

تحسين إنتاجية وحدة مياه الري للذرة الشامية بتطبيق تقنية الري الجزئي تحت ظروف الري التكميلي في اليمن

حازم حزام أحمد الأشول⁽¹⁾ ومحمد مصلح السنباني⁽²⁾ وعبد الرحمن حيدر⁽³⁾ وعبد الرحمن صلاح⁽²⁾

(1). قسم التربة والمياه، المحطة الإقليمية للبحوث الزراعية بالمرتفعات الشمالية، الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي، صنعاء، الجمهورية اليمنية.

(2). قسم التربة والمياه والبيئة، كلية الزراعة، جامعة صنعاء، الجمهورية اليمنية.

(3). مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجددة، الهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي، نمار، الجمهورية اليمنية.

(* للمراسلة: د.حازم حزام أحمد الأشول. البريد الإلكتروني: hazemalashwal@yahoo.com.)

تاريخ القبول: 2018/10/01

تاريخ الاستلام: 2018/05/02

الملخص

تم تنفيذ تجربة حقلية في المزرعة البحثية التابعة للمحطة الإقليمية لبحوث المرتفعات الشمالية، صنعاء، الجمهورية اليمنية، في الموسم الصيفي 2015؛ لدراسة تأثير الري الجزئي بطريقة الري المتبادل بالخطوط في بعض مؤشرات النمو والإنتاجية وكفاءة استخدام المياه لمحصول الذرة الشامية صنف تـعز-2؛ مقارنة بطريقة الري التقليدي بالخطوط عند مستويات مختلفة من كمية مياه الري المضافة، وكذلك دراسة نمط توزيع رطوبة التربة، وعناصر الميزان المائي؛ وقد تم تطبيق ست معاملات هي: EF11 ري تقليدي (كامل) 100% (طريقة المزارع)، EF12 ري تقليدي 75%، EF13 50%، AF11 ري متبادل 100%، AF12 ري متبادل 75%، AF13 ري متبادل 50%، بحيث أن معاملات الري الجزئي (الري المتبادل بالخطوط) تم إضافة نفس كمية مياه الري في معاملات الري التقليدي ولكن لنصف الخطوط، ويتم التبديل بين الخطوط بين رية وأخرى. تم زراعة التجربة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD، بثلاثة تكررات، وقورنت المتوسطات بطريقة دانكن Duncan عند مستوى ثقة 0.05. أظهرت النتائج تفوق طريقة الري المتبادل في معظم مؤشرات النمو والإنتاجية وكفاءة استخدام المياه مقارنة بالري التقليدي عند نفس المستوى من مياه الري، وبشكل عام فإن انخفاض كمية مياه الري يؤدي إلى انخفاض في مؤشرات النمو والإنتاجية، ولكنه بدأ أقل تأثيراً في طريقة الري المتبادل؛ وقد حققت المعاملة AF12 أعلى قيمة في كفاءة استخدام المياه بتوفير في مياه الري بما يقارب 20%، بدون خسارة معنوية في الإنتاجية مقارنة بطريقة المزارع (EF11)؛ وعند مقارنة إنتاجية الذرة الشامية بطريقة الري التقليدي والجزئي، فقد حققت تقنية الري الجزئي زيادة في الإنتاجية مقارنة بالري التقليدي بنسبة تقارب 40% عند مستوى ري 75%، وكلما كانت كمية مياه الري المتاحة أقل تحقق تقنية الري الجزئي نسبة زيادة أعلى في الإنتاجية مقارنة بالري التقليدي، إذ قد تصل إلى 169% عند مستوى ري 50%.

الكلمات المفتاحية: الذرة الشامية، الري الجزئي، الري بالخطوط المتبادل، كفاءة استخدام المياه.

المقدمة:

يعد محصول الذرة الشامية من المحاصيل الاستراتيجية الهامة على مستوى العالم، حيث يعتبر المحصول الرابع بعد القمح والأرز والشعير من حيث أهميته كمصدر لغذاء الإنسان، وقد ارتفع إنتاج هذا المحصول بنسبة 71.61% في عام 2013 مقارنةً بعام 2000 على مستوى العالم (FAO, 2015)، أما في اليمن فتفاوتت سنوياً المساحة المزروعة والإنتاجية، وبشكل عام فقد ارتفعت المساحة المحصولية من حوالي 37 ألف هكتاراً عام 2009 إلى ما يزيد عن 49 ألف هكتاراً عام 2013، والإنتاجية من 56 ألف طن عام 2009 إلى 75 ألف طن عام 2013 (FAOstat, 2016؛ وزارة الزراعة والري، 2013).

تقع الغالبية العظمى من مساحة اليمن في هذه النطاقات الجافة (وزارة الزراعة والري، 2002)؛ وتعتمد اليمن على مصدرين رئيسيين للحصول على المياه للزراعة؛ المصدر الأول يتمثل في الأمطار، وهي ضئيلة ومتذبذبة، حيث أن القسم الأكبر من مساحة اليمن يقل المجمل السنوي لهطول الأمطار بها عن 200 ملم/سنة، والثاني المياه الجوفية، وهذا المصدر يعاني من عجز بين كمية المياه المتجددة وكمية الضخ، تم تقديره عام 2010 بحوالي 1423 مليون متر مكعب وهذا العجز يتزايد عام بعد عام (Taher *et al.*, 2013). ويستهلك القطاع الزراعي حوالي 90% من كمية هذه المياه، ومعظم هذه الكمية تذهب للري التقليدي ويعتبر أكبر مستخدم للمياه بحسب ما جاءت به هيئة الموارد المائية للعام 2001 (السنباني، 2003). وبالرغم من التوجهات لاستخدام الري الحديث كبديل للري التقليدي إلا أنه لا يزال يمارس على نطاق واسع في اليمن، ولا يتوقع استبداله بأنظمة الري الحديث في المستقبل القريب (السنباني، 2003). ويعاني الري التقليدي في اليمن من انخفاض كفاءة الري حيث تقدر كفاءة الري بين 35-40% (Al-Eshlah *et al.*, 2011). ونظراً لندرة الأمطار وتذبذبها، ونظراً لأن نباتات الذرة الشامية تعتبر حساسة للإجهاد المائي واحتياجاتها عالية من المياه (Yin *et al.*, 2013)؛ فإن المزارع يعتمد بصورة أساسية على المياه الجوفية للري التكميلي لتعزيز نمو النبات والإنتاجية؛ وهذا يجعل من عملية الإنتاج الزراعي ذو جدوى أقل وخاصة في ظل ارتفاع أسعار المشتقات النفطية؛ لهذا يجب الاهتمام بالري التقليدي وذلك برفع كفاءته من خلال ادخال بعض التقنيات المناسبة (كالري الجزئي في هذه الدراسة).

تعتبر تقنية الري الجزئي (Partial Root-zone Drying (PRD) أحد أنواع الري بالعجز، وهي استراتيجية فعالة لحفظ مياه الري (Zegbe *et al.*, 2004)، وقد بدأ تطبيق هذه التقنية في الولايات المتحدة الأمريكية في نهاية ستينيات القرن الماضي، من خلال الورقة التي نشرت حول الري بالخطوط المتبادل على القطن عام 1968 من قبل Grimes وزملاؤه (Grimes *et al.*, 1968)، وانتقلت فيما بعد إلى إيران ثم استراليا (Sepaskhah and Ahmadi, 2010)، وتم تطوير هذه التقنية خلال العقد الماضي ويتم دراستها باهتمام في عدة بلدان (Davies and Hartung, 2004)؛ وتقتضي هذه التقنية في ترطيب نصف المجموع الجذري مع ترك النصف الآخر ليجف إلى مستوى معين. ويمكن تطبيق هذه التقنية على معظم المحاصيل البستانية، والحقلية، ومحاصيل الخضر، وغيرها من المحاصيل التي تناسب أنظمة الري بالخطوط، والري بالتنقيط (بنوعيه السطحي وتحت السطحي)، وقد قدم Sepaskhah and Ahmadi (2010) مراجعة جيدة للدراسات التي تطرقت لهذه التقنية من جوانب مختلفة. يكون الري الجزئي في نظام الري بالخطوط وذلك بري نصف الخطوط أي ري خط وترك خط (ري كل ثاني خط) (Every-Other-Furrow Irrigation (EOFI). وقد يكون ثابت أي ري نفس الخط في كل مرة حتى نهاية الموسم أو متبادل Alternate Furrow Irrigation حيث يتم فيه التبديل في الريات بري نصف الخطوط وترك الأخرى بدون ري وفي الرية التالية يتم ري الخطوط التي لم تروى في الرية السابقة والعكس في كل رية.

إن تطبيق تقنية الري الجزئي PRD من شأنها أن ترفع كفاءة استخدام المياه وقد تكون أسهل تطبيقاً من الري الناقص DI من قبل المزارعين (Kirda *et al.*, 2007) وبدون نقص كبير في الإنتاجية (Du *et al.*, 2005; Kang and Zhang, 2004)، ويرى Hiekal *et al.* (2009) أنها تقنية قابلة للتطبيق وفعالة معنوياً في المناطق الجافة. إن الأدلة المتراكمة تبين أنه عند إضافة نفس الكمية من مياه الري يفوق PRD على DI فيما يتعلق بالمحافظة على الإنتاجية وكفاءة استخدام المياه (Dodd, 2009; Liu *et al.*, 2009;). وقد أجريت العديد من الدراسات لهذه التقنية في أماكن متعددة، في ظروف (مناخ، وتربة، ونظم ري) مختلفة، على محاصيل مختلفة وقد أشارت بعض النتائج بأن هذه التقنية قد توفر ما يزيد عن 50% من مياه الري. ومن خلال نتائج الدراسات على الذرة الشامية (Kang *et al.*, 2000a, Kirda *et al.*, 2007)، والفلفل (Kang *et al.*, 2001)، والطمطم (Kirda *et al.*, 2004; Zegbe *et al.*, 2004) تؤكد أن تطبيق تقنية الري الجزئي ترفع من كفاءة استخدام المياه بانخفاض هامشي في الإنتاجية مقارنةً بالري الناقص التقليدي، وعلاوةً على ذلك فإنها تحسن من جودة المنتجات.

وتظهر نتائج الدراسات السابقة أن إنتاجية المحاصيل تحت تقنية PRD أفضل من الري الناقص المنتظم (Sepaskhah and Ahmadi, 2010)، ذلك لأن نصف المجموع الجذري الذي تعرض للجفاف يجعل النبات يستجيب بتقليل استهلاكه للمياه والحد من النمو الخضري ودفع النبات للإثمار بينما لا تتأثر عملية البناء الضوئي وبالتالي الإنتاجية كما أن الحالة الهيدروليكية للنبات لا تتأثر بسبب وجود رطوبة كافية في نصف المجموع الجذري الآخر كما لوحظ أن امتصاص النبات للعناصر الغذائية يكون أفضل (المرجع السابق). وهناك مناقشات عديدة لكثير من الباحثين في كثير من الدراسات لمحاولة فهم أسباب تفوق الري الجزئي على الري الناقص التقليدي فيما يخص كفاءة استخدام المياه؛ فهناك أسباب متعلقة بالتنظيم الهرموني للنبات، والعمليات الفيسيولوجية، وأسباب أخرى لا يسع المجال لذكرها هنا.

تُظهر نتائج التجارب على المحاصيل المختلفة أن مياه الري يمكن أن تتخفف إلى حوالي 30-50% عند تطبيق تقنية الري الجزئي بدون انخفاض معنوي في الإنتاجية (Sepaskhah and Ahmadi, 2010)؛ إن معظم هذه التجارب والاستنتاجات تم الحصول عليها خلال العقد الماضي من الزمن ولإزال تطوير التقنية من الناحية التطبيقية مستمراً للمحاصيل الحقلية والبستانية. وفيما يخص الذرة الشامية فقد وجد Benjamin *et al.*, (1997) أن إضافة المياه بطريقة الري الجزئي أو التقليدي لم يؤثر في إنتاجية محصول الذرة الشامية. كما وجد Abdel-Maksoud *et al.*, (2002) انخفاضاً معنوياً في كمية المياه المضافة في الري الجزئي مقارنةً بالري التقليدي قد يصل إلى 30%. وفي دراسة أجراها حمود والساووكي (2011) خلصت النتائج إلى أن الري بالخطوط المتبادل حقق توفير نصف ماء الري وإنتاجية تقدر بنحو 77% مقارنةً بالري الكامل. ووجد Kang *et al.*, (1998) أن معاملة الري الجزئي أدت إلى خفض كمية الاستهلاك المائي بنسبة تصل إلى حوالي 36% مع انخفاض في الكتلة الحيوية قد يصل إلى 11% فقط مقارنةً بالري الكامل، بالإضافة إلى انخفاض معدل النتج مع عدم اختلاف معنوي في معدل البناء الضوئي، وهذا أدى إلى زيادة معنوية في كفاءة استخدام المياه، وأوصت الدراسة بأن الري الجزئي تقنية فعالة وطريقة لحفظ مياه الري، ويمكن أن تكون ذات كفاءة لتطبيقها في الحقل. ووجد Kang *et al.*, (2000b) تحسن نمو الجذور معنوياً بصورة عامة في معاملة الري الجزئي، كما حققت إنتاجية أعلى، وفي نفس الوقت خفضت كمية مياه الري بمقدار يفوق عن 50%، وأوصت الدراسة أن الري الجزئي المتبادل يعتبر طريقة لحفظ مياه الري في المناطق الجافة، حيث يعتمد إنتاج الذرة الشامية على الري المتكرر. واستنتج Kang *et al.* (2000c) أنه في معاملة الري الجزئي المتبادل تحسن معنوي في

مؤشرات نمو الجذور، وكفاءة استخدام المياه، كما أشار أيضاً أن أكثر النتائج مفاجأة هو ارتفاع إنتاجية الحبوب في معاملة الري الجزئي المتبادل برغم انخفاض يقدر بنحو 50% من كمية مياه الري المضافة. وأوصى (Sepaskhah and Khajehabdollahi, 2005) أنه إذا كان هناك شح في مياه الري الموسمية (أقل من 700 مم) يفضل استخدام الري بالخطوط المتبادل لفترة بين الريات 10 أيام للحصول على كفاءة استخدام مياه عالية وخاصة للمناطق ذات مستوى الماء الأرضي السطحي. كما أوصى (Nasri *et al.*, 2010) بأن الري الجزئي المتبادل تعتبر طريقة لحفظ مياه الري في المناطق الجافة حيث يعتمد إنتاج الذرة الشامية بشدة على الري المتكرر، وعلاوة على ذلك فقد تحسنت جودة المحصول في الري الجزئي المتبادل من حيث محتوى الحبوب من البروتين. ووجد (Rafiee and Shakarami, 2010) أن الري الجزئي المتبادل خفض استهلاك مياه الري بمقدار 26.2% - 23% مقارنة بالري الكامل، وانخفضت الإنتاجية بمقدار 11% - 13.6%. واستنتج (Ebrahimian *et al.*, 2011) أن الري بالخطوط المتبادل حقق أعلى قيمة في كفاءة استخدام المياه حيث بلغت 2.823 كغ/متر مكعب مقارنة بـ 1.614 كغ/متر مكعب لمعاملة الري الكامل وبدون فرق معنوي في الإنتاجية. كما أشارت النتائج التي حصل عليها (Nelson and Al-Kaisi, 2011) انخفاض كمية مياه الري بواقع 23% عند تطبيق تقنية الري الجزئي مع عدم وجود فروق معنوية بين معاملي الري الجزئي والري الكامل، وأوصت الدراسة بأن استخدام استراتيجية الري بالخطوط المتبادل عند مستوى 50% من السعة الحقلية لها أولوية أكثر من الاستراتيجيات الأخرى فيما يخص المنافع التجارية والبيئية خاصة في المناطق محدودة مصادر المياه. كما قام (Abd El-Halim, 2013) بدراسة معامليتين من الري بالخطوط المتبادل هي: ري بالخطوط المتبادل كل 7 أيام AFI7، وكل 14 يوم AFI14، بالمقارنة مع الري الكامل كل 14 يوم EFI في الإنتاجية، وكفاءة استخدام المياه، والعائد الاقتصادي لمحصول الذرة الشامية تحت ظروف المناخ الجاف، وأظهرت النتائج زيادة معنوية في الإنتاجية في معاملة AFI7 عن المعاملتين الأخرين، وفي المقابل حققت معاملة EFI زيادة معنوية عن AFI14، وتم خفض مياه الري بنسبة 7% و 17% في معاملي AFI7 و AFI14 على التوالي مقارنة بمعاملة EFI؛ كما بينت النتائج أن كلا معاملي الري الجزئي حسنت من كفاءة استخدام المياه مقارنة بمعاملة الري الكامل؛ وخلصت الدراسة إلى أن معاملة AFI7 لم ترفع الإنتاجية فحسب، بل رفعت صافي الربح (العائد) وخفضت من كمية مياه الري المضافة. وفي دراسة أجراها (El-Sadek, 2014) لمحاكاة إنتاجية محصولي القمح والذرة الشامية باستخدام برنامج SALTMED تحت نظام الري الجزئي مقارنة بالري بالخطوط التقليدي؛ حيث خلصت النتائج إلى ارتفاع القدرة الإنتاجية للمياه تحت نظام الري الجزئي كما توصي الدراسة بشدة إلى ضرورة تطبيق تقنية الري الجزئي في الأراضي المستصلحة في مصر لحفظ مياه الري علاوة على رفع جودة المنتج.

إن فوائده العناصر الغذائية والمياه عن طريق التسرب العميق قد ينتج عنه كفاءة منخفضة لاستخدام المياه والعناصر الغذائية تحت نظام الري الكامل (Panigrahi *et al.*, 2011). ويمكن تحقيق كفاءة أعلى في استخدام المياه لأي محصول بواسطة رفع الإنتاجية و/أو تقليل الفوائد المائية بالتسرب العميق والتبخر من الحقل وتحت نظام الري الجزئي يتوقع تقليل هذه الفوائد من خلال الترطيب الجزئي لسطح التربة. كما يمكن تحقيق كفاءة أعلى لاستخدام العناصر الغذائية عن طريق تقليل التسرب العميق والتوزيع المناسب للعناصر الغذائية في منطقة الجذور (المرجع السابق) إن الحركة الجانبية للمياه في نظام الري الجزئي بالخطوط يمثل مكوناً هاماً في عملية الرش، كذلك فإن تقنية الري الجزئي تقلل من كمية المياه المفقودة بالتسرب العميق مما يرفع كفاءة استخدام المياه (Sepaskhah and Kamgar-Haghighi, 1997; Hodges *et al.*, 1989; Stone *et al.*, 1982). كما أن رطوبة التربة وتوزيعها المكاني في

منطقة الجذور تؤثر معنوياً في التبخر-نتح الفعلي ET_c (Panigrahi *et al.*, 2011). لقد قام Kang *et al.*, (2000c) بدراسة توزيع رطوبة التربة، وانتظامية الري، والميزان المائي تحت نظام الري الجزئي لمحصول الذرة الشامية في المناطق الجافة تحت نظام الري بالخطوط؛ وأظهرت النتائج أن معاملة الري الكامل حقق فارق معنوي في التسرب العميق والتبخر من سطح التربة، كما أشارت النتائج أيضاً إلى أن معامل الانتظامية يميل إلى أن يكون أعلى في معاملة الري التبادلي بالخطوط، كما وجد انخفاض معدل التبخر تحت نظام الري الجزئي مقارنة بالري التقليدي. وفي دراسة أجراها (Taftah and Sepaskhah (2012) بتطبيق نموذج HYDRUS-1D لمحاكاة التسرب العميق للمياه وغسيل والنترات في ثلاث معاملات من الري بالخطوط لمحصول الذرة الشامية هي: ري تقليدي (ري جميع الخطوط) CFI، ومعاملتي ري جزئي تبادلي VAFI وثابت FAFI؛ وأظهرت النتائج أن مقدار التسرب العميق قد انخفض بنسبة 40% و 57% في معاملتي الري الجزئي التبادلي والثابت على التوالي مقارنة بمعاملة الري التقليدي. وفي تجربة أجراها (Ebrahimian *et al.*, 2012) لدراسة توزيع وضائعات الماء والنترات تحت نظام الري الجزئي بالخطوط، مع إضافة الأسمدة، وقد تم استخدام طريقة الميزان المائي لتقدير الضائعات لثلاث معاملات ري بالخطوط هي: ري تقليدي (ري جميع الخطوط) CFI، وري جزئي تبادلي AFI، وري جزئي ثابت FFI، بحيث أن معاملتي الري الجزئي تستقبل 50% من كمية مياه الري في معاملة الري التقليدي؛ وخلصت النتائج إلى أن كمية الضائعات المائية بالتسرب العميق والجريان السطحي أقل في معاملتي الري الجزئي عنها في معاملة الري التقليدي، وكذلك الحال بالنسبة للنترات المغسولة وقد عزى الباحثون ذلك إلى أن مقدار الرش في معاملتي الري الجزئي كانت أعلى منها في الري التقليدي وكذلك الحركة الأفقية للماء في التربة، وبسبب حركة الماء الأفقية يعتبر الري الجزئي بالخطوط ذو كفاءة لتقليل الضائعات المائية بالتسرب العميق والجريان السطحي.

تهدف الدراسة إلى قياس تأثير تطبيق تقنية الري الجزئي (الري بالخطوط المتبادل) مقارنة بالري التقليدي عند مستويات مختلفة من كمية مياه الري في مؤشرات النمو والإنتاجية، وكفاءة استخدام المياه للذرة الشامية. ومعرفة مدى فاعلية هذه التقنية في توفير مياه الري، ومدى تأثير ذلك في الإنتاجية تحت ظروف المنطقة، وعند أي مستوى من مياه الري ستكون أكثر فاعلية.

مواد البحث وطرائقه:

تم تنفيذ التجربة في المزرعة البحثية التابعة للمحطة الإقليمية لبحوث المرتفعات الشمالية، صنعاء، العره (lat. 15° 30' N; long. E 44° 12' 2200 متراً فوق سطح البحر. ويوضح الجدول (1) أهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية للتربة، كما يوضح الجدول (2) أهم عناصر المناخ المقاسة بواسطة المحطة المناخية التابعة للمزرعة البحثية خلال موسم النمو. تم تقسيم التجربة إلى وحدات تجريبية تحتوي كل وحدة تجريبية على خمسة خطوط مغلقة من الجهتين (خمس قمم وست قيعان) بمساحة 15.6 متر مربع، طول الخط الواحد 4 أمتار والمسافة بينها 0.65 متراً، وتم ترك خط واحد بين الوحدات التجريبية في الاتجاه الموازي للخطوط، ومسافة متراً واحداً في الاتجاه العمودي على الخطوط كحدود بين الوحدات التجريبية. وتم زراعة بذور الذرة الشامية صنف Taiz-2 وهو صنف مطلق من قبل الهيئة العامة للبحوث الزراعية (المحطة الإقليمية لبحوث المرتفعات الجنوبية) تم استقدامه من المركز الدولي لتحسين الذرة الشامية والقمح، CIMMET، المكسيك، وتم اعتماده وإطلاقه عام 1996 (المؤسسة العامة لإكثار البذور، 2002). وزعت البذور يدوياً بعمق 5 سم تقريباً في جور المسافة بينها 0.3 متراً في 28 مايو 2015م بكثافة نباتية تقدر بنحو 51.282 نبات/هكتار؛ وتم وضع ثلاث بذور في كل جورة وذلك لضمان الحصول على إنبات وتجانس جيدين. وقد تم الاستفادة من الرطوبة المخزنة في التربة بسبب الهطول المطري

خلال الأيام ما قبل الزراعة. وتم إضافة رية محايية بعد أسبوع من الزراعة (بعد الإنبات) بمقدار 30 مم؛ كما تم إضافة ريتين آخرين قبل تطبيق المعاملات بمقدار 38 مم، 40 مم للرية الأولى والثانية على التوالي، ثم بعد ذلك تم تطبيق المعاملات (من الريّة الرابعة وما بعدها) بإضافة 8 ريات أخرى بحسب المعاملات (كما سيرد ذكرها لاحقاً). وكان يتم ري كل خط على حده عن طريق خرطوم متصل به عداد مياه لقياس كمية مياه الري المراد إضافتها بالتر لكل خط. وتم دراسة ست معاملات هي: EF11 ري جميع الخطوط (تقليدي) وكمية مياه ري تعادل 100% من إضافة المزارع (الشاهد)، EF12 ري جميع الخطوط (تقليدي) وكمية مياه ري تعادل 75% من إضافة المزارع، EF13 ري جميع الخطوط (تقليدي) وكمية مياه ري تعادل 50% من إضافة المزارع، AF11 ري بالخطوط المتبادل وكمية مياه ري تعادل 100% من إضافة المزارع، AF12 ري بالخطوط المتبادل وكمية مياه ري تعادل 75% من إضافة المزارع، AF13 ري بالخطوط المتبادل وكمية مياه ري تعادل 50% من إضافة المزارع. وفي معاملات الري بالخطوط المتبادل يتم ري خط وترك الخط الآخر بدون ري وفي الريّة التالية يتم التبديل بين الخطوط بحيث يتم ري الخط الذي لم يتم ريه في الريّة السابقة والعكس. وقد تم تطبيق المعاملات من الريّة الرابعة (بعد 50 يوم من الزراعة)؛ وتعتبر المعاملة EF11 هي معاملة الشاهد (طريقة المزارع)؛ وقد تم قياس كمية المياه التي يضيفها المزارع من خلال تركيب عداد مياه في حقل يروى من قبل المزارعين وذلك بقسمة كمية المياه على المساحة المروية، وقد بلغ متوسط كمية مياه الري المضافة بحدود 55 مم في الريّة الواحدة. وتم قياس كمية مياه الري بالـ مم لباقي المعاملات وفقاً لهذا. وتم حساب كمية المياه المراد إضافتها لكل خط من طريقة الري التقليدي EF11 بضرب مساحة الخط (4 م * 0.65 م) في عمق الماء المراد إضافته (55 مم) حيث بلغت 143 و107.25 و71.5 لتر/خط لكل من مستويات كمية مياه الري 1، 2، 3 على التوالي؛ أما فيما يخص طريقة الري بالخطوط المتبادل AFI فكمية مياه الري لكل خط تبلغ ضعف مثلتها في طريقة الري التقليدي حيث بلغت 286 و214.5 و143 لتر/خط لكل من مستويات كمية مياه الري 1، 2، 3 على التوالي. وتم حصاد التجربة في 17 أكتوبر 2015م.

الجدول 1. بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة ومياه منطقة تنفيذ الدراسة

طبقة التربة		خصائص التربة	
100-35 سم	35-0 سم		
11	16	%	الرمل
39	48	%	السلت
50	36	%	الطين
Silty clay	Silty clay loam	-	قوام التربة
0.87	0.87	مليموز/سم	درجة التوصيل الكهربائي EC
7.9	8	-	الرقم الهيدروجيني pH
42	31.5	مليمكافئ/100جم	السعة التبادلية الكاتيونية (CEC)
4	7.8	%	كربونات الكالسيوم
1	1.2	%	المادة العضوية
2	5	ppm	الفسفور المتيسر
0.8	1.4	مليمكافئ/لتر	البوتاسيوم المتبادل
1.8	2.6	مليمكافئ/لتر	الصوديوم المتبادل
0.4		مليموز/سم	درجة التوصيل الكهربائي EC
8.4		-	الرقم الهيدروجيني pH

الجدول 2. أهم عناصر المناخ لمنطقة الدراسة خلال موسم النمو (مأخوذة من المحطة المناخية التابعة للمزرعة البحثية)

الشهر	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر
متوسط درجة الحرارة العظمى، درجة مئوية	28.1	29.4	31.2	29.7	28.7	26.2
متوسط درجة الحرارة الصغرى، درجة مئوية	13	13.7	14.2	13.9	10.7	7.6
متوسط درجة الحرارة، درجة مئوية	21.3	22.58	23.50	22.16	21.30	18.21
متوسط الرطوبة النسبية، %	42.45	26.30	31.22	47.29	28.25	31.90
متوسط سرعة الرياح، متر/ثانية	0.76	1.15	0.88	0.74	0.71	0.55
متوسط الضغط الجوي، متر	1007	1004	1002	1003	1006	1011
كمية الأمطار، مم/شهر	59.2	1	0	68.4	0.2	0

وتم أخذ بيانات مؤشرات النمو، حيث تم اختيار خمسة نباتات عشوائياً من الخطوط الوسطية الثلاثة من كل وحدة تجريبية، وذلك عند وصول النباتات إلى أقصى نمو بعد تكوّن الكيزان بتاريخ 9 سبتمبر 2015م (في اليوم 105 بعد الزراعة)، واختيار خمسة نباتات عشوائياً من كل وحدة تجريبية وتم أخذ القياسات التالية: ارتفاع النبات (cm)، وسمك الساق (mm) بجهاز الورنية، والمساحة الورقية (cm²) إذ تم تقديرها لكل نبات من النباتات المختارة حسب الجداول التي أوردها الساهوكي وجياد (2013) التي تعتمد على المعادلة التي استنبطها (1985) Elshookie والتي تأخذ الصيغة التالية:

$$A_l = 0.75 \times L_l^2$$

حيث: A_l المساحة الورقية لنبات الذرة الشامية، سننيمتر مربع؛ L_l^2 مربع طول الورقة أسفل ورقة الكوز الرئيسي للنبات، بالسنتيمتر المربع؛ وذلك بقياس طول الورقة التي تقع تحت ورقة الأذينة للكوز الرئيسي لكل نبات من النباتات المختارة في كل وحدة تجريبية. وتم تطبيق المعادلة السابقة للحصول على المساحة الورقية؛ وتم حساب المتوسط الحسابي للقيم. كما تم أخذ بيانات مؤشرات ومكونات الإنتاجية عند حصاد التجربة وذلك باختيار الثلاثة الخطوط الوسطية من كل وحدة تجريبية بطول ثلاثة أمتار لكل خط؛ وقد تم إهمال الخطوط الطرفية في الاتجاه الموازي للخطوط، ومسافة نصف متر من الجهتين في الاتجاه العمودي على الخطوط؛ وتم أخذ البيانات التالية: عدد الكيزان في الهكتار، وعدد الصفوف في الكوز، وعدد الحبوب في الصف، ووزن ألف حبة، والإنتاجية (كغ/هكتار)، وكفاءة استخدام المياه WUE (كغ/مم. هكتار) وقد تم حساب نوعين من WUE هما: (1) كفاءة استخدام المياه الكلية WUE وتم حسابها بالطريقة التي أوجدها (1958) de Wit بقسمة إنتاجية الحبوب (كغ/هكتار) لكل وحدة تجريبية على كمية المياه المستهلكة (التبخر - نتح الفعلي الموسمي) ETC؛ والذي تم الحصول عليه من نتائج عمليات المحاكاة بواسطة برنامج VS2DTI. (2) كفاءة استخدام مياه الري المضافة أو إنتاجية مياه الري IWP وتم حسابها بقسمة إنتاجية الحبوب (كغ/هكتار) لكل وحدة تجريبية على كمية المياه المضافة (Zhang, 2003)، ولم تدخل مياه الأمطار في الحسابات نظراً لقلتها التي بلغت 68.4 مم مقارنة بكمية مياه الري. وقد تم تنفيذ التجربة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD، بثلاثة مكررات (قطاعات)، وتم تحليل البيانات بالاستعانة بالبرنامج الحاسوبي الإحصائي SAS 9.1.3، وتم مقارنة المتوسطات بطريقة دانكن Duncan عند مستوى معنوية 0.05.

النتائج والمناقشة:

يلاحظ من الجدول (3) تفوق معاملة EF11 معنوياً في ارتفاع النبات على كل من EF13 و AF12 و AF13، كما تفوقت معاملة EF12 على EF13، وتفوقت AF11 على EF13؛ وبشكل عام يقل ارتفاع النبات مع نقص كمية مياه الري المضافة، وبلغت أعلى قيمة في معاملة EF11 حيث بلغت 181.6 سم. ويظهر التناقص في ارتفاع النبات مع نقص كمية مياه الري المضافة بشكل أكبر في معاملات

الري التقليدي بالخطوط، وتتلاشى نوعاً ما الفروق في ارتفاع النبات بين معاملات الري بالخطوط المتبادل، بمعنى أن تأثير نقص كمية مياه الري المضافة على ارتفاع النبات يكون أقل في الري بالخطوط المتبادل مقارنة بالري التقليدي وتتفق هذه النتائج مع Kang *et al.* (2000a,c). وبشكل عام فإن الري التقليدي حقق قيم أعلى مقارنة بالري المتبادل وتتفق هذه النتائج مع ما وجدته Wang *et al.* (2008) ماعداً عند مستوى 50% من مياه الري المضافة فإن الري المتبادل حقق قيمة أعلى من الري التقليدي بفوارق طفيفة غير معنوية لمعظم هذه المقارنات. ويأخذ قطر الساق نفس الاتجاه تقريباً، وقد حققت المعاملة EF11 أعلى قيمة بلغت 30.6 مم، ومعاملة EF13 أقل قيمة بلغت 25.47 مم. وفيما يخص المساحة الورقية، فقد تفوقت المعاملة EF11 بأعلى قيمة لها بلغت 4.697 سم² على EF13 و AF13؛ كما لم توجد فروق معنوية بين باقي المعاملات وبعضها، عدا أن المعاملة EF13 التي حققت أقل قيمة في المساحة الورقية بلغت 3.066 سم² بفارق معنوي عن جميع المعاملات (الجدول 3)، ويلاحظ أيضاً من الجدول تفوق معاملة AF13 على EF13 برغم أنهما متساويتان في كمية مياه الري المضافة؛ وبشكل عام فإن تناقص مياه الري يؤدي إلى دفع النبات للتكيف بتقليل المساحة الورقية لتقليل النتح، وهذا بدوره يؤدي إلى تناقص في الإنتاجية، ويظهر من الجدول (3) أن تناقص مياه الري أدى إلى تناقص المساحة الورقية للنبات بشكل عام، ولكن في الري المتبادل يكون معدل التناقص أقل منه في الري التقليدي، وذلك لأنه في الري المتبادل يكون نصف المجموع الجذري في إجهاد مائي يسبب إغلاق جزئي للشعور لتقليل النتح، بينما النصف الآخر من الجذور يقع في الجزء المروي أو الرطب من التربة يجعل الحالة الهيدروليكية للنبات بحالة جيدة وهذا يفسر عدم تأثر معظم مؤشرات النمو كارتفاع النبات، وقطر الساق، والمساحة الورقية للنبات معنوياً بنقص كمية مياه الري، وهذا يعطي مؤشر أولي عن الإنتاجية، وتشير بعض الدراسات أن المساحة الورقية تتأثر بنقص كمية مياه الري المضافة بدرجة أقل تحت نظام الري المتبادل مثل Li *et al.* (2007)، بعكس ما تم التوصل إليه في هذه الدراسة حيث لم تختلف المساحة الورقية معنوياً بنقص مياه الري تحت نظام الري المتبادل.

الجدول 3. تأثير معاملات الري في بعض مؤشرات النمو

المعاملات	ارتفاع النبات (cm)	قطر الساق (mm)	المساحة الورقية (cm ²)
EF11	181.6 a	30.57 a	4.697 a
EF12	163.8 ab	26.30 bc	4.138 ab
EF13	140.1 c	25.47 c	3.066 c
AF11	167.0 ab	30.10 ab	4.349 ab
AF12	154.8 bc	29.50 abc	4.427 ab
AF13	152.4 bc	26.33 bc	3.840 b
CV %	7.40	7.54	9.55

الأرقام في نفس العمود المتبوعة بحروف متشابهة لا تختلف عن بعضها معنوياً وفقاً لطريقة دانكن Duncan عند مستوى معنوية 0.05

يظهر من الجدول (4) أن عدد الكيزان يسلك سلوك مؤشرات النمو في أن تأثير نقص مياه الري يكون أقل في معاملات الري المتبادل عنه في معاملات الري التقليدي، فقد تشابهت إحصائياً معاملي EF11 و AF11 حيث بلغتا 58.547 و 50.892 كوز/هكتار على التوالي، وتشابهت إحصائياً المعاملات EF12 و AF12 و AF13، حيث بلغ عدد الكيزان في كل منها 34.196 و 39.456 و 33.746 كوز/هكتار على التوالي، وقد حققت معاملة EF13 أقل قيمة بفارق معنوي عن بقية المعاملات بقيمة تقدر بنحو 18.362 كوز/هكتار، ويلاحظ أنه بتناقص كمية مياه الري المضافة يتناقص عدد الكيزان معنوياً عند مستوى واحد من طريقة الري، عدا معامليتين من الري

المتبادل ذات 75% و 50% من كمية مياه الري المضافة فقد كان الفرق غير معنوياً؛ كما لوحظ غياب الكيزان في بعض النباتات في معاملات كمية مياه الري 75% و 50%؛ وقد لوحظ غياب الكيزان من فيما يقارب ثلثي النباتات في معاملة EF13، وذلك بسبب للإجهاد المائي الشديد. وفيما يخص عدد الصفوف في الكوز فقد كان تأثير المعاملات طفيفاً على عدد الصفوف برغم أن هناك فروقاً معنوية، وقد حققت المعاملة AFI2 أعلى قيمة بلغت 10.93 صف/كوز متفوقة معنوياً على معاملي EF11 و EF13 اللتين حققنا أقل قيمة بلغت 10 صفوف/كوز لكلا المعاملتين (الجدول 4). أما عدد الحبوب في الصف فيلاحظ من الجدول (4) أنه يقل بتناقص كمية مياه الري، ويلاحظ أيضاً عدم اختلاف عدد الحبوب في الصف معنوياً بين المعاملتين EF12 و AFI3، وحققت المعاملة EF13 أقل قيمة بفارقٍ معنويٍ عن جميع المعاملات بلغت 14.433 حبة/صف. وفيما يخص وزن الألف حبة فقد تفوقت معاملة EF11 على EF13، وتفوقت معاملة AFI1 على جميع المعاملات عدا EF11 بأعلى قيمة بلغت 342 غرام (الجدول 4)، ويلاحظ أيضاً عدم وجود فروقاً ذات معنوية بين معاملات الري المتبادل الثلاث مع معاملة EF11. وتتفق هذه النتائج مع نتائج (2005) Sepaskhah and Khajehabdollahi، حيث وجدوا أن وزن الألف حبة لم يتأثر بطريقة الري، ولكن بكمية مياه الري المضافة (الفترة بين الريات)؛ وتتفق أيضاً مع ما توصل إليه (2010) Rafiee and Shakarami عند مقارنة معاملة EF11 و AFI2. وتتفق هذه النتائج أيضاً مع ما جاء به (2011) Kashiani *et al.*، فيما يخص عدد الحبوب في الصف حيث أشاروا إلى وجود اختلاف معنوي بين معاملي EF11 و AFI3، ولكن النتائج تختلف مع ما وجدوه من حيث معنوية الفرق في عدد الكيزان في الهكتار وكذلك عدم معنوية باقي مكونات الإنتاج.

الجدول 4. تأثير معاملات الري في بعض مؤشرات الإنتاجية

المعاملات	عدد الكيزان كوز/هكتار	عدد الصفوف صف/كوز	عدد الحبوب حبة/صف	وزن ألف حبة غرام
EF11	58.547 a	10.00 b	24.57 a	306.67 ab
EF12	34.196 b	10.27 ab	23.33 ab	290.00 bc
EF13	18.362 c	10.00 b	14.43 c	252.33 c
AFI1	50.892 a	10.67 ab	24.53 a	342.00 a
AFI2	39.456 b	10.93 a	25.77 a	301.00 b
AFI3	33.746 b	10.53 ab	19.77 b	283.00 bc
CV %	13.284	3.511	10.956	7.135

الأرقام في نفس العمود المتبوعة بحروف متشابهة لا تختلف عن بعضها معنوياً وفقاً لطريقة دانكن Duncan عند مستوى معنوية 0.05

يبين الجدول (5) كمية مياه الري المضافة لجميع المعاملات وكمية الأمطار خلال موسم النمو، وكذلك مقدار الاستهلاك المائي أو التبخر-نتح الفعلي الموسمي ETC والذي تم الحصول عليه من نتاج عملية المحاكاة بواسطة برنامج VS2DTI. وبالنظر إلى الجدول (6) يلاحظ تناقص الإنتاجية معنوياً بتناقص كمية مياه الري المضافة لكلا طريقتي الري، وبشكل عام فقد حققت معاملات الري المتبادل إنتاجية أعلى معنوياً عند 75% و 50% من مستوى مياه الري مقارنةً بمعاملات الري التقليدي، وحققت معاملة AFI1 أعلى قيمة بلغت 4.365 كغ/هكتار متفوقة بذلك معنوياً على جميع المعاملات الأخرى عدا EF11، وبلغت معاملة EF13 أقل قيمة بلغت 862.4 كغ/هكتار بفارقٍ معنويٍ عن جميع المعاملات الأخرى. ويلاحظ أيضاً من الجدول (6) ارتفاع الإنتاجية في معاملات الري المتبادل عن الري التقليدي عند نفس المستوى من مياه الري، وبلغت نسبة الزيادة 13.95%، 39.89%، 169.38% عند مستوى 100، 75، 50% من مياه الري المضافة على التوالي، وبشكل عام يمكن القول أن تطبيق تقنية الري بالخطوط المتبادل يصبح فعالاً للذرة الشامية في ظروف شح مياه الري مقارنة بالري الناقص، أي أنه في حالة أن كمية مياه الري المتوفرة لا تلبى المتطلبات المائية لنباتات الذرة الشامية

فإنه بتطبيق تقنية الري الجزئي يمكن الحصول على إنتاجية أعلى يمكن أن تصل إلى أكثر من الضعف في حالة الري التقليدي. وتقدر نسبة النقص في الإنتاجية لمعاملات مستوى مياه الري 75، 50% عن معاملة الري التقليدي 100% بحوالي 32.8%، 77.5%، 6.0%، 39.4% لكل من المعاملات EF12 و EF13 و AF12 و AF13 على التوالي، ويلاحظ أيضاً من الجدول (6) أن المعاملة AF11 حققت أعلى قيمة في كفاءة استخدام المياه بلغت 6.03 كغ/مم.هكتار، وتتشابه إحصائياً مع معاملي AF12 و EF11 اللتين بلغتا 5.84 و 5.40 كغ/مم.هكتار على التوالي. وحققت المعاملة AF12 أعلى قيمة في القدرة الإنتاجية لمياه الري IWP إذ بلغت 8.22 كغ/مم.هكتار، وبخسارة غير معنوية في الإنتاجية بلغت 6.02% فقط، وبتوفير في كمية مياه الري المضافة تقدر بنحو 20.07% مقارنة بمعاملة EF11، وهذا يتفق مع ما توصل إليه (Nelson and Al-Kaisi (2011) وبرغم اختلاف المعاملات التي درسوها فقد وجدوا انخفاض كمية مياه الري بمقدار 19% بدون خسارة معنوية في الإنتاجية في معاملة الري الجزئي مقارنة بالري الكامل. وتختلف هذه النتائج مع ما توصل إليه (Abd El-Halim (2013) حيث وضح أن الخسارة في الإنتاجية كانت معنوية إحصائياً بلغت 7.7% بنقص مياه الري المضافة بمقدار 17%؛ وبشكل عام فإن معاملات الري بالخطوط المتبادل حققت أعلى قيم في القدرة الإنتاجية لمياه الري IWP بالترتيب التالي AF12، AF11، AF13، وتليها معاملة EF11، ثم EF12، ثم EF13 التي حققت أقل قيمة تقدر بنحو 2.63 كغ/مم.هكتار (الجدول 6). أما كفاءة استخدام المياه الكلية فقد حققت معاملة AF11 أعلى قيمة بلغت 6.03 كغ/مم.هكتار، تليها AF12، ثم EF11، AF13، EF12، ثم EF13 التي بلغت أقل قيمة تقدر بنحو 1.70 كغ/مم.هكتار (جدول 6)؛ وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Kang *et al.* (2000b) في معظم المقارنات.

الجدول 5. عمق مياه الري المضافة، وصافي عمق المياه المستهلكة الكلية، بالمليمتر خلال الموسم لمعاملات الري المختلفة.

المعاملات	I1 mm	I2 mm	P mm	ETc mm
EF11	108	440	68.4	709.95
EF12	108	330	68.4	617.28
EF13	108	220	68.4	508.2
AF11	108	440	68.4	724.01
AF12	108	330	68.4	616.45
AF13	108	220	68.4	508

I1 إجمالي عمق مياه الري المضافة خلال الثلاث ريات الأولى (قبل تطبيق المعاملات)، مم.

I2 إجمالي عمق مياه الري المضافة خلال الثمان ريات الباقية (بعد تطبيق المعاملات)، مم.

P عمق المياه المضافة عن طريق الأمطار، مم.

ETc عمق المياه المستهلكة، مم. والتي تم الحصول عليها من نتائج عملية المحاكاة.

الجدول 6. تأثير المعاملات على الإنتاجية وكفاءة استخدام المياه ومقدار الوفرة في مياه الري والتغير في الإنتاجية كنسبة مئوية من معاملة الشاهد

المعاملات	كمية مياه الري mm	كمية المياه المستهلكة mm	الإنتاجية Kg/ha	IWP Kg/mm.ha	WUE Kg/mm.ha	مقدار الوفرة في مياه الري مقارنة بالشاهد %	مقدار التغير في الإنتاجية مقارنة بالشاهد %
EF11	548	709.95	3.830.7 ab	6.99 ab	5.40 ab	-	-
EF12	438	617.28	2.573.5 c	5.88 b	4.17 c	20.07	-32.82
EF13	328	508.2	862.4 d	2.63 c	1.70 d	40.15	-77.50
AF11	548	724.01	4.365 a	7.96 a	6.03	0.00	+13.95
AF12	438	616.45	3.600 b	8.22 a	5.84 a	20.07	-6.02
AF13	328	508	2.323.1 c	7.08 ab	4.57 bc	40.15	-39.36
CV %			11.94	12.46	12.18		

الأرقام في نفس العمود المتبوعة بحروف متشابهة لا تختلف عن بعضها معنوياً وفقاً لطريقة دانكن Duncan عند مستوى معنوية 0.05

وبالعودة إلى الجدول (6) يلاحظ أيضاً وجود فرق معنوي في الإنتاجية بين معاملي EF11 و AF13 والذي قد يكون ذلك بسبب إجهاد مائي أكثر من اللازم حدث في معاملة AF13، حيث أشار (2014) El-Sadek إلى أن تقنية الري الجزئي حساسة وتحتاج إلى جدولة ري دقيقة لتجنب النباتات الإجهاد المائي؛ وهذا يختلف مع النتائج التي توصل إليها Kang *et al.*, (2000b,c) حيث أشاروا إلى تفوق الري بالخطوط المتبادل على الري التقليدي في الإنتاجية بالرغم من أن كمية مياه الري المضافة في الري المتبادل تمثل نصف كمية مياه الري المضافة في الري التقليدي. وفيما يخص المقارنة بين المعاملي EF13 و AF13 فإن النتائج المتحصل عليها تتفق مع نتائج كل من (2005) Sepaskhah and Khajehabdollahi و (2013) Liang *et al.* و (2011) Kashiani *et al.* التي أكدت على تفوق معاملة الري بالخطوط المتبادل في الإنتاجية على معاملة الري التقليدي عند نفس المستوى من كمية مياه الري المضافة التي تمثل 50% من المتطلبات المائية لنباتات الذرة الشامية، وتختلف مع نتائج Yazar *et al.*, (2009) حيث أشاروا إلى عدم وجود فرق معنوي في الإنتاجية بين المعامليتين.

الاستنتاجات:

- تأثير نقص كمية مياه الري المضافة في بعض مؤشرات الإنتاجية يكون أقل في الري التبادلي بالخطوط مقارنة بالري التقليدي. وبشكل عام تتفوق طريقة الري التبادلي على التقليدي وخاصة عند المستويات المنخفضة من مياه الري، فبالمقارنة عند نفس المستوى من مياه الري بلغت نسبة الزيادة في الإنتاجية حوالي 14%، 40%، 169% عند مستوى 100، 75، 50% من مياه الري المضافة على التوالي، ولهذا فإن تطبيق تقنية الري التبادلي بالخطوط للذرة الشامية يصبح أكثر فاعلية في ظروف شح مياه الري مقارنة بالري الناقص.
- تفوقت طريقة الري التبادلي في القدرة الإنتاجية لمياه الري وكفاءة استخدام المياه على طريقة الري التقليدي عند المستويين 50، 75% من مياه الري المضافة، وحققت طريقة الري التبادلي عند 75% من مياه الري أعلى قيمة في القدرة الإنتاجية لمياه الري، وبخسارة غير معنوية في الإنتاجية تقدر بنحو 6% فقط، وبتوفير في كمية مياه الري المضافة بلغت 20% مقارنة بطريقة المزارع (ري تقليدي عند مستوى 100% من مياه الري).

التوصيات:

- تعتبر تقنية الري الجزئي تقنية واعدة ومناسبة للتطبيق في ظروف المناطق الجافة والتي تعاني من شح وكلفة مياه الري، وارتفاع المشتقات النفطية، لذا يتطلب تنفيذ دراسات على محاصيل مختلفة وخصوصاً المستهلكة للمياه، وتحت ظروف مختلفة من المناخ والتربة.
- عند توفر كمية مياه قليلة لا تفي بالمتطلبات المائية للذرة الشامية ينصح باستخدام طريقة الري التبادلي بالخطوط أفضل من الري الناقص التقليدي، للحصول على نمو وإنتاجية أعلى، من خلال تحسين نمط توزيع رطوبة التربة بتوفير رطوبة جيدة في جزء من قطاع التربة، وخاصة في المناطق المعتمدة على الري التكميلي بجانب الأمطار، والتي يتعرض فيها النبات إلى فترات إجهاد مائي.

المراجع:

- السنباني، محمد مصلح ناصر (2003). تقييم ممارسة الري التقليدي في اليمن "دراسة خاصة بالمرتفعات". المجلة اليمنية للبحوث والدراسات الزراعية. (9): 15-25.
- الساهاوكي، مدحت وصادم حكيم جواد (2013). جداول تقدير المساحة الورقية للذرة الصفراء باعتماد طول ورقة واحدة. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 44 (2): 164-167.
- المؤسسة العامة لإكثار البذور (2002). أصناف المحسنة من الذرة الشامية في اليمن، مطوية إرشادية صادرة عن مؤسسة إكثار البذور.
- حمود، جواد علي ومدحت الساهاوكي (2011). معايير النمو وحاصل الذرة الصفراء بالري المتبادل وعمق الزراعة. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 42 (1): 1-12.
- وزارة الزراعة والري (2002). التقرير الوطني لمكافحة التصحر في الجمهورية اليمنية لتتبع الاجراءات التنفيذية للالتزام الحكومي تجاه الاتفاقية الدولية لمكافحة التصحر. وزارة الزراعة والري، رئاسة الوزراء، الجمهورية اليمنية. 46 صفحة.
- وزارة الزراعة والري (2013). كتاب الاحصاء الزراعي السنوي 2013. الإدارة العامة للإحصاء الزراعي. وزارة الزراعة والري، جمهورية اليمن.
- Abd El-Halim, A. (2013). Impact of alternate furrow irrigation with different irrigation intervals on yield, water use efficiency, and economic return of corn. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 73(2): 175-180.
- Abdel-Maksoud, H.H.; S.A. Othman; and A.Y. El-Tawil (2002). Improving water and N-use utilization for field crops via alternate furrow irrigation technique 1-Maize crop [abstract]. *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences Mansoura University*. 27: 8761-8769.
- Al-Eshlah, A.; H. Al-Rubaidi; and A. Al-Sabri (2011). Paper 2-B Agriculture's contribution to solving the water crisis. National Conference for the Management and Development of Water Resources in Yemen. Sana'a. Yemen.
- Benjamin, J.G.; L.K. Porter; H.R. Duke; and L.R. Ahuja (1997). Corn growth and nitrogen uptake with furrow irrigation and fertilizer bands. *Agronomy Journal*. 89(4). 609-612.

- Davies, W. J.; and W. Hartung (2004). Has extrapolation from biochemistry to crop functioning worked to sustain plant production under water scarcity. In Proceeding of the Fourth International Crop Science Congress (Vol. 26). Brisbane. Australia.
- de Wit, C.T. (1958). Transpiration and crop yields (No. 64.6: p. 88).
- Dodd, I.C. (2009). Rhizosphere manipulations to maximize ‘crop per drop’ during deficit irrigation. *Journal of Experimental Botany*. 60(9): 2454-2459.
- Du, T.S.; S.Z. Kang; X.T. Hu; and X.Y. Yang (2005). Effect of alternate partial root-zone drip irrigation on yield and water use efficiency of cotton [abstract]. *Scientia Agricultura Sinica*. 38(10): 2061-2068.
- Ebrahimian, H.; A. Liaghat; M. Parsinejad; F. Abbasi; and M. Navabian (2011). Yield production and water use efficiency under conventional and alternate furrow fertigation. In ICID’s 21st Int. Congress on Irrigation and Drainage. 15-23 October. Tehran. Iran.
- Ebrahimian, H.; A. Liaghat; M. Parsinejad; and E. Playán (2012). Distribution and loss of water and nitrate under alternate and conventional furrow fertigation. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 10(3): 849-864.
- El-Sadek, A. (2014). Water use optimization based on the concept of Partial Rootzone Drying. *Ain Shams Engineering Journal*. 5(1): 55-62.
- Elsahookie, M.M. (1985). A shortcut method for estimating plant leaf area in maize [abstract]. *Zeitschrift für Acker-und Pflanzenbau*. 154(3): 157-160.
- FAO (2015). FAO Statistical pocketbook 2015.
- FAOSTAT (2016). Reviewed on 02/01/2016 <http://faostat3.fao.org>.
- Grimes, D.W.; V.T. Walhood; and W.K. Dickons (1968). Alternate furrow irrigation for San-Joaquin Valley cotton. *California Agriculture*. 22: 4–6.
- Hiekal, H.A.M.; S.A. AFiah; and F.M. Al-Borahy (2009). Effect of alternate-long furrows irrigation on calcareous soils productivity. *Misir J. Ag. Eng.*, 26(2): 818- 835.
- Hodges, M.E.; J.F. Stone; and H.E. Reeves (1989). Yield variability and water use in wide-spaced furrow irrigation. *Agricultural Water Management*. (16): 15–23 [Abstract].
- Kang, S.; Z. Liang; W. Hu; and J. Zhang (1998). Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plants. *Agricultural Water Management*. 38(1): 69-76.
- Kang, S.; W. Shi; and J. Zhang (2000a). An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation [abstract]. *Field Crops Research*. 67(3): 207-214.
- Kang, S.; Z. Liang; Y. Pan; P. Shi; and J. Zhang (2000b). Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. *Agricultural Water Management*. 45(3): 267-274.
- Kang, S.Z.; P. Shi; Y.H. Pan; Z.S. Liang; X.T. Hu; and J. Zhang (2000c). Soil water distribution, uniformity and water-use efficiency under alternate furrow irrigation in arid areas. *Irrigation Science*. 19(4): 181-190.
- Kang, S.; L. Zhang; X. Hu; Z. Li; and P. Jerie (2001). An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. *Scientia Horticulture*. 89(4): 257-267.
- Kang, S.; and J. Zhang (2004). Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*. 55(407): 2437-2446.

- Kashiani, P.; G. Saleh; M. Osman; and D. Habibi (2011). Sweet corn yield response to alternate furrow irrigation methods under different planting densities in a semi-arid climatic condition. *African Journal of Agricultural Research*. 6(4): 1032-1040.
- Kirda, C.; M. Cetin; Y. Dasgan; S. Topcu; H. Kaman; B. Ekici; and M.R. Derici; (2004). Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation [abstract]. *Agricultural Water Management*. 69(3): 191-201.
- Kirda, C.; S. Topcu; M. Cetin; H. Y. Dasgan; H. Kaman; F. Topaloglu; M.R. Derici; and B. Ekici (2007). Prospects of partial root zone irrigation for increasing irrigation water use efficiency of major crops in the Mediterranean region. *Annals of Applied Biology*. 150(3): 281-291.
- Li, F.; J. Liang; S. Kang; and J. Zhang (2007). Benefits of alternate partial root-zone irrigation on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in maize. *Plant and Soil*. 295(1-2): 279-291.
- Liang, H.; F. Li; and M. Nong (2013). Effects of alternate partial root-zone irrigation on yield and water use of sticky maize with fertigation. *Agricultural Water Management*. 116: 242-247.
- Liu, F.; M.N. Andersen; and C.R. Jensen (2009). Capability of the 'Ball-Berry' model for predicting stomatal conductance and water use efficiency of potato leaves under different irrigation regimes. *Scientia Horticulture*. 122(3): 346-354.
- Nasri, M.; M. Khalatbari; and H.A. Farahani (2010). The effect of alternate furrow irrigation under different nutritional element supplies on some agronomic traits and seed qualitative parameters in corn (*Zea mays* L.). *Journal of Cereals and Oilseeds*. 1(2): 17-23.
- Nelson, D.J.; and M.M. Al-Kaisi (2011). Agronomic and economic evaluation of various furrow irrigation strategies for corn production under limited water supply. *Journal of Soil and Water Conservation*. 66(2): 114-121.
- Panigrahi, P.; N. N. Sahu; and S. Pradhan (2011). Evaluating partial root-zone irrigation and mulching in okra (*Abelmoschus esculentus* L.) under a sub-humid tropical climate. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics (JARTS)*. 112(2): 169-175.
- Rafiee, M.; and G. Shakarami (2010). Water use efficiency of corn as affected by every other furrow irrigation and planting density. *World Applied Science Journal*. 11 (7): 826-829.
- Sadras, V.O. (2009). Does partial root-zone drying improve irrigation water productivity in the field? A meta-analysis. *Irrigation Science*. 27(3): 183-190.
- Sepaskhah, A.R.; and S. H. Ahmadi (2010). A review on partial root-zone drying irrigation. *International Journal of Plant Production*. 4(4): 241-258.
- Sepaskhah, A.R.; and H.M. Khajehabdollahi (2005). Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (*Zea mays* L.). *Plant Production Science*. 8(5): 592-600.
- Sepaskhah, A.R.; and A.A. Kamgar-Haghighi (1997). Water use and yields of sugar beet grown under every-other-furrow irrigation with different irrigation intervals. *Agricultural Water Management*. 34(1): 71-79.
- Stone, J.F.; H.E. Reeves; and J.E. Garton (1982). Irrigation water conservation by using wide-spaced furrows. *Agricultural Water Management*. 5: 309–317 [Abstract].
- Tafteh, A.; and A.R. Sepaskhah (2012). Application of HYDRUS-1D model for simulating water and nitrate leaching from continuous and alternate furrow irrigated rapeseed and maize fields. *Agricultural Water Management*. 113: 19-29.

- Taher, T.; C. Ward; N. Fadl; A. Saleh; and M. Sultan (2013). Sustainable management and planning of groundwater resources: case study Sana'a basin. Seventeenth International Water Technology Conference, IWTC17. Istanbul, 5-7 November 2013.
- Wang, J.; S. Kang; F. Li; F. Zhang; Z. Li; and J. Zhang (2008). Effects of alternate partial root-zone irrigation on soil microorganism and maize growth. *Plant and Soil*. 302(1-2): 45-52.
- Wang, Y.; F. Liu; M. N. Andersen; and C.R. Jensen (2010a). Improved plant nitrogen nutrition contributes to higher water use efficiency in tomatoes under alternate partial root-zone irrigation. *Functional Plant Biology*. 37(2): 175-182.
- Wang, Y.; F. Liu; A. De Neergaard; L.S. Jensen; J. Luxhøi; and C.R. Jensen (2010b). Alternate partial root-zone irrigation induced dry/wet cycles of soils stimulate N mineralization and improve N nutrition in tomatoes. *Plant and Soil*. 337(1-2): 167-177.
- Yazar, A.; F. Gökçel; and M.S. Sezen (2009). Corn yield response to partial rootzone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. *Plant Soil Environ.*, 55(11): 494-503.
- Yin, G.; Z. Kang; J. Gu; L. Hao; P. Cong; and Z. Liu (2013). Deficit irrigation scheduling of maize in the semi-arid area of northeast China. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 11(2): 1035-1039.
- Zhang, H. (2003). Improving water productivity through deficit irrigation: Examples from Syria, the north China Plain and Oregon, USA. In: *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement* (Kijne, J.W., Barker, R., and Molden, D. eds). CABI publishing, 332p.
- Zegbe, J.A.; M. H. Behboudian; and B.E. Clothier (2004). Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. *Agricultural Water Management*. 68(3): 195-206.

Improve Irrigation Water Productivity by Applying Partial Root-Zone Drying Under Condition of Supplemental Irrigation in Yemen

Hazem Al-Ashwal^{*(1)} Mohamad Moslih Alsanabani⁽²⁾ Abdulrahman Haidar⁽³⁾ and Abdulrahman Salah⁽²⁾

(1). Soil and Water Department, Regional Station of Agricultural Research in Northern Heights, Sanaa, Yemen

(2). Soil, Water and Environment Department, Faculty of Agriculture, Sanaa University, Yemen.

(3). Renewable Natural Resources Center, General Organization of Agricultural and Extension, Thamar, Yemen.

(*Corresponding author: Dr. Hazem Al-Ashwal. E-Mail: hazemalashwal@yahoo.com).

Received: 02/05/2018

Accepted: 01/10/2018

Abstract

An experiment was conducted in Northern Highlands Agricultural Research Regional Station- Sana'a- Yemen, in 2015 season to study the effect of alternative furrow irrigation technique on some growth and yield components, and water use efficiency (WUE) of corn crop variety Taiz-2, compared with conventional furrow irrigation at different levels of irrigation; also, to study patterns of soil moisture distribution, and soil water balance. Six treatments were applied, namely: EFI1, EFI2, EFI3, AFI1, AFI2, and AFI3; where EFI mean conventional or full furrow irrigation, and AFI alternative furrow irrigation, and the numbers 1,2,3 related to levels of irrigation 100%, 75%, 50% respectively, and the treatment EFI1 is the farmer practice. The experiment layout was RCBD design, with three replicates; the means compared by Duncan at 0.05 level of probability. Results showed that the most of growth and yield components, and WUE improved significantly under AFI treatments at all water irrigation levels; and decreased with the decrease in water irrigation level, but it was noticed slightly in AFI compared with EFI. The treatment AFI2 had the highest WUE with conservation in irrigation water by 18%, and without significant effects on yield compared with EFI1. The study concluded that the AFI technique would be useful in arid areas to maintain yield, where the water irrigation less than crop requirements compared with EFI.

Key words: Zea mays; Partial root-zone drying, Alternative furrow irrigation, Water use efficiency.