تأثير كمية مياه الري على التوزيع الرطوبي لمقد التربة وحاصل الذرة الصفراء

أميرة حنون عطية عدنان شبار فالح رائد هاشم محمد

هدى عبد الامير ناجي أنمار كاظم محمد

وزارة العلوم والتكنولوجيا \ دائرة البحوث الزراعية– مركز التربة والموارد المائية

بغداد– العراق

الخلاصة

نفذت تجربة حقلية في محطة ابحاث تقانات الري في مركز التربة والموارد المائية\ وزارة العلوم والتكنولوجيا في منطقة التويثة لدراسة تأثير كمية مياه الري على التوزيع الرطوبي لمقد التربة وحاصل (الموسم الخريفي 2018) لمحصول الذرة الصفراء صنف ربيع. استخدم تصميم القطاعات كاملة التعشية وبثلاث مكررات. اشتملت التجربة على ثلاث معاملات للري هي معاملة الري الكامل بدون اختزال للمياه المضافة (المقارنة) ومعاملة الري عند أختزال 30% من كمية المياه المضافة نسبة الى معاملة المقارنة ومعاملة الري عند اختزال 50% من كمية المياه المضافة نسبة الى معاملة المقارنة خلال مراحل نمو النبات. اظهرت النتائج ان اختزال 30% لمياه الري المضافة مقارنة مع الري الكامل اختزل كمية المياه المضافة وكانت نسبة الاختزال كالتالي 14.16% و20% و17.7% و15.84% ولمراحل النمو المختلفة أعلاه على التوالي. كما ادت نسبة اختزال 50% لمياه الري المضافة مقارنة مع معاملة المقارنة اختزال لكمية المياه المضافة كالآتي 26.45% و32.92% و30.77% و27.7% ولمراحل النمو اعلاه على التوالي. كما ادى الى انخفاض في حاصل الحبوب عند اختزال 30% و50% من المياه المضافة مقارنة مع معاملة الري الكامل وبنسبة 12.8% و46.7% على التوالي.

الكلمات المفتاحية: الري الناقص، مراحل النمو ومتحسس الرطوبة.

Effect of Irrigation Water Quantity on Soil Moisture Distribution and *Zea mayse* Yield

Ameerah Hanoon Atiyah Adnan Shbar Falih Raied Hashim Mohammad

Huda Abdul Ameer Naji Anmar Kadhum Mohammed

Ministry of Science and Technology/ Agricultural Research Directorate- Soil and Water Resources Center

Baghdad- Iraq

E_mail: alsadiameera@yahoo.com

Abstract

A field experiment was conducted at Soil and Water Resources Center Research Station, Ministry of Science and Technology for Autumn Season (2018) for the zea mays crop, Rabih cultivar. A completely randomized block design with three replications was used. The experiment included three irrigation treatments: the complete irrigation treatment without reduction of the added water (Control), the irrigation treatment when 30% reduction of the amount of water added to the control treatment and the irrigation treatment when 50% reduction of the amount of water added to the control treatment during the stages of plant growth. The results showed that 30% reduction of the added irrigation water compared to the complete irrigation reduced the amount of added water, and the reduction percentage was as follows: 14.16%, 20%, 17.7% and 15.84% for the different growth stages respectively. The percentage of 50% reduction of the added irrigation water compared with control treatment showed that reduction of the amount of added water as follows: 26.45%, 32.92%, 30.77% and 27.7% for the four growth stages, respectively. It is also led to a decrease in grain yield when reducing 30% and 50% of the added water, compared with the full irrigation treatment.

Keywords: Deficit Irrigation, Growth Stage and Decagon-EC5.

المقدمة

يعد تعاقب الري إحدى استراتيجيات ادارة المياه والتي تهدف الى عدم الاضافة الزائدة للمياه والذي ينعكس تأثيره على حاصل النبات (Hatfield وDold، 2019) (Huang واخرون، 2020). بين (Ximing واخرون، 2011) ان الاضافة الزائدة لكميات المياه عند الري يعد تبذيرا للمياه فضلا عما تسببه من خسائر كبيرة في الطاقة وغسل المغذيات من المنطقة الجذرية وتدهور بناء التربة. ان توفر المعلومات عن تعاقب او جدولة الري يمكن استخدامها في تطوير استراتيجيات الري لمختلف المحاصيل وباختلاف نسجة التربة والظروف المناخية والتي يمكن من خلالها التنبؤ عن ومتى وماهي كمية المياه الواجب اضافتها لأغراض الري (Wang وCai، 2009) (Comas واخرون، 2019).

ان استخدام المياه بشكل مفرط خلال موسم النمو يمكن ان يعمل على خفض أنتاجية المحصول بشكل معنوي نتيجة لتقليل الشد المائي على المحصول الا انه في الوقت ذاته يعمل على تقليل كفاءة الري مع غسل معظم المغذيات من المنطقة الجذرية للمحصول (Muna وShatha، 2015) (Ewaid واخرون، 2019). من جانب أخر ان استخدام المياه بشكل ناقص خلال موسم النمو يعمل على خفض انتاجية المحصول بشكل معنوي نتيجة لزيادة الشد المائي لمنطقة الجذور على الرغم من المحافظة على كفاءة الري (Muna وShatha، 2015) (Cai واخرون، 2020). ذكر (Eck، 1986) انخفاض انتاج الذرة الصفراء من 23 – 46 % عند جدولة الري لأربعة اسابيع بدلا من اسبوعين. ان اعطاء كميات كبيرة من المياه للنبات اكثر من حاجاته يؤدي الى انخفاض انتاج المحصول و كفاءة استخدام المياه بسبب فقدان الماء و خسارته بالصرف و الجريان السطحي (Zhang واخرون، 2019). اشار (الحديثي، 2002) ان جدولة الري غير الكامل استراتيجية مهمة في ادارة المياه، اذ أمكن توفير جزء من كميات مياه الري المضافة لمحصول الذرة الصفراء دون التأثير الكبير على نمو وحاصل البذور في موسم النمو الخريفي (Atee، 2009) و(Falih وSalih، 2012). تهدف الدراسة الى معرفة استجابة الذرة الصفراء لكميات مياه الري وعلاقة ذلك بالتوزيع الرطوبي للتربة وحاصل الذرة الصفراء.

المواد وطرائق العمل

اجريت هذه التجربة في محطة ابحاث تقانات الري في مركز التربة والموارد المائية \ وزارة العلوم والتكنولوجيا في منطقة التويثة التي تبعد 30 كم جنوب شرق بغداد عند خط طول 44.14 º شرقاً وخط عرض 33.14 º شمالاً وعلى ارتفاع 34 م فوق مستوى سطح البحر، زرعت بذور الذرة الصفراء صنف ربيع بتاريخ 2018/7/24 بوضع 3–4 بذرة في كل جورة ثم خفت الى نبات واحد بعد اسبوعين من الانبات. استخدمت تجربة عاملية وفق تصميم القطاعات كاملة التعشية RCBD وبثلاث مكررات مساحة الوحدة التجريبية (3x3) م في تربة (مزيجة طينية غرينية) ذات كثافة ظاهرية 1.37 غم.سم$^{-3}$. تضمنت التجربة ثلاث معاملات للري معاملة الري الكامل (المقارنة) (1_1) ومعاملة اختزال 30% (1_2) ومعاملة اختزال 50% (I_3) من كمية المياه المضافة الى معاملة المقارنة، ومن خلال مراقبة التوزيع الرطوبي في مقد التربة بواسطة جهاز متحسس الرطوبة Decagon EC5 والذي بواسطته يمكن الاستدلال على عمق الترطيب وعلى كمية مياه الري المضافة بدلالة الرطوبة الحجمية حيث غرست متحسسات جهاز Decagon EC5 على اعماق (10 و20 و30 و40 سم) والتي من خلالها حدد الاستنزاف الرطوبي للمعاملات المختلفة. تمت عملية الري على اساس الاستنزاف الرطوبي للعمق 0–20 سم من الزراعة T_1 لغاية مرحلة النمو الخضري T_2 ثم نزيد عمق ماء الري على أساس الاستنزاف الرطوبي للعمق 0–30 سم الى بداية مرحلة التزهير T_3

ثم نزيد عمق ماء الري على اساس الاستنزاف الرطوبي للعمق من 0–40 سم لنهاية النضج الفسيولوجي T_4 وقد حدد الماء الجاهز من خلال الفرق بين الرطوبة الحجمية عند الشدين 33–1500 كيلو باسكال. كما وحسب عمق الماء الواجب اضافته لتعويض الاستنزاف الرطوبي عند السعة الحقلية باستخدام المعادلة التالية (Allen واخرون، 1998) (Tigkas واخرون، 2020).

$$d = [\theta_{F.c} - \theta_{bi}]\, D$$

D= عمق الماء المضاف (ملم)

θF.c = الرطوبة الحجمية عند السعة الحقلية (سم^3.سم$^{-3}$)

θbi = الرطوبة الحجمية قبل الري (سم^3.سم$^{-3}$)

D = عمق التربة عند المجموع الجذري الفعال خلال مرحلة النمو.

حساب حجم الماء اللازم إضافته من المعادلة:

$$V = A \times d$$

اذ ان:

V= حجم الماء اللازم إضافته (م^3).

A= مساحة اللوح (م^2).

d= عمق الماء (م).

قدر التبخر نتح الفعلي (الاستهلاك المائي) للمحصول باستعمال معادلة الموازنة المائية الآتية:

$$Eta = (I + P + C) - (D + R \pm \Delta S)$$

إذ إن:

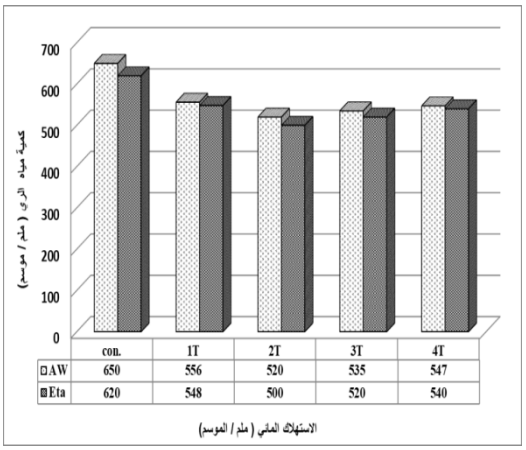
I = الري (مم). P = المطر (مم). C = الأرتفاع الشعري (مم). ETa = التبخر نتح (مم).

D = التخلل العميق (مم). R = السيح السطحي (مم).

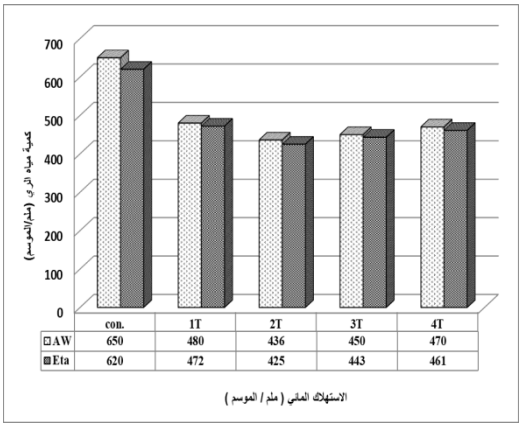
ΔS = التغير في خزين ماء التربة.

النتائج والمناقشة

يبين الشكلين (1 و2) مقدار الاستهلاك المائي (ETa) وكمية مياه الري المضافة (AW) لمعاملات الري الكامل والناقص لمحصول الذرة الصفراء. حيث اظهرت معاملة الري الكامل اعلى استهلاك مائي بلغ (650) ملم \ موسم و انخفض الى (520 – 556) مم\موسم عند معاملة الري الناقص (30%) وبنسبة اختلفت حسب مراحل نمو النبات و قد بلغت نسبة الانخفاض (11.61 و19.35 و16.13 و12.91%) في مراحل النشوء T1 والنمو الخضري T2 والتزهير T3 و تكوين الحاصل T4 على التوالي و كذلك لمعاملات الري الناقص 50% ما بين (436 – 480) حيث بلغت نسبة الانخفاض (11.93 و31.43 و28.55 و25.64%) ولنفس مراحل نمو النبات على التوالي يعود سبب هذا الى اختلاف كمية الماء المضاف في التربة اذ يزداد معدل استهلاك النبات للماء بزيادة المحتوى الرطوبي للتربة نتيجة كمية مياه الري المضاف (Willliam وIan، 1982) اتفقت هذه النتائج مع ما ذكره (Heiniger، 2001) (Raun، 2005) (Salih وFalih، 2012) (Gao واخرون، 2020). الذين وجدوا ان كمية مياه الري المضافة الى معاملة المقارنة كان اكبر مقارنة مع بقية معاملات الشد المائي لمحصول الذرة الصفراء. وقد اتضح ان معاملة الري الكامل لم تخضع لاختزال الري في حين خضعت معاملات الري الناقص الى اختزال في عمق الماء المضاف خلال مراحل النمو المختلفة وان اختزال كمية مياه الري بهذا المقدار سبب اختزالا في الاستهلاك المائي الفعلي (ETa) ومن ذلك يمكن ملاحظة التقارب بين قيم كمية مياه الري المضافة (AW) وقيم الاستهلاك المائي الفعلي (ETa) وهذا يمكن ان يكون له علاقة بكفاءة عملية الري واستخدام العمق المناسب عند الري حسب مراحل نمو النبات مما يقلل فقدان الماء كصرف عميق.



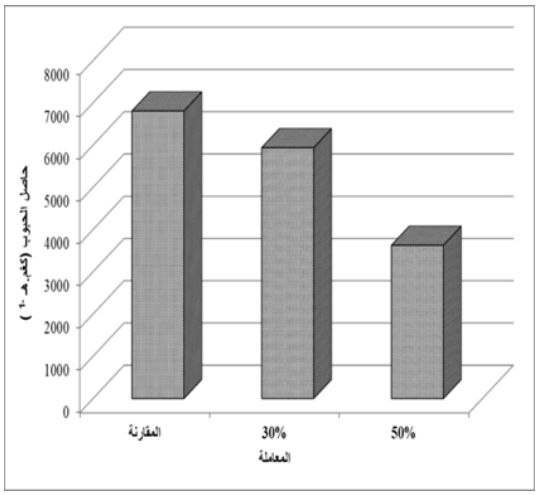
شكل (1) كمية المياه المضافة والاستهلاك المائي لمعاملات الري المختلفة عند استنزاف 30% من الماء المضاف للري.



شكل (2) كمية المياه المضافة والاستهلاك المائي لمعاملات الري المختلفة عند استنزاف 50% من الماء المضاف للري.

يبين الجدول (1) التوزيع الرطوبي في الاعماق المختلفة في مقد التربة لمعاملات الري الكامل والناقص في مراحل نمو الذرة الصفراء، اذ يلاحظ في معاملة الري الكامل (.Con) ولجميع مراحل النمو زيادة رطوبة التربة في الطبقة العليا من التربة بعد عملية الري مباشرة وتنخفض بازدياد العمق في حين قبل عملية الري تكون نتائج معاكسة في قيمها هذه النتائج تطابقت مع ما توصل اليه (Prieto وAngueira، 1996) (Sam وDirk، 2009). حيث تكون التربة رطبة بعد عملية الري مباشرة فان معظم المياه التي تستنزفها جذور النباتات تمتص ما تحتاجه من الرطوبة الارضية من الطبقات التالية الاكثر عمقا وهكذا. كما يلاحظ من الجدول نفسه قيم المحتوى الرطوبي بعد الري لمرحلة النشوء قليل ثم حصل ارتفاع في قيم المحتوى الرطوبي في مرحلة النمو الخضري والتزهير ثم انخفض في مرحلة تكوين الحاصل ويعود سبب ذلك الى زيادة عمق الري مع تقدم موسم النمو اعتمادا على مراحل النمو المختلفة وهذا ما يتطابق مع ما توصل اليه (فالح، 2010) و (Salih وFalih، 2012). اذ تمت عملية الري على اساس الاستنزاف الرطوبي للعمق 0–20 سم من الزراعة لغاية مرحلة النمو الخضري T_2 ثم زيد العمق الى 0–30سم مع بداية مرحلة التزهير T_3 ومن ثم الى 0–50سم في مرحلة تكوين الحاصل T_4 للوصول الى محتوى رطوبي يقترب من السعة الحقلية عند استنزاف 30% من مياه الري حيث سلكت معاملات الري الناقص نفس سلوك معاملات الري الكامل خلال مراحل نمو النبات مع ملاحظة انخفاض الخزين المائي لمنطقة الجذور وبصورة متفاوتة. كما يمكن الملاحظة من الجدول (1) حصول ارتفاع في قيم الاحتياج المائي للنبات وخصوصا عند استنزاف 50% من الماء المضاف للري ولجميع معاملات الري وخصوصا في مرحلتي النمو الخضري (T_2) والتزهير (T_3) بسبب وصول النباتات الى مساحاتها الورقية القصوى وزيادة حاجة النبات للماء لبناء مواد غذائية أكثر لتلبية متطلبات الازهار وعقد البذور مما ادى الى اقصى استهلاك مائي للمنطقة الجذرية. وقد قل الاحتياج المائي لمرحلة تكوين الحاصل (T_4) وذلك لاكتمال انتقال المواد الغذائية المصنعة في الاجزاء الخضرية الى الثمرة (العرانيص). هذه النتائج جاءت متفقة الى ما توصل اليه (Ottman واخرون، 1996) (Huang واخرون، 2002) (Guo واخرون، 2021).

شكل (3) يوضح تأثير الاستنزاف الرطوبي في حاصل حبوب الذرة الصفراء، اذ كان لأختزال كمية مياه الري تأثيراً كبيراً في حاصل الحبوب، اذ تبين ان زيادة نسب الاستنزاف الرطوبي سبب انخفاضاً في حاصل الحبوب وكانت نسبة الانخفاض 12.8% و46.7% لمعاملتي الاستنزاف 30% و50%.



شكل (3) تأثير الاستنزاف الرطوبي في حاصل الحبوب.

وقد يعزى ذلك الى الانخفاض في جاهزية الماء المتيسر للنبات في التربة مما عرض النبات الى اجهاد مائي سبب بدوره انخفاض معدلات النمو نتيجة لقلة وصول المواد الغذائية الكافية للنمو وتكوين الحبة وهذا يؤثر سلباً في حاصل النبات (فالح وعبد الامير، 2012). على الرغم من خفض كمية مياه الري في معاملة اختزال 30% لكمية مياه الري المضافة من معاملة المقارنة وما يعادل 60-65% من استنزاف الماء الجاهز الا انه لم يكن هناك فروقات كبيرة في حاصل الحبوب، وهذا يعني توفير كميات كبيرة من مياه الري (186 مم/موسم) يمكن استغلالها في زراعة محاصيل او مساحات زراعية أخرى.

جدول (1) التوزيع الرطوبي والاستنزاف الرطوبي خلال مراحل نمو الذرة الصفراء.

مراحل النمو	المعاملة	الري	العمق (سم)				المعدل (سم)	الاستنزاف %
			10	20	30	40		
	Con.	قبل	22.5	25.0	28.1	32.3	26.3	2.6
		بعد	32.6	33.4	31.1	27.4	31.2	
مرحلة النشوء (T_1)	30%	قبل	23.1	25.4	28.0	29.5	26.5	4.0
		بعد	30.8	31.3	30.3	29.5	30.5	
	50%	قبل	22.6	23.1	22.6	20.8	22.3	3.5
		بعد	22.9	25.1	26.9	28.2	25.8	
مرحلة النمو الخضري (T_2)	30%	قبل	23.1	25.4	28.1	29.5	26.5	3.8
		بعد	30.8	31.3	30.1	29.2	30.4	
	50%	قبل	25.5	20.4	24.3	25.3	23.9	1.7
		بعد	22.9	24.6	27.2	27.8	25.6	
مرحلة التزهير (T_3)	30%	قبل	22.1	25.1	27.1	28.5	25.7	4.9
		بعد	31.1	32.1	29.8	29.3	30.6	
	50%	قبل	20.0	20.1	20.2	22.1	20.6	3.7
		بعد	21.1	24.2	24.9	26.9	24.3	
مرحلة النضج (T_4)	30%	قبل	23.5	25.7	27.6	28.4	26.3	4.2
		بعد	30.9	32.1	29.9	28.9	30.5	
	50%	قبل	24.1	21.8	23.2	24.1	23.3	1.4
		بعد	22.8	24.3	25.1	26.6	24.7	

الاستنتاجات

1. اظهرت معاملة الري الكامل اعلى استهلاك مائي واقل استهلاك لمعاملة اختزال 50% من معاملة الري الكامل وبنسبة اختلفت حسب مراحل نمو النبات.
2. انخفاض حاصل الحبوب بزيادة نسبة الاستنزاف الرطوبي.

التوصيات

اجراء الري عند استنزاف لا يزيد عن 30−50% من معاملة الري الكامل للحصول على اختزال في كمية مياه الري دون التاثير في حاصل الحبوب.

المصادر

الحديثي، سيف الدين عبد الرزاق (2002). جدولة الري الناقص لمحصول الذرة الصفراء لزيادة كفاءة استعمال المياه. أطروحة دكتوراه – كلية الزراعة – جامعة بغداد.

فالح، عدنان شبار (2010). تقدير الاحتياجات المائية لمحصول الذرة الصفراء اعتمادا على مفهوم الري الناقص ومقارنته بالمعادلات المناخية و مقاييس التبخر .اطروحة دكتوراه .كلية الزراعة .جامعة بغداد.

فالح، عدنان شبار وعبد الامير ثجيل صالح، (2012). تقدير الاحتياجات المائية لمحصول الذرة الصفراء اعتمادا على الري الناقص ومقارنة بالمعادلات المناخية ومقاييس التبخر. مجلة ديالى للعلوم الزراعية 4(1)، (62−75).

Allen, R. G.; L. S. Pereira; D. Raes and M. Smith (1998). 'FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 - Crop Evapotranspiration', Food and Agriculture Organization, 9(March), 1–327.

Atee, A. S. (2009). Effect of Irrigation Dificit and Addition of Corn Crops on Consomptive Use and Yield of Wheat Triticum aestivum L.', Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 34(6), 7103–7113. Doi: 10.21608/jssae.2009.100735.

Cai, F.; Y. Zhang; N. Mi; H. Ming; S. Zhang and H. Zhang (2020). Maize (*Zea mays* L.) Physiological Responses to Drought and Rewatering, and The Associations with Water Stress Degree', Agricultural Water Management, 241(2), 1–14. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106379.

Comas, L.; H. T. Trout; H. C. Dejonge and H. Zhang (2019). Water Productivity Under Strategic Growth Stage-based Deficit Irrigation in Maize; Agricultural Water Management, 212(7), 433-440. doi: 10.1016/j.agwat.2018.07.015.

Eck, H. V. (1986). Effects of Water Deficits on Yield, Yield Components, and Water Use Efficiency of Irrigated Corn 1, Agronomy Journal, 78(6), 1035–1040. Doi, 10.2134/agronj1986.00021962007800060020x.

Ewaid, S. H.; S. A. Abed and N. Al-Ansari (2019). Crop Water Requirements and Irrigation Schedules for Some Major Crops in Southern Iraq', Water (Switzerland), 11(4), 1–12. Doi: 10.3390/w11040756.

Falih, A. S. and A. T. Salih (2012). Response of Corn (*Zea mays* L.) to Deficit Irrigation at Different Growth Stages', Diyala Agricultural Sciences Journal, 4(1), 76–91.

Gao, F., M. Anderson; C. Daughtry; A. Karnieli; D. Hively and W. Kustas (2020). A Within-Season Approach for Detecting Early Growth Stages in Corn and Soybean Using High Temporal and Spatial Resolution Imagery', Remote Sensing of Environment, 242(September 2019), p. 111752. Doi: 10.1016/j.rse.2020.111752.

Guo, Q.; G. Huang; Y. Guo and M. Zhang (2021). Optimizing Irrigation and Planting Density of Spring Maize under Mulch Drip irrigation system in the arid Region of Northwest China', Field Crops Research, 266(April), 108141. Doi: 10.1016/j.fcr.2021.108141.

Hatfield, J. L. and C. Dold (2019). Water-use Efficiency: Advances and Challenges in a Changing Climate', Frontiers in Plant Science, 10(3), 1–48. Doi: 10.3389/fpls.2019.00103.

Heiniger, R. W. (2001). The Impact of Early Drought on Corn Yield, North Carolina Cooperative Extension System'. Available at: https://www.ces.ncsu.edu/plymouth/cropsci/docs.

Huang, M.; L. Zhong and J. Gallichand (2002). Irrigation Treatments for Corn with Limited Water Supply in The Loess Plateau, China, Canadian Biosystems Engineering / Le Genie des biosystems au Canada, 44(1987), 29–34.

Muna, S. A. and A. A.Shatha (2015). 'Effect of Ascorbic Acid in Yield and its Components of two Cultivars of', Journal of Biotechnology Research Center, 11(1), pp. 43–48.

Ottman, M. J.; B. R. Tickes and R. L. Roth (1996). Alfalfa Yield and Stand Response to Irrigation Termination in an Arid Environment', Agro, 88(1), 44–48.

Prieto, D. and C. Angueira (1996). Water Stress Effect on Different Growing Stages for Cotton and its Iinfluence on Yield Reduction', Nuclear Techniques Schedules for Field Crops to Assess Irrigation, (June), 7–12.

Raun, W. R.; J. B. Solie; K. L. Martin; K. W. Freeman; M. L. Stone;G. V. Johnsona and R. W. Mullen (2005). 'Growth Stage, Development, and Spatial Variability in Corn Evaluated Using Optical Sensor Readings', Journal of Plant Nutrition, 28(1), 173–182. Doi: 10.1081/PLN-200042277.

Salih, A. T. and A. S. Falih (2012a). 'Management of Corn Irrigation toIncrease Water Use Efficiency in Middle of Iraq, Diyala Agricultureal Sciences Journal, 4, 52-75.

Salih; A. T. and A. S. Falih (2012b). 'Management of Corn Irrigation toIncrease Water Use Effiviency in Middle of Iraq. Diyala Agricultural Sciences Journal, 4(1), 62–75.

Sam; G. and Dirk, R. (2009). Deficit Irrigation as an on-farm Strategy to Maximize Crop Water Productivity in Dry Areas', Agricultural Water Management, 96(9), 1275–1284. Doi: 10.1016/j.agwat.2009.04.009.

Tigkas, D.; H. Vangelis and G. Tsakiris (2020). 'Implementing Crop Evapotranspiration in RDI for Farm-level Drought Evaluation and Adaptation under Climate Change Conditions, Water Resources Management, 34(14), 4329–4343. Doi: 10.1007/s 11269 - 020 -02593 - 6.

Wang, D. and X. Cai (2009). 'Irrigation Scheduling—Role of Weather Forecasting and Farmers' Behavior', Journal of Water Resources Planning and Management, 135(5), 364–372. Doi: 10.1061/(asce)0733-9496(2009)135:5.(364)

William, R. K. and L. P. Ian (1982). Consumptive Water Use by Sub-irrigated Turfgrasses under Desert Conditions 1, Agronomy Journal, 74(3), 419–423. Doi: 10.2134/agronj1982.00021962007400030005x.

Ximing C.; M. I. Hejazi and D. Wang (2011). 'Value of Probabilistic Weather Forecasts: Assessment by Real-Time Optimization of Irrigation Scheduling',

Journal of Water Resources Planning and Management, 137(5), 391–403. Doi: 10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000126.

Zhang; H. M. Han; L. H. Comas; K. LC. Dejonge; S. M. Gleason; T. J. Trout and L. Ma (2019) 'Response of Maize Yield Components to Growth Stage-based Deficit Iirrigation', Agronomy Journal, 111(6), 3244–3252. Doi: 10.2134/agronj2019.03.0214.