مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (30) العدد (2) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (30) No. (2) 2008

تأثير تنظيم مستوى الماء الأرضي عن طريق (Mole drainage) على الخصائص الفيزيائية للتربة وعلى إنتاجية نبات البطاطا في الساحل السوري

الدكتور جهاد إبراهيم*
الدكتور أويديس أرسلان**
نصر حسين***

(تاريخ الإيداع 17 / 2 / 2008. قبل للنشر في 2008/3/17)

□ الملخّص □

أظهرت الدراسة التي أجريت على تنظيم مستوى الماء الأرضي في تربة طينية ثقيلة منتشرة في الساحل السوري بطريقة الصرف الأخدودي mole drainage انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة فوق المسارات بمقدار 0.14 غ/سم^3، وازدياد حجم المسامات الهوائية الأكبر من 10ميكرون بمقدار 7% ، وزيادة معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع بمقدار 0.74 م/يوم، وزيادة حجم المسامات التي تحوي ماء قابلاً للامتصاص (0.2–10ميكرون) بمقدار 2.87% مقارنة مع المعاملة غير المصروفة. وأدّت المسارات المصاغة إلى تخفيض مستوى الماء الأرضي وزيادة الشدّ الرطوبي في التربة فوق المسارات (تجفيف التربة)، رافق ذلك زيادة في الإنتاجية مقدارها 35% في محصول البطاطا صنف *سبونتا*، كما تم التوصّل إلى أنّ البعد المثالي بين المسارات هو 1.4 م، والمجال المناسب بين المسارات يقع بين0.5–2.2 م.

الكلمات المفتاحية: تنظيم مستوى الماء الأرضي – التوصيل الهيدروليكي – الشدّ الرطوبي – الكثافة الظاهرية – السعة الهوائية للتربة – البطاطا.

* أستاذ – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** دكتور – الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية– دمشق – سورية.
*** طالب دراسات عليا (ماجستير) – قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (30) العدد (2) 2008
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (30) No. (2) 2008

The Effect of Regulating the Depth of Water Table by Mole Drainage on Soil Physical Properties and on Productivity of Potatoes on the Syrian Coast

Dr. Jihad Ibrahin [*]
Dr. Awides Arslan [**]
Naser Hassen [***]

(Received 17 / 2 / 2008. Accepted 17/3/2008)

□ ABSTRACT □

Using mole drainage, this study is carried out to regulate the depth of water table in heavy clay soil prevalent on the Syrian coast. It shows a reduction in the bulk density of soil above the mole drain by (0.14 g/cm^3), an increase of the volume of air space porosity which has a diameter large than 10μm by7%, an increase of the hydraulic conductivity of saturated soil by 0.74 m/d, and an increase of the volume of pores holding available water (0.2-10 μm) by 2.87%, compared with the non-moled treatment. The executed mole drain has reduced the depth of water table and has increased moisture suction of the soil above mole drains (drying soil); this is associated with an increase in potato (var. *Sponta*) production by 35%. The results demonstrate that the suitable range for mole drain spacing is 0.5-2.2m, and the optimum between mole drains is 1.4m.

Keywords: regulating the depth of water table**,** hydraulic conductivity, moisture suction, bulk density, soil air capacity, potato**.**

[*] **Professor, Department of Soil Sciences and Water, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
[**] **Doctor in General Commission for Scientific Agricultural Research, Damascus, Syria.**
[***] **Postgraduate Student, Department of Soil Sciences and Water, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

المقدمة:

تعدّ التربة خليطاً يتألف من مكّونات معدنية وعضويّة مرتبّة بشكل هندسي وفق تداخلات فيزيائية وكيميائية معقدة ضمن منظومة مؤلّفة من أطوار متعدّدة هي الطور الصلب والطور السائل والطور الغازي. تتفاعل هذه الأطوار مع بعضها لتشكّل وسطاً مناسباً لنمّو النبات وتطوره. والأمر الذي يجعل هذه المنظومة أكثر تعقيداً هو حاجة النبات للتنفس باستمرار في الوقت الذي يجب أن يكون فيه المحتوى الرطوبي للتربة قادراً على تأمين الماء والعناصر الغذائية اللازمة له. ومن هنا تأتي أهمية التوازن بين الطورين السائل والغازي ضمن هذه المنظومة ... ولكي يحصل هذا التوازن يجب أن يشكّل الطور الصلب 50 % والطور السائل 25 %والطور الغازي 25 % على الأتربة المتوسطة القوام حسب (Hillel, 1980). وسيادة الطور الغازي على الطور السائل يعني نقص المحتوى الرطوبي للتربة وبالتالي انخفاض معدلات الامتصاص للماء والعناصر الغذائية من قبل النبات، وهذه المشكلة تعالج عن طريقة إضافة الماء للتربة بواسطة الري أو الهطولات المطرية اللاحقة ...

وعند سيادة الطور السائل يحصل نقص في المبادلات الغازية بين الوسط الخارجي والتربة وهذا يرافقه نقص حاد في الأكسجين اللازم لتأمين الحد الأدنى من المبادلات الغازية؛ الأمر الذي يؤدي إلى موت القمم النامية للنبات وسيادة العمليات الإرجاعية في التربة التي ينتج عنها بعض المركبات والغازات التي تسمم النبات. كما أن وجود الماء الزائد عن السعة الحقلية للتربة لفترة طويلة يؤدّي إلى تدهور الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وتبعثر غروياتها وتحول المسامات الكبيرة إلى مسامات متوسطة وصغيرة ... يصبح الماء فيها أقل قابلية للامتصاص من قبل النبات.

ومثل هذه الحالات تحدث في حالة الغدق الناتج عن ارتفاع مستوى الماء الأرضي. والماء الأرضي هو الماء الموجود بشكل حرّ في مسامات التربة لفترة طويلة أو قصيرة فوق طبقة كتيمة أو ضعيفة النفاذية. وقد يكون مصدر هذا الماء الهطولات المطرية، الري الزائد، أو تسرب الماء من الأحواض والأقنية المجاورة.ويتغير مستواه باستمرار حسب الفصول والهطولات، ولتفادي الأضرار الناتجة عن ارتفاع مستوى الماء الأرضي إلى منطقة انتشار المجموع الجذري لا بد من تنظيمه بحيث يصبح على العمق المطلوب والمناسب لنمو النبات وتطوره مع مراعاة إمكانية استخدامه والاستفادة منه كمخزون مائي قادر على تأمين جزئي أو كلي لاحتياجات النبات المائية عن طريق صعوده بالخاصّة الشعرية إلى منطقة الجذور.

الدراسات المرجعيّة:

أشار (Ellington,1984) أنّ ارتفاع الماء الأرضي إلى منطقة انتشار المجموع الجذري خلال فصل الشتاء يؤدي إلى نقص إنتاجية المحاصيل الزراعية بمقدار يصل إلى حوالي50 % وذلك حسب درجة حساسية تلك المحاصيل. ولتنظيم مستوى الماء الأرضي يمكن استخدام الصرف بأشكاله (المكشوف – المغطّى أو الصرف الدهليزي). والصرف الدهليزي (Mole drainage) هو عبارة عن مسارات أسطوانية على عمق معين من سطح التربة تصاغ بواسطة محاريث تحت سطح التربة بقطر معين وعند رطوبة مناسبة.وبسبب استبعاد مساحات كبيرة من الاستثمار داخل الحقل عند استخدام الصرف المكشوف، ونتيجة التكلفة العالية جداً لشبكات الصرف المغطى بالإضافة إلى الانسدادات المستقبلية وصعوبة صيانتها، تمّ التفكير باستخدام الصرف الدهليزي بسبب تكلفته البسيطة مقارنة مع الصرف المغطّى. حيث تبلغ تكلفة صرف الهكتار بين 30–130 دولاراً عند استخدام الصرف الدهليزي مقارنة مع الصرف المغطّى الذي تصل التكلفة فيه إلى أكثر من 3000 دولار للهكتار حسب (Moll, 1995). ويعدّ هذا الصرف

تقنية جيدة للتخلّص من الماء الزائد في منطقة انتشار المجموع الجذري في الأتربة الطينية حسب (Leeds Harison, 2006). وحسب (Christen, 1999) و(Muirhead et.al, 1995) أدّى الصرف الدهليزي إلى تحسين خواص التربة الفيزيائية وزيادة إنتاجية المحاصيل: بصل ، بندورة ، قمح بمقدار 40 % ، 10 % ، 19 % على التوالي.وأنّ الدهاليز (المسارات) يمكن صياغتها بشكل جيد في الأتربة الطينية وقد وجد (Russell, 1997) و (Bennett et.al, 2004) أنّ نسبة الطين يجب أن لا تقل عن 35 % في حين وجد (Ritzema, 1994) أنّ نسبة الطين يجب أن تتراوح بين 30 – 45 % وأنّ الترب التي تزيد فيها نسبة الطين عن 45 % تزيد من جودة المسارات وعمرها. وأنّ الرطوبة المناسبة لتنفيذ هذه الدهاليز هي عند حد البلاستيكة الأدنى (حد الترقيق) حسب (Bennett et.al, 2004) , (Ritzema, 1994).

هذه المسارات يمكن أن تبقى فعّالة من 3–8 سنوات حسب (Dörter, 1986) في حين وجد كلّ من: (Bennett et al, 2004)و(Christen, 1999) أن هذه الأقنية يمكن أن تدوم 3–5 سنوات.

أمّا (Davies et.al, 1972) وجد أنّ هذه المسارات يمكن أن تدوم 5–12 سنة؛ وذلك حسب نوع التربة ورطوبتها أثناء في التنفيذ وحسب تقنية التنفيذ وحسب ثباينه البناء والظروف المناخية السائدة. يتراوح عمق المسارات بين 0.2 – 0.8 م حسب (Colac, 2002). وقد وجد (Muirhead and Christen, 1998) أن عمق المصارف الدهليزية 0.6 م أعطى نتائج جيدة.ويتراوح البعد بين المصارف 1–1.5م حسب (Dörter, 1986) وقد يصل أحياناً إلى 3 م حسب (Ritzema, 1994). ويتراوح قطرها بين 5–10سم وذلك حسب قوة الشد المتوفرة (نوع الجرار) حسب (Eggelsmann, 1987).أما ميل المصارف يتراوح بين 0.4–4 % والميل المناسب 3 % حسب (Dohle, 2005)،ويجب أن لا يزيد عن 9 % حسب (Dörter, 1986) .

هذا بالإضافة إلى أنه في أثناء، صياغة المسارات بواسطة المفكك الميكانيكي سيرافق ذلك تفكيك ميكانيكي لطبقات التربة حتى عمق المسارات، وهذا التفكيك يؤدّي إلى التخلّص من الإجهادات الأفقية الموجودة سابقاً في التربة نتيجة تعرضها لضغوط سابقة؛ لأن مثل هذه الإجهادات لا يمكن التخلص منها إلا بالطرق الميكانيكية حسب (Hartge ; Horn,1991).وعند إزالة هذه الإجهادات يزداد معدّل تسرّب الماء إلى داخل التربة ومنها إلى المسارات ثمّ إلى خارج الحقل وهذا بدوره يقلّل من الجريان السطحي وبالتالي يقلل من انجراف التربة وزيادة مخزونها المائي. هذا وقد وجد (Leed – Harison, 2006) أنّ تنظيم مستوى الماء الأرضي يوفّر حوالي20 % من مصادر الري.ولتنظيم مستوى الماء الأرضي لابد من إجراء دراسات هيدروديناميكية متعلقة بالتربة أهمّها: تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي غير المشبع للتربة وعلاقته بالشدّ الرطوبي. ومعامل التوصيل الهيدروليكي للتربة غير المشبعة يحدّد لنا كمية الماء الصاعدة بالخاصّة الشعريّة من مستوى الماء الأرضي إلى منطقة انتشار المجموع الجذري حسب (Schindler, 1982).ونظراً لفوائد تنظيم مستوى الماء الأرضي وتأثيره على الخواصّ الفيزيائية والكيميائية للتربة وعلى الإنتاجية تمّ اختيار محصول البطاطا كأحد المحاصيل التي تحتل مكانة كبيرة في القطر العربي السوري، ولكون هذا المحصول شديد الحساسية للوسط الفيزيائي في التربة. والبطاطا (potato) تتبع العائلة الباذنجانية (*Solanacea*) والتي تضمّ حوالي (90) جنس و(2000) نوع وأدخل إلى سوريا مؤخراً أصناف عالية الجودة منها: صنف *Spunta*. وتبلغ المساحة المزروعة في سوريا حسب إحصائيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي عام (2005) 29.347 ألف هكتار بلغ إنتاجها 20.774 طن/هكتار وتأتي سوريا بالمرتبة الرابعة بين الدول العربية من حيث المساحة المزروعة بالبطاطا.وانطلاقاً من أهمية تنظيم مستوى الماء الأرضي تمّ التفكير باستخدام الصرف الدهليزي ولأول مرة في سوريا

على بعض المواقع التي تعاني من الغدق الموسمي في الساحل السوري خلال فترة الشتاء والربيع لمعرفة مدى فعالية هذا الصرف على تربة طينية، ومدى تأثيره على إنتاجية نبات البطاطا مع إمكانية الاستفادة من الماء الأرضي على عمق معين عن طريق صعوده بالخاصية الشعرية لتأمين كلي أو جزئي لاحتياجات النبات المائية، وهذا له دور كبير في توفير مياه الري والاقتصاد بها.

أهمّية البحث وأهدافه:

تبرز أهمية البحث من خلال تعرّض مساحات واسعة في الساحل السوري للغدق الموسمي خلال الشتاء والربيع، وهذا يسبّب خسائر كبيرة في الإنتاج كمّا" ونوعا"، بالإضافة إلى تأخّر زراعة بعض المحاصيل في هذه المواقع. و يهدف البحث إلى تنظيم مستوى الماء الأرضي للتخلّص من الغدق الموسمي عن طريق الصرف الأخدودي، ودراسة تأثير ذلك على الخواصّ الفيزيائية للتربة وعلى إنتاجية نبات البطاطا.

طرائق البحث وموادّه :

نفّذ البحث في أحد مواقع الساحل السوري – محافظة طرطوس – مركز البحوث العلمية الزراعية – محطة بحوث زاهد الشرقية – سهل عكّار في العام 2006–2007م. في ظروف الزراعة العضويّة (دون استخدام الأسمدة المعدنية) معدّل الهطول المطري 845 ملم/سنة – الارتفاع عن سطح البحر 30 م الميل حوالي 5 %. متوسط درجة الحرارة السنوية (19) درجة مئوية.

بعد تحديد موقع التجربة حدّدت المعاملات المدروسة وهي أربع معاملات على الشكل الآتي :

1–معاملة بدون مسارات (شاهد).

2–معاملة (1) البعد بين المسارات الخلدية 1 م.

3–معاملة (2) البعد بين المسارات الخلدية 2 م.

4–معاملة (3) البعد بين المسارات الخلدية 2.5 م.

وكل معاملة قسمت إلى أربع مكرّرات طول المكرر 10 م وعرضه5.6 م ؛أي بمساحة جني تعادل 56 م^2 للمكرر الواحد مع ترك مسافة هامشية على الأطراف،وبذلك تكون مساحة الجني للمعاملة الواحدة مع مكرّراتها 224 م^2 ومساحة التجربة 896 م^2. بعد ذلك أخذت عينات تربة غير مخربة البناء من الأعماق 0 – 20، 20–40 ،40–60 سم بواسطة أسطوانات معدنية بمعدل أربع مكرّرات لكلّ عمق، ثم أخذت عينات مخربة البناء من هذه الأعماق لدراسة الخصائص الفيزيائية وبعض الخصائص الكيميائية للتربة. بعد ذلك تمّ حفر خندق أسفل الحقل بعمق 80 سم وعرض 70 سم بواسطة الباكر لجمع الماء المصروف ومنه إلى خارج الحقل... ثم جهز المفكك الميكانيكي الموجود في مركز بحوث زاهد وعدّل تعديلاً كاملاً ليصبح مناسباً لصياغة مسارات تحت سطح التربة، حيث استخدم جرّار استطاعة (70) حصاناً (دبل كير) . وعلق المفكك على الجرار ثم صيغت المسارات بدءاً من خندق الجمع وبزاوية ميل مقدارها 5%حيث وضعت مؤخّرة الجرّار مع المفكّك المحمول عليه بشكل متعامد مع الخندق وخفض المفكك تدريجياً حتّى وصلت أسطوانة المفكّك إلى العمق 60 سم داخل الخندق وثبّت على هذه الوضعية، بعد ذلك نفذت المسارات وفي كلّ مسار كان يتمّ التأكد من العمق المطلوب. حيث نفذت المسارات وفق المعاملات المذكورة بشكل متعامد مع خندق الجمع، وكان قطر المسارات 7.5 سم وهو قطر الأسطوانة المعدنية أسفل المفكك وخلف القدم (على شكل قذيفة).بعد

ذلك أضيف السماد العضوي المتخمر (زبل بقريّ) بمعدل (6 م^3/د) ثم وزّع على نحوٍ متجانس على سطح التربة وخلط مع التربة بواسطة الغرافة الدورانية مع الإشارة هنا إلى أنهّا قد تمّت حراثة موقع التجربة حراثة خريفية بواسطة المحراث المطرحي على عمق 20 سم. بعد ذلك جّهز بذار البطاطا صنف *Spunta* من مؤسسة إكثار البذار بمعدل 300 كغ/د (بذار) ثمّ زرعت البطاطا آلياً المسافة بين الخطوط 70 سم والمسافة بين النبات والآخر في الخط الواحد 20 سم. بعد ذلك زرعت أجهزة البيزومترات على عمق 135 سم لمراقبة مستوى الماء الأرضي، وأجهزة قياس التوتّر على عمق 30 سم لمراقبة جهد ماء التربة. أمّا التحاليل التي أجريت على عينات التربة لتحديد بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية جمعت في (الجدول 1).

الجدول 1 يوضح نتائج بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية لموقع التجربة.

العمق (سم) / التحليل	20 – 0	40 – 20	60 – 40	الطريقة المتبعة في التحليل
نسبة الطين %	60.55	64.44	64.44	طريقة الماصّة حسب Kohn
نسبة السلت %	31.10	22.82	25.83	
نسبة الرمل %	8.35	12.74	9.73	
نوع التربة	T	T	T	مثلّث القوائم الألماني
كربونات الكالسيوم الكلية %	15	22.5	20	طريقة المعايرة
كربونات الكالسيوم الفعالة %	10	6.5	8	طريقة دورينو
المادة العضوية %	2.52	2.17	0.68	طريقة الهضم الرطب
CEC سعة التبادل الكايتوني م . م /100 غ تربة	55.65	56.76	55.9	طريقة خلاّت الصوديوم
الكثافة الحقيقية (غ/سم^3)	2.59	2.60	2.59	طريقة البكنومتر
الكثافة الظاهرية غ/سم^3	0.97	1.21	1.25	طريقة الاسطوانات المعدنية
السعة الحقلية % وزناً	42.92	39.60	38.69	جهاز الضغط الغشائي
نقطة الذبول الدائم % وزناً	30.43	30.93	28.66	جهاز الضغط الغشائي
الفوسفور الكلي PP m	57	–	–	السكلر
البوتاس الكلي PP m	900	–	–	جهاز الفلام فوتوميتر
الآزوت المعدني PP m	52	–	–	السكلر
معامل عدم الثباتية	0.33	0.51	0.84	Hénin
حد البلاستيكية الأدنى (حد الترقيق) % وزناً	32.38	32.99	32.37	كاساكراند
حد الالتصاق % وزناً	38.09	38.30	38.37	كاساكراند
حد السيولة % وزناً	63.20	64.26	58.15	كاساكراند

(الجدول 1) يوضح بأنّ التربة هي طينية ثقيلة وأنّ خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في الأعماق الثلاثة شبه متجانسة. حيث تراوحت نسبة الطين بين 60.55– 64.44 % ونسبة السلت بين22.82 – 31.10 % ونسبة الرمل بين 8.35 – 12.74 %. كما تراوحت سعة التبادل الكاتيوني بين 55.65 – 56.76 م.م/100غ تربة وهي سعة تبادلية عالية جاءت متناسبة مع نسبة الطين في التربة. كما أنّ السعة الحقلية ونقطة الذبول جاءتا ضمن المجال المناسب لهذا النوع من الترب، وبلغت نقطة الذبول قيماً عالية؛ وهذا يعود إلى ارتفاع نسبة الطين في التربة بشكل كبير على اعتبار أن نقطة الذبول الدائم تتعلق بشكل مباشر مع نسبة الطين في التربة حسب (Hartge u. Horn, 1991) و (Müller, 1985). وأنّ قيمة حدّ السيولة التي تراوحت بين 58.15–64.26 % وزناً وقيمة حدّ البلاستيكة الأدنى (حد الترقيق) بين 32.37 – 32.99 % وزناً جاءت ضمن الحدود المتوقعة حسب (Lieberoth, 1982). كما تراوحت درجة عدم الثباتية بطريقة Hénin للوحدات البنائية بين 0.33 – 0.84 وهذا يعني أنّ ثباتية الوحدات النباتية عالية جداً، حيث إن درجة عدم الثباتية يمكن أن تتراوح بين 0.1 – وأكثر من 100 حسب (Burke et.al, 1986) وكلّما كانت القيمة صغيرة كلّما دلّ ذلك على زيادة ثباتية الوحدات البنائية وكلّما زاد عمر الدهاليز.

كما أنّ نسبة المادّة العضوية بلغت 2.52 % في العمق (0–20) سم وهي قيمة تقع ضمن المجال المتوسط 2–4 % بالنسبة لهذا النوع من الترب حسب (Pagel, 1982)، وتنخفض هذه القيمة مع العمق بشكل واضح .

كما نلاحظ من (الجدول 1) أنّ نسبة الطين إلى السلت في الأعماق (0–20 ، 20–40 ، 40–6) سم هي 1.94 ، 2.82 ، 2.49 على التوالي وبالتالي فإنّ شروط صياغة المسارات محقّقة حسب (Blume, 1992) الذي وجد بأن صياغة المسارات تتطلّب نسبة طين إلى سلت في التربة أكبر من 0.5 . أمّا المعطيات المناخية فكانت كما هي موضحة في (الجدول 2).

الجدول2 يبين بعض المعطيات المناخية لموقع التجربة خلال العام /2006–2007/

العامل المناخي	متوسط درجة الحرارة الشهرية (C°)	الهطول الشهري ملم	متوسط معدل الهطول خلال 7 سنوات سابقة	مقداراختلاف الهطول مقارنة بالمعدل ل 7 سنوات سابقة
كانون الثاني 2007	12.1	67	221.3	154.3–
شباط2007	14.1	179	181.4	2.4–
آذار 2007	16.3	60	110.2	50.2–
نيسان2007	18	90.5	44.25	46.25
أيار 2007	23.4	21.5	11.5	10
حزيران2007	26.2	–	–	–
تموز 2007	28	–	–	–
آب 2007	29.1	–	–	–
أيلول 2006	27.6	26.2	20.2	6
تشرين الأول 2006	23.3	139	91.5	47.5
تشرين الثاني 2006	17.2	140.2	105.125	35.07
كانون الأول 2006	13.1	71	184.125	113.13–
المجموع	–	794.4	969.6	175.2–

نلاحظ من (الجدول 2) أنّ الهطولات المطرية كانت خلال كانون الثاني – شباط – آذار – نيسان – أيّار لعام (2007) : 67 ، 179 ، 60 ، 90.5 ، 21.5 ملم على التوالي، وهي أقلّ من متوسط معدل الهطول الشهري خلال الـ (7) سنوات السابقة بالكميات التالية 154.3 ، 2.4 ، 50.2 ملم خلال أشهر كانون الثاني – شباط – آذار، أما في نيسان وأيّار فكانت كمية الهطول أكبر بـ 46.25 ، 10 ملم على التوالي.

النتائج والمناقشة :

5-1-تأثير تنظيم مستوى الماء الأرضي عن طريق (Mole drainage) على الكثافة الظاهرية للتربة :

الكثافة الظاهرية للتربة هي صفة فيزيائية مركّبة حسب (Kunze .u. Petelkau, 1980) تعطي فكرة عن الحالة البنائية وعن حركة الماء والهواء داخل قطاع التربة، ونظراً لأهمية الكثافة الظاهرية تم تحديدها قبل تنفيذ المسارات وبعده، فكانت النتائج كما هي موضحة في (الجدول 3) و(الجدول 4).

(الجدول 3) يوضح بأنّ الكثافة الظاهرية للتربة تزداد مع زيادة العمق وكانت هذه الزيادة معنوية في العمقين (20-40 و 40-60) سم مقارنة بالكثافة في العمق (0-20) سم. وبلغت الزيادة 0.24 غ/سم^3 في العمق (20-40) سم و 0.28 غ/سم^3 في العمق (40-60) سم.

الجدول 3 يوضح الكثافة الظاهرية للتربة في الأعماق المختلفة قبل صياغة المسارات.

العمق (سم)	ρ d (غ / سم^3)
0 – 20	0.97
20 – 40	1.21
40 – 60	1.25
LSD α 5%	0.051

الجدول 4 يوضح قيم الكثافة الظاهرية للتربة(غ/سم^3)بعد 5 أشهر من تنفيذ المسارات في المعاملات المدروسة.

العمق (سم) / المعاملة	0 – 20	20 – 40	40 – 60
شاهد (بدون مسارات)	1.07	1.22	1.27
معاملة (1)	1.10	1.08	1.21
معاملة (2)	1.09	1.14	1.20
معاملة (3)	1.11	1.13	1.28
LSDα 5%	0.07	0.065	0.06

(الجدول 4) يوضح أن الكثافة تزداد أيضاً مع زيادة العمق وبلغت على معاملة الشاهد 1.07 غ/سم^3 وارتفعت إلى 1.22 غ/سم^3 في العمق (20-40) سم لتصل إلى1.27 غ/سم^3 في العمق (40-60) سم، وعند العمق (0-20)

سم كانت تغيّرات الكثافة الظاهرية للتربة في المعاملات المدروسة طفيفة (لا يوجد فروقات معنوية). أمّا في العمق (20–40) سم يلاحظ أنّ الكثافة الظاهرية انخفضت من 1.22 غ/سم^3 إلى 1.08 غ/سم^3 في المعاملة الأولى؛ أي بمقدار 0.14 غ/سم^3 ثمّ عادت وارتفعت في المعاملة (2–3) إلاّ أنهّا بقيت معنوياً أقل من قيمة الكثافة في الشاهد للعمق نفسه؛ وهذا يعني بأنّ صياغة المسارات رافقها تفكيك ميكانيكي للتربة مما أدّى إلى التخلص من الإجهادات الأفقية الموجودة سابقاً في التربة (هذه الإجهادات قد تكون ناتجة عن ضغط الآلات الزراعية أو ثقل طبقات التربة العلوية، وكلاهما يؤدّي إلى انضغاط التربة وتشكّل إجهادات أفقية لا تزول إلاّ بطريقة التفكيك الميكانيكي للتربة).

وفي العمق (40–60) سم بلغت الكثافة 1.27 غ/سم^3 في معاملة الشاهد وانخفضت إلى1.21 غ/سم^3 في المعاملة (1) وإلى 1.20 غ/سم^3 في المعاملة (2) لكن قيمتها في المعاملة (3) بقيت مرتفعة، وهذا يعود إلى انخفاض عدد المسارات المصوغة في هذه المعاملة وإلى انخفاض فعالية التفكيك على هذا العمق.

هذه النتائج توضح بأن الكثافة الظاهرية انخفضت بشكل كبير في المعاملات (1 ، 2 ، 3) في العمق (20–40) سم مقارنة مع معاملة الشاهد؛ وهذا يعود إلى زيادة عدد المسارات المصوغة في هذه المعاملات وإلى زيادة فعالية التفكيك في هذا العمق.

5–2–تأثير تنظيم مستوى الماء الأرضيّ بطريقة (Mole drainage) على توزيع النظام المسامّي في التربة:

إنّ توزيع النظام المسامي في التربة يؤثّر على المحتوى المائي والهوائي من خلال تنظيم عمليات النقل والتخزين داخل قطاع التربة، وهو بذلك عامل محدّد للوسط الفيزيائي المناسب لنمو النبات. ونظراً لهذه الأهمية هناك سعي مستمرّ لتحسين توزيع النظام المساميّ عن طريق عمليّات الحراثة والاستصلاح، وانطلاقاً من ذلك تمّ تحديد حجم المجموعات المسامية قبل صياغة المسارات الخلدية وبعدها، وذلك باستخدام جهاز الضغط الغشائي وبالاعتماد على العلاقات الآتية :

PV % > 50 μ m = PV % - WVol % pF 1.8
PV % > 10 μ m = PV % - WVol % pF 2.5
PV % (10 – 50) μ m = WVol % pF 1.8 – Wvol % pF2.5
PV % (0.2 – 10) μ m = WVol % pF 2.5 – Wvol % pF4.2
PV % < 0.2 μm = WVol % pF 4.2

$$PV\% = \left(1 - \frac{\rho d}{\rho s}\right) \cdot 100$$

حيث إنّ : ρd : الكثافة الظاهرية للتربة.

ρs : الكثافة الحقيقية للتربة.

PV % : حجم المسامية الكلية.

WVol % pF1.8 : الرطوبة الحجمية عند pF1.8. pF : الشد الرطوبي.

أمّا توزيع النظام المسامّي قبل صياغة المسارات فكانت كما هي موضحة في (الجدول 5):

الجدول 5 يوضح توزيع النظام المسامي في التربة قبل صياغة المسارات على أعماق مختلفة.

العمق (سم)	PV %	PV%>50µm	PV% > 10 µm	PV%(0.2-10) µ m	PV%<0.2µm
20 – 0	62.55	17.58	20.86	12.17	29.52
40 – 20	53.46	3.0	5.55	10.5	37.42
60 – 40	51.91	1.53	5.84	9.32	35.80
LSDα 5%	2.01	7.10	3.38	2.25	1.57

يتّضح من (الجدول 5) أنّ حجم المسامات الكلية ينخفض بشكل معنويّ مع زيادة العمق، وكذلك الحال بالنسبة إلى المسامات التي قطرها أكبر من 10 ميكرون وأكبر من 50 ميكرون، وهذا ينطبق أيضاً على حجم المسامات التي قطرها 0.2–10 ميكرون وهي المسامات التي تحوي ماء قابلاً للامتصاص من قبل النبات، وهذا الانخفاض كان معنوياً في الأعماق (20–40 و 40–60) سم مقارنة بالعمق (0–20) سم. أمّا حجم المسامات التي قطرها أقلّ من 0.2 ميكرون ازداد مع زيادة العمق؛ وهذا يعود إلى زيادة الكثافة الظاهرية للتربة. إنّ حجم المسامات الهوائية (السعة الهوائية للتربة) ذات القطر أكبر من 10 ميكرون بلغ في العمق (0–20) سم 20.86 % وهو حجم كبير مقارنة بالحجم اللازم لتأمين المبادلات الغازية حسب (Paul, 1987).

وبعد خمسة أشهر من صياغة المسارات تمّ تحديد توزيع النظام المسامي في التربة. في الأعماق (0–20 ، 20–40 ، 40–60) سم، فكانت النتائج كما هي موضحة في (الجداول6 ، 7 ، 8):

الجدول (6) يوضح توزيع النظام المسامي في العمق (0–20) سم بعد خمسة أشهر من صياغة المسارات.

المعاملة	**PV %**	**PV%>50µm**	**PV%>10µm**	**PV%(0.2-10) µm**	**PV%<0.2µn**
شاهد	58.7	10.55	11.52	14.62	32.56
المعاملة (1)	57.54	8.07	10.0	14	33.54
المعاملة (2)	58.57	8.96	11.13	14.78	32.66
المعاملة (3)	56.89	5.92	8.80	14.33	33.97
LSDα 5%	2.90	5	4.86	1.80	2.521

الجدول (7) يوضح توزع النظام المسامي في العمق (20–40) سم بعد خمسة أشهر من صياغة المسارات.

المعاملة	PV %	PV%>50µm	PV%>10µm	PV%(0.2-10) µm	PV%<0.2µn
شاهد	53.1	2.8	4.42	10.91	37.73
المعاملة (1)	58.45	9.14	11.36	13.78	33.30
المعاملة (2)	56.02	8.14	10.57	10.10	35.36
المعاملة (3)	56.28	7.1	9.39	11.73	35.15
LSDα 5%	2.96	4.75	4.34	3.85	2.36

الجدول (8) يوضح توزيع النظام المسامي في العمق (40–60) سم بعد خمسة أشهر من صياغة المسارات.

المعاملة	PV %	PV%>50µm	PV%>10µm	PV%(0.2-10) µm	PV%<0.2µn
شاهد	51.21	4.43	6.48	8.52	36.21
المعاملة (1)	53.28	4.86	6.92	11.65	34.67
المعاملة (2)	53.53	9.06	11.05	8.10	34.48
المعاملة (3)	50.57	3.27	5.61	8.28	36.68
LSDα 5%	2.43	2.79	2.88	2.23	1.94

(الجدول 6) يوضح أنّ حجم المسامات الكليّ تراوح بين 58.7 و56.89 % وأنّ حجم المسامات التي قطرها أكبر من 50 ميكرون تراوح بين 10.55 و 5.92% دون أن يكون بينها فروقات معنويّة. أمّا حجم المسامات التي قطرها أكبر من 10 ميكرون تراوحت بين 11.52% و 8.80% دون أن يكون فيما بينها فروقات معنوية، وهذا ينطبق على حجم المسامات التي قطرها أقلّ من 0.2 ميكرون. إلاّ أنّ حجم المسامات الهوائية التي قطرها أكبر من 10 ميكرون جاء ضمن المجال اللازم لتأمين المبادلات الغازية 8–12 حسب(Czeratzki, 1978). (Richter et.al, 1978),في حين وجد (Paul and Werner, 1986) أنّ 6 % من هذه المسامات تكفي لتأمين الحدّ الأدنى من المبادلات الغازية في طبقات التربة تحت السطحّية عندما تكون درجة استقامة هذه المسامات عالية.

(الجدول 7) يوضح أنّ حجم المسامات الهوائية أكبر من 50 ميكرون كان أقل في معاملة الشاهد بشكل معنوي مقارنة مع باقي المعاملات، وهذا ينطبق على حجم المسامات ذات القطر أكبر من 10 ميكرون. وكان حجم هذه المسامات أفضل على المعاملات (1 و 2 و 3) مقارنة مع الشاهد وجاءت ضمن المجال الذي حدّده (Hartge u. Horn, 1991) والبالغ 3–20 % على هذا النوع من الأتربة.

أمّا حجم المسامات التي قطرها 0.2–10 ميكرون تراوحت بين 10.10–13.78% وجاءت أيضاً ضمن المجال الذي حدده (Hartge u. Horn, 1991) والبالغ 5–15 % على هذه الأتربة. هذا وكان حجم المسامات التي تحوي ماء قابلاً للامتصاص وحجم المسامات الهوائية أكبر من10 ميكرون أفضل في المعاملة (1) ؛ وهذا يعني بأن تنفيذ المسارات على مسافة 1 م رافقه إعادة توزيع النظام المسامي بشكل أفضل في العمق (20–40) سم مقارنة بمعاملة الشاهد.

(الجدول 8) يوضح بأن حجم المسامات الهوائية أكبر من 10 ميكرون كان أفضل في المعاملة رقم (2) أما حجم المسامات 0.2–10 ميكرون كان أفضل في المعاملة رقم (1) وكانت متفوقة على باقي المعاملات.

هذه النتائج تبيّن أنّ تنفيذ المسارات أدّى إلى تحسين توزيع النظام المسامي بشكل واضح في العمق (20–40) سم، أمّا في العمق (0–20 ، 40–60) سم كان تأثير صياغة المسارات أقلّ على توزيع النظام المسامي في التربة؛ وهذا يعود إلى أنّ الطبقة السطحية للتربة (0–20) سم لم تكن منضغطة قبل تنفيذ المسارات، وقد يعود السبب في ضعف فعالية التفكيك على العمق (40–60) سم إلاّ أنه في أثناء صياغة المسارات على العمق (60 سم) تم تفكيك التربة وضغطها في آن واحد (التفكيك نتيجة مرور قدم المفكّك والضغط الجانبيين الذي تسّببه أسطوانة صياغة المسارات في أثناء مرورها خلف قدم المفكك).

كما يتّضح من الجداول السابقة أنّ زيادة الكثافة الظاهرية، ولو بنسب صغيرة، على هذا النوع من الأتربة يرافقه انخفاض شديد وحادّ في حجم المسامات الهوائية التي قطرها أكبر من 10ميكرون. الأمر الذي يجعل هذا النوع من

الترب عرضة للغدق المؤقت حتّى عند هطولات مطرية متوسطة إضافة للغدق الناتج عن ارتفاع مستوى الماء الأرضي. ومن هنا تأتي أهمية تنظيم مستوى الماء الأرضي وتحسين خواصّ النفاذية في مثل هذه المناطق المنتشرة في الساحل السوري (سهل عكار).

5-3 تحديد منحني الشدّ الرطوبي:

منحني الشدّ الرطوبي هو المنحني الذي يمثّل العلاقة بين الشدّ الرطوبي والرطوبة الحجمية للتربة ويعدّ هذا المنحني من أهم الخواصّ الفيزيائية للتربة حيث من خلاله يمكن تحديد المحتوى الرطوبي للتربة عند أيّ مستوى شدّ رطوبيّ وعن طريقه يمكن تحديد الثوابت المائية للتربة وتحديد توزيع النظام المسامي فيها.

هذا واستخدمت طريقة جهاز الضغط الغشائي لتحديد هذا المنحني على الرغم من أنّ هذه الطريقة هي طريقة مجهدة وتحتاج إلى زمن طويل إلا أنّها تعطي نتائج دقيقة ، حيث أخذت عيّنات التربة من الأعماق المدروسة بواقع أربع مكرّرات لكلّ عمق. وبعد ذلك تمّ تحديد مستويات الشدّ الرطوبي عند القيم الآتية :

(pF1.8 -pF2.5 -pF3 -pF3.5 -pF3.9 -pF4.2) وتمّ تحديد متوسّطات مستويات الرطوبة المقابلة لها وأدخلت إلى الحاسب فكانت العلاقة بين ψ و θ من الشكل :

$$\psi = a\theta^b$$

وهذا الشكل هو أحد الأشكال المستخدمة من قبل عددٍ من الباحثين ومنهم Gardner et.al (1970) . أمّا المعادلات التي تمّ التوصل إليها اعتماداً على الشكل السابق هي :

في العمق 0-20 سم

$$\psi = 0.00058 * \theta^{-14.212}$$

r=0.99

في العمق 20-40 سم

$$\psi = 0.01128 * \theta^{-14.55}$$

r=0.98

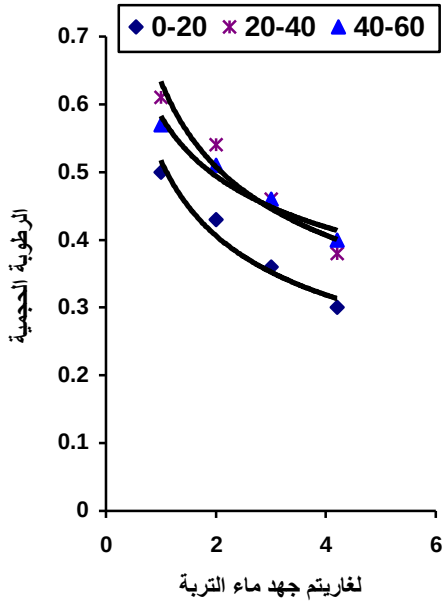
في العمق 40-60 سم

$$\psi = 0.000106 * \theta^{-20.5}$$

r=0.99

حيث إنّ θ هي الرطوبة الحجمية كجزء من الواحد و ψ هي الشدّ الرطوبي مقاس بالـ سم عمود ماء.

واعتماداً على المعادلات السابقة تم التوصل إلى منحنيات الشدّ الرطوبي كما في (الشكل 1) :



(الشكل 1) يوضح منحنيات الشد الرطوبي للتربة في الأعماق المختلفة

5-4-تأثير تنظيم مستوى الماء الأرضي بطريقة (Mole drainage) على معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع للتربة :

التوصيل الهيدروليكي المشبع هو نسبة التدفّق إلى التدرّج الهيدروليكي، و يرتبط هذا التوصيل مع حجم المسامات الهوائية التي قطرها أكبر من 10 ميكرون، ويتأثر بدرجة استقامة المسامات. ونظراً لتشعب النظام المسامي في التربة والاختناقات في بعض المسامات تكون دراسته في غاية التعقيد، كما أنّ كمية الماء المتدّفق خلال مقطع أنبوب ذي طول معين تتناسب مع الأسّ الرابع لنصف القطر وفق المعادلة الآتية :

$$q = \pi r^4 \cdot \frac{\rho w.g.\Delta h}{8 \eta L}$$

حيث إنّ

Δh :الجهد الهيدروليكي سم. ρw :كثافة الماء غ/سم^3. g :الجاذبية الأرضية سم/ثا^2 .

L : طول الأنبوب سم. r : نصف قطر الأنبوب سم. η : اللزوجة للماء غ/سم.ثا .

q : كمية الماء المتدفقة سم^3/ثا.

وعلى هذا فإنّ أيّ زيادة بسيطة في قطر المسام ترافقه زيادة أسية كبيرة لكمية الماء المتدفقة، وإنّ تحديد هذا المعامل يؤدّي دوراً كبيراً في تحديد البعد بين أنابيب الصرف المغطّى وتحديد المواقع المكثّفة في طبقات التربة التحتية للأتربة المتماسكة ومدى حاجتها للصرف والتفكيك الميكانيكي حسب (Dörter, 1986).

إثر أخذ العيّنات من الأعماق والمعاملات المختلفة، قبل وبعد تنفيذ المسارات، تم تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع مخبرياً حسب (Kulmann, 1968)، ذلك التحديد الذي يعتمد على قانون دارسي وفق العلاقة الآتية :

$$K f = \frac{v}{F \cdot t} \cdot \frac{\ell}{h}$$

حيث إنّ : v : حجم الماء المتدفق خلال مقطع التربة$م^3$.

F : مساحة مقطع التربة $م^2$. t : الزمن يوم. ℓ : طول العينة أو ارتفاع العينة سم.

Kf : معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع م/يوم. h : الارتفاع الهيدروليكي سم.

نفذت القياسات عند تدرج هيدروليكي يساوي1 وتدفّق مستقرّ فكانت النتائج كما هي موضحة في (الجدول 9).

الجدول (9) يوضح متوسط قيم معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في المعاملات المدروسة مقدرة (م/يوم).

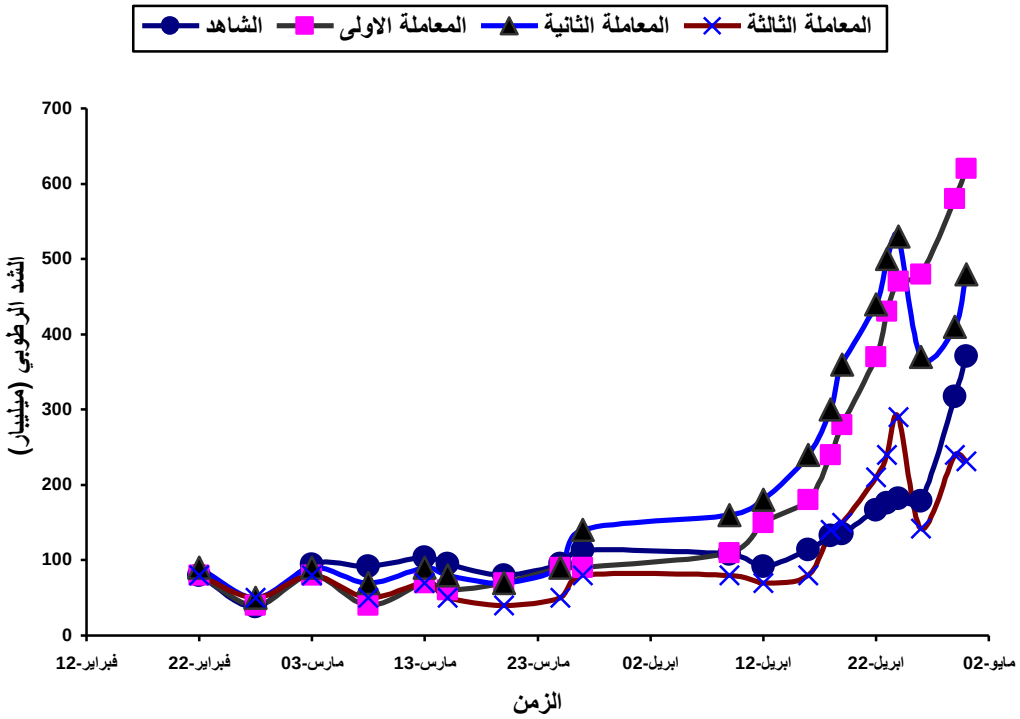
العمق / المعاملة	0 – 20 سم	20 – 40 سم	40 – 60 سم
الشاهد (قبل تنفيذ المسارات)	1.59	0.28	0.10
المعاملة (1)	0.38	1.02	0.15
المعاملة (2)	0.65	1.32	0.39
المعاملة (3)	0.52	0.86	0.12
LSD α 5 %	0.61	0.57	0.24

يتضح من (الجدول 9) أنّ قيم معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع قبل تنفيذ المسارات كان في العمق (0–20) سم 1.59 م/يوم، وانخفض إلى 0.28 م/يوم في العمق (20–40)سم ليصل إلى 0.10 م/يوم في العمق(40–60) سم؛ أي أن معامل التوصيل للتربة المشبعة ينخفض بشكل واضح مع العمق ليصل إلى القيمة الحدّية 0.1 م/يوم وهذه القيمة تعدّ مؤشراً على مدى نجاح عملية الصرف ومدى حاجة التربة للتفكيك الميكانيكي على الأتربة المتماسكة حسب (Dörter, 1986). كما أنّ قيم معامل التوصيل جاءت ضمن المجال المحدّد من قبل (Scheffer et.al, 1998) الذي يتراوح بين 300–0.01 م/يوم على الأتربة الطينية.

وفي العمق (0–20) سم كانت قيم Kf أكبر قبل تنفيذ المسارات منها في المعاملات الأخرى للعمق ذاته إلا أنها بقيت جميعها أكبر من القيمة الحديّة. أمّا في العمق (20–40) سم ازدادت قيمة Kf بشكل معنوي في المعاملة (1) بمقدار 0.74 م/يوم والمعاملة (2) بمقدار 1.04م/يوم و المعاملة (3) بمقدار 0.58 م/يوم مقارنة بالمعاملة قبل تنفيذ المسارات. غير أنّ قيم Kf بقيت دون تغيّرات تذكر في العمق (40–60) سم بعد تنفيذ المسارات مع ارتفاع معنويّ في المعاملة رقم (2). هذه النتائج تبّين أنّ تنفيذ المسارات أدّى إلى تحسين معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع خاصّة في العمق (20–40) سم في جميع المعاملات.

5–5–تأثير تنظيم مستوى الماء الأرضيّ على الشدّ الرطوبيّ في العمق (30) سم في المعاملات المدروسة :

لقد تمّ قياس الشدّ الرطوبيّ بواسطة أجهزة قياس التوتّر الحقلّية خلال مراحل نمّو النبات على اعتبار أنّ الشدّ الرطوبي هو مقياس للمحتوى الرطوبيّ للتربة، وبالتالي فهو مؤشر عن مدى فعالية تنظيم مستوى الماء الأرضيّ عن طريق المسارات الخلدية. فكانت النتائج كما هي موضحة في (الشكل 2):



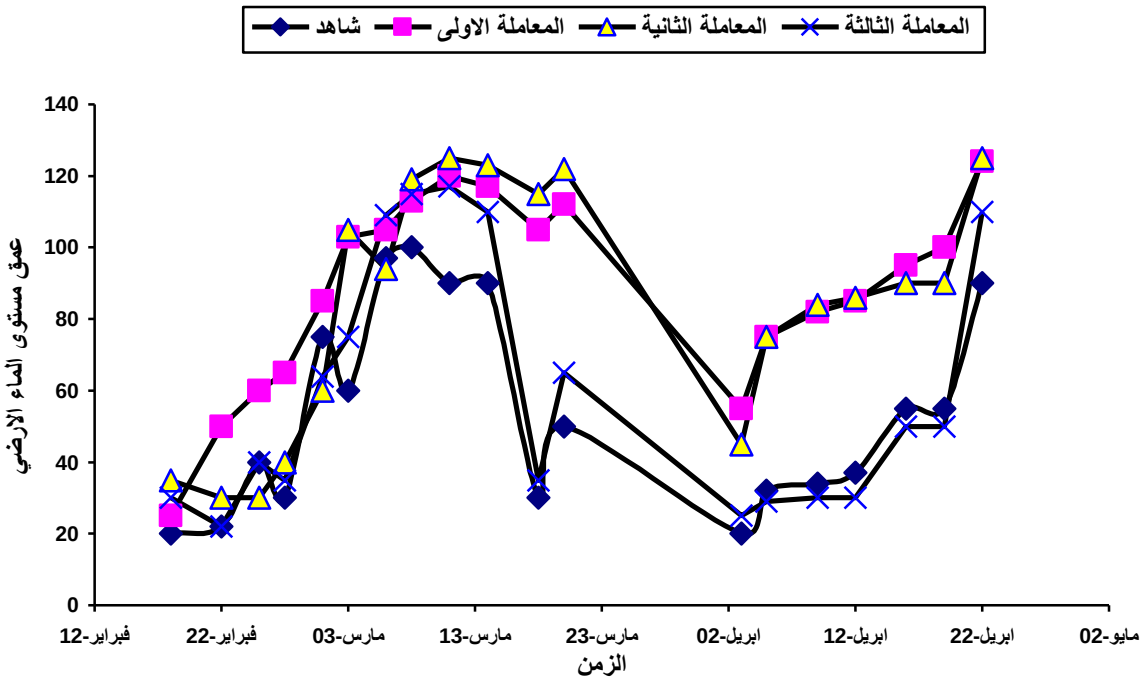
(الشكل 2)يوضح قيم الشد الرطوبي في العمق (30) سم خلال أشهر شباط – آذار – نيسان

(الشكل 2) يوضح بأنّ الشدّ الرطوبي خلال شهر شباط كان يتراوح بين 80–100 سم عمود ماء؛ أي حوالي pF = 2 ولم يلاحظ هناك فروقات واضحة في المعاملات خلال هذه الفترة ،و قد يعود هذا إلى تأثير الهطولات المطرية.

بعد ذلك بدأت الفروقات بشكل واضح بين المعاملات خاصّة خلال النصف الثاني من آذار وشهر نيسان، وزيادة الشد الرطوبي كان في المعاملة الأولى والثانية أكثر وضوحاً حيث وصل إلى حوالي (600) سم عمود ماء في حين أنّ المعاملة الثالثة كانت تبدي قيماً أقلّ منْ كلّ مِن الأولى والثانية مقارنة مع معاملة الشاهد. وهذا قد يعود إلى زيادة المسافة بين المسارات، و توضح هذه النتائج أنّ صياغة المسارات الخلدية أدّى إلى انخفاض المحتوى الرطوبي الزائد للتربة نتيجة زيادة معدل الارتشاح إلى الأسفل وتقليل فترة بقاء الماء في قطاع التربة فوق المسارات.

5–6–تأثير البعد بين المسارات على تغيّرات عمق مستوى الماء الأرضي :

لقد تم تحديد عمق مستوى الماء الأرضي عن طريق البيزومترات (أنابيب معدنية بقطر 1 أنش مثقبة من الجوانب لها سدادة مطاطية من الأعلى لدخول الماء إليها عن طريق الثقوب الجانبية فقط) زرعت على عمق 135 سم في المعاملات المدروسة، وأخذت القراءات خلال مراحل نمو النبات فكانت النتائج كما هي موضحة في (الشكل 3):



(الشكل 3) يوضح تغيرات مستوى الماء الأرضي في المعاملات المدروسة خلال مراحل نمو النبات

(الشكل 3) يوضح أن مستوى الماء الأرضي كان مرتفعاً خلال شهر شباط في جميع المعاملات إلا أنّه كان مرتفعاً أكثر نسبياً في معاملة الشاهد. كما يلاحظ انخفاض مستوى الماء الأرضي في النصف الأول من شهر شباط ليصل إلى عمق حوالي 110 سم خاصة في المعاملة الأولى والثانية؛ وذلك بسبب انخفاض معدلات الهطول المطريّ خلال هذه الفترة.

بعد ذلك بدأ الماء الأرضي بالارتفاع في النصف الثاني من شهر آذار على جميع المعاملات بسبب الهطولات المطرية، إلا أنه بقي منخفضاً أكثر على المعاملتين (1) و (2) مقارنة بمعاملة الشاهد والمعاملة (3) وفي بداية نيسان استمر بالارتفاع ليصل في المعاملة الأولى والثانية إلى حوالي 40 سم تحت مستوى سطح التربة في الوقت الذي ارتفع في المعاملة (3) ومعاملة الشاهد إلى حوالي 30 سم.

وهذا الارتفاع يعود إلى زيادة معدل الهطولات المطرية خلال شهر نيسان، بعد ذلك بدأ مستوى الماء الأرضي بالانخفاض ليصل إلى حوالي 120 سم عند نهاية نيسان وبداية أيّار. هذه النتائج توضح مدى أهمية المسافة بين المسارات في تحديد فعالية صرف الماء الزائد.

كما أنّ عمق مستوى الماء الأرضي يبقى دائماً أكبر في المعاملات (1) و (2) وهذا يعود إلى نقصان المسافة بين المسارات المصوغة والتي رافقها تفكيك ميكانيكي أدّى إلى زيادة معدلات الارتشاح إلى المسارات ومنها إلى خارج الحقل. وبالتالي فإن التغذية المائية لمستوى الماء الأرضي أسفل المسارات تصبح أقل وهذا أدى إلى استمرار زيادة عمق مستوى الماء الأرضي في هذه المعاملات مقارنة مع معاملة الشاهد.

كما توضح هذه النتائج أنّ مستوى الماء الأرضي وتغيّراته خلال العام 2007 (العام الذي نفذ البحث فيه) لم تشكّل خطورة كبيرة على محصول البطاطا بخلاف السنوات السابقة؛ بسبب عدم ارتفاعه الكبير وبسبب قصر فترة بقائه على هذه المستويات؛ وهذا يعود إلى انخفاض معدلات الهطول المطري والتباعد بين الهطولات وارتفاع معدلات التبخر.

هذه النتيجة تقودنا إلى أنّه في السنوات الجافة وللاستفادة القصوى من الماء الأرضي كمخزون مائي يصعد بالخاصة الشعرية يجب سد المسارات الخلدية في نهاياتها لمنع الانخفاض السريع لمستوى الماء الأرضي أسفل المسارات.

5-7-تأثير تنظيم مستوى الماء الأرضيّ عن طريق (Mole drainage) على إنتاجية نبات البطاطا :

تعتبر البطاطا أحد المحاصيل الدرنية الحسّاسة لحالة التربة البنائية وتتطلب وسطاً فيزيائّياً مناسباً خلال مراحل نموه المختلفة حسب (Seiffert, 1981). ويختلف إنتاج البطاطا من تربة لأخرى وحسب الظروف المناخية السائدة وحسب الصنف، وقد بلغ متوسط إنتاج الدنم في سوريا 2073.4 كغ/دونم حسب إحصائيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي عام (2005).

وفي ظل ظروف الزراعة العضوية التي نفذت التجربة فيها (بدون استخدام الأسمدة المعدنية) تراوحت الإنتاجية 1803.55 كغ/دنم – 2428.56 كغ/دنم صنف *Spunta* وذلك حسب المعاملات المدروسة. وتعدّ هذه الإنتاجية عالية مقارنة بالإنتاج في ظلّ ظروف الزراعة العادية (تسميد معدنيّ وعضوي معاً).

هذا الاختلاف في الإنتاجية بين المعاملات تعود إلى تأثير تنظيم مستوى الماء الأرضي وإلى البعد بين المسارات المصوغة كما هو موضح في (الجدول 10):

الجدول (10) يوضح تأثير البعد بين المسارات على إنتاجية البطاطا في المعاملات المدروسة

المعاملة	الإنتاجية كغ/دنم	الإنتاجية %
الشاهد	1803.55	100
معاملة (1)	2428.56	134.65
معاملة (2)	2102.68	116.58
معاملة (3)	1995.5	110.64
L.SDα 5%	265.067	14.82

(الجدول 10) يوضح أنّ هناك تأثيراً واضحاً للبعد بين المسارات على إنتاجية نبات البطاطا حيث بلغت الإنتاجية على معاملة الشاهد (بدون صياغة مسارات) 1803.55 كغ/دنم وتعادل 100 % لترتفع إلى 1995.53 كغ/دنم أي بمقدار حوالي 11 % عندما كانت المسافة بين المسارات 2.5 م لتصل إلى 2102.68 كغ/دنم؛ أي بزيادة معنوية حوالي 17 % واستمرت الإنتاجية في الارتفاع مع نقصان المسافة الفاصلة بين المسارات لتصل إلى 2428.56 كغ/دنم عندما كانت المسافة بين المسارات 1 م؛ أي بزيادة معنوية مقدارها حوالي 35 % أي أنّ المعاملة (1) تفّوقت على جميع المعاملات.

هذا وتمّ إيجاد العلاقة بين الإنتاجية والبعد بين المسارات باستخدام علاقات الارتباط فكانت العلاقة معنوية عند درجة ثقة (5 %) وكانت المعادلة من الدرجة الثانية كما يأتي :

$$y = 1826.7237 + 845.78876\ X - 321\ .\ 1925\ X^2$$

$r^2=0.854$

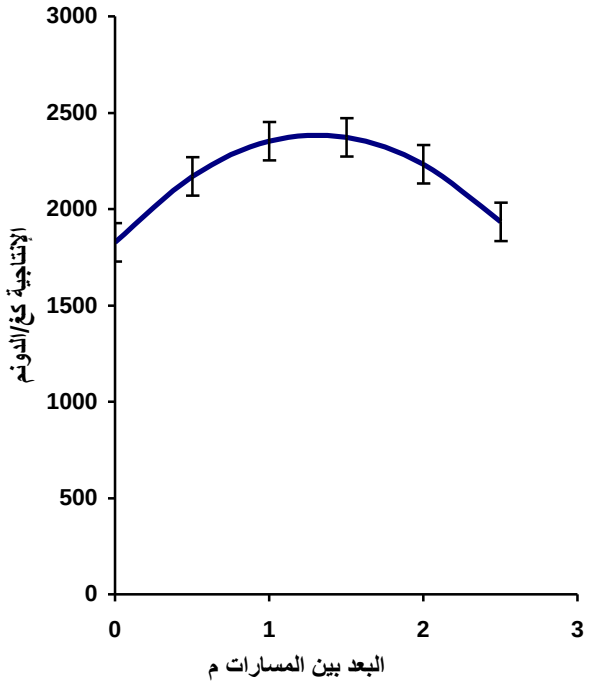
$n=16$

حيث إنّ : y : الإنتاجية مقدرة كغ/دنم.

X : البعد بين المسارات مع الأخذ بعين الاعتبار أنّه عندما تكون X = 0 يعني أنّه لا توجد مسارات وهذا يعني معاملة الشاهد.

ويمكن توضيح ذلك بيانياً كما في (الشكل 4).

(الشكل 4) يوضح بأنّ الإنتاجية تزداد مع زيادة المسافة الفاصلة بين المسارات لتصل إلى نهاية عظمى عند مسافة مقدارها 1.4 م ثمّ تنخفض بعد ذلك مع زيادة المسافة بين المسارات لتصل إلى 1995.53 كغ/دنم عند مسافة 2.5 م غير أنّ الإنتاجية عند مسافة 0.5 م والمسافة 2.2 م لا تختلف معنوياً مع الإنتاجية عند المسافة 1.4 م ، وهذا يعني بأنّ مجال البعد المناسب بين المسارات على العمق 60 سم في ظل ظروف التجربة السائدة يتراوح بين 0.5 – 2.2 م ، وأنّ البعد المثاليّ بين المسارات هو 1.4 م. وهذه النتيجة تتوافق إلى حدّ كبير مع النتيجة التي توصل إليها (Dörter, 1986) ، حيث وجد أنّ المسافة المثاليّة بين المسارات تتراوح بين 1–1.5 م عندما يكون معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع في التربة التحتية أقلّ من 0.2 م/يوم.



(الشكل 4) يوضح تأثير البعد بين المسارات على الإنتاجية لنبات البطاطا صنف سبونتا

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال الدراسة التي أجريت على تنظيم مستوى الماء الأرضي بطريقة Mole drainage أظهرت النتائج التي تم التوصل إليها أن هذه الطريقة هي طريقة فعّالة للتخلص من الماء الأرضي الزائد عن السعة الحقلية وتحدّ من ارتفاع مستوى الماء الأرضيّ وتؤدّي إلى تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة وإلى زيادة الإنتاجية في محصول البطاطا بمقدار 35% مقارنة بالمعاملة التي لم ينظّم مستوى الماء الأرضي فيها.

وانطلاقاً من ذلك نوصي بما يأتي :

– استخدام هذه الطريقة في المناطق التي تتعرّض للغدق الموسمي أو الغدق المؤقّت.

– تطوير هذه الطريقة باستخدام تقنيات جديدة لزيادة ثباتية المسارات بحيث يمكن إضافة موادّ خشنة (الترميل sanding) في المسارات لزيادة عمرها.

– أن تنفذ هذه المسارات بالطريقة المزدوجة أي مسارين فوق بعضهما البعض بحيث يتمّ إغلاق المسار السفلي عندما لا يكون منسوب الماء الأرضي عالياً وفتحه عند الهطولات المطريّة الغزيرة.

– عدم إجراء الصرف العميق؛ لأن الماء الأرضي هو مخزون مائيّ يجب الاستفادة منه قدر الإمكان عندما لا تكون ملوحته عالية.

– دراسة مقارنة بين هذه الطريقة وطرق أخرى للتخلصّ من الماء الزائد عن السعة الحقلية في قطاع التربة.

المراجع:

1-BURKE,W.;GABRIELS,D.;BOUMA,J. *Soil structure assessment*. Sponsord by the commission of the European communities, BOSTON,1986, 91.

2-BENNETT,D.;GEORGE,R.; and RUSSELL,B. *Mole Drainage for increased productivity in the south west irrigation area*. bunbury district Office, State of western Australia,2004,5-11.

3-BLUME,H.P. *Handbuch des Bodenschutzes 2.* Auflage, Eco, Med, verlag gesesellschaft mbn,Germany,1992.mbn,Germany,1992.

4-CZERATZKI,W.*Probleme der Bodenbearbeitung in der Pflanzenproduction*. In : der Landwirt - Hamburg 56, Germany, 1978, 265 - 276 .

5-CHRISTEN,E.W. *The potential of mole drainage to control waterlogging in rice based irrigated agriculture.* Research engineer drainage and irrigation, CSIRO land and water , Griffith , NSW,2680, Australian, 1999.

6-COLAC,D.H. *Mole drainage on the rightsoil type and done properly can help reduce waterlogging problems.* Managing wet soils, Mole drainage, ISSN, 1329 – 8062, 2002.

7- Davies,D.B.; Eagle,D.J.; Finney,J.B. *soil management.* farming pess limited, wharfedale road, Ipswich, Suffolk,eastern England,1972,65-78.

8-DÖRTER,K. *Lehrboch der landwirschaftliche Meliorationen*. VEB, Deutscher Landwirtschaftsverlag ,Berlin (Germany) 1986, 316.

9-DOHLE,L. *Guidelines for usage of engineering solutions*. Rural Solutions SA, Action salinity and water, Australia,2005, 8-13.

10-ELLINGTON,A. In: *Rural Quarterly* (June 1984), Australia,1984, 22.

11-EGGELSMANN,R. *Subsurface drainage*. instruction Germann association for water resources and land improvement bulletin, No6 spriger; Berlin, 1987.

12- GARDNER,W. R.; HILLEL,D.; and BENYAMINII,Y. *Post irrigation movement of soil water*. I. redistribution, Water resour, Res.6, 1970,851-861.

13-HILLEL,D. *Fundamentals of soil physics*. Academic press; New York, USA,1980.

14-HARTGE,K.H.; und HORN,R. *Einführung in die Bodenphysik Ferdinand Enke*. Verlag Stuttgart,Germany,1991,303.

15-KULLMANN,A.*Untersuchungsmethodendes Bodenstrukturzustandes* . VEB,Deutscherlandwi–verlag,Berlin, Germany,1968, 475.

16- LIEBEROTH, I. *Lehrbuch der bodenkumde*. VEB, Deutscher landwirtschafts verlag-berlin, GERMANY,1982,431.

17-LEEDS-HARRISON,P.B. *Drainage*. institute of water and environment , Cranfield university ,Australian, 2006, 1-2.

18-MÜLLER,G. *Lehrboch der Bodenkunde*. VEB, Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, germany,1985, 392.

19-MOLL, J. *Financial evalution of four sub-surface drainage schemes for vegetable growing.* CSIRO technical memorandum 95.7. Csiro land and water Australia,1995.

20-MUIRHEAD,W.A.;CHRISTEN,E.W.;and MOLL, J.L; *Groundwater control using shallow subsurface drains*. CSIRO Division of water resour-ces, consultancy report 95/23,CSIRO land and water, Griffith, NSW, Australia,1995.

21- MUIRHEAD,W.A.; Christen,E.W. *Control of waterlogging in tomatoes with mole drains*. Horticultural research and development corporation, Australia,1998, 17.

22-PETELKAU,H.; KUNZE,A. *Die Lagerungsdichte des Bodens als wesentlichesteuerungsgröße für die denbearbeitung*,wissenschaftliche Beiträge, MLU, Halle-wittenberg 14-22 halle Germany,1980, 35-65.

23-PAGEL,H.*Pflanzenernähstoffe in tropischen Böden ihre bestimmung und bewertung*. VEB, Dentcher lamwirtschaftlicher Verlag, Berlin ,Gyrmany,1982, 272.

24-PAUL,R.; WERNER,D. *Abhängigkeit der Magrogasdiffusion von der Bodenstruktur.* Arch, Acker, Pflanzen u.bodenkd., Berlin30,11, Gyrmany,1986,681-87.

25-PAUL,R. *Einfluß des Bodenstrukturzustandes auf den Lufthaushalt Bindiger Böden*.Feldwirtschft,Berlin28,9 Germany,1987, 422-424.

26-RICHTER,J.; GROSSGEBUER,A. *Untersuchungen zum Bodenlufthaushalt In einem Bodenbearbeitungsversuch.* Z.Pflanzenernähr. u. Bodenkd . Weinheim 141,2 ,Germany,1978,181-202.

27-RITZEMA,H.P. *drainage principle and applications* . International Institute for Land Reclamation and Improvement, P,O, Box 45 , 6700 AA Wageningen, ILRI application sixten, Netherlands,1994,913-927.

28-RUSSELL,w.B. *Conservation of Farmland in KwaZulu-Natal.Sub- surface drainage*. agriculture resources,ACT (NO43/38) Kwazulu-Natal,1997,1-14.

29- SEIFFERT, M. *Lehrbuch der Drusch- und hackfruchtproduction*. VER, Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, Germany,1981, 399.

30-SCHINDLER,U. *Untersuchungen zum Kapilarenwasseraufstieg aus dem Grundwasser*. Arch.u, pflanzenbau, Bodenkd, 26, Berlin , Germany,1982,623-628**.**

31-SCHEFFER,F.; und SCHACHTSCHABEL,P. *Lehrbuch der bodenkunde*. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, Germany,1998,494.