تأثير الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي ومستوى الري في الاستهلاك المائي وحاصل البطاطا تحت ظروف الترب الجبسية

أميد حشمت فوزي[1] ورمزي محمد شهاب

كلية الزراعة – جامعة تكريت – العراق

الملخـص

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الاحتياجات المائية لمحصول البطاطا (*Solanum tuberosum L.*) عند نسب استنفاذ مختلفة من الماء الجاهز وعلاقته بالتنقيط السطحي وتحت السطحي في ظروف الترب الجبسية. نفذت تجربة حقلية في محطة بحوث قسم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة جامعة تكريت للموسم الربيعي 2013. استخدم نظام الألواح المنشقة وتصميم القطاعات التامة التعشية وبثلاث مكررات، إذ مثل نظام التنقيط (سطحي وتحت السطحي) القطع الرئيسية واستنفاذ الماء الجاهز (35 و45 و55%) في القطع الثانوية. زرعت درنات البطاطا صنف رودولف بتاريخ 3-2-2013 وحصدت بتاريخ 25-6-2013. حسب الاستهلاك المائي الفعلي (ET_C) والمرجعي (ET_0) وكفاءة استعمال المياه وإنتاجية المياه ومعامل المحصول (Kc) ودليل المساحة الورقية وكثافة وزن الجذور والحاصل الكلي وحاصل الدرنات. بلغت قيم التبخر- نتح الفعلي للبطاطا (434.2 و322.6) مم/موسم لمعاملة الري الكامل (استنفاد 35%) للري السطحي وتحت السطحي بالتتابع. بينما في معاملات الاستنفاد الأخرى بلغت (370.0 و308.2) مم/موسم لمعاملة الري بالتنقيط السطحي و(265.0 و218.9) مم/موسم للري بالتنقيط تحت السطحي. بلغ معامل المحصول (Kc) لمعاملة التنقيط السطحي للمعاملة T_1 (0.52 و1.16 و0.71) لمراحل النمو الخضري وتكون الدرنات وملئ الدرنات بالتتابع، في حين بلغ لمعاملات التنقيط تحت السطحي T_4 (0.38 و0.86 و0.53) لمراحل النمو الثلاث أعلاه بالتتابع. أدت معاملة الاستنفاد 45% من الماء الجاهز إلى زيادة كفاءة استعمال المياه وقد بلغت 6.55 كغم/م^3، وقد بلغت أعلى القيم للتنقيط تحت السطحي مقارنة بالتنقيط السطحي. حصلت زيادة معنوية في الحاصل الكلي بزيادة الاستنفاذ من (35 إلى 45%) وذلك لكلا طريقتي الري، إذ بلغ أعلى حاصل (14.93 و17.35) طن/هكتار للمعاملتين T_2 وT_5 بالتتابع فيما حصل اقل حاصل (12.03 و13.50) طن/هكتار للمعاملتينT_3 وT_6 بالتتابع. وقد أعطت معاملة التنقيط تحت السطحي حاصل أعلى معنويا مقارنة مع التنقيط السطحي. بلغت أعلى قيمة لدليل المساحة الورقية (LAI) (1.21) وذلك للتنقيط تحت السطحي وذلك للمعاملة T_5 تلتها المعاملة T_2 للتنقيط السطحي (0.93)، أما اقل قيمة فكانت للمعاملتين T_3 وT_6. ازدادت كثافة وزن الجذور بشكل معنوي بزيادة الاستنفاد إذ بلغت (3.17 و2.05) ملغم/سم^3 للمعاملتين T_3وT_6 على التتابع.

الكلمات المفتاحية :

الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي، الاحتياجات المائية، مستوى الري، البطاطا، التربة الجبسية .

للمراسلة :

اميد حشمت فوزي

البريد الالكتروني :

omeed2020@gmail.com

رقم الهاتف المحمول :

07701321555

Effect of Surface and Subsurface Drip and Irrigation Level on Consumptive Use and Yield of Potato Under Gypsiferous Soil Conditions

Omed. H. fawzi & Ramzi. M. Shihab

College of Agriculture-University of Tikrit-Iraq

ABSTRACT

Key words:
surface and subsurface drip irrigation, evapotranspiration, soil available water, potato, gypsiferous soil.

Correspondence:
O.H. Fawzi

The objective of this study is to determine the consumptive use and yield of potato (*Solanum tuberosum L.*) and its relation with available soil water depletion ratio, surface (SD) and subsurface drip irrigation (SSD) under gypsiferous soil conditions. A field study was conducted in spring season on 2013 at experimental research station of Soil and Water Resources Department, College of Agriculture, Tikrit University. The experimental design was split plot with RCBD in three replications. Drip irrigation of SD and SSD represent main plots and depletion ratio of 35, 45, and 45% represent sub main plots. The treatments were T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, and T_6,

[1] البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول

E-mail:
omeed2020@gmail.com
Mobile No.:
07701321555

respectively. Rudolph variety of potato was planted on 3-2-2013 and harvested on 20-6-2013. Actual and reference evapotranspiration (ET_C and ET_0), water use efficiency (WUE), crop coefficient (K_C), yield, leaf area index (LAI), and root weight density (RWD) were measured through growth season of potato. Results showed that ETc was 434.4 and 322.6 mm/season for T_1 and T_4, respectively, whereas it was 370.0, 308.2, 265.0 and 218.9 mm for T_2, T_3, T_5 and T_6, respectively. K_C values of T_1 were 0.52, 1.16, and 0.71 and for T_4 were 0.38, 0.86, and 0.53 for vegetative growth, tuber initiation, and tuber bulking and maturation stages, respectively. Highest value of WUE (6.55 kg/m^3) was obtained in T_4. Significant increase in yield was found when depletion ratio increased from 35 to 45% for both SD and SDD. The highest yield, 14.93 and 17.35 ton/ha was found for T_2 and F_5, whereas the lowest yield, 12.03 and 13.5 ton/ha for T_3 and T_6, respectively. Highest value of LAI was 1.21 for T_5, and RWD values significantly increased with increase in depletion ratio. They were 2.05 and 3.17 mg/cm^3 for T_3 and T_6, respectively.

المقدمة :

اهتم الإنسان منذ أن احترف الزراعة باستخدام طرائق وتقانات ري مختلفة لإيصال الماء إلى النبات، وقد أجريت في السنوات الأخيرة الكثير من البحوث والدراسات من قبل العديد من الباحثين والمختصين لتطوير وتحسين نظم الري الحقلي وقد لوحظ أن استخدام الري بالتنقيط لري محاصيل الخضر قد تفوق على طرائق الري الأخرى من حيث كفاءة الأداء وتوفير الطاقة وتقليل الضائعات المائية واستخدام نوعيات مياه ري مختلفة وطرق إضافة الأسمدة والمبيدات مع مياه الري وتقليل مشاكل التعرية والانجراف للتربة وتقليل نمو الأدغال والحشائش والفطريات وزيادة كمية ونوعية الإنتاج (مهدي، 1996). ويقسم نظام الري بالتنقيط إلى الري بالتنقيط السطحي(surface drip irrigation) وتحت السطحي (sub surface irrigation) ويعتبر هذا النظام حديثاً نسبيا في الري وهو احد أكثر الأنظمة ملائمة لاستخدامها في المناطق الجافة وشبه الجافة لكفاءة استخدامها العالية. فقد استخدمت طريقة الري بالتنقيط السطحي في العراق بنجاح تحت ظروف يصعب فيها استخدام الطرائق الأخرى للري ولكن على نطاق محدود سواءً على مستوى الزراعة المحمية أو المكشوفة وقد واجه نظام الري تحت السطحي عددا من المشاكل مثل انسداد المنقطات وكفاءة توزيع مياه متدنية، إلا أن تحسين كل من صناعة اللدائن (البلاستك) وتصاميم المنقطات أدى إلى انتشاره بشكل واسع في العام 1980 في أمريكا سواءً على المستوى البحثي أو الإنتاج التجاري (Lamm وآخرون، 2012). تعد البطاطا من محاصيل الخضر المهمة في العالم ولا سيما الأمريكتين وأوربا من حيث الإنتاج والمساحة المزروعة وبلغت المساحة المزروعة بها على مستوى العالم حوالي19,132,110 هكتار وبمعدل إنتاج حالي 17.2 طن بالهكتار (FAOSTAT، 2004)، أما في العراق فقد انتشرت زراعتها في العقدين الأخيرين انتشاراً واسعاً ويمكن إنتاجها بوفرة في مناطق أعالي الفرات ومنطقة الجزيرة الوسطى إذ بلغت المساحة المزروعة 12000 هكتار عام 1997 وبمتوسط إنتاج 16 طن/هكتار. يُعَرّفُ الاستهلاك المائي بأنه مجموع ما يستهلكه النبات من ماء لبناء أنسجته أو ما تبقى بداخله أو ما ينتح من الأوراق إلى الهواء الجوي وكذلك ما يفقد بالتبخر من التربة والسطوح المائية المجاورة، ولقد أشارت معظم الدراسات السابقة إلى إن الاستهلاك المائي للبطاطا بلغ (700–750مم/ موسم) (Liverman وآخرون،1996). تشكل التربة الجبسية حوالي 100 مليون هكتار من مساحة العالم وتبلغ مساحة الترب الجبسية في العراق 8800000هكتار وهي تمثل 20% من مساحة العراق الكلية، تتصف هذه الترب بضعف بنائها وانخفاض سعة احتفاظها بالماء وانخفاض خصوبتها، فضلا عن تأثير الجبس في نمو الجذور من خلال تقليل امتصاص الماء والمغذيات (سلوم، 2002). أنجزت هذه الدراسة لتقييم أداء الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي اعتمادا على الاستهلاك المائي ومقدار التوفير بالماء وكفاءة استعمال المياه وتوزيع الجذور في مراحل نمو وحاصل البطاطا النامية في تربة جبسية تحت ظروف إجهاد مائي (نسب استنفاذ) مختلفة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

المواد وطرائق البحث :

أجريت تجرُبة حقلية عامليه في محطة أبحاث قسم التربة والموارد المائية/جامعة تكريت للموسم الربيعي 2013، أخذت عينات التربة على نحو عشوائي من موقع إجراء التجربة من الطبقة السطحية (0–30) سم قبل الزراعة، وذلك لتقدير بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، إذ تم تجفيف عينات التربة هوائيا، ثم طحنت بمطرقة خشبية ومررت خلال منخل قطر فتحاته 2 ملم، وذلك لإجراء التحاليل المذكورة كما في الجدول (1).

جدول(1): بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة التجربة*

الصفة	وحدة القياس	الكمية
النسجة	–	–
المحتوى الرطوبي الحجمي عند 33 كيلو باسكال	سم^3 سم$^{-3}$	0.39
المحتوى الرطوبي الحجمي عند 1500 كيلو باسكال	سم^3 سم$^{-3}$	0.12
الماء الجاهز	سم^3 سم$^{-3}$	0.27
الكثافة الظاهرية	ميكا غرام م$^{-3}$	1.5
الأس الهيدروجيني	---	7.01
الإيصالية الكهربائية	ديسي سيمنز م$^{-1}$	3.35
كاربونات الكالسيوم	غم كغم$^{-1}$	218.3
الجبس	غم كغم$^{-1}$	185.7
الكثافة الظاهرية	ميكاغرام م$^{-3}$	1.5

* لم يكن بالإمكان تقدير النسجة لحصول ترسيب نتيجة لارتفاع نسبة الجبس.

حرثت الأرض حراثة متعامدة بوساطة محراث قرصي (دسك) وعلى عمق 30سم وكان اتجاه المصاطب من الجنوب إلى الشمال قسم الحقل إلى ألواح أبعادها (4×6) م ويتضمن كل لوح 6 مصاطب المسافة بين مصطبة وأخرى 0.75 م وطول المصطبة 4 م مع ترك فاصلة بين لوح وأخر 1.5 م وتركت مسافة 3 م بين مكرر وأخر استخدمت في هذه التجربة طريقة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي وقد جرى قياس توزيع التجانس للمنظومتين قبل وأثناء التجربة. نفذت التجربة بنظام الألواح المنشقة وبثلاث مكررات وزعت المعاملات بشكل عشوائي على الألواح حيث مثلت معاملات الري بالتنقيط السطحي T_1 استنفاد 35% من الماء الجاهز وT_2 الري عند استنفاد 45% من الماء الجاهز وT_3 الري عند استنفاد 55% من الماء الجاهز في حين مثلت معاملات الري بالتنقيط تحت السطحي T_4 الري عند استنفاد 35% من الماء الجاهز وT_5 الري عند استنفاد 45% من الماء الجاهز وT_6 الري عند استنفاد 55% من الماء الجاهز. تمت زراعة الحقل بتاريخ 3– 2– 2013 بتقاوي البطاطا صنف رودولف هولندي المنشأ إذ زرعت في الثلث العلوي من المصطبة على عمق 0.1 م وبمعدل درنة واحدة لكل حفرة والمسافة بين حفرة وأخرى 0.4 م وتم أجراء عمليات الخدمة الزراعية من العزق والتعشيب كما هو متبع في الحقول الإنتاجية وبشكل متماثل لجميع الوحدات التجريبية. أضيفت الأسمدة حسبت وصيات Iqbal وآخرون (1999). تم قياس المحتوى الرطوبي للتربة بأستعمال الطريقة الوزنية (Gravimetric Method) لغرض تحديد وقت الري وكمية الماء الواجب إضافتها. أستخدم في تجفيف عينات التربة المأخوذة من الحقل فرن مايكروويف (Microwave oven) لتقدير المحتوى الرطوبي لنماذج الترب وذلك بعد إجراء عملية تعير للفرن المستخدم. تمت عملية الري بعد استنفاذ 35% و45% و55% من الماء الجاهز وحسب كمية مياه الري في كل ريه اعتمادا على قياسات المحتوى الرطوبي للتربة قبل الري وبعده وحسب المعادلات الآتية:

حسبت المساحة المبتلة (%) وذلك بتطبيق معادلة الحديثي وآخرون (2010):

$$AW = \frac{SW}{SR} * 100 \qquad \text{.....(1)}$$

إذ إن:

AW= المساحة المبتلة (%).

SW= قطر منطقة الابتلال (م) وقد بلغ 0.2 م.

SR= المسافة بين خطوط التنقيط (م) والتي بلغت 0.75 م.

حسب صافي عمق الري (NDI) بالسنتيمتر عن طريق معادلة Jobling و Vermeiren (1980)

$$NDI = RZD \times WHC \times Pb \times Pd \times Aw \text{ .....(2)}$$

إذ إن:

RZD = عمق منطقة الجذور (سم).

WHC = سعة أو قابلية التربة على مسك الماء (%) وهي تمثل الفرق بين رطوبة التربة عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم.

Pb = الكثافة الظاهرية للتربة (ميكا غرام م$^{-3}$).

Pd = نسبة الاستنفاذ من الماء الجاهز (%).

Aw = نسبة المساحة المبتلة (%).

حسب الزمن اللازم للري (T) دقيقة من المعادلة الآتية (حاجم وياسين، 1992)

$$T = \frac{Ae \times d}{Q} \text{ .....(3)}$$

إذ إن:

Ae = مساحة الابتلال للمنقط الواحد والتي بلغت 0.032 م^2 حيث حسبت من المعادلة الآتية:

$$Ae = 0.8 \times (Sw)^2 \text{ .....(4)}$$

d= عمق الماء المضاف (سم) وهو يمثل صافي عمق الإرواء (NDI).

Q = التصريف المعطى والبالغ 1.75 لتر ساعة$^{-1}$ للمنقط الواحد.

تم حساب الرطوبة الحجمية قبل الرية القادمة اللازمة لإضافة الماء لتعويض الاستنفاذ الرطوبي عن السعة الحقلية.

اعتمدت المدد الزمنية الآتية في تحديد مراحل نمو محصول البطاطا وهي مرحلة الإنبات 40 يوما ومرحلة النمو الخضري 48 يوما ومرحلة تكون الدرنات 15 يوما ومرحلة ملئ الدرنات 33 يوما. حصد النبات بتاريخ 20– 6– 2013. أستخدمت معادلة الموازنة المائية كطريقة مباشرة في حساب الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول وحسب المعادلة الأتية (FAO، 1998).

$$(I + P + C) - (ET_C + D + R) = \pm \Delta S \text{ ..... (5)}$$

إذ أن:

I = ماء الري المضاف (مم).

P = المطر (مم).

C = أرتفاع الماء بالخاصية الشعرية (مم). (مساهمة الماء الجوفي في الري)

ET_C= (التبخر– نتح الفعلي) (مم).

D = البزل العميق (مم).

R = الجريان السطحي (مم).

$\pm\Delta S$ = التغير في خزين التربة الرطوبي عند بداية ونهاية الموسم.

وان كل من:

R = 0 لان الأرض مستوية والجريان السطحي معدوم.

C = 0 لان المياه الجوفية عميقة.

D = 0 لان الري يتم بعد استنفاذ 35% من الماء الجاهز وبهذا تصبح المعادلة 5 بالشكل الأتي:

$I + P = ET_a \pm \Delta S$ ……. (6)

أستعملت معادلة بنمان– مونتيث المعدلة Penman- Monteith لمنظمة الأغذية الزراعة العالمية FAO (Allen وآخرون، 1998) لحساب التبخر– نتح المرجعي طوال موسم نمو المحصول. ولحساب المتغيرات في المعادلة أعلاه استخدم البرنامج الحاسوبي Cropwat (Smith، 1992) لهذا الغرض ومن ثم حساب قيمة ET_0 وقد تم التعبير عن التبخر– نتح المرجعي بوحدات ملم يوم$^{-1}$.

$$ET_{\circ} = \frac{0.408\times\Delta(Rn-G)+\gamma\left[\frac{900}{T+273}U2(es-ea)\right]}{\Delta+\gamma\,(\,1+0.34\,U2\,)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(7)$$

إذ أن:

ET_0 = التبخر– نتح المرجعي للمحصول (مم يوم$^{-1}$).

Rn = صافي الإشعاع عند سطح المحصول (ميكاجول م $^{-2}$ يوم $^{-1}$).

e_s = ضغط البخار المشبع.

e_a = ضغط البخار الحقيقي.

G = كثافة دفق حرارة التربة (ميكاجول م $^{-2}$ يوم $^{-1}$).

T = المتوسط اليومي لدرجة حرارة الهواء عند ارتفاع 2م (م$^{\circ}$).

U_2 = سرعة الرياح مقاسه عند ارتفاع 2م (م ثا$^{-1}$).

Δ = انحدار منحنى ضغط البخار (كيلوباسكال $^{\circ}$م$^{-1}$).

γ = ثابت السايكروميتري (كيلوباسكال $^{\circ}$م$^{-1}$).

900 = عامل تحويل.

معامل المحصول (K_c) :

حسب معامل المحصول (K_c) لمحصول البطاطا من معادلة (Allen وآخرون، 1998):

$$ET_C = ET_0 * K_c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(8)$$

إذ إن:

ET_C = التبخر- نتح الفعلي مم/ يوم.

ET_0 = التبخر- نتح المرجعي مم/ يوم.

K_c = معامل المحصول (بدون وحدات).

كفاءة أستعمال المياه الحقلية (WUE_f) :

حسبت كفاءة استعمال الماء الحقلي من المعادلة الأتية (Allen وآخرون، 1998).

$$WUE_f = \frac{Yield}{ETc} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

إذ إن:

WUE_f = كفاءة أستعمال الماء الحقلي (كغم م$^{-3}$).

$Yield$ = الحاصل الكلي (كغم هكتار$^{-1}$).

ETc= التبخر نتح الفعلي (م^3 هكتار$^{-1}$).

كما وحسبت إنتاجية المياه (Water productivity) من قسمة الماء المستهلك (التبخر– نتح الفعلي) من قبل النبات على الحاصل الكلي للنبات (Bachuor، 2009).

المساحة الورقية Leaf Surface Area (LSA) :

تم قياس المساحة الورقية كمعدل لخمس نباتات اختيرت عند نهاية الموسم من خلال المعادلة الآتية: (Elsahookie، 1985):

$$LSA = 0.75\ LW \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

إذ إن:
LSA= المساحة الورقية (سم^2)
L= طول الورقة (سم)
W= أقصى عرض للورقة (سم)

كما تم قياس دليل المساحة الورقة للنباتات Leaf Area Index، (LAI) كمعدل للنباتات الخمس أعلاه من خلال المعادلة الآتية:

$$LAI = \frac{LSA}{AE} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

إذ إن:
LAI= دليل مساحة الورقة للنباتات.
AE= المساحة التي يشغلها النبات = (المسافة بين خطوط الزراعة سم)×(المسافة بين نبات وأخر سم).

كثافة وزن الجذور :

أخذت نماذج من الجذور قبل يوم من جني المحصول وذلك باستعمال بريمة (أوكر) قطره الداخلي 0.05م وطوله 0.15 م لجمع عينات التربة، جمعت العينات لكل معاملة من خمسة مواقع متعامدة مع خط التنقيط وعند أبعاد (0 و10 و20 و 30 و40) سم من النبات ولأربعة أعماق (0–15) و(15–30) و(30–45) و(45–60) سم، ثم نقلت العينات إلى المختبر وفصلت الجذور عن التربة وذلك بغسلها بالماء في مناخل أقطار فتحاتها صغيرة جداً ثم جمعت الجذور وجففت في الفرن عند درجة حرارة 70 سيليزي لمدة 72 ساعة ووزنت بميزان حساس، تم التعبير عن كثافة وزن الجذور (Root Weight Density, RWD) ملغم/سم^3 كوزن كلي للجذور لكل وحدة حجم عينة تربة.

النتائج والمناقشة :

1– الاستهلاك المائي للمحصول:

يبين جدول 2 كميات المياه المستهلكة خلال مراحل نمو محصول البطاطا للمعاملات المختلفة. فقد اختلفت كميات المياه المضافة إلى الحقل خلال موسم النمو بين معاملة المقارنة T_1 (استنفاد 35%) عند مراحل النمو المختلفة ومعاملات الاستنفاذ البالغة (45 و55%) وذلك في الموسم الربيعي 2013. بلغت أعلى قيمة (444.1 و333.2) مم/موسم لماء الري المضاف لمعاملة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي عند استنفاد 35% بالتتابع، فيما بلغت اقل قيمة عند استنفاد 55% من الماء الجاهز (318.2 و227.1) مم/موسم وذلك لطريقتي الري بالتتابع، وقد بلغت نسبة الانخفاض في كمية ماء الري المضافة إلى الحقل (13.7 و27.9 %) المعاملة T_2 وT_3 بالتتابع مقارنة مع المعاملة T_1 وذلك للري السطحي، في حين بلغت للري تحت السطحي (17.3 و31.8%) للمعاملتين T_5 وT_6 بالتتابع مقارنة مع T_4. يتبين من جدول 2 أيضا أن اقل كمية ماء مستعملة كانت في مرحلة الإنبات إذ بلغت كمعدل عام (33.6 و25.8) مم وذلك لكل من الري السطحي وتحت السطحي بالتتابع، تلتها مرحلة تكون الدرنات (73.6 و35.7) مم ثم مرحلة النمو الخضري (100.9 و73.5) مم وأخيرا مرحلة ملئ الدرنات (172.9 و125.6) مم.

اختلفت قيم التبخر نتح الفعلي (ET_C) بأختلاف المعاملات (جدول 3) فقد بلغت أعلى قيمة عند الري الكامل (المعاملتانT_1 وT_4) (434.2 و322.6) مم وذلك لكل من الري السطحي وتحت السطحي بالتتابع. وأخذت هذه القيم بالانخفاض بزيادة نسبة الاستنفاد لتصل إلى (308.2 و218.9) مم للمعاملتين T_3 وT_6 بالتتابع. أوضحت النتائج أيضا (جدول 3) أن مرحلة الإنبات استهلكت اقل قيمة من الاستهلاك المائي الفعلي حيث استهلكت 33.6 مم تلتها مرحلة تكون الدرنات 70.6مم ثم النمو الخضري 95.6 مم وأخيرا مرحلة ملئ الدرنات 154مم هذا تحت التنقيط السطحي، أما التنقيط تحت السطحي فقد بلغت القيم (25.8 و52.1 و70.2 و120.7) مم وذلك للمراحل الأربع بالتتابع.

جدول 2. كمية الماء المستهلكة مم (ري+مطر) خلال مراحل نمو البطاطا

مرحلة النمو	التنقيط السطحي				التنقيط تحت السطحي			
	T_1	T_2	T_3	المعدل	T_4	T_5	T_6	المعدل
الإنبات	33.6	33.6	33.6	33.6	25.8	25.8	25.8	25.8
النمو الخضري	121.8	98.2	82.7	100.9	89.4	72.6	58.5	73.5
تكون الدرنات	85.7	74.6	60.5	73.6	65.3	53.1	42.8	53.7
ملئ الدرنات	203.0	174.3	141.4	172.9	152.7	124.2	100.0	125.6
مجموع الماء الكلي مم(مطر+ري)	444.1	380.7	318.2	380.0	333.2	275.7	227.1	278.7
المطر(مم)	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
توفير ماء الري(%)	–	13.7	27.9		–	17.3	31.8	

اختلفت قيم التبخر– نتح الفعلي (ET_C) بأختلاف المعاملات (جدول 3) فقد بلغت أعلى قيمة عند الري الكامل (المعاملتانT_1 وT_4) (434.2 و322.6) مم/موسم وذلك لكل من الري السطحي وتحت السطحي بالتتابع. وأخذت هذه القيم بالانخفاض بزيادة نسبة الاستنفاذ لتصل إلى (308.2 و218.9) مم للمعاملتين T_3وT_6 بالتتابع. أوضحت النتائج أيضا (جدول 3) أن مرحلة الإنبات استهلكت اقل قيمة من الاستهلاك المائي الفعلي حيث استهلكت 33.6 مم تلتها مرحلة تكون الدرنات 70.6 مم ثم النمو الخضري 95.6 مم وأخيرا مرحلة ملئ الدرنات 154.6مم هذا تحت التنقيط السطحي، أما التنقيط تحت السطحي فقد بلغت القيم (25.8 و52.1 و70.2 و120.7) مم وذلك للمراحل الأربع بالتتابع. بلغ مقدار التوفير بالماء لمعاملة الري السطحي وذلك للمعاملتين T_2 وT_3 (14.8 و29.0%) مقارنة بمعاملةT_1، في حين بلغ للري تحت السطحي (17.8 و32.1%) وذلك للمعاملتين T_5 وT_6 مقارنة بالمعاملة T_4 (جدول 3). أن سبب انخفاض قيم ET_C عند زيادة نسبة الاستنفاد لكلا طريقتي الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي يعود إلى أن التربة قد مسكت الماء بشد عالي مما قلل حركة الماء نتيجة انخفاض الايصالية المائية للتربة وبذلك قلت فرصة التبخر من سطح التربة، فضلا عن انخفاض النتح من النبات بانخفاض ماء التربة الجاهز، بالإضافة إلى أن النبات يتجه لأخذ الماء من العمق تحت السطحي. ومن المعروف أن البطاطا تُعَدّ من النباتات الحساسة لنقص الري ويجب أن لا تنخفض الرطوبة في المنطقة الجذرية عن 65% من الماء الجاهز وذلك لمختلف طرائق الري، وبالاعتماد على حاصل البطاطا ونوعيته فإن أفضل شد رطوبي للبطاطا يتراوح بين (30 –55) كيلو باسكال بأستخدام الري بالتنقيط (Shock وآخرون، 2002) وهذا قريب إلى نسبة استنفاد تبلغ 45% في بحثنا هذا وكذلك فإن زيادة نسبة الاستنفاذ عن هذا المستوى انعكس على قيم التبخر– نتح الفعلي (جدول 3). من جهة أخرى أن سبب انخفاض قيم التبخر– نتح الفعلي لمرحلتي الإنبات في كلا نظامي الري يعود إلى إن إضافة الماء كان بكميات قليلة نتيجة لعدم الحاجة إليه في النتح لان النبات لم يبزغ بعد فوق سطح التربة، بل كان الفقد فقط عن طريق

التبخر من سطح التربة، فضلا عن إن الجذور لم تتطور بشكل كافٍ لذلك فإن الإضافة كانت سطحية فقط مقابل ذلك فإن قصر فترة مرحلة تكون الدرنات أدى إلى عدم استهلاك كمية مياه كبيرة.

جدول 3. كمية الماء المستهلكة الفعلية (ET_C) خلال مراحل النمو المختلفة لنبات البطاطا

مرحلة النمو	التنقيط السطحي				التنقيط تحت السطحي			
	T_1	T_2	T_3	المعدل	T_4	T_5	T_6	المعدل
الإنبات	33.6	33.6	33.6	33.6	25.8	25.8	25.8	25.8
النمو الخضري	116.4	91.5	79.0	95.6	86.3	68.4	55.9	70.8
تكون الدرنات	85.1	69.6	57.1	70.6	63.1	51.7	41.6	52.1
ملئ الدرنات	199.1	156.1	138.5	154.6	147.4	119.1	95.6	120.7
المجموع	434.2	370.0	308.2	370.8	322.6	265.0	218.9	268.8
توفير الماء(%)	–	14.8	29.0	–	–	17.8	32.1	–

2- معامل المحصول (K_C) :

اعتمدت قيم التبخر– نتح المرجعي (ET_0) من معادلة بنمان – مونتيث المعدلة والتي بلغت 688مم/موسم والتبخر- نتح الفعلي (ET_C) لحساب معامل المحصول (Kc) والموضحة قيمة في جدول 4. يلاحظ من هذا الجدول ازدياد قيم معامل المحصول (Kc) لجميع المعاملات بصورة تدريجية مع مرحلة تقدم النمو إلى أقصى قيمة له عند مرحلة تكون الدرنات ثم يبدأ بالانخفاض عند مرحلة ملئ الدرنات. فقد ازدادت قيمة معاملة الري الكامل T_1 من 0.52 إلى 1.16، ثم انخفضت إلى حوالي 0.71، وقد أدت معاملات الاستنفاد إلى حصول انخفاض في قيم معامل المحصول (Kc) عند معاملة الري الكامل ولكن أخذت الاتجاه نفسه. ترجع الزيادة في قيمة معامل المحصول (Kc) عند معاملة الري الكامل ربما إلى زيادة كميات الماء الجاهز للنبات والذي أدى إلى رفع قيمة الماء المستهلك خلال مدة النمو. سلك (Kc) تحت ظروف الري تحت السطحي سلوكا متشابها لظروف الري السطحي، إذ بلغت قيمته (0.38 و0.86 و0.53) لمرحلة النمو الخضري وتكون الدرنات وملئ الدرنات بالتتابع وذلك لمعاملة الري الكامل مع ذلك يلحظ من الجدول انخفاض قيم معامل المحصول (Kc) عند الري تحت السطحي عند مقارنتها مع الري السطحي. إن سبب ارتفاع قيمة K_C عند مرحلة تكون الدرنات لكافة المعاملات يعود إلى أن النبات اكتمل نموه وزاد غطائه النباتي (الظلة) وازداد الاستهلاك المائي الفعلي وزاد تغلغل الجذور في التربة وزاد النتح وقل التبخر من سطح التربة، فضلا عن أن التغير في الإشعاع الصافي يكون نسبيا ثابت لأي مرحلة من مراحل النمو مالم يحصل تغير في انحدار الأرض، لذلك فإن معظم التغير في قيم K_C ينتج من التغيرات في مساحة الورقة والسيطرة على الثغور من قبل النبات والمقاومة الحركية للهواء والتي تعتمد على ارتفاع ظلة النبات وخشونتها وسرعة الرياح (Allen وآخرون، 2011). بينت النتائج أن التبخر– نتح الفعلي قد انخفض في الري تحت السطحي مقارنة بالسطحي (جدول 3)، وقد يعود سبب ذلك إلى انخفاض تبخر الماء من سطح التربة وزيادة النتح خلال مراحل نمو البطاطا المختلفة، وقد انعكس هذا على قيم Kc فقد انخفضت قيمة Kc للري تحت السطحي بنسبة بلغت 25 إلى 32% مقارنة بالري السطحي لطول موسم نمو البطاطا (جدول 4). أن معامل المحصول يتأثر بعوامل عدة تؤثر بدورها في حالة ماء التربة مثل طريقة الري وتكراره والعوامل المناخية وخصائص التربة والمحصول. أشار Allen وآخرون (1998) إلى قيم مقاربة لمعامل المحصول لمراحل نمو البطاطا خاصة لمعادلة الري الكامل إذ بلغت (0.5 و 1.15 و 0.75) لمراحل النمو الأولية والمتوسطة والنهائية.

جدول 4. معامل المحصول (K_C) للمعاملات المختلفة حسب مراحل نمو النبات

المعاملة	Kc		
	النمو الخضري	تكون الدرنات	ملئ الدرنات
الري السطحي			
T_1	0.52	1.16	0.71
T_2	0.41	0.95	0.56
T_3	0.35	0.78	0.50
الري تحت السطحي			
T_4	0.38	0.86	0.53
T_5	0.30	0.70	0.43
T_6	0.25	0.57	0.34

3–كفاءة استعمال المياه الحقلية (WUE_f) وإنتاجية الماء :

يظهر جدول 5 تأثير المعاملات المختلفة في كفاءة استعمال الماء وإنتاجية الماء لمحصول البطاطا، فقد بلغت قيم كفاءة استعمال الماء (3.28 و4.03 و3.90) كغم/م^3 لمعاملات الري السطحي T_1 وT_2 وT_3 على التتابع، في حين بلغت (5.07 و6.55 و6.17) كغم/م^3 لمعاملات الري تحت السطحي T_4 وT_5 وT_6 على التتابع. يتبين من هذه النتائج أن زيادة نسبة الاستنفاد إلى 45% أدت إلى أعلى قيمة في كفاءة استعمال الماء تلتها نسبة 55% ثم 35% وذلك لكلا طريقتي الري السطحي وتحت السطحي، وهذا يعني زيادة حاصل النبات وخفض الاحتياجات المائية للنبات في الوقت نفسه. إن تقليل ماء الري المضاف إلى حد معين (45% في هذه التجربة) يجعل النبات يبذل جهدا اكبر لامتصاص الماء وبسبب تنشيط وتحفيز النظام الجذري وزيادة حجم التربة التي تشغلها الجذور لامتصاص الماء مؤديا إلى زيادة كفاءة استعمال الماء. إن من الضروري تحت ظروف تجهيز ماء محدود زيادة وتعظيم الإنتاج لوحدة المساحة وليس إضافة الماء لمساحة اكبر، فقد يأتي الادخار بالماء بشكل كبير من خلال تحسين زمن وعمق إضافة الماء واختيار مرحلة النمو التي تتحمل نقص الماء. يبين جدول 5 أيضا أن إنتاجية الماء وهي كمية الماء اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من الحاصل كانت أعلى لمعاملة الاستنفاذ 45% تلتها معاملة 55% ثم 35% وقد تراوحت القيم بين (0.15– 0.30) م^3/كغم وذلك لجميع معاملات بالتنقيط السطحي وتحت السطحي، لكن كانت الإنتاجية أعلى للري تحت السطحي. بينت نتائج الأبحاث أن البطاطا تحتاج من 0.35 إلى 0.8 م^3 ماء لإنتاج 1 كغم مادة جافة (Steduto وآخرون، 2012)، أن سبب زيادة كفاءة استعمال الماء وإنتاجيته لمعاملة 55% استنفاد مقارنة بمعاملة 35% يبدو غير مبررا للوهلة الأولى خاصة إذا عرفنا أن البطاطا حساسة لنقص الري وان نسبة استنفاد 35% من الماء الجاهز هو الأكثر ملائمة لنمو هذا المحصول وقد يكون هذا مقبولا في حالة الري تحت السطحي وليس في حالة الري السطحي. ويمكن أن يعزى ذلك إلى أن استعمال الري بالتنقيط أدى إلى أمكانية إضافة الماء بتكرار اكبر (زيادة عدد الريات) وان الماء يضاف قريبا من جذور النبات وذلك لطبيعة إضافة الماء بهذا النظام مما يعني أن الماء يشغل حيزا اقل من التربة وبذلك يقل التبخر بدرجة كبيرة فضلا عن انخفاض الضائعات المائية من خلال قياس التغير في رطوبة التربة قبل وبعد كل رية للتحكم في كمية الماء المضافة حسب الحاجة وبدون هدر كبير للماء المضاف (الجدولان 2 و3). مضافا إلى ذلك أن الري تحت السطحي كان أفضل، إذ بلغت الزيادة في كفاءة استعمال الماء مثلا لمعاملات الري تحت السطحي مقارنة بالري السطحي (54.4 و62.5 و58.2%) للمعاملات الثلاث T_4 و T_5وT_6 على التتابع، وهذا يبين أهمية استعمال الري تحت السطحي في الحفاظ على نمو جيد للجذور بالتالي النمو الخضري.

جدول 5. كفاءة استعمال المياه (WUE_f) وإنتاجية الماء لمحصول البطاطا

المعاملة	كفاءة استعمال الماء (كغم/م^3)	إنتاجية الماء (م^3/كغم)
الري السطحي		
T_1	3.28	0.30
T_2	4.03	0.25
T_3	3.90	0.26
الري تحت السطحي		
T_4	5.07	0.20
T_5	6.55	0.15
T_6	6.17	0.16

4- الحاصل الكلي والحاصل حسب حجوم الدرنات (الفئات) :

يبين جدول 6 الحاصل الكلي وحاصل كل فئة حسب حجوم الدرنات والنسبة المئوية لكل فئة نسبة إلى الحاصل الكلي، تبين نتائج الجدول أعلاه أن أعلى حاصل كلي كان في معاملة T_2 إذ بلغ 14.93 وT_5 17.53 طن/هكتار وذلك لكل من الري السطحي وتحت السطحي على التتابع، ثم تأتي المعاملتان T_1 وT_4 التي بلغتا 14.26 و16.53طن/هكتار على التتابع وأخيرا المعاملتان T_3 وT_6 إذ بلغتا (12.03و13.50) طن/هكتار على التتابع. ويبين الجدول 6 أيضا الفروقات في الحاصل كانت معنوية ($P < 0.05$) في جميع المعاملات، فقد ازداد الحاصل معنويا بزيادة الاستنفاد إلى 45% ثم انخفض معنويا عند زيادة الاستنفاد إلى 55%، كما يبين الجدول أيضا أن نسبة حاصل الدرنات متوسطة الحجم (M) كانت هي الأكبر لجميع معاملات الري السطحي ومعاملة T_4 للري تحت السطحي وقد بلغت نسبتها (52 و50 و48 و49%) للمعاملات الأربع على التتابع،

جدول 6. حاصل البطاطا حسب حجوم الدرنات نسبة إلى الحاصل الكلي باختلاف المعاملات

المعاملة	الحاصل (طن.هكتار$^{-1}$)			الحاصل الكلي (طن.هكتار$^{-1}$)
	صغير اقل من 35 مم	متوسط 35-50 مم	كبير اكبر من 55 مم	
T_1%	**الري السطحي**			14.26 d
	0.60	7.30	6.36	
	4.20	51.19	44.60	
T_2%	0.43	7.48	7.02	14.93 c
	2.88	50.10	47.01	
T_3%	0.76	5.74	5.53	12.03 f
	6.31	47.71	45.96	
T_4%	**الري تحت السطحي**			16.35 b
	0.84	8.06	7.45	
	5.11	49.29	45.58	
T_5%	0.83	7.46	9.06	17.35 a
	4.8	43.0	52.2	
T_6%	0.96	6.16	6.39	13.50 e
	7.1	45.6	47.3	

في حين كانت نسبة الدرنات كبيرة الحجم (L) هي الأعلى للمعاملتين T_5 وT_6 إذ بلغت نسبتها حوالي (52 و47%) على التتابع. وبالرغم من ذلك فقد كانت النسب متقاربة بين الحجمين (M) و(L) لجميع المعاملات وقد تراوحت بين (44.6–52.2%)، أما الدرنات صغيرة الحجم (S) فكانت نسبتها صغيرة جدا مقارنة مع الحجمين M و L فقد تراوحت نسبتها بين 0.43 إلى 7.1% للمعاملات جميعها. وهذا يتفق مع Order وآخرون (2005) الذين بينوا أن الفروقات كانت فقط في حاصل الدرنات صغيرة الحجم عند تعريض البطاطا إلى نقص الري ولم تكن الفروقات معنوية لحاصل الدرنات المتوسطة والكبيرة الحجم على مستوى احتمالية 5%.

5- دليل مساحة الورقة Leaf area index (LAI) :

يبين جدول 7 قيم متوسطات دليل المساحة الورقية لنبات البطاطا بعد انتهاء موسم النمو، حيث بينت النتائج أن لنسبة الاستنفاد تأثيرا معنويا في دليل المساحة الورقية إذ أعطت المعاملة 45% استنفاد معدل 1.07 وبفرق معنوي مقارنة مع المعاملتين 35 و55% في حين لم تكن هناك فروق معنوية بين معاملتي استنفاد 35 و55% واللتين بلغتا (0.82 و0.78) بالتتابع. كما أوضحت النتائج أيضا وجود فروق معنوية بين طريقتي الري فقد تفوقت معنويا معاملة الري تحت السطحي بواقع 1.00 مقارنة مع 0.78، وكان للتداخل تأثير معنوي فقد أعطت المعاملة 45% استنفاد للري تحت السطحي (T_5) أعلى معدل دليل بلغ 1.21 بينما بلغ اقل معدل 0.70 للمعاملة الري السطحي واستنفاد 55%. تبين النتائج أن دليل المساحة الورقية اخذ الاتجاه نفسه الذي أخذته نتائج حاصل البطاطا، فقد تفوقت المعاملتان T_2 وT_5 (نسبة استنفاد 45%) ولكلا طريقتي الري، أن زيادة الدليل يعني مساحة ورقية أعلى قادرة على اعتراض الإشعاع الشمسي وتبادل الهواء وزيادة المادة الجافة الكلية التي تؤدي إلى أطالة مدة امتلاء الدرنة وزيادة وزنها ثم زيادة الحاصل الكلي، في حين أن انخفاض المساحة الورقية الناتج عن الإجهاد المائي يعد سببا مهما لخفض حاصل البطاطا نتيجة لانخفاض المساحة الورقية التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي للنبات المتعرض للإجهاد المائي بسبب غلق الثغور والتفاف الأوراق (Midmore، 1988). إن النقص القليل في الماء ولمدة قصيرة لا يضر النبات إذ سرعان ما تستعيد الورقة نموها نتيجة لإضافة الماء مما ينعكس بشكل ايجابي على الفعاليات الحيوية الأخرى للنبات، وهذا ما يحصل في حالة الاستنفاد عند مستوى 45% لكلا الطريقتين، فقد ساعد اعتماد الري بالتنقيط على توفر الماء نتيجة للري المتكرر بفترات قصيرة، وحتى في حالة نسبة استنفاد 55% فإن الحاصل ومكوناته وكفاءة الماء ومقدار توفير الماء يمكن الأخذ به واعتباره حدا حرجا في حالة شحة مياه الري في ظروف التربة الجبسية تحت إدارة جيدة للري بالتنقيط تحت السطحي.

جدول 7. معدل دليل المساحة الورقية للمعاملات المختلفة لنبات البطاطا

الاستنفاذ / طريقة الري	T_1	T_2	T_3	المعدل
الري السطحي	0.71 c	0.93 b	0.70 c	0.78 b
	T_4	T_5	T_6	
الري تحت السطحي	0.94 b	1.21 a	0.87 c	1.00 a
المعدل	0.82 b	1.07 a	0.78 b	—

***الحروف المتشابهة تدل على عدم وجود فروق معنوية**

5- كثافة وزن الجذور :

تبين النتائج جدول 8 أن معاملة الري تحت السطحي كانت أعلى من معاملة الري السطحي في قيم الكثافة، فقد بلغت قيمة كثافة وزن الجذور 1.71 و2.56 ملغم/سم^3 لكلا الطريقتين على التتابع، كما أن زيادة الإجهاد المائي أدى إلى زيادة الكثافة وقد بلغت قيمتها 1.41 و2.38 و2.61 ملغم/سم^3 وذلك لنسب استنفاذ 35 و45 و55% على التتابع. أما تأثير التداخل فقد كانت الفروقات معنوية بين المعاملات وكانت أعلى قيمة للكثافة والبالغة 3.17 ملغم/سم^3 عند المعاملة T_6 في حين بلغت اقل قيمة لها

1.13 ملغم/سم للمعاملة T_1. أن السبب في زيادة كثافة الوزن الجذري لمحصول البطاطا بزيادة الشد المائي يعود إلى إن نمو الجذور يكون اقل تأثرا مقارنة بنمو الجزء الخضري بزيادة الشد المائي وذلك لحصول تعديل أو تنظيم (adjustment) في منطقة استطالة الجذور مقارنة بالأوراق مسببا زيادة في المجموع الجذري على حساب المجموع الخضري. فعند تسليط شد مائي على النبات طيلة موسم النمو ذلك يؤثر بشكل كبير في تجزئة الكاربوهيدرات والنتروجين مما يؤدي إلى تحويل التجزئة باتجاه الجذور وليس الأوراق وبذلك يزداد وزن الجذور ويقل وزن الجزء الخضري (Jamal، 2014) وبشكل عام فعند نقصان جاهزية الماء للنبات فإن نسبة وزن الجذور إلى الوزن الخضري للنبات تزداد وذلك بسبب إن الجذور اقل حساسية من الجزء الخضري لتثبيط النمو النباتي عند خفض جهد الماء (Wu و Cosgrove، 2000).

جدول 8. كثافة وزن الجذور لمحصول البطاطا للمعاملات المختلفة (ملغم سم$^{-3}$)

الاستنفاذ / طريقة الري	T_1	T_2	T_3	المعدل
الري السطحي	1.95 d	2.05 c	1.13 f	1.71 b
الري تحت السطحي	**T_4**	**T_5**	**T_6**	2.56 a
	2.81 b	3.17 a	1.70 e	
المعدل	2.38 b	2.61 a	1.41 c	–

*الحروف المتشابهة تدل على عدم وجود فروق معنوية

الاستنتاجات:

أدى الري بالتنقيط تحت السطحي إلى خفض كميات المياه المستهلكة فعليا من قبل محصول البطاطا صنف رودولف. فقد أمكن توفير 27.7% كمعدل عام عند استخدام الري بالتنقيط تحت السطحي مقارنة مع الري بالتنقيط السطحي. أن نسبة استنفاد 45% من الماء الجاهز أعطت اعلي حاصل كلي لكلا طريقتي الري وان نسبة 55% للري بالتنقيط تحت السطحي يمكن أن تستعمل وبحاصل مقبول خاصة للدرنات كبيرة الحجم (اكبر من 55 ملم) مقارنة بالري السطحي. الحصول على قيم معامل المحصول(Kc) مقاربة للقيم العالمية لمراحل النمو المختلفة وذلك للري السطحي وتحت السطحي. كان حاصل الدرنات متوسطة الحجم (35 –55 مم) بشكل عام هو الأعلى مقارنة مع الدرنات كبيرة الحجم (اكبر من55 مم) إلا في حالتي الاستنفاذ 45 و55% للري تحت السطحي فقد كان حاصل الدرنات كبيرة الحجم هو الأعلى.

المصادر:

الحديثي، عصام خضير واحمد مدلول الكبيسي وياس خضير الحديثي. (2010). تقانات الري الحديثة ومواضيع أخرى في المسألة المائية. المكتبة الوطنية. الطبعة. جامعة الأنبار. جمهورية العراق.

حاجم، احمد يوسف وحقي إسماعيل ياسين. (1992). هندسة نظم الري الحقلي. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل. جمهورية العراق.

سلوم، أياد جهاد. (2002). دراسة ترب مشروع شمال تكريت (خارطة التربة لعموم القطر). الشركة العامة لبحوث الموارد المائية والتربة، قسم تحريات التربة. وزارة الري. المستخلص: ص7.

مهدي، احمد محمد علي. (1996). تحسين الأداء الهيدروليكي لشبكات الري بالتنقيط – رسالة ماجستير – قسم هندسة البناء والإنشاءات – الجامعة التكنولوجية. بغداد.

Allen, R. G., Howell, T. A., and R. L. Snyder. (2011). Irrigation water requirements. In: Steton and Mecham (eds.). Irrigation, 6th Edition Irrigation Assciotion, Falls Church, VA, USA.

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Rase, and M. Smith. (1998). Crop Evapotranspiration: guidelines for crop water requirements. Irrig. Drain. Pap. 56. FAO, Rome.

Bachour, R. M. (2009). Effects of regular deficit irrigation and root wetting on yield of Potato and peper. M. Sc. Thesis Faculty of Agric. and Food Sci. AUB. Beirut.

El- Sahookie, M. M. (1985). A shortcut method for estimating plant leaf area in maize. J Agron. Crop Sci. 154:175-160.

FAO,. (1998). Crop Evapotranspiration, Guidelines for Computing Crop Water requirements. FAO, Irrigation and Drainage. Paper No. 56.

FAOSTAT, (2004). – Statistical databases – FAO, Rome.

Iqbal, M. M., S., **Mahmood Shah, W., Mohammad, and H., Nawaz.** (1999). Field response of potato subjected to water stress and at different growth stages. Plant Soil Sci. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 213–224.

Vermeiren, I., and G. A. Jobling. (1980). Localized irrigation, design, installation, operation, evaluation. Irrig. Drain. Pap. 36 FAO, Rome.

Jamal, A., M. N. Shahid, B. Aftab, B. Rashid, M. B. Sarwar, B. B. Mohamed, S. Hassan, and T. Husnain. (2014). Water stress mediated changes in morphology and physiology of gossypium arboretum (var FDH-786). J. Plant Sci. 2 (5)179-186.

Lamm, F. R., J. P. Bordovsky, L. J. Schwankl, G. L. Grabow, J. Enciso- Medina, R. T. Peters, P. D. Colaizzi, T. P. Trooien, and D. O. Porter, (2012**).** Subsurface drip irrigation: Status of the technology in 2010. Trans ASABE. 55(2): 483-491.

Liverman, D,. R. Merideth and A. Holdsworth. (1996). Climate Variability and Social Vulnerability in the U.S.-Mexico Border Region: An Integrated assessment of the Water Resources of the San Pedro River and Santa Cruz River Basins. The University of Arizona. http: //geochange. er. usgs. Gov. /sw/ impoacts/ socity/ border.

Midmore, D. J. (1988). Potato (Solanum spp.) in the hat tropics. VI. plant population effects on soil temperature, plant development and tuber yield. Field crop. Res. 19:183-200.

Onder, S., M. E. cakiskan, D. onder, and S. kaliskan. (2005**).** Different irrigation methods and water stress on potato yield and yield eornponents. Agric. Water Manag.73(1):73-86.

Shock, C. C. and E. B. G. Feibert. (2002). Deficit irrigation of Potato, In: P. Mountonnet (ed.) Deficit irrigation practices Water Rep. 22. FAO, Rome.

Smith, M. (1992). CROPWAT. A computer program for planning and management. Irrig. Drain. Pap. 46, FAO, Rome.

Steduto, P., Haslao, Th. C., Elles, F., and D. Raes, (2012). Crop yield response to water. Irrig. Drain. pap 66. FAO, Rome.

Wu, y. and D. J. Cosgrove. (2000). Adaptation at roots to law potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall protein. J. Exp. Bot. si: 1543-1553.