسم الثاني (ارتفاع الحرارة) أن تصل للإحصاءات المذكورة، فيما تفوقت المعاملة المختلطة I1F3 عليها بما يعادل 4.7 طن/هـ عن الغلة المتوقعة.

نلاحظ أيضاً أن انخفاض الحرارة ضمن الموسم الأول، ثم ارتفاعها ضمن الموسم الثاني قد أثر في الغلة النهائية للمحصول، أما المعاملة المعدنية التي تعتبر مثالاً نموذجياً لنمط الزراعة المتبع لهذا المحصول I1F4 (ري كامل + تسميد كامل) فإنها لم تستطيع مجاراة المعاملات العضوية ذات الإضافات الجيدة من كومبوست القمامة، هذه الإضافات العضوية لعبت دوراً هاماً ومساعداً على تخطي هذه الإجهادات، بل حولتها لصالح النمو النباتي (احتفاظ أكبر بالرطوبة والمغذيات مع توفر الحرارة) فسرّعت نمو النباتات ضمن معاملاتها، وهذا يتفق مع Kowaljow وزملاؤه (2017) الذي وجد بأن إضافة الكومبوست للرطوبة رفع قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة مقارنة بالشاهد، وساهم باستعمال أعلى لمياه الري من قبل النباتات. تنسجم هذه النتائج مع ما بينه Jan وزملاؤه(2011) بأن الإضافات العضوية تحسّن النمو وتزيد الغلة في ظروف الإجهاد المائي، ومع نتائج Gabriela وزملاؤه(2016) الذي وجد بأن المواد العضوية تزيد قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة فتزيد الإنتاج، أما Leon وزملاؤه(2006) فأكد على قدرة الإضافات العضوية على مساعدة النبات في مقاومة الجفاف.

2- محصول البطاطا Potato Crop

1-2 عدد الأوراق للنبات Number of Leaves per Plant

يبين الجدول (35) تفاعل المعاملات وتفوق المعاملة I1F1 معنوياً من أجل عدد الأوراق مقارنة ببقية المعاملات، بينما بقي الشاهد ضمن أخفض مستويات الري الناقص المطبقة T35 المعاملة الأضعف على الإطلاق، حيث بلغت الزيادة المحققة في المعاملة الأفضل I1F1 عنه 402% من أجل عدد أوراق النبات في الموسم الأول و 449% في الموسم الثاني.

نلاحظ أيضاً تحوّل التفوق المعنوي بين المعاملات I1F1 وI2F1 بنهاية الموسم الأول إلى غير معنوي بينتجة الأثر التراكمي للإضافات العضوية التي تلقتها المعاملة I2F1.

جدول 35 . عدد الأوراق في النبات (ورقة/ نبات) وارتفاع النبات (سم) ومؤشر المساحة الورقية.

المعاملة	الموسم الثاني			الموسم الرابع		
	عدد الأوراق	ارتفاع النبات	مؤشر المساحة الورقية	عدد الأوراق	ارتفاع النبات	مؤشر المساحة الورقية
I1F1	70.33^{a}	66.67^{a}	8.70^{a}	75.00^{a}	71.00^{a}	10.75^{a}
I1F2	68.00^{b}	63.33^{b}	7.10^{b}	71.67^{b}	67.00^{b}	8.53^{b}
I1F3	61.00^{c}	50.33^{d}	5.06^{d}	62.67^{c}	52.00^{d}	6.20^{d}
I1F4	38.00^{e}	43.00^{ef}	2.12^{g}	38.33^{e}	43.67^{ef}	2.05^{h}
I1F5	26.33^{g}	39.33^{g}	1.11^{ij}	26.00^{h}	40.00^{g}	1.16^{ij}
I2F1	66.33^{b}	64.33^{ab}	7.44^{b}	73.67^{ab}	69.00^{ab}	8.80^{b}
I2F2	60.67^{c}	56.33^{c}	5.70^{c}	63.33^{c}	60.67^{c}	6.74^{c}
I2F3	51.67^{d}	44.33^{e}	3.75^{e}	53.33^{d}	45.33^{e}	3.93^{f}
I2F4	28.00^{g}	39.67^{g}	1.52^{hi}	28.67^{g}	38.67^{gh}	1.67^{hi}
I2F5	23.67^{h}	35.67^{h}	0.81^{jk}	23.33^{i}	36.33^{hi}	1.12^{j}
I3F1	52.00^{d}	55.33^{c}	4.72^{d}	54.00^{d}	57.33^{c}	5.49^{e}
I3F2	36.33^{e}	45.00^{e}	2.78^{f}	38.33^{e}	46.00^{e}	3.45^{f}
I3F3	33.00^{f}	41.33^{fg}	1.96^{gh}	34.33^{f}	41.67^{fg}	2.61^{g}
I3F4	19.67^{i}	34.67^{h}	0.75^{jk}	19.33^{j}	35.00^{i}	0.79^{jk}
I3F5	14.00^{j}	29.33^{i}	0.45^{k}	13.67^{k}	29.33^{j}	0.46^{k}
$L.S.D_{\%5}$	2.229	2.483	0.490	2.008	3.459	0.515

كما نلاحظ تفوق كل مستوى تسميد معنوياً على المستويات الأقل منه ضمن كل مستوى ري، حيث يمكن بملاحظة الاختلافات الحاصلة في محتوى كل معاملة من العناصر الغذائية كالآزوت خاصةً، وما تحويه تربتها من الماء المتاح والميسر بسهولة أمام الامتصاص النباتي أن نفسر مجموعة الفروق الملاحظة في نمو نباتات المعاملات المختلفة (مساحة ورقية – عدد

أوراق – ارتفاع..) حيث: انخفاض كمية الماء المتاح ستخفض كمية الماء الممتصة من قبل الجذور النباتية مع ماتحمله من عناصر غذائية أساسية، وبالتالي سيعانى النبات من انخفاض كمية المياه الممتصة لتعويض ما يفقده بالتبخر– نتح ، الأمر الذي يزداد في ظروف الإجهاد أو الري الناقص التقليدية، ويبرر ما لوحظ من انخفاض في نمو المعاملات المعدنية ومعاملات الشاهد، لكن الأهم هو ملاحظة كيف أن التحسين العضوي بكومبوست القمامة ومن خلال رفعه لمحتوى التربة من العناصر الأساسية و الماء المتاح للنبات استطاع تجاوز هذه الآثار السلبية للإجهاد المائي فنلاحظ أن النباتات التي تلقت تحسيناً عضوياً لم يتأثر نموها رغم انخفاض ما تلقته من مياه ري (المعاملات 75% –50% ري) بل ومنافستها للمعاملات ذات الري الكامل ممن تلقت كميات أقل من الكومبوست. هذه النتيجة تتفق مع Wang وKang (2006) ومع Abd-El-Latif وزملاؤه (2011) الذي وجد زيادة في كمية الماء والمغذيات الممتصة مع ازدياد رطوبة التربة المحسنة عضوياً.

2-2 ارتفاع النبات *Plant Height*

بالعودة للجدول(35) وارتفاعات النبات المقدرة لنباتات البطاطا يمكن ملاحظة معنوية الفروق بين كل مستوى تسميد مع المستويات الأقل منه ضمن كل مستوى ري، تتفق هذه النتيجة أيضاً مع Shehata و Abo-Sedera (1994) الذي بيّن تأثر ارتفاع النبات بالقدرة الغذائية لتربة الزراعة وتأثره بغناها بالعناصر الغذائية، الأمر الذي يبرر ازدياد الارتفاع بازدياد كميات الإضافة من الكومبوست وينسجم مع نتائج محتوى التربة من العناصر الأساسية. كما تتلاقى مع مابينه Abbas و Ranjan (2015) وShock وزملاؤه (2002) عن دور الآزوت في نمو النبات وارتفاعه، ويمكن لنتائج محتوى التربة من الآزوت أن تبرر الفروق الملاحظة (جدول22).

ضمن كل مستوى تسميد نلاحظ أن النتيجة الأفضل كانت ضمن مستوى الري الأعلى كتفوق المعاملةI1F2 معنوياً على المعاملة I2F2 التي تفوقت بدورها على المعاملة I3F2 وهي نتيجة تتفق مع نتائج دراسات Mansour وزملاؤه(2014) و Demelash (2013) التي بينت جميعها التأثير المعنوي لكميات مياه الري المضافة على ارتفاع النبات وازدياده بزيادتها، وتتلاقى مع دراسة صادق والشبلي(2013) وTourenux زملاؤه (2003) عن تأثير الري الناقص في ارتفاع النبات، وكيف أن الإجهاد المائي يخفض ارتفاع النبات ويؤثر في معدل استطالة الساق والورقة على حد سواء.

3-2 مؤشر المساحة الورقية لنبات البطاطا *Leaf Area Index of Potato Plant*

وجد أعلى متوسط مؤشر المساحة الورقية للنبات (جدول35) في نباتات المعاملة I1F1 والتي تفوقت معنوياً على بقية المعاملات خلال موسمي الزراعة، مع زيادة بلغت 24% في الموسم الرابع (الموسم الثاني لزراعة البطاطا) عما سجلته خلال الموسم الأول.

انخفضت قيم مؤشر المساحة الورقية مع انخفاض مستوى الري حيث نلاحظ التفوق المعنوي للمعاملة I1F1 على المعاملات I2F1 و I3F1 التي تلقت الكميات ذاتها من الكومبوست، وهذا يتفق مع نتائج Jefferies و Mackerron (1993)، كما انخفضت القيم مع انخفاض كميات الكومبوست المضافة ضمن كل مستوى ري خلال موسمي الزراعة فنلاحظ أن المعاملة I1F1 تفوقت معنوياً بنهاية الموسم الثاني بنسبة 26%-74% -424% على المعاملات I1F4-I1F3-I1F2 على التوالي وبنسبة 824% مقارنة بالشاهد.

نلاحظ أيضاً تفوق المعاملات العضوية ضمن كل مستويات الري الناقص على المعاملة المعدنية كتفوق المعاملات I3F1 وI3F2 بنسبة 167%-68%على المعاملة I1F4 على التوالي مع توفير بنسبة 50% في مياه الري المقدمة، هذا يعود للتحسين الفيزيائي الذي نتج عن الإضافات من كومبوست القمامة، من حيث مسامية التربة وتهويتها (جدول14) وارتفاع ما قدمته هذه المعاملات من ماء متاح (جدول 19) ومواد غذائية (الجداول22-23-24) مقارنة بالمعاملات المعدنية والشاهد ومتفقة بذلك مع نتائج كل من صادق والشبلي (2013)، ومع Onder وزملاؤه (2005).

يضاف لذلك تأثير هذه الإضافات العضوية في نفاذية الماء (جدول21) وحركية الماء ضمن قطاع التربة، وبالتالي سهولة وصوله محملاً بالمغذيات إلى المجاميع الجذرية التي سهل التحسين الفيزيائي أيضاً لمساحة غذائية أكبر، وهذا وجده أيضاً Wangو Kang(2006).

4-2 متوسط وزن درنة البطاطا *Average Weight of Tuber*

ضمن الكثافة النباتية المستخدمة في هذا البحث، أعطت المعاملة الأفضل I1F1 درنات ذات وزن أعلى بحوالي 5 أضعاف مقارنة بالمعاملة الأضعف على الإطلاق I3F5.

أما نتيجة المعاملة I2F1 ذات الري الناقص، فكانت قريبة جداً من المعاملة I1F2 ذات الري الكامل بنهاية الموسم الأول، لكن مع تراكم تأثير الإضافات العضوية بنهاية الموسم الثالث والتي بلغت في المعاملة I2F1 ضعف المقدمة للمعاملة I1F2 نجد أنها ساعدت على زيادة متوسط

درناتها بنسبة 11%، وجعلتها تتفوق معنوياً على المعاملة I1F2 ذات الري الكامل (زيادة 25% ري عنها).

نلاحظ من الجدول (36) التفوق المعنوي للمعاملة I3F1 بنسبة 4%-7% على التوالي خلال موسمي الزراعة على المعاملة المختلطة ذات الري الكامل I1F3 مع توفير بنسبة 50% في مياه الري المقدمة، الأمر الذي يرجع إلى قدرة ما تلقته من تحسين عضوي على تلطيف وتخفيف أثر الإجهاد المائي المطبق عليها، وهذا يتفق مع Leon وزملاؤه (2006).

جدول 36 . متوسط وزن درنة نبات البطاطا (غ)، إنتاجية النبات (غ/النبات) ، إنتاجية الهكتار (طن).

المعاملات	2016			2017		
	وزن الدرنة	إنتاجية النبات	إنتاجية الهكتار	وزن الدرنة	إنتاجية النبات	إنتاجية الهكتار
I1F1	324.2^{a}	1069.3^{a}	29.70^{a}	340.2^{a}	1270.0^{a}	35.28^{a}
I1F2	274.7^{b}	906.7^{c}	25.19^{c}	287.2^{c}	1063^{c}	29.53^{c}
I1F3	241.5^{d}	716.3^{e}	19.90^{e}	249.4^{e}	836.0^{e}	23.22^{e}
I1F4	207.7^{e}	575.7^{g}	15.99^{gh}	211.5^{fg}	601.0^{g}	16.69^{g}
I1F5	122.7^{i}	430.3^{h}	11.95^{i}	124.4^{i}	463.7^{h}	12.88^{h}
I2F1	278.9^{b}	978.0^{b}	27.17^{b}	318.8^{b}	1153.3^{b}	33.14^{b}
I2F2	248.9^{cd}	787.0^{d}	21.86^{d}	262.8^{d}	955.7^{d}	26.55^{d}
I2F3	168.3^{g}	616.3^{fg}	17.12^{fg}	218.0^{f}	729.0^{f}	20.25^{f}
I2F4	123.5^{i}	408.0^{h}	11.33^{i}	126.6^{i}	446.0^{h}	12.39^{h}
I2F5	104.4^{j}	342.0^{i}	8.61^{j}	111.2^{j}	380.0^{i}	9.45^{i}
I3F1	251.1^{c}	640.1^{f}	17.78^{f}	266.6^{d}	787.3^{e}	21.87^{e}
I3F2	182.2^{f}	435.7^{h}	14.62^{h}	204.4^{g}	575.7^{g}	17.58^{g}
I3F3	150.0^{h}	386.5^{hi}	10.74^{i}	158.1^{h}	423.3^{hi}	12.87^{h}
I3F4	103.2^{j}	253.0^{j}	7.03^{j}	105.6^{j}	276.7^{j}	7.69^{j}
I3F5	68.3^{k}	193.5^{k}	5.37^{k}	71.2^{k}	206.7^{k}	5.74^{k}
$L.S.D_{\%5}$	8.121	57.28	1.587	11.135	56.07	1.518

** تشير الأحرف المختلفة إلى معنوية الفروق بين المعاملات، والأحرف المتشابهة إلى الفروق غير المعنوية (Duncan, 1995).

يبدو أيضاً التفوق المعنوي لكل مستوى ري على المستويات الأقل منه عند كل مستوى تسميد، وتفوق كل مستوى تسميد على المستويات الأقل منه، وتفوق للمعاملات العضوية على المعاملة المعدنية المفردة ضمن كل مستوى ري. هذه النتائج يمكن تفسيرها على اعتبار أن نتائج متوسط

وزن الدرنة هي انعكاس للكميات المنتقلة من الأوراق (مصانع الغذاء) إلى الدرنات (مخزن هذه المغذيات)، متأثرة بحجوم المجاميع الخضرية وقدرتها على استقبال الإشعاع الشمسي وبالتالي ما تصنعه الأوراق من مدخرات تنقلها فيما بعد للدرنات، وهذا يتفق مع Fleischer وزملاؤه (2008) التي كانت أفضل مع ازدياد مستويات التسميد والري، متفقة مع ما ما ذكره حداد وبايرلي (2010) بأن الإجهاد المائي يخفض معدل تخزين الكربوهيدرات في النبات، الأمر الذي كان أكثر وضوحاً وتجلياً في المعاملات المعدنية والشاهد.

فالإنغلاق الجزئي للمسام وبالإضافة لتأثيره في عمليات التبادل الغازي مع المحيط، فهو يؤثر في قدرة النبات على نقل وتحريك المدخرات المنتجة من المنبع (الأوراق) للمصب (الدرنات).

خاصةً أن ظروف الإجهاد قد تسبب عدم انتظام في عمل كلوروبلاست الخلايا التي تخفض بشكل مباشر كفاءة عملية التمثيل الضوئي، وهذا يتفق مع Sawicka وزملاؤه(2015) عند الأخذ بالحسبان أن عملية التمثيل الضوئي هي عملية استقلابية حساسة جداً للعوامل الإجهادية (الغذائية والمائية)، وهذا ينسجم مع Gostev وزملاؤه (2012). فضلاً عن أن ظروف الإجهاد تجعل النشاء يتراكم في أوراق نبات البطاطا ويسبب اضطراباً في استقلاب الكربوهيدرات وانخفاضاً في الكمية المنتقلة للدرنات فينخفض وزنها وهذا يتفق مع Gostev وزملاؤه (2012) ومع Starck(2014).

5-2 متوسط إنتاجية نبات البطاطا *Average Productivity of Potato Plant*

بنتيجة تفاعل معاملات الري والتسميد (جدول36) أعطت المعاملة الأفضل خلال موسمي الزراعة I1F1 إنتاجاً كلياً من النبات الواحد بمعدل 6 أضعاف مقارنة بالمعاملة الأضعف I3F5.

ويتضح من الجدول ذاته أن استبدال الأسمدة المعدنية المفردة (المعاملة I1F4) بكومبوست القمامة I1F2 سيعطي نباتات ذات إنتاج أعلى بنسبة 58%–77% مقارنة بنباتات المعاملة المعدنية لموسمي الزراعة على التوالي. بنفس الطريقة فخفض الري بمقدار 25% ومضاعفة الكومبوست المضاف يجعل إنتاجية النبات الواحد تزيد بنسبة 70%–92% مقارنة بإنتاجية نباتات المعاملة I1F1 للموسمين على التوالي.

المعاملة I3F1 ورغم الإجهاد المائي الذي طُبق عليها، فإن التحسين العضوي لتربتها أعطى إنتاجية أفضل، رغم أنها كانت أقل معنوياً بنسب لم تتجاوز 12%، لكن مع استمرار التحسين

العضوي استطاعت خلال الموسم الثاني أن تخفض هذا الفارق مع المعاملة I1F3 لتصبح 6% وغير معنوي إحصائياً. رفعت المعاملة I3F2 ذات الإجهاد المائي والتحسين العضوي الإنتاجية للنبات الواحد بمعدل 29% –30% عن المعاملة المعدنية I2F4 لموسمي الدراسة على التوالي، مع توفير بمعدل 25% من مياه الري.

يمكن تفسير هذه النتيجة بالعودة للجدول ذاته (جدول36) وملاحظة متوسط وزن الدرنة المسجل الذي ينسجم مع نتائج متوسط إنتاجية النبات لكونه أحد أهم محددات الإنتاجية للنبات الواحد، تتفق هذه النتيجة مع Porter وزملاؤه (1999) الذي وجد أن التحسين العضوي للتربة في تفاعل تأثيره مع الري (تأثير التفاعل) أعطى نتائج إيجابية وفوائد ملاحظة على غلة نبات البطاطا وخواص التربة في آن معاً، كما تتلاقى مع مابينه Carter وزملاؤه (2004) بأن الغلة المحققة بنتيجة إضافة الكومبوست بدون آزوت معدني كانت أعلى معنوياً من تلك الناتجة عن إضافة الآزوت المعدني لوحده.

6-2 إنتاجية الهكتار من محصول البطاطا *Average Yield of Potato per Hectar*

يمكن من الجدول(36) تبيّن إنتاجية الهكتار من درنات البطاطا للموسمين الأول والثاني، للكثافة النباتية الموضحة ضمن طرائق البحث. حيث نلاحظ نماذج التأثير من حيث تفوق كل مستوى ري معنوياً على المستويات الأدنى ضمن كل مستوى تسميد، هذا التأثير المعنوي أعطى زيادة في المعاملة I1F1 بمقدار 9% مقارنة بالمعاملة I2F1 وبنسبة 67% عن المعاملة I3F1 في الموسم الأول، بينما انخفضت هذه النسب إلى 7% و 61% في الموسم الثاني للمعاملات ذاتها على التوالي في الموسم الثاني لزراعة البطاطا بنتيجة تفاعل الأثر التراكمي للتحسين العضوي مع ظروف الزراعة، وهذا يتفق مع Shock وFeibert (2002) ومع Bahramloo و Nasseri(2009).

كما نلاحظ تفوق كل مستوى تسميد على المستويات الأقل منه ضمن كل مستوى ري، فتفوقت المعاملة المختلطة F3 ذات الإضافات العضوية الأقل (من بين مستويات الإضافة العضوية) على المعاملة المعدنية المفردة F4 بنسب بلغت 25%–51%–52% ضمن مستويات الري I3-I2-I1 على التوالي من أجل الموسم الأول، ثم ارتفعت إلى 39% – 63%– 67% على التوالي من أجل الموسم الثاني.

نجد أيضاً أن الانخفاض بنسبة 25% من مياه الري المقدمة للمعاملة I2F1 مقارنة بالري الكامل والذي ترافق مع كمية مضاعفة من كومبوست القمامة المضاف للمعاملة I1F2، لم يسبب انخفاضاً في الإنتاج النهائي من درنات البطاطا، بل على العكس أدت لزيادة بنسبة 8% في الموسم الأول وبنسبة 12% في الموسم الثاني. أما الانخفاض بمعدل 50% من مياه الري المقدمة للمعاملة التي تلقت الكمية ذاتها من كومبوست القمامة I3F1 أعطى غلة أعلى من المعاملة المعدنية ذات الري الكامل بمعدل 11% في الموسم الأول و 31% في الموسم الثاني، مشيرةً لأهمية التغيرات الفيزيائية التي حملتها الإضافات العضوية للتربة التي ساعدت على تحمل النبات للإجهاد المائي المطبق. ضمن مستويات التسميد المتماثلة نجد أن الانخفاض في الغلة بنتيجة نقص مياه الري بمعدل 25% عن المعاملة ذات الري الكامل I2F2 لم يتسبب بانخفاض أكبر من 13% عن مثيلتها ذات الري الكامل I1F2 في السنة الأولى، وانخفضت إلى 10% فقط في السنة الثانية، وهو ما يدل على دور وأهمية المادة العضوية المضافة وأثرها التراكمي في حفظ الرطوبة المقدمة للتربة، هذه النتائج تتيح مجموعة واسعة من الخيارات التي يمكن للفلاح اختيار ما يناسبه منها بحسب التكلفة أو ظروف المزرعة المتوفرة، مثلاً:

المعاملات ذات التحسين العضوي I3F2-I3F1-I2F2-I2F1 جميعها حققت غلة أعلى معنوياً من تلك التي أعطتها المعاملة ذات الري الكامل والمسمدة بالأسمدة المعدنية، وهذا مؤشر واضح على أهمية التحسين الفيزيائي في تحمل الإجهاد المائي، وأن النبات يحتاج لتربة ذات ظروف إنتاجية مثالية إلى جانب القيمة السمادية، الأمر الذي كان غائباً في المعاملة المعدنية مقارنة بالمعاملات العضوية. هذا الأثر التراكمي الذي ميّز الموسم الثاني عن الأول، على اعتبار تماثل ما قدّم للنبات من مياه ومغذيات تكفي حاجته منهما، فنجد أن المعاملة I1F1 كانت ذات غلة أعلى بـ 19% من غلتها في الموسم الأول، وبلغت هذه الزيادة 22% للمعاملة I2F1 و 23% للمعاملة I3F1، هذه النسبة التي ازدادت مع ازدياد مستوى الإجهاد لمعاملات تلقت الكميات ذاتها من كومبوست القمامة مشيرةً لتعاظم أهمية هذا التحسين مع ازدياد الانخفاض في المياه المقدمة. تتفق هذه النتيجة مع ماوجده Willekens وزملاؤه (2008) من ازدياد غلة نبات البطاطا في المعاملات ذات الإضافات من الكومبوست. وتتفق مع Carter وزملاؤه (2004) الذي بيّن أن الإضافات العضوية بما تقدمه من تحسين فيزيائي للتربة بالتزامن مع قيمتها الغذائية يمكنها أن تفسر تفوق المعاملات العضوية على المعاملات المعدنية المفردة. وهذا ما دفع

Christensen وJohnston (1997) للقول بأن الإضافات العضوية في زراعة البطاطا لايمكن أن تعوّض بالأسمدة المعدنية وأن تأثير التحسين العضوي يتجاوز قيمته السمادية.

بشكل عام تبدو النتائج الخاصة بإنتاجية النبات الواحد ووحدة المساحة المزروعة منسجمة ومتوافقة مع الفروق الملاحظة بين المعاملات المختلفة من حيث متوسط وزن الدرنة الواحدة وعدد الدرنات المتشكلة في النبات.

سادساً: الخواص المائية *Hydrological Characteristics*

1- معامل المحصول *Crop Factor Kc*

قُدّرت الدراسات السابقة قيم معامل المحصول لنبات الخس بـ(0.7 –1 –0.95) خلال مراحل تطوره (التطور الأولي Init – مرحلة التطور Dev – المرحلة الوسطى Mid) على التوالي، بينما قدّرت بـ(0.5 –1.15 –0.75) لمحصول البطاطا للمراحل ذاتها بحسب Allen وزملاؤه (1998). يمكن من الجداول (37 –38 –39 –40) التي تحتوي على قيم معامل المحصول للمحصولين قيد الدراسة ضمن المواسم الأربعة أن نلاحظ بأن جميع القيم المقدرة كانت ضمن الحدود المذكورة في الدراسات المرجعية. أعلى القيم بلغت 1.15 من أجل نبات الخس في معاملة الشاهد خلال الموسم الأول، ووصلت إلى 1.03 في المعاملة I1F1 في الموسم الثاني بينما كانت أخفض القيم المسجلة في معاملة الشاهد ضمن أخفض مستوى ري ناقص I3F5 (0.25–0.12) للموسمين الأول والثاني على التوالي. أما بالنسبة لمحصول البطاطا فنجد أن أعلى القيم 1.06 ضمن المعاملة I1F2 في الموسم الأول و 1.08 ضمن المعاملة I1F1 ضمن الموسم الثاني، أما أخفض القيم فلم تتجاوز (0.21 –0.28) ضمن المعاملة I3F5 للموسمين الأول والثاني على التوالي. يشير الشكل (5) بأن الشكل العام لمنحنى معامل المحصول *Kc* كان طبيعياً في كل المعاملات من حيث القيم الصغيرة في بداية عمر النبات ثم مرحلة ارتفاع مع نمو المحصول وتطوره فاستقرار ثم انخفاض مع نهاية عمر المحصول.

حسابياً يمكن إرجاع هذا الارتفاع العام في القيم للارتفاع في قيم الاستهلاك المائي عن قيم التبخر– نتح المرجعي خلال مرحلة تطور المحصول خاصة (طور النمو الخضري لنبات الخس)، وضمن مرحلتي وضع الدرنات وامتلائها بالنسبة لمحصول البطاطا متفقةً بذلك مع الدراسات المرجعية التي بينت أنها أكثر المراحل استنزافاً للمياه مثل Allen وزملاؤه (1998) ومع Jutka وزملاؤه (2011).

جدول 37. قيم معامل المحصول ضمن مراحل تطور محصول الخس للموسم الأول 2015.

الطور النباتي	مرحلة النمو الأولي	النمو الخضري	التفاف الرؤوس
استمرارية الطور/اليوم	20	40	20
عدد الريات	3	8	2
المعاملات	معامل المحصول (الخس 1)		
I1F1	0.49	1.04	0.85
I1F2	0.48	1.11	0.72
I1F3	0.35	1.06	0.76
I1F4	0.52	1.12	0.88
I1F5	0.50	1.15	0.65
I2F1	0.43	0.88	0.68
I2F2	0.43	0.91	0.60
I2F3	0.32	0.88	0.66
I2F4	0.40	0.83	0.66
I2F5	0.38	0.86	0.47
I3F1	0.30	0.58	0.49
I3F2	0.30	0.62	0.38
I3F3	0.21	0.61	0.44
I3F4	0.27	0.55	0.44
I3F5	0.25	0.56	0.27

جدول 38. قيم معامل المحصول ضمن مراحل تطور محصول الخس للموسم الثاني 2016.

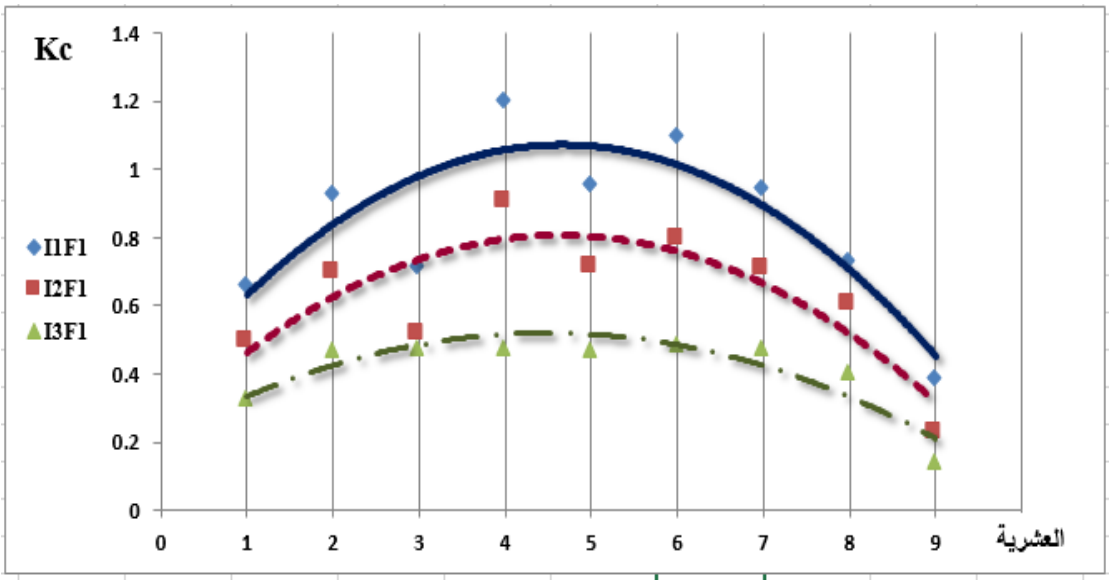
الطور النباتي	مرحلة النمو الأولي	النمو الخضري	التفاف الرؤوس
استمرارية الطور/اليوم	10	30	10
عدد الريات	2	10	2
المعاملات	معامل المحصول (الخس 2)		
I1F1	0.46	1.03	0.64
I1F2	0.55	1.00	0.84
I1F3	0.62	0.96	0.80
I1F4	0.59	0.86	0.77
I1F5	0.58	0.81	0.46
I2F1	0.33	0.75	0.48
I2F2	0.41	0.76	0.39
I2F3	0.47	0.70	0.36
I2F4	0.44	0.63	0.56
I2F5	0.44	0.61	0.23
I3F1	0.21	0.48	0.32
I3F2	0.27	0.47	0.25
I3F3	0.32	0.45	0.22
I3F4	0.30	0.48	0.17
I3F5	0.29	0.42	0.12

جدول 39. قيم معامل المحصول ضمن مراحل تطور محصول البطاطا للموسم الأول 2016.

الطور النباتي	النمو الخضري	وضع الدرنات	امتلاء الدرنات	النضج الفيزيولوجي
استمرارية الطور/اليوم	20	20	30	20
عدد الريات	5	5	6	3
	معامل المحصول (البطاطا 1)			
I1F1	0.83	1.08	0.93	0.39
I1F2	0.77	0.98	0.84	0.39
I1F3	0.72	0.70	0.65	0.60
I1F4	0.62	0.76	0.84	0.57
I1F5	0.60	0.65	0.80	0.58
I2F1	0.61	0.81	0.71	0.23
I2F2	0.57	0.74	0.62	0.29
I2F3	0.55	0.58	0.48	0.45
I2F4	0.46	0.57	0.62	0.43
I2F5	0.52	0.49	0.60	0.43
I3F1	0.47	0.47	0.46	0.14
I3F2	0.36	0.50	0.40	0.19
I3F3	0.30	0.39	0.30	0.31
I3F4	0.30	0.38	0.41	0.28
I3F5	0.28	0.32	0.39	0.28

جدول 40 . قيم معامل المحصول ضمن مراحل تطور محصول البطاطا للموسم الثاني 2017.

الطور النباتي	النمو الخضري	وضع الدرنات	امتلاء الدرنات	النضج الفيزيولوجي
استمرارية الطور/اليوم	20	20	30	20
عدد الريات	4	5	7	2
	معامل المحصول (البطاطا 2)			
I1F1	0.52	0.86	0.97	0.30
I1F2	0.57	0.85	1.06	0.37
I1F3	0.50	0.70	0.89	0.42
I1F4	0.53	0.69	0.94	0.47
I1F5	0.46	0.61	0.88	0.43
I2F1	0.38	0.65	0.72	0.23
I2F2	0.43	0.64	0.79	0.28
I2F3	0.37	0.53	0.66	0.32
I2F4	0.40	0.52	0.75	0.35
I2F5	0.34	0.46	0.65	0.32
I3F1	0.24	0.43	0.47	0.15
I3F2	0.28	0.42	0.51	0.19
I3F3	0.25	0.35	0.43	0.21
I3F4	0.25	0.34	0.46	0.23
I3F5	0.21	0.30	0.43	0.21



شكل 5. منحنى معامل المحصول للمعاملات ذات المستوى التسميدي الأعلى F1 ضمن مستويات الري الثلاث من موسم زراعة البطاطا الأول 2016.

بملاحظة الشكل السابق والجداول المدرجة يمكن ملاحظة قيمة معامل المحصول تأثرت بعدة عوامل: أولاً: قيم معامل المحصول لكل مستوى تسميد ينخفض بانخفاض مستوى الري المقدّم له، كمثال: اتخذ معامل المحصول لنبات الخس خلال الموسم الأول القيم التالية 0.88- 0.58- 1.04 من أجل مستويات الري الكامل فالمستوى 75% ثم 50% ري على التوالي. هذا يعود بحسب Jutka وزملاؤه (2011) لأن النبات يستجيب للإجهاد المائي عبر خفض نموه وعمليات التمثيل الضوئي وعمليات الاستقلاب من أجل خفض احتياجه المائي.

ثانياً: بالنسبة لنبات الخس حيث الفواصل بين مراحل التطور أقل وضوحاً وأقل عدداً مقارنةً بنبات البطاطا، وجدت أعلى القيم في مرحلة تشكيل المجموع الخضري ونموه، متفقةً بذلك مع ما وجده Jutka وزملاؤه (2011) حينما بيّن أن الاستهلاك المائي (كأحد محددات قيم Kc) للخس يتأرجح بالاعتماد على حالة تطور المحصول، حيث يسجل الاستهلاك المائي قيماً منخفضة في بداية عمر النبات ثم قيماً عظمى في مرحلة النمو الوسطى والتي تقابل مرحلة تطور رؤوس الخس، وهو ما يتوافق مع نتائج هذه الدراسة. بالنسبة لنبات البطاطا سُجلت أعلى القيم في مراحل وضع الدرنات وامتلائها، وهي المراحل التي تقابل أعظم استهلاك مائي للنبات، وأطول استمرارية زمنية (50 يوماً)، وهذا تؤيده أيضاً أبحاث كل من: Wang وزملاؤه (2006)، ومع Iwama (2008).

2- الاستهلاك المائي الموسمي *Annual Water Consumption*

للحكم على نجاح المعاملات المطبقة في هذه الدراسة من ري وتحسين عضوي بصورة خاصة، ولتقدير تأثيرها في رفع كفاءة تقنية الري الناقص على المحاصيل قيد الدراسة لابدّ من تقييم مؤشرات أساسية ثلاث هي: الاستهلاك المائي الكلي للمحصول (ETc)، ومعامل استجابة المحصول للري الناقص (Ky)، بالإضافة لقيم كفاءة استعمال مياه الري (IWUE) والمياه الكلية (WUE) المقدمة للمحصول.

يبين الجدول (41) قيم الاستهلاك المائي للمواسم الأربعة في هذه الدراسة، ويمكن بالنظر لتلك القيم أن نلاحظ اختلاف قيم الاستهلاك المائي الموسمي للمحصولين باختلاف المعاملات المطبقة من جهة، وباختلاف ظروف النمو التي سادت خلال كل موسم من هذه المواسم الأربعة. فنجد مثلاً ارتفاع الاستهلاك المائي في المعاملة I1F2 خلال موسم الزراعة الأول (محصول الخس) مقارنة بالمعاملة ذات الإضافة العضوية الأعلى I1F1، لكن خلال موسم زراعة الخس الثاني (الموسم الثالث من الدراسة) نجد أن استهلاكها المائي عاد لينخفض عن المعاملة I1F1. بنفس الطريقة نجد أن هذه المعاملة I1F2 اتبعت النهج ذاته خلال مواسم زراعة محصول البطاطا وذلك بالانخفاض عن المعاملة I1F1 خلال الموسم الأول، ثم الارتفاع عنها خلال الموسم الثاني.

كما يمكن أن نلاحظ ارتفاع الاستهلاك المائي لمعاملات السماد المعدني المفرد والشاهد عن المعاملات العضوية خلال موسم الزراعة الأول، ثم ارتفاع استهلاك المعاملة المعدنية I1F4 فقط عن المعاملة المختلطة I1F3 خلال موسم زراعة البطاطا الأول (الموسم الثاني من التجربة)، وخلال موسم زراعة البطاطا الثاني (الموسم الرابع من التجربة).

بالمقارنة بين الاستهلاك المائي لمعاملة الشاهدI1F5 مع المعاملة المختلطة I1F3 يتضح أن الشاهد كان ذو استهلاك مائي أعلى خلال الموسم الأول من التجربة (محصول الخس 1) ثم تقاربت قيم استهلاكهما في الموسم الثاني من التجربة (محصول البطاطا 1)، ثم انخفضت عنه خلال الموسم الثالث (محصول الخس 2) والموسم الرابع من التجربة (محصول البطاطا 2).

جدول 41 . قيم الاستهلاك المائي الموسمي للمحاصيل المزروعة خلال المواسم الأربعة (مم).

المعاملات	2015	2016		2017
	خس	بطاطا	خس	بطاطا
I1F1	178.13	551.04	177.18	469.72
I1F2	181.35	513.74	173.94	492.13
I1F3	166.31	434.85	166.04	429.99
I1F4	206.61	458.36	157.77	447.14
I1F5	212.71	435.79	140.53	414.83
I2F1	149.69	413.28	132.88	352.28
I2F2	150.36	385.31	133.22	369.09
I2F3	140.94	326.14	124.53	322.49
I2F4	154.96	343.77	118.33	344.35
I2F5	159.53	326.84	105.39	311.12
I3F1	99.79	275.53	88.59	234.86
I3F2	100.21	256.87	86.97	246.07
I3F3	93.96	217.43	83.03	216.50
I3F4	104.04	229.18	78.89	223.57
I3F5	106.36	217.90	70.26	207.41

علماً أن قيم الاستهلاك المائي للمحصولين كانت ضمن حدود الاستهلاك المائي المرجعية للنباتات المدروسة، إذ لم تتجاوز 250 مم بالنسبة لمحصول الخس (سجل الشاهد I1F5 ضمن معاملة الري الكامل أعلى استهلاك مائي خلال الموسم الأول لزراعة الخس 212.7 مم)، وأقل من 700 مم بالنسبة للعروة الصيفية من نبات البطاطا (لم يتجاوز أعلى استهلاك مائي 551.04 مم في الموسم الأول لزراعة البطاطا للمعاملة I1F1)، وهذا يتفق مع العديد من الدراسات المرجعية التي أجريت في المنطقة مثل Bozkurt و Mansuroglu (2011) الذي وجد أن الاستهلاك المائي لنبات الخس تراوح مابين (101–285 مم) حسب مستويات الري المطبقة وحتى الري الكامل، بيّن Kuslu وزملاؤه (2008) أيضاً أن هذه القيم بلغت (– 232 121 مم)، بالإضافة لدراسات Gallardo وزملاؤه (1996) وSammis زملاؤه(1988) التي بينت أن أعظم استهلاك موسمي لنبات الخس لم يتجاوز في معاملة الري الكامل 153 مم و205 مم على التوالي.

تتعلق قيمة الاستهلاك المائي للنبات بحسب Snyder (2014) و Allen وزملاؤه (1998) بعاملين رئيسيين (حيث أن: $ETc = Kc \times ETo$)، أولهما يمثل الظروف المناخية التي سادت خلال نمو وإنتاج النبات، حيث تتضح الفروق المتعلقة بهذا الجانب بقيم الاستهلاك المائي المرجعي ET0 والتي سبقت الإشارة لها وتعد واحدة لجميع المعاملات، أما العامل الآخر فيتمثل

بقوة نمو النبات وحجم مجموعه الخضري وإنتاجه العام وما يتطلبه ذلك من استنزاف لرطوبة التربة ومحتواها الغذائي، وهو ما ينعكس بصورة مباشرة على قيم معامل المحصول (التي تم ذكرها سابقاً) والتي ستختلف باختلاف المعاملات.

هذا ينسجم مع نتائج محصول الخس خلال الموسمين، فرغم أن طول موسم النمو للنبات خلال الموسم الأول بلغ ما يقارب ضعف فترة نموه خلال الموسم الثاني، نجد أن الاستهلاك المائي كان متقارباً للمعاملات العضوية بشكل خاص(خلال الموسمين)، حيث يعود الازدياد في الاستهلاك المائي خلال الموسم الثاني رغم كونه أقصر زمنياً للاستنزاف الأعلى من رطوبة التربة لمقابلة حاجات النمو التي ازدادت خلاله مقارنة بالموسم الأول، وهذا ينسجم مع التطور المورفولوجي المسجل ضمن النتائج المورفولوجية (الجداول32-33)، ولنفس هذا السبب تعزى الفروق الملاحظة بين مستويات التسميد ضمن كل مستوى من مستويات الري المطبقة، لتتفق مع نتائج Jutka وزملاؤه (2011) الذي بيّن وجود علاقة ارتباط قوية بين الغلة المتكونة من نبات الخس وقيم الاستهلاك المائي الكلي. كما يعزى لتغيير صفات وخواص التربة الفيزيائية والكيميائية خاصة التي طرأت على التربة بين الموسمين مع استمرار الإضافات العضوية خاصة فيما يتعلق بتأثير الكومبوست المضاف في محتوى تربة الدراسة من الماء المتاح للامتصاص النباتي (جدول 19). وهذا يتفق مع Marbet وزملاؤه (2012) الذي بيّن أن إضافة الكومبوست للتربة أدت لزيادة النمو النباتي بمعدل 2 إلى 3 مرات أعظم مقارنة بالشاهد، وذلك يعزى بحسب Huot وزملاؤه (2009) إلى مجمل الظروف الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة المحسنة، ونسبة انتشار المغذيات وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة. كما تنسجم مع ما وجده Singh وزملاؤه(2010) بأن الضعف في نمو المحصول سيؤدي لاستخدام جزء فقط من الرطوبة المتاحة في التربة، فينخفض بذلك استهلاكه المائي الموسمي.

وتتفق مع Jutka وزملاؤه (2011) الذي بيّن أن الاختلاف في الاستهلاك المائي الموسمي لمحصول الخس يتأرجح بالاعتماد على حالة تطور المحصول ويختلف باختلاف سرعة نموه وباختلاف العروة المزروعة وسنة الزراعة (لنفس مستوى الري المطبق)، وبيّن أن الاستهلاك المائي لنبات الخس تراوح ما بين (1890-2160 م^3/ الهكتار) من أجل الموسمين الخريفي والربيعي على التوالي، وبين (1620-2295 م^3/ الهكتار) لنفس المواسم من السنة التالية من أجل مستوى الري 80% من السعة الحقلية. ويتفق ذلك مع دراسة Sahin وزملاؤه (2016)

لزراعة نبات الخس في المناطق شبه الجافة، والذي قدر استهلاكه المائي بـ (204.9 مم) في العام 2010 بينما بلغ (223.2 مم) في العام 2011.

بذلك فالتغيرات التي طرأت على قيم الاستهلاك المائي للمحاصيل قيد الدراسة خلال مواسمها الأربعة تعود لمجمل التغيرات التي طرأت على هذين العاملين، لكن لابدّ من ملاحظة الانخفاض الكبير الذي وجد بين موسمي الزراعة لكل محصول والتي قدّرت بـ:

15%-4%-1%-3%-5% للمعاملات F5-F4-F3-F2-F1 مقارنة بالموسم الأول لكل منها، في حين بلغت 0.5%-4%-0 %-24%-34% بالنسبة لنبات الخس.

بملاحظة هذه النسب، إلى جانب القيم الكلية للاستهلاك المائي من الجدول السابق ومقارنة المعاملات ببعضها البعض وبالشاهد غير المعامل، قد تبدو هذه النتيجة للوهلة الأولى غير متوافقة مع الانخفاض المتوقع في الاستهلاك المائي كنتيجة للتغيرات الفيزيائية المحققة، انخفاضاً يزداد بازدياد الكميات العضوية المضافة من كومبوست القمامة، لكنها نتيجة طبيعية لازدياد الاستهلاك المائي للنبات بازدياد نموه وتطوره واحتياجاته المائية التي تكفي وتقابل متطلبات نموه وإنتاجه. لذا يمكن القول: أنه لا يمكن الحكم على فعالية أو كفاءة معاملة ما بالنظر فقط إلى قيم استهلاكها المائي الموسمي، إذ يعتبر مؤشراً غير كافياً، لهذا لابدّ من الاستعانة بمؤشرات أكثر دقة ككفاءة استعمال وحدة مياه الري ومعامل استجابة المحصول للري الناقص.

هذه النتيجة تتفق مع Singh وزملاؤه (2010) الذي قدّر الاستهلاك المائي لمحصول البطاطا بـ 432 مم والتي تعتبر أقل من الاستهلاك المسجّل في هذه الدراسة، لكن نلاحظ أن كفاءة استعمال المياه الكلية لم تتجاوز 2.87 كغ/ م^3. في حين أن تفاعل معاملات الري مع المستويات المقدمة من التحسين الفيزيائي والقيمة السمادية للإضافات العضوية نجد أنه ورغم ارتفاع الاستهلاك المائي لمحصول البطاطا في هذه الدراسة عما سجلته الدراسة المرجعية السابقة لكنها استطاعت زيادة كفاءة استعمال المياه الكلية المقدمة للمحصول إلى4.48 -5.55 كغ/ م^3 لموسمي الزراعة على التوالي.

3- كفاءة استعمال مياه الري والمياه الكلية

Irrigation Water Use Efficiency and Water Use Efficiency

يحتوي الجدول (42) على قيم كفاءة استعمال مياه الري والمياه الكلية المقدمة لمحصول البطاطا المدروسة خلال موسمي زراعته، بينما يحتوي الجدول (43) على قيمها الخاصة بمحصول. كما

هو متوقع فإن قيم IWUE أعلى من قيم WUE لكونها ناتجة حسابياً بالتقسيم على قيم أصغر حيث تتعلق قيم IWUE بمياه الري المقدمة فقط بينما تختص WUE بمجمل المياه الكلية المقدمة مضافاً لها الأمطار إن وجدت، هذا وجد أيضاً في العديد من الأبحاث السابقة وفسره Kuslu وزملاؤه (2008) لنفس الأسباب.

بمقارنة قيمهما الخاصة بكل محصول يمكن ملاحظة ثلاثة تغيرات أساسية هي:

أولاً : تزداد قيم الكفاءة المقدرة بازدياد مستوى التسميد المقدم ضمن كل مستوى ري من المستويات المطبقة، فمثلاً نجد أن القيم تراوحت بين 2.5–4.95 كغ/ م^3 من أجل مستويات التسميد من F5 وحتى F1 ضمن مستوى الري الكامل في الموسم الأول لزراعة البطاطا و مثلها 3.11–8.6 للموسم الأول من الخس. هذا يعزى بصورة أساسية لزيادة الكتلة المنتجة من النباتات في المعاملات المسمدة، زيادة خطية بازدياد مستويات التسميد المقدمة، وهذا بيّنه من قبل Marbet وزملاؤه (2012)، وأثبته أيضاً Nagaz وزملاؤه (2007) الذي بيّن أن محصول البطاطا يستجيب للإضافات السمادية، حيث ترتفع كفاءة استعمال المياه بارتفاع مستويات التسميد. تتفق هذه النتيجة أيضاً مع نتائج Singh وزملاؤه (2010 ;2008) التي وضحت أن إضافة الأسمدة الغنية بعناصر الآزوت والفوسفور خاصةً كان ذات فعالية عالية في رفع كفاءة استعمال مياه الري.

ثانياً: ضمن مستوى التسميد الواحد نجد أن قيم كفاءة استعمال المياه اتخذت منحى تغيير اختلف تبعاً للمحصول المزروع من أجل معاملات الري المطبقة، فنلاحظ أنها ازدادت ضمن مستوى الري الناقص I2 (75%) ثم انخفضت قليلاً عنه ضمن المستوى I3 (50%) رغم كون القيمتين أعلى من تلك المسجلة ضمن معاملة الري الكامل، كما في حالة المعاملة I1F1 مثلاً حيث كانت قيم WUE 4.95 – 5.87 – 5.48 لمستويات الري I3-I2-I1 على التوالي. من جهة أخرى نجد أن قيم الكفاءة ازدادت خطياً بازدياد مستوى الإجهاد المائي المطبق على نبات الخس فسجلت مثلاً 8.6 –9.14 –9.42 لمستويات الري I3-I2-I1 على التوالي من أجل أعلى مستوى تسميدي I1F1 خلال الموسم الأول لزراعته.

هذه النتيجة تعود لاختلاف الإنتاجية المحققة في معاملات الري الناقص تبعاً لكل محصول ومدى استجابته للإجهاد من جهة، وحساسيته للنقص الحاصل في كمية مياه الري المقدمة وانعكاس ذلك على قيم الإنتاج المحققة من جهة أخرى، بحيث يكون النقص في مياه الري أقل

من النقص الحاصل على الغلة مما يؤدي لازدياد الكفاءة الناتجة من وحدة مياه الري المستعملة، وهذا بينه من قبل Abd-El-Latif وزملاؤه (2011).

جدول 42. كفاءة استعمال المياه الكلية WUE وكفاءة استعمال مياه الري IWUE (كغ/م^3) لمحصول البطاطا خلال الموسمين.

2017		2016		البطاطا
IWUE	WUE	IWUE	WUE	المعاملات
7.51	6.92	5.39	4.95	I1F1
6.00	5.55	4.90	4.48	I1F2
5.40	4.96	4.58	4.14	I1F3
3.73	3.43	3.49	3.21	I1F4
3.11	2.83	2.74	2.50	I1F5
9.41	8.45	6.57	5.88	I2F1
7.19	6.49	5.67	5.03	I2F2
6.28	5.62	5.25	4.60	I2F3
3.60	3.22	3.30	2.95	I2F4
3.04	2.69	2.64	2.34	I2F5
9.31	7.96	6.45	5.48	I3F1
7.15	6.15	5.69	4.78	I3F2
5.95	5.06	4.94	4.08	I3F3
3.44	2.92	3.07	2.61	I3F4
2.77	2.32	2.47	2.07	I3F5

جدول 43. كفاءة استعمال المياه الكلية WUE وكفاءة استعمال مياه الري IWUE (كغ/م^3) لمحصول الخس خلال الموسمين.

2017		2016		الخس
IWUE	WUE	IWUE	WUE	المعاملات
43.93	34.56	11.37	8.60	I1F1
35.13	27.54	9.95	7.29	I1F2
29.60	22.96	9.53	6.87	I1F3
16.87	12.93	5.92	4.60	I1F4
13.25	9.87	3.96	3.11	I1F5
52.95	38.90	12.64	9.14	I2F1
40.36	29.67	10.64	7.39	I2F2
31.07	22.43	9.69	6.66	I2F3
15.98	11.37	5.70	4.12	I2F4
11.57	7.95	3.94	2.88	I2F5
59.27	38.44	14.84	9.43	I3F1
43.48	28.02	12.09	7.28	I3F2
31.80	20.15	9.64	5.72	I3F3
14.85	9.23	5.47	3.49	I3F4
9.57	5.69	3.69	2.38	I3F5

معظم الدراسات المرجعية وجدت نتائج مشابهة من حيث ازدياد قيم هذه الكفاءات بانخفاض كميات الري المقدمة، كنتائج Demelash (2013) الذي وجد أعلى قيمة لكفاءة استعمال المياه الكلية (6.61 كغ/م^3) في معاملة الري الناقص 75% من معاملة الري الكامل، مفسراً هذا التحسّن بالكفاءة على أنه نتيجة للاستخدام الصحيح والإضافات المناسبة لمياه الري التي وفرت معنوياً في كميات مياه الري دون إحداث نقص معنوي في الغلة.

بينت العديد من الدراسات أن الري الناقص يزيد كفاءة استعمال وحدة مياه الري بالمقارنة مع معاملة الري الكامل مثل: Bahramloo وNasseri (2009) و Fan وزملاؤه (2005) ومع Shahnazari وزملاؤه (2007).

تتعارض نتيجة هذه الدراسة مع نتائج دراسات Sahin وزملاؤه (2016) ومع Kadayifci وزملاؤه (2004) ودراسة Ayas و Korukcu (2010) التي بينت أن قيم كفاءة استعمال المياه تنخفض بانخفاض مستوى الري، وبأن أعلى القيم 5.23–4.35 وجدت في معاملات الري الكامل من أجل WUE- IWUE على التوالي أما أخفضها فوجدت في المعاملة 50% ري من المعاملة الكاملة. هذه الأبحاث عزت نتائجها لظروف خاصة متعلقة بالتجربة نفسها كالآثار الجانبية التي طرأت على المحصول فأخفضت الغلة القابلة للتسويق من محصول الخس الناتج، الأمر الذي كان غائباً في هذه الدراسة.

تحدث مثل هذه الاختلافات بسبب طريقة وآلية تطبيق تقنية الري الناقص، فزيادة الإجهاد بواسطة التحكم بطول الفترة بين الريّات سينتج عنه انخفاض في كفاءة الاستعمال، لكن تطبيقه بشكل مدروس ومتوافق مع الخواص المائية للتربة، وخاصة محتواها من الماء سهل الإتاحة كحال هذه الدراسة سيؤدي بشكل مباشر لارتفاع كفاءة استعمال مياه الري المضافة، وهذا أثبته أيضاً وزملاؤه Abd-El-Latif (2011).

هذه النتيجة تتخذ أهمية خاصة من أجل محاصيل الخضر ذات الجذور السطحية كمحصول الخس، التي تكون ذات قدرة ضعيفة على الاستفادة من رطوبة الطبقات الأعمق من الطبقة السطحية، وهذا أكده أيضاً Kirnak وزملاؤه (2016) معتبراً أنه السبب المباشر وراء انخفاض كفاءة استعمال مياه الري في المناطق الجافة وشبه الجافة خاصة في حالة المحاصيل الحساسة للإجهاد المائي كالخس، لكن يمكن بالعودة للجداول السابقة ملاحظة قدرة التحسين المطبقة على التخفيف من هذه المشكلة وتأثيرها الإيجابي الواضح على رفع كفاءة وحدة مياه الري.

ثالثاً: بمقارنة موسمي الزراعة لكل نبات نجد أن القيم المسجلة خلال الموسم الثاني كانت أفضل من تلك المسجلة للمعاملات خلال الموسم الأول، حيث بلغت مثلاً 9.40 –8.45 لكل من WUE-IWUE على التوالي للمعاملة I2F1 من أجل محصول البطاطا بمقابل (5.87–6.57) لموسمه الأول. تتفق هذه النتيجة مع Ali (1993) الذي بيّن أن قيم الكفاءة تختلف باختلاف سنوات الزراعة وعزى هذا الاختلاف بشكل أساسي للاختلاف في الظروف المناخية والمعاملات المطبقة ومع Nagaz وزملاؤه (2007) الذي وجد قيماً مختلفة لكفاءة استعمال المياه باختلاف عروة الزراعة لمحصول البطاطا واختلاف استهلاكها المائي والإنتاجية النهائية من الدرنات. لكن الزيادة الأعلى وجدت من أجل نبات الخس الذي شهد اختلافاً وصل إلى 302% بين قيمة WUE في الموسمين من أجل المعاملة I1F1، وأقل نسبة زيادة لوحظت في معاملات الشاهد لكنها وصلت إلى 217 % – 176% – 139% خلال مستويات الري (I3-I2-I1) على التوالي. مثل هذه القيم العالية وجدت في نتائج Senyigit و Kapalan (2013) والتي وصلت إلى 60–96 كغ/م^3 من أجل IWUE- WUE من أجل المعاملة ذات الري 85% من الري الكامل. وتفسّر هذه النتيجة بالنظر إلى الازدياد الواضح في الكتلة الحية المنتجة من رؤوس الخس القابلة للتسويق ضمن المعاملات المختلفة بما فيها الشاهد والمعاملة المعدنية المفردة مقارنة بالموسم الأول، والذي يرجع إلى الاختلاف في الظروف المناخية التي كانت أكثر مناسبة للنمو خلال الموسم الثاني مقارنة بالأول، إلى جانب الأثر التراكمي للتحسين العضوي المطبق الذي أنتج زيادة أعلى للكفاءات المدروسة مقارنة بالموسم الأول من جهة ومقارنة بالمعاملات المعدنية والمفردة ضمن الموسم ذاته.

بالعودة لما ذُكر سابقاً في الدراسات المرجعية وما بيّنه Singh وزملاؤه (2010) بأنه لابدّ من التأثير في جملة من المتغيرات (قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة– الاستهلاك المائي – النتح– الغلة النهائية – التنفس– العائد الإقتصادي)، من أجل رفع فعالية وكفاءة مياه الري بل ورفعها إلى قيمها القصوى وهذا تماماً ما قدّمته المحسنات العضوية المضافة في هذا البحث. كما أن لهذا التحسين العضوي خصوصية أكبر في حالة المحاصيل المعتمدة على الزراعات المطرية أو الري التكميلي في المناطق الجافة ونصف الجافة. لقيم الكفاءة هذه أهمية كبيرة حيث تساعد في اتخاذ قرارات هامة على مستوى المزرعة، فقد بيّن English وزملاؤه (2002) في حالة عدم كفاية المصدر المائي لتلبية حاجات المحصول الكاملة، وتطبيق الري الناقص كأحد الحلول

المطروحة والمتاحة فإن صافي العائد من مياه الري يصبح التقدير المناسب لأفضل إدارة وجدولة ري.

4- معامل استجابة المحصول للري الناقص

Crop Yield Response Factor of Deficit Irrigation- Ky

يمكن فهم الغاية من حساب Ky محصول ما من خلال العلاقة المستخدمة لحسابه أو من خلال التعريف الذي قدمه Ayas و Korukcu (2010) بأن هذا المعامل يّظهر استجابة الغلة للتبخر نتح النسبي للمحصول لكونه يمثل العلاقة بين التبخر– نتح النسبي والانخفاض النسبي في الغلة، بكلمات أخرى يمكن من خلاله شرح الانخفاض الحاصل في غلة المحصول كعاقبة لانخفاض استهلاكه المائي. تتراوح قيمة هذا العامل بين (0–1) وقد يتجاوز الواحد Ky >1 لكن ذلك يعد مؤشراً على عدم قدرة المحصول على تحمّل الإجهاد المائي أو النقص الحاصل في الوارد من مياه الري، في حين يعد أكثر استجابة وتحملاً للإجهاد المائي المطبق كلما اقتربت قيمته من الصفر (أي تقل نسبة الانخفاض في الغلة كنتيجة للانخفاض التبخر– نتح النسبي). اعتبرت معظم الدراسات المرجعية محصولي البطاطا والخس من المحاصيل الحساسة للإجهاد المائي مثل Moutonnet (2002) الذي وجد أن قيمة Ky لمحصول البطاطا بلغت 1.1 و Senyigit و Kaplan (2013) الذي قدر قيمة Ky لمحصول الخس بـ 1.97، وفي دراسة Kuslu وزملاؤه (2008) بلغ 1.39. يحتوي الجدول (44) على قيم Ky الخاصة بالمحاصيل المختبرة خلال المواسم الأربعة، ويمكن ملاحظة مايلي:

جدول 44 . قيم معامل استجابة المحصول للري الناقص (Ky) من أجل المحصولين المزروعين ضمن المواسم الأربعة.

المعاملات	2016- Ky		2017-Ky	
	الخس	البطاطا	الخس	البطاطا
I2F1	0.41	0.34	0.38	0.24
I2F2	0.66	0.53	0.51	0.40
I2F3	0.90	0.56	0.85	0.51
I2F4	1.11	1.17	1.16	1.12
I2F5	1.02	1.12	1.38	1.07
I3F1	0.65	0.80	0.76	0.76
I3F2	0.73	0.84	0.86	0.81
I3F3	1.01	0.92	0.95	0.90
I3F4	1.08	1.12	1.14	1.08
I3F5	1.13	1.10	1.35	1.11

1- قيم Ky الناتجة للمعاملات المختلفة تمكّننا من توقع أو التنبؤ بالنقص المتوقع في الغلة بنتيجة انخفاض كمية مياه الري المضافة (وحدة مياه)، على سبيل المثال: من المتوقع أن تنخفض غلة المعاملة ذات أعلى مستوى تسميد F1 في نهاية التجربة بمعدل 24% فقط عند زراعتها بالبطاطا بمقابل انخفاض وحدة واحدة من مياه الري.

2- تعد معاملات الشاهد والمعاملة المعدنية المفردة غير متحملة للإجهاد حيث نجد أن قيمة Ky تراوحت بين أعلى وأدنى قيم 1.02 -1.38 على امتداد المواسم الأربعة وللمحصولين المدروسين.

3- ترتفع قيمة Ky ضمن الموسم الواحد للمحصول مع ازدياد مستوى الإجهاد المائي المطبّق، فنجد أن قيمه ضمن مستوى الري الناقص 75% كانت أقل من مقابلاتها ضمن المستوى 50% ري لنفس المستوى التسميدي، وهذا منطقي لكون الاستهلاك المائي الفعلي ينخفض مع ازدياد الإجهاد إلى جانب ما تبعه من انخفاض في الغلة كمحددات أساسية لقيمة هذا المعامل، وهذا أكده من قبل Ayas و Korukcu (2010).

4- تنخفض قيمة معامل استجابة المحصول مع ازدياد كميات الكومبوست المضافة ضمن كل مستوى من مستويات الري المختبرة، علماً أنها جميعها كانت أقل أو تساوي الواحد($Ky \leq 1$)، وهذا يتوافق مع ما بينه Singh وزملاؤه (2010) الذي وجد علاقة ارتباط قوية وإيجابية بين نسب السماد المقدمة ومستويات الري مع الغلة الناتجة من المحصول، حيث يسهّل السماد العضوي نمو الجذور واستخلاص المغذيات من التربة فيزداد التمثيل الضوئي والكتلة الحية المنتجة من النبات.

5- نلاحظ أن قيمة هذا المعامل انخفضت بالنسبة للمحصولين المزروعين مع استمرار التجربة وتكرار الإضافات العضوية ضمن مستوى الري الناقص I2 (75%ري)، بينما اتخذت اتجاهي تغيير مختلفين ضمن مستوى الإجهاد الأعلى I3 (50%)، ففي حين استمرت بالانخفاض في الموسم الثاني لمحصول البطاطا مقارنة بموسمه الأول، اتجهت نحو الزيادة من أجل نبات الخس في المعاملات I3F2-I3F1 الموسم الثاني مقارنة بالموسم الأول، رغم أن القيم بقيت جميعها مقبولة وتحت قيمة الواحد ($Ky< 1$)، أما المعاملة المختلطة I3F3 فانخفضت قيمة Ky فيها بشكل نمطي طبيعي. اختلفت قيم هذا المعامل باختلاف المحاصيل واختلاف الظروف السائدة في كل بحث وتجربة فنجد أنه يعادل 0.909 من أجل محصول الخس في نتائج Ayas و

Korukcu (2010)، ووصل إلى 0.88 في دراسة Kirnak وزملاؤه (2002) و 0.98 عند Kadayifci وزملاؤه (2004) أما Sammis وزملاؤه (1988) فوجد أنه يعادل 1.07.

رغم أن Doorenbos وKassam (1979) بيّن أن قيم Ky قد تكون أعلى أو تساوي الواحد (Ky ≤ 1) للخضار، لكنه بيّن أيضاً أن قيمها تختلف باختلاف المناخ وقيم التبخر– نتح ومعاملات الري إلى جانب خواص التربة نفسها. هذا ما يفسر انخفاض قيم هذا المعامل في ظروف هذه الدراسة حيث أن التحسين الفيزيائي العضوي للتربة إلى جانب فوائده الخصوبية ساعد المحاصيل المزروعة على تحمّل الإجهاد المائي المطبق من جهة، ورفع قدرتها الإنتاجية. هذا ينسجم مع ما بينه Gallardo وزملاؤه (1996) بأن الإعاقة الأساسية أمام ارتفاع كفاءة استعمال نبات الخس لمياه الري، وتحمله للإجهاد المائي هو نظامه الجذري السطحي، ومع Christensen وJohnston (1997) الذي وجد أن للفوائد الفيزيائية التي تقدمها المحسنات العضوية للتربة فوائد جمّة على الغلة، خاصة للمحاصيل ذات الجذور السطحية. وتتلاقى مع ما بينه Johnston (1991) بأن التحسينات الفيزيائية التي تقدمها المحسنات العضوية والتي قد تكون صغيرة رقماً، لكن تأثيرها الفعلي شديد الأهمية خاصة فيما يتعلق بقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة وتقديمها كماء متاح للنبات.

ويزداد هذا التأثير عند تآزر تفاعل المعاملات (معاملات التحسين العضوي مع مستويات الري)، وزيادتها لإنتاجية المحصول، الأمر الذي أكدته أيضاً نتائج Porter وزملاؤه (1999) على محصول البطاطا الذي ازدادت غلته بتفاعل تأثير معاملات ريه وتسميده.

أما عن استمرار انخفاض قيمة Ky خلال المواسم التالية ومع استمرار الإضافات العضوية فيعود للأثر التراكمي لهذه الإضافات الذي يزداد مع الكميات الجديدة ومرور الوقت، هذا الاستمرار في الإضافة (رغم صغر كمية الإضافات مع الوقت وتكرار الإضافة) استطاع تلافي ما حذّر منه Carter وزملاؤه (2004) بأن تأثير الكومبوست على خواص التربة الفيزيائية هو تأثير مؤقت وزائل مع الوقت (إضافة واحدة – كميات صغيرة) حيث يكون التأثير واضحاً خلال الموسم الأول بعد الإضافة فقط.

لهذا التحسين أهمية خاصة في ظل تطبيق الري الناقص، حيث تبرز الحاجة إلى أي عامل يساعد في رفع قدرة التربة على توفير نسبة أعلى من الرطوبة ورفع قدرة النبات على الاستفادة منها بل وتسهيل امتصاصه له، هذه الفكرة تنسجم وتتلاقى مع نتائج Carter وزملاؤه (2004)

بأن التحسّن في الغلة في ظروف الجفاف خاصةً يعزى للتحسّن في الخواص الفيزيائية بعد إضافة الكومبوست وليس لقيمته السمادية، ومع Shock و Feibert (2002) الذي أشار لوجود علاقة خطية بين الغلة والمياه المضافة تحت ظروف الري الناقص وبيّن أن 99% من الاختلاف في الغلة يكون بسبب كمية المياه المضافة.

هذه الفكرة تقود لتبرير منحى التغيير الذي سلكته قيم Ky في الموسم الثاني لنبات الخس ضمن مستوى الري 50% بالازدياد مقارنة بالموسم الأول، يمكن فهم هذا السلوك إذا أخذنا بالحسبان الظروف المناخية التي سادت خلال الموسم الثاني والتي كانت ذات درجات حرارة أعلى من الموسم الأول لنفس الفترة فضلاً عن غياب الأمطار خلال هذا الموسم.

فضمن هكذا ظروف ورغم توفر القيمة السمادية اللازمة للمحصول لكن تأثير الإجهاد المائي الذي اتضح بصورة أكبر في ظل الظروف التي سادت خلال الموسم الثاني كان ذو تأثير أكبر على الاستهلاك المائي والغلة الذين يعتبرا القيم المحددة لقيمة هذا المعامل Ky.

يقود ذلك بالنتيجة للقول بأن تطبيق الري الناقص على نبات الخس ضمن العروة الشتوية أكثر نجاحاً من تطبيقه ضمن العروات الأخرى المتاحة ضمن منطقة الزراعة، وهذا يتفق مع Nagaz وزملاؤه (2007). كما تجب الإشارة لأن التحسين العضوي استطاع رفع قدرة محصولين حساسين للإجهاد المائي على تحمل النقص في المياه بل وأعطى نتائج ممتازة قياساً بالتجارب السابقة، لذا يمكن القول بان استعمال التحسين العضوي على محاصيل أقل حساسية أو معتدلة الحساسية للإجهاد المائي سيعود على الأغلب بنتائج أفضل أيضاً.

لكن اجتماع التحسين الفيزيائي والكيميائي للتربة (مياه متاحة أعلى وتغذية أفضل) عكس التأثير السلبي لارتفاع درجة الحرارة إلى تأثير إيجابي بزيادته لسرعة ومعدل النمو وهو ما لوحظ بصورة واضحة على الأحجام الناتجة للمجاميع الخضرية ووزن رأس الخس الناتج ضمن المعاملات العضوية بما فيها تلك التي طُبق عليها الري الناقص، وعلى طول موسم النمو لنبات الخس.

ملخص النتائج Conclusion :

1. أدت الإضافات العضوية المتتالية من كومبوست قمامة المدينة إلى ارتفاع في محتوى التربة من المادة العضوية بنسبة 444%–356%–324% في نهاية التجربة لأعلى مستويات الإضافة F1 مقارنة بالشاهد ضمن مستويات الري الثلاث I3-I2-I1 على التوالي.

2. انخفضت الكثافة الظاهرية والحقيقية لتربة الدراسة الطينية مع ازدياد مستويات الإضافة من كومبوست القمامة ووصللت إلى 31% و 11% في الكثافة الظاهرية والحقيقة على التوالي بنهاية الموسم الرابع في معاملات المستوى F1 مقارنة بالشاهد F5.
3. ازدادت المسامية الكلية للتربة بنسبة 17% عند نهاية التجربة في المستوى الأفضل F1 بما يقارب 15%و 56% في الرطوبة عند السعة الحقلية حجماً ووزناً على التوالي، وبنسبة 96% في الماء الكلي المتاح، كما ازدادت نفاذية التربة بمعدل 287% مقارنة بالشاهد.
4. ازداد محتوى تربة الدراسة من العناصر الكبرى بنسب ازدادت خطياً مع ازدياد الكميات المضافة من كومبوست القمامة فبلغت 374 – 932 – 56% في المحتوى من عناصر الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم على التوالي مقارنة بالشاهد في أفضل المستويات F1.
5. ازداد محتوى التربة من العناصر الثقيلة في أعلى مستويات الإضافة بنسب بلغت على التوالي 2% – 16% – 47% – 26% من أجل عناصر الرصاص والنيكل والكروم والكادميوم بنهاية التجربة علماً أنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها للترب ذات الاستخدام الزراعي، كما تجب الإشارة لأن الأجزاء الدرنية تراكم في أنسجتها كميات أقل من العناصر الثقيلة مقارنة بالخضار الورقية.
6. المعاملة ذات الإنتاجية الأفضل والأعلى غلةً من المحاصيل المدروسة استهلكت من المياه 178.13 – 177.18 مم لمحصول الخس في موسميه الأول والثاني على التوالي، و 551.04 –469.72 مم لمحصول البطاطا في موسميه على التوالي.
كفاءة استعمال مياه الري والمياه الكلية ازدادت مع ازدياد مستويات الري الناقص وبلغت أعلى قيم WUE في المعاملة I3F1 فبلغت (5.48 –7.96) و (9.43 –38.44) لمحصولي البطاطا والخس خلال الموسمين الأول والثاني لكل منهما على التوالي.
7. التحسين الفيزيائي والأثر التراكمي للإضافات من كومبوست القمامة رفع كفاءة تطبيق تقنية الري الناقص وتحمل المحاصيل المدروسة للإجهاد المائي، حيث بلغ معامل تحمل المحصول للري الناقص في أفضل المعاملات I2F1(0.41 – 0.38) لمحصول الخس

في موسميه على التوالي و (0.34 – 0.24) في موسمي محصول البطاطا على التوالي.

8. بلغت أفضل إنتاجية لمحصول الخس(20.25 – 77.8 طن/هـ) للموسمين الأول والثاني على التوالي في أفضل المعاملات I1F1، و بمعدل (29.7–35.28 طن/هـ) من درنات البطاطا القابلة للتسويق، إلى جانب التحسن الواضح والملحوظ في المعاملات المحسنة بكومبوست القمامة من أجل كل المؤشرات المورفولوجية المدروسة.

التوصيات Recommendations :

1. استخدام كميات كبيرة نسبياً من المحسنات العضوية كالمستويات F2-F1 لإحداث تغيير فيزيائي إيجابي للترب الثقيلة خاصةً، والتأكيد على أهمية التحسين الفيزيائي للتربة بشكل عام لكونه ذو دور هام وأساسي في رفع كفاءة عمليات الري وبخاصة عملية الري الناقص، واختيار المحصول والعروة المناسبين لتطبيق هذه التقنية، مع مراعاة ظروف التربة نفسها.
2. يمكن استخدام تقنية الري الناقص بنسبة 75% مع التحسين العضوي F1 في زراعة محاصيل البطاطا والخس دون حصول انخفاض معنوي في الغلة، ويمكن استخدامه مع المستوى F2 عندما تكون تكلفة وحدة مياه الري أهم من الانخفاض المتوقع في الغلة.
3. ضرورة ادخال الأسمدة العضوية إلى جانب المعدنية في العملية الزراعية، تضاف كميات كبيرة في بداية التأسيس ثم تنخفض تدريجياً بحيث يتم تعويض الفقد الحاصل في مخزون التربة من المادة العضوية مع تتالي المواسم الزراعية.
4. التأكيد على ضرورة الفرز المنزلي للفضلات من أجل الحصول على كومبوست أكثر نقاوة وذو نوعية أفضل للاستخدام الزراعي من جهة ومنعاً لوصول الملوثات إلى الجزء العضوي المستخدم في صناعة الكومبوست من جهة أخرى.
5. ضرورة وضع دستور خاص بالاستخدام الزراعي للمحسنات العضوية، يشمل تحديداً للقيم القصوى والمفضلة للعناصر المختلفة وبخاصة العناصر الثقيلة منها بما يتلائم مع طبيعة التربة والأنواع الموجودة منها على مستوى القطر.

1. أبو نقطة، فلاح - 1995 - علم التربة (1) – الجزء النظري – منشورات جامعة دمشق.
2. الزعبي ، محمد منهل – الحصني ، أنس المصطفى – درغام ، حسان - 2013 - طرائق تحليل التربة والنبات والسماد والمياه ، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية - دمشق - الصفحة: 1-226 .
3. السلماني، حميد خلف – البنداوي، باسم رحيم – 2015 – تأثير مستويات السماد العضوي والإجهاد المائي في بعض صفات التربة - مجلة ديالى للعلوم الزراعية – 7(1) : 17-28
4. بوراس ، متيادي – أبو ترابي ، بسام – البسيط ، إبراهيم - 2006 - إنتاج محاصيل الخضر (الجزء النظري) - منشورات جامعة دمشق - كلية الزراعة - ص : 247.
5. حداد، سهيل – بايرلي، رولا - 2010 – فيزيولوجيا الفاكهة – الجزء النظري والعملي – منشورات جامعة دمشق – جامعة دمشق – مطبعة الروضة.
6. زحلان، رهام – 2011 - دراسة أثر بعض المحسنات العضوية في تربة كلسية على الخواص المائية والإنتاجية (رسالة ماجستير) – كلية الزراعة – جامعة دمشق – االصفحة: 91 -140.
7. صادق، منير هاشم- الشبلي، ثامر يحيى – 2013 – تأثير الري الناقص في الاستهلاك المائي ونمو وحاصل البطاطا *Solanum tuberosum L.* – مجلة جامعة الفرات للعلوم الزراعية- العدد (5)- المجلد (4) – الصفحة: 488-498.

1. Abbasi.M.K., Khizar. A. and Tahir. M.M. 2008. Forage production nitrogen fixation and soil N accumulation of white clover *(Trifolium repense L*.) in the hill farming system of Azad Jammu and Kashmir . Commun Soil. Sci. Plant. Anal. 40: 1546-1565.
2. Abbas. H and R. Ranjan. 2015. Effect of soil moisture deficit on marketable yield and quality of potato. Canadian Biosystems Engineering. 57: 25-37.
3. Abd-El-Latif. K.M., Osman. E.A.M., Abdullah. R and Abd-EL-Kader. N. 2011. Response of potato plants to potassium fertilizer rates and soil moisture deficit. Advanced in Applied Science Research. 2(2):388-397.
4. Abdullateef. B., Kolo. B.G., Waziri. I and Idris. M.A. 2014. Levels of heavy metals in soil as indicator of environmental pollution in Maiduguri, Borno State. Nigeria. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 3(11): 133-136.
5. Abdel-Rahman. G. 2009. Impacts of Compost on Soil Properties and Crop Productivity in the Sahel North Burkina Faso. American- Eurasian J. Agric. and Envi. Sci. 6(2): 220 -226.
6. Abiven. S., Menasseri. S and Chenu. C. 2008. The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability – A literature analysis . Soil Biol. Biochem. 41: 1-12.
7. Abosede. O.A. 2017. Review on heavy metals contamination the environment. Eueopean Journal of Earth and Environment. 4(1): 1-6.
8. Ackinci. S and D.M. Losel. 2012. Plant water-stress response mechanisms in: Water stress , Rahman. I.M and H.Hasegawa. InTech.Europe: 15-42.
9. Adriano. D.C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verlag. New York.
10. Adriano. D.S. 2001. Trace elements in terrestrial environments . 2nd edition .Springer. Berline.
11. Adugna, G. 2016. A review on impact of compost on soil properties , water use and crop productivity. Academic research journal of agricultural science and research . 4(3): 93-104.
12. Agegnehu. G., vanBeek. C. and Bird. M. 2014 . Influence of integrated soil fertility management in wheat and tef productivity and soil chemical properties in the highland tropical environment. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2014: 14.

13. Ahmadi. S.H., Anderson.M.N., Plauborg. F., Poulsen.R.T., Jensen. C.R., Sepaskhah. A.R and Hansen. S. 2010.Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: yield and water productivity. Agricultural Water Management. 97(11): 1923-1930.
14. Ahn. H.K., Richard. T.L. and Glanville. T.D. 2008. Laboratory determination of compost physical parameters for modeling of airflow characteristics. Waste Management . 28: 666-670.
15. Ali. M.A. 1993.Physiological studies on water requirements of potato plant. Ph.D.Thesis. Fac. Agri. Moshtohor. Zagazig Univ.
16. Allen. R.G., Pereira. L.S., Raes. D and Smith. M. 1998. Crop evapotranspiration : Guidelines for computing crop water requirements . FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome.
17. Alleoni., L.R.F., Borba. R.P and Camargo. O.A.2005. Metais pesados: da cosmogenese aos solos brasileiros. Soc.Brasil.Soil.Sci. pp: 1-42.
18. Alves. M.C and L. Suzuki. 2004. Influencia de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperacao de suas propriedades fisicas. Acta Sci. Agron. 26: 27-34.
19. Amlinger. F., Peyr. S., Geszti. J., Dreher. P., Karlheinz. W. and Nortcliff. S. 2007. Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils. Literature Study, Federal Ministry for Agriculture and Forestry. Envi. and Water Management. Austria. [Online] Available: www.umweltnet.at/filemanager/download/20558/ (Dec. 2013).
20. Andrade. R.T. 2004. Propriedades fisico- quimicas de um solo em recuperacao e adaptacao da *Brachiaria decumbens.* Trabalho de Graduacao Faculdade de Engenharia-Campus de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista. Pp: 49.
21. Angin. I., Aksakal . E.L. Oztas. T and Hanay. A. 2013. Effects of municipal solid waste compost (MSWC) application on certain physical properties of soils subjected to freezethaw . Soil & Tillage Research . 130: 58-61.
22. Anjanappa. M., Venkatesh. J and Kumara. B.S. 2012. Influence of organic , inorganic and bio fertilizers on flowering ,yield and yield attributes of cucumber (cv.Hassan Local) in open field condition. Kamataka Journal of Agricultural Science . 25(4): 493-497.
23. Antil. R.S., Gerzabek. M.H., Haberhauer. G and Eder. G. 2005. Long-term effects of cropped vs. fallow and fertilizer amenments on soil organic matter. II. Nitrogen. J. Plant Nutr. Soil. Sci. 168: 212-218.
24. Arao. T., Ishikawa. S., Murakami. M., Abe. K., Maejima. Y and Makino. 2010. Heavy metal contamination of agricultural soil and

counter measures in Japan . Paddy and Water Environment. 8(3): 247-257.
25. Askin. T and N. Ozdemir. 2003. Soil bulk density as related to soil particle size distribution and organic matter content. Orginal Scientific Papper .Karadeniz Technical University of Faculty of Agriculture. Department of Soil Science. Turkey. 1-3.
26. Atiyeh. R.M., Edwards. C.A., Subler. S and Metzger. J.D. 2001.Pig manure vermicompost as a component of horticultural bedding plant medium: effects on physiochemical properties in plant growth .Biores. Tech. 78:11-20.
27. Atiyeh.R.M., Lee. S., Edwards . C.A. Arancon. N.Q and Metzger. J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm- Processed organic wastes on plant growth .Biores. Tech. 84: 7-14.
28. Ayas. S and A. Korukcu.2010. Water-Yield relationships in deficit irrigated potato. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University. 24(2): 23-36.
29. Bahramloo. R and A. Nasseri. 2009. Optimum irrigation events for potato cultivar agria. International Journal of Agriculture and Biology. 11: 712-716.
30. Battilani. A., Plauborg. F.L., Hasen. S., Dolezal. F., Mazurczyk. W and Bizik. J. 2008. Root development model for potato management. Acta. Hort. 792: 69-74.
31. Bauer. A. 1974. Influence of soil organic matter on bulk density and available water capacity of soils. Agricultural Experiment Station , North Dakota State University of agriculture and applied science . University Station. Fargo. North Dakota publication. 44-55.
32. Bergkvist. P., Jarvis. N., Berggren. D. and Carlgren. K. 2003. Long-term effects of sewage sludge applications on soil properties , cadmium availability and distribution in arable soil. Agr.Ecosys. Environ. 97: 167-179.
33. Biswas. T.D. and B.K. Kosla. 1971. Building up of organic matter status of the soil and its relation to the soil physical properties.Proc. Int. Symp. Soil. Fert. Eval. New Delhi. India . 831-842.
34. Biswas. S., Ali. N Goswami. R.and Chakraborty. S. 2014. Soil health sustainability and organic farming: Areview. J of Food and Agri and Environ. 12(3&4):237-243.
35. Black. G.R and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. Methods of soil analysis.part1. Soil.Sci.Soc. Am. 363-376.Madison. USA.
36. Blanchet. G., Gavazov. K., Bragazza. L and Sinaj. S. 2016. Responses of soil properties and crop yields to different inorganic and organic

amendments in Swiss conventional farming system. Agriculture, Ecosystem and Environment 230: 116-126.

37. Bonini. C and M.C. Alves. 2010. Relation between soil organic matter and physical properties of a degraded oxisol in recovery with green manure, lime and pasture. 19th World Congress of soil science . Soil solutions for a changing world . 1-6 August. Brisbane . Australia. 198-201.
38. Bouajila K and M. Sanaa .2011. Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological properties. J. Mater. Environ. Sci. 2: 485-490.
39. Bouwer. H. 1986. Intake rate.: Cylinder infiltrometer. In: Klute. A(Ed). Methods of soil analysis part I. Physical and mineralogical methods. Agronomy monograph No 9. American Society of Agronomy. Soil Science Society of America . Madison.Pp: 825-844.
40. Boyd. R.S. 2010. Heavy metal pollutants and chemical ecology: Exploring new frontiers. Journal of Chemical Ecology. 36: 46-58.
41. Bozkurt . S and G.S.Mansuroglu. 2011. Lettuce yield response to different drip irrigation levels under open field conditions. J.Cell and Plant. Science. 2(2): 12-18.
42. Bozkurt.S., Mansuroglu. G.S., Kara. M and Onder. S. 2009. Responses of lettuce to irrigation levels and nitrogen forms. African Journal of Agricultural Research. 4(11): 1171-1177.
43. Brazegar. A.R., Youseu. A and Daryashenas. A. 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat . Plant and Soil. 247: 295-301.
44. Brown. S. and M. Cotton. 2011. Changes in Soil Properties and Carbon Content Following Compost Application: Results of On-farm Sampling. Compost Science and Utilization. 19(1): 88-97.
45. Brunetto. G., Ferreira. P.A.A., Melo.G.W., Ceretta. C.A and Toselli. M. 2016. Heavy metals in vineyards and orchard soils. Rev.Bras. Frutic. 39(2):1-12.
46. Brunetto. G., Ventura. M., Scandellari. F., Ceretta. C.A., Kaminski. J., Melo. G.W.B and Tagliavini. M. 2011. Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. Nutrient Cycling in Agro -ecosystems . Boston. 90: 299-308.
47. Brunetto. G., Miotto.A., Ceretta. C.A., Schmitt. D.E., Heinzen. J., Moraes. M.P., Canton. L., Tiecher. T.L., Comin. J.J. and Girotto. E. 2014. Mobility of copper and zinc fractions in fungicide-amended

vineyard sandy soils. Archives of Agronomy and Soil Science . Berlin .60:609-624.

48. Butler. T.J and J.P. Muir. 2006. Dairy manure compost improves soil and increases tall wheatgrass yield. Agron. J. 98: 1090-1096.
49. Cambrolle. J., Garcia. J.L., Ocete. J.L.R., Figueroa. M.E., Cantos. M. 2013. Growth and photosynthetic responses to copper in wild grapevine. Chemosphere . Oxford. 93:294-301.
50. Cambrolle. J., Garcia. J.L., Ocete. J.L.R., Figueroa. M.E., Cantos. M. 2015. Evaluation wild grapevine tolerance to copper toxicity. Chemosphere. Oxford. 120: 171-178.
51. Capriel. P., Beck. T., Borchert. H and Harter. P. 1990. Relationship between soil aliphatic fraction extracted with supercritical hexane , soil microbial biomass, and soil aggregate stability . Soil. Sci. Soc. Of Am. J. 54:415-420.
52. Carter. M.R., Sanderson. J.B and Macleod. J.A. 2004. Influence of compost on the physical properties and organic matter fractions of a fine sandy loam to route the cycle of a potato rotation. Can.J.Soil.Sci. 84:211-218.
53. Casali. C.A., Mortele. D.F., Rheinheimer. D.S., Brunetto. G., Corsini. A.L.M and Kaminski. J. 2008. Formas e dessarcao de cobre em solos cultivados com videira na serra gaucha do rio grande do sul. Revista Brasileira de Ciencia de Solo. 32: 1479-1487.
54. Chander. K., Brookes. P.C and Harding. S.A. 1995. Microbial biomass dynamics following addition of metal-enriched sewage sludge to a sandy loam. Soil Biology and Biochemistry. 27(11): 1409-1421.
55. Chang. T and J. Cheng. 2000. Effects of cattle and Goldman newer composts on forage yield and quality of pangolagrass pasture .J. Taiwan Live. Res. 33: 225-233.
56. Chatterjee. R., Gajjela. S., and Thirumadsu. R.K. 2017. Recycling of organic wastes for sustainable soil health and crop growth. International of Waste Resources. 7(3): 1-8.
57. Chen. P.Y., Lee. Y.I., Chen. B.C and Juang. K.W. 2013. Effects of calcium on rhizotoxicity and the accumulation and translocation of copper by grapevine . Plant Physiology and Biochemistry . Kalyani. 73: 375-382.
58. Christensen. B.T and A.E. Johnston. 1997. Soil organic matter and soil quality .pp: 399-430 In: Gregorich. E.G. and M.R.Carter. Soil Quality for crop production and ecosystem health . Elsevier. Amsterdam. The Netherlands.

59. Christou. M. 1992. Growth and productivity of *miscanthus* under different irrigation levels in southern Europe . European *Miscanthus* production. Ntework. Catania. Italy.
60. Compost Consulting &Development. 2004. Heavy metalsand organic compounds from wastes used as organic fertilizers. ANNEX5. Italy.
61. Daniel F and G. Bruno .2012 . Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration, Management of Organic Waste, Dr. Sunil Kumar (Ed.), ISBN: 978-953-307-925-7. [Online] Available: http://www.intechopen.com (Sep. 2013).
62. Das.S., Ghosh. G., Kaleem. M.D and Bahadur. V. 2009. Effect of different levels of nitrogen and crop geometry on the growth , yield and quality of baby corn (*Zea Mays L.*) cv. Golden baby. Acta. Hort. 809: 161-166.
63. Demelash. N. 2013. Deficit irrigation scheduling for potato production in north Gondar ,Ethiopia. African Journal of Agricultural Research. 8(11): 1144-1154.
64. Diacono. M. and F. Montemurro. 2010. Long- term effects of organic amendments on soil fertility: A review . Agron. Sustain. Dev. 30: 401-422.
65. Dias. J.S and E. Ryder. 2011. World vegetable industry : roduction , breeding , trends. Horticultural Review. 38: 299-356.
66. Doorenbos. J and A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. FAO. Pub. 33. Rome.
67. Dorado. J., Zancada. M.C., Almendros. G and Lopez-Fando. C. 2003. Changes in soil properties and humic substances after long-term amendments with manure and crop residues in dryland farming system . J. Plant .Nutr. Soil. Sci. 166: 31-38.
68. Dube. A.,Zbytniewski. R., Kowalkowski. T., Cukrowska. E and Buszewski. B. 2001. Adsorption and migration of heavy metals in soil. Polish Journal of Environmental Studies. 10(1): 1-10.
69. Duncan. D. B. 1995. Multiple rang and multiple F test . Biometrics. 11: 1-53.
70. Durazzo. A., Azzini. E., Lazze. M.C., Raguzzini. A., Pizzala. R., Maiani. G., Palomba. L and Maiani. G.2014. Antioxidants in Italian head lettuce (*Lactuca Sativa var Capitata. L.*) grown in organic and convential systems under greenhouse conditions. J.Food. Biochem. 38: 56-61.
71. Eghball. B., Ginting. D and Gilley. J.E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties . Agron. J. 96: 442-447.

72. Eibisch.N., Durner. W., Bechtold. M., Fuss.R., Mikutta. R., Woche. S.K and Helfrich. M. 2015. Does water repellency of pyrochars and hydrochars counter their positive effects on soil hydraulic properties? Geoderma. 245-246 , 31-39.
73. English. M.J., Kenneth. H.S and Hoffman. G.J. 2002. A paradigm shift in irrigation management . J.Irrigat. Drain.Eng. ASCE. 128(5): 267-277.
74. Fan. T., Stewart. B.A., Payne. W.A., Wang. Y., Song. S., Luo. J and Robinson. C.A. 2005. Supplemental irrigation and water: yield relationships for plasticulture crops in the loess plateau of China. Agron. J. 97: 177-188.
75. FAO. 2007. Methods of analysis for soils of arid and semi arid regions. Food and Agriculture Organization. Rome. Italy.
76. FAO.2002. Deficit irrigation practices. Water Reort No.22. Rome .Italy.
77. Feltran. J.C., Lemos. L.B and Vieites. R.L. 2004. Technological quality and utilization of potato tubers. Sci.Agri. Braz. 61(6): 598-603.
78. Fereres. E and M.A. Soriano. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Special issue on " Integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress" J. Exp.Bot. 58: 147-159.
79. Ferreira. P.A., Brunetto. G., Giachini. A.J and Soares. C.R.F.S. 2014. Heavy metal remediation. In: Gupta. D.K and S. Chatterjee. Heavy metal remediation transport and accumulation in plants. New York. Nova Science Publishers . 127-154.
80. Ferreira. M.I. 2017. Stress coefficients for soil water balance combined with water stress indicators for irrigation scheduling. J.Horticulturae. 3(38): 1-33.
81. Fleischer. A. L., Lichtman. R and Mendelsohn. R. 2008. Climate change , irrigation and agriculture: will warming be harmful ecological economics. 65: 508-515.
82. Franzluebbers. A.J. 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. Soil & Tillage Research. 66: 197-205.
83. Franzluebbers. A.J., Stuedemann. J.A., Schomberg.H.H and Wilkinson. S.R. 2000. Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the southern piedmont. USA. Soil Biol. Biochem. 32: 469-478.
84. Fuentes. B., Bolan. N., Naidu. R and Mora. M.L. 2006. Phosphorus in organic waste soil systems. J. Soil. Sci. Plant Nutrition. 6: 64-83.
85. Gabriela.A.E., Juarez. D., Hernandez. F., Patron. J.C and Albores. M.A. 2016. Retention of moisture in soil with organic amendments cultivated

with *Amaranthus Hypochondriacus*. Current Word Environment. 11(2): 359-367.

86. Gacche. R.N., Kabaliye. V.N., Dhole. N.A and Jadhav. A.D. 2010. Antioxidant potential of selected vegetables commonly used in diet in Asian subcontinent . Indian J. Nat. Prod. Resour. 1: 306-313.
87. Gaffney. J.S. 1996. Humic and fulvic acids and organic colloidal materials in the environment. Amer.Chem. Soc. Pp: 1-28
88. Gallardo. M., Jakson. L.E., Schulbach. K.F., Snyder. R.L., Thompson. R.B and Wyland. L.J. 1996. Production and water use in lettuce under variable water supply . Irrig Sci. 16: 125-137.
89. Garcia-Gill. J.C., Ceppi.S.B., Velasco. M.I. Polo A and Senesi. N. 2004. Long-term effects of amendment with municipal solid waste compost on the elemental and acidic functional group composition and Ph buffer capacity of soil humic acids. Geoderma. 121:135-142.
90. Gardner. W.H. 1986 Water content. In Klute. A.: Methods of soil analysis , Part 1.: physical and mineralogical methods. 2nd ed.American Society of Agronomy Monograph 9: 493-544.
91. Ghestem. M., Veylon. G., Bernard. A., Vanel. Q and Stokes.A. 2014. Influence of plant root system morphology and architectural traits on soil shear resistance . Plant and Soil . 337(1-2): 43-61.
92. Girotto. E., Ceretta. C.A., Brunetto. G., Rheinheimer. D.S., Silva. L.S., Lorensini. F., Lourenzi. C.R., Vieira. R.C.B. and Schmatz .R.2010. Acumulo e formas de cobre e zinco no solo apos aplicacoes sucessivas de dejeto liquid de sunos . Revista Brasileira de ciencia do solo. Vicosa. 34: 955-965.
93. Giusquiani. P.L., Pagliai. M., Gigliotti. G ., Businelli. D and Benetti. A. 1995. Urban waste compost : Effects on physical , chemical, and biochemical soil properties. J. Envir. Quali. 24(1):175-182.
94. Goss. M.J. Tubeileh. A and Goorahoo. D. 2013. A review of the use of organic amendments and the risk to human health . Advanced in Agronomy. 120: 275-379.
95. Gotsav. V., Zaharieva. I., Chernev. P., Kouzmanova. M., Kalaji. H., Yodanov. I., Krasteva. V., Alexandrov. V., Stefanov. D., Allakverdiev. S and Strasser. R. 2012. Drought- induced modifications of photosynthetic electron transport in intact leaves: analysis and use of neural networks as a tool for rapid non-invasive estimation. Biochemica et Biophysica Acta: Bioenergetics. 1817: 1490-1498.
96. Graber. I., Hansen. J.F., Olesen. S.E., Petersen .J., Ostergaard. H.S and Krogh. L. 2005. Accumulation of copper and zinc in Danish agricultural

soils in intensive pig production areas. Danish Journal of Geography . Kobenhavn. 105: 15-22.

97. Grandy. A.S., Porter. G.A and Erich. M.S. 2002. Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato crop in systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 1311-1319.
98. Guster. R., Ebertseder. T., Weber. A., Schraml. M and Schmidhalter. U. 2005. Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land .J. Plant. Nut. Soil. Sci. 168: 439-446.
99. Habteselassie. M.Y., Miller. B.E., Thacker. S.G., Stark. J.M. and Norton. J.M. 2006. Soil nitrogen and nutrient dynamics after repeated application of treated dairy-waste . Soil. Sci. Soc. Am. J. 70: 1328-1337.
100. Hanson. R. 1993. Sampling plant tissues and soil for analysis. Departmwnt of Agronomy University of Missouri Extension.
101. Hargreaves. J.C., Adl.M.S and Warman. P.R. 2008. Areview of the use of compost municipal solid waste in agriculture. Agriculture , Ecosystem and Environment . 123:1-4.
102. Hartl. W., Putz. B and Erhart. E. 2003. Influence of rates and timing of bioeaste compost application on rye yield and soil nitrate levels. Eur.J. Soil.Biol. 39: 129-139.
103. Hasanuzzaman. M., Nahar. K and Fujita. M. 2013. Extreme temperature responses , oxidative stress and antioxidant defense in plants. InTech.Europe: 169-205.
104. Haynes. R.J and R. Naidu. 1998. Influence of lime , fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: A review . Nutrient Cycling in Agroecosystem. 51: 123-137.
105. Hedlund. A., Witter. E and An. B.X. 2003. Assessment of N, P and K management by nutrient balances and flows on peri-urban smallholder farms in southern Vietnam . Eur. J. Agron. 20:71-87.
106. Hillel. D. 1982. Introduction to soil physics . Academic. NewYork. 29-89.
107. Hoornweg D and P. Bhada-Tata (2012): What a waste: A global review of solid waste management. Urban Development Series. World Bank, Washington, DC. Iovieno P, Morra L, Leone A, Pagano L, Alfani
108. Hossain. M.Z., VonFragstein und Niemsdorft. **P** and Heb. J. 2017. Effect of different organic wastes on soil properties and plant growth and yield: A review. J. Heb. Scientia. Agriculturae. BoHemica. 48(4): 224-237.
109. Huot. S , Annabi. M., Francou. C., Le Villio-oitrenau. M and Le Bissonnais. Y. 2006. Improvement of aggregate stability after urban

compost addition in a silty soil .Biological Waste Management . From: Local to Global Proceedings of the International Conference . Weimar. Verlag.

110. Ibrahim. A.H. 2009. Effect of two organic amendments on growth, ions and water use efficiency of maize plants grown in sandy soil. Asian. J of Biotechnology. 4: 142-153.

111. ISO. 11466.1995. Soil quality – Extraction of trace elements soluble in *aqua regia*. Part 6. International organization for standardization . Geneva. Switzerland . Available at: WWW.iso.ch

112. Itanna. F. 2002. Metals in leafy vegetables grown in Addis Ababa and toxicological implications. Ethiopian Journal of Health Division. 16(3): 295-302.

113. Iwama. K. 2008. Physiology of the potato : New insights into root system and repercussions for crop management . Potato Res. 51(3): 333-353.

114. Jackson. M.L. 1956. Soil chemical analysis –Advanced course . Publ. by author. Dept of Soils.Univ. of Wisconsin. Madison.

115. Jamali. M.K., Kazi. T.G., Arain. M.B., Afridi. H.I., Jalbani. N and Memon. A.R. 2007. Heavy metal contents of vegetables grown in soil , irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Pakistan, Using ultrasonic –assisted pseudo-digestion. J. Agronomy and Crop Science . 193: 218-228.

116. Jan. A., Amanullah. A, Noor. M. 2011. Wheat response to farm yard manure and nitrogen fertilization under moisture stress conditions. Journal of Plant Nutrition . 34: 732-742.

117. Jarup. L, 2003. Hazards of heavy metal contamination. Br.Med.Bell. 68(1):167-182.

118. Jefferies . R.A and D.K.L. Mackerron. 1993. Responses of potato genotypes to drought: II . leaf area index, growth and yield . Annals of Applied Biology. 122(1): 105-112.

119. Jeyamangalam. F. 2015. Impact of organic amendments on physical properties of their soil and yield of groundnut. J of Eco-Friendly Agriculture. 10(2): 120-123.

120. Jeyamangalam. F., Annadurai. B and Arunachalam. N. 2014. Effect of organic manuring on physical properties of their soil . Journal of Eco-Friendly Agriculture. 9: 16-20.

121. Johnston. A.E. 1991. Soil fertility and soil organic matter. In: Advances in soil organic matter research . The Royal Society of Chemistry Cambridge. Pp: 297-314.

122. Jung. M.C. 2008. Heavy metal concentrations in soils and factors affecting metal uptake in the vicinity of a Korean CU-W mine. Sensors. 8: 2413-2423.
123. Jutka. D., Budiu. V., Giottaus. A., Ficior. D., Ardelean. A and Salagean. T. 2011. Irrigation regime and water consumption for lettuce cultivated in protected areas.
124. Kadayifci. A., Tuylu. G.I., Ucar. Y and Cakmak. B. 2004. Effects of mulch and irrigation water amounts on lettuce's yield, evapotranspiration , transpiration and soil evaporation in isparta location. Turk. J. Biol. Sci. 4(6): 751-755.
125. Khairuddin. M.N., Isa. I.M., Zakaria. A.J and Abdul Rani. A.R. 2018. Effect of amending organic and inorganic fertilizer on selected soil physical properties. Agrivita Journal of Agricultural Science. 40(2): 242-248.
126. Khaleel. A., Reddy. K.R., and Orercash. M.R. 1981. Change in soil physical properties due to organic wastes applications: A review. J. Envi. Qual. 10(2): 133-141.
127. Khater. E. 2012. Chemical and physical properties of compost. Research Gate . 1-14: WWW.reserchgate .net/publication/ 275153175/.
128. Khatik. S. K. and P.R. Diklshit. 2001. Integrated use of organic materials and inorganic fertilizers on yield , quality , economics and nutrition of sunflower grown in haplustert clay soil. Ag. Sci. Digest. 21: 87-90.
129. Kim. J.K., Oh.B.R., Chun.Y.N and Kim.S.W. 2006. Effects of temperature and hydrolic retension time on anaerobic digestion of food waste. Journal of Bioscience and Bioengineering. 102: 328-332.
130. Kirpichtchikova. T.A., Manceau. A., Spadini. L., Panfili. F., Marcus. M.A and Jacquet. T. 2006. Speciation and soulability of heavy metals in contaminated soil using X-ray microfluoresence . EXAFS spectroscopy, chemical extraction and thermodynamic modeling . Geochimica et Cosmochimica Acta, 70(9): 2163-2190.
131. Kirnak. H., Tas. I., Gokalp.Z and Karaman. S. 2016. Effects of different irrigation levels on yield of lettuce grown in an unheated greenhouse. Current Trends in Natural Sciences. 5(9): 145-151.
132. Kirnak.H., Demir. S., Tas. I and Cakmakli. M. 2002. Response of different irrigation water applications on yield and growth of lettuce grown in greenhouse . J.Agri. Fac.Harran.Uni. 6(1-2): 47-46.
133. Kjeldahl. J. 1883. Neue Methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen korpern . Z. Anal. Chem. 22: 366-382.
134. Klute. A. 1986. Methods of soil analysis. Second Edition.

135. Komarek. M., Cadkova. E., Chrastny. V., Bordas. F and Bollinger. J.C. 2010. Contamination of vineyard soils with fungicides: A review of environmental and toxicological aspects. Environment International. New York. 36: 138-151.
136. Kowaljow. K., Gonzalez-Polo. M. and Mazzarino. M.J. 2017. Understanding compost effects on water availability in a defraded sandy soil of Patagonia. Environ. Earth Sci. 76: 255.
137. Kuncoro. P.H., Koga. K., Satta. N and Muto. Y. 2014. A study on the effect of compaction on transport properties of soil gas and water I: relative gas diffusivity , air permeability , and saturated hydraulic conductivity. Soil and Tillage Research. 143: 172-179.
138. Kuslu. Y., Dursun. A., Sahin. U., Kiziloglu. F.M and Turan. M. 2008. Short communication , effect of deficit irrigation on curly lettuce grown under semiarid conditions.Spanish J. of Agri. Res. 6(4): 714-719.
139. Lakhdar. A., Falleh. H., Ouni.Y., Oueslati.S., Debez.A., Ksouri. R and Abdelly. C. 2011. Municipal solid waste compost application improves productivity , polyphenol content , and antioxidant capacity of mesembryanthemum edule . Journal of Hazardous Materials. 191: 373-379.
140. Lal.R., Mahboubi. A.A. and Fausey. N.R. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. Soil Sci. Soc. Am.J. 58: 517-522.
141. Larson. W.E and F.J. Pierce. 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. SSSA Spec. Pub . 35: 37-51.
142. Laxminarayana.K.2006. Effect of organic manure on soil properties , yield and nutrient uptake of rice in Ultisols of Mizoram. J. Indian. Soc.Sci. 54(1): 120-123.
143. Leon. M.C.C., Stone. A. and Dick. R.P. 2006. Organic soil amendments: Impacts on snap bean common root rot (*Aphanomyes euteches*) and soil quality. Apll. Soil. Ecol. 31: 199-210.
144. Leu. J.M., Traore. S., Wang. Y.M, and Kan. C.E. 2010. The effect of organic matter amendment on soil water holding capacity change for irrigation water saving: Case study in Sahelian environment of Africa. Scientific Research and Essays 5(23): 3564- 3571.
145. Li. Y., Gou. X., Wang. G., Zhang. Q., Su. Q and Xiao.G. 2008 . Heavy metal contamination and source in arid agricultural soil in central Gansu Province. China. Journal of Environmental Sciences. 20: 607-612.

146. Lin., Y., Liu. T and Wang. C. 2003. Study on nitrogen mineralization characteristics of organic materials . J. Agric. Res. China. 52: 178-190.
147. Liu. F., Shahnazari. A., Anderson. M.N., Jacobsen. S.E and Jensen. C.R. 2006. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning and water use efficiency in potato . Scientia. Horticulturae. 109: 113-117.
148. Liu. Y., Wang. H., Li.X and Li. J. 2015. Heavy metal contamination of agricultural soils in Taiyan , China. Pedoshpere. 25(6): 901-909.
149. Loos. M.T. 2006. Drought resistance in the home landscape. Ohio State University Extension. Fact sheet. Ohio. USA.
150. Loughnan. F.C. 1969. Chemical weathering of the silicate minerals. American Elsevier Publishing Company . NewYork.
151. Luo. L., Ma. Y., Zhang. S., Wei. D and Zhu. Y.G. 2009. Inventory of trace elements inputs to agricultural soils in China. Journal of Environmental Management. 90: 2524-2530.
152. Lupascu. N., Chirila. E and Munteanu. M. 2009. Heavy metal contaminants in organic fertilizers. Oviidius University Annals of Chemistry. 20(2): 232-234.
153. Mackerron. D.K.L and R.A.Jefferies. 1988. The distribution of tuber size in droughted and irrigated crops of potato: I. Observations on the effect of water stress on graded yields from different cultivars. Potato Research. 31(2): 269-278.
154. Mahmoodabadi. M., Yazdanpanah. N., Sinobas. L.R., Pazira. E and Neshat. A. 2013. Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments I: redistribution of soluble cations within the soil profile. Agricultural Water Management . 120: 30-38.
155. Malejane. D., Tinyani. P., Soundy. P., Sultanbawa. Y and Sivakumar. D. 2018. Defficit irrigation improves phenolic content and antioxidant activity in leafy lettuce varieties. Food Science & Nutietion Published by Wiley Periodicals. Inc. 6: 334-341.
156. Mamedov. A.I., Bar-Yosef. B., Levkovich. I., Rosenberg. R., Siber. A., Fine. P and Levy. G.I. 2014. Amending soil with sludge , manure , humic acid , orthophosphate and phytic acid : effects on aggregate stability . Soil Research . 52: 317-326.
157. Mansour. H.A., Gaballah. M.S., Abd El-Hady. M and Eldardiry. E.I. 2014. Influence of different localized irrigation systems and treated agricultural wastewater on distribution uniformities , potato growth,

tuber yield and water use efficiency . International Journal of Advanced Research. 2(2): 143-150.

158. Maragatham. J.D. and S.P. Raj. 2010. Physical characteristics of coir pith as a function of its particle size to be used as soilless medium. American- Eurasian J. OF Agriculture and Environment Sciences. 8: 431-437.

159. Martens. D.A and W.T. Frakenberger. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. Agron. J. 84:707-717.

160. Mbagwu. J.S.C and C.N. Mbah. 1998.Estimating water retention and availability of soils from their saturation percentage . Soil.Sci. Plant . Analysis. 29: 913-922.

161. Mohammed H G, Denney M J and Iyekar C .2004. Use f Composted Organic Wastes as Alternative to Synthetic Fertilizers for Enhancing Crop Productivity and Agricultural Sustainability on the Tropical Island of Guam. 13th International Soil Conservation Organization Conference – Brisbane, July 2004.

162. Meena. M.D., Joshi. P.K., Jat. H.S. Chinchmalatpure. A.R., Narjary. B., Sheoran. P and Sharma. D.K. 2016. Changes in biological and chemical properties of saline soil amended with municipal solid waste compost and chemical fertilizers in a mustard-perl millet cropping system. Catena . 140: 1-8.

163. Melero. S., Madejon. E., Ruiz. J.C and Herencia. J.F. 2007.Chemical and biochemical properties of a clay soil under dryland agriculture system as affected by organic fertilization . European Journal of Agronomy. 26: 327-334.

164. Miller. D.E and M.W. Martin. 1987. The effect of irrigation regime and sub-soiling on yield and quality of three potato cultivars. American Potato Journal. 64(1): 17-25.

165. Miotto. A., Ceretta. C.A., Brunetto. G., Nicoloso. F., Girotto. E., Farias. J., Tiecher. T ., DeConti. L and Trentin. G. 2014. Copper uptake , accumulation and physiological changes in adult grapevines in response to excess copper in soil . Plant and Soil. The Hague. 374: 593-610.

166. Molina-Montenegro. M.A., Zurita-Silva. A and Oses. R. 2011. Effect of water availability on physiological performance and lettuce crop yield (*Lactuca Sativa L.*).Cien. Inv. Agr. 38: 65-74.

167. Mondini. C and P.Sequi. 2008. Implication of soil C sequestration on sustainable agriculture and environment . Waste Manage. 28: 678-684.

168. Montemuro. F., Maiorana. M., Convertini. G and Ferri. D. 2006. Compost organic amendments in fodder crops : effects on yield , nitrogen utilization and soil characteristics . Compost Science and Utilization . 14: 114-123.

169. Morison. J.I.L., Baker .N., Mullineaux. R and Davies. W.J. 2008. Improving water use in crop production . Philosophical Transaction of the Royal Society of London B.Biological Sciences . 363(1491): 639-658.
170. Morsomme. P and M. Boutry. 1999. The plant membrane H^+-ATPase: structure, function and regulation. Biochimica et Biophysica Acta. Amsterdam. 1465: 1-16.
171. Moutonnet. P. 2002. Yield response factors of field crops to deficit irrigation. International Atomic Energy Agency. Vienna. Austria. Pp:11-15.
172. Mrabet. L., Belghyti. D., Loukili. A and Attarassi. B. 2012. Effect of household waste compost on the productivity of maize and lettuce . Agricultural Science Research Journal. 2: 462-469.
173. Nagajyoti. P.C., Lee. K.D and Sreekanth. T.V.M. 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: A review . Environmental Chemistry letters. Berlin. 8: 199-216.
174. Nagaz. K., Masmoudi. M.M and Mechlia. N.B. 2007. Soil salinity and yield of drip-irrigated potato under different irrigation regimes with saline water in arid conditions of Southern Tunisia. J. Agron. 6: 324-330.
175. Nevens. F., D. Reheul. 2003. The application of vegetable , fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: nitrogen availability and use. Eur. J. Agron. 19: 189-203.
176. Nirmal Kumar. J.I., Soni .H., Kumar. R.N and Bhatt. I. 2009. Hyperaccumulation and mobility of heavy metals in vegetable crops. Journal of Agriculture and Environment. 10: 29-38.
177. Olsen. S.R., Cole. C.V., Watanabe. F.S. and Dean. L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate .US Department of agriculture circular 939. Washington .DC.
178. Omidire. N.S., Shange R., Khan. V., Bean. R and Bean. J. 2015. Assessing the impacts of inorganic and organic fertilizer on crop performance under a microirrigation – plastic mulsh regime. Professional Agricultural Workers Journal . 3(1): 6.
179. Onder. S., Caliskan. M.E., Onder. D and Caliskan. C. 2005. Different irrigation methodsand water stress sffects on potato yield and yield components. Agric. Water Management . 73: 73-86.
180. Onder. S and D. Onder. 2006. Patateste su-verim iliskileri. Ulusal. Patates Kongresi. Nigde. Pp: 194-201.
181. Owusu. G., Bonsu. M and Tuffour. H.O. 2015. Development of an index of soil aggregate stability. Applied Research Journal. 1(5): 334-337.
182. Padmavathiamma. P.K., Li. L.Y and Kumari. U.R. 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. Bioresource Technology, 99, 1672–1681. doi: 10.1016/j.biortech.2007.04.028.

183. Pagliai. M. 2010. Soil structure and the effect management practices. Soil & Tillage Research. 79(204): 131-143.
184. Pagliai.M and M. DeNobili. 1993. Relationships between soil porosity , root development and soil enzyme activity in cultivated soils. Geoderma. 56: 243-256.
185. Pagliai. M., Raglione. M., Panini. T., Maletta. M. and La Marca. M. 1995. The soil structure after ten years of conventional and minimum tillage of two Italian soils. Soil Till. Res. 34: 209-223.
186. Park . M., Singvilay. O., Shin. W., Kim. E., Chung. J and Sa.M. 2004. Effect of long-term compost and fertilizer application on soil phosphorus status under paddy cropping system . Comm. Soil Sci. Plant. Anal. 35: 1635-1644.
187. Patil. T., Sing. M., Khanna. M., Singh. D.K and Hasan. M. 2013. Response of lettuce (*Lactuca Sativa L.*) to trickle irrigation under different irrigation intervals, N application tare and crop geometry . Ind. J of Agri. Econ. 68(4): 573-582.
188. Piccolo. A and J.S.C. Mbagwu. 1999. Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability . Soil Sci.Soc. of American Journal. 63: 1801- 1810.
189. Pimentel. D., Berger. A., Filiberto. D., Newton. M., Wolfe. B., Karabinakis. E., Clark. S., Poon. E., Abbett. E., and Nandagopal. S. 2004. Water resources: Agricultural and environmental issues. BioScience. 54(10): 909-918.
190. Porter. G.A., Opena. G.B., Bradbury. W.B., McBurnie. J.C and Sisson. J.A. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato. I: Soil properties , tuber yield and quality. Agron. J. 91: 416-425.
191. Quintern. M., Lein. M and Joergensen . R.G. 2006. Changes in soil biological quality indices after long- term addition of shredded shrubs and biogenic waste compost . Journal of Plant Nutrition and Soil Science . 169: 488-493.
192. Ravikumar. V and K.K. Krishnamoorthy . 1980. Influence of soil amendments on the physical properties of black soils and yield of ragi. Madras. J. Agri.Sci. 67: 177-182.
193. Rawls. W.J., Pachepsky. Y.A., Ritchie. J.C., Sobecki. T.M and Bloodworth. H. 2003. Effect of soil organic carbon on water retention . Geoderma. 116: 61-76.
194. Reis. M., Coelho. L., Beltra. J., Domingos. I and Moura. M. 2014. Comparative effects of inorganic and organic compost

fertilizertion on lettuce (*Lactuca Sativa L.*). International journal of Energy and Environment. 8: 137-146.

195. Richard. T.L. , Hamelers. H.V.M., Veeken . A.H.M and Silva. T. 2002. Moisture relationships in compositing processes . Compost Science and Utilization. 10: 286- 302.

196. Rigby. H and S.R. Smith. 2013. Nitrogen availability and indirect measurements of greenhouse gas emissions from aerobic and anaerobic biowaste digestates applied to agricultural soils. Waste Management . 33: 2641-2652.

197. Rodriguez. F., Guerrero. C., Moral. R., Ayguade. H and Mataix-Beneyto. J. 2005. Effects of composted and non-composted solid waste of big slurry on nitrogen, phosphorus and potassium contents into Mediterranean soils. Comm. Soil.Sci. Plant Anal. 36: 635-647.

198. Rodriguez-Vila. A., Asenio. V., Forjan. R and Covelo. E.F. 2016. Carbon fractionation in a mine soil amended with compost and biochar and vegetated with *Brassica Juncea L*. Journal of Geochemical Exploration. 169: 137-143.

199. Sabir. M and M. Zia Urrehman. 2015. Phytoremediation of metal- contaminated soils using organic amendments . In: Hakeem. K., Sabir. M., Ozturk.M., Mermutt.A. Soil remediation and plants : prospects and challenges . Academic Press. Cambridge. 503- 523.

200. Sahin. U., Kuslu. Y , Cakmakci. T and Kiziloglu. F.M. 2016. Growth, yield water use and crop quality response of lettuce to different irrigation quantities in semi -arid region of high altitude. J of Applied Horti. 18(3): 195-202.

201. Sammis. T.W., Kratky. B.A. and Wu.I.P. 1988. Effects of limited irrigation on lettuce and Chinese cabbage yields. Irrig. Sci. 9: 187-198.

202. Sarkar. S., Singh.S.R and Singh. R.P. 2003. The effect of organic and inorganic fertilizers on soil physical condition and the roductivity of a rice-lentil crooping sequence in India. Indian .J. Agric.Sci. 73(4): 419-425.

203. Satarug. S., Baker. J.R and Urbenjabol.S. 2003. Aglobal prespective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. Toxicology Letters. 137: 65-83.

204. Sawicka. B., Michalek. W and Pszczolkowski. P. 2015. The relationship of potato tubers chemical composition with selected physiological indicators. Zemdirbyste- Agriculture. 102(1): 41-50.

205. Scotti. R., Pane. C., Spaccini. R., Palese.A.M. Piccolo. A., Celano.G and Zaccardelli. M. 2016: On-farm compost : a useful tool to

improve soil quality under intensive farming systems. Applied Soil Ecology . 107: 13- 23.

206. Senden. M.H.M and H.A.T. Wolterbeek. 1990. Effect of citric acid on the transport of cadmium through xylem vessels of excised tomato stem-leaf systems. Acta Botanica Neerlandica. Wageningen. 39: 297-303.

207. Senyigit .U and D. Kaplan. 2013. Impact of different irrigation water levels on yield and some quality parameters of lettuce *(Lactuca Sativa var Longifolia cv*) under unheated greenhouse condition . Infrastructure Ecol.Rural.Areas. 2: 97-107.

208. Shahnazari. A., Liu. F., Andersen. M.N., Jacobsen. S.E and Jensen. C.R. 2007. Effects of partial root-zone drying on yield , tuber size and water-use efficiency in potato under conditions. Field Crop Res. 100: 117-124.

209. Shanmugam. G.S. 2005. Soil and plant response of organic amendments on strawberry and half-high blueberry cultivars. Master's Thesis. Dalhousie University . Canada.

210. Shaw. A.J. 1989. Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. New York. CRC Press.

211. Shayannejad. M. 2009. Effect of every other furrow irrigation on water use efficiency , starch and protein contents of potato . Agricultural Science. 1: 107-112.

212. Shehata. S.A and F.A. Abo-Sedera.1994.ara Effect of irrigation frequency and N,K level on growth, yield, chemical composition and storage ability of potato . Zagazig.J.Agric. Res. 21: 129-149.

213. Shepherd. T.G., Saggar. S., Newman. R.H., Ross. C.W and Dando. J.L. 2001. Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fractions in New Zealand soils. Australian J of Soil Res. 39: 465-489.

214. Shock. C.C., Feibert. E.B.G and Saunders. L.D. 1998. Potato yield quality response to deficit irrigation . Hort.Science. 33: 655-659.

215. Shock. C.C., Holmes. Z.A., Stieber. T.D. Eldredge. E.P and Zhang. P. 1993. The effect of timed water stress on quality , total solids and reducing sugar content of potatoes. American Potato J. 70: 227-241.

216. Shock. C.C and E.B.G. Feibert. 2002. Deficit irrigation on potato. Pp:47-56. In: Deficit irrigation practices. FAO. Rome.

217. Singer. J.W., Kohler. K.A., Liebman. M., Richard. T.L., Cambardella. C.A and Buhler. D.D. 2004. Tillage and compost effect the yield of corn, soybean and wheat , and soil fertility . Agron.J. 96: 531-537.

218. Singh. R., Kundu. D.K and Bandyopadhyay. K.K. 2010. Enhancing agricultural productivity through enhanced water use efficiency. Journal of Agricultural Physics. 10: 1-15.
219. Singh. R., Kundu. D.K., Kannan. K., Thakur. A.K., Mohanty. R.K and Kumar. A. 2008. Technologies of improving farm-level water productivity in canal commands. Water Technology Center for Eastern Region, Bhubaneswar. India. Research Bulletin. 43: 1-56.
220. Six. J., Bossuyt. H., Degryze. S and Denef. K. 2004. Ahistory of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil. Till.Res. 79: 7-31.
221. Snyder. R.L. 2014. Irrigation scheduling (water balance method). Department of Land, Air and Water Resources and Atmospheric Science. Davis. California. Pp:2-38.
222. Squire. G.R., Ong. C.K and Monteith. J.L. 1987. Crop growth in semi-arid environment , in proceedings of 7th Int. Workshop Internatinal Crop Research Institute for Semi-Arid Tropics. Patencheru. Hyderabad..Pp: 229-232.
223. Soheil. R., Hossien. M. H., Gholamreza. S., Leila. H., Mozhdeh. J and Hassan. E. 2012. Effects of Composted municipal waste and its Leachate on Some Soil Chemical Properties and Corn Plant Responses. Int. Journal of Agriculture: Research and Review. 2 (6): 801-814.
224. Starck. Z. 2014. Plant physiology : yesterday , today and what will bring tomorrow? Kosmos , Problems of biological Sciences. 63(4): 569-589.
225. Steduto. P., Raes. D., Hsiao. T and Fereres. E. 2009. Aquacrop : concepts, rational and operation. FAO Land and Water Division. Rome. Italy:17-49.
226. Stevenson. F.J. 1994. Humus chemistry : Genesis, Composition, reactions. Weily and Sons. NewYork. Pp:1-23.
227. Su. C., Jiang. L and Zhang. W. 2014. A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: situation, impact and remediation techniques. Environmental Skeptics and Critics. 3(2): 24-38.
228. Sullivan. D.M., Bary. A.I., Nartea. T.J., Myrhe. E.A., Cogger. C.G and Fransen. S.C. 2003. Nitrogen availability seven years after a high- rate food waste compost application. Compost Sci Util. 11: 265-273.
229. Supriya. N.O. 2014. Effect of enriched urban solid easte compost on soil properties, yield and uptake of nutrients by rice in submerged soil. Department of Soil Science and Agricultural Chemistry. University of Agricultural Sciences. Bengaluru. 1-13.

230. Surekha. K., Jhansilakshmi. V., Somasekhar. N., Latha. C., Kunar. R.M., Shobha. Rani. N., Rao.K and Viraktamath. B.C. 2011. Status of organic farming and research experiences in rice. J. Rice. Res. 3(1): 23-35.

231. Tanveera. A., Tasawoor. K.A., Parvaiz . T.A and Mehrajuddin. N. 2016. Relation of soil bulk density with texture , total organic matter content and porosity in the soils of Kandi area of Kashmir valley, India. International Research Journal of Earth Sciences. 4(1): 1-6.

232. Tiecher. T., Brunetto. G., Ceretta. C.A., Comin. J.J., Girotto. E., Miotto. A., Moraes. M.P., Benedett. L., Ferreira. P.A., Lourenzi. C.R and Couto. R.R. 2013. Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy typic hapludalf soil after long-term application of big slurry and deep litter. Revista Brasileira de Ciencia do Solo. Vicosa. 37: 812-824.

233. Titiloy. E.O., Lucas. E.O and Agboola. A.A. 1985. Evaluation of fertilizer value of organic waste materials in south western Nigeria. Bio. Agric. Horti. 3: 25-37.

234. Tilman. D., Cassman. K.G., Matson. P.A., Naylor. R and Polasky. S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature. 418: 671-677.

235. Tittarelli. F., Petruzzelli. G., Pezzarossa. B., Cilvilini. M., Benedetti. A and Sequi. P. 2007. Quality and agronomic use of compost. Waste Management Series . Elsevier Ltd. Pp: 119-145.

236. Tourneux. C., Devaux. A., Camacho. M.R., Mamani. and Ledent. J.F. 2003. Effect of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia: II: water –relations , physiological parameters, Agronomie. 23: 181-190.

237. Tsabedze. M.W and P.K. Wahome. 2010. Influence of different irrigation regiems on production of lettuce *(Lactuca Sativa L.)*. American-Eurasian. J. Agric & Environ Sci. 8(3): 233-238.

238. Van-Camp. L., Bujarrabl. B., Gentile. A., Jones. R., Montanarella. L., Olazabal.C and Selvaradjou. S.K. 2004. Reports of the technical working groups established under the thematic strategy for soil protection. EUR 21319 EN/3, Office for Official Publications of the Euroean Communities. Lexembourg. Pp: 872.

239. Waksman. S.A. 1932. Humus. Williams and Wilkins. Baltimore. MD.

240. Walkley A and L.A .Black. 1934. An examination of the determining method for determining organic soil matter and an proposed modification of the chromic acid titration method soil science. 37: 29-38.

241. Walter. I., Martinez. F and Cuevas. G. 2006. Biosolid amendment of a calcareous , degraded soil in a semi-arid environment I. Span. J. Agric. Res. 4: 47-54.

242. Wang. F.X., Kang. Y.H and Liu. S.P.2006. Effect of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in north China plain. Agricultural Water Management. 79(3): 248-264.

243. Weber. J.B. 1991. Applied Plant Science. 5(1): 34-44.

244. Wen. G., Bates. T.E., Voroney. R.D., Winter. J.P and Schellenberg. M.P. 1999. Influence of application of sewage sludge and manure composts on plant Ca and Mg concentration and soil extractability in field experiments. Nutrient Cycling in Agrosystems. Pp: 51-61.

245. Willekens. K., DeVliegher. A., Vandecasteele. B and Carlier. L. 2008. Effect of compost versus abimal manure fertilization on crop development , yield and nitrogen residue in the organic cultivation of potatoes. 16th IFOAM Organic World Congress. Modena . Italy. June. 16-20 . 2008.pp: 1-4.

246. Wuana. R.A and F.E. Okieimen. 2011. Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry , risks and best available strategies for remediation . ISRN Ecology Articlee .p 20.

247. Yazgan. S., Ayas.S., Demirtas. C., Buyukcangaz.H and Candogan. B.N. 2008. Deficit irrigation effects on lettuce (*Lactuca Sativa var Olenka*) yield in unheated greenhouse condition. J.Food Agr.Environ.6 :357-361.

248. Yildirim. O. 1993. Bahce bitkileri sulama teknigi. Ankara. Universitesi. Ziraat Fakultesi Yayinlari. 1281. Ankara (In Turky Press).

249. Zhang . M., Heaney. D., Henriquez. B., Solberg. E and Bittner. E. 2006. A four –year study on influence of biosolids / MSW co-compost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. Compost Science and Utilization . 14: 68-80.

250. Zhang. R., El-Mashad. H.M., Hartman .K ., Wang. F., Liu. G., Choate. C and Gamble. P. 2007. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion . Bioresources Technology . 98: 929-935.

251. Zhang. X., Wu. X., Zhang. S., Xing. Y., Wang. R and Liang. W. 2011. Organic amendment effects on aggregate-associated organic C, microbial biomass C and Glomalin in agricultural soils. Catena. 123: 188-194.

252. Zhang. L., Pan .Y., Lv. W and Xiong. Z.T. 2014. Physiological responses of biomass allocation , root architecture and invertase activity

to copper stress in young seedlings from two populations of *Kummerowia stipulacea* (maxim) makino. Ecotoxicology and Environmental Saftey. Orlando. 104: 278-284.

Abstract :

A field experiment was conducted between 2015-2017 in Hout research station / General Commission for Scientific Agricultural Research / Swaida governorate to study the effect of adding different levels of town refuse compost (TRC) of Damascus city (F1-F2-F3) on the some physical, chemical and productivity characteristics of clay soil and its effect on the efficiency of applying different levels of deficit irrigation (I1(full irrigation) and{ I2 (75%) and I3(%50) of full irrigation},and compare it with mineral fertilizer F4 and control F5(untreated).

The potential environmental effects of these additions has been traced in soil and different parts of planted crops (leaves/lettuce- tubers/potato), the crops final productivity , capacity to tolerate the applied water stress levels (Ky) and water use efficiencies (WUE-IWUE) were estimated.

The results of accumulated use of compost for four growing seasons have revealed a significant effect on the studied characteristics, which increased linearly with the increase of the added amounts . Treatment I1F1 was the best with an increase of (165- 17- 15- 96)% for soil content of organic matter (OMC), soil total porosity (%), field capacity (Fc) and its content of readily available water (RAW) respectively. An increase in soil infiltration (%287) and desirable decrease in bulk and Real density of clay soil with a percentages of (31-11)% respectively as compared to control F5.

Total nitrogen (N%), available phosphor(P) and potassium (K) were increased with (374-932-56)% comparing with the control treatment at the end of the experiment.

Soil content of heavy metals had increased at the end of fourth season with percentages of 88-154-21-3% for Cd- Cr- Ni- Pb respectively, a linear increase with the increased added amounts.

The absorbed amounts of heavy metals were declined with the increase of SOM, and lettuce leaves has showed a greater tendency to accumulate heavey metals in compare with potato tubers, which increased with 179-105-820 % in I1F1 lettuce leaves respectively as compared to potato tubers from the same treatment for Cd- Cr and Ni.

The best productivity was in I1F1 with (77.8 ton/ha of lettuce and 35.3 ton/ha of potato tubers), and 177.18mm - 469.72mm annual water

consumption respectively. While the best treatment in tolerating deficit irrigation was I2F1 with (0.38-0.24) of Ky for lettuce and potato crops respectively.