

تأثیر مقادیر مختلف آبیاری و کود نیتروژن با حضور آب زیرزمینی بر عملکرد ذرت بهاره

جواد رضوانی مقدم^۱، عبدالرحیم هوشمند^{۲*}، عبد علی ناصری^۳، موسی مسکرباشی^۴، جوانشیر عزیزی مبصر^۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۲۰

۱- دانش آموخته دکترای آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۵- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hooshmand_a@scu.ac.ir

چکیده

کاهش روز افزون کمی و کیفی منابع آب از مهم‌ترین معضلات موجود در کشاورزی می‌باشد. یکی از راهکارهای مطرح در این زمینه کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های زیرزمینی کم‌عمق می‌باشد. این تحقیق به منظور بررسی میزان مشارکت آب زیرزمینی کم‌عمق در تأمین نیاز آبی گیاه ذرت انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل: کود نیتروژن (N_1, N_2, N_3) به ترتیب ۴۵۰، ۳۷۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و آبیاری (I_1, I_2, I_3 به ترتیب ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) با سطح ایستابی ثابت (عمق ۷۰ سانتی متر) بودند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد با افزایش مقادیر دو تیمار اصلی، خصوصیات عملکرد دانه، ماده خشک و شاخص برداشت به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک به ترتیب ۶/۰۴۹ و ۱۵/۴۳ تن در هکتار مربوط به تیمار آبیاری کامل بود. همچنین با افزایش میزان کود نیتروژن از ۳۰۰ به ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار ۱۲ درصد افزایش در عملکرد دانه مشاهده گردید. نتایج نشان داد عملکرد دانه در حضور سطح ایستابی نسبت به حالت زهکشی آزاد تا ۱۶ درصد افزایش یافت. همچنین بررسی نتایج مربوط به میزان مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه نشان داد بیشینه و کمینه مقدار مشارکت به ترتیب ۳۱/۴ و ۵/۷۸ درصد و مربوط به تیمار I_3 و I_1 بود. بنابراین با استفاده از آب زیرزمینی کم‌عمق علاوه بر کاهش میزان زه‌آب خروجی و آلودگی زیست محیطی، بخشی از نیاز آبی گیاه قابل تأمین است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، لایسیمتر، عملکرد دانه، کم‌آبیاری، کود نیتروژن

Effect of Different Levels of Irrigation and Nitrogen Fertilizer on Spring Maize Yield in the Presence of Groundwater

J Ramezani Moghaddam¹, AR Houshmand^{*2}, AA Naseri³, M Meskarbashi⁴, J Azizi Mobaser⁵

Received: 19 September 2015

Accepted: 22 November 2016

1- Ph.D. Graduate, Dept. of Irrigation and Drainage Structures., Faculty of Water Sci. Engin., Shahid Chamran Univ. of Ahwaz, Iran

2- Assoc. Prof., Dept. of Irrigation and Drainage Structures., Faculty of Water Sci. Engin., Shahid Chamran Univ. of Ahwaz, Iran

3- Prof., Dept. of Irrigation and Drainage Structures., Faculty of Water Sci. Engin., Shahid Chamran Univ. of Ahwaz, Iran

4- Prof., Dept. Agronomy and Plant Breeding., Faculty of Agriculture., Shahid Chamran Univ. of Ahwaz, Iran

5- Assist. Prof., Dept. of Water Engineering, Univ. of Mohaghegh Ardabili, Iran

* Corresponding Author, Email: hooshmand_a@scu.ac.ir

Abstract

One of the most important problems in agriculture is continuous decreasing in quality and quantity of water resources. One of the proposed solutions in the field is deficit irrigation and use of shallow groundwater. This study was conducted to assess the participation share of the shallow groundwater in supplying the water requirement of maize plant. Treatments comprised nitrogen fertilizer (N_1 , N_2 and N_3 with values of 450, 375 and 300 kg ha⁻¹, respectively) and irrigation (I_1 , I_2 and I_3 , with the amounts of 100, 75 and 50% of water requirement, respectively) with a fixed groundwater level at the depth of 70 cm. The results showed that raising the two main treatments levels significantly enhanced the properties of grain yield, dried matter and harvest index. The highest rises in grain yield and dried matter were 6.049 and 15.430 ton ha⁻¹, respectively, which were obtained from the treatment I_1 . The grain yield was observed 12% increasing with rising nitrogen levels from 300 to 450 kg ha⁻¹. The results showed that the grain yield increased 16% in the presence of water table in comparison with the free drainage conditions. Also, evaluation the results of the groundwater contribution in evapotranspiration showed that the maximum and minimum amounts involved were 31.4 and 5.78%, which were obtained from I_3 and I_1 , respectively. Therefore, using shallow groundwater in spite of reducing the water drainage as well as environmental pollution, causes supplying the part of crop water requirement.

Keywords: Deficit Irrigation, Grain Yield, Ground water, Lysimeter, Nitrogen Fertilizer

مقدمه

استفاده بهینه از منابع موجود می‌باشد. از مهم‌ترین راهکارها در این زمینه استفاده از کم‌آبیاری (جهت کاهش مقدار آب مصرفی و افزایش بهره‌وری آب) و مواد غذایی مناسب (مانند کود نیترات) جهت افزایش

امروزه با بالا رفتن جمعیت جهان، نیاز به مواد غذایی به صورت چشمگیری افزایش یافته است. از آنجایی‌که منابع آب و اراضی محدودیت دارند، نیاز به استفاده از روش‌های جدید و تکمیلی جهت ذخیره منابع آب و

ایستابی کم عمق، شوری خاک لایسیمترهای دارای پوشش کاهش یافت. وستروم و مسینگ (۲۰۰۷) در تحقیقی که به مدت چهار سال به طول انجامید به بررسی نحوه تغییر مقدار املاح و کودهای خروجی در اثر کنترل سطح ایستابی در شرایط مزرعه‌ای پرداختند. نتایج نشان داد در این روش میزان کودهای فسفر و نیتروژن به طور معنی‌داری نسبت به زهکشی آزاد کاهش یافت.

گاوینگ و همکاران (۲۰۰۹) در یک مطالعه لایسمتری تأثیر شوری را بر عملکرد گندم در شرایط کم‌آبیاری و حضور آب زیرزمینی کم عمق بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد بیشتر تیمارهای گندم حدود ۴۰٪ نیاز آبی خود را از آب زیرزمینی تأمین کردند که مشابه سهم گزارش شده در شرایط غیرشور بود. اسکگز و همکاران (۲۰۰۵) دو روش آبیاری زیرزمینی و زهکشی آزاد را در محصول ذرت مقایسه کردند. در روش آبیاری زیرزمینی غلظت نیترات در آب زهکشی ۶۳ درصد و تلفات کل نیترات ۵۰ درصد نسبت به زهکشی آزاد کمتر بود. همچنین عملکرد محصول ۶۴ درصد بیشتر از زهکشی آزاد بود (اسکگز و همکاران ۲۰۰۵).

کریمی و ناصری (۱۳۹۱) به بررسی میزان مشارکت آب زیرزمینی با شوری‌های مختلف در تأمین نیاز آبی و عملکرد ذرت پرداختند. نتایج نشان داد در کشت تابستانه، مقادیر مشارکت آب زیرزمینی در شوری‌های مختلف بین ۱۹ تا ۲۵ درصد در سطح آبیاری ۷۰ درصد و ۳/۷۶ تا ۵/۲۸ درصد در آبیاری ۱۰۰ درصد تغییر کرد. اختلاف مقادیر بیان شده در تمام موارد در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. بنابراین در مناطق دارای شبکه آبیاری و زهکشی می‌توان با کنترل سطح ایستابی و اعمال مدیریت صحیح آبیاری، ضمن کاهش زه‌آب خروجی و کاهش املاح آلاینده خروجی بخشی از نیاز آبی گیاه را هم برطرف نمود (تیشه‌زن ۱۳۹۰، کریمی و ناصری ۱۳۹۱).

عملکرد محصول می‌باشند (تافته و سپاسخواه ۲۰۱۲، محمد و همکاران ۲۰۱۴).

تافته و سپاسخواه (۲۰۱۲) به بررسی اثر آبیاری قسمت خشک ریشه (PRD) و مدیریت مقدار کود نیتروژن بر روی عملکرد ذرت و مقدار آبشویی نیترات پرداختند. نتایج نشان داد عملکرد در آبیاری متناوب در مقایسه با آبیاری جوی پشته‌ای معمول کاهش یافت که علت آن حساسیت ذرت نسبت به تنش آبی بود. اما مجموع زه-آب خروجی و نیترات آبشویی شده در آبیاری جوی پشته‌ای متناوب نسبت به آبیاری جوی پشته‌ای معمول کاهش داشت. همچنین جهت رسیدن به بیشینه مقادیر عملکرد دانه و راندمان کاربرد نیتروژن، مقدار کود مورد نیاز ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. استفاده از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث آبشویی و آلودگی بیشتر آب‌های سطحی می‌گردد.

عزیزیان و سپاسخواه (۲۰۱۴) در تحقیقی واکنش ذرت به سطوح کم‌آبیاری و نیتروژن و شوری را بررسی کردند. نتایج نشان داد با استفاده از کم‌آبیاری و کود نیتروژن مقدار بهره‌وری آب افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد جهت کاهش تلفات نیتروژن در هنگام استفاده از روش کم‌آبیاری بایستی سهم کود نیتروژن به‌کار برده شده کاهش یابد.

از دیگر روش‌های جبران کمبود منابع آب، کنترل سطح ایستابی می‌باشد. این روش به دو صورت آبیاری زیرزمینی و زهکشی کنترل شده انجام می‌گردد. مزیت‌های اصلی این روش کاهش آلودگی زیست محیطی (کاهش اتلاف آفت‌کش‌ها، کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی وارده به رودخانه‌ها) و کاهش زه‌آب خروجی می‌باشد (نوری و لیاقت ۲۰۰۹، هانسون و همکاران ۲۰۱۰).

تیشه‌زن (۱۳۹۰) تغییرات شوری ناحیه ریشه را در شرایط سطح ایستابی ثابت (دو عمق ۶۰ و ۹۰ سانتی-متر) و مصرف خاک‌پوش و مالچ در نهال خرما مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد در حضور سطح

لایسیمتری انجام شد. موقعیت جغرافیایی محل مورد نظر ۳۹' ۴۸° شرقی، ۱۸' ۳۱° شمالی و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷ متر است. این منطقه جزء اقلیم خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد. همچنین کشت به صورت بهاره و در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ (با رقم ذرت-SC Karoun-701) انجام شد. برخی از خصوصیات آب و هوایی در فصل زراعی در جدول ۱ آمده است.

در تحقیق جاری، به بررسی تأثیر کنترل سطح ایستابی و مدیریت کود نیتروژن و آب بر عملکرد ذرت و میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه ذرت پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

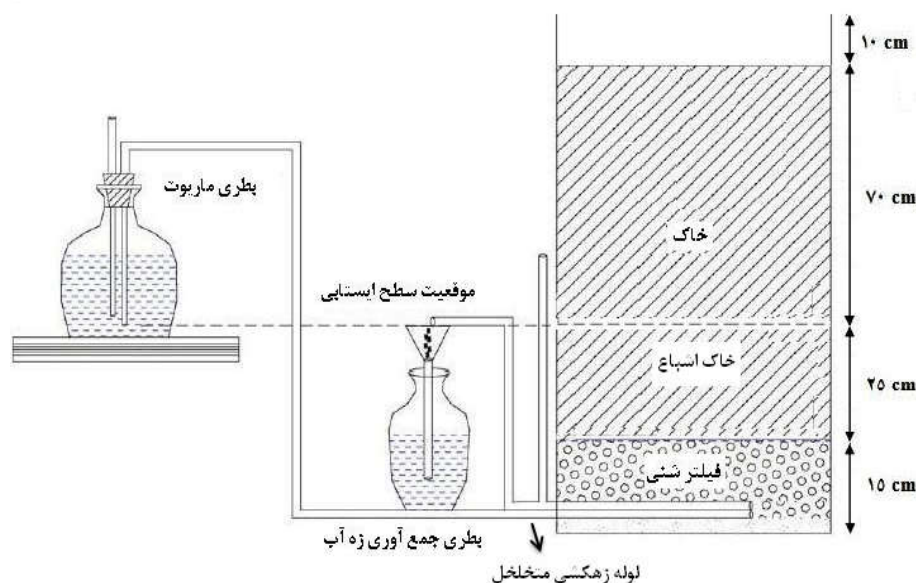
این تحقیق در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی منطقه.

متغیر	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
دمای کمینه (°C)	۵	۷/۴	۱۱/۴	۲۰/۴
دمای بیشینه (°C)	۳۵/۴	۳۷/۴۰	۴۱/۴۰	۴۶/۰
بیشینه سرعت باد ($m s^{-1}$)	۱۲	۱۰	۱۵	۱۶
میزان بارندگی (mm)	۲/۸	۴	۲۷/۲	۰
رطوبت نسبی بیشینه (%)	۷۳	۶۴	۶۳	۳۸

گرفته شد. قطر لایسیمترها ۰/۸۰ متر و عمق آن‌ها ۱/۲ متر بود. جهت اعمال سطح ایستابی در لایسیمترها از بطری‌های ماریوت ۳۰ لیتری استفاده گردید. در شکل ۱ نمایی کلی از لایسیمتر مورد استفاده مشاهده می‌گردد.

در این تحقیق با توجه به وضعیت زهکش‌های منطقه و عمق ریشه ذرت و تحقیقات پیشین (کریمی ۱۳۹۱، افروس و همکاران ۱۳۹۱ و مولوی و همکاران ۱۳۹۰) سطح ایستابی در عمق ۷۰ سانتی‌متری در نظر



شکل ۱- نمایی ساده از تثبیت آب زیرزمینی کم عمق در لایسیمتر.

استفاده از نرم افزار (MSTATC 2.10 VERSION) انجام شد. برخی مشخصات فیزیکی خاک منطقه تحقیق در جدول ۳ ارائه شده است. در جدول ۳ مقادیر رطوبت، بر حسب درصد رطوبت حجمی می‌باشند. همچنین مقدار میانگین هدایت الکتریکی آب آبیاری در طول فصل کشت برابر ۲/۵ میلی‌موس بر سانتی‌متر بود. مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک نیز در ابتدای کشت (در اعماق مختلف) در محدوده سه تا چهار میلی‌موس بر سانتی‌متر متغیر بود.

طرح آزمایشی مورد استفاده فاکتوریل و در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار (مجموعاً با به کارگیری ۲۷ لایسیمتر) انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل؛ آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه) و نیتروژن (۳۰۰، ۳۷۵ و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود که نیتروژن به صورت کود اوره (با ۴۶ درصد نیتروژن خالص) به زمین داده شد. همچنین سه عدد لایسیمتر با زهکشی آزاد جهت مقایسه با نتایج کنترل سطح ایستابی استفاده گردید. در جدول ۲ نوع و ترکیب تیمارهای طرح آزمایشی مشاهده می‌گردد. همچنین محاسبات آماری با

جدول ۲- نوع و ترکیب تیمارهای طرح آزمایشی با سطح ایستابی ۷۰ سانتی‌متری.

مقادیر کود نیترات داده kg ha^{-1}			درصد آبیاری
$N_1=450$	$N_2=375$	$N_3=300$	
$I_1 N_1$	$I_1 N_2$	$I_1 N_3$	$I_1=100\% ET_c$
$I_2 N_1$	$I_2 N_2$	$I_2 N_3$	$I_2=75\% ET_c$
$I_3 N_1$	$I_3 N_2$	$I_3 N_3$	$I_3=50\% ET_c$

جدول ۳- مشخصات فیزیکی خاک منطقه تحقیق.

عمق cm	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	میانگین هندسی ذرات mm	انحراف از معیار هندسی اندازه ذرات	بافت خاک	چگالی ظاهری g cm^{-3}	رطوبت ظرفیت مزرعه (%)	رطوبت نقطه پژمردگی (%)
۰-۳۰	۲۲	۵۵	۲۳	۰/۰۲۷۶	۱۰/۲۳۲	لومی سیلتی	۱/۳۵	۳۴	۱۸
۳۰-۶۰	۲۱	۵۵	۲۴	۰/۰۲۵۷	۱۰/۱۷۶	لومی سیلتی	۱/۵۱	۳۳	۱۸

$$ET_a = K_c \times ET_o \quad [1]$$

ET_o و ET_a به ترتیب تبخیر و تعرق مرجع و تبخیر و تعرق واقعی ذرت (بر حسب میلی‌متر بر روز) و K_c ضریب گیاهی (بدون بعد) می‌باشد. ضریب گیاهی با توجه به دوره رشد و تاریخ کاشت از نشریه شماره ۵۶ فائو استخراج گردید.

جهت تعیین مقدار آب آبیاری از داده‌های تبخیر و تعرق لایسیمتر چمن استفاده شد. بدین منظور سه عدد لایسیمتر چمن در کنار سایر لایسیمترها کشت گردید. با اعمال ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق چمن (تبخیر و تعرق پتانسیل) مطابق رابطه ۱ مقدار آب مصرفی گیاه به دست آمد (فرشی و همکاران ۱۳۷۶).

طول فصل رشد ناچیز و قابل صرف نظر است (کریمی ۱۳۹۰).

درصد سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی:

$$GW_p = (U_f / ET_a) \times 100 \quad [3]$$

GW_p : درصد سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه و ET_a : میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه (در هر دور آبیاری) است که از رابطه ۲ محاسبه می شود. شاخص برداشت: این شاخص که کارآیی تبدیل زیست توده به دانه را نشان می دهد از رابطه ۴ محاسبه شد (سپاسخواه و همکاران ۱۳۸۵).

$$HI = (Y/B) \quad [4]$$

Y : عملکرد دانه (تن در هکتار)، B : مقدار ماده خشک (تن در هکتار) و HI : شاخص برداشت (بدون بعد) می باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه آماری مربوط به عملکرد دانه، مقدار ماده خشک، شاخص برداشت و میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه در جدول ۴ ارائه شده است.

به منظور اطمینان از تأمین نیاز آبی گیاه (و اندکی آبشویی) مقدار پنج تا ۱۰ درصد آب به مقدار آب آبیاری محاسبه شده اضافه شد و این به عنوان مقدار آب آبیاری کامل در نظر گرفته شد. اولین آبیاری در تاریخ ۹ اسفند ۱۳۹۱ و آخرین آبیاری در تاریخ ۱۷ خرداد ۱۳۹۲ انجام شد. دور آبیاری بعد از اعمال تیمارها بر اساس تحقیقات انجام شده در محل (کریمی ۱۳۹۰) عدد ثابت هفت روز در نظر گرفته شد.

برخی از روابط ریاضی مورد استفاده در تحقیق

بیان آبی: عوامل مؤثر در بیان آبی در رابطه ۲ مشاهده می گردد. از این رابطه جهت محاسبه تبخیر و تعرق واقعی گیاه در هر دور آبیاری استفاده گردید.

$$\Delta S = d_n + P_e + U_f - ET_a - D_r \quad [2]$$

ΔS : تغییرات رطوبت خاک در طول هر دور آبیاری (بر حسب میلی متر)، d_n : آب خالص آبیاری (بر حسب میلی - متر)، P_e : باران مؤثر (بر حسب میلی متر)، U_f : صعود آب زیرزمینی (بر حسب میلی متر)، ET_a : آب خروجی از خاک در اثر تبخیر و تعرق گیاه (بر حسب میلی متر) و D_r : زه آب خروجی از منطقه ریشه گیاه (بر حسب میلی - متر) می باشد. بر اساس تحقیقات گذشته مقدار ΔS در

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در آزمایش.

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
مشارکت آب زیرزمینی	شاخص برداشت	عملکرد دانه	ماده خشک		
۵/۳۴ ^{ns}	۰/۰۰۲*	۰/۳۴*	۰/۰۷ ^{ns}	۲	تکرار
۱۴۷۸/۸**	۰/۰۰۴**	۲/۸**	۵/۸۱**	۲	آبیاری
۰/۲۸ ^{ns}	۰/۰۰۱*	۰/۹۵**	۱/۲۶**	۲	کود نیتروژن
۰/۲۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۵۸ ^{ns}	۰/۲۱*	۴	آبیاری و کود
۳/۵۵ ^{ns}	۰/۰۰۱	۰/۰۷۴	۰/۰۷۲	۱۶	خطا
۱۰	۵/۱۰	۴/۹۱	۱/۸۸	-	ضریب تغییرات

ns، *، ** و #: به ترتیب غیرمعنی داری و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

شرایط عکس آن در تیمار I_3N_3 باشد. در شکل ۲ اثر متقابل کود و نیتروژن بر ماده خشک به صورت نمودار ارائه شده است. مطابق شکل هر سه نمودار سطوح آبیاری I_1 ، I_2 و I_3 با کاهش کود روند نزولی داشتند که میزان شیب و کاهش متفاوت بود. اما بیشترین مقدار ماده خشک مربوط به تیمار آبیاری کامل بود و حتی در کمترین مقادیر کود دریافتی باز هم ماده خشک بیشتری نسبت به سایر تیمارها تولید شده است. همچنین مطابق جدول ۵، در سطح آبیاری ۵۰ درصد، میزان کود تأثیر معنی داری بر ماده خشک تولیدی نداشت. دلیل این امر می‌تواند به خاطر تنش آبی وارده به گیاه در اثر کم آبیاری و در نتیجه شوری سطح خاک باشد. همچنین بر اساس تجربه کود نیتروژن در مقادیر آب کافی اثر مناسب‌تری بر گیاه دارد.

اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر مقدار ماده خشک ذرت (در سطح پنج درصد) معنی دار بود و در سایر موارد تفاوت معنی داری در نتایج مشاهده نشد.

ماده خشک

مطابق جدول ۴ اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان ماده خشک تولید شده گیاه در سطح پنج درصد معنی دار بود. بنابراین مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون دانکن برای ماده خشک انجام شد (جدول ۵). نتایج نشان داد بیشترین مقدار ماده خشک $15/430$ (تن در هکتار) در تیمار I_1N_1 و کمترین مقدار $13/350$ (تن در هکتار) در تیمار I_3N_3 مشاهده شد. علت این مسئله می‌تواند تأمین هم‌زمان نیاز آبی گیاه و ماده غذایی (کود) به مقدار کافی در تیمار I_1N_1 و

جدول ۵- مقایسه میانگین برای اثرات متقابل آبیاری و کود نیتروژن.

اثرات متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر ماده خشک									تیمار
$I_3 N_3$	$I_3 N_2$	$I_3 N_1$	$I_2 N_3$	$I_2 N_2$	$I_2 N_1$	$I_1 N_3$	$I_1 N_2$	$I_1 N_1$	
۱۳/۳۵ ^d	۱۳/۵۴ ^d	۱۳/۷۰ ^{cd}	۱۳/۵۶ ^d	۱۴/۱۱ ^c	۱۴/۹۰ ^b	۱۴/۸۹ ^b	۱۵/۰۶ ^{ab}	۱۵/۴۳ ^a	ماده خشک (ton ha ⁻¹)

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، برپایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

برداشت معنی دار نبود لذا به بررسی اثرات جداگانه آبیاری و کود بر این دو پارامتر پرداخته شد (جدول ۶). همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌گردد با کاهش مقدار آب آبیاری، عملکرد دانه به صورت معنی داری (در سطح یک درصد) کاهش یافت.

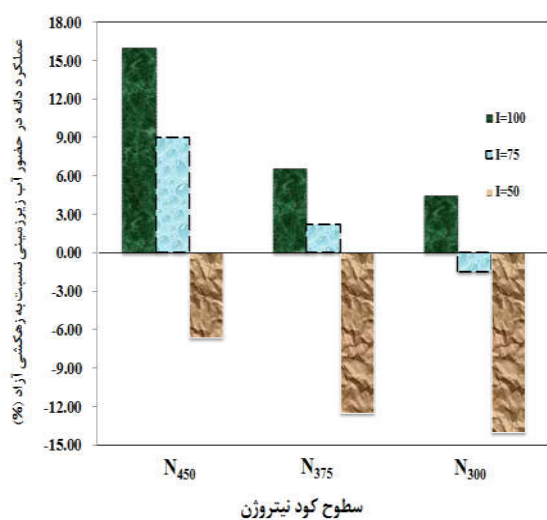
بیشترین عملکرد دانه مربوط به I_{100} با $6/049$ (تن در هکتار) و کمترین مقدار مربوط به I_{50} با $4/936$ (تن در هکتار) بود. دلیل این تغییرات، مربوط به کاهش آبی است که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و در نتیجه تبخیر و تعرق کاهش یافته و تنش آبی به گیاه اعمال شده و در نهایت کاهش عملکرد دانه و سایر خصوصیات فیزیکی گیاه را سبب شده است.

یاسین و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی روی عملکرد گیاه ذرت گزارش دادند بیشترین ماده خشک مشاهده شده مربوط به تیمار آبیاری کامل و مقدار آن ۳۰ درصد بیشتر از تیمار کم آبیاری بود. همچنین مطالعه عزیزیان و سپاسخواه (۲۰۱۴) نشان داد مقدار ماده خشک به طور معنی داری با افزایش مقدار آب آبیاری و کود نیتروژن افزایش و با افزایش املاح (شوری آب آبیاری) کاهش می‌یابد. مطابق جدول ۴ اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و مشارکت آب زیرزمینی معنی دار نبود.

عملکرد دانه: از آنجایی که طبق جدول ۴ اثرات متقابل آب آبیاری و کود بر دو معیار عملکرد دانه و شاخص

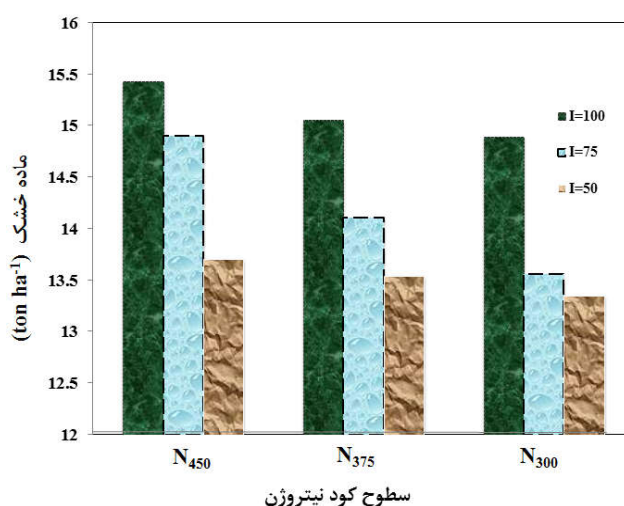
نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار نیتروژن صفر بودند.

همچنین در تحقیقی مربوط به اثرات کم‌آبیاری بر گیاه ذرت که به مدت سه سال در منطقه گاوخونی انجام شد نتایج نشان داد بیشترین عملکرد مربوط به آبیاری ۸۰ درصد نیاز مصرفی گیاه بوده و مصرف آب بیش از آن تأثیر معنی‌داری نداشته است (سالمی و همکاران ۲۰۱۱). در شکل ۳ میزان تغییرات عملکرد دانه در سطح ایستابی کنترل‌شده نسبت به حالت زهکشی آزاد در قالب نمودار ارائه شده است.



شکل ۳- مقایسه عملکرد دانه در حضور آب زیرزمینی نسبت به زهکشی آزاد.

همچنین مشابه این روند در مورد کود نیتروژن مشاهده شد و با افزایش میزان کود نیتروژن از N300 به N450 بیش از ۱۲ درصد افزایش در عملکرد دانه مشاهده شد. البته افزایش مقدار کود از ۳۰۰ به ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه ایجاد نداشت. بنابراین می‌توان از مقدار کود کمتر (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده نمود تا ضمن عملکرد دانه مشابه، میزان نیترات کمتری وارد آب‌های سطحی گردد. تافته و سپاسخواه (۲۰۱۲) در تحقیقی بر روی گیاه ذرت شاهد افزایش ۶۱/۶ درصد عملکرد دانه در تیمار



شکل ۲- اثر متقابل آبیاری و کود بر ماده خشک.

جدول ۶- مقایسه میانگین برای اثرات جداگانه آبیاری و کود.

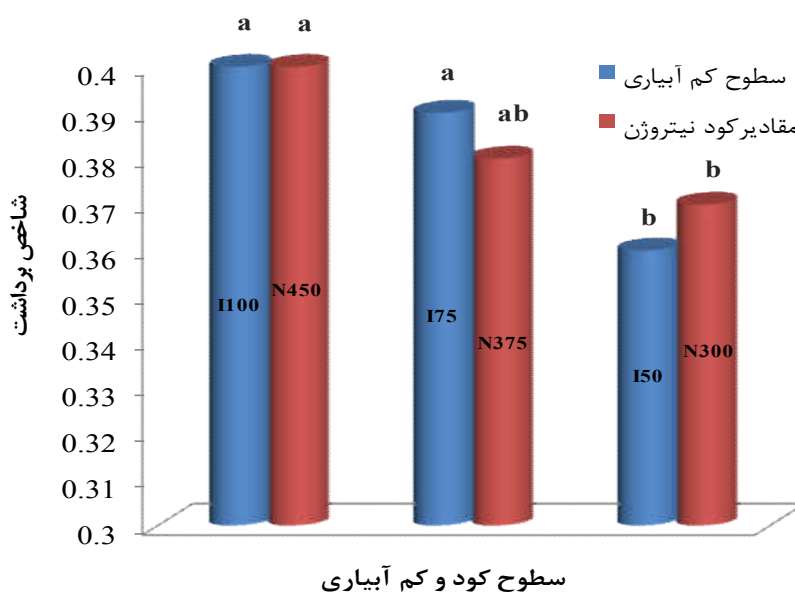
تیمارها	عملکرد دانه kg ha ⁻¹	شاخص برداشت	مشارکت آب زیرزمینی (%)
I100	۶/۰۴۹ ^a	۰/۴۰ ^a	۵/۷۸ ^c
I75	۵/۶۳۲ ^b	۰/۳۹ ^a	۱۹/۳۹ ^b
I50	۴/۹۳۶ ^c	۰/۳۶ ^b	۳۱/۴ ^a
N450	۵/۸۸۸ ^a	۰/۴۰ ^a	۱۹/۰۴ ^a
N375	۵/۴۸۴ ^b	۰/۳۸ ^{ab}	۱۸/۸۵ ^a
N300	۵/۲۴۵ ^b	۰/۳۷ ^b	۱۸/۸۶ ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، برپایه آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

کرده و از این طریق تنش وارده به شدت کاهش می‌یابد. همچنین در تیمار ۵۰ درصد آبیاری از آنجایی که میزان مشارکت آب زیرزمینی به مراتب افزایش یافته، صعود مویبگی باعث انتقال شدید املاح و نمک‌ها همراه آب زیر زمینی به سطح شده و تجمع نمک‌ها خاک را شور کرده و باعث کاهش عملکرد می‌گردد. ولی این مقدار کاهش محصول در دو پارامتر به نسبت کم آبیاری شدیدی که صورت گرفته خیلی کم بود. کریمی (۱۳۹۰) در تحقیقی مشابه بر روی سطح ایستابی ثابت در لایسیمتر، کاهش ۲۳ تا ۳۰ درصد عملکرد را نسبت به زهکشی آزاد مشاهده نمود. علت این امر، صعود آب شور زیرزمینی به سطح زمین و استفاده از آن توسط گیاه و کاهش عملکرد بیان شد.

مطابق شکل ۳ بیشترین افزایش عملکرد دانه در کنترل سطح ایستابی نسبت به زهکشی آزاد در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد (تأمین نیاز آبی) رخ داد. این مقادیر برای سطوح مختلف کود نیتروژن ۴۵۰، ۳۷۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۱۶، ۶/۶ و ۴/۵ درصد مشاهده شد.

همچنین بیشترین کاهش عملکرد نسبت به زهکشی آزاد در سطح آبیاری ۵۰ درصد (تأمین نیاز آبی) مشاهده شد، که مقادیر کاهش عملکرد دانه به ترتیب ۶/۶، ۱۲/۵ و ۱۴ درصد بود. علت افزایش عملکرد در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نسبت به زهکشی آزاد می‌تواند استفاده این تیمار از آب زیرزمینی و افزایش میزان تبخیر و تعرق باشد. از طرفی معمولاً در انتهای دور آبیاری مقداری تنش به گیاه وارد می‌شود که در حضور سطح ایستابی گیاه از آب زیرزمینی استفاده



شکل ۴- مقادیر شاخص برداشت در دو تیمار آبیاری و کود.

معنی‌دار نبود به بررسی اثرات جداگانه هرکدام بر این خصوصیت پرداخته شد. مطابق جدول ۶ مقادیر شاخص برداشت با کاهش آب آبیاری و کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری به ترتیب در سطح یک و پنج درصد

شاخص برداشت

شاخص برداشت، از مهمترین شاخص‌های کاربردی می‌باشد که بیانگر رابطه عملکرد و ماده خشک می‌باشد. چون اثر متقابل آبیاری و کود در این مورد

کاهش شاخص برداشت در اثر کاهش کود و آب مصرفی را نشان می‌دهد.

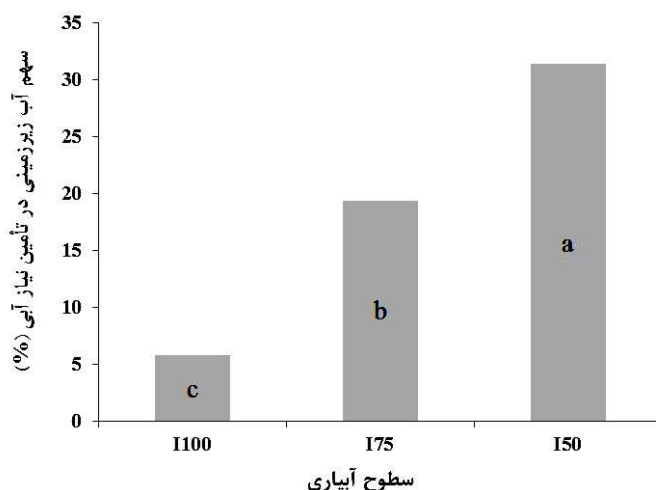
سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده گردید اثر متقابل مقادیر آب آبیاری و کود نیتروژن بر میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه معنی‌دار نبود. بنا براین اثرات جداگانه این دو تیمار مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۶). در جدول ۵ میانگین درصد مشارکت آب زیرزمینی در هر دور آبیاری در طول فصل کشت ارائه شد. مطابق جدول ۶ اثر کود نیتروژن بر میزان سهم آب زیرزمینی معنی‌دار نبود اما اثر تیمار آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار بود. این امر در شکل ۵ به‌صورت نمودار میله‌ای آمده است. نتایج نشان داد میزان مشارکت آب زیرزمینی برای سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد به‌ترتیب ۵/۷۸، ۱۹/۳۹ و ۳۱/۴ درصد بود که بیشترین و کمترین مقدار سهم به‌ترتیب مربوط به تیمار کم‌آبیاری شدید و آبیاری کامل بود.

کاهش یافت. دلیل این کاهش را می‌توان در رابطه ریاضی شاخص برداشت جستجو کرد (رابطه ۴).

مقدار عملکرد دانه در صورت کسر قرار دارد که مطابق جدول ۶ با کاهش آب آبیاری و کود نیتروژن، عملکرد دانه کاهش یافت و در نتیجه مقدار شاخص برداشت نیز کاهش یافته است.

در شکل ۴ نمودار میله‌ای تغییرات شاخص برداشت نسبت به سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن نشان داده شده است. در این شکل تغییرات بسیار ملموس بوده و مطابق آن بیشینه شاخص برداشت (۰/۴) در آبیاری کامل و کود نیتروژن کامل و کمینه آن مربوط به کم‌آبیاری شدید ۵۰ درصد بوده است. همچنین تغییرات شاخص برداشت در کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ به ۷۵ درصد بسیار ناچیز و در حد ۲/۵ درصد بود. یافته‌های برخی تحقیقات گذشته مانند خرمیان (۱۳۹۰) و عزیزیان و سپاسخواه (۲۰۱۴) نیز



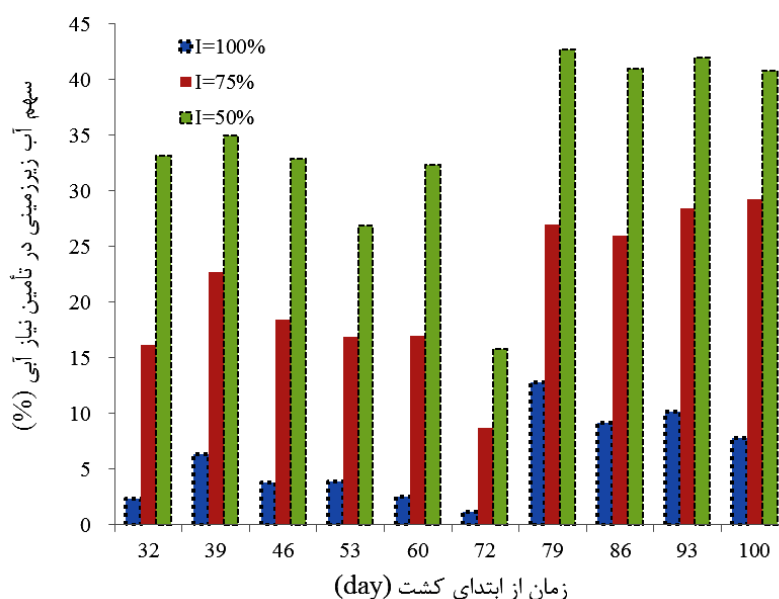
شکل ۵- اثر سطوح آبیاری در سهم آب زیرزمینی.

زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه افزایش یافته است. البته یکی از دلایل دیگر این امر هم می‌تواند افزایش عمق ریشه‌دوانی در تیمار کم‌آبیاری شدید در اثر تنش آبی

در توجیه این امر می‌توان گفت در کم‌آبیاری شدید (I₃) به‌خاطر کاهش میزان پتانسیل آب در منطقه ریشه و در نتیجه افزایش صعود مویبندی، میزان سهم آب

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد هم‌زمان با فرآیند توسعه و رشد گیاه و اندام‌های مختلف (مرحله رویشی از ابتدای کشت تا حدود ۵۰ الی ۶۰ روز است) آن در طول فصل رشد میزان تبخیر و تعرق افزایش می‌یابد. این افزایش در تمام تیمارها (البته با شیب کم یا زیاد) مشاهده شد. اما در ادامه یک کاهش کلی در وسط دوره رشد مشاهده گردید که تقریباً با مرحله ظهور گل آذین (روز ۶۵ الی ۷۵ فصل کشت) هم‌زمان گردید. به احتمال زیاد علت اصلی آن بارندگی‌های بهاره بوده است. بارندگی باعث افزایش منابع آب در دسترس گیاه و از طرفی اشباع خاک و کاهش صعود مویبگی شد. بنابراین درصد سهم آب زیرزمینی کاهش یافت.

ایجاد شده باشد. اما نکته جالب در این تحقیق، استفاده گیاه از آب زیرزمینی در تیمار آبیاری کامل می‌باشد. کریمی و ناصری (۱۳۹۱) در توجیه این موضوع دو احتمال ارائه نمودند؛ ۱- نیاز آبی محاسبه شده کمتر از مقدار واقعی بوده است. بنابراین گیاه کمبود خود را از این طریق جبران نموده است ۲- وجود سطح ایستابی در عمق کم باعث صعود کاپیلاری و افزایش تبخیر و تعرق شد. در نتیجه به‌خاطر در دسترس بودن آب زیرزمینی و عدم محدودیت منابع آب روزنه‌های گیاه بیش از حد معمول باز بوده و گیاه بیش از مقدار پیش-بینی شده آب مصرف کرد. روند تغییرات میزان سهم آب زیرزمینی در طول فصل کشت برای سطوح مختلف آبیاری در شکل ۶ ارائه شده است.



شکل ۶- اثر سطوح مختلف آبیاری بر میزان سهم آب زیرزمینی در طول فصل کشت.

مقادیر ۱۲/۸، ۲۷ و ۴۲/۶۷ درصد به‌ترتیب در تیمارهای I_1 ، I_2 و I_3 بود.

نتایج تحقیق کریمی و ناصری (۱۳۹۱)، نشان داد بیشینه و کمینه میزان مشارکت آب زیرزمینی در ذرت تابستانه مربوط به مرحله رشد و توسعه گیاه و اواخر دوره میانی رشد می‌باشد. همچنین در مرحله ظهور گل آذین که هم‌زمان با شروع شرجی هوا در خوزستان

با ظهور بلال، پر شدن دانه‌ها (بعد از حدود ۷۵ روز از فصل کشت) و از طرفی افزایش شدید دمای هوا در خرداد ماه میزان تبخیر و تعرق شدت گرفته و در نتیجه میزان سهم آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی ذرت در تمام تیمارها افزایش یافت. بیشترین مقدار مشارکت آب زیرزمینی مربوط به آبیاری ۸۰ روز پس از کشت با

بود (اواخر شهریور و اوایل مهر)، به دلیل افزایش رطوبت نسبی میزان مشارکت کاهش شدیدی نشان داد.

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش مقادیر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن، خصوصیات عملکرد دانه، ماده خشک و شاخص برداشت به طور معنی داری در سطح یک درصد (بجز شاخص برداشت) افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه و ماده خشک به ترتیب ۶/۰۴۹ و ۱۵/۴۳ تن در هکتار مربوط به تیمار I۱ بود. همچنین با افزایش میزان کود نیتروژن از ۳۰۰ به ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار ۱۲ درصد افزایش در عملکرد دانه مشاهده گردید که این نتایج مؤید نتایج برخی از تحقیقات پیشین بود (خرمیان ۱۳۹۰، رضوان یاسین و همکاران ۲۰۱۴، عزیزیان و سپاسخواه ۲۰۱۴، تافته و سپاسخواه ۲۰۱۲ و سالمی و همکاران ۲۰۱۱). مقایسه نتایج سطح ایستابی با زهکشی آزاد تا ۱۶ درصد افزایش در عملکرد دانه را نشان داد. بررسی نتایج مربوط به میزان مشارکت آب زیرزمینی در تبخیر و تعرق گیاه نشان داد بیشینه و

کمینه مقدار مشارکت به ترتیب ۳۱/۴ و ۵/۷۸ درصد و مربوط به تیمار I۳ و I۱ بود. علت افزایش مشارکت در کم آبیاری شدید می تواند به خاطر کاهش پتانسیل آب (افزایش پتانسیل ماتریک) در منطقه توسعه ریشه و افزایش صعود مویبگی باشد. نتایج حاکی از افزایش میزان مشارکت آب زیرزمینی همزمان با توسعه و رشد گیاه در طول فصل رشد بود. البته یک کاهش در حوالی ظهور گل آذین مشاهده گردید که احتمالاً به دلیل بارندگی های مقطعی فصل بهار بود. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد می توان با استفاده از آب زیرزمینی کم عمق ضمن کاهش میزان زه آب خروجی و کاهش ورود کود و سموم به آب های سطحی و زیرزمینی، بخشی از نیاز آبی گیاه را نیز تأمین نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از قطب علمی مدیریت بهره برداری از شبکه های آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز که در تأمین بخشی از هزینه های این تحقیق همکاری نمودند سپاسگزاری می شود.

منابع مورد استفاده

- افروس ع، ش، گودرزی ش و طاهری قناد س، ۱۳۹۱. بررسی بیلان املاح در خاک با استفاده از سطح ایستابی کم عمق در شرایط کشت ذرت در اقلیم شمال خوزستان. مجموعه مقالات اولین همایش ملی کشاورزی در شرایط محیطی دشوار. ۲۰ اردیبهشت ماه. دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامهرمز.
- تیشه زن پ، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات شوری ناحیه ریشه تحت شرایط سطح ایستابی و کاربرد خاکپوش و مالچ، در مرحله گرایبی نهال خرما. رساله دکتری آبیاری و زهکشی. دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- خرمیان م، ۱۳۹۰. شبیه سازی اثر مقادیر آب و نیتروژن بر حرکت نیترات در خاک و عملکرد ذرت دانه ای در دو روش خاکورزی. رساله دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- خیرابی ج، توکلی ع، انتصاری م و سلامت ع، ۱۳۷۵. دستورالعمل های کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- سپاسخواه ع، توکلی ع و موسوی س ف، ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- کریمی غ، ۱۳۹۰. بررسی میزان مشارکت آب زیرزمینی کم عمق با شوری های مختلف در تأمین نیاز آبی و عملکرد گیاه ذرت. رساله دکتری آبیاری و زهکشی. دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.
- کریمی غ و ناصری ع، ۱۳۹۱. بررسی میزان مشارکت آب زیرزمینی کم عمق با شوری های مختلف در تأمین نیاز آبی و عملکرد گیاه ذرت. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۱۳، شماره ۱، صفحه های ۳۱ تا ۴۳.

- فرشی ع، شریعتی، م، جاراللهی ر، قائمی م، شهابی فر م و تولایی م، ۱۳۷۶. بر آورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. نشر آموزش کشاورزی.
- مولوی ح، پارسی نژاد م و لیاقت عم، ۱۳۹۰. کنترل شوری و تلفات نیترات در زهاب تحت مدیریت سطح ایستابی. مجله مدیریت آب و آبیاری، جلد ۱، شماره ۱، صفحه‌های ۱۵ تا ۲۸.
- Azizian A, Sepaskhah AR, 2014. Maize response to different water, salinity and nitrogen levels: agronomic behavior. *International Journal of Plant Production* 8 (1): 107-130.
- Gowing JW, Rose DA and Ghamarnia H, 2009. The effect of salinity on water productivity of wheat under deficit irrigation above shallow groundwater. *Agricultural Water Management* 96: 517-524.
- Hanson B R, May DM, Hopmans J W and Simunek J, 2010. Drip irrigation as a sustainable practice under saline shallow ground water condtions. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 6 August, Brisbane, Australia.
- Muhumed AM, Jusop SH, Teh Boon Sung C, Megat Wahab PE and Panhwar QA, 2014. Effects of drip irrigation frequency, fertilizer sources and their interaction on the dry matter and yield components of sweet corn. *Journal of Crop Science* 8(2): 223-231 (In Australian).
- Noory H and Liaghat A, 2009. Water table management to improve drainage water quality in semiarid climatic conditions of Iran. *Irrigation and Drainage Engineering (ASCE)* 135(5): 665-670.
- Salemi HR, Moh Soom MA, Mousavi SF, Ganji A, Shui Lee T, Yousoff MK and Verdinejad VR, 2011. Irrigated silage maize yield and water productivit response to deficit irrigation in an arid region. *Polish Journal of Environmental Studies*. 20(5): 1295- 1303.
- Skaggs RW, Yousef MA and Evans RO, 2005. Agricultural drainage management: Effects on water conservation, N loss and crop yields. Pp. 41-41. 2nd Agricultural Drainage and Water Quality Field Day. 19 August 2005, University of Minnesota – Southwest Research & Outreach Center, Lamberton Minnesota.
- Tafteh A and Sepaskhah AR, 2012. Yield and nitrogen leaching in maize field under different nitrogen rates and partial root drying irrigation. *International Journal of Plant Production* 6: 93-114.
- Yaseen R, Shafi J, Ahmad W, Shoaib Rana M, Salim M and Ahmad Qaisarani S, 2014. Effect of deficit irrigation and mulch on soil physical properties, growth and yield of maize. *Environment and Ecology Research* 2(3): 122-137.
- Wesstrom I and Messing I, 2007. Effects of controlled drainage on N and P losses and N dynamics in a loamy sand with spring crops. *Agricultural Water Management* 87: 229- 240.