الصفات المورفولوجية والنوعية وكفاءة استعمال الماء لمحصول لطماطة مع استخدام تكنولوجيا حفظ ماء التربة تحت السطحي (SWRT)

آلاء صالح عاتي* مهدي ابراهيم عودة*
شذى سالم الراوي** الفين سمكر***

الملخص

أجريت تجربة حقلية في البيوت البلاستيكية في موقعين مختلفين الأول في محافظة ديالى، والثاني في محافظة النجف لاختبار تأثير أساليب زراعية مختلفة في حفظ ماء التربة، ووصفت تربة الحقلين مورفولوجياً وصنفت على إنها رسوبية ذات نسجة مزيجة رملية **Sandy Loam** مصنفة تحت مجموعتين ***Typic Torrifluvents*** و ***Typic Torripsamments*** للموقعين على التوالي صممت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة **RCBD** وبأربع معاملات تشمل كل من معاملة **SWRT** (**Subsurface Water Retention Technology**)(التي تتضمن وضع أغشية بلاستيكية ذات مواصفات خاصة تحت المنطقة الجذرية للنبات) ومعاملات المادة العضوية والحراثة (معاملة السيطرة) ومن دون حراثة وأربعة مكررات للموسم الربيعي **2014** بزراعة محصول الطماطة باستخدام نظام الري بالتنقيط تحت السطحي، وحدد موعد وكمية ماء الري اعتماداً على قراءة متحسسات **Sensor** لقياس المحتوى الرطوبي الحجمي والإيصالية الكهربائية ودرجات الحرارة باستعمال متحسسات نوع **5TE** وعلى ثلاثة أعماق **0.15** و**0.30** و**0.45** م من سطح التربة، وعلى مدة زمنية تقابل ساعة واحدة بين قراءة وأخرى على طول موسم النمو، فضلاً عن قياس صفات نمو محصول الطماطة. بينت النتائج ان:

1. انخفاض كميات مياه الري المضافة لمعاملة **SWRT** مقارنةً ببقية المعاملات الأخرى ومع معاملة السيطرة بصورة خاصة وللموقعين. إذ بلغ الإنخفاض بنسبتين البالغتين **39** و**42**% لموقعي المحافظتين (ديالى والنجف)، على التوالي.
2. انخفاض كميات مياه الري المضافة لمعاملة **SWRT** مع تحسن صفات ونوعية الثمار، إذ بلغت الزيادة بنسبة الحاصل الكلي لمحصول الطماطة لموقعي المحافظتين (ديالى والنجف الاشرف) عند مقارنتها مع معاملتي السيطرة البالغتين **15.35** و**30.12**%، على التوالي.
3. انخفاض كميات مياه الري المضافة أدت إلى زيادة كفاءة استعمال المياه عند معاملة **SWRT** مقارنةُ بمعاملة السيطرة إذ بلغت **88.78**% لموقع محافظة ديالى وزيادة بنسبة **156.61**% لموقع محافظة النجف الاشرف.
4. تحسن أغلب صفات النمو الخضري للموقعين عند معاملة **SWRT** بالمقارنة مع معاملة السيطرة، من ارتفاع النبات والمساحة الورقية وعدد الأوراق والأزهار. بالإضافة إلى تحسين الصفات النوعية للثمار لكل من النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية **TSS** ومحتوى الثمار من فيتامين **C** والنسبة المئوية للحموضة وصلابة الثمار.

تم تمويل البحث من قبل **USAID** حسب رقم:**AID –OAA–A–11- 00012**، لصالح مشروع بير العراقي- **455-2**.
مستل من أطروحة دكتوراه للباحث الثالث.

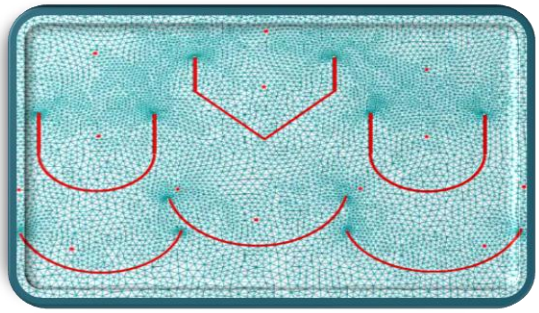
* كلية الزراعة، جامعة بغداد، بغداد، العراق.
** وزارة الموارد المائية ، بغداد، العراق.
*** جامعة ميشغان الامركية

المقدمة

تنتشر الأراضي الرملية في المناطق الجافة وشبه الجافة في أنحاء كثيرة من العالم والوطن العربي خصوصاً وتشغل الترب الرملية مساحات واسعة من العراق وفي أغلب محافظات القطر تقريباً. تمتاز الترب الرملية بانخفاض مساحتها السطحية النوعية مما يؤدي إلى انخفاض احتفاظها بالعناصر الغذائية الأمر الذي يجعل إنتاج المحاصيل في هذهِ الترب غير ذي جدوى وتتحدد قدرة إنتاجية التربة الرملية بكمية المياه المتوفرة لانها ذات نفاذية عالية. لذا يجب إن تروى هذه التربة بشكل متكرر ويتوجب إيجاد حل لهذه المشكلة، ولاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة. ولأجل جعل هذهِ الترب منتجة لابد من تحسين نوعيتها من خلال معالجة ضعف الخصائص والصفات التي ذكرت في أعلاه. جرت محاولات عديدة لاستخدام بعض الوسائل الإدارية إلا أن اغلبها ذات مستوى محدود وأثر زمني قصير (22).

اكتشف الباحثون في اثناء السنوات الـ50 الماضية، مجموعة من التقانات التي تحفظ كميات أكبر من المياه في التربة لمدد أطول من الوقت. فقد قامت جامعة ولاية مشغيان منذ عام (1960) بتحسين قابلية الترب الرملية ذات النفاذية العالية للاحتفاظ بالمياه من خلال استخدام حواجز الإسفلت (12، 13). بعدها استخدموا أغشية من البولي اثلين منحنية هندسياً CEPMS للاحتفاظ بالمياه والمواد الغذائية وللحد من مصادر التلوث للمياه الجوفية في أثناء الإنتاج الزراعي ثم اقترحت تكنولوجيا حفظ ماء التربة تحت السطحية SWRT (Subsurface Water Retention Technology) لمعالجة الترب الرملية وتخفيض العجز المائي للنبات أثناء النمو والإنتاج في اثناء مواسم الجفاف. وأثبتت هذه التكنولوجيا بتوفير المياه بنسبة من 20–80% وتقليل خسائر المغذيات وتقليل الغازات المسببة للاحتباس الحراري مع الحفاظ على التربة من التعرية وزيادة المساحات الزراعية وتحسين نوعية المياه الجوفية وتحسين خصائص الترب الرملية (14، 15، 27).

إن هذه التقنية فعالة للغاية لمضاعفة المحتوى المائي للتربة ضمن منطقة جذور النباتات، إذ تحافظ على 2.25 مليون لتر من مياه الري لكل هكتار سنوياً وهي نوع من تكنولوجيا التنظيم الذاتي(23) في ظروف التربة جميعها ويمكن هندستها للاستفادة منها في تغدق الحقول (كما في حالة التربة المشبعة المزروعة بالرز)، إذ يمكن زيادة إنتاج المحاصيل أربعة أضعاف، فضلاً عن احتفاظ هذهِ الترب بالعناصر الغذائية. يتم وضع هذه الأغشية ضمن العمق المثالي لنمو جذور النباتات وحسب نوع النبات المزروع للإستفادة القصوى من المياه والمواد الغذائية وتعزيز نمو النبات، ووجد إن هذه الأغشية قللت من مياه الري التكميلي المستخدمة في الري بنسبة 40% مع زيادة في كفاءة استخدام المياه. يتم تخفيض مايقارب من 70–80% من مجموع الإستهلاك العالمي للمياه العذبة لإنتاج الغذاء مع توفير ما يصل إلى 50% من المياه والأسمدة المستخدمة والمغذيات (27). وتوضع الأغشية باشكال هندسية مختلفة كما موضحة في شكل 1 أما على شكل حرف U أو مقعرة أو شكل مكافيء أو منحني الأضلاع أو على شكل حرف V أو مربع (15)./



شكل 1: تركيب أغشية لحفظ الماء تحت المنطقة الجذرية SWRT

ومع استخدام نظام الري بالتنقيط تحت السطحي **Subsurface Drip Irrigation** على وفق عمق محدد مسبقاً بحيث يوفر عدم تأثير الخاصية الشعرية في إيصال الماء إلى سطح التربة وبذلك سيكون التبخر من السطح في حدوده الدنيا (معدوم تقريباً). وبذلك يستخدم الماء المخزون بالمنطقة الجذرية من قبل النبات فقط، مما يؤدي إلى تقنيين لمياه الري بمقدار النصف الأمر الذي يؤدي إلى زيادة مساحة الرقعة الزراعية المنتجة بمقدار الضعف في المشاريع الزراعية الاروائية (**27**).

وتتطلب دراسة الأنظمة الطبيعية كنظام التربة ماء نبات دراسة التغييرات المكانية والزمانية بشكل مستمر لأنها صفات ديناميكية (حركية متغيرة) وليست ستاتيكية (ثابتة) وهذا يتطلب توفير شبكة من المتحسسات تقوم بتحويل التغييرات الفيزيائية والكيميائية إلى بيانات يمكن قياسها والتعامل معها ومن هذهِ المتغيرات هي التغيير في المحتوى الرطوبي والايصالية الكهربائية ودرجة حرارة التربة لغرض تحديد جدولة الري وتطور الملوحة في العمق. إذ تستخدم متحسسات نوع **5TE** لتحديد تغييرات الايصالية الكهربائية من خلال تمرير تيار كهربائي متناوب إلى قطبين وقياس المقاومة بينهما ويتم إشتقاق الايصالية الكهربائية من ضرب معكوس المقاومة (الإيصالية) بثابت الخلية (النسبة بين المسافة مابين القطبين إلى مساحتها). فضلاً عن الأجهزة المرافقة الأخرى كمسجل البيانات **Data Logger** وبرامج **SoftWare** وكيبل **USB** الخاص بالأجهزة على وفق **Decagon Devices**(**10**).

المواد وطرائق البحث

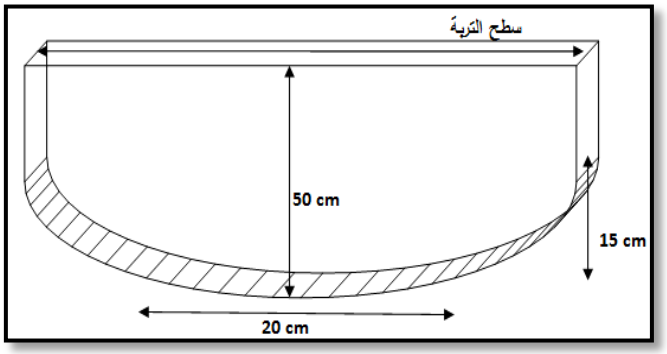
أجريت تجربة حقلية في اثناء الموسم الربيعي لعام **2014** في موقعين مختلفين الأول في محافظة النجف/ محطة نخيل النجف النسيجية التابعة لوزارة الزراعة، والثاني في محافظة ديالى/ ناحية جديدة الشط في تربة مزيجة رملية **Sandy Loam** ومصنفة ضمن تحت المجموعة ***Typic Torripsamments*** لموقع محافظة النجف و ***Typic Torrifluvents*** لموقع محافظة ديالى وحسب نظام التصنيف العالمي**Soil Taxonomy** (**34**). أخذت عينات عشوائية من الموقعين ولثلاثة أعماق **0-0.3** و**0.3-0.6** و**0.6–0.9** م، جففت هوائياً ثم طحنت ومررت من منخل قطر فتحاته **2** مم. استعملت هذهِ العينات لتقدير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقعين قبل الزراعة (**8**) **Black** و**Jackson** (**20**)، وكما مبينة في جدول**1**.

هيئت تربة الحقل من خلال إجراء الحراثة والتنعيم والتسوية الأولية على وفق المعاملات المحددة، وقسم الحقل إلى مصاطب بأبعاد **0.9** م**x 14** م. صممت التجربة على وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة **RCBD** وبأربعة مكررات تضمنت كل من تربة محروثة (معاملة السيطرة) وتربة غير محروثة وتربة محروثة مع استعمال نظام **SWRT** وتربة محروثة ومضاف إليها مادة عضوية لعمق **0.35** م (التوصية السمادية **71** م^{3}هكتار$^{-1}$). حللت البيانات باستعمال برنامج **Genstat Discovery Edition 4** (**2012**)، واختير أقل فرقاُ معنوياً على مستوى **0.05** للمقارنة بين المتوسطات الحسابية للمعاملات على وفق كل من الراوي وخلف الله (**2**).

طبق نظام **SWRT** من خلال وضع أغشية بلاستيكية **Membranes** ذات مواصفات خاصة أسفل منطقة نمو المجموع الجذري للنبات باستخدام أسلوب هندسي ذو شكل منحني، باستخدام شرائح من البولي اثلين ذات عرض **0.50** م وذات عمر افتراضي من **20-30** سنة. تم وضع هذهِ الشرائح بعمق **0.50** م من المنتصف وبعمق جانبي مقدره **0.10** م إي بانحناء جانبي قدرة **3**:**1** (نسبة العمق إلى العرض) على وفق **Smucker** وجماعته (**27**، **28**) كما موضحة في الشكل **2** زرعت شتلات الطماطة صنف **Dafnis**، في خطوط المسافة بين خط وآخر **0.50** م والمسافة بين نبات وآخر **0.40**.

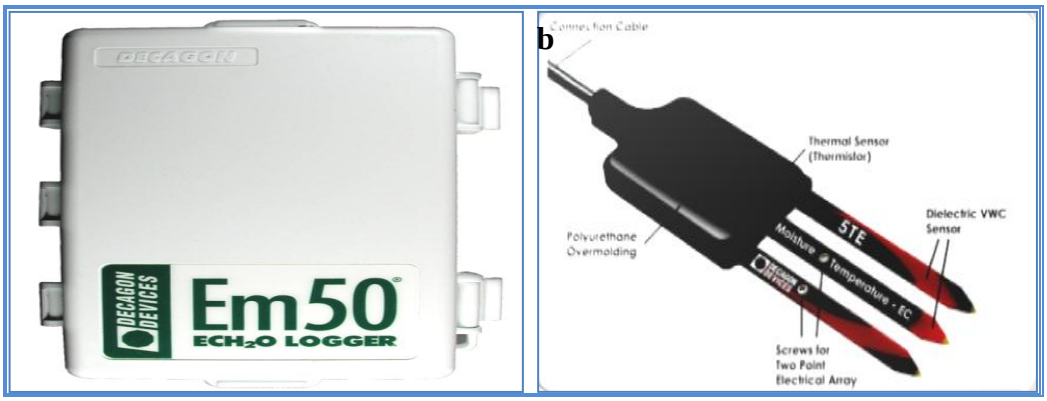
جدول 1: بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

الخاصية	الوحدة	موقع محافظة ديالى			موقع محافظة النجف		
		الصفا ت الكيميائية					
		0.3–0 م	0.6–0.3 م	0.9–0.6 م	0.3–0 م	0.6–0.3 م	0.9–0.6 م
pH		7.53	7.17	7.32	7.61	7.40	7.36
EC	ديسيسيمنز م$^{-1}$	0.84	1.47	1.14	3.14	2.42	2.46
الكالسيوم	ملیمول شحنة لتر$^{-1}$	4.18	5.27	4.68	459	470	499
المغنيسيوم		1.23	4.25	4.01	352	186	201
الصوديوم		5.14	6.65	6.22	754	722	748
البوتاسيوم		0.03	0.04	0.07	6.3	19	20
الكلورايد		5.10	5.98	6.80	876	501	453
نايتروجين		0.08	0.07	0.05	20	9.1	8.5
فسفور		0.01	0.01	0.01	0.85	0.54	0.67
المادة العضوية	غم كغم$^{-1}$	8.21	7.1	6.0	11.9	9.6	8.3
الجبس		0.85	0.71	0.62	2.5	2.22	2.50
معادن الكاربونات		120	134	118	210	216	220
الرمل	غم كغم$^{-1}$	744.45	598.77	585.05	686.01	746.20	786.32
الغرين		131.33	252.26	233.83	240.32	228.14	189.09
الطين		124.22	148.97	181.12	73.67	25.66	24.59
صنف النسجة		Sandy Loam			Sandy Loam		Loam Sand
الكثافة الظاهرية	ميكاغرام م$^{-3}$	1.48			1.59		
الكثافة الحقيقية		2.61			2.71		
المسامية الكلية	----	0.44			0.41		
الارتفاع الشعري	سم	69.25			60.05		
السعة الحقلية	سم^3 سم$^{-3}$	0.20			0.29		
نقطة الذبول الدائم		0.04			0.10		



شكل 2. طريقة نصب الأغشية البلاستيكية في معاملة SWRT.

تمت زراعة المتحسسات (شكل 3) المصنعة من قبل شركة **Decagon Devices** الأمريكية، مع مسجل البيانات **Data-logger EM50**، ذات ذاكرة خزن عالية للبيانات تبلغ سعتها **1MB** لخزن **36000** قراءة. هذهِ المتحسسات خاصة لاستشعار التغييرات الحاصلة في كل من درجة الحرارة والإيصالية الكهربائية والمحتوى الرطوبي الحجمي في التربة. وزعت المتحسسات على أعماق هي **0.15** و**0.30** و**0.45** م من سطح التربة.



شكل **3**. المتحسسات من نوع **5TE** (**a**) ومسجل البيانات **Data logger** من نوع **Em50** (**b**).

اختيرت خمس نباتات بصورة عشوائية من كل وحدة تجريبية وللمكررات جميعها لمحصول الطماطة وشملت القياسات التالية:

1. إرتفاع النبات (م): قيس ارتفاع النباتات باستعمال شريط القياس المتري من منطقة اتصال الساق بالتربة إلى أعلى قمة نامية للنبات ثم حسب المتوسط لها.
2. عدد الأوراق: حسب عدد الأوراق لكل نبات ثم حسب المتوسط لها.
3. المساحة الورقية (م^2): احتسبت المساحة الورقية باستخدام برنامج **Soft Ware** هو **Digimizer Program** الخاص بمعالجة الصور**Image Analysis** وحساب المساحة الورقية بالكامل.
4. دليل المساحة الورقية: تم حساب المساحة الورقية بتطبيق المعادلة التالية (**18**):

$$\text{دليل المساحة الورقية} = \frac{\text{المساحة الورقية}(\text{م}^2)}{\text{المساحة التي يشغلها النبات من الارض}(\text{م}^2)} \quad \dots\dots\dots\dots (1)$$

مؤشرات الحاصل

1. عدد الأزهار: تم حسابها على أساس عدد الأزهار العاقدة للنباتات نفسها التي حسب فيها عدد الأزهار الكلي بالمعادلة التالية:

$$\text{عددالازهار} = \frac{\text{عدد الأزهار العاقدة}}{\text{عدد الازهار الكلي}} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

2. الحاصل الكلي (كغم هكتار$^{-1}$): حسب الحاصل الكلي للوحدة التجريبية من بدء الجني وبواقع **6** جنيات لموقع محافظة النجف و**9** جنيات لموقع محافظة ديالى، وحسب الحاصل التراكمي بالمعادلة التالية:

$$\text{الحاصل الكلي}(\text{Kg ha}^{-1}) = \frac{\text{حاصل الوحدة التجريبية}(\text{كغم}) \times \text{مساحة الهكتار}(10000\ \text{m}^2)}{\text{مساحة الوحدة التجريبية}(12.6\ \text{m}^2)} \quad \dots\dots (3)$$

مؤشرات نوعية الثمار

أخذت عينات من الثمار عند النضج من كل وحدة تجريبية وغسلت جيداً بالماء المقطر وقطعت إلى شرائح رقيقة وجففت هوائياً ثم جففت بالفرن الكهربائي على درجة حرارة 65 °م، وشملت القياسات التالية:

1. نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (%): قدرت بجهاز Hand Refract meter (3).
2. محتوى الثمار من فيتامين C (ملغم 100 غم نبات$^{-1}$): سحح حجم معين من عصير الثمار مع صبغة 2-6, Dichlorophenol indophenols على وفق الطريقة الموصوفة في (1980) .A. O. A. C.
3. مقدار الحموضة الكلية (%): قدرت على وفق ما جاء في A. O. A. C. (1980).
4. صلابة الثمار: تم قياسها بجهاز قياس صلابة الثمار ذو غاطس قطره 1 سم باستخدام Fruit Pressure Tester على وفق Abbott (5)

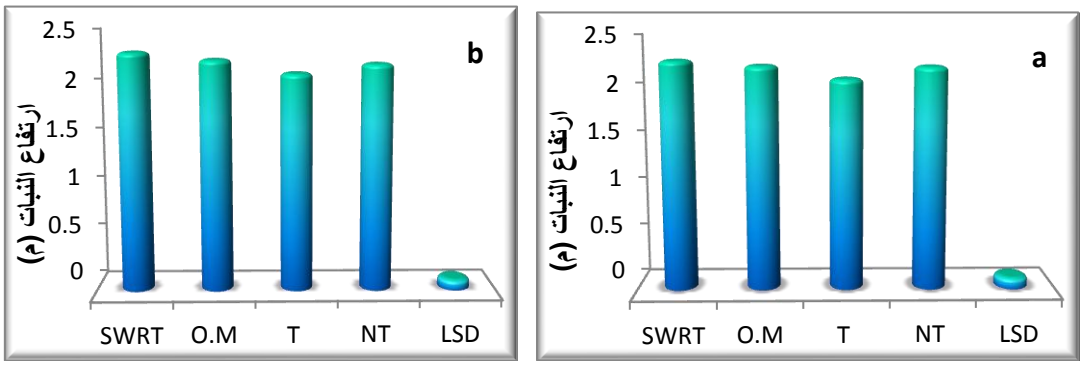
كفاءة إستعمال المياه: حسبت كفاءة استعمال المياه (*WUE*) Water Use Efficiency حسب Demir (11).

$$\text{كفاءة استعمال المياه } \left(\text{كغم م}^{-3}\right) = \frac{\text{الحاصل الكلي (كغم)}}{\text{كمية الماء المضاف (م}^3\text{)}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

النتائج والمناقشة

ارتفاع النبات

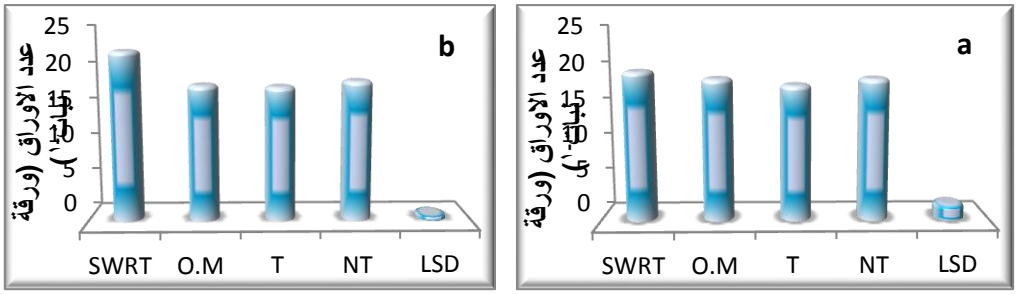
يبين شكل 4 a وb ارتفاع محصول الطماطة وللموقعين للمحافظتين (ديالى والنجف)، على التوالي. ففي موقع محافظة ديالى تبين النتائج تفوق معاملة SWRT معنوياً عن معاملة الحراثة فقط. إما في موقع محافظة النجف فتفوقت معاملة SWRT معنوياً عن معاملتي الحراثة ومن دون حراثة، وبلغ أعلى ارتفاعاً لنبات الطماطة عند معاملة SWRT وللموقعين.



شكل 4. ارتفاع النبات لمحصول الطماطة (a موقع محافظة ديالى وb محافظة النجف).

عدد الاوراق

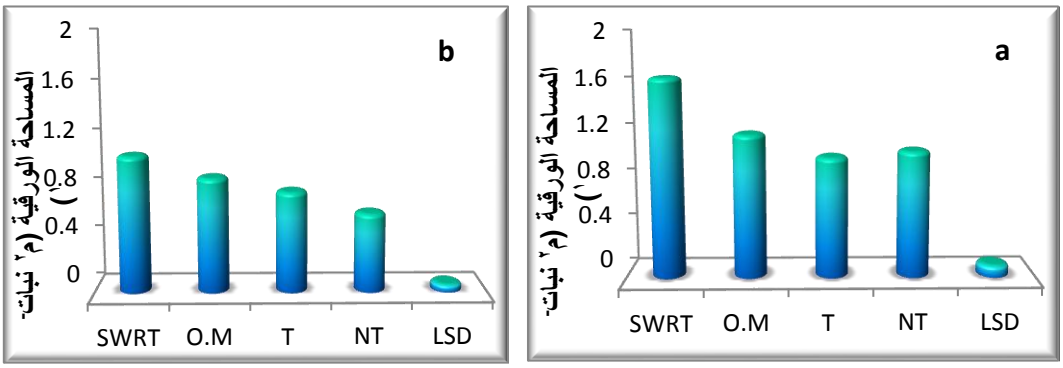
يبين شكل 5 a وb عدد الأوراق للنبات في اثناء موسم النمو لمحصول الطماطة وللموقعين للمحافظتين (ديالى والنجف)، على التوالي. فيتضح عدم وجود إي فرق معنوي بين المعاملات في موقع محافظة ديالى. إما في موقع محافظة النجف فقد تفوقت معاملة SWRT معنوياً عن بقية المعاملات، وبلغ أعلى عدد للأوراق عند معاملة SWRT وللموقعين.



شكل 5. عدد الأوراق لمحصول الطماطة (a موقع محافظة ديالى وb محافظة النجف).

المساحة الورقية

يتضح من شكل 6 a وb المساحة الورقية للنبات لمحصول الطماطة وللموقعين للمحافظتين ديالى والنجف، على التوالي. فنلاحظ تفوق معاملة SWRT معنوياً عن بقية المعاملات الأخرى، وأعطت أعلى قيماً للمساحة الورقية وزيادة بنسبة 65 و35% عن معاملة الحراثة.



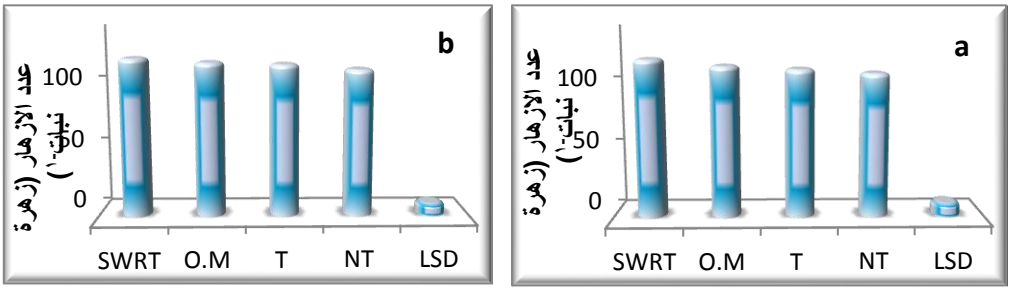
شكل 6. المساحة الورقية لمحصول المطاطة (a موقع محافظة ديالى و bمحافظة النجف).

يتبين من نتائج أشكال 4 و5 و6 إن معاملة SWRT قد تفوقت معنوياً فيما يخص أغلب لأغلب صفات النمو الخضري للنبات المزروع في اثناء الموسمين، فقد أعطت أعلى طول لنبات الطماطة نتيجة قابلية النظام لحجز المياه مع استخدام نظام الري بالتنقيط تحت السطحي والذي يتميز بانه أفضل من طرق الري الأخرى والذي أدى إلى توفير مياه الري من خلال خلق توازن رطوبي جيد في عمق المنطقة الجذرية فضلاً عن إن عملية التسميد تمت بواسطة مياه الري التي لها أثار ايجابية على المحصول مما شجع في زيادة طول النبات (29) كما عملت أغشية نظام SWRT على الاحتفاظ بمزيد من كميات النايتروجين والبوتاسيوم المضافة بواسطة التسميد داخل منطقة الجذور للنبات وتسريع النمو بشكل كبير (27).

كما أدت إضافة الأسمدة العضوية إلى زيادة توفر العناصر الغذائية الأساس للنمو في التربة مما يؤدي إلى نمو جيد للمجموع الجذري ومن ثم زيادة حجم المجموع الخضري والمساحة الورقية للنبات (4). كما نلاحظ إن نظام الحراثة عمل على توفير بزل جيد في التربة مما ساعد في تفسير بعض الاختلافات في نمو النباتات تحت نظام الحراثة.

عدد الأزهار

يبين شكل 7 a وb عدداً الأزهار لكل نبات خلال موسم النمو. ونلاحظ تفوق معاملة SWRT معنوياً عن معاملة من دون حراثة فقط مع عدم وجد فرق معنوي بين معاملة SWRT وبقية المعاملات الأخرى. إما في النجف فنلاحظ عدم وجود فرق معنوي بين المعاملات، وأعطت أعلى عدد للأزهار عند معاملة SWRT وللموقعين.

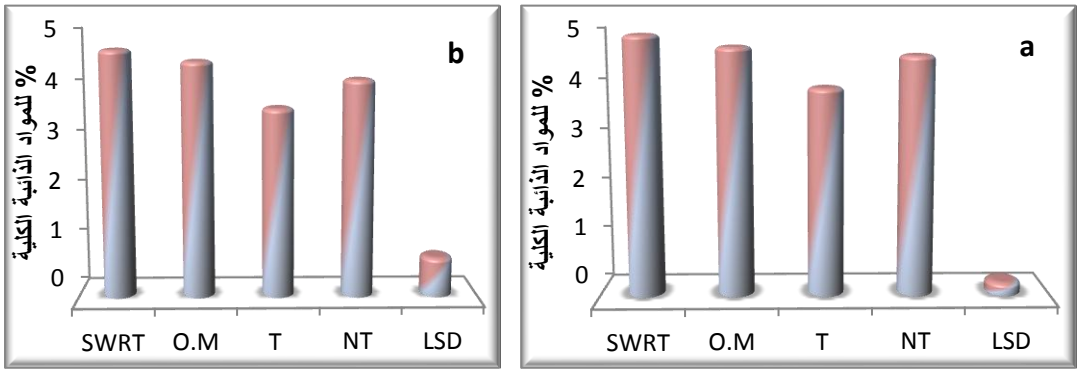


شكل 7: عدد الأزهار لمحصول الطماطة (a موقع محافظة ديالى وb محافظةالنجف).

صفات الثمار

النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية T.S.S

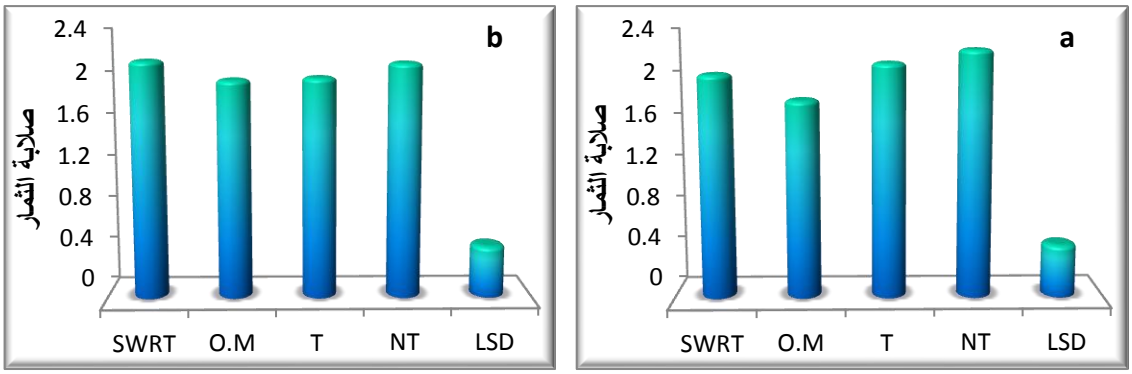
يبين شكل 8 a وb مقدار النسبة المئوية للمواد الذائبة الكلية لمحصول الطماطة لموقعي المحافظتين (ديالى والنجف)، على الترتيب. إذ يتضح من خلال الشكل تفوق معاملة SWRT معنوياً على الرغم من عدم وجود فرق معنوي بينها وبين معاملة المادة العضوية في نسبة المواد الصلبة. أما في موقع محافظة النجف فنلاحظ تفوق كل من المعاملات SWRT والمادة العضوية معنوياً على معاملة الحراثة فقط، وقد كانت أعلى نسبة للمواد الصلبة الذائبة الكلية عند معاملة SWRT وللموقعين.



شكل 8: النسبة المئوية للمواد الذائبة الكلية لمحصول الطماطة للموقعين محافظة ديالى (a) ومحافظةالنجف (b).

صلابة الثمار

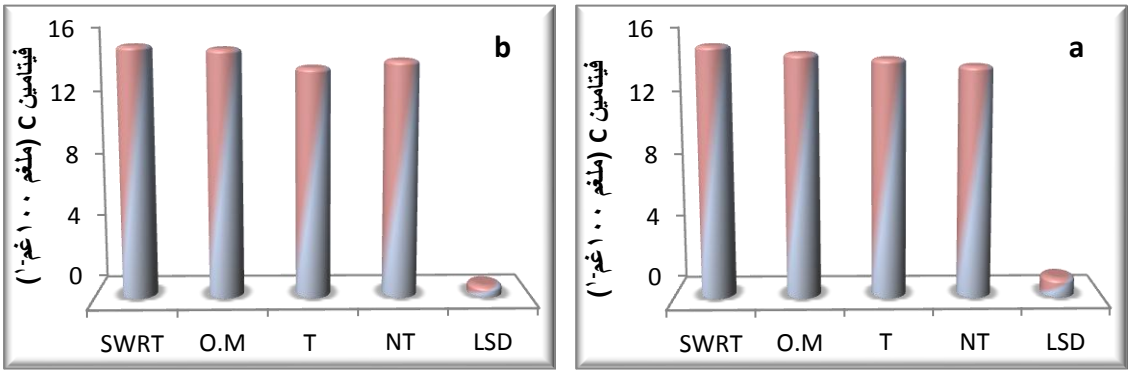
يبين شكل 9 a وb صلابة ثمار الطماطة في اثناء الموسم ولموقعي المحافظتين (ديالى والنجف) ، على التوالي. إذ يتبين من خلال الشكل عدم وجود أي فرق معنوي بين المعاملات وعند الموقعين. وقد أعطت أعلى قيمة لصلابة الثمار عند المعاملة من دون حراثة في موقع محافظة ديالى، إما في موقع النجف فقد كانت أعلى قيمة عند معاملة SWRT.



شكل 9. صلابة الثمار لمحصول الطماطة (a موقع محافظة ديالى وb محافظة النجف).

محتوى الثمار من فيتامين C

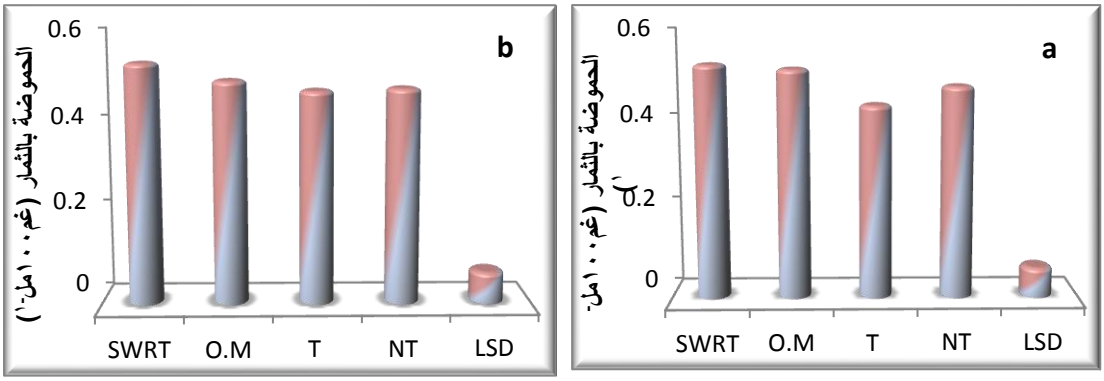
يبين شكل 10 a وb محتوى الثمار لمحصول الطماطة لفيتامين C ولموقعي المحافظتين (ديالى والنجف)، على التواليس. ففي الموسم الأول يلاحظ وجود فرق معنوي بين معاملتي SWRT والحراثة، وفي موقع النجف فقد أظهرت النتائج تفوق معاملتي SWRT والمادة العضوية معنوياً وأعطت أعلى قيمة لفيتامين C عند معاملة SWRT وللموقعين.



شكل 10. محتوى الثمار من فيتامين C لمحصولي الطماطة (a موقع ديالى وb النجف).

الحموضة في الثمار (pH)

يبين شكل 11 a وb الحموضة في الثمار لمحصول الطماطة في موقعي المحافظتين (ديالى والنجف)، على التوالي. إذ يتضح من خلال الشكل تفوق معاملة SWRT معنوياً عن معاملة الحراثة فقط وعدم وجود فرق معنوي بينها وبين معاملة المادة العضوية ومعاملة من دون حراثة. إما في موقع محافظة النجف إذ تبين عدم وجود فرق معنوي بين معاملة SWRT وبقية المعاملات. وأعطت أعلى قيمة للحموضة في الثمار عند معاملة SWRT وللموقعين.



شكل **11**. النسبة المئوية للحموضة في الثمار لمحصولي الطماطة (**a** موقع محافظة ديالى و**b** محافظة النجف).

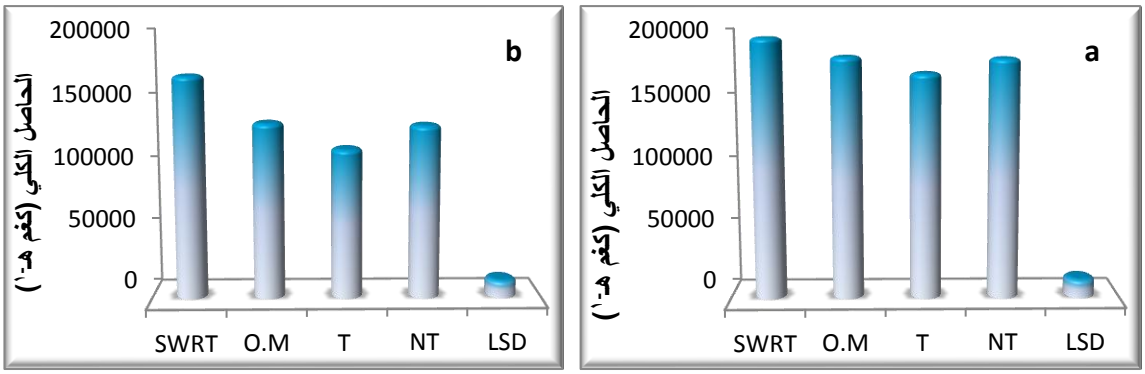
تبين النتائج في أشكال **8** و**9** و**10** و**11** إن معاملة **SWRT** قد تفوقت معنوياً بالصفات النوعية للثمار لمحصول الطماطة، فنلاحظ أنها قد أعطت أعلى قيماً للنسبة المئوية للمواد الذائبة الكلية، إذ تشمل آلـ **TSS** بشكل أساس على السكريات والأحماض العضوية، ويعتمد طعم الطماطة على هذا المحتوى، فقد وجد أنَّ لحجم الثمرة تأثيراً واضحاً على**TSS**، وان الـ **TSS** تزداد مع تقدم مراحل النضج لاسيما عند ظهور اللون الأصفر (**36**). وتعد المواد الصلبة الذائبة الكلية إحدى الدلائل الجيدة لقطف الثمار في الموعد المناسب (**1**). وقد ذكر **Chiesa** وجماعته (**9**) إن زيادة النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية **TSS** ونسبة المادة الجافة تزداد مع زيادة مستوى البوتاسيوم في ثمار الطماطة، أما الحموضة فقد لاحظوا إنها تزداد مع زيادة نضج الثمار.

أما تأثير الأسمدة العضوية في الصفات النوعية للثمار، فيلاحظ إن الأسمدة العضوية المستعملة في التجربة وباختلاف مصادرها ومستوياتها قد أدت إلى تحسين الصفات النوعية لثمار الطماطة المتمثلة بزيادة المواد الصلبة الذائبة الكلية **TSS** وزيادة محتوى الثمار من فيتامين **C**، ويعزى سبب ذلك إلى عمل الأسمدة العضوية في زيادة جاهزية العناصر الغذائية في التربة ومن ثم امتصاصها من قبل النبات والتي تؤدي إلى قوة النمو الخضري والثمار مما يؤدي إلى تحسين نوعية الثمار المذكورة آنفاً (**17**). وإن محتوى عصير الثمار من فيتامين **C** يختلف بشكل معنوي بالاعتماد على مستوى النضج لأن الثمار مع ازدياد نضجها يزداد تشكيلها للمواد المغذية بسبب زيادة المجموع الخضري وزيادة عملية التمثيل الضوئي. وان تفوق معاملة **SWRT** معنوياً نتيجة لزيادة المحتوى الرطوبي في التربة حيث أكد **Sanders** (**25**) أن الرقم الهيدروجيني **pH** للثمار يزداد مع زيادة معدلات المحتويات الرطوبية، كما أكد **Machado** وجماعته (**21**). أن الرقم الهيدروجيني للثمار لا يتأثر بمعدل الري وإن نظام ومستوى الري يؤثر في وزن الثمار، ودرجة الحموضة ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية **TSS**، وصلابة ثمرة محصول الطماطة وصفة الرقم الهيدروجيني.

الحاصل ومكوناته

الحاصل الكلي

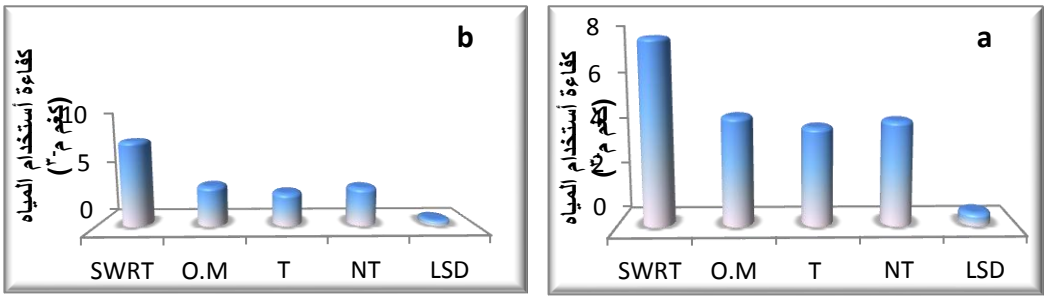
يبين الشكل **12 a** و**b** الحاصل الكلي لمحصول الطماطة عند موقعي المحافظتين (ديالى والنجف)، على التوالي. إذ يتضح من خلال النتائج تفوق معاملة **SWRT** معنوياً عن بقية المعاملات مع عدم وجود فرق معنوي بينها وبين معاملة المادة العضوية في موقع محافظة ديالى، إما في موقع محافظة النجف فنلاحظ تفوق معاملة **SWRT** معنوياً عن جميع المعاملات الأخرى جعميها وقد أعطت أعلى حاصلاً كلياً للمحصول وللموقعين ويعود السبب الى تحسن مواصفات النمو الخضري للمحصول والصفات النوعية للثمار.



شكل 12. الحاصل الكلي لمحصول الطماطة (a موقع محافظة ديالى وb محافظة النجف).

كفاءة استعمال المياه

يبين الشكل 13 a وb كفاءة استعمال المياه لمحصول الطماطة ولموقعي المحافظتين ديالى والنجف، على التوالي. إذ يتبين من خلال الشكل تفوق معاملة SWRT معنوياً بكفاءة استعمال المياه وللموقعين. وأعطت أعلى القيم لكفاءة استعمال المياه عند معاملة SWRT وللموقعين.



شكل 13. كفاءة استعمال المياه لمحصول الطماطة (a موقع محافظة ديالى وb محافظة النجف).

تبين النتائج في الشكلين 12 و13 إن معاملة SWRT قد تفوقت معنوياً بمكونات الحاصل لمحصول الطماطة، فنلاحظ أنها أعطت أعلى القيم بسبب التجهيز المتزن بالعناصر الغذائية والمحتويات الرطوبية خلال التربة تعمل على إعطاء نشاط وحيوية للنبات مما يدفعه إلى تحقيق أفضل إنتاج فكانت هناك زيادة في عدد الثمار مما أدى إلى زيادة في حاصل. وان التباين في نسب زيادة الحاصل الكلي فيما بين المعاملات يعود إلى الإختلاف في كمية المياه والعناصر الغذائية المضافة وهذا يتفق مع كل من Smucker وBass (28)، كما يعمل نظام SWRT على التجهيز المستمر بالعناصر الغذائية إلى مراحل متأخرة من النمو، وان التجهيز المستمر بالعناصر إلى مراحل متأخرة من النمو مما زاد من قوة النمو الخضري وتمثيل العناصر ثم زيادة الحاصل.

كما إن الري بالتنقيط تحت السطحي يزيد من كفاءة استعمال المياه مقارنة مع الري بالتنقيط السطحي (21). إذ أدى استخدام الري بالتنقيط تحت السطحي مع إضافة المواد المغذية والأسمدة مع مياه الري مباشرة الى المحاصيل عند مستوى منطقة الجذر، إلى زيادة المحصول وزيادة كفاءة استعمال المياه WUE وتوفير المياه من خلال خلق توزيع رطوبي جيد في عمق منطقة الجذور وزيادة الإنتاج (7، 24).

كما عملت أجهزة استشعار رطوبة التربة إلى التقليل عدد مرات الري التي لا لزوم لها، وان استخدام الري على أساس الاستشعار برطوبة التربة تهدف لتحقيق أقصى قدراً من الكفاءة باستعمال المياه من خلال الحفاظ على

رطوبة التربة بالمستويات المثلى. مما يزيد من إنتاجية المياه عند زراعة الخضروات ويزيد الإنتاج لكل متر مربع، وكذلك تقلل كثيراً من فواقد الري، الأمر الذي سيوفر ملايين الأمتار المكعبة من المياه سنوياً (19).

المصادر

1- إبراهيم، عاطف محمد (1996). الفاكهة المتساقطة الأوراق زراعتها رعايتها وإنتاجها. منشأة المعارف بالإسكندرية، كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية.

2- الراوي، خاشع محمود وعبد العزيز محمد خلف الله (1980). تصميم وتحليل التجارب الزراعية، مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، كلية الزراعة، جامعة الموصل.

3- العاني، عبد الإله مخلف (1985). فسلجة الحاصلات البستانية بعد الحصاد. الجزء الأول والثاني. مطبعة جامعة الموصل. العراق.

4- بوعيسى، عبد العزيز حسن وغياث احمد علوش (2006). خصوبة التربة وتغذية النبات. كلية الزراعة. منشورات جامعة تشرين. اللاذقية. سوريا.

5- **Abbott, J.A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. Postharv. Biol. Technol. 15:207-225.**

6- **A.O.A.C. (1980). Official Methods of Analysis of the Assoc iation of Official Analytical Chemists. USA.**

7- **Ayars, J.E.; C.J. Phene; R.B. Hutmacher; K.R. Davis; R.A. Shchoneman; S.S. Vail and R.M. Mead (1999). Sub surface drip irrigation of row crops; are view of 15 years of research at the water management research laboratory, agric. Water mgmt. 42; 1-27.**

8- **Black, C.A. (1965). Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron. Inc. Publisher , Madison, Wis. U.S.A.**

9- **Chiesa, A.; S. Maccia; B.D. Frezza and S. Filippini (1998). Influence of potassic fertilization on the post harvest quality of tomato friuts. Ceska Zemdalska Univ., Prague– suchdol (Czech Republic). Inst. Tropickeho a Subtropickeho Zeme- delstvi. Agri. Tropica et Subtropica. Prague (Czech Republic). (UZLKD 67. 309131) V.31:71 – 81. (Abs).**

10- **Decagon Devices Inc. (2013). Electrical Conductivity of Soil as a Predictor of Plant Response. Application note. 800- 755- 2751. www. decagon.com.**

11- **Demir, A. O.; A.T. Goksoy; H. Buyukcangaz; Z.M. Turan and E.S. Koksal. (2006). Deficit irrigation of sunflower (Helianthus annuus L.) in a sub-humid climate. Irrig. Sci. 26: 147- 159.**

12- **Erickson, A.E. (1969). "Subsurface asphalt barriers for the improvement of sugarcane production and the conservation of water on sand soil", Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists; 13th Congress, Taiwan, 1968-1969 pp. 787-791.**

13- **Erickson, A.E.; J.M. Tiedje; B.G. Ellis and C.M. Hansen (1971). A barriered landscape water renovation system for removing phosphate and nitrogen from liquid feedlot waste. In Proceedings of International Livestock Waste Conference, Columbus, Ohio. American Society of Agricultural Engineers.**

14- Ethan S. and A. Umar (2001). Water conservation and management in semi-arid and arid lands for sustainable agriculture. J Sustainable Agric 18(1):99–108.
15- Garrity, D.P.; C. Vejpas and W.T. Herrera (1992). Soil and Water Engineering for Paddy Field Management. International Rice Research Institute Annual Report, 413-421.
16- Guber, A.K.; A.J.M. Smucker; S. Berhanu and J.M.L. Miller (2015a). Subsurface water retention technology improves root zone water storage for corn production on coarsetextured soils. DOI: 10.2136/vzj2014.11.0166. Vadose Zone Journal 14.
17- Hamman, R.A.; E. Dami; T.M. Waish and C. Stushnoff (1996). Seasonal Carbohydrate Changes and gold hardness of chardo- nnay and Riesling grapevines. Amer. J. Enol. Vitic. 47(1):43-48.
18- Hunt, R. (1982). Plant growth curves: the functional approach to Plant growth analysis. London, Edward Arnold. Pp: 248.
19- International Telecommunication Union. (2015). All rights reserved- Privacy Policy- Reprints & Permissions- Site Map. www.wsis.org/stocktaking.
20- Jackson, M.L. (1958). Soil chemical analysis. Prentice–hall Inc. Englewood cliff, N.J.
21- Machado R.M.A.; M. Rosario; G. Oliveira and C.A.M. Portas (2003). Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. Plant and Soil 255: 333-341.
22- Millennium Village Goals. (2009). http://www.unmillenniumproject. org/goals/index .htm.
23- Miller S. A. and A. J. M. Smucker (2015). A new soil water retention technology for irrigated highly permeable soils. An ASABE Meeting Presentation. Paper Number: 152147252. Written for presentation at the Emerging Technologies for Sustainable Irrigation. A joint ASABE / IA Irrigation Symposium. Long Beach, California. 1. November 10 – 12, 2015.
24- Phene, C. J.; K. R. Davis; R. I. McCormick; A. Pincot and D.W. Meek. (1987). Evapotranspiration and irrigation scheduling of drip irrigated cantaloupes paper, American Society of Agricultural Engineers No. 87, 2526, 13pp
25- Sanders D.C.; T.A. Howell; M.M.S. Hile; L. Hodges; D. Meek and C.J. Phene (1989). Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. J Am Soc Hort Sci 114: 904-908.
26- Scholberg, J. M. S. and S. J. Locascio (1999). Growth response of snap bean and tomato as affected by salinity and irrigation method. HortScience, a publication of the American Society for Horticultural Society for Horticultural Science. 34, no. 2 p: 259-264.
27- Smucker A.J.M.; B. Basso; A. Guber; Y. Kavdir and Z. Yang (2015). New Technology Retains Soil Water and Nutrients in Plant Root Zone and Doubles Plant Production. For more installation information visit Poster No. 60. http://msutoday.msu.edu/news/2013/revolutionary-technology-aids-thirsty-crops-during-drought/.

28- Smucker, A.J.M. and B. Basso (2014). Global potential for a new subsurface water retention technology- converting marginal soil into sustainable plant production. In The Soil Underfoot: Infinite Possibilities for a Finite Resource, G.J. Churchman, ed., 315–324. Boca Raton, FL: CRC Press.

29- Smucker A.J.M.; Y. Kavdir and W. Zhang (2014). Root zone soil water retention technology: a historic review and modern potential. Soil Science Society of America Journal (in review).

30- Smucker A.J.M.; B. Basso; A. Guber; Y. Kavdir and Z. Yang (2013). New Technology Retains Soil Water and Nutrients in Plant Root Zone and Doubles Plant Production. http://msutoday.msu.edu/ news/2013/revolutionary-technology aids-thirsty-crops-during-drought/

31- Smucker, A. (2013). Subsurface Water Retention Technologies (SWRT) Converts Marginal Sandy and Other Excessively Permeable Soils into Highly Sustainable Food and Fiber Production Systems while Improving Soil Fertility, Carbon Sequestration, Numerous Ecosystem Services and Biodegradation of Toxins Resulting in Sustainable Economic Growth and Environmental Protection. https://www.researchgate.net.

32- Smucker A.; B. Basso and M. Ngouajio (2012). Cellulosic Biomass Can Be Produced with Less Water and Lower Nutrient Leaching on Highly Permeable Marginal Soils. Catching and saving each Drop of Water Where it falls. Michigan Initiative for Innovation and Entrepreneurship MSU Patent Pending. P 1-4.

33- Smucker, A.J.M.; W. Wang; A.N. Kravchenko and W.A. Dick (2010). Forms and Functions of Meso and Micro-niches for Carbon within Soil Aggregates. Journal of Nematology. 42:84 86.

34- Soil taxonomy, Abasic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Second edition (1999).

35- Wang, H.; X. Sheng and D.-H. Xu. (2000). Effect of the film-bottomed sandy land on the soil temperature. Journal of Gansu Agricultural University 35:157-161 (in Chinese with English abstract).

36- Winsor, G.; D. Wall and D. M. Massey (1962). Composition of tomato fruit. III, Juices from whole fruit and I, oodles at different stages of ripeness. J. Sci. Food. Agric.13:108-115.

MORPHOLOGY, QUALITY AND WATER USE EFFICIENCY FOR TOMATO USING SUBSURFACE WATER RETENTION TECHNOLOGY (SWRT)*

A.S. Ati* **M.I. Aoda***
S.S. Al-Rawi** **A.J. M. Smucker*****

ABSTRACT

A study was carried out to assess the impact of using SWRT on irrigation water use efficiency IWUE and yields of Tomato. Experiments were carried out at two different locations, the first was in Najaf province and the second in Diyala province /Iraq 2014 during spring season in sandy soil classified as *Typic Torriflovent* and *Typic Torripsamments*. The experiments included four treatments: WRT, organic matter, tillage and no–tillage farming and the design was randomized complete blocked design RCBD with four replications. Irrigation scheduling was performed according to soil moisture content as 35% of available water was depleted then irrigation water was added from subsurface drip system to bring soil moisture content back to field capacity. Soil sensors 5TE from the Decagon Devices, USA were used to measure volumetric water content. The results showed that

1. **The use of SWRT technology leads to save 39% and 42% of the amount of irrigation water added to the tomato crop compared to the tillage treatments (control) for Diyala and Najaf location, respectively.**
2. **Increasing the productivity of the agricultural unit in SWRT with improved quality of fruits, the increase percentage of tomato 15.35% and 30.12% compared to the tillage treatments, for Diyala and Najaf location, respectively.**
3. **The decrease of amounts irrigation water added, leads to increase water use efficiency in SWRT 88.78%and 156.61% compared with control treatment for Diyala and Najaf location, respectively.**
4. **Improved most vegetative growth characteristics of the two sites in SWRT treated compared with the control treatment: plant height, leaf area, number of leaves and flowering. In addition to improving the quality characteristics of fruits: percentage of total soluble solids TSS and the content fruits of vitamin C, the percentage of acidity and hardness of fruits**

National Academies of Sciences-USAID Sponsor Grant Award Number: AID-OAA-A-11-00012, PEER Iraq Project 2-455.
Part of PhD theses of the third author.

* **College of Agriculture/ Baghdad University**
** **Center studies and Engineering designs-Ministry of Water Resources**
*** **Michigan State Universities, East Lansing, MI, USA.**