كفاءة استعمال الماء لمحصول الحنطة تحت ظروف الشد المائي في وسط العراق

علي عبد فهد

قسم علوم الحياة، كلية مدينة العلم الجامعة، الكاظمية، بغداد

اياد حسين علي المعيني

قسم الانتاج النباتي، كلية الزراعة، جامعة بابل

المستخلص

يهدف العمل الحالي الى تقدير الاحتياجات المائية وكفاءة استعمال الماء لمحصول الحنطة تحت ظروف الري الاعتيادي والشد المائي عند مراحل مختلفة لنمو نبات الحنطة. نفذت تجربة حقلية في محطة التويثة التابعة لمركز البحوث الزراعية، وزارة العلوم والتكنولوجيا. قسم الحقل لتنفيذ تجربة عامليه في تصميم الألواح المنشقة وتصميم القطاعات العشوائية بثلاث مكررات. زرعت بذور أربعة أصناف من الحنطة (ابوغريب وتموز 3 والرشيد والعراق) في الألواح الثانوية بينما توزعت ستة معاملات للشد المائي على الألواح الرئيسة وكما يأتي: بدون شد (ري اعتيادي) و شد مائي (قطع الري) في مرحلة ظهور الأشطاء (التفرعات) ومرحلة الاستطالة ومرحلة التسنبل ومرحلة التزهير ومرحلة امتلاء الحبة. تمت عملية الري في معاملة الري الاعتيادي عندما يستنزف 65-70% من الماء الجاهز وقطع رية في معاملات الشد المائي. قدرت كميات التبخرنتح الفعلي والمرجعي والتبخر من حوض التبخر وحاصل الحبوب ومعامل المحصول وكفاءة استعمال الماء.

اختلفت كميات مياه الري المضافة وقيم الاستهلاك المائي الفعلي باختلاف الصنف ومعاملات الشد المائي. بلغ متوسط متطلبات الري للأصناف الأربعة بناء على جدولة الري 295 مم وانخفضت بمقدار 14% تحت ظروف الشد المائي. فيما بلغ متوسط الاستهلاك المائي الفعلي 365 مم انخفض بمقدار 17% تحت ظروف الشد المائي عند المراحل المتحملة للجفاف. كان أعلى استهلاك مائي في معاملة المقارنة (بدون شد) للصنف تموز 3 (406 مم) واقل استهلاك لصنف الرشيد (324 مم). تراوح حاصل الحبوب للأصناف الأربعة بين 4.40 و 6.20 طن لمعاملات الشد المائي مقارنة بـ 5.60 و 6.80 طن/هـ لمعاملات الري الاعتيادي مع ملاحظة ان صنف العراق أعطى أعلى حاصل حبوب واختلف معنوياً عن بقية الأصناف تحت ظروف الري الاعتيادي. تراوحت كفاءة استعمال الماء الحقلي بين 1.58 و2.40 كغم/م^3 والمحصولي بين 1.33 و1.92 كغم/م^3. أشارت النتائج الى ان مرحلتي التسنبل و التزهير من أكثر مراحل النمو تحملاً للشد المائي (نقص الري) في حين يمكن اعتبار مرحلتي الاستطالة وامتلاء الحبوب مرحلتين حرجتين يؤدي تعرضهما للشد المائي إلى نقصان شديد في حاصل الحبوب.

Water Use Efficiency for Wheat under Water Stress Conditions of Central Iraq

Ali A. Fahad

Department of Biology, University College of Madenat Al-Elem, Kadhimiya, Baghdad

Ayad A.H. Al-Maeiny

Department of Plant Production, College of Agriculture, Univ. of Babil

Abstract

The objective of the present work was to estimate water requirements and water use efficiency for wheat under conditions of normal irrigation and water stress in different plant growth stages. Field experiment was carried out at Tuwaitha Experimental Station of Agricultural Research Centre, Ministry of Science and Technology. The field was divided to apply a factorial experiment in split plot design using randomized complete block design in three replicates. Seeds of four cultivars (Abu-Ghraib, Tamooz 3, Al-Rasheed, and Al-Iraq) were planted in the sub plots where six of the water treatments distributed in the main plots. They were normal irrigation (no stress), and stress at tillering, elongation, spike formation, flowering, and grain filling. Irrigation water was applied in the normal irrigation when 65-70% of the available water was depleted and one irrigation was omitted for the water stress treatments. Actual and reference evapotranspiration, pan evaporation, grain yield, crop coefficient, and water use efficiency were estimated.

Amounts of irrigation water and actual evapotranspiration differed for the cultivars and water stress treatments. Mean irrigation requirement for the four cultivars based on irrigation scheduling was 295 mm, decreased by 14% under stress conditions. On the other hand, the actual evapotranspiration was 365 mm, decreased by 17% under stress conditions of the drought tolerant stages. Maximum water consumptive use was obtained for the control treatment (no stress) for the cultivar Tamooz 3 (406 mm) and the minimum was for Al-Rasheed (324 mm). Grain yield ranged between 4.40 and 6.20 for water stress treatments compared to 5.60 and 6.80 ton/ha for normal irrigation treatments with Al-Iraq gave the highest and it differed significantly from others. Field water use efficiency ranged between 1.58 and 2.40 kg/m^3 and crop water use efficiency 1.33 and 1.92 kg/m^3 Results indicated that the stages of spike formation and flowering are the most tolerant to water stress. On the other hand, the elongation and grains filling were critical stages with high reduction in yield under stress conditions.

المقدمة

يعتمد إنتاج الحنطة في وسط وجنوب العراق بدرجة كبيرة على الري من مياه نهري دجلة والفرات بسبب عدم كفاية كمية الامطار وتذبذبها خلال الموسم الزراعي. في الوقت نفسه فان حصة الزراعة من مياه هذين النهرين آخذة بالتناقص بسبب تزايد الاستعمالات البشرية والصناعية للمياه في اعلى المجرى وتناقص واردهما المائي. تعتمد المتطلبات المائية لمحصول الحنطة على طبيعة المناخ وطول مدة النمو، إذ اشار Doorenbos and Kassam (1) ان المتطلبات المائية لمحصول الحنطة الربيعية تتراوح بين 450 و 650 مم. أظهرت نتائج Al-Kawaz and Gupta (2) ان استهلاك المائي لمحصول الحنطة صنف مكسيباك في وسط العراق بلغ 446 مم وان أعلى حاصل حبوب كان 3.07 طن/هكتار تم الحصول عليه عند ري المحصول بعد استنزاف 50% من الماء الجاهز لعمق 60 سم من التربة. أشار الزوبع (3) ان الاستهلاك المائي الفعلي لمحصول الحنطة صنف مكسيباك في منطقة الموصل بلغ 503 مم.

وجد ان كفاءة استعمال الماء من أكثر الصفات الفسيولوجية أهمية في تحديد تحمل أصناف الحنطة للشد المائي (4). أشار باحثون (5،6) الى ان 30-60% من الماء المجهز للتربة في المناطق الجافة يفقد عن طريق التبخر وان كفاءة اخذ الماء تعرف على انها القدرة الكلية للنبات على امتصاص الماء من التربة وهذه ترتبط بسلوك الجذور والنمو المبكر وكثافة الغطاء النباتي. إذ كلما قل التبخر من التربة يكون الجزء الأكبر من الماء جاهز للنبات وعندها تزداد كفاءة النتح مما يؤدي إلى زيادة نسبة معدل صافي التمثيل إلى الماء المفقود بالنتح من النبات (7). أوضح Ehdaie et al., (8) ان كفاءة استعمال الماء تراوحت بين 0.77 غم حبوب لكل كغم ماء للأصناف طويلة ومتأخرة النمو و1.32 غم حبوب/كغم ماء للأصناف القصيرة والمبكرة.

يعد الشد المائي واحداً من أكثر العوامل المحيطة أهمية في تثبيط عملية التمثيل الضوئي والذي يمكن أن يعزى إلى الاضطراب الذي يحصل للعمليات البايوكيميائية (9). وان الأصناف المقاومة للجفاف توصف بانها ذات تراكم عالي للمادة الجافة خلال مراحل النمو الخضرية. أكد Ismail et al.,(10) ان الشد المائي في مراحل مختلفة من موسم نمو الحنطة أدى إلى تقليل الحاصل البايولوجي للتراكيب الوراثية المختلفة التي تباينت في استجابتها للشد وان أقل حاصل بايولوجي كان في معاملات الشد في مراحل الأشطاء والإستطالة والتسنبل.

أشار Hanion and Nelsen (11) إلى ان التراكيب الوراثية تبدي استجابات مختلفة في نقص حاصل الحبوب عند التعرض للاجهادات البيئية المختلفة. وبين Blum (12) ان الصنف الذي يكون أكثر ثباتية تحت ظروف الشد المائي ربما يمتلك آليات تحمل الاجهاد والذي يمنع مزيد من نقصان الحاصل عند تعرضه للشد المائي. أوضح Hucl and Baker (13) ان التراكيب الوراثية المختلفة للحنطة الربيعية أبدت استجابات مختلفة في حساسيتها للشد المائي تحت المناطق شبه الجافة والذي نجم عن تأثير الشد المائي على عدد الأشطاء وطريقة نشوئها ونموها وان الصنف الذي يعطي قيمة دليل حساسية (النقص في الحاصل النسبي الى النقص في الاستهلاك المائي) أقل من 1 يعطي أعلى حاصل عند تعرضه للشد المائي. أضاف Fischer and Wood (14) ان الحساسية للشد المائي ترتبط ارتباطاً موجباً مع حاصل الحبوب الذي يعطيه التركيب الوراثي في الظروف الطبيعية وربما يعزى هذا إلى اختلاف شدة ووقت الاجهاد الذي يتعرض له النبات. أشار Clark et al. (15) ان التراكيب الوراثية للحنطة الربيعية أعطت قيماً مختلفة لدليل الحساسية للشد المائي وقد قسمت التراكيب الوراثية إلى حساسة التي أعطت

قيم دليل الحساسية للشد اكثر من 1 وغير حساسة (متحملة للجفاف) ذات قيم أقل من 1 وعزيت الحساسية للجفاف إلى تأخر موعد التزهير. أضاف Winter et al., (16) ان هناك تداخل معنوي بين الشد المائي والصنف بالنسبة لحاصل الحبوب وتراوحت قيم دليل الحساسية للشد المائي بين 0.55 و0.63 وكلما أزادت تلك القيم تكون الحساسية للشد المائي أكبر. في هذا الصدد ايضاً اشار Kirda et al., (17) ان تعريض المحاصيل الى الشد المائي خلال مراحل معينة من نمو النبات قد لا يسبب اختزالاً معنوياً في الحاصل وبهذه الطريقة يمكن تقليل كمية مياه الري خلال المراحل الاكثر تحملاً للشد المائي وتوفير كمية من المياه يمكن استغلالها لاغراض التوسع الزراعي.

يهدف البحث الى تحيد المتطلبات المائية وكفاءة استعمال الماء لآربعة اصناف من الحنطة (ابوغريب وتموز 3 والرشيد والعراق) تحت ظروف (1) الري الاعتيادي و(2) الشد المائي في مراحل نمو النبات المختلفة.

المواد وطرائق العمل

موقع التجربة وخصائص التربة

نفذت تجربة حقلية لزراعة محصول الحنطة (***Triticum aestivum* L.**) في حقل تجارب مركز البحوث الزراعية التابع لوزارة العلوم والتكنولوجيا في موقع التويثة، 30 كم جنوب شرقي بغداد. كانت نسجة التربة السائدة مزيجة طينية وصنفت التربة الى تحت مجموعة **Typic Torrifluvents**.

تم تحديد الخصائص الاساسية للتربة باخذ عينات من ثلاث مواقع وللأعماق 0–0.10 و0.10–0.20 و0.20–0.40 و0.40–0.60 م. قدرت خصائص التربة وفق الطرق القياسية (18) (جدول 1). كما تم تقدير سعة احتفاظ التربة بالماء بتقدير المحتوى الرطوبي الحجمي عند الشدود 0 و33 و100 و500 و1000 و1500 كيلوباسكال لعينات أخذت من أعماق 0.10 و0.20 و0.30 و0.40 و0.50 م.

العمليات الزراعية

حرثت الارض حراثتين متعامدتين بالمحراث المطرحي القلاب ونعمت التربة بالامشاط القرصية وجرى تقسيمها على أساس تطبيق تجربة عاملية في تصميم الألواح المنشقة باستعمال تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبثلاث مكررات. تركت فواصل مقدارها 2.5 م بين المكررات (القطاعات) كما تركت فواصل بمقدار 2 م بين الوحدات الرئيسة داخل القطاع للسيطرة على حركة الماء. زرعت بذور اربعة أصناف من الحنطة (ابوغريب وتموز 3 والرشيد والعراق) في الألواح تحت الثانوية (أبعاد اللوح 2 × 1.5 م) والتي اشتملت على ثمانية خطوط لكل لوح بطول 2 م وبمسافة 0.15 م بين خط وآخر في 25–11–2001 وبمعدل بذار 120 كغم/هكتار. عدلت كميات البذار على أساس وزن حبوب كل صنف. حصدت النباتات في 25–5–2002 عند النضج الفسيولوجي الكامل.

أضيف سماد اليوريا بمقدار 200 كغم N/هكتار وبدفعتين متساويتين الأولى عند الزراعة والثانية في مرحلة الاستطالة كما أضيف سماد السوبر فوسفات الثلاثي بمقدار 100 كغمP/هكتار عند الزراعة. جرت مكافحة الأدغال يدويا حسب الحاجة.

الري ومعاملات الري

تضمنت التجربة ستة معاملات للشد المائي توزعت على الألواح الرئيسة وكما يأتي:

G0: بدون شد (ري اعتيادي)
G1: شد مائي (قطع الري) في مرحلة ظهور الأشطاء (التفرعات)
G2: شد مائي في مرحلة الاستطالة
G3: شد مائي في مرحلة التسنبل
G4: شد مائي في مرحلة التزهير
G5: شد مائي في مرحلة امتلاء الحبة

تمت عملية الري باستعمال ماء نهر دجلة (1.4 ديسيسيمنز/م) وشبكة أنابيب بلاستيكية مربوطة بمضخة كهربائية مزودة بعداد لقياس كميات الماء المضافة لكل وحدة تجريبية عند استنزاف 65–70% من الماء الجاهز حسب المعادلة الآتية:

$$d = (\theta_{fc} - \theta_w)D \qquad (1)$$

حيث ان:

d = عمق الماء المضاف (مم).
θ_{fc} = الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية.
θ_w = الرطوبة الحجمية قبل الري.
D = عمق التربة المراد ترطيبها (0–0.30 م).

تمت عملية الري في معاملة الري الاعتيادي **(G0)** عند استنزاف 65–70% من الماء الجاهز من خلال المراقبة المستمرة لرطوبة التربة بالطريقة الوزنية. إذ تضاف كمية من مياه الري تكفي للوصول الى السعة الحقلية باستخدام المعادلة (1). استمرت عملية الري الاعتيادي على هذا المنوال من الزراعة ولحين اخر رية عندما وصلت النباتات الى مرحلة النضج الفسيولوجي.

في حالة معاملات الشد المائي (G5–G1) جرت عملية الري اعتياديا لحين الوصول الى مرحلة النمو التي يراد عندها تعريض النباتات الى الشد المائي. إذ تم تحديد مراحل نمو النباتات بموجب مقياس Zadoks et al., (19). عند الوصول الى مرحلة النمو المطلوبة بعد استنزاف ثلثي الماء الجاهز أصبحت المعاملة في بداية الدخول الى مرحلة الشد المائي جرت تغطيتها لمنع وصول الأمطار باستعمال غطاء من مادة البولي اثيلين (نايلون زراعي سمك 2 مم) والمثبت على هياكل حديدية صنعت لهذا الغرض. إذ غطيت النباتات من الأعلى فقط وتركت الجوانب مفتوحة لدخول الهواء ونفاذ بخار الماء. استمرت عملية مراقبة الاستنزاف الرطوبي وتحديد محتوى ماء التربة باخذ عينات بشكل مستمر وعند الوصول الى نقطة التي يحصل فيها استنزاف 85–90% من الماء الجاهز والذي يقابل شد رطوبي حوالي 500 إلى 600 كيلوباسكال تكون مدة الشد الرطوبي قد انتهت والتي تعادل تقريبا قطع رية واحدة لكل مرحلة من مراحل النمو المطلوبة مقارنة بمعاملة G0 (بدون شد). تم رفع الغطاء ورويت النباتات باضافة كمية ماء مساوية الى الكمية المضافة للألواح غير المعرضة للشد وهكذا تتعاقب المعاملات في تعرضها للشد تباعا وحسب مراحل النمو ابتداءً من مرحلة ظهور الاشطاء (G1) ولحين امتلاء الحبوب (G5).

التبخرنتح الفعلي والمرجعي والتبخر من حوض التبخر وكفاءة استعمال الماء ومعامل المحصول

تم قياس الاستهلاك المائي (التبخرنتح) الفعلي للمحصول باستعمال معادلة الموازنة المائية الآتية:

$$(I + P + C) - (ET_a + D + R) = \pm \Delta S \qquad (2)$$

حيث ان:

I = الري (مم)
P = المطر (مم)
C = الارتفاع الشعري (مم)
ET_a = التبخر نتح الفعلي (مم)
D = البزل العميق (مم)
R = السيح السطحي (مم)
ΔS = التغير في خزين الماء خلال
R = صفر لان الأرض مستوية والسيح محدود جدا او
C = صفر لان المياه الجوفية عميقة حوالي 3 م
D = صفر لان الري يتم بحدود الاستنزاف عند السعة

تصبح المعادلة (2):

$$I + P - ET_a = \pm \Delta S \qquad (3)$$

وفي هذه الدراسة وجد ان المحتوى المائي للتربة عند بداية الدراسة مقاربا الى محتواه في نهاية التجربة أي $\Delta S \approx 0$ لهذا تصبح معادلة الاستهلاك المائي كما يأتي:

$$I + P = ET_a \ldots \qquad (4)$$

استعملت معادلة Penman-Monteith بالاعتماد على برنامج CROPWAT (20) لتقدير التبخرنتح المرجعي (ET_o) (21).

$$ET_o = \frac{0.408\ (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U)} \qquad (5)$$

حيث ان:

ET_o = التبخر نتح الكامن (مم يوم$^{-1}$)
R_n = صافي الاشعاع الساقط على الغطاء النباتي (ميكاجول م$^{-2}$ يوم$^{-1}$)
G = التدفق الحراري للتربة (ميكاجول م$^{-2}$ يوم$^{-1}$)
T = متوسط درجة الحرارة على ارتفاع 2 م (^{o}م)
U = سرعة الرياح على ارتفاع 2 م (م ثا$^{-1}$)
$e_a - e_d$ = النقص في ضغط البخار (كيلوباسكال)
Δ = منحدر تدرج ضغط البخار (كيلوباسكال)

γ = ثابت البسايكروميتر (كيلوباسكال ^{o}م$^{-1}$)
900 = عامل تحويل

استخدمت معادلة خروفة التي طورت لحساب الاستهلاك المائي تحت ظروف العراق واعتمدت على عدد ساعات سطوع الشمس ودرجة حرارة الهواء (22):

$$Kh_o = CPTc^{1.3} \qquad (6)$$

حيث ان:

Kh_o = التبخرنتح المرجعي (مم).
P = النسبة المئوية لعدد ساعات النهار في الشهر نسبة الى عددها في السنة.
Tc = متوسط درجة الحرارة الشهرية (^{o}م).
C = معامل يحسب لكل موقع من معدلات البيانات المناخية لاشهر

حزيران وتموز وآب.

تم تقدير التبخر من حوض التبخر صنف A بالقياس اليومي لمقدار الانخفاض في سطح الماء. وقدرت كفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي حسب المعادلتين الآتيتين (23):

$$WUE_f = GY/WA \qquad (7)$$

حيث ان:

WUE_f = كفاءة استعمال الماء الحقلي (كغم/م^3)

GY = حاصل الحبوب الكلي (كغم/هكتار)

WA = مياه الري المضافة (م^3/هكتار)

$$WUE_c = GY/ET_a \qquad (8)$$

حيث ان:

WUE_c = كفاءة استعمال الماء المحصولي (كغم/م^3)

ET_a = التبخرنتح الفعلي الموسمي لوحدة المساحة (م^3/هكتار)

قدر معامل المحصول من المعادلة الاتية:

$$ET_a = (K_c)\ (ET_o) \quad (9)$$

and $$K_c = ET_a/ET_o \quad (10)$$

حيث ان:

K_c = معامل المحصول

ET_a و ET_o = عرفت سابقاً

تحليل البيانات

اجري تحليل البيانات احصائيا باستعمال اختبار اقل فرق معنوي (LSD) وعند مستوى احتمالية 0.05. استعمل البرنامج الاحصائي SAS (2001) في اجراء التحليل الاحصائي. كما استعملت بيانات العوامل الجوية لمحطة الرائد 20 كم غربي بغداد.

النتائج والمناقشة

الاستهلاك المائي (التبخرنتح الفعلي) لمحصول الحنطة

اختلفت كميات مياه الري المضافة وقيم الاستهلاك المائي الفعلي (ET_a) باختلاف الأصناف ومعاملات الشد المائي (جدول 2). كان أعلى استهلاك مائي في معاملة المقارنة (بدون شد) للصنف تموز 3 (406 مم) واقل استهلاك لصنف الرشيد (324 مم). أعطت الأصناف متوسطات متباينة لقيم الاستهلاك المائي الفعلي عند تعرضها للشد المائي في مراحل النمو بلغت 364 و323 و323 و282 مم لكل من تموز 3 وابو غريب والعراق والرشيد على التوالي. يعود التباين في معدلات الاستهلاك المائي للأصناف إلى الاختلافات في مدة النمو والمادة الجافة الكلية. اشار باحثان (24،4) الى وجود ارتباط موجب بين الماء الكلي المستعمل والمادة الجافة الكلية مع عدد

الأيام اللازمة لنضج المحصول تحت ظروف الري الاعتيادي. ان الشد المائي في مراحل النمو المختلفة أدى إلى تقليل كمية الماء المضافة والاستهلاك المائي الفعلي (ET_a) لأصناف الحنطة وذلك بالمقارنة مع معاملة G0 (بدون شد). تراوحت نسبة إنخفاض الاستهلاك المائي الفعلي لمعاملات الشد المائي من 11 إلى 17% عن معاملة المقارنة.

ازداد استهلاك النبات الفعلي للماء مع تقدم مراحل النمو تحت ظروف الري الاعتيادي (G0) (جدول 3 و 4). إذ كانت قيم الاستهلاك المائي قليلة جدا في بداية مرحلة النمو وذلك لقلة حاجة النبات للماء بسبب معدلات النمو المحدودة. ارتفع الاستهلاك المائي تدريجيا في مرحلتي الاستطالة (G2) والتسنبل (G3) إذ بدأت درجات الحرارة بالارتفاع وبدء النمو الفعال للنباتات فازداد نمو وتوسع الأوراق والسيقان وتعمق الجذور وتراكم المادة الجافة (25). يصل أعلى استهلاك مائي للمحصول عند الوصول إلى مرحلة التزهير–الطور العجيني نتيجة لوصول النباتات إلى المساحة الورقية القصوى وزيادة حاجة النبات لبناء مواد غذائية اكثر لتلبية متطلبات التزهير وعقد البذور ونقل المواد الكاربوهيدراتية باتجاه الحبوب (27،26). كما ان ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر والرياح الحارة وإنخفاض نسبة الرطوبة في الجو كلها عوامل تساهم في زيادة معدلات الاستهلاك المائي للمحصول كلما تقدم باتجاه النضج. حصل إنخفاض في قيم الاستهلاك المائي من بدء مرحلة الطور العجيني حتى النضج بسبب إنخفاض الطلب على الماء من قبل النبات لاكتمال تكون انسجته وقلة المساحة الخضراء وجفاف نسبة عالية من الأجزاء النباتية التي تغطي سطح التربة.

إنخفض الاستهلاك المائي لمحصول الحنطة عند التعرض للشد المائي في مراحل النمو المختلفة وذلك لإنخفاض رطوبة التربة وقلة الماء الجاهز للنبات (جدول 2 و 3). اعتمدت المدة اللازمة للوصول إلى الشد المطلوب على مرحلة النمو إذ قلت المدة الزمنية اللازمة للوصول إلى درجة الشد المطلوبة كلما تقدم النبات في مراحل النمو ويعتمد ذلك على الاستنزاف الرطوبي من التربة المرتبط بالاستهلاك المائي للمحصول الذي يعتمد على صفات النمو والعوامل المناخية وهذا ما يفسر زيادة الطلب على الماء في المراحل المتقدمة من حياة النبات والتي تعد مراحل حرجة تسبب ضررا للمحصول عند تعرضها لشد مائي ولمدة طويلة.

مقارنة التبخرنتح الفعلي والمرجعي والتبخر من حوض التبخر

هناك ارتفاع كبير في قيم التبخر من حوض التبخر (E_p) عن قيم التبخرنتح الفعلي (ET_a) والتبخرنتح المرجعي (ET_o) مع وجود اختلاف في القيم الأولية (جدول 3). إذ يزداد هذا الاختلاف مع تقدم مرحلة النمو. وبلغت القيمة النهائية الى E_p 879 مم و ET_o 632 مم. يعود ارتفاع قيم E_p عن القيم المحسوبة من البيانات الجوية إلى ان عملية التبخر يمكن ان تحدث من دون انقطاع خلال ساعات النهار والليل بتأثير العوامل الجوية. فضلاً عن التذبذب في درجات الحرارة والرطوبة النسبية وانتقال الحرارة خلال جوانب الحوض الذي يؤثر في توازن الطاقة (28). أما قيم ET_o فانها تتعلق بدرجة الحرارة فضلاً عن ساعات الاضاءة إذ تستمر عملية النتح خلال ساعات النهار أما في ساعات الليل فتنغلق ثغور النبات مما يؤدي إلى خفض الاستهلاك المائي أو توقفه.

سلكت قيم ET_o المقدرة بمعادلة Penman-Montieth سلوكا مشابها لقيم التبخر نتح الفعلي لمحصول الحنطة ولو انها كانت أعلى قليلاً من قيم التبخرنتح الفعلي (جدول 3). إذ ازدادت ET_o مع

مراحل النمو واقتربت مع ET_a في المراحل من التزهير إلى الطور العجيني لكنها كانت أعلى في المراحل المبكرة من حياة النبات (قبل التسنبل). قد يعزى ذلك إلى إنخفاض قيم مقاومة الديناميكية الهوائية (r_a) وقيم مقاومة الثغور (r_c) خلال تلك المراحل والواردة في معادلة Penman-Montieth (29). أما قيم التبخر نتح المقدرة بمعادلة خروفة (Kh_o) فقد أظهرت النتائج انها سلكت سلوك مشابه لقيم ET_a من الزيادة بتقدم مراحل النمو لكنها بشكل عام كانت اقل منها واستمرت الفروقات واضحة بينهما. تشير هذه النتائج الى صلاحية استخدام معادلة Penman-Montieth المعدلة في تقدير الاحتياجات المائية لمحصول الحنطة.

حاصل الحبوب وكفاءة استعمال الماء

تراوح حاصل الحبوب بين 4.40 و 6.20 للاصناف الاربعة ولمعاملات الشد المائي مقارنة بـ 5.60 و 6.80 طن/هـ لمعاملات الري الاعتيادي مع ملاحظة ان صنف العراق اعطى أعلى حاصل حبوب واختلف معنوياً عن بقية الاصناف تحت ظروف الري الاعتيادي (جدول 4). تشير النتائج ايضاً الى ان الشد المائي قد سبب إنخفاضا معنوياً في حاصل الحبوب وفي جميع مراحل النمو تراوح بين 10 إلى 23%. وكان اقل متوسط حاصل حبوب 4.80 طن/هكتار لمعاملة الشد المائي في مرحلة الاستطالة (G2) و 4.60 طن/هكتار لمعاملة الشد المائي في مرحلة امتلاء الحبة (G5). أما اقل تأثير للشد المائي فكان في معاملة التزهير (G4) (قطع الري) مقارنة بالمعاملات الاخرى. من جهة اخرى اظهرت معاملة امتلاء الحبة (G5) اوطأ حاصل. يعزى سبب إنخفاض الحاصل إلى ان الشد المائي قد أثر في واحد أو اكثر من مكونات الحاصل وذلك حسب مرحلة النمو. أدى الشد المائي إلى تقليل عدد السنابل وانتشار المجموع الخضري وعملية التمثيل الضوئي وبالتالي إنخفاض كمية المادة الجافة المتراكمة.

وجد تداخل معنوي بين أصناف الحنطة والشد الذي تعرضت له تلك الاصناف (جدول 4). سجل صنفا أبو غريب وتموز 3 اوطأ حاصل حبوب في معظم معاملات الشد ولوحظ اكبر إنخفاض في حاصل الصنفين وصل 18–21% عند مرحلتي الاستطالة (G2) وامتلاء الحبوب (G5) مقارنة ببقية الأصناف. من جهة اخرى، لوحظ ايضاً أكبر انخفاض في حاصل صنفي الرشيد والعراق وصل على التوالي 20 و21% عند مرحلة G2 و21 و 28% عند مرحلة G5.

أشارت النتائج إلى وجود اختلافات معنوية بين أصناف الحنطة في كفاءة استعمال الماء الحقلي (WUE_f) والمحصولي (WUE_c). إذ تراوحت كفاءة استعمال الماء الحقلي بين 1.58 و 2.4 كغم/م^3 والمحصولي بين 1.33 و 1.92 كغم/م^3 (جدول 4). يعود سبب اختلاف الأصناف في كفاءة استعمال الماء المحصولي والحقلي إلى الاختلافات في مدة النمو وكمية الماء المستعملة وكمية المادة الجافة والذي يرتبط بشكل كبير في كفاءة استعمال الماء (4).

لوحظ وجود اختلافات معنوية بين اصناف الحنطة في كفاءة استعمال الماء الحقلي تحت الري الاعتيادي وكذلك تحت معاملات الشد المائي (جدول 4). اذ أظهر صنف الرشيد اعلى كفاءة (2.40 طن/هـ) تحت معاملة الري الاعتيادي يليه العراق وابوغريب وتموز 3. في الوقت نفسه اظهر صنف الرشيد أعلى كفاءة تحت معاملات الشد المائي مقارنة مع الاصناف الاخرى حتى وصلت 2.60 طن/هـ عند معاملة الشد المائي عند مرحلة التسنبل (G3). من المناسب الاشارة هنا الى ان الشد المائي قد قلل من الكفاءة في نصف معاملات الشد المائي بينما قد رفعها في النصف الاخر او

كان مساوياً لها. أذ حصلت زيادة في الكفاءة للصنف ابوغريب او حافظ على القيم نفسها عند المراحل G2 و G3 و G4 وللصنف تموز 3 عند المرحلة G4 وللصنف الرشيد عند المراحل G2 و G3 و G4 وللصنف العراق عند المراحل G3 و G4. أشارت تلك النتائج الى ان مرحلتي التسنبل G3 والتزهير G4 من الاكثر مراحل نمو النبات تحملاً للشد المائي (نقص الري) وانعكس ذلك في زيادة كفاءة استعمال الماء الذي وصلت متوسطاتها 2.13 و 2.15 طن/هـ على التوالي. يعود سبب عدم انخفاض كفاءة استعمال الماء في هذه المعاملات إلى ان مكونات الحاصل لم تتأثر جميعها بالشد المائي.

سلكت قيم كفاءة استعمال الماء المحصولي سلوكاً مشابهاً على العموم لقيم كفاءة الماء الحقلي سواءً بالنسبة للاصناف او معاملات الشد ولكنها اقل في المقدار لانها تمثل نسبة الحاصل الى التبخرنتح الفعلي.

معامل المحصول

لوحظ ارتفاع قيم معامل المحصول (K_c) بتقدم مراحل النمو وصولا إلى مراحل التزهير – الطور العجيني (جدول 3). حصل إنخفاض في قيم معامل المحصول في المراحل الأخيرة من دورة حياة النبات نتيجة لاكتمال النضج الفسيولوجي. كما أدى الشد المائي إلى خفض قيم معامل المحصول ، إذ يلاحظ ان معامل المحصول ينخفض بنسبة اكبر عند تعرض النباتات للشد المائي وكلما تقدمت مراحل النمو. وان اكبر إنخفاض لمعامل المحصول حصل عند تعرض النباتات للشد المائي في مرحلة التزهير (G4) مما يؤكد ارتفاع قيم الاستهلاك المائي الفعلي في هذه المراحل. ان هذه القيم التي حصلنا عليها تتفق مع القيم التي وجدها Doorenbos and Kassam (1) و Siddique et al., (24) الذين ذكروا ان معامل المحصول للحنطة يكون منخفضا في مراحل النمو الأولى ثم يزداد تدريجيا حتى يصل أقصى حد له في المراحل الوسطية من نمو المحصول وينخفض بعد ذلك كلما اقترب المحصول باتجاه النضج.

المراجع

1. Doorenbos, J.A. and H. Kassam. 1986. Yield response to water. FAO. Irrigation and Drainge Paper 33. Rome, Italy.
2. Al-Kawaz, G.M., and R.S. Gupta. 1977. Effect of different water regiems on the consumptive use of water and yield of Maxipak wheat (*Triticum aestivum* L.) Institute for Applied Research on Natural Resources Technical Bull. No. 104.
3. الزوبع ، محمد صالح هلوش. 1978. الاحتياج المائي للحنطة وتاثير الري التكميلي بالرش على الإنتاج. رسالة ماجستير – كلية الزراعة والغابات – جامعة الموصل.
4. Ehadie, B. 1995. Variation in water use efficiency and its components in wheat: II. Pot and field experiments. Crop Sci. 35: 1617-1626.

5. Cooper, P.J., D.H. Keatinge, and G. Hughes. 1983. Crop evaportranspiration: a technique for calculation of its components by field measurement. Field Crop Res. 7: 299-312.
6. French, R.J., and J.E. Schultz. 1984. Water use efficiency of wheat in a Mediterranean-type environment. 1. The relation between yield, water use and climate. Aust. J. Agric. Res. 35: 743-764.
7. Ludlow, M. M. and R. C. Muchow. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environment. Adv. Agron. 43: 107-153.
8. Ehdaie, B., A.E. Hall, G.D. Farquhar, H.T. Nguyen, and J.G. Waines. 1991. Water use efficiency and carbon isotope discrimination in wheat. Crop Sci. 31: 1282-1288.
9. Lauer, M. J. and J. S. Boyer. 1992. Internal CO_2 measure directly in leaves: abscises and low leaf water potential cause opposing effects. Plant Physiology 98: 1010-1016.
10. Ismail, M. I., M. Duwayri, and O. Kafawin. 1999. Effect of water stress on growth and productivity of different durum wheat crosses compared to their parents. Dirasat, Agric. Sci. 26: 98-105.
11. Hanion, A.D. and C.E. Nelsen. 1980. Water adaptation of crops to drought prone. Environments. ***In:*** P. S. Carison (ed.) The biology crop productivity. Academic Press. New York. p. 77-152.
12. Blum, A. 1980. Genetic improvement of drought adaptation. ***In:*** N.C. Turner and P.J. Kramer (ed.) Adaptation of plant to water and high temperature stress, John Wiley and Sons. New York. p. 450-452.
13. Hucl, P., and Baker R. J. 1989. Tiller phenology and yield of spring wheat in a semiarid environment. Crop Sci. 29: 631-635.
14. Fisher, R.A. and J.T. Wood. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield association with morphology traits. Aust. J. Res. 30: 1001-1020.
15. Clarck, J.M., T.F. Saskatehewan, Smith, T.N. McCaig, and D.G. Green. 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. Crop. Sci. 24: 537-541.
16. Winter, S.R., J.T. Musick, and K. B. Porter. 1988. Evaluation of screening techniques for breeding drought resistant winter wheat. Crop Sci. 28: 512-516.
17. Kirda, C., R. Kanber, K. Tulucu, and H. Gungor. 1996. Yield response of cotton, maize, soybean, sugarbeet, sunflower and wheat to deficit irrigation. ***In:*** Nuclear Techniques to Assess Irrigation Schedules for Field Crops. IAEA-RWCDOC-888, p. 243-260.
18. Black, C.A. et al. 1967. Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron. No. 9 Part 1. Madison, Wisconsin. USA.
19. Zadoks, J. C., T.T. Chang, and C. F. Konzak. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.
20. Smith, M. 1992. CROPWAT. A computer programme for planning and management. FAO, Irrigation And Drainage Paper No. 216, Rome Italy.

21. Allen, R.G., M. Smith, L.S. Pereia, and A. Perrier. 1994. An update for the calculation reference evapotranspiration ICID Bull 118: 446-479.
22. Kharufa, N. S. 1985. Simplified equation for evapotranspiration in arid rejoins. Beitrage Zur Hydrologie 5: 39-47.
23. Carcium, I. and M. Carcium. 1996. Water and nitrogen use efficiency under limited water supply for maize to increase land productivity. ***In:*** Nuclear Techniques to Assess Irrigation Schedules for Field Crops. IAEA-RWCDOC-888, p. 203-209.
24. Siddique, K.H.M., D. Tennant, M.W. Perry, and R.K. Belford. 1990. Water use of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean type environment. Aust. J. Agric. Res. 41: 431-447.
25. Zhang, H., Th.Y., Owies, S.S. Garabet, and M. Pala. 1998. Water use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rain-fed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean type environment. Plant and Soil 201: 295-305.
26. Smith, M. 1992. CROPWAT. A computer programme for planning and management. FAO, Irrigation And Drainage Paper No. 216, Rome Italy.
27. Boogaard, R., E.J. Veneklaas, P.M. John. and L. Hans. 1996. Yield and water use of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mediterranean environment: cultivar differences and sowing density effects. Plant and Soil 181: 251-262.
28. Dale, R.F., and K.L. Scheeringa. 1977. The effect of soil moisture on pan evaporation. Agricultural Meteorology 18: 463-474.
29. Allen, R.G. M.E. Jensen, J.L. Wright, and R.D. Burman. 1989. Operational estimates of reference evaportranspiration. Agron. J. 81: 650-662.

جدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة

الخاصية	الوحدة	القيمة
الرمل	غم/كغم	80
الغرين	غم/كغم	580
الطين	غم/كغم	340
النسجة	مزيجة طينية	-
الكثافة الظاهرية	ميكاغرام/م^3	1.23
المادة العضوية	غم/كغم	14.72
التوصيل الكهربائي	ديسيمنز/م	3.9
أس الهيدروجين	---	7.5
السعة التبادلية للايونات الموجبة	سنتي مول/كغم	28
المحتوى الرطوبي الحجمي عند الشدود		
33 كيلوباسكال	سم^3/سم^3	0.3334
100 كيلوباسكال	سم^3/سم^3	0.2427
500 كيلوباسكال	سم^3/سم^3	0.1709

1000 كيلوباسكال	سم^3/سم^3	0.1466
1500 كيلوباسكال	سم^3/سم^3	0.1258
المحتوى الرطوبي الحجمي عند استنزاف 65- 70%	سم^3/سم^3	0.1933
المحتوى الرطوبي الحجمي عند استنزاف 85- 90%	سم^3/سم^3	0.1518

جدول 2. الاستهلاك المائي الفعلي (ET_a) وكميات مياه الري المضافة لمحصول الحنطة تحت تأثير الشد المائي.

الأصناف	الاستهلاك المائي الفعلي وكميات مياه الري (مم) معاملات الشد المائي						
	G0	G1	G2	G3	G4	G5	المتوسط
	ET_a (مياه الري + الأمطار)						
أبو غريب	365	324	312	303	309	324	323
تموز 3	406	365	353	344	350	365	364
الرشيد	324	283	271	262	268	283	282
العراق	365	324	312	303	309	324	323
المتوسط	365	324	312	303	309	324	323
	مياه الري						
أبو غريب	295	286	246	251	259	254	265
تموز 3	336	327	287	292	300	295	306
الرشيد	254	245	205	210	218	213	224
العراق	295	286	246	251	259	254	265
المتوسط	295	286	246	251	259	254	

جـــدول 3. قـــيم الاســـتهلاك المـــائي الفعلـــي والمرجعـــي والتبخـــر مـــن حـــوض التبخـــر ومعامل المحصول (K_c) عند مراحل نمو الحنطة لمعاملات الشد المائي.

K_c	(Kh_o) (مم)	E_{pan} (مم)	ET_o (PM) (مم)	ET_a اليومي (مم)	ET_a I + P (مم)	مياه الري I (مم)	فاصلة الري (يوم)	مواعيد الري	رقم الرية
			معاملة المقارنة بدون شد (G0)						
0.59	0.89	2.30	1.43	0.85	17	8.5	20	11-25	1
0.70	0.70	2.67	1.51	1.05	41	21.8	39	12-15	2
0.78	0.78	3.13	2.19	1.71	53	38.5	31	1-23	3
0.87	1.29	5.61	3.73	3.26	62	61.3	19	2-23	4
1.00	1.54	6.31	3.74	3.73	56	49.6	15	3-14	5
0.81	4.77	6.61	4.24	3.42	41	38.0	12	3-29	6
0.66	2.05	7.36	4.81	3.18	54	23.3	17	4-10	7
0.23	2.81	9.41	6.32	1.46	41	36.3	28	4-27	8
			الشد المائي في مرحلة الأشطاء (G1)						
0.20	0.79	2.54	1.48	0.29	17	8.5	59	11-25	1
0.78	0.78	3.13	2.19	1.71	53	19.3	31	1-23	2
0.87	1.29	5.61	3.73	3.26	62	61.3	19	2-23	3
1.00	1.54	6.31	3.74	3.73	56	49.6	15	3-14	4
0.81	1.77	6.61	4.24	3.42	41	38.0	12	3-29	5
0.66	2.05	7.36	4.81	3.18	54	23.3	17	4-10	6
0.23	2.81	9.41	6.32	1.46	41	36.3	28	4-27	7
			الشد المائي في مرحلة الاستطالة (G2)						
0.59	0.89	2.30	1.43	0.85	17	8.5	20	11-25	1
0.33	0.73	2.88	1.81	0.59	41	7.3	70	12-15	2
0.87	1.29	5.61	3.73	3.26	62	61.3	19	2-23	3
1.00	1.54	6.31	3.74	3.73	56	49.6	15	3-14	4
0.81	1.77	6.61	4.24	3.42	41	38.0	12	3-29	5
0.66	2.05	7.36	4.81	3.18	54	23.3	17	4-10	6
0.23	2.81	9.41	6.32	1.46	41	36.3	28	4-27	7
			الشد المائي في مرحلة التسنبل (G3)						
0.59	0.89	2.30	1.43	0.85	17	8.7	20	11-25	1
0.70	0.70	2.67	1.51	1.05	41	21.8	39	12-15	2
0.40	1.04	4.07	2.66	1.06	53	37.8	50	1-23	3
1.00	1.54	6.31	3.74	3.73	56	49.6	15	3-14	4
0.81	1.77	6.61	4.24	3.42	41	38.0	12	3-29	5
0.66	2.05	7.36	4.81	3.18	54	23.3	17	4-10	6
0.23	2.81	9.41	6.32	1.46	41	36.3	28	4-27	7
			الشد المائي في مرحلة التزهير (G4)						
0.59	0.89	2.30	1.43	0.85	17	8.5	20	11-25	1
0.70	0.70	2.67	1.51	1.05	41	21.8	39	12-15	2
0.78	0.78	3.13	2.19	1.71	53	38.5	31	1-23	3
0.48	1.41	6.17	3.79	1.82	62	54.9	34	2-23	4
0.81	1.77	6.61	4.24	3.42	41	38.0	12	3-29	5
0.66	2.05	7.36	4.81	3.18	54	23.3	17	4-10	6
0.23	2.81	9.41	6.32	1.46	41	36.3	28	4-27	7
			الشد المائي في مرحلة امتلاء الحبة (G5)						
0.59	0.89	2.30	1.43	0.85	17	8.5	20	11-25	1
0.70	0.70	2.67	1.51	1.05	41	21.8	39	12-15	2
0.78	0.78	3.13	2.19	1.71	53	38.5	31	1-23	3
0.87	1.29	5.61	3.73	3.26	62	61.3	19	2-23	4
0.43	1.65	7.06	4.81	2.07	56	46.6	27	3-14	5
0.66	2.05	7.36	4.81	3.18	54	23.3	17	4-10	6
0.23	2.81	9.41	6.32	1.46	41	36.3	28	4-27	7

جدول 4. حاصل الحبوب وكفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي لأصناف الحنطة تحت تأثير الشد المائي.

الأصناف معاملات الشد المائي

	G0	G1	G2	G3	G4	G5	المتوسط
	حاصل الحبوب (طن/هـ)						
أبو غريب	5.7	4.8	4.7	5.0	5.3	4.7	5.0
تموز 3	5.6	4.7	4.5	4.8	5.1	4.4	4.9
الرشيد	6.2	5.3	4.9	5.4	5.5	4.9	5.4
العراق	6.8	5.9	5.4	5.9	6.2	4.9	5.8
المتوسط	6.1	5.2	4.9	5.3	5.5	4.7	
$LSD_{0.05}$	الأصناف (0.4)، الشد (0.4)، الأصناف × الشد (0.9)						
	كفاءة استعمال الماء الحقلي (كغم حبوب/م^3 ماء)						
أبو غريب	1.9	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.88
تموز 3	1.7	1.4	1.6	1.6	1.7	1.5	1.58
الرشيد	2.4	2.2	2.4	2.6	2.5	2.3	2.40
العراق	2.3	2.1	2.2	2.3	2.4	1.9	2.20
المتوسط	2.08	1.85	2.03	2.13	2.15	1.88	2.02
$LSD_{0.05}$	الأصناف (0.06)، الشد (0.07)، الأصناف × الشد (0.22)						
	كفاءة استعمال الماء المحصولي (كغم حبوب/م^3 ماء)						
أبو غريب	1.6	1.5	1.5	1.6	1.7	1.4	1.55
تموز 3	1.4	1.3	1.3	1.4	1.4	1.2	1.33
الرشيد	1.9	1.9	1.8	2.1	2.1	1.7	1.92
العراق	1.9	1.8	1.7	1.9	2.0	1.5	1.80
المتوسط	1.70	1.63	1.58	1.75	1.8	1.45	1.65
$LSD_{0.05}$	الأصناف (0.05)، الشد (0.07)، الأصناف × الشد (0.22)						