تأثير مستويات مختلفة من الري بالتنقيط مع فطر المايكورايزا على إنتاجية نباتات الفول النامية في الترب الرملية

■ د. محمد الأسود *

● تاريخ استلام البحث2022/04/23م ● تاريخ قبول البحث 2022/05/16م

■ **الملخص :**

يعتبر توفر الماء بالكمية الكافية لعملية ري النباتات الزراعية عاملا مهما في مدى نجاح الزراعة المروية. الأبحاث الحديثة تركز على معرفة أنسب مستويات توفر ماء الري لاعطاء إنتاجية مثلى بالنظر إلى كفاءة استخدام الماء. تهدف هذه الدراسة التي أُجريت في مركز طرابلس للتقنية الزراعية إلى مقارنة أربع طرق مختلفة لإضافة ماء الري بطريقة التنقيط وهي: الري الكامل (100 ٪)، الري الناقص التقليدي (70 ٪)، الري الجزئي (التجفيف الجزئي) لمنطقة الجذور الثابت (70 ٪) والري الجزئي (التجفيف الجزئي) لمنطقة الجذور المتبادل (70 ٪) مع إضافة أو عدم أضافه فطر المايكورايزا، وذلك في تأثيرها على نمو وإنتاجية نبات الفول صنف كاليفورنيا. أظهرت النتائج أن أعلى إنتاجية كانت عند مستوى الري الكامل (100 ٪) وبدون فارق معنوي مع الري الجزئي (التجفيف الجزئي) المتبادل (70 ٪) بالنظر إلى كفاءة استخدام الماء. غير أنه وُجدت فروق معنوية عند المقارنة مع الري الناقص التقليدي (70 ٪) والري الجزئي (التجفيف الجزئي) الثابت لكل الصفات المدروسة. وقد بينت النتائج وجود تاثير معنوي لإضافة فطر المايكورايزا على معظم القياسات المدروسة وخاصة محتوى الأوراق من الفوسفور، النيتروجين والبوتاسيوم. وقد اتضح من الدراسة أيضا حدوث زيادة معنوية في كفاءة استخدام الماء (كجم/ م^3) عند الري الناقص (التجفيف) الجزئي المتبادل مع

*أستاذ مساعد بقسم علم التربة والمياه، المعهد العالي للتقنية الزراعية بالغيران – حنزور. Email: alasod@hotmail.com

إضافة فطر المايكورايزا . وعند تشخيص مستوى رطوبة التربة، بينت النتائج تبايناً كبيراً في المحتوى الرطوبي للتربة تحت ظروف مستويات الري الأربعة المدروسة على أعماق مختلفة. وفقا لهذا النتائج، يوصي باستعمال طريقة الري الجزئي (التجفيف) المتبادل (70 ٪) بعد الحصول على افضل إنتاجية وبتوفير 30 ٪ من ماء الري مقارنة بالري الكامل 100 ٪.

● **الكلمات المفتاحية:** الري بالتنقط ، نبات الفول، فطر الميكروزيا، الري الناقص والتجفيف الحزئي.

Abstract:

Providing irrigation water with adequate amount represents a limiting factor in cultivation and crop production. Recent research focuses on the determination of the required level of irrigation water which leads to the optimum level of crop productivity in relation the water use efficiency. This experiment was conducted at the Tripoli center for agricultural techniques to study the effect of four ways of supplying irrigation water. These include; full irrigation (FI) 100 %, deficient irrigation (DI) 70 %, fixed partial root-zone irrigation (FPRI) "partial drying" 70 % and alternative partial root-zone irrigation (APRI) "partial drying" 70 % . The results showed that the highest productivity was significantly obtained with FI and APRI comparing to DI and FPRI in all studied characteristics. Results also showed that the addition of mycorrhiza had a significant effect on most of the studied parameters especially the level of phosphorus, nitrogen and potassium in leaves. Based on fruit yield, water use efficiency (WUE) kg/m3 was significantly higher in APRI with mycorrhiza () comparing to the other irrigation supplements. Measuring the moisture soil contents, significant differences were recorded between the four regimes of supplying water by drip irrigation technique.

The water use efficiency (WUE) based on fruit yield reached to 10.95 kg/m3 and 15.33 kg/m3

Keywords: Drip irrigation, broad bean, Mycorrhiza, deficient irrigation, partial drying.

■ **المقدمة:**

يعتبر الماء هو العنصر الأساسي للكائنات الحية. ولقد زاد الاهتمام بالمياه في العصر الحديث نظرا لأهميتها في جميع نواحي التنمية وخاصة البيئية منها والزراعية؛ والدول ذات المناخ الجاف هي المعنية أكثر بهذا الموضوع. أن تحسين إنتاجية المحاصيل تعتمد على إدارة موارد مياه الري بغرض توفيرها وزيادة كفاءة استخدامها؛ حيث أصبح تقليل استهلاك المياه من الاستراتيجيات المستخدمة في الآونة الأخيرة (1).

وتعتبر طرق الري الناقص (Deficit Irrigation) من الوسائل والبرامج المعتمدة في هذا السياق وهي استراتيجيهة تعمل على زيادة إنتاجية وحدة الماء. ووفقا لـ (10) اتضح أن الإنتاجية القصوى لا يتم الحصول عليها باستعمال مستويات كاملة من الري وذلك بالمقارنة بالكمية الكبيرة من الماء المفقود تحت هذا المستوى من توفر ماء الري. والغرض من استخدام الري الناقص هو المحافظة على الماء والحصول على أعلى إنتاجية ممكنة للماء(28). والحقيقة أن مصطلح الري الناقص يختلف عن مصطلح الزراعة الجافة أو الري التكميلي والآخران يعتمدان على مياه الأمطار ولكن يضاف بعض الربات المكملة لاستمرار نمو النبات وزيادة الإنتاجية. الري التكميلي هو إضافة الماء للمحاصيل بكميات اقل، لذا يتطلب معرفة تأثير النبات ومراحل النمو وعلاقتهما بنقص الماء ومدى استجابة المحصول لنقص مياه الري (14). ويمكن القول إن الري الناقص يقلل من معدل الاستهلاك المائي في ظل محدودية توفر مياه الري دون حدوث نقص كبير في الإنتاجية مع زيادة كفاءة استخدام الماء وهذا ما يسمى بالري الاقتصادي (15). وحسب تقرير البنك الدولي، أن 90 ٪ من مياه الري المخصصة في الشرق الأوسط تستخدم بطريقة غير اقتصادية (2).

وفي الفترة الاخيرة انصب الاهتمام على العوامل المحددة للزراعة وأهمها : الأرض والماء (13) خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وقد أُعتبر أن برامج الري الناقص قضية استراتيجية في المناطق الجافة وشبه الجافة (20 و12).

من أهم المشاكل الزراعية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة هي نقص المياه والحاجة المتزايدة إلى الغذاء في العالم نتيجة الزيادة المطردة في عدد السكان والذي سيصل إلى 8.5 مليار عام 2025 والمتوقع بلوغ 10 مليارات عام 2050. وبالمقارنة بمحدودية

مساحات الأراضي الزراعية والتي تشكل 22 ٪ من مجموع اليابسة، فإنه تكون هناك حاجة ماسّة للزيادة في توسع المساحات المزروعة لتأمين الحاجة المتزايدة إلى الغذاء ولبلوغ الهدف المنشود. وهنا يصبح أسلوب إدارة وترشيد وزيادة كفاءة استغلال المياه مطلب رئيسي لنجاح العملية الزراعية وتوفير الإنتاج وبالتالي توفير الغذاء. حيث بـــذل العلماء مجهودات كبيرة لتطوير تقنيات نظم الري لزيادة فعالية استخدام ماء الري الناقـــص (DI) Deficient Irrigation وتقليل الفاقد، وذلك لزيادة فعالية استخدامها. ومن ضمن هذه الطرق الري الجزئي لمنطقة الجذور Partial root-zone Irrigation (PRI) والري الجزئي لمنطقة الجذور المتبادل Alternative partial root-zone irrigation(APRI) (13 و18) و. وتم التأكيد على أإن هذا الأسلوب من الري يُستخدم لمرحلة معينة من المحصول أو طيلة الموسم لمساعدة المحصول على تحمل إجهاد الجفاف (12). إن مشكلة المياه تعد من أكبر المشاكل التي تواجه الإنتاج الزراعي ولا سميا في المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم، الأمر الذي يستدعي ضرورة الاهتمام بطرق إدارة مياه الري وتقليل كلفة استخدامها (14).

وجل البحوث الزراعية التقليدية في السابق يقتصر تركيزها على زيادة الإنتاج دون الالتزام بكميات مياه الري المضافة. وأخيرا بدأ التوجه لتحديد المياه بأنها هي العامل المحدد للإنتاج لاسيما كمية المياه المستخدمة وبغض النظر عن المساحة المزروعة. لذا بدأت فكرة استخدام الري غير الكامل واستغلال مساحة الحقل بأكمله مع التقنين في كمية المياه المستخدمة أو زراعة محاصيل تتطلب كميات قليلة من المياه ولكن جميع هذه الخيارات لا تضمن الحصول على عائدات اقتصادية جيدة .

إن استخدام المخصبات الحيوية له تأثير كبير على الإنتاجية في العديد من النباتات. والمخصبات الحيوية هي مستحضرات تحتوي على كائنات حية ودقيقة (micro-organisms) مثل البكتريا المذيبة للفوسفات أو فطر المايكورايزا (Microhyza) أو الطحالب الخضراء المزرقة وهي تعيش تكافليا مع النباتات أو حرة في التربة حيث تحول العناصر الغذائية غير المتيسرة للنبات إلى صور متيسرة يستفيد منها النبات عند إضافتها بكميات مناسبة (3). وبالتركيز على فطريات المايكرويزا فهي فطريات جذرية تعيش بطريقة تكافلية على

الجذور وتساعد على زيادة امتصاص عناصر البوتاسيوم والنيتروجين بشكل كبير حيث تعمل على تيسر امتصاص عنصر الفوسفور والنيتروجين وذلك بإفراز مواد تعمل على تيسره للنبات بالتالي تعمل على تحفيز الجذور على امتصاص العناصر الغذائية ومقاومة النبات للأمراض والظروف البيئية غير الملائمة كالملوحة والجفاف. الأمر الذي أدى إلى زيادة في الإنتاجية على كل المعاملات وبفارق معنوي واضح كما في جدول 4 وجدول 5 كما يعمل الفطر على تحسين التغذية المعدنية وامتصاص الماء وتحسين فعالية استخدامه ومقاومة الإجهاد البيئي وتعزيز حجز الكربون في الأنظمة البيئية واستقرار تركيزه (4).

وتأتي فكرة الري الناقص بأنواعه في تهيئة النبات على الإجهاد المائي وذلك لتكوين مجموع جذري يستجيب للاشارات الهرمونية التي تدفعه للحد من استهلاك الماء (8). ويتوقف هذا على اختيار نظام الري المناسب وذلك بإعطاء ريات مبرمجة بكميات دقيقة ومتتالية وصغيرة (27). ويعتبر نظام الري بالتنقيط هو الأفضل للتحكم في المياه من ضمن نظم الري الموضعي، وخاصةً مع إضافة السماد الحيوي باستخدام فطر المايكورايزا (Trichoderma harzianum .L) الذي يعمل على تيسر عنصري الفوسفور والنيتروجين. كما يعمل الري الجزئي لمنطقة الجذور (Partial root– zone Irrigation) على زيادة كفاءة استخدام الماء وذالك من خلال تقليل الفاقد من الماء وزيادة جهد الماء في خلايا الجدور الذي قد يصل إلى 28 – 31 ٪. وهذا يؤثر بشكل معنوي على قوة شد الماء وذلك من خلال تحفيز الجذور لاطلاق اشارات كاستجابة لنقص الماء فيعمل على زيادة تركيز حمض الابسيسيك والذي يحفز النبات على مقاومة الجفاف وهذا يساهم في بعض المحاصيل إلى زيادة كفاءة امتصاص الماء. وظهر هذا النظام في الولايات المتحدة لتقليل كمية مياه الري المستخدمة في حقول الأعناب. حيث يُروى الجزء الأيمن من المجموع الجذري ويترك الجزء الأيسر جافا وفي الرية التالية يرطب الجزء الأيسر ويترك الأيمن جافا بشكل متتال ويسمى بالري الجزئي (التجفيف الجزئي) المتبادل Alternative partial root-zone irrigation (APRI))، وقد تمت مقارنته بالنوع الثاني المعروف بالري الجزئي (التجفيف الجزئي) الثابت (Fixed Partial root-zone irrigation FPRI) والذي يتم فيه ترطيب الجزء الأيمن أو الأيسر طوال الموسم.

يعتبر الفول Vicia faba من أهم المحاصيل البقولية الرئيسية ويزرع زراعة مروية وأخرى بعلية ومن الناحية الاقتصادية ، يعد الفول من الحبوب القرنية ذات الأهمية البالغة في الإنتاج الزراعي والغذاء اليومي لسكان العالم منذ آلاف السنين. وتمت دراسة المكونات الكيميائية للفول وقشوره، حيث أظهرت التحاليل العامة للفول ارتفاع نسبة السكريات والبروتينات وانخفاض نسبة الدهون لنبات الفول بالمقارنة مع فول الصويا والفول السوداني.

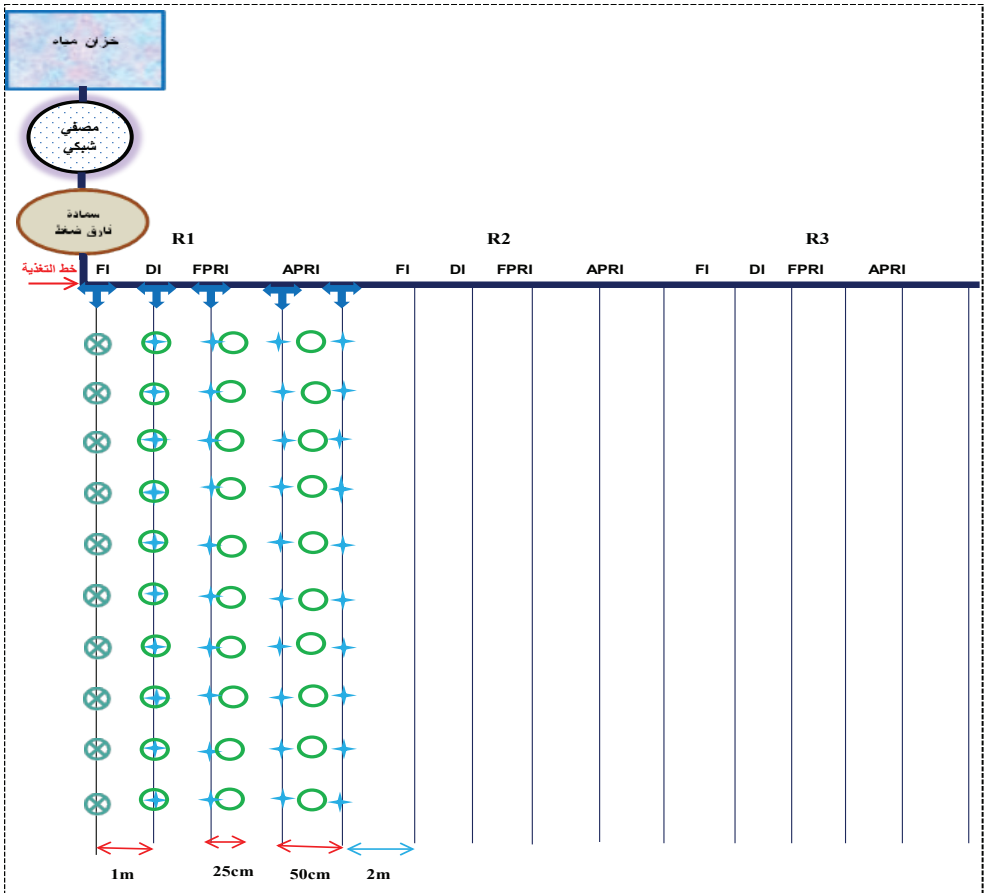
ويعتبر الري بالتنقيط من أهم طرق الري التي استخدمت وتطورت خلال نهاية القرن الماضي . ويقصد بالري بالتنقيط هو «التدفق البطي والمستمر للماء داخل التربة وبالأخص في منطقة انتشار الجذور. حيث تمد النباتات بالماء في مواقعها مع إضافة الأسمدة لتوفير احتياجاتها الغذائية أيضاً من خلال المنقطات ، حيث يدفع الماء تحت ضغط منخفض جداً (1كجم/سم^3) وينشأ عن ذلك انطلاق للماء على صورة قطرات (24).

وتهدف هذه الدراسة إلى تحديد كفأة تقنية نظم الري الناقص والري الناقص (التجفيف) الجزئي لمنطقة الجذور الثابت والمتبادل مع إضافة أسمدة حيوية (فطر المايكوريزا) وتأثيرها على الإنتاجية والنمو وكفاءة استخدام الماء تحت الري بالتنقيط والظروف الشبه الجافة في الترب الرملية. كما تهدف الدراسة كذلك إلى تحديد تركيز العناصر الغذائية الكبري (النيتروجين ، البوتاسيوم والفسفور) في نباتات الفول المزروع في العروة الخريفية.

■ المواد وطرق البحث:

أجريت التجربة الحقلية باستخدام الري بالتنقيط وذلك بمركز طرابلس للبحوث الزراعية وكانت وفق الشروط العلمية حيث تم تركيب شبكة ري متكاملة وتشمل خطا رئيسياً قطره 86 مم وخط تغذية قطره 54 مم ويتفرع منه خطوط جانبية قطرها 16م وكان تصريف المنقط 4 لتر/ساعة وسمادة فارق ضغط حجمه 30 لتراً ومصفى شبكي بلاستيكي (شكل 1). وتم اخذ عينات من تربة الحقل بطريقة الزقزاق بمعدل 16عينة عند العمق من -030 سم وعينة من مياه الري للحصول على الخصائص الكيميائية والفيزيائيه كما هو مبين في الجداول 1، 2 و3.

وتم تقسيم معاملات الري إلى أربعة معاملات وهي: الري بالكامل (FI) (100 ٪) المقدر بواسطة معادلة (الفاو/ بنمن – مونثيت)، الري الناقص (DI) بالطرق التقليدية والمقدرة (70 ٪) من الري الكامل لكافة المراحل ، الري (الجفاف الجزئي) الجزئي لمنطقة الجذور(FPRI) الثابت (70 ٪) من الري الكامل من جهة واحدة لجذور النبات والري (الجفاف الجزئي) الجزئي لمنطقة الجذور (APRI) المتبادل (70 ٪) من الري الكامل وذلك بإعطاء ريه في الجهة اليمنى وريه في الجهة اليسرى بشكل متناوب كل ثلاث ريات مع إضافة فطر الميكروزيا بمعدل (50 كجم/هكتار) أو عدم إضافة فطر الميكروزيا .



شكل 1. التوزيع الحقلي لنباتات الفول ونظام الري بالتنقيط ؛ الري الكامل 100% (FI)، الري الناقص 70% (DI)، الجفاف الجزئي لمنطقة الجذور 70% ثابت (FPRI) والجفاف الجزئي لمنطقة الجذور 70% متبادل (APRI).
علامات الرسم: نبات + منقط = ⊗ ، نبات = ○ ، منقط = ✦ و صمام = ⟜ ، R 1، R2 و R 3 = مكررات.

جدول (1) .التحليل الكيميائي لمياه الري لموقع الدراسة.

التوصيل الكهربائي (EC) يسمينز/ م	درجة التفاعل (pH)	تركيز الكالسيوم ملي مكافئ/لتر	تركيز المغنسيوم ملي مكافئ/ لتر	تركيز الصوديوم ملي مكافئ/ لتر	تركيز البوتاسيوم ملي مكافئ/لتر	تركيز الكلوريد ملي مكافئ/لتر	تركيز البيكربونات ملي مكافئ/ لتر	تركيز الكبريتات ملي مكافئ/ لتر
1.57	1.52	4.87	4.73	6.01	0.1	7.82	4.93	2.44

(جدول2) بعض الخواص الطبيعية والتحليل الميكانيكي للتربة موقع الدراسة.

العمق (سم)	الكثافة الظاهرية جم/سم^3	المسامية الكلية ٪	السعة الحقلية ٪	نقطة الذبول ٪	الماء الميسر ٪	الرمل ٪	السلت ٪	الطين ٪ القوام
30 –0	1.65	36	9.22	4.3	5.02	80	13	رملي 17طميي

جدول (3) بعض الخواص الكيميائية للتربة موقع الدراسة.

العمق (سم)	التوصيل الكهربائي (EC) ديسمينز/ م عند 25 م°	درجة التفاعل (pH)	تركيز الكالسيوم ملي مكافئ/لتر	تركيز المغنسيوم ملي مكافئ/ لتر	تركيز الصوديوم ملي مكافئ/لتر	تركيز البوتاسيوم ملي مكافئ/ لتر	تركيز الكلوريد ملي مكافئ/لتر	تركيز البيكربونات لي مكافئ/ لتر	تركيز الكبريتات ملي مكافئ/لتر
30 – 0	0.54	7.6	1.39	1.38	1.82	0.53	1.44	1.62	1.95

وقد تم قياس الانتاجيه الكلية، عدد القرون، كفاءة استخدام الماء، الوزن الرطب والجاف، عدد التفرعات، دليل المساحة الورقية والمحتوى الرطوبي للعمقين 0-15 و15-30 سم بعد الري بيوم واحد.

- جدولة الري

كل المعاملة حسب المعادلة الآتية: $$d = \frac{(\theta_{mT} - \theta_{mbi})}{P_w} Z_r \times P_b$$

حيث إن :

q_{mt}= المحتوى الرطوبي عند 100 ٪ من الماء الجاهز الكلي لمعاملة الري الكامل و50 ٪ من الماء الجاهز لمعاملة الري الناقص

q_{mbi} = المحتوى الرطوبي قبل عملية الري (بعد الاستنزاف الرطوبي للماء الجاهز)

rw = كثافة الماء غم. سم$^{-3}$

Z_r = عمق الجذر، سم

r_b = الكثافة الظاهرية للتربه، جم. سم$^{-3}$

2 - حساب عمق الماء المضاف: تم حساب عمق الماء المضاف في المعاملة الثالثة من المعادلة (1) بعد ضربها في (70 ٪) .

وفي المعاملة الثانية والثالثة والرابعة من المعادلة الآتية :

$$V = d \times A_1$$

حيث إن :

V= حجم الماء المضاف م3.

A_1= مساحة الوحدة التجريبية م2.

d عمق الماء المضاف المقدر بـ (0. 7)

3- وتم تقدير الاستهلاك المائي بالطريقة التالية:

- معادلة فاو / بينمان ـــ مونتيث (56) FAO-PM المعدلة وفقا لـ (6).
- باستخدام معادلتين لتقدير الاستهلاك المائي هما: معادلة فاو ـــ بينمان مونتيث FAO/ PM (1998) المعدلة وفقا لـ (6).

$$ETo_z = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \times 900 \times U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \times U_2)}$$

حيث إن:

ET_{oz}= التبخر- نتل للمحصول المرجعي القصير ET_{os}أو الطويل ET_{oT} ، ملم

D = ميل منحنى ضغط بخار التشبع، كيلو باسكال/م°

R_n = صافي الاشعاع عند سطح النبات ميكاجول. م$^{-2}$ يوم$^{-1}$

G= كثافة تدفق حرارة التربة، ميكاجول م$^{-2}$ يوم$^{-1}$

g= ثابت القياس الرطوبي كيلو باسكال/م°

C_n وC_d= بسط ومقام ثابتين تعتمد قيمتهما على نوع المحصول المرجعي وطول فترة القياس ويمكن إيجادهما من جداول خاصة كما جاء في (6).

U_2 = سرعة الرياح على ارتفاع 2 م، م.ثا$^{-1}$.

e_s = ضغط بخار التشبع، كيلو باسكال

e_a = ضغط البخار الحقيقي (كيلو باسكال).

4- تم تقدير كفاة استخدام الماء بالمعادلة التالية:

$$WUE = \frac{Ya}{ETC}$$

حيث إن:

WUE = كفاءة استخدام الماء Kg/m^3 وYa = الإنتاجية الحقلية Kg وETC = البخر

- النتح (Evapotranspiration) للمحصول m^3

وتمت العمليات الحقلية على النحو الاتي:

1. حراثة الأرض وتسويتها بالمحراث المشطي.
2. تنظيف الأرض من الحشائش والمخلفات وإعداد الحقل وتقسيمه.
3. زراعة بذور الفول صنف California حيث تم وضع كل بذرتين في حفرة واحدة حسب نظام الري.
4. ري النباتات دوريا كل يومين حسب مرحلة نمو المحصول ومعاملة الري .
5. تسميد النباتات باستخدام السماد المركب 17/17/17 الكامل الذوبان من خلال شبكة الري بواسطة سمادة فارق ضغط حجمها 30 لتر وتمت معايرتها قبل التجربة.

وتم اخذ عدد من القياسات على النباتات المزروعة وهي: عدد الأفرع بمعدل ثلاث نباتات لكل مكرر (9 نباتات لكل معاملة)، الوزن الرطب للنبات بمعدل ثلاث نباتات عشوائيا لكل معاملة، نسبة المادة الجافة بواسطة الفرن الكهربائي الخاص بالعينات النباتية عند 70 درجة مئوية والاستمرار حتى ثبات الوزن باستخدام الميزان الرقمي، عدد القرون لكل نبات، عدد البذور في كل قرن وطول النبات في نهاية التجربة.

وقد تم تقدير المحتوى الرطوبي على جانبي خط الري قبل الري وبعد ساعة من كل رية جديدة لكل المعاملات. وتم أخذ ثلاث عينات من كل مكرر في نهاية الموسم لتقدير كل من النيتروجين، الفسفور والبوتاسيوم.

وتم إجراء تحليل التباين (ANOVA) وفقا لتصميم تجربة عاملية بنظام القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD). وتمت مقارنة المتوسطات للمعاملات المختلفة لتحديد الاختلافات المعنوية باستخدام اختبار اقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 0.05.

■ النتائج والمناقشة:

تأثير استخدام طرق الري المختلفة والسماد الحيوي على كمية الماء المستخدم، الإنتاجية وكفاءة استخدام الماء:

جدول (4) تاثير طرق الري المختلفة والسماد الحيوي والإنتاجية (كجم)، كمية الماء المستخدم ($م^3$) وكفاءة استخدام الماء (كجم/ $م^3$)

نظام الري	FI100 ٪	DI 70 ٪	FPRD70 ٪	APRD70 ٪
الإنتاجية				
الإنتاجية بدون فطر	4.19c	3.43a	3.62ab	3.97bc
الإنتاجيه مع الفطر	4.58c	3.71b	3.98b	4.33bc
كمية مياه الري المضافة	361	253	253	253
كفاءة استخدام الماء بدون فطر	1.16a	1.36b	1.43b	1.57d
كفاءة استخدام الماء مع فطر	1.27ab	1.47cd	1.57d	1.71c
	LSD= 0.51	C.V=13.91 %	LSD = 0.13	C.V=16.35 %

جدول (5) يوضح تاثير طرق إضافة مياه الري والسماد الحيوي (ميكورايزا) على نمو وإنتاجية محصول الفول

الصفات المدروسة	طول النبات (سم)	المساحة الورقية ($سم^2$)	عدد القرون	وزن القرون (جم)	وزن النبات (جم)	سمك الساق (مم)
نظام الري						
FI بدون فطر	63.3c	1020e	47	17.81ce	420ce	9.2± 0.2
FI مع الفطر	68.5	1036e	49	17.62c	438e	9.7± 0.3
DI بدون فطر	55.7a	797a	42	15.3a	355a	8.7± 0.6
DI مع الفطر	56.8ab	838b	44	16.4b	392b	8.9± 0.5
FPRI بدون فطر	62.5	939d	45	16.9b	403c	8.9 ± 0.6
FPRI مع فطر	67.2	1013e	48	422ce	422ce	10± 0.9
APRI بدون فطر	55.9ab	15.6a	46	859bc	376a	8.6± 0.5
APRI مع الفطر	58.9	876c	48	16.8c	398bc	9.1± 0.7
	Lsd=3.1	Lsd=31		Cv=3.99 %	Cv=17.13 %	Lsd-27
	Cv=16.87 %	Cv=11.84 %				Cv=13.86

جدول (6) يوضح المحتوى الرطوبي على جانبي خط الري

مستوى مياه الري	المسافة بين المنقطات 20cm	يسار (15cm)	يمين (15cm)
FI (100 %)	0 – 20	% 16 ± 2.5	% 13.8 ± 3.4
	20 - 40	% 14.5 ± 3.3	% 15.3 ± 2.4
DI (70 %)	0 – 20	% 11.2 ± 2.2	% 9.2 ± 3.1
	20 - 40	% 9.7 ± 2.9	% 10.9 ± 2.6
FPRI (70 %)	0 – 20	% 12.1 ± 2.9	% 6.8 ± 2.7
	20 - 40	% 11.5 ± 3.6	% 7.2 ± 3.3
APRI (70 %)	0 – 20	% 11.9 ± 4.2	% 10.8 ± 4.8
	20 - 40	% 9.4 ± 4.5	% 12.7 ± 4.2
		% C.V=14.92	LSD= 0.076

جدول (7) تاثير معاملات الري و السماد الحيوي على تركيز البوتاسيوم في اوراق نبات الفول

مستوى الري	(% FI(100	(DI (70%	(FPRI (70%	(APRI (70%
السماد الحيوي				
إضافة الفطر	3.42e	3.16dc	3.20d	3.33de
بدون فطر	2.87bc	2.54a	2.55a	2.7ab
			LSD=0.25	C.V=20.16%

جدول (8) تاثير معاملات الري و السماد الحيوي على تركيز الفوسفور في اوراق نبات الفول.

مستوى الري	FI (100%)	DI (70%)	FPRI (70%)	APRI (70%)
السماد الحيوي				
إضافة الفطر	0.39c	0.28b	0.31b	0.34bc
بدون فطر	0.23a	0.19a	0.18a	0.21a
			C.V=16.8%	LSD = 0.07

جدول (9) تأثير معاملات الري و السماد الحيوي على تركيز النيتروجين في أوراق نبات الفول.

مستوى الري	(FI (100%	(DI (70%	(FPRI (70%	(APRI (70%
السماد الحيوي				
إضافة الفطر	3.11e	2.46b	2.58bc	2.84e
بدون فطر	2.7cd	2.02a	2.06a	2.38b
			C.V=20.16%	LSD = 0.25

إن فكرة استخدام الري (التجفيف) الجزئي لمنطقة الجذور Partial Root- zone drying irrigation PRDI) هي وسيلة لإجهاد النبات بطريقة تحفزه على توفير الماء بحيث تنتج الجذور حمض الابسيسيك (acid Abscisic ABA) الذي يساهم في عملية غلق الثغور (23)، وكذلك زيادة نشاطية الانزيمات المضادة للاكسدة (15). كما وُجد أن تركيز حمض الابسيسيك زاد لعشرة أضعاف في حقول العنب مقارنة بالمروي ريا كاملا (23) وانخفاض في هرمون السايتوكاينين (Cytokinins) الذي يحفز نمو البراعم الجانبية وانقسام الخلايا بنسبة تصل إلى (70 %) في الجذور والبراعم وهذا الهرمون كان له تأثير سلبي على المجموع الخضري وزيادة نمو الجذور(5).

يهدف الري الناقص إلى استغلال المياه المتوفرة لزراعة أكبر مساحة ممكنة والحصول على أعلى إنتاجية من وحدة المياه المتاحة وهو وسيلة فعالة لبرمجة الري. ومن خلال ما قام به (11 و28) أنه يمكن توفير من 40-70 ٪ من مياه الري مع خسارة لا تزيد عن 13 % من إنتاج المحصول الفعلي.

والحقيقة إن استخدام تقنية ري الترطيب الجزئي يحسن من استفادة المحصول من الماء وذلك من خلال إطلاق الجذور أشارات إلى المجموع الخضري بواسطة حمض الابسيسيك لتقليل معدل النتح وبالتحكم حركة الثغور وذلك بتقليل اتساعها. حيث من خلال أبحاث متعددة لوحظ ارتفاع نسبة حامض الابسيسيك في النبات المعرضة للإجهاد (جفاف التربة) في مجموعة من المحاصيل كالقمح، الطماطم، البطاطس والذرة (17).

نلاحظ من خلال جدول 4 أن أعلى إنتاجية كانت عند الري الكامل التقليدي (100 % DI) بدون فرق معنوي عن الري الجزئي (التجفيف) المتبادل (70% APRD)

وبفرق معنوي عن طرق الري الأخرى المختلفة مع ملاحظة ان اقل إنتاجية كانت عند الري الناقص (DI 70%) مع ملاحظة ان إضافة فطر الميوكرايزا أدت إلى زيادة الإنتاجية في كل معاملات الري وهو ما يتفق مع كثير من الدراسات الحديثة (9 و22).

وعند دراسة تأثير نظام الري على كفاءة استخدام الماء نلاحظ أن الري الناقص بشكل عام كان أفضل من الري الكامل، حيث إن الري الكامل لاتزيد كفاءته عن 0.98 – 1.20 في معظم الدارسات (19 و26). أما الري الناقص وخاصة الثابت والمتغير أدى إلى رفع كفاءة استخدام الماء بما لا يقل عن 25 – 45 ٪ وهو يعتبر أمراً بالغ الأهمية في استراتيجية استخدام الماء. وعند إضافة الفطر ازدادت هذه الكفاءة بشكل كبير بما لا يقل عن 10 – 30 ٪ في هذه الدراسة. وهذا يتفق مع الكثير من الدراسات في هذا المجال حيث يعمل الفطر على رفع كفاءة امتصاص الماء لصالح الجذور. والذي يدعم استخدام فطر الميكورايزا رخص ثمنه نسبيا ومحافظته على البيئة وبذلك يعطي مدلولاً يسمى بالزراعة المستدامة للمحافظة على الماء والبيئة (16).

ونلاحظ من خلال النتائج المبينة في جدول 5 تاثير إضافة مياه الري على نمو وإنتاجية نبات الفول. حيث إن طول النبات تأثر معنويا بنظام الري واستخدام الفطر وإن الري الكامل أعطى أكثر طول نبات مقارنة بباقي المعاملات ثم الري الجزئي (التجفيف) المتبادل (APRD 70%) ثم باقي المعاملات مع ملاحظة أن إضافة الفطر أدى إلى زيادة ارتفاع النبات بشكل عام في كل المعاملات المدروسة وهذا ما يتفق مع النتائج السابقة (21).

وعند النظر إلى المساحة الورقية نلاحظ أن طريقة إضافة الماء أثر على الاختلاف في المساحة الورقية التي كان أكبرها مع الري الكامل مع إضافة الفطر ثم الري الجزئي (التجفيف) المتبادل ثم الري الجزئي (التجفيف) الثابت ثم الناقص، مع ملاحظة أن الفطر ساهم في زيادة المساحة الورقية بشكل عام في كل المعاملات. أما بالنسبة إلى عدد الثمار (القرون) لم يلاحظ أي فروق معنوية بين كل المعاملات وقد يعود هذا إلى طبيعة الصنف المستخدم وراثيا. أما الفطر لم يوثر سلبيا أو إيجابيا على معظم المعاملات بل إن الفروق كانت متذبذبة ويحتاج إلى المزيد من الدراسة وهذا يتفق مع نتائج بعض الدراسات السابقة (25).

أما تاثير المعاملات على وزن الثمار فكانت ذات فروق معنوية واضحة في معظم المعاملات خاصة في معاملة الري الكامل (FI %) ثم معاملة الري الجزئي (التجفيف) المتبادل (APRI 70%) ثم باقي المعاملات مع ملاحظة أن الفطر قد عمل على زيادة وزن القرون وذلك بزيادته من امتصاص كل من الفوسفور، النيتروجين والبوتاسيوم وتأثير فطر الميكورايزا على زيادة امتصاصها للماء.

وعند دراسة تأثير المعاملات على وزن النبات لوحظ أن زيادة كمية مياه الري والري الجزئي (التجفيف) الثابت والمتبادل كان الأفضل مقارنة بالري الناقص في كل المعاملات مع ملاحظة أن إضافة الفطر قد عمل على زيادة وزن النبات الرطب في كل المعاملات وبفروق معنوية. وعند دراسة تأثير المعاملات على سمك الساق لوحظ وجود فروق معنوية خاصة في المعاملات المضاف إليها الفطر وكذلك معاملات الري الجزئي (التجفيف) الثابت والمتبادل عند مقارنتها بالري الناقص والري الكامل ويمكن استنتاج أن كمية مياه الري والسماد الحيوي قد أثرا على معظم الصفات المدروسة الخاصة بنمو النبات.

- **تاثير المعاملات على المحتوي الرطوبي لنظم الري المختلفة:**

تم أخذ عينات على أعماق مختلفة بعد يوم من الري عن يمين ويسار خط الري وقد لوحظ أن أعلى مستوى رطوبة كان عند الري الكامل (100 ٪) وخاصة في العمق الثاني (20- 40) وكان اقل محتوى رطوبة عند الري الجزئي (التجفيف) الثابت على الجهة غير المروية خاصة في الطبقة العليا من التربة مع ملاحظة أن الري الجزئي (التجفيف) المتبادل كان الأكثر تجانسا عند جانبي النبات وعند العمقين ويعود هذا إلى عملية تبادل الري في الجهتين المختلفتين (27). اما الري الناقص كان المحتوى الرطوبي الأعلى في جهة اليسار للطبقة العليا واليمين للطبقة السفلي علما أن هذا الموضوع يحتاج المزيد من الدراسة باستخدام أجهزة قياس الرطوبة الحديثة.

- **تأثير نظام الري مع السماد الحيوي على النيتروجين:**

نلاحظ من خلال النتائج المتحصل عليها في الجدول 9 أن أعلى تركيز كان موجودا في أوراق الفول عند المعاملة (APRD 70%) ثم الري الكامل (FI 100%) بدون فارق معنوي

وبفارق معنوي عن (70% DI) و(70% FPRD) مع ملاحظـــــة أن إضافة الفطر أدي ألي زيادة تركـيز النيتـــروجين في أوراق الفـــول خاصة في المعاملة (70% APRD) ثم في (100% DI) مع ملاحظة أن (70% FPRD) قد استجابت بشكل كبير لإضافة الفطر وذلك بارتفاع التركيز من (2.89% 3.22%) وهذا يدل على أهمية الفطر عند نقص كمية المياه وهو ما ينطبق على كافة المعاملات التي تم إضافة الفطر إليها، مع ملاحظة أن أعلى تركيز بشكل عام كان عند (70% APRD) ثم (100% DI) ثم المعاملات الآخرى وهو ما ينطبق مع معظم الأبحاث في هذا المجال (1 و23).

● **تأثير نظام الري مع السماد الحيوي على تركيز البوتاسيوم:**

يلاحظ من خلال الجدول 7 أن نظام الري كان له تأثير معنوي على تيسر الفوسفور فكان أعلى تركيز عند (100% FI) ثم (70% APRD) ثم المعاملات الأخرى وبفارق معنوي. وعند إضافة الفطر ازداد التركيز بشكل مرتفع جدا حيث إن الفطر يعمل على تيسر عنصر البوتاسيوم في التربة وبالتالي زيادة تركيزه في أوراق النبات مقارنة بالمعاملات التي لم يتم إضافة الفطر إليها وهذا يتفق مع الأبحاث السابقة (14).

● **تأثير نظام الري مع السماد الحيوي على تركيز الفوسفور:**

يعتبر الفوسفور من العناصر الهامة والتي يصعب تيسرها للنبات ومن الجدول 8 نلاحظ ازدياد تيسر عنصر الفسفور في التربة بزيادة كمية مياه الري وعند أصافة الفطر تضاعفت هذه الزيادة تقريبا في معظم المعاملات حيث لوحظ أعلى تركيز عند الري (FI 100%) ثم (70% APRD) ثم المعاملات الأخرى مع ملاحظة أن هناك ازدياد كبير في تركيز عنصر الفوسقور مع إضافة الفطر وهذا يتفق مع معظم الدراسات في هذا المجال (21).

اتضح من هذه النتائج أن إضافة فطر الميكروزيا زاد من امتصاص عناصر الفسفور والبوتاسيوم والنيتروجين بشكل كبير وبالتالي زيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية عامة، الأمر الذي أدى إلى زيادة في الإنتاجية في كل المعاملات وبفارق معنوي واضح وهذا يتفق مع نتائج الدارسات السابقة (7 و27).

■ **الخلاصة والتوصيات:**

أشارت النتائج المتحصل عليها أن استخدام الري الكامل والري الجزئي (التجفيف الجزئي) المتبادل أدى إلى نتائج إيجابية في النمو والإنتاجية مع ملاحظة ان الري الجزئي بالتجفيف المتبادل كان أفضل بالنظر إلى كفاءة استخدام الماء. ويوصي بإعادة التجربة بطرق مختلفة من حيث أنواع المحاصيل التي يمكن أن يستفاد منها في جميع مراحل نمو المحصول في نظام الري الناقص والسماد الحيوي والقيام بالقياسات المتعلقة بالتربة لقياس المحتوى المائي بشكل دقيق وكذلك استخدام تقنية الاستشعار عن بعد في دراسة حالة النبات أثناء الدراسة.

■ **المراجع:**

1. القصاب، صلاح الدين والحامد، عبدالعزيز(2014). تأثير التجفيف الجزئي للمنطقة الجذرية كإحدى طرق الري الناقص في الاستهلاك المائي للمحصول. مجلة زراعة الرافدين، المجلد (42) العدد (1).

2. عيسى طالب وحمد داود (1999). استجابة فول الصويا إلى الملوحة، المؤتمر الزراعي العلمي الثالث "البحث في خدمة التنمية الزراعية. كلية الزراعة- جامعة مؤتة- الكرك الأردن.

3. حميد سجى صبيح (2015). دور تلقيح المايكرورايز وإضافة البوتاسيوم في نمو الذرة الصفراء تحت مستويات رطوبية مختلفة. رسالة ماجستير، كلية الزراعة - جامعة بغداد.

4. الزغبي محمد مسهل، عبدالله هيثم وبرهوم محمد (2007). تأثير السماد العضوي والحيوي في إنتاجية نبات البطاطا وبعض خواص التربة. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية (23) : 121 – 131.

5. صقر، محب (2010). فسيولوجيا النبات. كلية الزراعة - جامعة المنصورة- مصر.

6. Allen, G.R., Luis S. PEREIRA, Dirk RAES, SMITH, M., 1989. Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper

7. Allen, M., 2007. Mycorrhizal Fungi: Highways for Water and Nutrients in Arid Soils. Vadose Zone Journal 6, 291.297-

8. Ashraf, M., Ali, S., Ijaz-ul-Hassan, 2012. Interaction of rhizobium jopniaum strain and soybean genotypes Pakistani Hournal of Soil Science 21, 49.54-

9. Bechir, B.N., Rezig, M., Bahrouni, H., Ben Ammar, H., 2016. Effect of Partial Root-Zone Drying Irrigation Technique (PRD) on the Total Dry Matter, Yield and Water Use Efficiency of Potato under Tunisian Semi-Arid Conditions. Journal of Agricultural Science 8, 129.

10. English, M., 1990. Deficit Irrigation. I: Analytical Framework. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 116, 399.412-

11. English, M., Raja, S.N., 1996. Perspectives on deficit irrigation. Agricultural Water Management 32, 1.14-

12. Fereres, E., Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of experimental botany 58, 147.159-

13. Geerts, S., Raes, D., 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management 96, 1275.1284-

14. Kirda, C., 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit Irrigation Practices 22, 3.10-

15. Lei, S., Qiao, Y., Fengchao, J., Changhai, S., Chao, Y., Yuxin, L., Mengyu, L., Baodi, D., 2009. Physiological mechanism contributing to efficient use of water in field tomato under different irrigation. Plant, Soil and Environment 55, 128.133-

16. Lepaja, K., Kullaj, E., Lepaja, L., Avdiu, V., 2016. Vegetative and fruiting response of 'Polka' raspberry plants to partial rootzone drying (PRD), mulching, and their combinations. Acta Horticulturae 1133, 227.232-

17. Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., 2006. Physiological responses of potato (Solanum tuberosum L.) to partial root-zone drying: ABA signalling, leaf gas exchange, and water use efficiency. Journal of experimental botany 57, 3727.3735-

18. Liu, R., Zhu, P.-F., Wang, Y.-S., Chen, Z., Zhu, J.-R., Shu, L.-Z., Zhang, W.-J., 2021. Alternate Partial Root-Zone Drip Nitrogen Fertigation Reduces Residual Nitrate Loss While Improving the Water Use but Not Nitrogen Use Efficiency. Frontiers in Plant Science 12, 2237.

19. Nardella, E., Giuliani, M., Gatta, G., Caro, A., 2012. Yield Response to Deficit Irrigation and Partial Root-Zone Drying in Processing Tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). Journal of Agricultural Science and Technology, 209.219-

20. Pereira, L., Oweis, T., Zairi, A., 2002. Irrigation management under water scarcity. Agricultural Water Management 57, 175.206-

21. Savić, S., Stikić, R., Radović, B.V., Bogičević, B., Jovanović, Z., Šukalović, V.H.-T., 2008. Comparative effects of regulated deficit irrigation (RDI) and partial root-zone drying (PRD) on growth and cell wall peroxidase activity in tomato fruits. Scientia Horticulturae 117, 15.20-

22. Shi, J., Li, S., Zuo, Q., Ben-Gal, A., 2015. An index for plant water deficit based on root-weighted soil water content. Journal of Hydrology 522, 285-.294

23. Stoll, M., Loveys, B., Dry, P., 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. Journal of experimental botany 51, 1627.1634-

24. Vermeiren, L., Jobling, G.A., 1980. Localized Irrigation: Design, Installion, Operation, Evaluation. FAO Irrigation and Drainage Paper.

25. Wang, L., Shi, H., wu, J., Cao, F., 2016. Alternative partial root-zone irrigation enhances leaf flavonoid accumulation and water use efficiency of Ginkgo biloba. New Forests 47.

26. Wang, X., Xing, Y., 2017. Evaluation of the effects of irrigation and fertilization on tomato fruit yield and quality: a principal component analysis. Scientific Reports 7, 350.

27. Zegbe, J.A., Behboudian, M.H., Clothier, B.E., 2006. Responses of 'Petopride' processing tomato to partial rootzone drying at different phenological stages. Irrigation Science 24, 203210-.

28. Zhang, H., Oweis, T., 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agricultural Water Management 38, 195211-.