Journal homepage
www.ajas.uoanbar.edu.iq
Anbar Journal of Agricultural Sciences
(University of Anbar – Agriculture College)

دور التجفيف الجزئي للجذور في كفاءة استعمال الماء وامتصاص الفسفور للذرة الصفراء (*Zea mays* L.) في تربة جبسية

منى محمود حمد العبيدي عبد الوهاب عبد الرزاق سعيد القيسي*

كلية الزراعة – جامعة تكريت

***المراسلة الى:** أ.د. عبد الوهاب عبد الرزاق القيسي، قسم المكائن والآلات الزراعية، كلية الزراعة، جامعة تكريت، تكريت، العراق.

البريد الالكتروني: wa.alkayssi@tu.edu.iq

Article info

Received: 2021-05-10
Accepted: 2021-12-07
Published: 2022-06-30

DOI-Crossref:
10.32649/ajas.2022.176282

Cite as:
Al-Kayssi, A. A., and M. M. Alobedy. (2022). Influence of partial root-zone drying on water use efficiency and phosphorus uptake of corn (*zea mays* l.) in a gypsifereous soil. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 20(1): 173-192.

©Authors, 2022, College of Agriculture, University of Anbar. This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الخلاصة

أجريت تجربة اصص لدراسة دور التجفيف الجزئي المنطقة الجذرية المتناوب والثابت في كفاءة استعمال الماء وامتصاص الفسفور لمحصول الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) في تربة جبسية للعروة الربيعية. ضمت التجربة ثلاثة اساليب للري هي الري التقليدي (CI) والتجفيف الجزئي المتناوب المنطقة الجذرية (APRD) والتجفيف الجزئي الثابت المنطقة الجذرية (FPRD) وثلاث مستويات للسماد الفوسفاتي 40 و80 و120 كغم P هكتار$^{-1}$ وثلاث مراحل لنمو النبات هي مرحلة النمو الخضري (40 يوم من الزراعة) ومرحلة البطان (60 يوم من الزراعة) ومرحلة النضج (105 يوم من الزراعة) وبتسعة مكررات وفق التصميم العشوائي الكامل. زرعت بذور الذرة الصفراء صنف DKC6664 في 2020/3/20 ودرس نمو وتطور المجموع الجذري والخضري خلال مراحل النمو المذكورة وجنيت عرانيص الذرة عند مرحلة النضج، وحسبت كفاءة استعمال الماء لكل مرحلة من مراحل النمو. بينت النتائج انخفاض نسبة وزن الجذور الى وزن الجزء الخضري تحت نظامي التجفيف المتناوب والثابت عند مستويات التسميد الثلاث لجميع مراحل النمو واعطت معاملة الري التقليدي حاصل حبوب بلغ 40.53 و51.44 و57.71 غم اصيص$^{-1}$ لمستويات التسميد 40 و80 و120 كغم P هـ$^{-1}$ على التتابع وبفروق معنوية عن معاملات التجفيف الجزئي المتناوب والثابت للمنطقة الجذرية، بينما تفوقت معاملة التجفيف الجزئي المتناوب في كفاءة استعمال الماء اذ بلغت 0.90 و0.93 و0.98 كغم م$^{-3}$. حققت معاملة الري التقليدي اعلى نسبة من الفسفور الممتص في الجزء الخضري للنبات متفوقة معنوياً

على معاملات التجفيف الجزئي المتناوب والثابت وازدادت نسبة امتصاص الفسفور في مرحلتي النمو الخضري والبطان، في حين ادت زيادة مستوى السماد الفوسفاتي الى زيادة نسبة الفسفور الممتص.

كلمات مفتاحية: التجفيف الجزئي للمنطقة الجذرية، كفاءة استعمال الماء، امتصاص الفسفور، الترب الجبسية.

INFLUENCE OF PARTIAL ROOT-ZONE DRYING ON WATER USE EFFICIENCY AND PHOSPHORUS UPTAKE OF CORN (*ZEA MAYS* L.) IN A GYPSIFEREOUS SOIL

A. A. Al-Kayssi* **M. M. Alobedy**

College of Agriculture – Tikrit University

***Correspondence to**: Prof. Dr. Abdul wahab Abdul Razzaq Al-Kayssi, Department of Agricultural Machinery and Equipment, College of Agriculture, Tikrit University, Tikrit, Iraq.
Email: wa.alkayssi@tu.edu.iq

Abstract

Pot experiment was conducted to study the alternate and fixed partial root zone drying on irrigation water use efficiency and phosphorus absorption efficiency of corn (Zea mays L.) in a gypsiferous soil during the spring growing season. The experiment included three irrigation techniques, which were conventional irrigation (C1), alternating partial root-zone drying (APRD) and fixed partial root-zone drying (FPRD), and three levels of phosphate fertilizer application (40, 80, 120 Kg h^{-1}), for three stages of plant growth, jointing stage (40 days from planting), booting stage (60 days from planting) and maturing stage (105 days from planting). The experiment was carried out with a complete randomized design with nine replications. Yellow corn seeds variety DKC6664 were planted on 20/3/2020. During the aforementioned growth stages, the development of the root system and vegetative parts of corn plants were studied and the water use efficiency was calculated for each growth stage. Results showed a decrease in the ratio of root to the vegetative weight under the alternating and fixed root-zone drying for the three fertilization levels and the three-growth stage (jointing, booting, maturing). The conventional irrigation treatment gave a grain yield of 40.53, 51.44 and 57.71 g pot^{-1} for the fertilization levels of 40, 80 and 120 kg P h^{-1} with a significant difference compared to alternate and fixed partial root-zone drying treatments. Alternate partial root-zone drying give the highest water use efficiency of 0.90, 0.93 and 0.98 kg m^{-3}. Higher values of phosphorus absorption was recorded with CI treatment. The phosphorus absorption was high in the jointing and booting stages of corn growth. Phosphorous reduced some of the negative effects of water shortage on plant growth and yield and the reason for an increase in water use efficiency.

Keywords: Partial root-zone drying, water use efficiency, phosphorus uptake, Gypsiferous soils.

المقدمة

بسبب التناقص المستمر لمصادر المياه ومحدوديتها، سيصبح من الصعب تلبية المتطلبات الغذائية للسكان في المستقبل، اذ إن ما يقارب 70% من المياه المتوفرة تستغل لإنتاج الغذاء. وللحد من مشكلة نقص المياه أصبح من الضروري تبني ممارسات جديدة للمحافظة على المياه (24). ان أدارة الماء بشكل صحيح وإعطاء المياه بمعدلات تمكن المحصول المزروع من الاستفادة منها بشكل كفوء تعد من الأولويات في العمليات الزراعية خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. اقترحت عدة تقانات للري الحقلي لمواجهة شح الماء من جهة وتحقيق زراعة مستدامة من جهة أخرى، ومن هذه التقانات هي استخدام نظام الري الناقص الذي يتمثل بتقليل عدد الريات أو تقليل كمية المياه للرية الواحدة دون أن يحصل انخفاض كبير في الغلة وزيادة التوسع الأفقي للمساحات المروية (20). وفي العقد الأخير اقترحت تقنية التجفيف الجزئي للمنطقة الجذرية (partial root–zone drying) إذ أن اعتماد هذه التقانة وخاصة في المناطق التي تعاني من شح مواردها المائية تعد من أساليب الإدارة الجيدة للمياه كما انه يؤدي إلى رفع كفاءة استعمال الماء مقابل اختزال غير معنوي في الإنتاجية (21). يعد الفسفور من العناصر الغذائية الضرورية لنمو وتطور النبات إذ تحتاجه النباتات بكميات كبيرة لدخوله في العمليات الحيوية الأساسية للخلية التي لا يمكن أن تتم بدونه (14). يتأثر الفسفور بالمحتوى الرطوبي للتربة، اذ لوحظت زيادة معنوية في جاهزيته كلما زاد محتوى التربة المائي من خلال مساهمته في ذوبانية مركبات الفسفور المعدنية المتبلورة وزياد النشاط الميكروبي لتحلل المواد العضوية وتحرر الفسفور (33). تؤثر دورات الترطيب والتجفيف في جاهزية بعض المغذيات ومنها الفسفور، اذ ان هذه الدورات قللت من جاهزية الفسفور (26). ومن هذا المنطلق استهدف البحث دراسة كفاءة استعمال الماء وكفاءة استعمال الماء لنباتات الذرة الصفراء لوحدة سماد الفسفور وكفاءة تراكم المادة الجافة ونمو وتطور المجموع الجذري عند مستويات فسفور مختلفة (40 و80 و120 كغم هكتار$^{-1}$) وخلال مراحل مختلفة لنمو نبات الذرة الصفراء (مرحلة التفرعات، مرحلة البطان، مرحلة النضج) ولنظم الري التقليدي (CI) والتجفيف الجزئي المتناوب للمجموع الجذري (Alternate partial root– zoon dryiny, APRD) والتجفيف الجزئي الثابت للمجموع الجذري (Fixed partialroot–zoon dryiny, FPRD) في تربة جبسية.

المواد وطرائق العمل

اخذت عينات تربة من مقد تربة جبسية من محطة ابحاث قسم علوم التربة والموارد المائية – جامعة تكريت والواقعة على دائرة عرض ً49 َ40 34° وخط طول ً40 َ38 43° وعلى ارتفاع 129م عن مستوى سطح البحر. حضر نموذج تربة جبسية (17.76 غم كغم$^{-1}$) عن طريق الخلط بين نموذجي تربة من الأفق السطحي سمكه 0 – 7 سم بلغت نسبة الجبس فيه 50 غم كغم$^{-1}$ والأفق الجبسي سمكه 30–45 سم بلغت نسبة الجبس فيه 300غم كغم$^{-1}$. تم مزج

التربتين بعد خلطهما وترطيبهما مع التقليب المستمر ثم حضنت التربة لمدة 40 يوما للحصول على نموذج متجانس في نسبة الجبس. وبعد انتهاء مدة الحضن جففت العينات هوائيا وطحنت ثم مررت من منخل قطر فتحاته 2 مم لغرض أجراء التحاليل الروتينية للتربة ويبين الجدول 1 بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لترب الدراسة.

المعاملات وتصميم التجربة: نفذت التجربة وفق التصميم التام التعشية بواقع 81 وحدة تجريبية وبتسعة مكررات وبثلاث عوامل هي

معاملات الري. استخدمت ثلاثة اساليب للري هي:

1. الري التقليدي (Conventional Irrigation, CI) لترطيب المجموع الجذري لنبات الذرة الصفراء (ري جانبي المجموع الجذري).
2. التجفيف الجزئي المتناوب للمجموع الجذري للنبات (Alternate Partial Root-Zone Drying, (APRD (ري جانبي المجموع الجذري بالتناوب).
3. التجفيف الجزئي الثابت للمجموع الجذري للنبات (Fixed Partial Root-Zone Drying, FPRI) (ري جانب واحد للمجموع الجذري).

معاملات التسميد: تضمنت معاملات التجربة ثلاث مستويات من التسميد الفوسفاتي وذلك باستخدام سماد سوبر فوسفات الكالسيوم الثلاثي 21%P،

1. 40 كغم p هكتار$^{-1}$
2. 80كغم p هكتار$^{-1}$
3. 120 كغم p هكتار$^{-1}$

مراحل نمو نباتات الذرة الصفراء:

1. مرحلة النمو الخضري بعد 40 يوما من الإنبات (Jointing stage).
2. مرحلة البطان بعد 60 يوما من الإنبات (Booting stage).
3. مرحلة النضج بعد 105 يوما من الإنبات (Maturing stage).

جدول 1 بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة.

الخصائص	الكمية
pH1:1 الرقم الهيدروجيني	7.67
التوصيل الكهربائي (ديسي سيمنز م$^{-1}$) EC/1:1	2.33
كبريتات الكالسيوم المائية (غم كغم$^{-1}$)	17.67
معادن كاربونات الكالسيوم (غم كغم$^{-1}$)	210
المادة العضوية (غم كغم$^{-1}$)	13.8
نتروجين الجاهز (ملغم كغم$^{-1}$)	18.27
الفسفور الجاهز (ملغم كغم$^{-1}$)	21.3
البوتاسيوم جاهز (ملغم كغم$^{-1}$)	65.55
الكثافة الظاهرية (ميكا غرام م^{3})	1.35
الرطوبة الحجمية عند شد 33 كيلو باسكال(سم^{3} سم$^{-3}$)	17.05
الرطوبة الحجمية عند شد 1500 كيلو باسكال(سم3 سم-3)	6.03

لم يكن بالإمكان تقدير النسجة لحصول ترسيب لمعلق التربة نتيجة لارتفاع نسبة الجبس.

Table 1 Some Physical and Chemical Characteristics of the Studied Soil. It was not possible to estimate the sedimentation percentage of the soil suspension due to the high gypsum content. (Soil samples were collected from a gypsum soil area at the Research Station of the Soil and Water Resources Department, Tikrit University. The station is located at a latitude of 49° 40' 34" N and a longitude of 40° 38' 43" E, with an elevation of 129 meters above sea level.

A gypsum soil model (17.76 g/kg) was prepared by blending two soil models. The first model was from the surface horizon with a thickness of 0-7 cm and a gypsum content of 50 g/kg. The second model was from the gypsum horizon with a thickness of 30-45 cm and a gypsum content of 300 g/kg. The two soils were mixed and moistened with continuous stirring. The mixture was incubated for 40 days to achieve a uniform gypsum content. After the incubation period, the samples were air-dried, ground, and sieved through a 2 mm sieve for routine soil analysis).

الزراعة: نفذت التجربة في أصص بلاستيكية اسطوانية سعة 14 كغم تربة أبعادها 28 سم قطرا بعمق 30 سم، تم تجزئتها من المنتصف بواسطة حاجز بلاستيكي عمودي وبشكل محكم يمنع انتقال الماء بين نصفي الأصيص علما ان الأصص غير مثقبة من الأسفل وتم تعبئتها بنماذج التربة بواقع 7 كغم تربة لكل نصف من نصفي الأصيص الواحد. أضيفت جميع الأسمدة دفعة واحدة قبل الزراعة. اذ أضيف سماد اليوريا (46% N) بمعدل 200 كغم N هكتار$^{-1}$ و160 كغم K هكتار$^{-1}$ من سماد كبريتات البوتاسيوم (43% K) عند الزراعة. رطبت تربة الأصيص الى حدود السعة الحقلية وبعد جفاف التربة جفافا مناسبا تمت زراعة بذور الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) صنف (DKC6664) وبواقع أربعة بذور في منتصف المسافة في كل أصيص وفوق موقع الحاجز البلاستيكي في 2020/3/20 وخففت بعد الإنبات إلى نبات واحد.

الري: اجريت عملية الري بأضافة الماء الى كافة معاملات التجربة بأيصال المحتوى الرطوبي الى 80% من الماء الجاهز لغاية ظهور الورقة الرابعة لنبات الذرة بتاريخ 2020/4/6 ثم طبقت نظم الري الثلاث الري التقليدي (CI) والثابت (FPRI) والمتناوب (APRI) بعد فقدان 60% من الماء الجاهز عن طريق مراقبة الوزن لكل اصيص وتم تسجيل كمية الماء المضافة لكل اصيص خلال موسم النمو، اذ تمت عملية الري التقليدي بأضافة الماء بشكل متساوي

الى جانبي الاصيص واضافة نصف كمية الماء المضافة للري التقليدي إلى أحد نصفي الأصيص مع التناوب بين رية وأخرى على نصفي الأصيص في معاملة الري المتناوب، أما في معاملة الري الجزئي الثابت تم إضافة نفس كمية ماء الري المتناوب ولكن لجانب واحد للأصيص طول موسم النمو.

وزن الجزء الخضري والجذري خلال مراحل نمو نباتات الذرة الصفراء: تم فصل الجزء الخضري من نقطة اتصاله بسطح التربة غسلت النباتات بماء (الحنفية) عبر توجيه تيار ماء خفيف لاستخراج كامل المجموع الجذري ولإزالة العوالق والغبار وتركت لتجف هوائيا ثم وضعت في اكياس ورقية وجففت عند درجة حرارة 65° م لحين ثبات الوزن واخذ وزن الجذور الجاف.

حساب كفاءة استعمال الماء: حسبت كفاءة استعمال الماء على أساس كتلة النبات الجافة الكلية (الجزء الخضري + الجزء الجذري) لكل مرحلة من مراحل نمو النبات (WUEt)

$$WUEt = \frac{\text{وزن الجزء الخضري + وزن الجذور}}{\text{كمية الماء المضافة لكل مرحلة من مراحل النمو}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots 1$$

حسبت كفاءة استعمال الماء على أساس وزن البذور الجافة (WUEs)

$$WUEs = \frac{\text{وزن البذور الجافة}}{\text{كمية الماء المضافة خلال موسم النمو}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots 2$$

حسبت كفاءة استعمال الماء للوحدة السمادية

$$WUEu = \frac{\text{حاصل البذور الجافة لكل وحدة سمادية}}{\text{كمية الماء المضافة خلال فترة النمو}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots 3$$

مكونات حاصل النبات: الوزن الجاف للنبات (غم نبات$^{-1}$): شمل الوزن الجاف للمجموع الخضري كلاً من الساق والأفرع والأوراق.

الوزن الجاف المنطقة الجذرية (غم نبات$^{-1}$): تم فصل الجذور من التربة بعد قلب الأصيص وتفريغها من التربة، وغسلها بتيار ماء للتخلص من التربة.

حاصل النبات الفردي (غم): احتسب من خلال وزن بذور النبات في الاصص الواحد.

تقدير الفسفور في الجزء الخضري: أخذت عينات من الجزء الخضري لكل معاملة من المعاملات ولكل مرحلة من مراحل النمو مقدارها 0.2 غم وتم هضمها باستخدام خليط من حامض الكبريتيك والبيروكلوريك المركزين وقدر الفسفور في محاليل الهضم باستخدام مولبيدات الأمونيوم وحامض الاسكوربيك باستخدام جهاز Spectrophotometer وعند طول موجي 882nm وحسب الطريقة الموصوفة في (25).

تم قياس الرقم الهيدروجيني (pH) في مستخلص التربة: ماء 1:1 باستعمال جهاز pH–meter حسب (6) وقياس التوصيل الكهربائي (EC) في مستخلص تربة: ماء 1:1 باستعمال جهاز التوصيل الكهربائي EC–meter حسب (6) وقدرت المادة العضوية في التربة بطريقة الهضم الرطب حسب طريقة (Walkely and Black) الواردة في (18) وقدرت النسبة المئوية لمعادن كاربونات الكالسيوم وفقا لما جاء في (18) وقدر الفسفور الجاهز حسب طريقة

(28) وقدر النتروجين الجاهز في التربة بطريقة الاستخلاص بواسطة محلول كلوريد البوتاسيوم (2MKCL) وحسب طريقة (7) وقدرت الكثافة الظاهرية حسب (30) وقدر الجبس حسب طريقة (3).

النتائج والمناقشة

تأثير التجفيف المتناوب والثابت للمنطقة الجذرية ومستويات السماد الفوسفاتي في الوزن الجاف للجذو: يبين جدول 2 ان الري التقليدي اعطى اعلى متوسط للوزن الجاف المنطقة الجذرية بلغ 19.97 غم اصيص$^{-1}$ متفوقا معنويا على معاملتي الري المتناوب والثابت بنسبة 22.16 و73.90% على الترتيب. ان تقليل كمية ماء الري واختزالها الى النصف تقريبا 50% ادت الى تثبيط نمو ونشاط واستطالة الجذور بزيادة الاجهاد المائي الذي تسبب في انخفاض امتصاص المواد الغذائية الامر الذي انعكس سلباً في نمو الجذور (2 و27). لمستويات التسميد الفوسفاتي اثر في زيادة الوزن الجاف المنطقة الجذرية اذ تفوق المستوى السمادي 120كغم p هـ$^{-1}$ بإعطاء اعلى نسبة وزن جاف المنطقة الجذرية متفوقا على المستويين 40 و80 كغم p هـ$^{-1}$ بنسبة 16.77 و7.67% على الترتيب. تأتي هذه الزيادة نتيجة دور الفسفور في عمليات النمو والانقسام للمجموع الجذري خاصة في المراحل الاولى من عمر النبات الذي يجعل النبات قادرا على امتصاص الماء والمواد الغذائية بكفاءة عالية (9). كان لمراحل نمو النبات تأثيرا في نمو الجذور اذ نلاحظ ان الوزن الجاف للمجموع الجذري ازداد بتقدم مراحل النمو الى ان تعرض النبات الى اجهاد مائي ابتداءً من مرحلة النمو الخضري سبب انخفاض اوزان الجذور تحت نظامي التجفيف الجزئي المتناوب والثابت. كما ان استمرار قطع الماء تماماً عن نصف النظام الجذري في معاملات الري الثابت وجفاف التربة ادى الى موت الجذور في الجانب الجاف في مرحلة البطان والمرحلة التي تلتها وبذلك قلت اوزان الجذور بشكل كبير في هذه المعاملات. من خلال التداخل بين اساليب الري ومستويات التسميد يلاحظ ان الوزن الجاف المنطقة الجذرية ازداد بزيادة كمية الماء والسماد المضاف وان وزن الجذور الجاف تحت اسلوب الري المتناوب ازداد بزيادة مستوى التسميد بنسبة 14.16 و38.37 و9.15% للمعاملة المسمدة بالمستوى 120 كغم p هـ$^{-1}$ لمراحل النمو الخضري والبطان والنضج على الترتيب، بالمقارنة مع المعاملة المسمدة بالمستوى 40 كغم p هـ$^{-1}$ ويلاحظ ازدياد وزن الجذور مع زيادة مستويات التسميد في معاملات الري الثابت اذ ازداد وزن الجذور بنسبة 17.66 و23.79 و 14.28% لمرحلة النمو الخضري والبطان والنضج على الترتيب بالمقارنة مع المعاملة المسمدة بالمستوى 40 كغم p هـ$^{-1}$. تأتي هذه النتائج متوافقة مع ما توصل اليه (16)، من ان التسميد الفوسفاتي يؤدي الى تحفيز نمو الجذور تحت نظام التجفيف الجزئي المتناوب والثابت. بينت نتائج التداخل بين اوزان الجذور تحت اساليب الري والتسميد الفوسفاتي ولمراحل النمو الثلاث ان التجفيف المتناوب والثابت سبب انخفاض وزن الجذور في مرحلة النمو الخضري لمستوى التسميد 40 كغم p هـ$^{-1}$ بنسبة 20.27 و30.02 % على الترتيب. و30.57 و56.47 و1508 و39.67% في معاملات الري المتناوب والثابت في مرحلتي البطان والنضج بالمقارنة مع معاملة الري التقليدي على الترتيب. بينما خفض الري المتناوب والثابت من اوزان الجذور في مرحلة النمو الخضري وتحت مستوى التسميد 80 كغم p هـ$^{-1}$ بنسبة 22.13

و35.82% على الترتيب مقارنة بمعاملة الري التقليدي. بينما كانت نسبة انخفاض الجذور لمرحلتي البطان والنضج بنسبة 23.10 و50.49 و10.69 و37.34%. بينما انخفضت اوزان الجذور في مرحلة النمو الخضري في الري المتناوب والثابت وعند مستوى التسميد 120 كغم p هـ-1 بنسبة 41.91 و48.09% على الترتيب مقارنة بمعاملة الري التقليدي 20.99 و55.72% على الترتيب لمرحلة البطان و15.49 و37.14% لمرحلة النضج بالمقارنة مع معاملة الري التقليدي على الترتيب.

تأثير التجفيف الجزئي المتناوب والثابت للمجموع الجذري ومستويات السماد الفوسفاتي في الوزن الجاف للجزء الخضري لنباتات الذرة الصفراء: يبين الجدول 3 إثر الري المتناوب والثابت في الوزن الجاف للجزء الخضري لنباتات الذرة الصفراء المزروعة تحت مستويات من التسميد الفوسفاتي ومراحل نمو مختلفة. بينت النتائج ان الري المتناوب والثابت خفض من الوزن الجاف للجزء الخضري بنسبة 12.35 و34.38% على الترتيب مقارنة مع الري التقليدي. يعتبر الوزن الجاف مؤشرا لنمو النبات كونه نتيجة للزيادة التي تحصل في المادة البروتوبلازمية لخلايا النبات وزيادة عدد خلاياه وبالتالي زيادة وزنه الجاف. ان الاجهاد المائي الناتج عن اسلوبي التجفيف المتناوب والثابت للمجموع الجذري سبب انخفاض الجهد المائي للنسيج النباتي واختزال محتواه النسبي من الماء الذي يؤدي الى انخفاض قابلية الخلايا على الاستطالة والنمو واختزال عدد الاوراق والمساحة الورقية وقصر السلاميات وخاصة السلاميات العليا، فضلاً عن تقليل كفاءة البناء الضوئي وخفض ارتفاع النبات وبالتالي انخفاض الوزن الجاف الكلي للنبات (40). قلل التجفيف الجزئي الثابت من الكتلة الجافة بشكل كبير مقارنة مع التجفيف المتناوب نتيجة الاجهاد الذي يتعرض له نصف النظام الجذري مما سيحد من نمو الجذور في الجزء الجاف لينعكس ذلك على الجزء الخضري للنبات تتفق هذه النتائج مع (17) اذ اعطى التجفيف المتناوب حاصل مادة جافة اعلى للذرة مقارنة مع التجفيف الثابت. إثر التسميد الفوسفاتي في الوزن الجاف للجزء الخضري للنبات اذ اعطى مستوى التسميد 120 كغم p هـ-1 اعلى متوسط للوزن الجاف للجزء الخضري متفوقا على المستويين 40 و80 كغم p هـ-1 بنسبة 21.19 و12.63% على الترتيب. تعزى الزيادة الحاصلة في المادة الجافة بزيادة مستوى التسميد الى كون الترب الجبسية فقيرة بالمغذيات وتستجيب لإضافة الاسمدة وخاصة الاسمدة الفوسفاتية وتتفق هذه النتائج مع (31). يختلف تأثير الاجهاد المائي الذي يسببه التجفيف المتناوب والثابت خلال مراحل نمو النبات في حساسية كل مرحلة، اذ ان تطبيقه في مرحلة النمو الخضري التي تعد من أكثر المراحل حساسية لنقص الماء يؤدي الى انخفاض تراكم المادة الجافة نتيجة لنقص استطالة الخلايا وانخفاض ارتفاع النبات ومساحته الورقية في جميع مراحل النمو اللاحقة (البطان والنضج). تتفق هذه النتائج مع (4) بين التداخل بين اساليب الري والتسميد الفوسفاتي ان زيادة مستوى التسميد قد اختزل بعض التأثيرات الناتجة عن نقص الماء وأدى الى زيادة الوزن الجاف للجزء الخضري، فعند مقارنة الوزن الجاف لمعاملة التجفيف المتناوب عند مستوى التسميد 40 كغم p هـ-1 لمرحلة النمو الخضري مع معاملة التجفيف المتناوب عند المستوى120 كغم p هـ-1 لنفس المرحلة.

جدول 2 تأثير التجفيف المتناوب والثابت للمجموع الجذري ومستويات السماد الفوسفاتي في الوزن الجاف لجذور نباتات الذرة الصفراء (غم. اصيص$^{-1}$) خلال مراحل النمو الخضري والبطان والنضج.

أسلوب الري (I)	مستوى الفسفور (كغم p هكتار -¹)									معدل اسلوب الري (I)
	P1			P2			P3			
	مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			
	الخضري A* ↔ B**	البطان A ↔ B	النضج A ↔ B	الخضري A ↔ B	البطان A ↔ B	النضج A ↔ B	الخضري A ↔ B	البطان A ↔ B	النضج A ↔ B	A ↔ B
الري التقليدي (CI)	4.34 (2.14+2.20)	14.29 (7.13+7.16)	36.80 (18.66+18.14)	4.97 (2.36+2.61)	15.37 (7.22+8.15)	37.79 (19.05+18.74)	6.80 (3.48+3.32)	17.39 (8.65+8.74)	40.36 (19.86+20.50)	19.79
الري الجزئي المتناوب للمجموع الجذري (APRI)	3,46 (1.62+1.84)	9.93 (5.01+4.92)	31.25 (16.23+15.02)	3.87 (2.25+1.62)	11.82 (6.30+5.52)	33.75 (16.4+17.30)	3.95 (1.80+2.15)	13.74 (7.00+6.74)	34.11 (16.73+17.83)	16.20
الري الجزئي الثابت للمجموع الجذري (FPRI)	3.00 (0.58+2.42)	6.22 (0.00+6.22)	22.20 (0.00+22.20)	3.19 (1.22+1.97)	7.61 (0.00+6.61)	23.68 (0.00+23.68)	3.53 (1.22+2.31)	7.70 (0.00+7.70)	25.37 (0.00+25.37)	11.38
معدل مستوى الفسفور (P)		14.55			15.78			16.99		
معدل مراحل نمو النبات (G)		4.12			11.56			31.64		
$LSD_{0.05}$ (I)						1.09				
$LSD_{0.05}$ (P)						1.09				
$LSD_{0.05}$ (G)						1.09				
$LSD_{0.05}$ (IxPxG)						LSD0.05 (IXP) 3.72				

*** يمثل الجانب الايمن للمجموع الجذري**

**** B يمثل الجانب الايسر للمجموع الجذري**

Table 2 The effect of alternating and constant partial root-zone drying, and different levels of phosphate fertilizer, on the root dry weight of corn plant (g/plant) during the vegetative, tasseling, and maturity stages.

*Represents the right side of the root system.

**B represents the left side of the root system.

The findings revealed that traditional irrigation yielded the highest average dry weight of the root, significantly surpassing alternating and constant irrigation methods. Furthermore, the study highlighted the positive effect of phosphate fertilizer levels on root weight. Higher phosphate fertilizer levels led to increased root dry weights, with the 120 kg/ha P treatment exhibiting the greatest enhancement. The interaction between irrigation methods and phosphate fertilization showed that both alternating and constant root-zone drying had a negative impact on root weight during the vegetative stage, particularly when coupled with the lower phosphate fertilizer level. This reduction was even more pronounced during the tasseling and maturation stages. On the other hand, increasing phosphate fertilizer levels had a positive effect on root weight, both under alternating and constant irrigation, particularly during the later growth stages.

نجد ان الوزن الجاف ازداد من 6.72 غم الى 9.07 غم اي بنسبة زيادة بلغت 34.97% وفي مرحلة البطان ازدادت نسبة الوزن الجاف للجزء الخضري لمعاملة التسميد 120 كغم p هـ$^{-1}$ بنسبة 50.33% عن معاملة التسميد بالمستوى 40 كغم p هـ$^{-1}$ وبنسبة 2.69% لمرحلة النضج. كما ازدادت اوزان الجزء الخضري في معاملات التجفيف الثابت المسمدة بالمستوى 120 كغم p هـ$^{-1}$ بنسبة 17.65 و13.79 و63.14% على الترتيب مقارنة بالمعاملة المسمدة 40 كغم p هـ$^{-1}$. بينت نتائج التداخل بين اسلوب الري ومستويات التسميد ومرحلة النمو ان التجفيف المتناوب والثابت خفض الوزن الخضري الجاف عند مستوى التسميد 40 كغم p هـ-¹ بنسبة 30.29 و45.33 % على الترتيب مقارنة بمعاملة الري التقليدي بينما خفض التجفيف المتناوب والثابت الوزن الخضري بنسبة 31.82 و46.30% على الترتيب لمرحلة البطان و2.38 و45.31% لمرحلة النضج. بينت نتائج التداخل بين اسلوب الري ومستويات التسميد ومرحلة النمو ان التجفيف المتناوب والثابت خفض الوزن الخضري الجاف عند مستوى التسميد 40 كغم p هـ-¹

بنسبة 30.29 و45.33% على الترتيب مقارنة بمعاملة الري التقليدي بينما خفض التجفيف المتناوب والثابت الوزن الخضري بنسبة 31.82 و46.30% على الترتيب لمرحلة البطان و2.38 و45.31% لمرحلة النضج. خفض التجفيف المتناوب والثابت عند المستوى 80 كغم p هـ-¹ لمرحلة النمو الخضري من الوزن الجاف للجزء الخضري بنسبة 40.15 و45.94% على الترتيب و42.20 و51.48% في مرحلة البطان و6.11 و24.40% على الترتيب لمرحلة النضج بالمقارنة مع معاملة الري التقليدي. بينما خفض التجفيف المتناوب والثابت الوزن الخضري الجاف عند مستوى التسميد 120 كغم .p.هـ-¹ ولمرحلة النمو الخضري بنسبة 23.46 و47.68% على الترتيب ولمرحلة البطان بنسبة 18.98 و68 .51% على الترتيب مقارنة مع معاملة الري التقليدي. و8.79 و18.82% على الترتيب لمرحلة النضج.

تأثير التجفيف المتناوب والثابت للمنطقة الجذرية ومستويات التسميد الفوسفاتي في نسبة وزن الجذور الى الجزء الخضري: بين جدول 4 ان التجفيف المتناوب والثابت خفض من نسبة وزن الجذور الى الجزء الخضري بالمقارنة مع معاملات الري التقليدي التي حصل فيها النبات على كامل الاحتياج المائي لبناء انسجته وخلاياه وبلغت نسبة الانخفاض 10.14 و17.15% على الترتيب نتيجة الاجهاد المائي الذي تعرض له النبات مما إثر سلبا في نمو الجذور والجزء الخضري (23). ازدادت نسبة وزن الجذور الى المجموع الخضري مع زيادة مستويات التسميد تحت اسلوب التجفيف المتناوب والثابت. نتيجة لتحسين نمو النبات مع زيادة السماد المضاف جدول 2 و3. زادت نسبة وزن الجذور الى وزن الجزء الخضري بنسبة 10.91 و6.19% للمعاملة المسمدة 120 كغم p هـ-¹ مقارنة بالمعاملة المسمدة بالمستوى 40 و80 كغم p هـ-¹. تغايرت نسبة وزن الجذور الى وزن الجزء الخضري خلال مراحل نمو النبات وكانت اعلى نسبة في مرحلة النمو الخضري بلغت 51.79%.

جدول 3 تأثير التجفيف الجزئي المتناوب والثابت للمجموع الجذري ومستويات السماد الفوسفاتي في الوزن الجاف للجزء الخضري لنباتات الذرة الصفراء خلال مراحل النمو الخضري والبطان والنضج.

أسلوب الري (I)	مستوى الفسفور (كغم p هكتار -¹)									معدل اسلوب الري (I)
	P1			P2			P3			
	مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			
	الخضري	البطان	النضج	الخضري	البطان	النضج	الخضري	البطان	النضج	
الري التقليدي (CI)	9.64	29.57	120.5	10.71	34.79	120.90	11.85	37.40	132.43	56.37
الري الجزئي المتناوب للمجموع الجذري (APRI)	6.72	20.16	117.63	6.41	20.11	113.51	9.07	30.30	120.79	49.41
الري الجزئي الثابت للمجموع الجذري (FPRI)	5.27	15.88	65.90	5.79	16.88	91.40	6.20	18.07	107.51	36.99
معدل مستوى الفسفور (P)		43.42			46.72			52.62		
معدل مراحل نمو النبات (G)		7.96			24.79			110.05		
$LSD_{0.05}$ (I)					2.55					
$LSD_{0.05}$ (P)					2.55					
$LSD_{0.05}$ (G)					2.55					
$LSD_{0.05}$ (IxPxG)					7.672					

Table 3 The effect of alternating and constant partial root-zone drying, and different levels of phosphate fertilizer, on the dry matter of the corn plants during vegetative, tasseling, and maturity stages. The results of table 3 shows that that both alternating and constant irrigation methodologies led to a reduction in the dry weight of the aerial part by 12.35% and 34.38%, respectively, in contrast to conventional irrigation. In terms of phosphate fertilization, the findings illuminated that the 120 kg/ha^{-1} P treatment yielded the highest average dry weight of the aerial portion, outperforming the 40 and 80 kg/ha^{-1} P treatments by 21.19% and 12.63%, respectively. This surge in dry weight finds its roots in the inherently nutrient-depleted nature of gypsum soil, which responds favorably to the introduction of fertilizers, particularly those rich in phosphates, thereby corroborating earlier studies.

تبين نتائج التداخل ان نسبة وزن الجذر الى الجزء الخضري انخفضت في مرحلة النمو الخضري عند مستوى تسميد 40 كغم p هـ$^{-1}$ بنسبة 2.29 و9.71% للتجفيف المتناوب والثابت مقارنة مع معاملة الري التقليدي و0.18 و15.43% ولمرحلة البطان و10.88 و28.74% ولمرحلة النضج على الترتيب. انخفضت نسبة وزن الجذور الى الجزء الخضري بنسبة 12.61 و17.27% لمعاملة التجفيف المتناوب والثابت مقارنة مع معاملة الري التقليدي في مرحلة النمو الخضري عند مستوى السماد 80 كغم pهـ$^{-1}$ وبنسبة 7.05 و22.90% لمرحلة البطان و12.17 و20.41% لمرحلة النضج على الترتيب. انخفضت نسبة الجذور الى الجزء الخضري في معاملات التجفيف المتناوب والثابت مقارنة مع معاملة الري التقليدي لمرحلة النمو الخضري وعند مستوى التسميد 120 كغم p هـ$^{-1}$ بنسبة 15.95 و14.02% وفي مرحلة البطان بنسبة 7.18 و10.31% وفي مرحلة النضج بنسبة 18.78 و21.31% على الترتيب.

تأثير التجفيف المتناوب والثابت للمنطقة الجذرية في حاصل الحبوب (غم اصيص$^{-1}$) لنباتات الذرة الصفراء: يبين جدول 5 تأثير طريقة التجفيف الجزئي المتناوب والثابت للمجموع الجذري ومستويات السماد الفوسفاتي في حاصل الحبوب (غم اصيص$^{-1}$) لنباتات الذرة الصفراء. اظهرت النتائج تفوق معاملة الري التقليدي على معاملات التجفيف الجزئي المتناوب والثابت اذ اعطى اعلى متوسط لحاصل حبوب الذرة الصفراء بلغ 49.56 غم اصيص$^{-1}$. بينما خفض التجفيف المتناوب والثابت من حاصل الحبوب بنسبة 9.82 و45.46% على الترتيب. ويعزى سبب انخفاض الحاصل الى قلة التمثيل الكاربوني الناتج عن غلق الثغور بسبب اختزال كمية الماء والذي سبب قلة عدد الحبوب المتكونة واجهاض الحبوب الملقحة وانخفاض حجم النورة الذكرية. تتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه (5، 22 و36) اذ لاحظوا ان تعرض نباتات الذرة الصفراء الى اجهاد مائي يؤدي الى قلة عدد الحبوب المتكونة وبالتالي خفض الحاصل خاصة في مرحلة الاخصاب التي تكون اهم المراحل تأثراً بالإجهاد المائي الناشئ عن التجفيف الجزئي المتناوب والثابت للمجموع الذري. ادت مستويات التسميد الفوسفاتي الى زيادة حاصل الذرة الصفراء واعطت المعاملة المسمدة بالمستوى 120 كغم p هـ$^{-1}$ اعلى متوسط للحاصل بلغ 48.41 غم اصيص$^{-1}$ متفوقا بذلك على المستوى 80 و40.كغم p هـ$^{-1}$ بنسبة 15.85 و40.17% على الترتيب. يعود السبب الى زيادة جاهزية الفسفور بزيادة السماد المضاف التي شجعت على زيادة ونمو الجذور وزيادة امتصاص الماء والمغذيات بالإضافة الى دو الفسفور في الفعاليات الايضية وتصنيع البروتين الذي انعكس ايجابياً في زيادة الحاصل (34).

بينت نتائج التداخل ان معاملة الري التقليدي عند مستوى الفسفور 120 كغم p هـ-1 اعطت اعلى متوسط لحبوب الذرة الصفراء بلغ 57.71 غم اصيص-1 بينما اعطت معاملة التجفيف الثابت عند المستوى 40 كغم p هـ-1 اقل متوسط لحبوب الذرة بلغ 22.58 غم اصيص-1. وأدى زيادة مستوى السماد الى زيادة حاصل الحبوب تحت اسلوب التجفيف المتناوب والثابت وتفوقت المعاملة المسمدة للمستوى 120 كغم p هـ-1 بنسبة 35.45 و44.11% مقارنة بالمعاملة المسمدة 40 كغم p هـ-1على الترتيب.

جدول 4 تأثير التجفيف المتناوب والثابت للمنطقة الجذرية ومستويات التسميد الفوسفاتي في نسبة وزن الجذور الى الجزء الخضري لنباتات الذرة الصفراء.

أسلوب الري (I)	مستوى الفسفور (كغم p هكتار -1)									معدل أسلوب الري (I)
	P1			P2			P3			
	مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			
	الخضري	البطان	النضج	الخضري	البطان	النضج	الخضري	البطان	النضج	
الري التقليدي (CI)	51.39	45.10	30.89	58.38	47.51	32.29	59.50	47.51	35.25	45.42
التجفيف الجزئي المتناوب للمجموع الجذري (APRI)	50.01	45.02	27.53	51.02	44.16	28.36	50.01	44.10	28.63	40.69
التجفيف الجزئي الثابت للمجموع الجذري (FPRI)	46.40	38.14	22.01	48.30	36.63	25.70	51.16	42.61	27.74	37.63
معدل مستوى الفسفور (P)		39.61			41.37			43.93		
معدل مراحل نمو النبات (G)		51.79			43.42			28.71		
$LSD_{0.05}$ (I)					2.40					
$LSD_{0.05}$ (P)					2.40					
$LSD_{0.05}$ (G)					2.40					
$LSD_{0.05}$ (IxPxG)					5.28					

Table 4 The effect of alternating and constant partial root-zone drying, and different levels of phosphate fertilizer, on root shoot ratio of the corn plants. Table 4 demonstrates the impact of alternating and constant partial root zone drying, as well as varying levels of phosphate fertilizer, on the root-to-shoot weight ratio in corn plants. It is evident that both alternating and constant drying treatments resulted in a reduction in the root-to-shoot weight ratio compared to the traditional irrigation treatments, where the plants received sufficient water to support tissue and cell development. This reduction in the ratio amounted to 10.14% and 17.15% respectively. The root-to-shoot weight ratio increased with higher levels of phosphate fertilizer under the alternating and constant root-zone drying methods. The root-to-shoot weight ratio varied throughout the different growth stages of the plants, with the highest ratio observed during the vegetative growth stage, reaching 51.79%. The interaction results indicated that the root-to-shoot weight ratio decreased during the vegetative growth stage for the 40 kg/ha P fertilized treatment by 2.29% and 9.71% for alternating and constant drying, respectively, compared to the traditional irrigation treatment. For the tasseling stage, the ratio decreased by 0.18% and 15.43%, and for the maturity stage, the decrease was 10.88% and 28.74%, respectively.

جدول 5 تأثير التجفيف الجزئي المتناوب والثابت للمجموع الجذري في حاصل الحبوب (غم اصيص$^{-1}$) لنباتات الذرة الصفراء .

الفسفور الري	P1	P2	P3	معدل الري
CI	40.53	51.44	57.71	49.56
APRI	37.63	45.48	50.97	44.69
FPRI	22.58	25.97	32.54	27.03
معدل الفسفور	33.58	40.63	47.07	
LSD0.05 (P)= 2.58	LSD0.05 (P x I)= 4.53			LSD0.05 (I)= 2.58

Table 5 The effect of alternating and constant partial root-zone drying, and different levels of phosphate fertilizer, on grain yield (g plant-1) of corn plants. The results reveal that the traditional irrigation treatment outperformed the alternating and constant partial drying treatments, yielding the highest average grain yield of 49.56 g/plant. In contrast, alternating and constant drying reduced the grain yield by 9.82% and 45.46%, respectively. Phosphate fertilizer levels positively impacted the grain yield of corn. The treatment with 120 kg/ha^{-1} P fertilization exhibited the highest grain yield average of 48.41 g/plant, surpassing the 80 and 40 kg/ha^{-1} P fertilized treatments by 15.85% and 40.17%, respectively. The interaction results indicated that the traditional irrigation treatment at the 120 kg/ha P fertilized level yielded the highest average grain yield of 57.71 g/plant, while the constant drying treatment at the 40 kg/ha^{-1} P fertilized level yielded the lowest average grain yield of 22.58 g/plant. Furthermore, increasing the level of phosphate fertilizer resulted in higher grain yield under both alternating and constant root-zone drying methods. The treatment with 120 kg/ha P fertilization exhibited a significant increase of 35.45% and 44.11% compared to the 40 kg/ha^{-1} P fertilized treatment for alternating and constant drying, respectively.

تأثير التجفيف الجزئي المتناوب والثابت ومستويات السماد الفوسفاتي في نسبة امتصاص الفسفور في الجزء الخضري لنباتات الذرة الصفراء يبين الجدول 6 تأثير اساليب الري ومستويات التسميد الفوسفاتي خلال مراحل نمو نباتات الذرة الصفراء في نسبة امتصاص الفسفور في الجزء الخضري. يلاحظ ان الري التقليدي تفوق معنويا على التجفيف المتناوب والثابت في نسبة امتصاص الفسفور في النبات بنسبة 23.07 و45.45% على الترتيب اذ ازداد الفسفور الممتص مع زيادة المحتوى الرطوبي للتربة الذي ساهم في ذوبان مركبات الفسفور غير الذائبة وزيادة جاهزيتها وتتفق هذه النتائج مع النتائج التي توصل اليها (12 و26). يقلل التجفيف المتناوب والثابت من محتوى رطوبة التربة وبذلك فأنه يؤدي الى عرقلة امتصاص العناصر الغذائية عن طريق عملية الانتشار ومن ضمنها عنصر الفسفور. فالإجهاد المائي تحت ظروف التجفيف المتناوب والثابت يقلل من انتقال الفسفور الى السيقان والاوراق في النبات، ومن جهة اخرى ان نمو الجذور الجيد عند توفر نسبة رطوبة مناسبة سيزيد من امتصاص عنصر الفسفور، لذلك فأن عوامل البيئة التي تعمل على تحسين نمو الجذور تكون مصاحبة لزيادة امتصاص هذا العنصر (10، 32، 37 و39). يلاحظ استجابة نباتات الذرة للتسميد الفوسفاتي اذ زادت نسبة الفسفور الممتصة في الجزء الخضري للنبات مع زيادة مستويات التسميد نظراً لزيادة جاهزيته للمستويات 40 و80 و120 كغم p هـ$^{-1}$. كما اثرت مراحل نمو النبات في نسبة الفسفور الممتصة اذ ازداد تركيز الفسفور في الجزء الخضري خلال مرحلتي النمو الخضري والبطان ثم بدا بالانخفاض قليلاً بسبب عامل التخفيف لان سرعة تجمع المادة النباتية الناتجة عن النمو تزيد عن سرعة امتصاص العنصر. ادى التداخل بين اساليب الري ومستويات الفسفور الى زيادة كمية الفسفور الممتصة بزيادة كمية الماء المضافة ومستويات

السماد، ويلاحظ ان نسبة الفسفور الممتصة في الجزء الخضري للنبات ازدادت تحت اسلوبي التجفيف المتناوب والثابت عند زيادة مستوى التسميد من 40 الى 120 كغم p هـ-¹. وعموما خفض التجفيف المتناوب والثابت من نسبة امتصاص الفسفور مقارنة مع الري التقليدي وبجميع مراحل نمو النبات. اذ بين (23) ان الري التقليدي تفوق على الري المتناوب والثابت في نسبة امتصاص النبات للفسفور بعد 27 و30 و52 يوم من الزراعة

جدول 6 تأثير التجفيف المتناوب والثابت للمجموع الجذري ومستويات السماد الفوسفاتي في نسبة امتصاص الفسفور في الجزء الخضري.

أسلوب الري (I)	مستوى الفسفور (كغم p هكتار -¹)									معدل اسلوب الري (I)
	P1			P2			P3			
	مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			
	الخضري	البطان	النضج	الخضري	البطان	النضج	الخضري	البطان	النضج	
الري التقليدي (CI)	0.25	0.35	0.31	0.27	0.36	0.33	0.30	0.39	0.34	0.32
التجفيف الجزئي المتناوب للمجموع الجذري (APRD)	0.23	0.28	0.26	0.21	0.30	0.23	0.25	0.34	0.26	0.26
التجفيف الجزئي الثابت للمجموع الجذري (FPRD)	0.18	0.25	0.19	0.20	0.27	0.21	0.20	0.28	0.22	0.22
معدل مستوى الفسفور (P)	0.25			0.26			0.28			
معدل مراحل نمو النبات (G)	0.23			0.31			0.26			
$LSD_{0.05}$ (I)	0.0177									
$LSD_{0.05}$ (P)	0.0177									
$LSD_{0.05}$ (G)	0.0177									
$LSD_{0.05}$ (IxPxG)	0.0531									

Table 6 The effect of alternating and constant drying of the root system and the levels of phosphate fertilizer on the percentage of phosphorus absorption in the vegetative part.

تأثير التجفيف الجزئي المتناوب والثابت للمجموع الجذري ومستويات التسميد الفوسفاتي في كفاءة استعمال الماء على اساس حاصل البذور الجافة: يوضح جدول 7 تفوق معاملة الجفيف المتناوب للمجموع الجذري على معاملة الري التقليدي في كفاءة استعمال الماء لحاصل البذور الجافة بنسبة 10.59% اذ اعطت متوسطا بلغ 0.94 كغم م³ كما تفوقت على معاملة التجفيف الثابت بنسبة 40.30%. يمكن ان يعزى تفوق معاملة الري المتناوب الى انخفاض قيم الاستهلاك المائي المحسوبة في هذه الطريقة مقارنة ببقية طرائق الري (13). كما ان هذا الاسلوب من الري قلل من الضائعات المائية المتمثلة بالتبخر من سطح التربة والفقد بالتسرب العميق (19) الامر الذي يؤدي الى زيادة الانتاجية وبالتالي يرفع من كفاءة استعمال الماء (35 و38). اظهرت النتائج ان زيادة مستوى التسميد الفوسفاتي ادت الى رفع كفاءة استعمال الماء واعطى المستوى 120 كغم p هـ-¹ اعلى متوسط لكفاءة الماء بلغ 0.89 كغم. م³ متفوقا على المستويين 40 و80 كغم p هـ-¹ بنسبة 17.10 و11.25% على الترتيب، ويعود السبب في ذلك الى كون الفسفور قد اختزل بعض التأثيرات السلبية لنقص الماء في نمو وحاصل النبات وسبب زيادة في كفاءة استعمال الماء. وتتفق هذه النتائج مع (1) الذي بين ان للفسفور دور مهم في كفاءة استعمال الماء ومقاومة النبات لظروف الاجهاد المائي. بينت نتائج التداخل بين اساليب الري والتسميد الفوسفاتي ان اعلى كفاءة استعمال الماء كانت في معاملة الري المتناوب عند المستوى 120 كغم p هـ-¹بلغت 0.98 كغم. م³ واعطت معاملة التجفيف الثابت عند المستوى 40 كغم

p هـ-¹ اقل قيمة لاستعمال الماء بلغت 0.60 كغم. م³. وبنسبة انخفاض 38.78%. ادت زيادة مستويات التسميد الى زيادة كفاءة استعمال الماء لكافة اساليب الري وازدادت كفاءة استعمال الماء بنسبة 8.89 و25% للمعاملة المسمدة 120 كغم p هـ-¹ لمعاملات التجفيف المتناوب والثابت على الترتيب مقارنة بالمعاملة المسمدة 40 كغم p هـ-¹.

جدول 7 تأثير التجفيف الجزئي المتناوب والثابت للمجموع الجذري ومستويات التسميد الفوسفاتي في كفاءة استعمال الماء على اساس حاصل البذور الجافة.

معدل الري	كفاءة استعمال الماء على أساس حاصل البذور الجافة (كغم م$^{-3}$)			اسلوب الري
	P3	P2	P1	
0.85	0.96	0.89	0.72	**CI**
0.94	0.98	0.93	0.90	**APRI**
0.67	0.75	0.64	0.60	**FPRI**
LSD0.05 (I)=0.0081	LSD0.05 (P x I)= 0.014			**LSD0.05 (P)= 0.0081**

Table 7 illustrates the superiority of the alternating partial root zone drying treatment over the traditional irrigation treatment in terms of water use efficiency for dry seed yield, with an increase of 10.59%. The alternating treatment yielded an average of 0.94 kg/m³, surpassing the constant drying treatment by 40.30%. The results also showed that increasing the level of phosphate fertilizer led to an improvement in water use efficiency. The 120 kg/ha^{-1} P treatment yielded the highest average water use efficiency at 0.89 kg/m³, surpassing the 40 and 80 kg/ha^{-1} P treatments by 17.10% and 11.25%, respectively. The interaction between irrigation methods and phosphate fertilizer levels revealed that the highest water use efficiency was observed in the alternating irrigation treatment at the 120 kg/ha^{-1} P level, reaching 0.98 kg/m³. The constant drying treatment at the 40 kg/ha^{-1} P level resulted in the lowest water use efficiency value of 0.60 kg/m³, indicating a decrease of 38.78%. Increasing fertilizer levels led to an increase in water use efficiency for all irrigation methods, with an increase of 8.89% and 25% for the 120 kg/ha^{-1} P fertilized treatment in the alternating and constant root-zone drying treatments, respectively, compared to the 40 kg/ha^{-1} P fertilized treatment.

كفاءة استعمال الماء على اساس المجموعين الخضري والجذري (كغم م³) لنباتات الذرة الصفراء: يبين جدول 8 كفاءة استعمال الماء على اساس المجموعين الخضري والجذري للنبات. تفوق معاملة التجفيف المتناوب والثابت للمجموع الجذري على معاملات الري التقليدي بنسبة 27.59 و15.86% على الترتيب، ويمكن ان يعزى السبب في تفوق معاملة التجفيف المتناوب والثابت الى انخفاض كمية الماء المضافة وتقليل التبخر والنتح الناتجة عن هذا الاسلوب من الري مما ادى الى رفع كفاءة استعمال الماء. (22) ادت اضافة السماد الفوسفاتي الى رفع كفاءة استعمال الماء بزيادة مستويات التسميد اذ ازدادت كفاءة استعمال الماء بنسبة 23.64 و13.51% للمستويين 40 و80 كغم p هـ-¹ بالمقارنة مع المستوى 120 كغم p هـ$^{-1}$ تأتي هذه النتائج متوافقة مع (8 و15) اذ اشاروا الى ان التسميد يزيد من كفاءة استعمال الماء والكتلة الحيوية للنبات. كما بين (29) ان اضافة الاسمدة تختزل التأثير السلبي لنقص الماء وتعمل على رفع كفاءة استعمال الماء. يلاحظ من النتائج اختلاف كفاءة استعمال الماء خلال مراحل نمو النبات اذ اعطت مرحلة البطان اقل قيمة بلغت 0.90 كغم م³ نتيجة لزيادة كمية الماء المستهلكة في هذه الفترة مع تقدم موسم النمو وارتفاع درجات الحرارة. يلاحظ من التداخل بين اساليب الري ومستويات السماد ان التجفيف المتناوب ادى الى رفع كفاءة استعمال الماء بنسبة 17.69 و63.16 و35.25% على الترتيب للمعاملة المسمدة 120 كغم p هـ-¹

لمرحلة النمو الخضري والبطان والنضج مقارنة مع المعاملة المسمدة بالمستوى 40كغم p هـ-1 كما ادى التجفيف الثابت الى رفع كفاءة استعمال الماء للمراحل الثلاث للمعاملة المسمدة 120كغم p هـ-1 بنسبة 35.58 و4.94 و11.27% على الترتيب مقارنة مع مستوى التسميد 40 كغم p هـ-1.

كفاءة استعمال الماء للوحدة السمادية (كغم م3): يبين جدول 9 ان التجفيف الجزئي المتناوب للمجموع الجذري تفوق على الري التقليدي والثابت في كفاءة استعمال الماء لوحدة سماد الفسفور وخفض من كمية الماء المستخدم خلال موسم النمو وكانت نسبة الزيادة عن معاملة الري التقليدي 17.14% مقارنة بمعاملة الري التقليدي وتتفق النتائج مع (11) الذي بين ان التجفيف المتناوب للمجموع الجذري ينتج عائداً موازيا للري التقليدي ويزيد من كفاءة استعمال الماء بنسبة 26.27% مقارنة بطرق التنقيط الاعتيادية. كما تفوق التجفيف المتناوب على التجفيف الجزئي الثابت بنسبة 46.43% ويمكن ان يعزى سبب انخفاض كفاءة استعمال الماء لمعاملة التجفيف الثابت الى انه بالرغم من انخفاض كمية الماء المستهلكة الا ان الانخفاض الكبير في الحاصل ادى الى تراجع كفاءة استعمال الماء (جدول 9). يلاحظ من التداخل بين اساليب الري ومستويات الفسفور ان معاملة الري المتناوب تفوقت في استعمال الماء للوحدة السمادية عند مستوى التسميد 40 كغم p هـ-1 بنسبة 25.00 و54.76% بالمقارنة مع معاملة الري التقليدي والثابت على الترتيب. وعند المستوى السمادي 80 كغم p هـ-1 تفوقت معاملة التجفيف المتناوب على معاملة الري التقليدي والثابت بنسبة 6.25 و47.83% على الترتيب. وتفوقت معاملة التجفيف المتناوب بنسبة 4.35 و26.32% على الترتيب عند المستوى 120 كغم p هـ-1 بالمقارنة مع الري التقليدي والثابت.

جدول 8 كفاءة استعمال الماء على اساس المجموعين الخضري والجذري للذرة الصفراء.

أسلوب الري (I)	مستوى الفسفور (P)									معدل اسلوب الري (I)
	P1			P2			P3			
	مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			مراحل نمو النبات (G)			
	الخضري	ظهور النوره الذكرية	النضج	الخضري	ظهور النوره الذكرية	النضج	الخضري	ظهور النوره الذكرية	النضج	
الري التقليدي (CI)	1.20	0.73	2.02	1.25	0.81	2.32	1.28	0.94	2.56	1.45
الري الجزئي المتناوب للمجموع الجذري (APRI)	1.30	0.76	2.61	1.43	1.18	3.06	1.53	1.24	3.53	1.85
الري الجزئي الثابت للمجموع الجذري (FPRI)	1.04	0.81	2.84	1.36	0.81	2.87	1.41	0.85	3.16	1.68
معدل مستوى الفسفور (P)		1.48			1.68			1.83		
معدل مراحل نمو النبات (G)		1.31			0.90			2.78		
$LSD_{0.05}$ (I)					0.076					
$LSD_{0.05}$ (P)					0.076					
$LSD_{0.05}$ (G)					0.076					
$LSD_{0.05}$ (IxPxG)					0.202					

Table 8 Water Use Efficiency Based on Total Shoot and Root Biomass in Corn Plants. results: The alternating and constant partial root-zone drying treatments outperformed the traditional irrigation treatments by 27.59% and 15.86% respectively. The addition of phosphate fertilizer increased water use efficiency with higher fertilizer levels. The 120 kg/ha P level exhibited the highest water use efficiency, measuring 0.89 kg/m³. This surpassed the 40 and 80 kg/ha P levels by 23.64% and 13.51% respectively. Water use efficiency varied across plant growth stages. The tasseling stage showed the lowest water use efficiency value of 0.90 kg/m³ due to increased water consumption during this period, as the growing season advanced and increases the temperatures.

The interaction between irrigation methods and fertilizer levels revealed that alternating partial root zone drying led to an increase in water use efficiency by 17.69%, 63.16%, and 35.25% for the 120 kg/ha P fertilized treatment in the vegetative, tasseling, and maturity stages respectively, compared to the 40 kg/ha P fertilized treatment. The constant drying treatment improved water use efficiency across all three stages for the 120 kg/ha P fertilized treatment by 35.58%, 4.94%, and 11.27%, respectively, when compared to the 40 kg/ha P fertilized treatment.

جدول 9 كفاءة استعمال الماء للوحدة السمادية (كغم م$^{-3}$).

معدل الري	مستويات الفسفور			اسلوب الري
	P3	P2	P1	
0.35	0.23	0.32	0.52	**CI**
0.41	0.24	0.34	0.65	**APRI**
0.28	0.19	0.23	0.42	**FPRI**
	0.22	0.29	0.53	**معدل الفسفور**
LSD0.05 (I)=0.000010	LSD0.05 (P x I)= 0.018			**LSD0.05 (P)= 0.010**

Table 9 Water Use Efficiency per Fertilizer Unit (kg/m³). Demonstrates that alternating partial root-zone drying surpassed traditional and constant irrigation methods in water use efficiency per unit of phosphate fertilizer, with an increase of 17.14% compared to traditional irrigation. Furthermore, alternating drying outperformed constant partial drying by 46.43%. The decrease in water use efficiency for the constant drying treatment can be attributed to the substantial reduction in yield despite the decrease in water input. The interaction between irrigation methods and phosphate fertilizer levels indicated that the alternating irrigation method excelled in water use efficiency per unit of phosphate fertilizer at the 40 kg/ha P level, surpassing traditional and constant irrigation by 25.00% and 54.76% respectively. At the 80 kg/ha P level, the alternating drying treatment outperformed traditional and constant irrigation by 6.25% and 47.83% respectively. Similarly, at the 120 kg/ha P level, the alternating drying treatment exceeded traditional and constant irrigation by 4.35% and 26.32% respectively.

المصادر

1. Adrian, J. (2001). Phosphor Fertilization – sources and efficiency. potash and phosphate institule of Canada, 1-4.
2. Alfalahi, A. A., Al-Abodi, H. M. K., Jabbar, B. K. A., Muhadi, A. M., and Sulman, K. A. (2015). Scheduling irrigation as a water saving practice for corn (Zea mays L.) production in Iraq. International Journal of Applied Agricultural Sciences, 1(3): 55-59.
3. Al-Zubaidy, A. H., Al-Barazanji, A. F., and Salih, A. (1981). Evaluation of different methods for determining gypsum content in Iraqi gypsifereous soils. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 16: 133-142.
4. Azarpanah, A., Alizadeh, O., Dehghanzadeh, H., and Zare, M. (2013). The effect of irrigation levels in various growth stages on morphological characteristics and yield components of Zea mays L. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 3(14): 1447-1459.

5. Billy, E. W. (2005). How a sorghum plant develops. http;// sanagelo. Tamu. Edu. /agronomy/ sorghum. Htm.
6. Black, C. A. (1965). Methods of soils analysis. American Society of Agronomy Inc. U. S. A.
7. Bremner, J. M., and Mulvaney, C. S. (1982). Total nitrogen in: Page, AL, RH Miller, and DR Keeney (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Madison, WI USA, 595-624.
8. Castellanos, M. T., Tarquis, A. M., Ribas, F., Cabello, M. J., Arce, A., and Cartagena, M. C. (2013). Nitrogen fertigation: An integrated agronomic and environmental study. Agricultural Water Management, 120: 46-55.
9. Curtin, D., and Syers, J. K. (2001). Lime-induced changes in indices of soil phosphate availability. Soil Science Society of America Journal, 65(1): 147-152.
10. Dimkpa, C. O., Andrews, J., Sanabria, J., Bindraban, P. S., Singh, U., Elmer, W. H., ... and White, J. C. (2020). Interactive effects of drought, organic fertilizer, and zinc oxide nanoscale and bulk particles on wheat performance and grain nutrient accumulation. Science of the Total Environment, 722: 137808.
11. Du, T., Kang, S., Zhang, J., and Li, F. (2008). Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China. Irrigation Science, 26(2): 147-159.
12. Gahoonia, T. S., Raza, S., and Nielsen, N. E. (1994). Phosphorus depletion in the rhizosphere as influenced by soil moisture. Plant and Soil, 159(2): 213-218.
13. Gençoğlan, C., Altunbey, H., and Gençoğlan, S. (2006). Response of green bean (P. vulgaris L.) to subsurface drip irrigation and partial rootzone-drying irrigation. Agricultural water management, 84(3): 274-280.
14. Havlin, J. L., Beaton. J. D., Tisdal. S. L. and Nelson.W. L. (2005). Soil Fertility and Fertilizers.7th Edi. An introduction to nutrient management. Upper Saddle River, New Jersey.
15. Hebbar, S. S., Ramachandrappa, B. K., Nanjappa, H. V., and Prabhakar, M. J. E. J. O. A. (2004). Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). European Journal of Agronomy, 21(1); 117-127.
16. Hodge, A. (2004). The plastic plant: root responses to heterogeneous supplies of nutrients. New phytologist, 162(1): 9-24.
17. Hu, T., Kang, S., Li, F., and Zhang, J. (2011). Effects of partial root-zone irrigation on hydraulic conductivity in the soil–root system of corn plants. Journal of experimental botany, 62(12): 4163-4172.
18. Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis. Prentis-Hall Inc. Engl, Cliffs, 11: 188-196.
19. Jovanovic, Z., Stikic, R., Vucelic-Radovic, B., Paukovic, M., Brocic, Z., Matovic, G., ... and Mojevic, M. (2010). Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in field potatoes. European Journal of Agronomy, 33(2): 124-131.

20. Kirda, C. (2002). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Deficit Irrigation Practices, Water Reports, 22(102).
21. Li, F., Liang, J., Kang, S., and Zhang, J. (2007). Benefits of alternate partial root-zone irrigation on growth, water and nitrogen use efficiencies modified by fertilization and soil water status in corn . Plant and soil, 295(1): 279-291.
22. Liang, H., Li, F., and Nong, M. (2013). Effects of alternate partial root-zone irrigation on yield and water use of sticky corn with fertigation. Agricultural water management, 116: 242-247.
23. Liu, C., Rubæk, G. H., Liu, F., and Andersen, M. N. (2015). Effect of partial root zone drying and deficit irrigation on nitrogen and phosphorus uptake in potato. Agricultural Water Management, 159: 66-76.
24. Mao, X., Liu, M., Wang, X., Liu, C., Hou, Z., and Shi, J. (2003). Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. Agricultural water management, 61(3): 219-228.
25. Matt, K. J. (1970). Colorimetric determination of phosphorus in soil and plant materials with ascorbic acid. Soil Science, 109(4): 214-220.
26. McBeath, T. M., McLaughlin, M. J., Kirby, J. K., and Armstrong, R. D. (2012). Dry soil reduces fertilizer phosphorus and zinc diffusion but not bioavailability. Soil Science Society of America Journal, 76(4): 1301-1310.
27. Nejad, T. S., Bakhshand, A., Nasab, S. B. and Payande. K. (2010). Effect of drought stress on corn root growth. Report and opinion, 2(2): 47-53.
28. Olsen, S. R. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
29. Oweis, T., Zhang, H., and Pala, M. (2000). Water use efficiency of rainfed and irrigated bread wheat in a Mediterranean environment. Agronomy journal, 92(2): 231-238.
30. Page, A. L., Miller, R. H. and Keency, D. R. (1982). Chemical and microbiological properties. 2nd edition. American Society of Agronomy. Wisconsin, USA.
31. Reddy, U. V. B., Reddy, G. P., Reddy, M. S., and Kavitha, P. (2018). Effect of different nitrogen and phosphorus levels on growth and yield of corn during kharif season. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(1): 3548-3555.
32. Somaweera, K. A. T. N., Suriyagoda, L. D. B., Sirisena, D. N., and De Costa, W. A. J. M. (2016). Accumulation and partitioning of biomass, nitrogen, phosphorus and potassium among different tissues during the life cycle of rice grown under different water management regimes. Plant and Soil, 401(1): 169-183.
33. Strong, W. M., and Barry, G. (1980). The availability of soil and fertilizer phosphorus to wheat and rape at different water regimes. Soil Research, 18(3): 353-362.
34. War, S., and Shaktawat, M. S. (2003). Influence of phosphorus sources, levels and solubilizers on yield, quality and nutrient uptake of soybean (Glycine max)—wheat

(Triticum aestivum) cropping system in southern Rajasthan. Indian Journal of Agricultural Sciences, 73(1): 3-7.

35. Wahbi, S., Wakrim, R., Aganchich, B., Tahi, H., and Serraj, R. (2005). Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (Olea europaea) in field conditions under arid climate: I. Physiological and agronomic responses. Agriculture, Ecosystems and Environment, 106(2-3): 289-301.
36. Warrick, B. E., Sansone, C., and Johnson, J. (2000). Grain Sorghum Production in West Central Texas. Extension Agronomist, Extension Entomologist and Extension Economist, 2: 3-25.
37. White, P. J., Broadley, M. R., and Hammond, J. P. (2005). Optimising the potato root system for phosphorus acquisition. Comparative Biochemistry And Physiology A-Molecular & Integrative Physiology, 141(3): S222–S223.
38. Zegbe-Domınguez, J. A., Behboudian, M. H., Lang, A., and Clothier, B. E. (2003). Deficit irrigation and partial rootzone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride'processing tomato (Lycopersicon esculentum, Mill.). Scientia Horticulturae, 98(4): 505-510.
39. Zhang, J., Wang, Q., Pang, X. P., Xu, H. P., Wang, J., Zhang, W. N., and Guo, Z. G. (2021). Effect of partial root-zone drying irrigation (PRDI) on the biomass, water productivity and carbon, nitrogen and phosphorus allocations in different organs of alfalfa. Agricultural water management, 243: 106525.
40. Zhang, L., Gao, L., Zhang, L., Wang, S., Sui, X., and Zhang, Z. (2012). Alternate furrow irrigation and nitrogen level effects on migration of water and nitrate-nitrogen in soil and root growth of cucumber in solar-greenhouse. Scientia Horticulturae, 138: 43-49.