

## تأثير الإجهاد المائي في القطن في التمييز النظيري للكربون 13 ونسبة الكربون إلى الآزوت

فؤاد حسين<sup>(1)</sup> و عبدالله يعقوب<sup>(2)</sup> و مصدق جانات<sup>(3)</sup>

### الملخص

أجريت التجارب الحقلية في ثلاثة مواسم متتالية (2007 - 2009) بهدف تقييم مدى استجابة محصول القطن (*Gossypium hirsutum*) للري الناقص بالتنقيط وفقاً لقيم بعض المؤشرات الفيزيولوجية (نسبة التمييز النظيري للكربون  $\Delta^{13}C$ )، ونسبة الكربون إلى الآزوت (C/N). تضمنت التجارب أربع معاملات ري (FI، DI80، DI65، DI50) موافقة لمستويات الري 100، 80، 65، 50% من قيم الاستهلاك المائي الموسمي (ETc) المحسوب في المعاملة المروية رياً كاملاً باستعمال جهاز التشنت النيتروني، وروي المحصول مرتين أسبوعياً في المعاملات المختلفة. أضيف السماد الآزوتي بمعدل واحد إلى كل المعاملات (120 كغ/هـ) حقناً مع مياه الري على ست دفعات متساوية. انخفض إنتاج كل من المادة الجافة، والآزوت الكلي الممتص وفعالية استعمال الأسمدة الآزوتية بانخفاض كمية المياه المضافة. وانخفضت كذلك النسبة C/N في الأنسجة النباتية المختلفة، وقد أثر انخفاض هذه النسبة في متوسط العدد الكلي للجوزات على النبات الواحد بصورة سلبية. أدى تعرض نباتات القطن للإجهاد المائي إلى تركيز جزء أكبر من الكربون في الأجزاء الثمرية، وربما يكون لذلك دور في الحد من نسبة تساقط الجوزات، ودل على ذلك ارتفاع نسبة الجوزات المتفتحة عموماً مع انخفاض كمية المياه المضافة. وقعت قيم  $\Delta^{13}C$  في الأوراق بين 19.6، 21.2، 19.8 في المعاملة DI50 و 21.4، 26.9، 21.1% في المعاملة FI في مواسم النمو الثلاثة على التوالي. أدى الإجهاد المائي إلى انخفاض مضطرب في قيمة  $\Delta^{13}C$  في الأنسجة النباتية المختلفة. أظهر توزيع الكربون في النبات أن نبات القطن قد لجأ إلى مقاومة الإجهاد المائي عبر زيادة تركيز الكربون في الأجزاء الثمرية نتيجة تراجع النمو الخضري. ولعل ذلك قد أسهم في انخفاض نسبة تساقط الجوزات والبراعم الزهرية في معاملات الري الناقص.

الكلمات المفتاحية:  $\Delta^{13}C$ ، الإجهاد المائي، توزيع الكربون، الري الناقص، نسبة C/N، نسبة التساقط.

(1) قسم الهندسة الريفية، كلية الزراعة، ص.ب. 30621، جامعة دمشق، سورية.  
(2) قسم الزراعة، دائرة الري والمقننات المائية، هيئة الطاقة الذرية السورية، ص.ب. 6091، سورية.  
(3)

## Water Stress Effect on Carbon-13 Isotope Discrimination and Carbon to Nitrogen Ratio in Cotton

F. Hussein<sup>(1)</sup>; A. Yakoub<sup>(2)</sup>  
and M. Janat<sup>(3)</sup>

### ABSTRACT

A field experiment was conducted for three consecutive growing seasons (2007-2009) to evaluate the response of drip irrigated cotton (*Gossypium hirsutum*) to deficit irrigation according to some physiological traits (carbon isotope discrimination ( $\Delta^{13}\text{C}$ ), and carbon to nitrogen ratio (C/N)). There were four irrigation treatments (FI, DI80, DI65, DI50) corresponding to irrigation levels 100, 80, 65, 50% of seasonal evapotranspiration (ETc) calculated for the full-irrigated treatment using neutron probe. The crop was irrigated twice weekly in the different treatments. Dry matter yield, nitrogen uptake and the use efficiency of nitrogen fertilizer decreased significantly as irrigation level decreased. The C/N ratio in different plant tissues was also reduced with the reduction in irrigation level applied and the reduction in this ratio affected the total number of bolls per plant negatively. More carbon was accumulated in reproductive parts of cotton plants subjected to water stress, and this might have a role in decreasing shedding rate of bolls indicated by a general trend of increasing opened bolls percentage as irrigation level decreased. The  $\Delta^{13}\text{C}$  values in leaves ranged from 19.6, 21.2, 19.8 in DI50 treatment to 21.4, 26.9, 21.1‰ in the fully irrigated treatment in the three growing seasons, respectively. Water stress reduced  $\Delta^{13}\text{C}$  values in different plant tissues. Carbon distribution in different plant tissues showed that cotton crop tended to face water stress through accumulating more carbon, as a result of reduced vegetative growth, in reproductive tissues. This might have contributed to the lower rate of bud and boll shedding in the deficit-irrigated treatments.

**Key words:** C/N ratio, Carbon distribution, Deficit irrigation, Shedding rate, Water stress,  $\Delta^{13}\text{C}$ .

<sup>(1), (2)</sup> Dept. Rural Engineering, Faculty of Agriculture, P O Box 30621, Damascus University, Syria.

<sup>(3)</sup> Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091, Damascus, Syria.

## المقدمة

يمتلك نبات القطن قدرة جيدة على تحمل الجفاف (Lopez et al., 1995)، إلا أنه لا بدّ من تقديم كمية كافية من الماء لهذا النبات، يؤدي الري المناسب لمحصول القطن إلى زيادة عدد الجوزات على النبات ووزن الجوزة وإنتاجية محصول القطن (Pace et al., 1999). كما يتوقف ارتفاع نبات القطن وطول موسم نموه على كمية المياه المضافة (DeTar, 2008). لذلك فإنّ المحافظة على توازن جيد بين النمو الخضري والنمو الثمري في محصول القطن، وخفض نسبة تساقط البراعم الزهرية والجوزات من المهام الأساسية في إدارة حقول القطن. تعدّ عملية تطور البراعم الزهرية في نبات القطن عملية معقدة جداً، فهي ليست تابعة لعدد البراعم المتشكلة فحسب، بل إلى عدد البراعم المتساقطة أيضاً، وتتحكم نسبة الكربون إلى الأزوت في النبات ومدى تزود النبات بهما بهاتين العمليتين (تشكل البراعم الزهرية وتساقطها) وإنّ المتحكم الأساسي في نسبة C/N هو عملية الري (Cetin and Bilgel, 2002). وتؤدي زيادة كمية المياه المضافة إلى زيادة عدد الجوزات على نبات القطن، وهذا ما أشارت إليه دراسات عديدة (Ertek and Kanber, 2003; Mert, 2005; Onder et al., 2009; Pettigrew, 2004).

يعدّ القطن من أهم المحاصيل الاستراتيجية في سورية، ويحتل المرتبة الثانية بعد النفط في تأمين القطع الأجنبي والثالثة بعد القمح والنفط في تأمين الدخل القومي، ويؤمن المادة الخام لصناعة الغزل والنسيج ومعامل عصر بذور القطن. وتحتل سورية المرتبة الثانية عالمياً من حيث مردودية الهكتار الواحد من القطن البالغة نحو 3.7 طناً، ويعدّ القطن السوري من الأقطان الجيدة والمطلوبة في الأسواق العالمية لطول تيلته وارتفاع مردوده الاقتصادي. ولكن الظروف المناخية القاسية وتراجع المصادر المائية فرضت نفسها على الخطط الزراعية السورية، واتخذت الحكومة قراراً بخفض المساحات المزروعة بالقطن وتشير أرقام إدارة بحوث القطن إلى تراجع المساحات المزروعة من 257 في عام 2001 (Cotton Bureau report, 2002) إلى 176 ألف هكتار في عام 2008 (Cotton Bureau report, 2008). ونظراً إلى الأهمية الاقتصادية والاجتماعية لمحصول القطن في سورية، ولزيادة العائد الاقتصادي الصافي للعملية الإنتاجية لهذا المحصول الاستراتيجي لا بدّ من الإدارة المتكاملة ودراسة البدائل التي تسهم في خفض تكلفة الإنتاج.

طوّرت تقنية الري الناقص (DI) Deficit irrigation من أجل التآقلم مع شح المياه، وهي جدولة الري بحيث يُعطى النبات جزءاً من احتياجاته المائية مما يدفعه إلى خفض معدل استهلاكه المائي (Geerts and Raes, 2009). يمكن تطبيق DI خلال مرحلة نمو معينة أو طيلة موسم النمو، ولضمان نجاح هذا النمط من الري لا بدّ من المعرفة التامة باستجابة النبات للإجهاد المائي، وذلك لتوقف هذه الاستجابة على موعد الإجهاد ومدته

وشدته (Fererres and Soriano, 2007). عُولجت استجابة محصول القطن للإجهاد المائي في بعض الدراسات السابقة (Wanjura et al., 2002; Howell et al., 2004; Mert (2005) إلى أن الاختلافات الفيزيولوجية والشكلية بين أصناف القطن تؤدي إلى تباين في استجابتها للإجهاد المائي، وبناءً على استجابتها تفرز إلى أصناف مروية وأخرى متحملة للجفاف نسبياً يُمكن زراعة بعضها بعلاً. وقد بيّنت العديد من الدراسات أن قدرة النبات على تحمل الجفاف هي عملية معقدة تحكمها عوامل وراثية عديدة، فضلاً عن عوامل إدارة المحصول زراعياً (Ingram and Bartels, 1996; Cushman and Bohnert, 2000). اعتمدت عدة مؤشرات (تطور المجموع الجذري، وفعالية استعمال الماء WUE، والتوصيل المسامي، ومعدل التمثيل الضوئي، والمحتوى المائي للأوراق، ودرجة حرارة المجموع الخضري، ونسبة التمييز النظيري للكربون  $\Delta^{13}C$ ) في برامج تربية القطن لانتقاء الصنف الأكثر تحملاً للجفاف. تعطي قيم نسبة التمييز النظيري  $\Delta^{13}C$  في نباتات المجموعة C3 قياساً شاملاً لتمثيل الكربون خلال موسم النمو وتعكس هذه القيمة التغيرات التي تطرأ على نسبة غاز  $CO_2$  داخل الخلية إلى خارجها، المترافقة بنفاذية المسام وعملية الكربكسلة Carboxylation بأتريم Rubisco (Farquhar et al., 1988, 1989; O'Leary, 1980, 1982)، وجدير بالذكر أن أي عامل يؤثر في عمل الثغور التنفسية وعملية الكربكسلة يؤثر في كمية  $^{13}C$  في الأنسجة النباتية. فالإجهاد المائي (Farquhar et al., 1989) والملوحة (Qian et al., 2004) ودرجة الحرارة (O'Leary, 1988) وأشعة الشمس (Farquhar et al., 1989) تخفض من قيمة  $\Delta^{13}C$  من خلال تأثيرها في عمل المسام. وتعكس القيم الأكثر سلباً لـ  $\delta^{13}C\%$  ارتفاعاً في قيم نسبة التمييز النظيري  $\Delta^{13}C$ ؛ ففي حال عدم تعرض النبات إلى أي إجهاد، فإن المسام تكون أكثر انفتاحاً والتمييز النظيري يكون مرتفعاً، أما في حال تعرض النباتات إلى إجهاد، فالمسام سوف تتغلق جزئياً مما يخفض من قيم نسبة التمييز النظيري  $\Delta^{13}C$ .

#### أهداف البحث

تمثلت أهداف هذه الدراسة في تحديد محتوى الأنسجة النباتية المختلفة للقطن من عنصرَي الأزوت والكربون ونسبة الكربون إلى الأزوت وعلاقتها بالعدد الكلي للجوزات على النبات، وتحديد فعالية استعمال السماد الأزوتي في معاملات الري المختلفة، والوقوف على الاختلافات في نسبة التمييز النظيري للكربون  $\Delta^{13}C$  نتيجة تطبيق الري الناقص في صنف القطن حلب 33.

## مواد البحث وطرائقه

## التجربة الحقلية:

أُجريت التجارب الحقلية في ثلاثة مواسم متتالية (2007 – 2009) في محطة دير الحجر التابعة لهيئة الطاقة الذرية، التي تقع على مسافة 35 كم إلى الجنوب الشرقي من مدينة دمشق، على خط عرض  $33^{\circ} 21'$  وخط طول  $36^{\circ} 28'$  وعلى ارتفاع 617 م عن سطح البحر. وهي منطقة لا يتجاوز المعدل السنوي للأمطار فيها 121 مم. تتصف تربة الموقع بأنها لومية طينية رملية (Sandy clay loam)، ويبيّن الجدول (1) بعض خصائص التربة في موقع الدراسة. تقع الرطوبة عند السعة الحقلية بين 30.7 و36.1 والرطوبة عند نقطة الذبول بين 11.5 و17.1% حجماً، أما الكثافة الظاهرية فتتغير من 1.11 إلى 1.21 غ/سم<sup>3</sup> في الطبقة 0-60 سم.

الجدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة موقع التجربة قبل الزراعة. دير الحجر.

| نسج التربة      | التحليل الحبيبي للتربة (%) |     |     | CEC<br>مليمكافئ/100غ | المادة العضوية % | كربونات الكالسيوم % | الآزوت الكلي % | الفوسفور المتاح ppm | EC<br>dSm <sup>-1</sup> | pH<br>1:2.5 | العمق سم |
|-----------------|----------------------------|-----|-----|----------------------|------------------|---------------------|----------------|---------------------|-------------------------|-------------|----------|
|                 | طين                        | سلت | رمل |                      |                  |                     |                |                     |                         |             |          |
| تربة<br>الدراسة | 25                         | 21  | 54  | 22.9                 | 0.55             | 17.1                | 0.07           | 8.1                 | 0.4                     | 7.1         | 15-0     |
|                 | 26                         | 21  | 53  | 23.4                 | 0.51             | 16.7                | 0.07           | 4.7                 | 0.43                    | 7.2         | 30-15    |
|                 | 28                         | 20  | 52  | 24.8                 | 0.51             | 14.2                | 0.05           | 3.7                 | 0.38                    | 7.2         | 45-30    |
|                 | 30                         | 19  | 51  | 26.8                 | 0.24             | 13.4                | 0.05           | 2.1                 | 0.42                    | 7.3         | 60-45    |
|                 | 31                         | 21  | 48  | 25.2                 | 0.24             | 16.1                | 0.04           | 1.7                 | 0.47                    | 7.3         | 75-60    |
|                 | 33                         | 21  | 46  | 22.1                 | 0.22             | 28.6                | 0.03           | 2.1                 | 0.49                    | 7.3         | 90-75    |
|                 | 34                         | 24  | 42  | 18.0                 | 0.22             | 47.3                | 0.02           | 2.8                 | 0.47                    | 7.3         | 105-90   |

اعتمد صنف القطن حلب 1/33 في هذه الدراسة وفقاً لتوصيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. نفذت الزراعة في 23، 13، 16 نيسان في مواسم 2007، 2008، 2009 على التوالي، وحضرت الأرض للزراعة بإضافة الأسمدة بمعدل 200 كغ هـ<sup>1</sup> من السوبر فوسفات و150 كغ هـ<sup>1</sup> من سلفات البوتاسيوم، وإجراء فلاحتين متعامدتين وتركيب شبكة الري وملحقاتها (حاقنة السماد) في أرض التجربة. زُرعت بذور القطن يدوياً على خطوط بمسافة قدرها 75 سم بين الخطوط و30 سم بين النباتات، واختبرت نسبة الإنبات الحقلية بعد 10 أيام من الزراعة وأجريت عملية الترقيع اللازمة. فرّدت النباتات بعد نحو 25 يوماً من الزراعة وأبقي على نباتين في كل جورة، كما أُجريت عمليات التعشيب والعزق اللازمة. تضمنت الدراسة أربع معاملات ري (FI، DI80،

DI50، DI65) موافقة لمستويات الري 100، 80، 65، 50 % من الاستهلاك المائي الموسمي (ETc) المحسوب في المعاملة المروية رياً كاملاً. أُعطيت رية الإنبات بعد الزراعة مباشرة، توالى الريات اللاحقة وفقاً للمحتوى المائي للتربة المقيس في المعاملة الشاهد (FI) باستعمال جهاز التثنت النيتروني وعُدَّ العمق الفعّال لانتشار الجذور 30 سم حتى قمة مرحلة الإزهار، وبعد ذلك زيد العمق إلى 60 سم وفقاً لتوصيات (Janat, 2004). استعملت أنابيب الري ذات النقاطات الداخلية (من النوع GR) وكانت المسافة بين النقاطات 30 سم ومعدل تصريف النقطة 4 لتر/ساعة، وحُدِّدت كمية المياه المضافة باستعمال عداد مائي متصل بشبكة الري. أُضيف السماد الأزوتي في مواسم النمو الثلاثة بمعدل واحد إلى كل المعاملات (120 كغ/هـ) من اليوريا 46% حقناً مع مياه الري على ست دفعات متساوية. وحُقنت الأسمدة الأزوتية المُذابة ضمن أنابيب الري باستعمال حاقنة تناسيية من النوع (Dosatron proportional injector) عبر أنابيب مطاطية مرنة تمتاز بمساحة مقطع ثابتة وتدفقها ثابت عند ضغط تشغيل محدد (1 بار). خصصت مساحة 1 م<sup>2</sup> لإضافة السماد الأزوتي الموسوم في القطع التجريبية لثلاثة مكررات فقط، حيث أُضيف السماد الموسوم (يوريا 46% بنسبة إغناء 2% atom excess (a.e)) على خط الزراعة باستعمال مرش صغير.

جُمعت عينات النبات الكامل من القطع الموسومة بالأزوت-15 في مرحلة النضج الفيزيولوجي (الثلاث الأخير من شهر آب) وفصلت إلى مكوناتها الأساسية مباشرة (أفرع، أوراق، وأجزاء ثمرية) (الجوزات الناضجة وغير الناضجة، والبراعم الزهرية والأزهار). جُففت الأجزاء النباتية المختلفة في درجة حرارة 70 م° حتى ثبات الوزن ثم وُزنت وطُحنت للحصول على بودرة ناعمة، وقُدِّر محتواها من الأزوت الكلي بطريقة كلداهل، كما حُدِّدت نسبة الإغناء بالنظير <sup>15</sup>N باستعمال جهاز مطيافية الكتلة ذي التدفق المتتابع (Integra-CN, PDZ Europa Scientific Instrument, UK). ثم أُجريت الحسابات المتعلقة بالأزوت الكلي الممتص والأزوت المستجر من السماد والتربة، فضلاً عن حساب فعالية استعمال الأسمدة الأزوتية. كما حُدِّد إنتاج المادة الجافة لمحصول القطن والأزوت الكلي الممتص في مرحلة النضج الفيزيولوجي وتوزعه على الأنسجة النباتية المختلفة. أما فيما يتعلق بالكربون فقد قُدِّر محتوى الأجزاء النباتية المختلفة من الكربون الكلي بطريقة الترميد، وقيمة الوفرة لنظير الكربون <sup>13</sup>C (δ<sup>13</sup>C) باستعمال جهاز مطيافية الكتلة. حُسبت القيمة النظيرية δ<sup>13</sup>C‰ في كامل النبات اعتماداً على كل من قيمة δ<sup>13</sup>C‰ في الأوراق L وفي الساق S وفي الأجزاء الثمرية R وكمية الكربون الكلي C في كل منها وفق المعادلة الآتية:

$$\text{Whole-plant } \delta^{13}\text{C}\% = [(L \delta^{13}\text{C} \times LC) + (S \delta^{13}\text{C} \times SC) + (R \delta^{13}\text{C} \times RC)] / (LC + SC + RC)$$

وغير التعبير من  $\delta^{13}\text{C}$  إلى التعبير الأكثر شيوعاً وهو نسبة التمييز النظيري للكربون ( $\Delta^{13}\text{C}\%$ ) باستعمال المعادلة الآتية (Farquhar et al., 1982):

$$\Delta^{13}\text{C} = (d^{13}\text{C}_{\text{air}} - d^{13}\text{C}_{\text{sample}}) / (1 - d^{13}\text{C}_{\text{sample}} / 1000)$$

إذ إن:  $\delta^{13}\text{C}_{\text{air}}$  هي قيمة  $\delta^{13}\text{C}$  في الهواء وتساوي (-8‰)،  $\delta^{13}\text{C}_{\text{sample}}$  هي قيمة  $\delta^{13}\text{C}$  المقاسة في العينة النباتية.

حُدّد العدد الكلي للجوزات وعدد الجوزات المتفتحة منها حين القطفة الأولى في معاملات الري المختلفة. نفذت التجربة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة بستة مكررات وأربع معاملات ري، فبلغ عدد القطع التجريبية 24 قطعة تجريبية بمساحة قدرها 75 م<sup>2</sup> لكل واحدة. عُولجت البيانات باستعمال الإصدار 11.5 من البرنامج الإحصائي SPSS (Statistical package for social sciences) حيث خضعت إلى اختبار تحليل التباين ANOVA لبيان معنوية الفروق، واستعمل اختبار (Tukey HSD) لفصل متوسطات المعاملات المدروسة عند مستوى ثقة 95%.

## النتائج والمناقشة

### 1. إنتاج المادة الجافة:

يُلاحظ وجود منحى واضح لزيادة إنتاج المادة الجافة بزيادة كمية المياه المضافة، وكانت الفروق معنوية بين معاملات الري المختلفة (الجدول 2). بلغ أعلى إنتاج للمادة الجافة نحو 16.2، 17.0، 16.6 طن/ها بالنسبة إلى المعاملة FI، في حين بلغ أدنى إنتاج للمادة الجافة قرابة 8.3، 8.8، 7.6 طن/ها بالنسبة إلى المعاملة DI50 في مواسم النمو الثلاثة على التوالي. ازداد إنتاج المادة الجافة بزيادة كمية المياه المضافة (الشكل 1a)، وهذا يتفق مع ما أشار إليه (Dumka et al., 2004) من زيادة عدد العقد على الساق الرئيسة لنباتات القطن عند ربيها رياً كاملاً، أي إن زيادة كمية المياه المضافة أدت إلى زيادة النمو الخضري.

الجدول (2) تأثير معاملات الري المختلفة في إنتاج المادة الجافة وكمية الأزوت الكلي الممتص وفعالية استعمال السماد الأزوتي (NUE) في مرحلة النضج الفيزيولوجي.

| الموسم | المعاملة | المادة الجافة<br>كغ/ هـ | الأزوت الكلي الممتص<br>كغ/ هـ | Ndff % | Ndfs % | NUE %   |
|--------|----------|-------------------------|-------------------------------|--------|--------|---------|
| 2007   | FI       | 16198 a                 | 308 a                         | 23.6 a | 76.4 a | 69.5 a  |
|        | DI80     | 12971 b                 | 233 b                         | 22.5 a | 77.5 a | 50.3 ab |
|        | DI65     | 10045 c                 | 186 bc                        | 23.9 a | 76.1 a | 42.7 b  |
|        | DI50     | 8287 d                  | 158 c                         | 22.5 a | 77.5 a | 34.0 b  |
| 2008   | FI       | 17027 a                 | 267 a                         | 21.7 a | 78.3 a | 58.0 a  |
|        | DI80     | 13739 b                 | 216 ab                        | 21.7 a | 78.3 a | 47.0 ab |
|        | DI65     | 10775 c                 | 173 bc                        | 21.7 a | 78.3 a | 37.8 b  |
|        | DI50     | 8763 d                  | 143 c                         | 22.5 a | 77.5 a | 32.4 b  |
| 2009   | FI       | 16600 a                 | 322 a                         | 24.5 a | 75.5 a | 71.8 a  |
|        | DI80     | 13188 b                 | 246 b                         | 23.7 a | 76.3 a | 53.4 ab |
|        | DI65     | 10047 c                 | 192 bc                        | 23.4 a | 76.6 a | 41.2 bc |
|        | DI50     | 7565 d                  | 145 c                         | 22.1 a | 77.9 a | 29.3 c  |

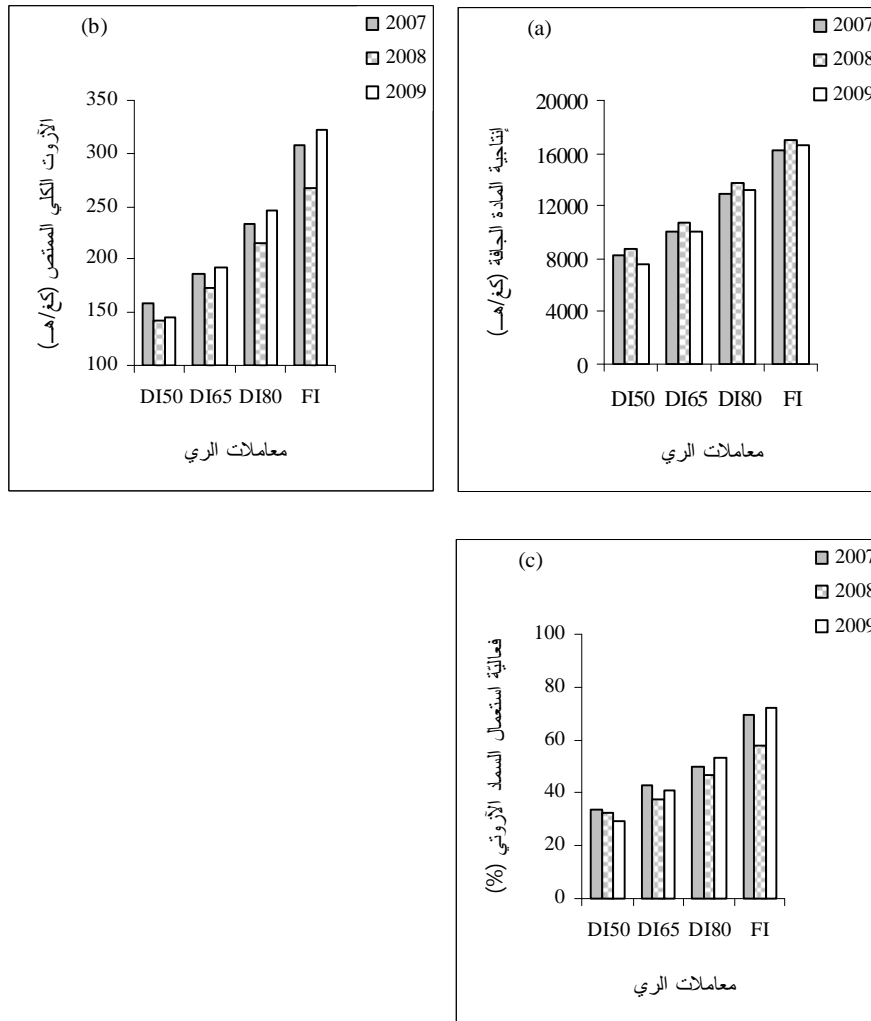
لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود ولكل موسم نمو على حدة عند مستوى ثقة 95% ( $P > 0.05$ ) وفقاً لاختبار Tukey HSD

## 2. الأزوت الكلي الممتص وفعالية استعمال السماد الأزوتي:

سلك مؤشر الأزوت الكلي الممتص منحىً مشابهاً لإنتاج المادة الجافة في مستويات الري المختلفة، إذ يُلاحظ انخفاض كمية الأزوت الممتص بانخفاض كمية المياه المضافة (الشكل 1b)، وهذا يتفق مع دراسة (Wang *et al.*, 2007)، كما يتفق مع ما توصلت إليه دراسة (Bronson *et al.*, 2001) من ارتفاع كمية الأزوت المتبقي في التربة في المعاملات المؤلفة من مستويات ري منخفضة ومستويات تسميد مرتفعة في حين بقيت ثابتة ومستقرة في المعاملات التي تضمنت مستويات ري مرتفعة ومستويات تسميد منخفضة. بلغت كمية الأزوت الكلي الممتص 158، 143، 145 للمعاملة DI50 و308، 267، 322 كغ/هـ للمعاملة FI في مواسم النمو الثلاثة على التوالي (الجدول 2). كذلك يُلاحظ أن محصول القطن اعتمد على أزوت التربة اعتماداً من اعتماده على السماد المضاف لسد احتياجاته من عنصر الأزوت، وهذا ما عكسته بشكل واضح نسبة الأزوت المستمد من التربة (%Ndfs). وقد انعكس ذلك بصورة جلية على نتائج معدل الاستفادة من السماد الأزوتي إذ بلغت 34.0، 32.4، 29.3 للمعاملة DI50 و69.5، 58.0، 71.8% للمعاملة FI في مواسم النمو الثلاثة على التوالي. ويُلاحظ انخفاض معدل الاستفادة من السماد الأزوتي مع انخفاض كمية المياه المضافة (الشكل 1c) نتيجة الجفاف النسبي للتربة في مراحل مبكرة من موسم النمو مما أثر في نمو النباتات، ونجم عن ذلك انخفاض قيمة فعالية استعمال السماد الأزوتي (NUE)، وهذا يتفق مع دراسة



(Bronson *et al.*, 2001) التي أشارت إلى أن الاستجابة للسماذ الآزوتي كانت أعظمية عند مستويات الري المرتفعة مقارنة بمستويات الري المنخفضة والزراعة البعلية. كما يتفق مع دراسة (Shahnazari *et al.*, 2008) إذ لوحظ وجود تأثير سلبي للإجهاد المائي في NUE لمحصول البطاطا.



الشكل (1) يبيّن علاقة (a) إنتاجية المادة الجافة و (b) كمية الآزوت الكلي الممتص و (c) فعالية استعمال السمد الآزوتي بكمية المياه المضافة في معاملات الري المختلفة.

### 3. عدد الجوزات على النبات:

يبين الجدول (3) انخفاض العدد الكلي للجوزات على النبات في القطفة الأولى معنوياً بانخفاض كمية المياه المضافة. سجل المتوسط الأعلى للعدد الكلي للجوزات على النبات (16.3 جوزة) في المعاملة FI، في حين سجل المتوسط الأدنى (8.6 جوزة) في المعاملة DI50. كما يلاحظ أيضاً انخفاض عدد الجوزات المتفتحة في القطفة الأولى بانخفاض كمية المياه المضافة. تتفق هذه النتائج مع نتائج دراسات سابقة أشارت إلى الأثر السلبي للإجهاد المائي في عدد الجوزات المتشكلة على نبات القطن ( Ertek and Kanber, 2003; Onder et al., 2009).

إلا أنّ الانخفاض الملحوظ في عدد الجوزات المتفتحة كان أقل حدة مما هو عليه في العدد الكلي للجوزات، ويبدل على ذلك ارتفاع نسبة الجوزات المتفتحة عموماً مع انخفاض كمية المياه المضافة، كما يتضح ذلك من الشكل (2) أيضاً.

الجدول (3) تأثير معاملات الري المختلفة في العدد الكلي للجوزات على النبات وعدد المتفتح منها في القطفة الأولى.

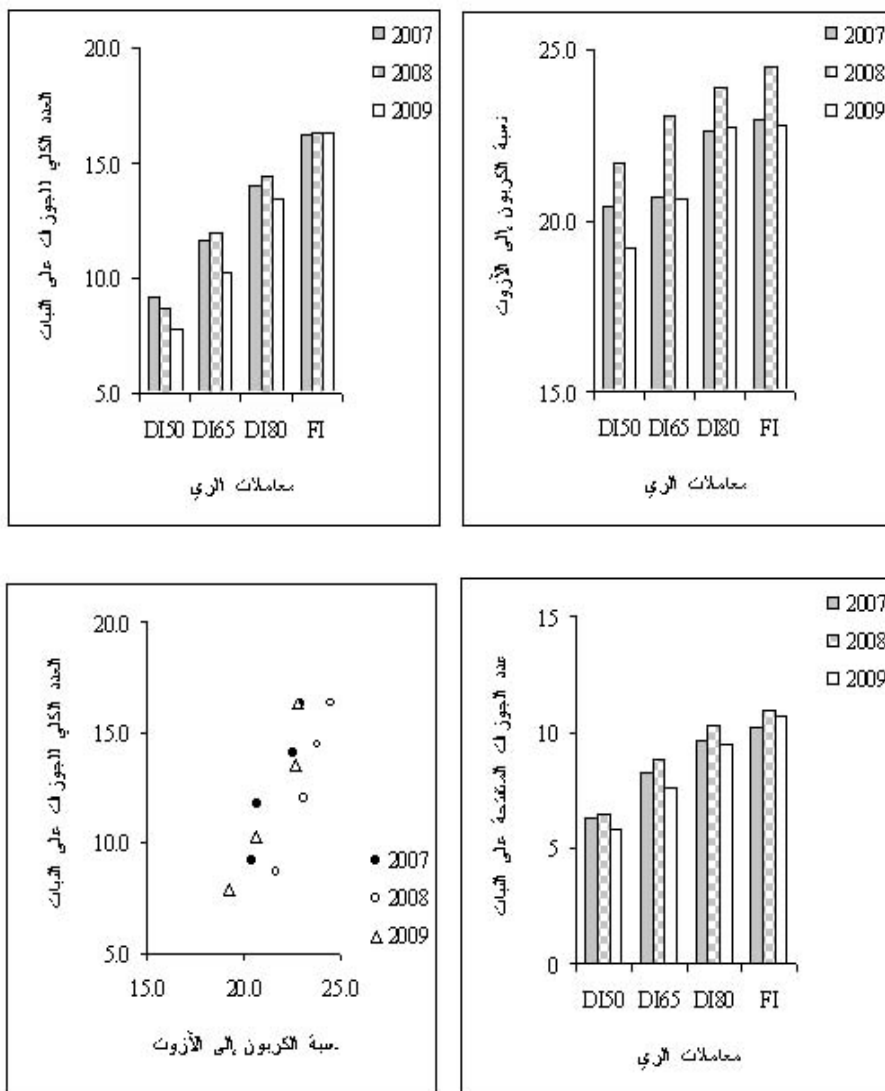
| نسبة الجوزات المتفتحة (%) | عدد الجوزات على النبات |         | المعاملة | الموسم |
|---------------------------|------------------------|---------|----------|--------|
|                           | المتفتحة               | الكليّة |          |        |
| 63                        | 10.2 a                 | 16.2 a  | CFI      | 2007   |
| 69                        | 9.6 a                  | 14 b    | DI80     |        |
| 71                        | 8.3 b                  | 11.7 c  | DI65     |        |
| 68                        | 6.3 c                  | 9.2 d   | DI50     |        |
| 67                        | 10.9 a                 | 16.3 a  | CFI      | 2008   |
| 72                        | 10.3 a                 | 14.4 b  | DI80     |        |
| 73                        | 8.8 b                  | 12 c    | DI65     |        |
| 75                        | 6.5 c                  | 8.7 d   | DI50     |        |
| 66                        | 10.7 a                 | 16.3 a  | CFI      | 2009   |
| 70                        | 9.5 a                  | 13.5 b  | DI80     |        |
| 74                        | 7.6 b                  | 10.3 c  | DI65     |        |
| 73                        | 5.8 c                  | 7.9 d   | DI50     |        |

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود ولكل موسم نمو على حدة عند مستوى ثقة 95% ( $P > 0.05$ ) وفقاً لاختبار Tukey HSD

## 4. محتوى الآزوت %N والكربون %C والعلاقة بينهما:

يبين الجدول (4) توزع الكربون على الأنسجة النباتية المختلفة في معاملات الري المختلفة. يُلاحظ في المواسم الثلاثة زيادة محتوى الكربون %C في الأوراق والساق بزيادة كمية المياه المضافة. في حين سلكت نسبة الكربون في الأجزاء الثمرية سلوكاً مخالفاً لسلوكها في الأوراق والساق، إذ يلاحظ زيادة محتوى الكربون في الأجزاء الثمرية بانخفاض كمية المياه المضافة. ويلاحظ عموماً تركيز الكربون في الأجزاء الثمرية والساق ثم الأوراق في معاملات الري المختلفة. أما بالنسبة إلى محتوى الآزوت في الأنسجة النباتية المختلفة فيلاحظ وجود منحى لزيادة تركيز هذا العنصر في النسيج النباتي بانخفاض كمية المياه المضافة وذلك في مواسم النمو الثلاثة. ويلاحظ عموماً تركيز الآزوت في الأوراق والساق ثم الأجزاء الثمرية في معاملات الري المختلفة، إذ يقع موعد الاعتيان في مرحلة انتقالية يتم فيها ترحيل الآزوت وتركزه في الأجزاء الثمرية في نهاية موسم النمو واقتراب موعد القطف.

ويلاحظ من الجدول (4) انخفاض نسبة الكربون إلى الآزوت في الأنسجة النباتية المختلفة بانخفاض كمية المياه المضافة. كما يبين الشكل (2) انخفاض العدد الكلي للجوزات على النبات بانخفاض كمية المياه المضافة ووجود علاقة طردية تربط العدد الكلي للجوزات على النبات بنسبة الكربون إلى الآزوت في نبات القطن. وقد أُشير سابقاً إلى أن تطور البراعم الزهرية في نبات القطن هي عملية معقدة جداً لأنها تتبع كلاً من عدد البراعم المتشكلة وعدد البراعم المتساقطة اللذين يتوقفان على نسبة الكربون إلى الآزوت في النبات ومدى تزود النبات بهذين العنصرين، والمتحكم الأساسي في نسبة C/N هو عملية الري (Cetin and Bilgel, 2002). يؤدي الري الناقص إلى الحد من النمو الخضري (Du et al., 2008)، ويؤدي تراجع النمو الخضري بدوره إلى ازدياد مصادر التغذية بالكربون وتوضع نواتج التركيب الضوئي في الجوزات (Tang et al., 2005). وعليه يمكن القول: إنّ نبات القطن في ظروف الإجهاد المائي يقوم بتوجيه الزيادة في التغذية بالكربون نتيجة تراجع نموه الخضري إلى الأجزاء الثمرية للتقليل من تساقط البراعم الزهرية والجوزات الحديثة. كما أن انخفاض نسبة C/N في المعاملة DI50 (للأوراق) يدل على زيادة معدنة الآزوت العضوي للأوراق في التربة بعد الحصاد مقارنة بالمعاملات الأخرى (الجدول 4).



الشكل (2) يبيّن علاقة نسبة الكربون إلى الأزوت في النبات والعدد الكلي للجوزات على النبات بكمية المياه المضافة في معاملات الري المختلفة، وعلاقة العدد الكلي للجوزات على النبات بنسبة الكربون إلى الأزوت في النبات.

الجدول (4) تأثير معاملات الري المختلفة في توزع الكربون والآزوت على الأنسجة النباتية المختلفة ونسبة الكربون إلى الآزوت (C/N) في مرحلة النضج الفيزيولوجي.

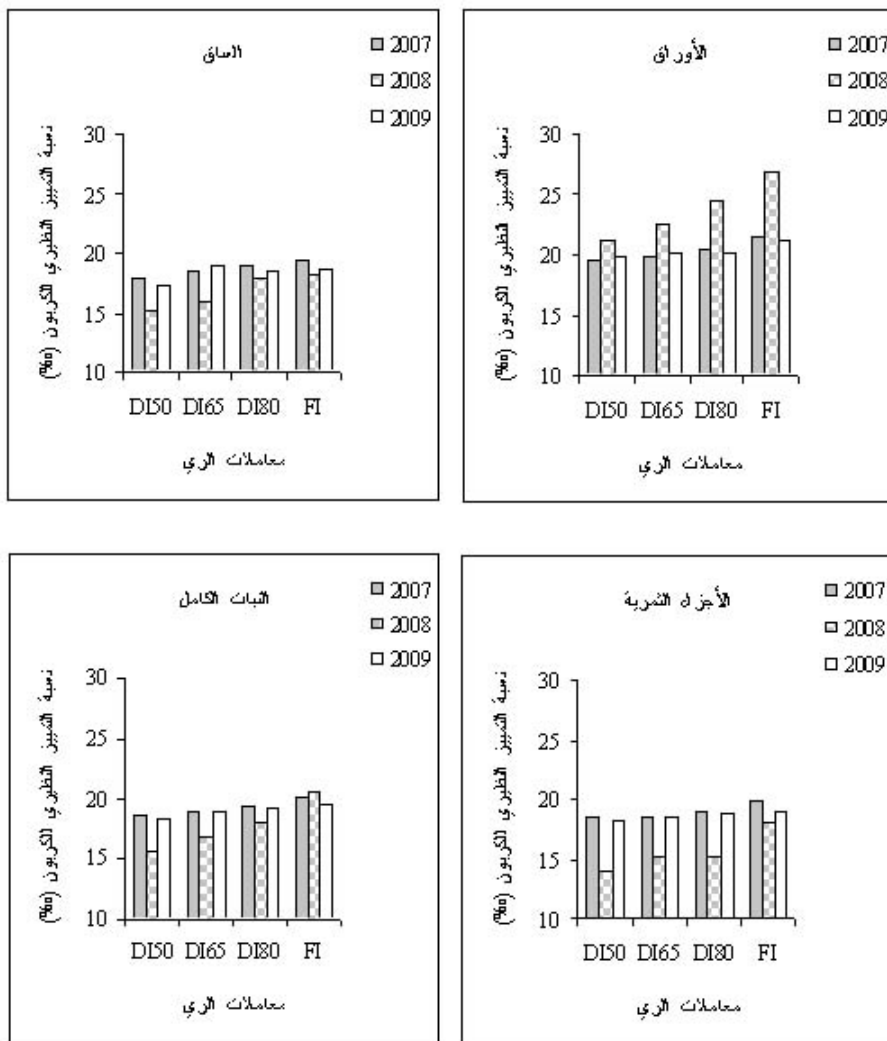
| العام | المعاملة | محتوى الكربون (%) |         |                 |               | محتوى الآزوت (%) |         |                 |               | النسبة C/N |         |                 |        |
|-------|----------|-------------------|---------|-----------------|---------------|------------------|---------|-----------------|---------------|------------|---------|-----------------|--------|
|       |          | الأوراق           | الساق   | الأجزاء الثمرية | النبات الكامل | الأوراق          | الساق   | الأجزاء الثمرية | النبات الكامل | الأوراق    | الساق   | الأجزاء الثمرية |        |
| 2007  | FI       | 36.3 a            | 42.8 a  | 42.1 b          | 40.6 a        | 1.72 a           | 2.10 a  | 0.75 c          | 1.79 a        | 21.1 a     | 20.4 a  | 56.0 a          | 22.9 a |
|       | DI80     | 35.9 a            | 42.7 a  | 42.7 b          | 40.9 a        | 1.76 a           | 2.11 a  | 0.84 bc         | 1.82 a        | 20.5 a     | 20.6 a  | 51.1 ab         | 22.6 a |
|       | DI65     | 35.3 a            | 40.1 b  | 43.2 ab         | 40.6 a        | 1.87 a           | 2.18 a  | 1.00 ab         | 1.96 a        | 18.9 ab    | 18.5 a  | 43.3 b          | 20.7 a |
|       | DI50     | 34.5 a            | 39.2 b  | 43.9 a          | 40.8 a        | 2.06 a           | 2.43 a  | 1.08 a          | 2.03 a        | 16.9 b     | 16.2 a  | 40.9 b          | 20.4 a |
| 2008  | FI       | 37.6 a            | 44.0 a  | 41.3 b          | 40.8 a        | 1.46 a           | 1.58 a  | 0.86 b          | 1.70 a        | 25.8 a     | 28.1 a  | 48.1 a          | 24.5 a |
|       | DI80     | 37.4 ab           | 42.9 a  | 42.7 ab         | 41.4 a        | 1.57 a           | 1.76 a  | 0.91 b          | 1.74 a        | 23.9 ab    | 24.8 ab | 47.0 ab         | 23.9 a |
|       | DI65     | 35.7 b            | 42.0 ab | 43.4 ab         | 41.2 a        | 1.61 a           | 1.77 a  | 1.02 ab         | 1.79 a        | 22.1 ab    | 23.8 ab | 42.7 ab         | 23.1 a |
|       | DI50     | 35.6 b            | 39.9 b  | 44.4 a          | 41.5 a        | 1.66 a           | 1.74 a  | 1.15 a          | 1.96 a        | 21.6 b     | 23.0 b  | 38.9 b          | 21.7 a |
| 2009  | FI       | 38.6 a            | 44.1 a  | 40.0 b          | 40.5 a        | 1.76 b           | 2.17 b  | 0.74 c          | 1.81 a        | 21.4 a     | 20.3 a  | 56.1 a          | 22.8 a |
|       | DI80     | 37.3 ab           | 41.4 b  | 41.1 b          | 40.2 a        | 1.83 b           | 2.24 b  | 0.82 bc         | 1.83 a        | 20.5 ab    | 19.2 a  | 52.3 ab         | 22.7 a |
|       | DI65     | 35.5 b            | 39.9 bc | 44.5 a          | 41.3 a        | 1.93 ab          | 2.29 ab | 1.00 ab         | 2.00 a        | 18.5 bc    | 18.3 ab | 43.9 b          | 20.6 a |
|       | DI50     | 33.3 c            | 38.9 c  | 44.8 a          | 40.9 a        | 2.13 a           | 2.51 a  | 1.07 a          | 2.17 a        | 16.8 c     | 16.0 b  | 41.9 b          | 19.2 a |

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود ولكل موسم نمو على حدة عند مستوى ثقة 95% ( $P > 0.05$ ) وفقاً لاختبار Tukey HSD

### 5. الاختلافات في قيم نسبة التمييز النظيري للكربون $D^{13}C$ :

يبين الجدول (5) زيادة قيم نسبة التمييز النظيري للكربون ( $\Delta^{13}C$ ) في الأوراق بزيادة كمية المياه المضافة. بلغت قيم  $\Delta^{13}C$  في الأوراق بين 19.6، 21.2، 19.8 في المعاملة DI50 و 21.4، 26.9، 21.1% في المعاملة FI في مواسم النمو الثلاثة على التوالي. كما يُلاحظ غياب الفروق المعنوية بين قيم نسبة التمييز النظيري للكربون في الساق والأجزاء الثمرية في المعاملات المختلفة، مع ملاحظة انخفاض طفيف في القيم بانخفاض كمية المياه المضافة. أمّا في النبات كاملاً فيلاحظ أيضاً انخفاض قيم نسبة التمييز النظيري للكربون بانخفاض كمية المياه المضافة.

كما يبين الشكل (3) انخفاض قيم نسبة التمييز النظيري للكربون ( $\Delta^{13}C$ ) في الأجزاء النباتية المختلفة وفي النبات كاملاً بانخفاض كمية المياه المضافة، وتتفق هذه النتيجة مع (Warren *et al.*, 2001) الذي أشار إلى وجود علاقة ارتباط سلبية بين درجة الإجهاد المائي وقيمة  $\Delta^{13}C$  في الأوراق. ونظراً إلى انخفاض إنتاج المادة الحافظة في معاملات الري الناقص لذلك فإن انخفاض قيمة  $\Delta^{13}C$  في هذه المعاملات التي تعرضت لإجهاد مائي نجم بشكل رئيسي من انخفاض في الناقلية المسامية نتيجة انخفاض إتاحة الماء من زيادة في فعالية التمثيل الضوئي. (Barbour and Farquhar, 2000; Sandquist and Ehleringer, 2003) وليس



الشكل (3) يبين الاختلافات في نسبة التمييز النظيري للكربون في الأنسجة النباتية المختلفة وفي معاملات الري المختلفة.

الجدول (5) تأثير معاملات الري المختلفة في قيم نسبة التمييز النظيري ( $\Delta^{13}C$ ) في مرحلة النضج الفيزيولوجي.

| الموسم | المعاملة | نسبة التمييز النظيري ( $\Delta^{13}C$ ) |        |                 |
|--------|----------|---|--------|-----------------|
|        |          | الأوراق                                 | الساق  | الأجزاء الثمرية |
| 2007   | FI       | 21.4 a                                  | 19.4 a | 19.8 a          |
|        | DI80     | 20.4 a                                  | 19.0 a | 19.3 ab         |
|        | DI65     | 19.9 a                                  | 18.5 a | 18.9 ab         |
|        | DI50     | 19.6 a                                  | 18.0 a | 18.6 b          |
| 2008   | FI       | 26.9 a                                  | 18.2 a | 18.1 a          |
|        | DI80     | 24.4 a                                  | 18.0 a | 15.2 a          |
|        | DI65     | 22.6 a                                  | 15.9 a | 16.9 b          |
|        | DI50     | 21.2 a                                  | 15.2 a | 14.0 a          |
| 2009   | FI       | 21.1 a                                  | 18.7 a | 19.0 a          |
|        | DI80     | 20.2 b                                  | 19.0 a | 18.9 a          |
|        | DI65     | 20.2 b                                  | 18.5 a | 18.6 a          |
|        | DI50     | 19.8 b                                  | 17.2 a | 18.3 a          |

لا توجد فروق معنوية بين المتوسطات المقترنة بالحرف ذاته ضمن العمود ولكل موسم نمو على حدة عند مستوى ثقة

95% ( $P > 0.05$ ) وفقاً لاختبار Tukey HSD

### الاستنتاجات

- أشارت نتائج هذا البحث إلى أن تطبيق الري الناقص على محصول القطن أدى إلى انخفاض إنتاج المادة الجافة وكمية الأزوت الممتصة وفعالية استعمال السماد الأزوتي.
- انخفضت نسبة الكربون إلى الأزوت في الأنسجة النباتية المختلفة بانخفاض كمية المياه المضافة، وترافق ذلك بانخفاض العدد الكلي للجوزات على النبات. تركب جزء من الكربون في الأجزاء الثمرية نتيجة تعرض النبات للإجهاد المائي، وربما يكون لذلك دور في الحد من نسبة تساقط البراعم الزهرية والجوزات.
- أدى الإجهاد المائي إلى انخفاض قيم نسبة التمييز النظيري للكربون ( $\Delta^{13}C$ ) في الأجزاء النباتية المختلفة وفي النبات كاملاً.

## المراجع REFERENCES

- Barbour, M. M. and G. D. Farquhar. (2000). Relative humidity- and ABA-induced variation in carbon and oxygen isotope ratios of cotton leaves. *Plant Cell Environ.*, 23: 473-485.
- Basal, H., N. Dagdelen, A. Unay, and E. Yilmaz. (2009). Effects of deficit drip irrigation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fibre quality. *J. Agron. Crop Sci.*, 195: 19-29.
- Bronson, K. F., A. B. Onken, J. W. Keeliny, J. D. Booker, and H. A. Torbert. (2001). Nitrogen response in cotton as affected by tillage system and irrigation level. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65:1153-1163.
- Cetin, O. and L. Bilgel. (2002). Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. *Agric. Water Manag.*, 54: 1-15.
- Cotton Bureau report. (2002). The status of cotton cultivation in Syria for the 2001 growing season. In: Proceedings of the 33rd cotton conference, Cotton Bureau publication No 33, Aleppo, pp. 52-68.
- Cotton Bureau report. (2008). The status of cotton cultivation in Syria for the 2008 growing season. In: Proceedings of the 37th cotton conference, Cotton Bureau publication, Aleppo, pp. 1-48.
- Cushman, J. C. and H. J. Bohnert. (2000). Genomic approaches to plant stress tolerance. *Plant Biology*, 3: 117-124.
- Dagdelen, N., H. Basal, E. Yilmaz, T. Gurbuz, and S. Akcay. (2009). Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. *Agric. Water Manag.*, 96: 111-120.
- DeTar, W. R. (2008). Yield and growth characteristics for cotton under various irrigation regimes on sandy soil. *Agric. Water Manag.*, 95: 69-76.
- Du, T., S. Kang, J. Zhang, and F. Li. (2008). Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China. *Irrig. Sci.*, 26: 147-159.
- Dumka, D., C. W. Bednarz, and B. W. Maw. (2004). Delayed initiation of fruiting as a mechanism of improved drought avoidance in cotton. *Crop Sci.*, 44: 528-534.
- Ehleringer, J. R., C. B. Field, Z.F. Lin, and C. Y. Kuo. (1986). Leaf carbon isotope and mineral composition in subtropical plants along an irradiance cline. *Oecologia*, 70: 520-526.
- Ertek, A. and R. Kanber. (2003). Effects of different drip irrigation programs on the boll number and shedding percentage and yield of cotton. *Agric. Water Manag.*, 60: 1-11.



- Farquhar, G. D., J. R. Ehleringer, and K. T. Hubick. (1989). Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 40: 503–537.
- Farquhar, G. D., M. H. O'Leary, and J. A. Berry. (1982). On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Aust. J. Plant Physiol.*, 9: 121-137.
- Fereres, E. and M. A. Soriano. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Experimental Botany*, 58: 147-159.
- Geerts, S. and D. Raes. (2009). Deficit irrigation as on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric. Water Manag.*, 96: 1275-1284.
- Howell, T. A., S. R. Evett, J. A. Tolck, and A. D. Schneider. (2004). Evapotranspiration of full-, deficit-irrigated, and dryland cotton on the Northern Texas High Plains. *J. Irrig. Drainage Engg.*, 130: 277-285.
- Ingram, J. and D. Bartels. (1996). The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 47: 377-403.
- Janat, M. (2004). Assessment of nitrogen content, uptake, partitioning, and recovery by cotton crop grown under surface irrigation and drip fertigation using isotopic technique. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 35: 2515-2535.
- Lopez, M. J., J. C. Gutierrez, and E. O. Leidi. (1995). Selection and characterization of cotton cultivars for dry land production in the southwest of Spain. *Eur. J. Agric.*, 4: 119-126.
- Mert, M. (2005). Irrigation of cotton cultivars improves seed cotton yield, yield components and fibre properties in the Hatay region, Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B- Plant Soil Sci.*, 55: 40-55.
- O'Leary, M. H. (1980). Carbon isotope discrimination in plants. *Phytochemistry*, 20: 553–567.
- O'Leary, M. H. (1988). Carbon isotope in photosynthesis. *Bio Science*, 38: 325–336.
- Onder, D., Y. Akiskan, S. Onder, and M. Mert. (2009). Effect of different irrigation water level on cotton yield and yield components. *African J. Biotech.*, 8: 1536-1544.
- Pace, P. F., T. C. Harry, H. M. Sherif, J. El-Halawany, C. Tom, and A. S. Scott. (1999) Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. *J. Cotton Sci.*, 3: 183-187.
- Pettigrew, W. T. (2004). Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Sci.*, 44: 1265-1272.
- Qian, Y. L., R. F. Follett, S. Wilhelm, A. J. Koski, and M. A. Shahba. (2004). Carbon isotope discrimination of three Kentucky Bluegrass cultivars with contrasting salinity tolerance. *Agronomy Journal*, 96: 571-575.

- Sandquist, D. R. and J. R. Ehleringer. (2003). Carbon isotope discrimination differences within and between contrasting populations of *Encelia farinosa* raised under common-environment conditions. *Oecologia*, 134: 463-470.
- Shanarazi, A., S. H. Ahmadi, P. E. Laerke, F. Liu, F. Plauborg, S. E. Jacobsen, C. R. Jensen, and M. N. Andersen. (2008). Nitrogen dynamics in the soil-plant system under deficit and partial rootzone drying irrigation strategies in potatoes. *Europ. J. Agron.*, 28: 65-73.
- Tang, L. S., Y. Li, and J. Zhang. (2005). Physiological and yield responses of cotton under partial rootzone irrigation. *Field Crops Res.*, 94: 214-223.
- Wang, C., A. Isoda, M. Li, and D. Wang. (2007). Growth and eco-physiological performance of cotton under water stress conditions. *Agric. Sci. in China*, 6 (8): 949-955.
- Wanjura, D. F., D. R. Upchurch, J. R. Mahan, and J. J. Bruke. (2002). Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation. *Agric. Water Manag.*, 55: 217-237.
- Warren, C. R., J. F. McGrath, and M. A. Adams. (2001). Water availability and carbon isotope discrimination in conifers. *Oecologia*, 127: 476-486.

|                    |            |                  |
|--------------------|------------|------------------|
| Received           | 2011/04/12 | إيداع البحث      |
| Accepted for Publ. | 2011/09/13 | قبول البحث للنشر |