

تأثير الري الناقص والتغطية في الاستهلاك المائي وحاصل البطاطا في تربة جبسية تحت الري بالتنقيط

محمد احمد صالح¹ ورمزي محمد شهاب

كلية الزراعة - جامعة تكريت - العراق

الخلاصة

يهدف معرفة تأثير نقص الري والمغذيات في الاستهلاك المائي وحاصل البطاطا نفذت تجربة حقلية في تربة جبسية في حقول كلية الزراعة- جامعة تكريت، للموسم الربيعي 2013. استخدم تصميم الألوام المنشقة Split Plot وثلاث مكررات تحت نظام الري بالتنقيط، حيث تمثل (C₁I₁) الري بشكل كامل و(C₁I₂) معاملة قطع ريبتين في مرحلة النمو الخضري و(C₁I₃) معاملة قطع ريبتين في مرحلة تكون الدرنات و(C₁I₄) معاملة قطع ريبتين في مرحلة ملئ الدرنات. أما معاملات التغطية وقطع الري فكانت (C₂I₁) و(C₂I₂) و(C₂I₃) و(C₂I₄) يتم قطع الري بالطريقة نفسها الميينة سابقا مع إضافة قش الحنطة بواقع 12 طن هكتار⁻¹ (يمثل I الري وC₁ معاملات عدم التغطية وC₂ معاملات التغطية). زرعت درنات البطاطا صنف رودلف بتاريخ 3-2-2013 وحصدت بتاريخ 20-6-2013 مدة التجربة 4 أشهر و 13 يوم. بلغت قيم التبخر- نتح الفعلي للبطاطا (435 و 338 مم موسم⁻¹) لمعاملة الري الكامل لعدم التغطية والتغطية. بينما في معاملات الري الناقص المختلفة بلغت (419-428 مم موسم⁻¹) للمعاملة بدون تغطية و(326-330 مم موسم⁻¹) للتغطية. كانت قيمة التبخر- نتح المرجعي المقدرة باستخدام معادلة بنمان- مونتيث المعدلة أعلى من معدل قيم التبخر- نتح الفعلي في حالتي عدم التغطية والتغطية إذ بلغت (688 و 426 و 330 مم موسم⁻¹) على التوالي. أدت عملية التغطية إلى توفير بالماء مقداره (22.3 و 22.9 و 22.1%) مقارنة بمعاملة عدم التغطية وذلك للري الكامل وقطع ريبتين أثناء النمو الخضري وتكون الدرنات وملئ الدرنات على التوالي. بلغ معامل المحصول K_c أعلى القيم في معاملة الري الكامل والري الناقص إذ بلغ 1.1 في معاملة الري الكامل بدون تغطية و0.84 في معاملة الري الكامل مع التغطية. حصل انخفاض معنوي في حاصل الدرنات نتيجة قطع ريبتين لمرحلة النمو الخضري وتكون الدرنات في معاملة عدم التغطية إذ بلغا (12.6 و 12.3 طن هكتار⁻¹) على التوالي مقارنة مع (14 طن هكتار⁻¹) لمعاملة الري الكامل. بلغ الحاصل (13.2 و 14.4 طن هكتار⁻¹) لمعاملة عدم التغطية والتغطية على التوالي.

كلمات مفتاحية :

الري الناقص،

المغذيات،

الاستهلاك المائي،

البطاطا، التربة

الجبسية

للمراسلة :

محمد احمد صالح

موبايل :

07702635932

البريد الالكتروني:

hamody_g1987

@yahoo.com

Effect of deficit irrigation and mulching on consumptive use and yield of potato in gypsiferous soil under drip irrigation.

Mohammed A. Saleh & Ramzi M. Shihab

College of Agriculture - University of Tikrit - Iraq

ABSTRACT

Keywords:
deficit irrigation,
Mulch, water
consumption, potatoes,
soil gypsum
Correspondence:
M.A. Saleh, College of
Agriculture, Tikrit
Uni., Iraq
Email:
hamody_g1987@
yahoo.com
Mobile No.:
07702635932

In order to determine the effect of the lack of irrigation and mulch in water consumption use and yield of potatoes under gypsiferous soil conditions in spring season in 2013 at experimental station of soil and water resources department, college of Agriculture, Tikrit university. The experimental design was split plot in three replicates. The main plots were irrigation treatment (I), and sub plots were no mulch (C₁) and mulch with wheat straw (C₂). The treatments were as follows: for no mulch full irrigation (control), C₁I₁, the deficit irrigation treatment included omitting two irrigations at vegetative growth C₁I₂, tuber initiation C₁I₃ and tuber bulking and maturation C₁I₄. For the mulch, The treatments were (C₂I₁, C₂I₂, C₂I₃ and C₂I₄) for four treatments, respectively. The mulch was spread on the soil surface of 12 ton ha⁻¹. Potato tubers, Rudolph variety were planted on 3-2-2013 for spring season and harvested on 20-6-2013. Reached values ET_a for potato was (345 and 338 mm/season) for full irrigation with the no mulch and the mulch, respectively. Whears the values of ET_a for deficit irrigations were reduced to (419-428 mm/season) for the no mulch, and (326-330 mm/season) for the mulch conditions. The value of the Reference ET₀ estimated using the equation Penman- Monteith adjusted higher than

¹ البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول

the rate of ET_a values in the cases of no mulch and mulch (688, 426 and 330 mm/season) respectively. Mulch treatment caused higher water saving as compared with no mulch conditions. The amounts reached (22.3, 22.9, 22.3 and 22.1%) for full irrigation, and deficit irrigation in vegetative growth, tuber initiation and tuber bulking and maturation, respectively. Maximum value of K_C was 1.1 in full and deficit irrigation treatments under no mulch compared with 0.84 for full irrigation under mulch conditions. significant decrease in tuber yield was found in deficit irrigation vegetative growth and tuber initiation stage with mulch. The yield was (12.6 and 12.3 ton ha⁻¹) respectively compared with (14.0 ton ha⁻¹) for full irrigation. On the other hand, deficit irrigation showed no effect on yield in tuber bulking stage. The non mulch treatment showed the same behavior, No significant differences in yield was found for no mulch (13.2 ton ha⁻¹) and mulch (14.5 ton ha⁻¹).

المقدمة:

يعرف الري الناقص (deficit Irrigation) على انه تعريض النبات لمستوى معين من الجهد المائي خلال مرحلة أو أكثر من مراحل نمو النبات دون التأثير معنويًا في الإنتاج (Kirda وآخرون، 1999). تطور مفهوم الري الناقص واستخداماته في المناطق الجافة وشبه الجافة في العالم نتيجة وجود طلب عالٍ على مياه الري مع وجود محدودية في مصادر هذه المياه (Someralde و Fischbach، 1974 و Miller و Aarstad، 1976). أوضح English (1990) إنّ إجراء عملية الري الناقص تختلف عن عمليات تجهيز المياه بالصورة التقليدية (ري كامل) إذ يحتاج من يمارسها أن يكون على معرفة بمستوى الانخفاض في النتج المسموح به بدون حصول انخفاض معنوي في الإنتاج، وبالالتجاء الآخر يمكن إضافة مساحات زراعية إضافية دون الحاجة إلى توفر مصدر مائي جديد. عرف Jubboori وآخرون (1977) الاحتياجات المائية بأنها عمق الماء المستهلك بوساطة المحصول زائدًا الماء المفقود أثناء الري مضافاً إليها كميات الماء المستخدمة في تحضير الأرض أو غسل الأملاح والتحكم بدرجة حرارة التربة. ولقد أشارت معظم الدراسات السابقة إلى إن الاستهلاك المائي للبطاطا بلغ (700-750 مم موسم⁻¹) (Liverman وآخرون، 1996 و Hassan وآخرون، 2002). إن تقليل التبخر من التربة من وسائل إدارة المياه ويمكن انجاز ذلك من خلال استخدام وسائل مختلفة مثل المغطيات الطبيعية كبقايا النباتات والصناعية مثل المخلفات النفطية وغيرها. تعد البقايا النباتية من المغطيات الطبيعية إذ تعمل على تغيير النظام الحراري والرطوبي للتربة. فضلا عن تغيير الظروف المحيطة بالنبات من خلال المحافظة على المخزون المائي فيها وتقليل كمية مياه الري المستخدمة بسبب خفض معدلات التبخر من سطح التربة (Greb وآخرون 1967). تعد البطاطا من محاصيل الخضر المهمة في العالم لاسيما الأمريكيتين وأوربا من حيث الإنتاج والمساحة المزروعة، إذ إنها من أكثر محاصيل الخضر استعمالاً (حسن، 1999). وفي العقدين الأخيرين انتشرت زراعتها في العراق انتشاراً واسعاً، وبلغت المساحة المزروعة بها على مستوى العالم إلى ما يقارب 19,132,110 هكتار وبمعدل إنتاج 17.19 طن هكتار⁻¹ (FAOSTAT، 2004). وتتميز البطاطا عن محاصيل الحبوب باحتياجاتها الغذائية العالية من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والعناصر الغذائية الأخرى. لذلك فإن زراعتها في الترب الجبسية قد يعطي إنتاجاً منخفضاً لضعف بناء تلك الترب ولتدهور خصائصها المختلفة وخاصة الفيزيائية منها مما يجعل قابليتها للاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية قليلة. لذلك كان هدف هذه الدراسة تقدير الاستهلاك المائي للبطاطا تحت تأثير نقص الري خلال مراحل النمو المختلفة والمغطيات وعلاقته بالحاصل تحت الري بالتقريط في الترب الجبسية.

المواد وطرائق البحث :

أجريت تجربة حقلية عاملية في محطة أبحاث كلية الزراعة / 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 هوائياً، 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

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

نفذت التجربة بتصميم الألواح المنشقة Split Plot وبثلاث مكررات إذ وزعت معاملات الري على القطع الرئيسة Main Plots ومعاملات الري والتغطية على القطع الفرعية Sub Plots وبصورة عشوائية. حللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج Gen stat وتم مقارنة المتوسطات حسب اختبار أقل فرق معنوي (L.S.D) ولمستوى احتمال 0.05. حرثت الأرض حرثاً متعامداً بوساطة محراث قرصي (دسك) وعلى عمق 30 سم 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 وآخر 1.5 م وتركت مسافة 3 م بين مكرر وآخر استخدمت في هذه التجربة طريقة الري بالتنقيط. 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 إجراء عمليات الخدمة الزراعية من العزق والتعشيب كما هو متبع في الحقول الإنتاجية وبشكل متماثل لجميع الوحدات التجريبية. أضيفت الأسمدة حسب توصيات Iqbal وآخرون (1999). قسمت دورة نمو النبات إلى أربعة مراحل وهي مرحلة أنبات 40 يوم ومرحلة النمو الخضري 48 يوماً ومرحلة تكون الدرنات 15 يوماً ومرحلة ملئ الدرنات 33 يوماً، وبذلك تبلغ التوافقات للتجربة أربع معاملات: الري الكامل (الري عند استنفاد 35% من الماء الجاهز)، والري غير الكامل بقطع رييتين عند مرحلة النمو الخضري ومرحلة تكون الدرنات وملئ الدرنات وذلك لكل من عدم التغطية والتغطية وكما مبين في الجدول (2). 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. تمت عملية الري بعد استنفاد 35% من الماء الجاهز وحسب كمية مياه الري في كل ريه اعتماداً على قياسات المحتوى الرطوبي للتربة قبل الري وبعده. حصد النبات بتاريخ 20-6-2013. أستخدمت معادلة الموازنة المائية كطريقة مباشرة في حساب الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول وحسب المعادلة الآتية (FAO، 1998).

$$(I + P + C) - (ET_a + D + R) = \pm \Delta S \dots \dots \dots (1)$$

إذ أن:

I = ماء الري المضاف (مم).

P = المطر (مم).

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

$ET_a =$ التبخر - نتح الفعلي (مم) أو مساهمة الماء الجوفي في الري.

$D =$ البزل العميق (مم).

$R =$ الجريان السطحي (مم).

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

وان كل من :

$R = 0$ لان الأرض مستوية والجريان السطحي معدوم تقريبا.

$C = 0$ لان المياه الجوفية عميقة.

$D = 0$ (لان الري يتم بعد استفاد 35% من الماء الجاهز) وبهذا تصبح المعادلة بالشكل الآتي:

$$I + P = ET_a \pm \Delta S \dots\dots\dots (2)$$

استعملت معادلة بنمان- مونتيث المعدلة Penman- Monteith لمنظمة الأغذية الزراعية FAO (Allen وآخرون، 1998) في حساب التبخر - نتح المرجعي طوال موسم نمو المحصول. ولحساب المتغيرات في المعادلة أعلاه استخدم البرنامج الحاسوبي Cropwat (Smith وآخرون، 1998) لهذا الغرض ومن ثم حساب قيمة ET_0 وقد تم التعبير عن التبخر - نتح المرجعي بوحدات ملم يوم⁻¹.

$$ET_0 = \frac{0.408 \times \Delta (Rn - G) + \gamma \left[\frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a) \right]}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \dots\dots\dots (3)$$

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[°]).

$U_2 =$ سرعة الرياح مقاسه عند ارتفاع 2م (م ثا⁻¹).

$\Delta =$ انحدار منحنى ضغط البخار (كيلوباسكال م[°]).

$\gamma =$ ثابت السايكروميتر (كيلوباسكال م[°]).

900 = عامل تحويل.

جدول (2): توافقات معاملات التجريبية

مرحلة النمو			
ملغ الدرنات	تكون الدرنات	النمو الخضري	المعاملة
بدون تغطية			
ري كامل	ري كامل	ري كامل	$C_1 I_1$ (المقارنة)
ري كامل	ري كامل	قطع ريتين	$C_1 I_2$
ري كامل	قطع ريتين	ري كامل	$C_1 I_3$
قطع ريتين	ري كامل	ري كامل	$C_1 I_4$
التغطية			
ري كامل	ري كامل	ري كامل	$C_2 I_1$ (المقارنة)
ري كامل	ري كامل	قطع ريتين	$C_2 I_2$
ري كامل	قطع ريتين	ري كامل	$C_2 I_3$
قطع ريتين	ري كامل	ري كامل	$C_2 I_4$

1- المتطلبات المائية الكلية للمحصول:

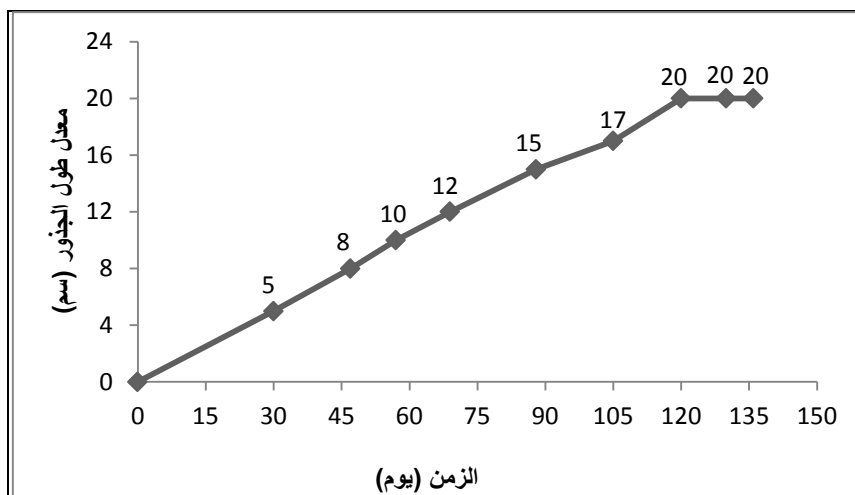
اختلفت كميات المياه المضافة (مم) إلى الحقل خلال موسم النمو بين معاملة الري الكامل (المقارنة) ومعاملات الري الناقص (قطع رييتين) عند مراحل النمو المختلفة (النمو الخضري وتكون الدرنات وملئ الدرنات) (جدول 3). كانت أعلى كمية لماء الري المضاف عند معاملة الري الكامل إذ بلغت (443.7 و 346.1 مم) لمعاملي بدون تغطية والتغطية على التوالي، بينما كانت أقل كمية ماء مضافة عند معاملة الري الناقص في مرحلة ملئ الدرنات والتي بلغت (430.9 و 333.3 مم) وذلك لمعاملي بدون تغطية والتغطية على التوالي. بلغت نسبة الانخفاض في كمية مياه الري المضافة إلى الحقل عن معاملة الري الكامل (1.9 و 2.5 و 2.9%) لمعاملات الري الناقص عند مرحلة النمو الخضري وتكون الدرنات ومرحلة ملئ الدرنات على التوالي. أما نسبة الانخفاض لمعاملات التغطية فبلغت (2.2 و 3.2 و 3.7%) لمعاملات الري الناقص لمراحل النمو أعلاه على التوالي. يعود السبب في زيادة نسبة الانخفاض في كمية المياه المضافة إلى الحقل عند قطع رييتين في مرحلة ملئ الدرنات لمعاملي التغطية وبدون تغطية إلى إن أطوال الجذور تراوح من (17-20 سم) في مرحلة ملئ الدرنات في حين بلغ (7-10-13-17 سم) لمرحلي النمو الخضري وتكوين الدرنات (شكل 1). وبما إن كمية الماء المضافة إلى التربة لإرجاع التربة إلى حدود السعة الحقلية تحسب على أساس عمق الجذور مما سبب ذلك إلى زيادة نسبة انخفاض الماء المضاف إلى المحصول. لذا فإنه يمكن توفير 2.9% من الماء عند إجراء الري الناقص في مرحلة ملئ الدرنات، أما معاملات التغطية فيمكن توفير كمية مياه تصل إلى 3.7% عند إجراء عملية الري الناقص في مرحلة ملئ الدرنات، إذ أن تأثير الري الناقص في إنتاج البطاطا قد لا يؤثر بشكل سلبي عندما يكون هناك إجهاد مائي على المحصول خلال مرحلة معينة والتي تكون أقل حساسية إلى نقصان الرطوبة (Moutonnet, 2000).

جدول (3): معدل كمية الماء المستهلكة (مم) من قبل المحصول

المعاملات	عدد الريات خلال الموسم	مجموع الماء المضاف (مم)	المطر (مم)	مجموع الماء الكلي (مم)	توفير ماء الري (%)
بدون تغطية					
C ₁ I ₁ (المقارنة)	75	402.7	41.0	443.7	-
C ₁ I ₂	73	394.4	41.0	435.4	1.9
C ₁ I ₃	73	391.7	41.0	432.7	2.5
C ₁ I ₄	73	389.9	41.0	430.9	2.9
المعدل	-	394.7	41.0	435.7	1.8
تغطية					
C ₂ I ₁ (المقارنة)	56	305.1	41.0	346.1	-
C ₂ I ₂	54	297.5	41.0	338.5	2.2
C ₂ I ₃	54	294.0	41.0	335.0	3.2
C ₂ I ₄	54	292.3	41.0	333.3	3.7
المعدل	-	297.2	41.0	338.2	2.3

من الجدير بالذكر إن متوسط الأستهلاك المائي للمعاملات بدون تغطية كان 426 مم (جدول 4) وبقل عن القيم المقدرة في دراسات سابقة التي وصلت إلى 750 مم (Liverman وآخرون، 1996). إن سبب عدم تغلغل الجذور إلى عمق أكثر من 20 سم كما هو واضح في الشكل (1) ذلك لأن البطاطا أساسا من النباتات ذات الجذور الضحلة والتي تمتد إلى حدود 60 سم عمق، فضلا عن إن وجود الجبس بنسبة مرتفعة في التربة وخاصة بعد عمق 10 سم أدى إلى تكون طبقة صلبة تعيق حركة الجذور بشكل كبير وبالتالي تكون حركة الجذور أفقية وليست عمودية، كما إن عمق ماء الري المضاف كان يتغير حسب طول الجذر

وهذا يعني إن الماء المضاف كان محسوبا بحيث لا تذهب منه ضائعات إذ يمكن أن يبقى جزء من مقد التربة جافا وهذا يعيق حركة الجذور إلى الأسفل نتيجة لارتفاع نسبة الجبس. إن ذلك كله يؤدي إلى التأثير في الحاصل وخاصة حجم الدرنة كما سيأتي مناقشته في مواصفات الحاصل.



شكل (1): تطور نمو الجذور مع الزمن خلال الموسم الخريفي لنبات البطاطا

2- المتطلبات المائية الفعلية (ET_a) خلال مراحل النمو المختلفة:

اختلفت قيم التبخر - نتح الفعلية (ET_a) الكلية خلال الموسم باختلاف المعاملات باستخدام معادلة الموازنة المائية (جدول 4) إذ كانت أعلى قيم عند معاملي الري الكامل وذلك لمعاملي بدون تغطية ومع التغطية. أخذت هذه القيم بالانخفاض مع بقية معاملات الري الناقص ابتداء من قطع الري في مرحلة النمو الخضري إلى نهاية الموسم وتكون الحاصل. بلغت أدنى قيمة للمتطلبات المائية الفعلية عند معاملة الري الناقص في مرحلة ملئ الدرنة بالنسبة للمعاملات بدون تغطية إذ بلغت (419.4 مم). أما معاملات التغطية فكانت أقل قيمة عند معاملة الري الناقص في مرحلة ملئ الدرنة بلغت (326.6 مم) وكانت هذه القيم للمتطلبات المائية الفعلية متقاربة جدا مع قيم كميات المياه المضافة الكلية للحقل خلال موسم النمو بأكمله. كما نلاحظ أنه كلما قلت كمية المياه الكلية المضافة خلال الموسم في معاملات الري الناقص أنخفضت قيم التبخر - نتح الفعلي (الجدولان 3 و 4). بلغ متوسط المتطلبات المائية الفعلية لمعاملات الري الناقص بدون تغطية حوالي (423 مم موسم⁻¹) مقارنة مع حوالي (435 مم موسم⁻¹) قيمة المتطلبات المائية الفعلية لمعاملة الري الكامل. أما معاملات التغطية فبلغ متوسط المتطلبات المائية الفعلية لمعاملات الري الناقص (328 مم موسم⁻¹) مقارنة مع (338 مم موسم⁻¹) قيمة المتطلبات المائية الفعلية لمعاملة الري الكامل والتغطية. بلغت نسبة الانخفاض في الاحتياج المائي الفعلي (التوفير بماء الري) لمعاملات الري الناقص بدون تغطية عن معاملة الري الكامل (1.5 و 2.9 و 3.6%) لمعاملات الري الناقص عند مرحلة النمو الخضري ومرحلة تكون الدرنة ومرحلة ملئ الدرنة على التوالي (جدول 4). أما معاملات الري الناقص والتغطية فقد بلغت نسبة الانخفاض في الاحتياج المائي الفعلي (2.3 و 2.9 و 3.4%) لمعاملات الري الناقص والتغطية عند مرحلة النمو الخضري ومرحلة تكون الدرنة ومرحلة ملئ الدرنة على التوالي عند مقارنتها مع معاملة الري الكامل. يعود سبب انخفاض قيم التبخر - نتح الفعلي عند معاملات الري الناقص لمعاملي التغطية وبدون تغطية عن معدله عند الري الكامل إلى إن معدل النتح من قبل نبات البطاطا يقل مع زيادة نقصان ماء التربة الجاهز ولأن محتوى التربة من الماء خصوصا في الطبقة من (0-15 سم) يؤثر في قيم التبخر من سطح التربة لذا كان للتغطية تأثير في المحافظة على رطوبة التربة وتقليل كمية التبخر من سطح التربة. (Boldt وآخرون، 1996 و Turner، 1974 والهادي ومراد، 2000 و Kirda، 2004). من جانب آخر فقد كان للتغطية تأثيرا كبيرا في تقليل كمية الماء المضافة (جدول 3) وقيم ET_a (جدول 4)، فعند مقارنتها مع عدم التغطية نجد إنها ساهمت في معدل توفير عام بلغ 22.4% من الماء المستهلك بشكل ET_a

مقارنة مع عدم التغطية (جدول 5) وقد كانت أعلى نسبة توفير في مرحلة النمو الخضري إذ بلغت 43.8% تلاه مرحلة تكون الدرنات بـ 21.5% ثم ملئ الدرنات بـ 14.1%. ويرجع سبب ذلك (انخفاض التبخر - نتح الفعلي ET_a) إلى التغطية إذ أن قش الحنطة يعمل على تقليل انتقال الحرارة إلى سطح التربة نتيجة امتصاص طاقة الإشعاع الشمسي الساقط وعكسها مرة أخرى إلى الجو وبذلك تنخفض الطاقة الحرارية المنتقلة إلى التربة مما يؤدي إلى خفض التبخر. وهذا يؤدي إلى الحفاظ على رطوبة تربة مناسبة وينظم درجة حرارة التربة وبذلك يقلل من درجات حرارة التربة تحت طبقة التغطية (Lal و Shukla، 2004). وعند النظر ثانية إلى النتائج نرى إن الفروق في قيم ET_a للمعاملات المختلفة وذلك لكل من التغطية وبدون التغطية كلا على حدة لم تكن كبيرة، وربما يعود سبب ذلك إلى إن طريقة الري بالتنقيط تستدعي إضافات المياه بفترات متقاربة مما قلل تأثير قطع ريتين أثناء مرحلة النمو الواحدة، كذلك إن موسم الزراعة شهد تقلبات مناخية وسقوط أمطار كثيرة نسبياً وانخفاض في درجات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية.

جدول (4): المتطلبات المائية الفعلية (ET_a) خلال مراحل النمو المختلفة للمعاملات المختلفة

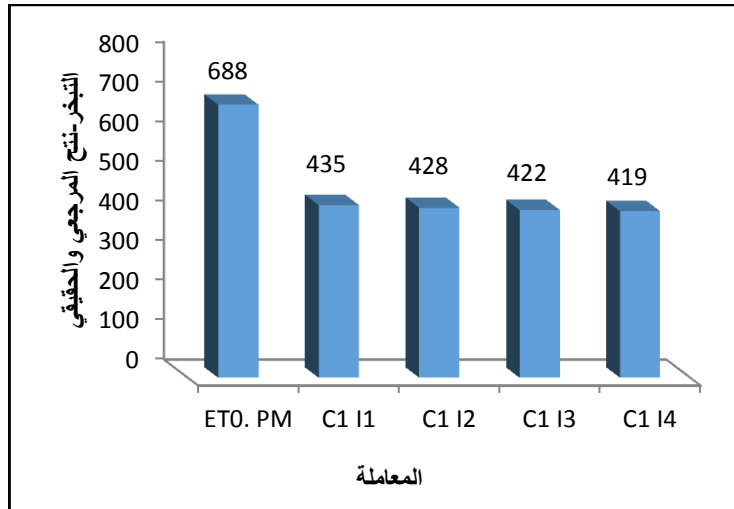
توفير ماء الري %	المجموع	المتطلبات المائية الفعلية (ET_a) (مم) عند مراحل النمو				المعاملات
		ملئ الدرنات	تكون الدرنات	النمو الخضري	الإنبات	
بدون تغطية						
0	435.0	199.1	85.1	116.4	34.7	C₁ I₁
1.5	428.3	199.1	85.1	109.4	34.7	C₁ I₂
2.9	422.4	199.1	72.2	116.4	34.7	C₁ I₃
3.6	419.4	183.1	85.1	116.4	34.7	C₁ I₄
2.0	426.4	195.1	81.9	114.7	34.7	المعدل
تغطية						
0	338.1	170.4	66.7	66.3	34.7	C₂ I₁
2.3	330.4	170.4	66.7	58.6	34.7	C₂ I₂
2.9	328.2	170.4	56.8	66.3	34.7	C₂ I₃
3.4	326.6	158.9	66.7	66.3	34.7	C₂ I₄
2.2	330.8	167.5	64.2	64.4	34.7	المعدل

جدول (5): نسب التوفير بالماء باستخدام التغطية مقارنة بعدمها

التوفير بالماء (%)					
مراحل النمو	الإنبات	النمو الخضري	تكون الدرنات	ملئ الدرنات	من المجموع الكلي
C₂ I₁	-	43.0	21.6	14.4	22.3
C₂ I₂	-	46.0	21.6	14.4	22.9
C₂ I₃	-	43.0	21.3	14.4	22.3
C₂ I₄	-	43.0	21.6	13.2	22.1
المعدل	-	43.8	21.5	14.1	22.4

3- التبخر - نتح الفعلي (ET_a) والمرجعي (ET_0):

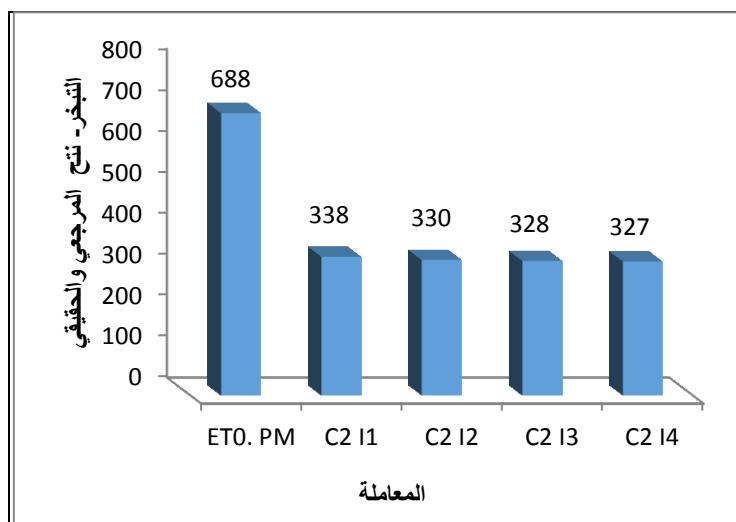
يبين الشكلان (2 و 3) التبخر - نتح المرجعي (ET_0) المقاس من معادلة بنمان - مونتيث المعدلة والتبخر - نتح الفعلي ET_a للمعاملات المختلفة. يلاحظ ارتفاع قيم التبخر - نتح المرجعي ET_0 المقدر بوساطة معادلة بنمان - مونتيث مقارنة ببقية القيم. بلغت قيمة التبخر - نتح المرجعي (ET_0) الكلية لموسم النمو (688 مم موسم¹) لمعادلة بنمان - مونتيث. فيما بلغت متوسط قيم التبخر - نتح الفعلي (ET_a) للمعاملات بدون تغطية (426 مم موسم¹) ومعاملات التغطية (331 مم موسم¹) لمعاملة الري الكامل. انخفاض قيم التبخر - نتح الفعلي (ET_a) عن قيم التبخر - نتح المرجعي (ET_0) المقدر بوساطة معادلة بنمان - مونتيث المعدلة يعود لعوامل عديدة منها إن عملية النتح من النبات تحدث بصورة كبيرة في النهار تحت تأثير الإشعاع الشمسي أما في الليل فتغلق الثغور وهذا يؤدي إلى خفض الأستهلاك المائي للنبات أو توقفه أحيانا. كذلك للتربة وقابليتها على مسك الماء والإيصالية المائية تحت ظروف الشد المائي تأثير في عملية التبخر - نتح الفعلي (ET_a) وأيضا نوع النبات وطبيعته الوراثية (William وآخرون، 1986 و Turner، 1974 وأحمد، 1987) إضافة إلى اختلاف صنف البطاطا في استهلاكه للماء. كما تختلف قيم ET_a للبطاطا باختلاف الظروف المناخية واختلاف التربة وسطح التربة المبتل ومرحلة النمو ومقدار الغطاء النباتي (ظلة النبات Plant Canopy). فقد تراوحت قيم ET_a من (283-700 مم موسم¹) تحت ظروف مناخية متباينة كثيرا وأصناف مختلفة (Shock وآخرون، 2007). كما إن لطريقة الري المستعملة في هذا البحث أهمية كبيرة في تقليل كمية الماء المستهلكة من قبل النبات. فقد أدت إضافة الماء بنظام الري بالتنقيط إلى تقليل الكمية المستهلكة من الماء بشكل كبير نتيجة لإضافة الماء بالقرب من النبات وأن جزءا محدودا من التربة قد تبطل مما قل بشكل كبير عملية التبخر من سطح التربة خاصة في المراحل الأولى من نمو النبات، فضلا عن إمكانية إعطاء الماء بفترات متقاربة إلى النبات (تكرار الري) قد قلل من تأثير الظروف المناخية



شكل 2. التبخر - نتح المرجعي والحققي للمعاملات والمعادلات المختلفة بدون تغطية

القاسية السائدة في المنطقة. إذ بين Mustafa و Abdelmagid (1982) أن تباعد المدة الزمنية بين ريه وأخرى أو أعطاء الريه بكمية ناقصة يعطى قيمة عالية من الإجهاد المائي والأزموزي وعندها سيقل امتصاص النبات من المغذيات ولغرض الوصول إلى استخدام ري ناقص كفوء يكون من الضروري معرفة قابلية التربة على مسك الماء وخصوصاً في التربة خشنة النسجة ومنها التربة الجبسية. إذ تصل النباتات إلى حالة الإجهاد المائي بسرعة تحت ظروف الري الناقص. بينما يكون للنباتات النامية في الترب ناعمة النسجة (الطينية) متسع من الوقت لكي تتقلم نفسها لحالة الإجهاد المائي التي يتعرض لها النبات نتيجة للري الناقص وربما قد تبقى غير متأثرة بانخفاض محتوى رطوبة التربة في مرحلة من مراحل نموها، من هذا فإن النجاح في استخدام الري الناقص يكون أكثر احتمالية في الترب ناعمة النسجة (الطينية) (Kirda، 2004). ولكن يمكن تقليل ذلك وخاصة في الترب الجبسية من

خلال استعمال طرائق الري بالتنقيط والرش واللذان يمكن أن يضاف الماء فيهما بفترات متقاربة مما يقلل تأثير الجفاف السريع للتربة وكذلك يقلل ذوبان الجبس وتهدم التربة.



شكل 3. التبخر - نتج المرجعي والحقيقي للمعاملات والمعادلات المختلفة مع التغطية

4- معامل المحصول (K_C):

اعتمدت قيم التبخر - نتج المرجعي (ET_0) من معادلة بنمان - مونثيث المعدلة والتبخر - نتج الفعلي (ET_a) لحساب معامل المحصول (K_C). بلغت قيم معامل المحصول (K_C) لموسم النمو بدون تغطية (0.53 و 1.10 و 0.73) لمعاملة الري الكامل لمرحلة النمو الخضري وتكون الدرنات وملئ الدرنات على التوالي (جدول 6). ويلاحظ من الجدول (6) ازدياد قيم معامل المحصول (K_C) بصورة تدريجية مع مرحلة تقدم النمو حتى يصل إلى أقصى قيمة له عند مرحلة تكون الدرنات ليصل إلى 1.1 ثم يبدأ بالانخفاض عند مرحلة ملئ الدرنات، فقد زادت قيمه من 0.5 إلى 1.1 ثم انخفضت إلى حوالي 0.7. وقد أدت مراحل القطع إلى حصول انخفاض في قيم معامل المحصول (K_C) مقارنة مع معاملة الري الكامل، فقد بلغ أعلى انخفاض عند معاملة قطع الري في مرحلة تكون الدرنات ليصل إلى 0.91 وذلك لارتفاع قيم التبخر - نتج المرجعي خلال هذه المرحلة. ترجع الزيادة في قيمة معامل المحصول (K_C) عند معاملة الري الكامل (جدول 6) إلى زيادة كميات الماء الجاهز للنبات كون الرطوبة قريبة من السعة الحقلية والذي أدى إلى رفع قيمة الماء المستهلك خلال فترة النمو. سلكت قيم قيمة معامل المحصول (K_C) تحت ظروف التغطية سلوكا مشابها لظروف عدم التغطية إذ بلغت قيم معامل المحصول (K_C) (0.30 و 0.84 و 0.63) لمرحلة النمو الخضري وتكون الدرنات وملئ الدرنات على التوالي. مع ذلك يلاحظ من الجدول (6) انخفاض قيم معامل المحصول (K_C) تحت ظروف التغطية عند مقارنتها مع عدم التغطية. والسبب يعود إلى تأثير التغطية في المحافظة على التوازن المائي للتربة وتقليل التبخر - نتج وكمية الماء المضافة نتيجة للمحافظة على رطوبة أعلى للنبات. إن سبب ارتفاع قيمة K_C عند مرحلة تكون الدرنات لكافة المعاملات يعود إلى أن النبات اكتمل نموه وزاد غطاءه النباتي (الظلة) إذ ازداد الاستهلاك المائي الفعلي وزاد تغلغل الجذور في التربة وزاد النتج وقل التبخر من سطح التربة. فضلا عن إن التغيير في الإشعاع الصافي يكون نسبيا ثابتا لأي مرحلة من مراحل النمو مالم يحصل تغير في انحدار الأرض. لذلك فإن معظم التغيير في قيم K_C ينتج من التغييرات في مساحة الورقة والسيطرة على الثغور من قبل النبات والمقاومة الحركية للهواء والتي تعتمد على ارتفاع ظلة النبات وخشونتها وسرعة الرياح (Allen وآخرون، 2011). إن قيمة K_C (0.53 و 1.1 و 0.73) تمثل التبخر - نتج تحت ظروف نمو مثلى وبدون إجهاد ناتج من نقص الماء. ولذلك فإن الإجهاد المائي يقلل النتج وبذلك يقل الـ ET الفعلي مسببا انخفاضا في فتح الثغور ويقلل فقدان الماء وبذلك يقل الـ ET الفعلي مما يسبب خفض قيمة K_C . وعند مقارنة قيم K_C من منشورات الـ FAO للبساطا (Allen وآخرون،

1998) نجد إنها بلغت (0.5 و 1.15 و 0.75) للمراحل الأولية والمتوسطة والنهائية لنمو النبات وهذه مقارنة لنتائج هذا البحث لمراحل النمو الخضري وتكون الدرنات و ملئ الدرنات، والتي بلغت (0.53 و 1.1 و 0.73) على التوالي، وذلك لمعاملة الري الكامل ولكنها انخفضت بزيادة نقص الماء (جدول 6). ومن المعلوم إن K_C يتأثر بمرحلة نمو النبات ونقص ماء التربة والتطبيقات الزراعية الأخرى وهذا واضح من خلال قيم K_C لمعاملة التغطية إذ سببت التغطية في خفض قيم K_C لجميع المعاملات مقارنة بمعاملة عدم التغطية.

جدول (6): معامل المحصول (K_C) للمعاملات المختلفة حسب مراحل نمو النبات

مراحل نمو نبات البطاطا			المعاملات
ملئ الدرنات	تكون الدرنات	النمو الخضري	
K_C بدون تغطية			
0.73	1.10	0.53	$C_1 I_1$
0.73	1.10	0.49	$C_1 I_2$
0.73	0.91	0.53	$C_1 I_3$
0.68	1.10	0.53	$C_1 I_4$
K_C تغطية			
0.63	0.84	0.30	$C_2 I_1$
0.63	0.84	0.26	$C_2 I_2$
0.63	0.71	0.30	$C_2 I_3$
0.59	0.84	0.30	$C_2 I_4$

5- الإنتاج :

يبين الجدول (7) تأثير المعاملات المختلفة في الحاصل الكلي للبطاطا إذ تشير نتائج مواعيد قطع الري حسب مراحل النمو إلى إن معاملة قطع ريتين في مرحلة ملئ الدرنات (I_4) أعطت أعلى معدل للحاصل بلغ (15.6 طن هكتار⁻¹) في حين أعطت معاملة قطع ريتين في مرحلة النمو الخضري (I_2) اقل إنتاج بلغ (12.6 طن هكتار⁻¹) وقد بلغت نسبة الزيادة للمعاملة (I_4) (10.3 و 19.2 و 14.1%) مقارنة بمعاملات الري الكامل (I_1) وقطع ريتين في مرحلة النمو الخضري (I_2) وقطع ريتين في مرحلة تكون الدرنات (I_3) على التوالي، وقد كانت الفروق معنوية على مستوى 0.05. وقد بلغ الحاصل (13.2 طن هكتار⁻¹) لمعاملة عدم التغطية (C_1) في حين بلغ (14.5 طن هكتار⁻¹) لمعاملة التغطية (C_2) وقد كانت الزيادة بمقدار 9%. ولم تكن الفروق معنوية بين المعاملتين. أما التداخل بين المعاملات فقد أوضحت النتائج إن أعلى معدل إنتاج بلغ (17.0 طن هكتار⁻¹) للمعاملة ($C_2 I_4$) مقابل اقل إنتاج للمعاملة ($C_1 I_3$) بلغ (12.3 طن هكتار⁻¹) وكانت الفروق معنوية في الحاصل بين المعاملات. وكان تسلسل الحاصل في معاملة عدم التغطية $I_4 < I_1 < I_2 < I_3$ في حين كان $I_2 < I_3 < I_1 < I_4$ لمعاملات التغطية. إن سبب تفوق معاملة الري I_4 على المعاملات I_1 و I_2 و I_3 ربما يعود إلى المرحلة المستهدفة في المعاملة I_4 بأسلوب الري الناقص وهي المرحلة الرابعة وخلال هذه المرحلة فان أوراق النبات تبدأ بالاصفرار والموت لان العمليات الفسلجية الضرورية للبناء والتكوين قد اكتملت وبذلك يقل الاستهلاك المائي للمحصول خلال هذه المرحلة مما يؤدي إلى عدم تأثر الحاصل بصورة كبيرة خلال هذه المرحلة. فبشكل عام إن نقص الماء في المرحلة المتوسطة أو الأخيرة من النمو يؤدي إلى خفض اقل في الحاصل مقارنة بنقص الري في المرحلة المبكرة من النمو وهذا يختلف باختلاف الصنف (Steduto وآخرون، 2012). وعند مقارنة الإنتاج للمعاملتين I_2 و I_3 مع المعاملة I_1 فإننا لا نلاحظ انخفاضاً كبيراً في الإنتاج على الرغم من إن الماء المضاف للمعاملتين I_2 و I_3 اقل من الماء المضاف للمعاملة I_1 (جدول 3). والسبب يعود إلى إن تعريض النباتات للجهد المائي يجعلها تتحفز لإطلاق مركب ABA (Abscisic acid) الذي يعمل على إطلاق أشارات من الجذور إلى الأوراق للتحكم بفتح وغلق الثغور استجابة لظروف التربة من

الجفاف إذ يعمل الإغلاق الجزئي للثغور على حماية الأنسجة النباتية من فقدان محتواها المائي عن طريق تقليل النتج وبالتالي حفظ المياه (Zhang و Davies، 1990). وهذا ما يفسر تفوق المعاملة C_2I_4 وإعطاءها أعلى إنتاج بين المعاملات إذ توافرت عوامل قطع الري في مرحلة ملئ الدرنات وكذلك وجود التغطية التي حافظت على رطوبة التربة وقللت من تبخر الماء من سطح التربة. إن العامل الأكثر تأثيراً في إنتاج البطاطا هو درجة الحرارة ورطوبة الجو المحيط إذ إن درجة حرارة الهواء المثلى المطلوبة لنمو البطاطا بشكل عام هي ($25-30^{\circ}م$) نهاراً و($12-18^{\circ}م$) ليلاً وبزيادة درجة الحرارة نهاراً وانخفاضها ليلاً عن الحد الأمثل فإن النمو وتكون الدرنات سوف يتأثران سلباً (Steduto وآخرون، 2012). هذا ما يؤكد بأن معاملات التغطية حافظت على رطوبة مناسبة في مقد التربة ووفرت ظروف مناخية مستقرة نوعاً ما وأعطت حاصلاً يفوق المعاملات بدون تغطية ولكنه لازال أقل من معدل الناتج في العراق. إن الحاصل في هذه التجربة قليل قياساً للعالم وللعراق إذ بلغ الإنتاج العالمي من البطاطا (17.19طن هكتار⁻¹) (FAOSTAT، 2004). أما في العراق فقد بلغ الإنتاج (15.7طن هكتار⁻¹) (الجهاز المركزي للإحصاء، 2010). وفي هذه الحالة يمكن أن يعزى ذلك إلى إن ارتفاع نسبة الجبس ربما كان هو السبب الرئيس في خفض الإنتاج بالرغم من توفر العوامل الأخرى اللازمة لنمو النبات فقد يقوم الجبس بتجميع الحرارة بشكل أكبر من مكونات التربة الأخرى وبذلك يؤدي إلى الجفاف السريع للتربة فضلاً عن تدهور خصائص التربة الأخرى. لذا يجب التركيز على خصائص التربة الجبسية المختلفة. كما تشير نتائج الجدول (8) إن الدرنات من حجم M كانت أكثر نسبة من الإنتاج الكلي وليس الحجم L بالنسبة للمعاملات بدون تغطية. وهذا مرتبط بوفرة الرطوبة والجبس في مقد التربة الذي كان عائقاً في نمو وتطور الدرنات الكبيرة الحجم. أما معاملات التغطية فقد كانت الدرنات من حجم L أكثر نسبة من الإنتاج الكلي وهذا يؤكد ما ذكر سابقاً على إن التغطية حافظت على رطوبة وحرارة التربة الأمر الذي ساعد على تكون وملئ الدرنات بشكل أفضل، بعكس معاملات عدم التغطية التي ربما كان الجبس عائقاً أمام نمو وتطور الدرنات كبيرة الحجم.

جدول (7): معدل الإنتاج الكلي للمعاملات المختلفة لحاصل البطاطا (طن هكتار⁻¹)

معدل C	I ₄	I ₃	I ₂	I ₁	I / C
13.2	14.1	12.3	12.6	14.0	C ₁
14.5	17.0	14.4	12.5	14.0	C ₂
—	15.6	13.4	12.6	14.0	معدل I
C×I		I		C	L.S.D 0.05
2.8		2.0		N.S	

جدول (8): حاصل البطاطا حسب حجوم الدرنات نسبة إلى الحاصل الكلي باختلاف المعاملات

الحاصل %			المعاملة
S	M	L	
بدون تغطية			
5.8	52.5	41.7	C ₁ I ₁
7.9	48.4	43.7	C ₁ I ₂
6.5	50.4	43.1	C ₁ I ₃
7.1	57.4	35.5	C ₁ I ₄
تغطية			
7.1	47.1	45.7	C ₂ I ₁
5.6	40.1	54.5	C ₂ I ₂
7.6	36.1	56.3	C ₂ I ₃
6.5	34.7	58.8	C ₂ I ₄

مما سبق يمكن القول أن نقص الري أدى إلى خفض كميات المياه المضافة إلى الحقل إذ أمكن توفير جزء من كميات المياه المضافة لمحصول البطاطا مع المحافظة على حاصل الحبوب، كما أثر الري الناقص في مرحلة تكون الدرنات بشكل أساس في الحاصل، إذ كانت هذه المرحلة هي الأكثر حساسية وأقل تحملاً للري الناقص من بقية مراحل النمو. كما أدت التغطية إلى زيادة الإنتاج بشكل عام وتقليل كميات الماء المضافة، كذلك انخفاض حاصل البطاطا تحت ظروف الترب الجبسية مقارنة بإنتاج البطاطا في العراق نتيجة لخصائص التربة الرديئة.

المصادر:

- أحمد، رياض عبد اللطيف. (1987). فسلة الحاصلات الزراعية ونموها تحت الظروف الجافة (الشد الرطوبي) . مديرية دار الكتب للطباعة والنشر . جامعة الموصل.
- الجهاز المركزي للإحصاء. (2010). تقرير إنتاج المحاصيل والخضر. مديرية الإحصاء الزراعي ووزارة الزراعة ، جمهورية العراق.
- الهادي، صباح شافي والمراد، حسين شهاب. (2000). تأثير رص التربة والمخلفات العضوية على الكثافة الظاهرية ونمو النبات. مجلة البصرة للعلوم الزراعية. مجلد 13، ص: 191 - 206.
- حسن، احمد عبد المنعم. (1999). إنتاج البطاطس. سلسلة محاصيل الخضر: تكنولوجيا الإنتاج والممارسات الزراعية المتطورة. الطبعة الأولى. الدار العربية للنشر والتوزيع 446 صفحة.
- Allen, R. G., Howell, T. A., and R. L. Snyder. (2011). Irrigation water requirements. In: Steton and Mecham (eds.). Irrigation, 6th Edition Irrigation Association, Falls Church, VA, USA.
- Allen, R. G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. (1998). Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage. Paper 65, Rome.
- Boldt, A. L., D. E. Eisenhauer, D. L. Martin, and G. J. Wilmes. (1996). Irrigation water conservation practices for the central platte valley, Nebraska. Ecosystem Proceeding paper.
- English, M.J. (1990). Deficit irrigation. Analytical Framework, (1 of 2) ASCE, J. Irrig. Drain. Eng. 116 (3): 399-412.
- FAO, (1998). Crop Evapotranspiration, Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO, Irrigation and Drainage. Paper No. 56.
- FAOSTAT, (2004). Statistical databases – FAO, Rome.
- Fischbach, R. E., and B. R. Somerhalder. (1974). Irrigation design requirements for corn. Trans. ASAE, 17: 162 – 165, 171.
- Greb, B. W., D. E. Smika and A. L. Black. (1967). Effect of straw mulch on soil water storage during summer fallow in the Great plains. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 31:556- 559.
- Hassan, A. A., A. A. Starkar., M. H. Ali, and N. N. Karim . (2002) . Effect of deficit irrigation at different growth stages on the yield of potato. Pak. J. Biol. Sci, S: 128-134.
- Iqbal, M.M., Mahmood Shah, S., Mohammad, W., and Nawaz, H., (1999). Field response of potato subjected to water stress and at different growth stages. Plant Soil Sci. Kluwer. Academic Publishers, Dordrecht, pp. 213-224.
- Juboori, S. A., G. M. Al-Kawaz, and S.B. Ray. (1977). Guidelins for crop consumptive water use research in Iraq. State Organization for Soil and Land Reclamation, Iraq. Tech. Rep. No. 14.
- Kirda, C., (2004). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit Irrigation Practice. Water Rep. 22. FAO, Rome, pp. 3-10.
- Kirda, C., R. Kanber, and K. Tulucu. (1999). Yield response of cotton maize, soybean, sugar beet, sunflower and wheat to deficit irrigarion In: C. Kirda.; P. Moutonnet.; C. Hera; and D. R. Nielson (eds.). Crop Yield Response to Deficit Irrigation. Dordrecht, The Netherlands, Kluwe; Academic Publishers.

- Lal, R. and Shukla, M. K. (2004).** Principles of Soil physics, Marcel Dekker, Inc.
- 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/impacts/society/border>.
- Miller, D. E; and J. S. Aarstad. (1976).** Yields and sugar content of sugarbeets as affected by deficit high – frequency irrigation. Agron J. 68: 231 – 234.
- Moutonnet, P. (2000).** Yields response factor of field crops to deficit irrigation. Deficit irrigation practices, FAO / IAEA Divison Joint, Vienna, Austria.
- Mustafa, M. A; and E. A. Abdelmagid. (1982).** Interrelation – ships of irrigation frequency, urea nitrogen, and gypsum on forage sorghum growth on a saline sodic clay soil. Agron. J. 74: 447–451.
- Shock, c. c. Piereira, A. B., Hanson, B. R. and Chan, M. D. (2007).** Vegetable irrigation. In: Lascano and Sojka (eds.), Irrigation of Agricultural Crop. P. 535-606. Agron. Monograph 30 and ed. ASA, CSSA, SSSA, Ma: WI, USA.
- Smith, M., D. Clarke and K. EL-Askari. (1998).** CropWat for windows. The FAO corrected Penman Montieth equation.
- Steduto, P. Haslao, Th. C. Elles, F. and Raes, D. (2012).** Crop Yield Response to Water. Irrig. Drainage 66, FAO, Rome.
- Turner, N. C. (1974).** Stomatal behavior and water status of maize, sorghum, and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. Plant Physiol. 55: 360 – 365.
- William, R., W. R. Kneebone, and I. L. Pepper. (1986).** Consumptive water use by sub irrigated Turf grasses under desert condition. J. Agric. Water Resour. 5: 209 – 219.
- Zhang, J., and W. J. Davies. (1990).** Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water stress status of the soil. Plant Cell Environ. 12: 73 – 81.