ارزیابی لایسیمتری تأثیر تنش آبی و کود نیتروژن بر گیاه ذرت در حضور سطح ایستابی کم عمق

جواد رمضانی مقدم[۱*] ، عبدعلی ناصری[۲]، عبدالرحیم هوشمند[۳] و موسی مسکرباشی[۴]

۱* - نویسنده مسئول، دانش آموخته دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده‌ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده‌ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده‌ی مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- دانشیار گروه اصلاح و نباتات، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۸

چکیده

محدودیت کمی و کیفی منابع آب کشاورزی و مدیریت کود مصرفی از مسائل مهم در استان خوزستان می‌باشند. در این تحقیق به بررسی تأثیر کم آبیاری و مقادیر مختلف نیترات بر عملکرد ذرت در محیط لایسیمتر پرداخته شده است . تیمارها شامل آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبیاری) و کود اوره (۴۵۰، ۳۷۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش مقدار کود نیترات مقدار ماده خشک، ارتفاع نهایی بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت افزایش یافت که این افزایش در سطح یک درصد معنی دار بود. همچنین در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، افزایش عملکرد دانه و ماده خشک به میزان ٦/٦ و ٤ درصد نسبت به زهکشی آزاد مشاهده شد. نتایج نشان داد با استفاده از آب زیرزمینی می توان ضمن کاهش زه آب ورودی به آب سطحی، مقدار عملکرد محصول را نیز افزایش داد.

کلید واژه‌ها: سطح ایستابی، کم آبیاری، کود نیتروژن ، گیاه ذرت، لایسیمتر.

Lysimeter Study to Evaluate The Effects of Water Stress and Nitrogen Fertilizer on Maize in The Shallow Ground Water

J. Ramezanimoghadam[1*], A. A. Naseri[2], A. R. Hooshmand[3] and M. Meskarbashi[4]

1*- Ph. D. Student of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2- Professor of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

3-Assistant Professor of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

4- Assistant Professor of Agriculture Structures, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

Received:9 September 2014 Accepted:29 December 2014

Abstract

The quantitative and qualify limitations of agricultural water resources and fertilizer management are the important problems in Khuseztan Province. This study was conducted to evaluate the effect of deficit irrigation and different nitrate levels on the maize yield. The treatments were included irrigation (100, 75 and 50 percent of irrigation requirement) and urea fertilizer (300, 375 and 450 kg/ha). The experiment was carried out in the framework of a factorial using randomized complete block design with three replications. The result showed that the biomass, plant maximum height, grain yield and harvest index significantly increased ($P<0.01$). Also the results showed that in the 100 percent irrigation level, grain yield and biomass increased 6.6% and 4% ,respectively, to compared with the free drainage. The results illustrated

Archive of SID

www.SID.ir

that the use of groundwater can be decreased water drainage entrance into the surface resource as well as increased plant yield.

Keyword: Water Table, Deficit irrigation, Nitrogen Fertilizer, Maize, Lysimeter.

مقدمه

در قرن اخیر محدودیت های آب، اراضی و تولید مواد غذایی با افزایش جمعیت جهان و مصرف گرا شدن مردم به شدت افزایش یافته است. به همین دلیل لزوم تحقیقات بیشتر و ارائه راه حل های جدید برای استفاده بهتر از منابع آبی موجود، افزایش راندمان و میزان تولید در واحد سطح امری ضروری به نظر می رسد. یکی از این روش ها کم آبیاری است. با اعمال کم آبیاری مقدار راندمان کاربرد آبیاری، راندمان بهره وری و کارآیی مصرف آب افزایش می یابد (سلطانی محمدی، ۱۳۹۰؛ کریمی، ۱۳۹۰؛ دو و همکاران[1] ، ۲۰۱۰).

سلطانی محمدی (۱۳۹۰) اثر کم آبیاری و شوری را بر روی عملکرد گیاه ذرت در مراحل مختلف رشد مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد با افزایش تنش کم آبی، میانگین صفات مورد مطالعه (تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی) کاهش یافت.

اردلان و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی به بررسی اثر کم آبیاری و روش های مختلف آبیاری بر عملکرد گیاه ذرت پرداختند. تیمارها شامل سه مقدار آبیاری (آبیاری پس از۴۰، ۶۰ و ۷۵ درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس گیاه)، سه روش آبیاری و دو نوع رقم ذرت بود. نتایج نشان داد کم آبیاری اثر معنی دار بر عملکرد و اجزای عملکرد داشت به طوری که با کاهش میزان آب آبیاری صفاتی مانند عملکرد دانه، تعداد دانه در هر بلال، وزن هزاردانه و... کاهش یافت.

به عنوان راه حل پیشنهادی دوم، می توان به استفاده از منابع آب زیرزمینی کم عمق در راستای تأمین بخشی از نیاز آبی گیاه اشاره نمود (وستروم و مسینگ[2]، ۲۰۰۷).

این روش بیشتر مخصوص مناطقی است که دارای لایه های غیر قابل نفوذ در عمق نسبتاً کم می باشند. بنا براین در مناطقی مانند خوزستان، مغان و در اکثر مناطقی که دارای شبکه های آبیاری و زهکشی می باشند از طریق کنترل سطح ایستابی می توان ضمن کاهش اثر زیان بار زیستی، زه آب کشاورزی را نیز کاهش دهد. اما باید به مسئله تجمع نمک که معضل ایجاد شده در این روش است توجه گردد (نانکلی و همکاران، ۱۳۹۲).

با استفاده از آب زیرزمینی کم عمق می توان حتی از آب های شور زیرزمینی جهت تأمین نیاز آبی گیاه استفاده کرد. البته در اینجا باید به مسئله امکان شور شدن اراضی در اثر استفاده از آب شور زیرزمینی دقت نمود، که می توان با مدیریت زهکشی کنترل شده این مشکل را برطرف یا تعدیل نمود (تیشه زن، ۱۳۹۰؛ کریمی، ۱۳۹۰؛ گاوینگ و همکاران[3] ، ۲۰۰۹).

نوستو و همکاران[4] (۲۰۰۹) تأثیر متقابل گیاهان و آب زیرزمینی کم عمق را بررسی کردند. این تحقیق برای چند محصول از جمله ذرت به مدت دو فصل رشد انجام شد. نتایج نشان داد زمانی که سطح آب زیرزمینی پایین است محصول به شدت کاهش می یابد (تقریباً ۰/۰۵ کیلوگرم در مترمربع به ازای هر ۱۰ سانتی‌متر کاهش سطح آب زیرزمینی).

کریمی و ناصری (۱۳۹۱) به بررسی درصد مشارکت آب زیرزمینی در تامین نیاز آبی گیاه ذرت پرداختند. تیمارها شامل آب زیرزمینی در سه سطح شوری ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دسی زیمنس بر متر و آبیاری در دو سطح ۷۰ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی بودند. نتایج نشان داد در آبیاری ۷۰ درصد میزان مشارکت آب زیرزمینی در تأمین نیاز آبی گیاه در سطوح شوری ۲/۵، ۵ و ۷/۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۲۵، ۲۲/۰۹ و ۱۹/۷۱ درصد بود. همچنین در آبیاری ۱۰۰ درصد مقادیر فوق به ترتیب ۵/۲۸، ۴/۶۱ و ۳/۷۶ درصد بود. اختلاف مقادیر مذکور در تمام موارد در سطح پنج درصد معنی دار بود.

از طرفی می توان با ترکیب مناسب میزان کود نیترات و آبیاری در طول فصل رشد، ضمن افزایش کارآیی مصرف آب، آبشویی نیترات را از منطقه ریشه کنترل نمود (خرمیان، ۱۳۹۰؛ آیارز و همکاران، ۲۰۰۶؛ سینگ و همکاران، ۲۰۱۰).

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر هم زمان مدیریت کود و نیتروژن و آبیاری در حضور سطح ایستابی بر عملکرد گیاه ذرت و میزان کاهش آلودگی نیترات زه آب خروجی بوده است. از آنجایی که شرایط مزرعه به طور کامل قابل کنترل نیست در این تحقیق از لایسیمتر به عنوان محیط کشت استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

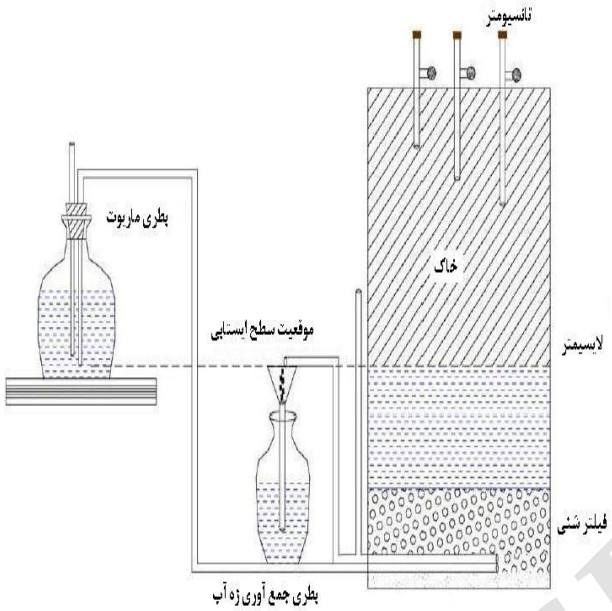
این تحقیق در مزرعه آزمایشی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. گیاه کشت شده در این تحقیق ذرت دانه ای بود که جزء کشت های متداول استان خوزستان محسوب می شود.

کشت ذرت به صورت بهاره و با تراکم کشت ۸۰ هزار بوته در هکتار (چهار عدد در هر لایسیمتر) در بهار ۱۳۹۲ انجام شد. البته در ابتدا ۱۶ بذر کاشته شد و نهایتاً پس از چند بار تنک شدن چهار بوته در لایسیمتر نگهداری شد (کریمی، ۱۳۹۰).

1- Du *et al.*
2- Wesstrom and Messing
3- Gowing *et al.*
4- Nosetto *et al.*

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمایی ساده از لایسیمتر (گاوینگ و همکاران، ۲۰۰۹)

جدول۱- اطلاعات هواشناسی شهرستان اهواز در دوره رشد ذرت (اسفند ۱۳۹۱ تا خرداد۱۳۹۲)

ماه	دمای حداقل (°c)	دمای حداکثر (°c)	مجموع تبخیر از تشتک (mm)	رطوبت نسبی متوسط (٪)	میزان بارندگی (mm)	حداکثر سرعت باد (m/s)
اسفند	۵	۳۵/۴	۱۶۲/۴	۴۹/۱	۲/۸	۱۲
فروردین	۷/۴	۳۷/۴۰	۲۴۸/۸	۳۹/۷	۴	۱۰
اردیبهشت	۱۱/۴	۴۱/۴۰	۳۱۲/۶	۴۲	۲۷/۲	۱۵
خرداد	۲۰/۴	۴۶/۰	۶۵۶/۸	۲۲/۴	۰	۱۶

جدول۲- ویژگی های خاک مورد آزمایش

عمق (cm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک	$\rho_b(g/cm^3)$	θv_{FC} (٪)	θv_{WP} (٪)
۰-۳۰	۲۲	۵۵	۲۳	لومی سیلتی	۱/۳۵	۳۴	۱۸
۳۰-۶۰	۲۱	۵۵	۲۴	لومی سیلتی	۱/۵۱	۳۳	۱۸

نوع رقم ذرت SC-Karoun-701 بود. برای کاشت ذرت از محیط قابل کنترل لایسیمتر استفاده شد.

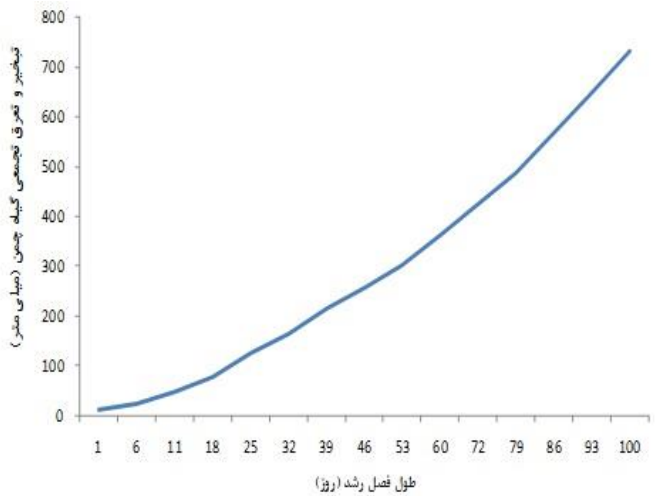
مشخصات لایسیمتر های مورد استفاده به صورت زیر است:

- قطر و عمق لایسیمتر ها به ترتیب ۰/۸ و ۱/۲ متر.
- جنس لایسیمترها از پلی اتیلن.
- در قسمت پایین لایسیمتر، جهت خروج زه آب از لایسیمتر، لوله زهکشی تعبیه شده است. اطراف این لوله به وسیله فیلتر زهکشی (شن و ماسه) پوشانده شد تا جریان آب به سادگی به سمت لوله زهکش حرکت کند و از گرفتگی منافذ لوله زهکش جلوگیری شود.
- سپس با رعایت دانه بندی بافت خاک مزرعه، درون لایسیمتر از خاک پر گردید.
- برای جلوگیری از ورود آب زمین های مجاور به درون لایسیمتر، لبه لایسیمتر حدود ۱۰ سانتی متر بالاتر از سطح زمین اطراف آن قرار گرفت.
- برای کاهش اثر واحه ای، در اطراف لایسیمتر ها کشت به صورت نوار های باریک صورت گرفت.
- در شکل (۱) نمای ساده از لایسیمتر مشاهده می‌گردد.

اطلاعات هواشناسی و خصوصیات خاک

برخی از اطلاعات هواشناسی مربوط به فصل کشت بهاره و خصوصیات خاک مورد استفاده در تحقیق در جدول‌های (۱) و (۲) مشاهده می گردد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- تبخیر و تعرق تجمعی چمن در طول فصل کشت

جدول۳- ضرایب گیاهی مورد استفاده در کشت بهاره

مرحله رشد	ابتدایی	رشد سریع	رسیدن اولیه	رسیدن نهایی
طول دوره (روز)	۲۵	۳۰	۳۰	۲۰
ضریب گیاهی	۰/۴۳ تا ۰/۵	۰/۵ تا ۱/۰	۱ تا ۱/۱۰	۱/۰۴ تا ۰/۷۵

تیمار های تحقیق

تیمار های مورد بررسی در این تحقیق شامل آب آبیاری و کود نیتروژن بود.

تیمار آبیاری شامل سه سطح آبیاری کامل (تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)، کم آبیاری متوسط (تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) و کم آبیاری شدید (تأمین۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) بود.

تیمار کود نیتروژن شامل سه سطح ۳۰۰، ۳۷۵ و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار (به صورت کود اوره با درصد نیترات ۴۶ درصد) به زمین داده شد.

نیتروژن از منبع کود اوره بر مبنای تجربیات کارشناسان منطقه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین کود نیترات در سه مرحله (به‌صورت تقسیط) قبل کشت، چهاربرگی شدن و آغاز گلدهی به خاک اضافه شد (کریمی، ۱۳۹۰).

اندازه گیری مقدار آب آبیاری

در این تحقیق برای محاسبه میزان تبخیر و تعرق گیاه ذرت از داده های لایسیمتری چمن (برای تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل) استفاده شد. گیاه چمن هر دو روز یکبار آبیاری شد تا گیاه دچار کمترین تنش و کمبود آبی نگردد. به این ترتیب تغییرات رطوبتی خاک بسیار ناچیز و تبخیر و تعرق چمن معادل تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع چمن گردید. با کسر مقدار زه آب خروجی از مقدار آب آبیاری داده شده به چمن مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شد. مقادیر تجمعی تبخیر و تعرق چمن در طول فصل کشت در شکل (۲) مشاهده می‌گردد.

برای تعیین ضرایب گیاهی مورد استفاده برآورد نیاز آبی گیاه ذرت از نشریه فائو ۵۶ استفاده شد. این ضرایب در جدول (۳) ارائه شده است و شامل چهار مرحله ابتدائی، رشد سریع، رسیدن اولیه و رسیدن نهایی و برداشت می‌باشند. در این جدول محدوده مقادیر ضریب گیاهی محاسبه شده در هر کدام از دوره های رشد آمده است.

در نهایت با اعمال ضریب گیاهی مقدار آب مصرفی گیاه به دست آمد. اولین آبیاری در تاریخ ۹ اسفند ۱۳۹۱ و آخرین آبیاری در تاریخ ۱۷ خرداد ۱۳۹۲ انجام شد. در جدول (۴) مقادیر آب آبیاری در هر دور آبیاری ارائه شده است

سطح ایستابی

از آنجا که در خوزستان آب زیرزمینی در اکثر مناطق نزدیک سطح زمین می باشد، برای شبیه سازی آب زیر زمینی کم عمق (سطح ایستابی در عمق ۷۰ سانتی متری) از بطری ماریوت ۳۰ لیتری استفاده شد. این عدد بر مبنای تحقیقات پیشین به دست آمد (کریمی، ۱۳۹۰).

طرح آماری

این تحقیق به صورت فاکتوریل، در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد، که ترکیب تیمارها در طرح آماری در جدول (۵) آمده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- مقادیر آب آبیاری در هر دور آبیاری

شماره آبیاری	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ارتفاع آب آبیاری (میلی‌متر)	۳۰	۳۰	۲۰	۲۰	۲۴	۳۲	۳۶	۴۰
شماره آبیاری	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	–
ارتفاع آب آبیاری (میلی‌متر)	۴۴	۶۰	۴۰	۶۸	۸۰	۸۰	۷۶	–

جدول ۵- ترکیب تیمارهای طرح آماری

درصد آبیاری	مقادیر کود نیترات (kg/ha)		
	N_3= ۳۰۰	N_2= ۳۷۵	N_1= ۴۵۰
I_1= ۱۰۰	$I_{100}N_{300}$	$I_{100}N_{375}$	$I_{100}N_{450}$
I_2= ۷۵	$I_{75}N_{300}$	I_{75} N_{375}	I_{75} N_{450}
I_3= ۵۰	$I_{50}N_{300}$	I_{50} N_{375}	I_{50} N_{450}

برای مقایسه تیمارهای تحقیق (که دارای سطح ایستابی ثابت هستند) با زهکشی آزاد، از یک تیمار آبیاری کامل، با کود نیترات معمول منطقه (۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) با سه تکرار استفاده شد که فاقد سطح ایستابی بود.

برخی روابط مهم استفاده شده در این تحقیق: مهم ترین روابط ریاضی مورد استفاده در این تحقیق به شرح زیر است:

الف) بهره وری آب آبیاری[1]: بر اساس این‌که بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک[2] (B) یا برای عملکرد دانه[3](Y) محاسبه گردد از رابطه (۱) یا (۲) استفاده شد:

$$WP_{(IR)B} = (B/IR) \quad (۱)$$

$$WP_{(IR)Y} = (Y/IR) \quad (۲)$$

$WP_{(IR)}$: بهره وری آب آبیاری (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر)
B و Y: مقدار ماده خشک و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
IR: مقدار آب آبیاری (میلی‌متر)

ب) شاخص برداشت[4]: این شاخص که در زمینه مقایسه عملکرد محصول نقش مهمی دارد از رابطه (۳) محاسبه شد:

$$HI = (Y/B) \quad (۳)$$

HI: شاخص برداشت (بدون بعد) (خرمیان، ۱۳۹۰).

ج) بیلان آبی: بیلان آبی و اجزاء آن در رابطه (۴) ارائه شده است:

$$ET_a = P + I \pm \Delta S - D + R_C \pm R \quad (۴)$$

در رابطه بالا، ET_a : تبخیر و تعرق واقعی گیاه، P : مقدار بارندگی، I : مقدار آب آبیاری، ΔS : تغییرات رطوبت خاک، D: مقدار زه آب خروجی، R_C : صعود موئینگی و R: مقدار رواناب است. مقدار زه آب خروجی با کمک بطری های ۲۰ لیتری که در زیر خروجی لایسیمتر قرار دارد اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار صعود موئینگی در هر دور آبیاری با کمک بطری ماریوت تعبیه شده در زیر لایسیمتر محاسبه گردید. در حقیقت میزان کاهش آب بطری ماریوت نسبت به سطح اولیه در هر دور آبیاری برابر صعود موئینگی بود. از طرفی مقدار ΔS (تغییرات رطوبت) نیز در طول فصل رشد نسبت به سایر پارامترهای موجود بسیار ناچیز است.

نتایج و بحث

تحلیل نتایج طرح آماری

الف) صفات اندازه گیری شده در ذرت: همان طور که در جدول (۶) مشاهده می گردد نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده این است که اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر روی ماده خشک و ارتفاع نهایی بوته، به ترتیب در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل دو تیمار بر وزن هزار دانه معنی دار نبود.

با بررسی مقایسه میانگین ها با کمک آزمون دانکن نتایج مطابق جدول (۷) به دست آمد.

1- Water Productivity
2- Biomass
3- Yield
4- Harvest Index

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- میانگین مربعات صفات مورد بررسی تحت تأثیر دو تیمار آبیاری و کود نیتروژن

منابع تغییرات	درجه آزادی	ماده خشک	وزن هزار دانه	ارتفاع نهایی بوته
تکرار	۲	۰/۰۷۷ ns	۱۹/۷۹۳ ns	۳/۳۴۴ ns
آبیاری	۲	۵/۸۱**	۸۶۰/۵۵**	۲۶۵۷/۷۲**
کود نیتروژن	۲	۱/۲۶**	۲۸۲/۶۴**	۲۵۳/۸**
آبیاری و کود	۴	۰/۲۱۱*	۱۱/۴۴ ns	۳۰/۵۱**
خطا	۱۶	۰/۰۷۲	۲۶/۰۶	۵/۸۱
CV(درصد)	–	۱/۸۸	۲/۳۹	۱/۴۸

ns،* و ** : به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح پنج و یک درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات برای اثر متقابل سطوح آبیاری و کود نیتروژن

مقدار آبیاری	مقدار نیتروژن	ماده خشک (t/ha)	ارتفاع نهایی بوته (cm)
I_{100}	N_{450}	۱۵/۴۳۰ a	۱۸۹/۳ a
	N_{375}	۱۵/۰۶۰ ab	۱۷۶/۵ b
	N_{300}	۱۴/۸۹۰ b	۱۷۳/۲ b
I_{75}	N_{450}	۱۴/۹۰۰ b	۱۶۴/۷ c
	N_{375}	۱۴/۱۱۰ c	۱۶۲/۸ c
	N_{300}	۱۳/۵۶۰ d	۱۵۹ c
I_{50}	N_{450}	۱۳/۷۰۰ cd	۱۵۰/۱ d
	N_{375}	۱۳/۵۴۰ d	۱۴۵/۵ de
	N_{300}	۱۳/۳۵۰ d	۱۴۰/۳۴ e

اعداد دارای حرف مشترک در هر ستون، طبق آزمون دانکن، در سطح پنج درصد تفاوت معنی دار ندارند.

همچنین اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود نیتروژن بر میزان ماده خشک تولید شده گیاه در سطح یک درصد معنی دار بود. بیشترین مقدار ماده خشک ۱۵/۴۳۰ (تن در هکتار) در تیمار I_{100} N_{450} و کمترین مقدار ۱۳/۳۵۰ (تن در هکتار) در تیمار I_{50} N_{300} مشاهده شد.

علت این مسئله می تواند تأمین همزمان نیاز آبی گیاه و ماده غذایی(کود) به مقدارکافی در تیمار I_{100} N_{450} نسبت به تیمار I_{50} N_{300} باشد. همچنین با افزایش مقدار آب آبیاری و کود نیتروژن میانگین ارتفاع اندازه گیری شده در گیاه ذرت افزایش یافت. بیشینه مقدار ارتفاع نهایی بوته ۱۸۹/۳ سانتی متر، مربوط به I_{100} N_{450} بود. همچنین کمترین ارتفاع نهایی بوته ۱۴۰/۳ سانتی متر، مربوط به I_{50} N_{300} بود.

همین طور در سطح کود نیتروژن ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار با کاهش مقدار آب داده شده به گیاه از ۱۰۰ به ۷۵ و ۵۰ درصد، ارتفاع نهایی بوته به ترتیب ۱۳ و ۲۱ درصد کاهش داشت. احتمالا علت این امر بدین صورت است که با کاهش مقدار آب آبیاری گیاه دچار تنش آبی می شود که مقدار آن در آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب به صورت ملایم و شدید اثر خود را نشان می دهد. از طرفی در اثر کاهش میزان آب آبیاری میزان تبخیر و تعرق گیاه کاهش یافته و در نتیجه باعث اثر منفی بر خصوصیات و صفات فیزیکی گیاه و کاهش آن می شود.

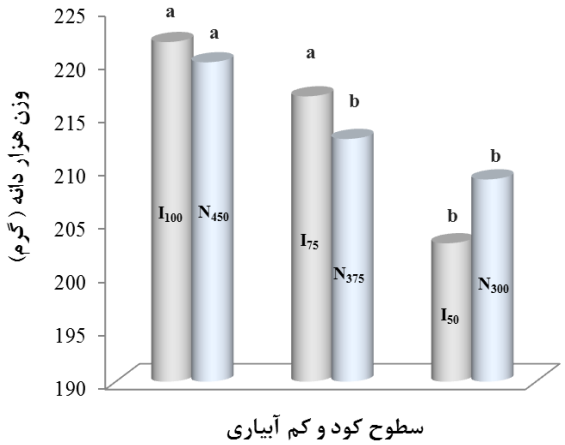
همچنین مطابق جدول (۷)، با کاهش مقدار کود از ۴۵۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد، ارتفاع نهایی بوته از ۱۸۹/۳ به ۱۷۳/۲ سانتی متر کاهش می یابد. پس در مورد تیمار کود نیتروژن نیز، با افزایش مقدار کود افزایش رشد و خصوصیات فیزیکی گیاه مشاهده شد که این نتایج با تحقیقات خرمیان (۱۳۹۰) مطابقت داشت.

مطابق جدول (۵) اثر متقابل آبیاری و کود بر وزن هزار دانه معنی دار نبود اما اثر جداگانه آبیاری و کود نیتروژن بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی دار بودند.

در شکل (۳) تغییرات وزن هزار دانه در سطوح مختلف کم آبیاری و کود نیتروژن نشان داده شده است. بیشترین مقدار وزن هزار دانه ۲۲۱/۹ گرم و کمترین مقدار ۲۰۳ گرم به ترتیب مربوطه به تیمار I_{100} و I_{50} بود. همان طور که در شکل مشاهده می گردد با کاهش آب آبیاری، در اثر تنش آبی ایجاده شده مقدار وزن هزار دانه کاهش یافت.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- مقایسه وزن هزار دانه در سطوح مختلف کم آبیاری و کود نیتروژن

جدول ۸- میانگین مربعات (عملکرد و شاخص های مهم) تحت تأثیر دو تیمار آبیاری و کود نیتروژن

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	بهره وری آب آبیاری برای عملکرد دانه	بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۳۴۶*	۱/۰۷۶ *	۰/۳۴ ns	۰/۰۰۲ *
آبیاری	۲	۲/۸۴۷**	۲۶/۰۳**	۳۰۳/۴۱**	۰/۰۰۴**
کود نیتروژن	۲	۰/۹۵۰**	۳/۳۱**	۴/۴۱**	۰/۰۰۱*
آبیاری و کود	۴	۰/۰۵۸ns	۰/۱۶۵ ns	۰/۷۰۴*	۰/۰۰۰۱ ns
خطا	۱۶	۰/۰۷۴	۰/۲۸۶	۰/۲۴	۰/۰۰۰۱
CV(درصد)	-	۴/۹۱	۵/۰۵	۱/۷۹	۵/۱۰

ns،* و ** : به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح پنج و یک درصد

همچنین مطابق شکل (۳)، با کاهش کود مصرفی، وزن هزار دانه با شیب ملایم تری نسبت به روند مشاهده شده در آبیاری کاهش یافت. این نشان دهنده حساسیت بیشتر ذرت نسبت به کم آبیاری می باشد.

با کاهش مقدار کود از ۴۵۰ به ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار چهار درصد کاهش وزن هزار دانه مشاهده شد. حال آن که در کاهش کود از ۳۷۵ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، حدود یک درصد کاهش وزن هزار دانه مشاهده شد. پس مطابق نتایج، تفاوت مقادیر N_{375} و N_{300} غیر معنی دار است و می توان توصیه نمود بین این دو مقدار، مقدار کمتر استفاده شده تا خطر آلودگی آب های سطحی به نیترات نیز کاهش یابد.

ب) عملکرد و شاخص های مهم تحقیق

مطابق جدول (۸) اثر متقابل آبیاری و کود نیتروژن بر بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک در سطح یک درصد معنی دار و بر عملکرد دانه، ، بهره وری آب آبیاری برای عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی دار نبود. بنا براین برای مقایسه میانگین صفات بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک از آزمون دانکن استفاده شد.

همان طور که در جدول (۹) مشاهده می گردد بیشترین و کمترین مقدار بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک،۳۴/۲۴ و ۲۲ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر) به ترتیب مربوط به N_{450} I_{50} و $I_{100}N_{300}$ بود. در توجیه این مطلب می توان به رابطه ریاضی سازنده این شاخص اشاره نمود (رابطه ۱).

واضح است برای تولید مقدار مشخصی از ماده خشک نیاز به افزایش آب آبیاری وجود دارد. از آنجایی که در مخرج رابطه (۱) مقدار آب آبیاری قرار دارد و تغییرات آب آبیاری (در سطوح مختلف تیمار آبیاری) نسبت به تغییرات ماده خشک تولید شده به مراتب بیشتر است پس شاخص بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک کاهش می یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

واضح است برای تولید مقدار مشخصی از ماده خشک نیاز به افزایش آب آبیاری وجود دارد. از آنجایی که در مخرج رابطه (۱) مقدار آب آبیاری قرار دارد و تغییرات آب آبیاری (در سطوح مختلف تیمار آبیاری) نسبت به تغییرات ماده خشک تولید شده به مراتب بیشتر است پس شاخص بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک کاهش می یابد. همچنین در تیمار I_{50} مشاهده شد با کاهش مقدار کود، بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک کاهش یافت، که این تفاوت معنی دار نبود.

شاخص برداشت، عملکرد دانه و بهره وری آب آبیاری برای عملکرد دانه از مهمترین خصوصیات و شاخص های کاربردی محصول می باشند.

چون اثر متقابل آبیاری و کود در این موارد معنی دار نبود به بررسی اثرات جداگانه هرکدام بر این خصوصیات پرداخته شد (جدول ۱۰).

مطابق جدول (۱۰)، مقادیر شاخص برداشت با کاهش آب آبیاری و کود نیتروژن به طور معنی دار به ترتیب در سطح یک و پنج درصد کاهش یافت. دلیل این کاهش را می توان در رابطه ریاضی شاخص برداشت جستجو کرد (رابطه ۲).

مقدار عملکرد دانه در صورت کسر قرار دارد که مطابق جدول (۱۰) با کاهش آب آبیاری و کود نیتروژن، عملکرد دانه کاهش یافت و در نتیجه مقدار شاخص برداشت نیز کاهش یافته است. این نتایج مشابه نتایج برخی تحقیقات گذشته مانند آذری و همکاران (۱۳۸۶) و خرمیان (۱۳۹۰) بود.

همچنین مشاهده شد با کاهش مقدار آب آبیاری، عملکرد دانه به صورت معنی دار (در سطح یک درصد) کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه مربوط به I_{100} با ۶/۰۴۹ (تن در هکتار) و کمترین مقدار مربوط به I_{50} با ۴/۹۳۶ (تن در هکتار) بود. همین طور با افزایش میزان کود نیتروژن از N_{300} به N_{450} بیش از ۱۲ درصد افزایش در عملکرد دانه مشاهده شد. در شکل (۴) تغییرات عملکرد دانه در سطوح مختلف آبیاری ارائه شده است.

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات برای اثر متقابل سطوح آبیاری و کود نیتروژن

مقدار آبیاری	مقدار نیتروژن	بهره وری آب آبیاری برای ماده خشک ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)
I_{100}	N_{450}	۲۲/۸۱ e
	N_{375}	۲۲/۲۵ e
	N_{300}	۲۲/۰۰ e
I_{75}	N_{450}	۲۷/۷۸ b
	N_{375}	۲۶/۳۱ c
	N_{300}	۲۵/۲۸ d
I_{50}	N_{450}	۳۴/۲۴ a
	N_{375}	۳۳/۸۴ a
	N_{300}	۳۳/۳۶ a

حرف مشترک در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

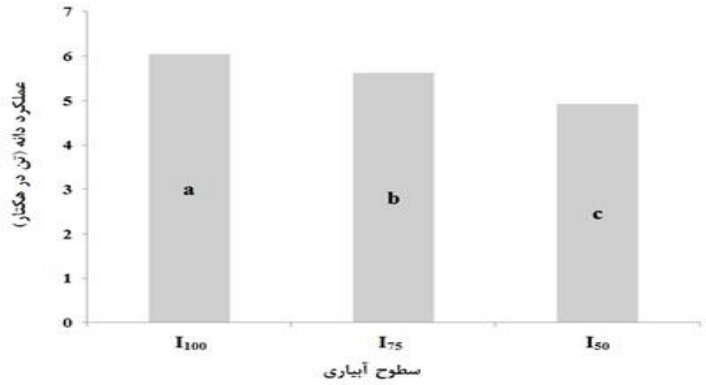
جدول ۱۰- میانگین صفات برای سطوح آبیاری و کود

تیمار	شاخص برداشت	عملکرد دانه (t/ha)	بهره وری آب آبیاری (عملکرد دانه) ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)
I_{100}	۰/۴۰ a	۶/۰۴۹ a	۸/۹۳۹ c
I_{75}	۰/۳۹ a	۵/۶۳۲ b	۱۰/۴۹ b
I_{50}	۰/۳۶ b	۴/۹۳۶ c	۱۲/۳۴ a
N_{450}	۰/۴۰ a	۵/۸۸۸ a	۱۱/۲۴ a
N_{375}	۰/۳۸ ab	۵/۴۸۴ b	۱۰/۴۹ b
N_{300}	۰/۳۷ b	۵/۲۴۵ b	۱۰/۰۴ b

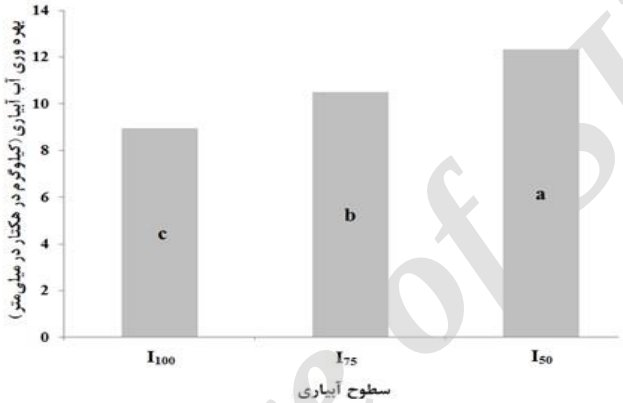
اعداد دارای حرف مشترک در هر ستون، طبق آزمون دانکن، در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- مقایسه عملکرد دانه در سه سطح آبیاری



شکل ٥- مقایسه تغییرات بهره وری آب آبیاری درسطوح مختلف آبیاری

دلیل این تغییرات، احتمالاً مربوط به کاهش آبی است که در اختیار گیاه قرار می گیرد و در نتیجه تبخیر و تعرق کاهش یافته و تنش آبی به گیاه اعمال شد و در نهایت کاهش ارتفاع گیاه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و سایر خصوصیات فیزیکی گیاه را سبب شده است. همچنین مشابه این روند در مورد کود نیتروژن مشاهده شد (جدول ۱۰).

شاخص بهره وری آب آبیاری برای عملکرد دانه یکی از مهمترین شاخص های کاربردی است که نشان دهنده نسبت عملکرد محصول به آب آبیاری است. اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر این شاخص در سطح یک درصد معنی دار بود. با افزایش آب آبیاری کاهش این شاخص مشاهده شد. بیشترین مقدار شاخص ۱۲/۳۴۰ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر) مربوط به تیمار I_{50} و کمترین مقدار آن ۸/۹۳۹ (کیلوگرم در هکتار در میلی‌متر) مربوط به تیمار I_{100} بود. در شکل (۵) نیز این تغییرات به صورت نمودار ارائه گردید. علت این امر با توجه به اهمیت بیشتر تغییرات آب آبیاری در رابطه ریاضی این شاخص قابل توجیه است (رابطه ۲).

به عبارتی دیگر، کاهش آب آبیاری (مخرج کسر)، باعث بالا رفتن شاخص بهره وری آب آبیاری می شود و حتی اثر کاهش مقدار محصول (صورت کسر) را خنثی کرده و مقدار نهایی شاخص بهره وری آب آبیاری افزایش داشت. از طرفی با افزایش مقدار کود (و ثابت بودن مقدار آب آبیاری) عملکرد دانه افزایش یافته و شاخص به طور کلی افزایش یافت.

مقایسه اثر کنترل سطح ایستابی و زهکشی آزاد بر عملکرد و اجزای آن

در این تحقیق علاوه بر ۲۷ لایسیمتری که برای آزمایش در شرایط سطح ایستابی ثابت استفاده شد، سه لایسیمتر با زهکشی آزاد (آبیاری کامل و کود نیتروژن ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) نیز برای مقایسه با مدیریت سطح ایستابی مورد استفاده قرار گرفت. در جدول (۱۱) عملکرد و برخی اجزای عملکرد در شرایط زهکشی آزاد و مدیریت سطح ایستابی (آبیاری کامل و کود نیتروژن ۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) ارائه شده است. همان طور که در جدول (۱۱) مشاهده می‌گردد با مدیریت سطح ایستابی وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ماده خشک تولیدی نسبت به زهکشی آزاد افزایش یافت. مطابق جدول وزن هزار دانه، عملکرد دانه و ماده خشک به ترتیب ۲/۰۴، ۶/۶۰ و ۴ درصد نسبت به زهکشی آزاد افزایش یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱- مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد بین مدیریت سطح ایستابی و زهکشی آزاد

تیمار	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (t/ha)	ماده خشک (t/ha)
زهکشی آزاد	۲۱۵	۵/۵۴۳	۱۴/۵
مدیریت سطح ایستابی	۲۱۹/۴	۵/۹۰۹	۱۵/۰۶

علت این افزایش در عملکرد و اجزای عملکرد می‌تواند استفاده تیمار آبیاری کامل از آب زیرزمینی (به خصوص در انتهای دور آبیاری که تنش آبی به تدریج شروع می‌گردد) باشد. هر چند این استفاده در مقایسه با تیمارهای کم آبیاری اندک است اما باز هم باعث افزایش میزان تبخیر و تعرق و عملکرد می‌گردد. دلیل دیگری که ممکن است باعث افزایش عملکرد نسبت به زهکشی آزاد شده باشد کاهش زه آب خروجی و جذب بیشتر نیتروژن و افزایش رشد است. نانکلی و همکاران (۱۳۹۲) افزایش عملکرد دانه گندم را تا دو برابر در زهکشی کنترل شده نسبت به زهکشی آزاد گزارش دادند. البته در استفاده از آب زیرزمینی معمولا بحث تجمع و انتقال نمک و املاح به سطح خاک مطرح است که این مشکل هم با آبشویی سالانه به راحتی قابل حل می‌باشد (کریمی، ۱۳۹۰).

بنا براین مطابق تحقیق حاضر با مدیریت سطح ایستابی می‌توان ضمن افزایش عملکرد شاهد کاهش زه آب خروجی و در پی آن کاهش آلاینده های وارد شده به منابع آب زیرزمینی و سطحی بود.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق به طور کلی نشان داد آبیاری کامل (۱۰۰ درصد تامین نیاز آبیاری) بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد را به همراه داشت. همین طور مقدار کود نیتروژن تأثیر معنی دار در سطح یک درصد در افزایش میزان عملکرد، ماده خشک و ارتفاع نهایی بوته داشت.

تأثیر متقابل درصد آبیاری و کود نیتروژن نیز بر میزان ماده خشک، ارتفاع نهایی بوته و بهره وری آب آبیاری (برای ماده خشک) به ترتیب در سطح پنج، یک و پنج درصد معنی دار بود. بیشترین عملکرد دانه (۶/۰۴۹ تن در هکتار) و ارتفاع نهایی بوته (۱۸۹/۳ سانتی متر) مربوط به تیمار I_{100} N_{450} بود. همچنین مقایسه نتایج زهکشی آزاد و مدیریت سطح ایستابی بیانگر افزایش ۶/۶ درصد عملکرد محصول نسبت زهکشی آزاد بود. علت این افزایش می‌تواند امکان دسترسی راحت گیاه به آب (آب زیرزمینی) باشد که باعث می‌شود روزنه ها بیشتر باز بود و تبخیر و تعرق گیاه افزایش یافته و بالتبع میزان عملکرد افزایش یابد.

همچنین دلیل دیگر می‌تواند تنش های آبی که معمولا در روزهای انتهایی دور آبیاری به گیاه وارد می‌شود (هر چند ناچیز) باشد که در مورد مدیریت سطح ایستابی ریشه گیاه از آب زیرزمینی تغذیه کرده و تنش به حداقل ممکن می‌رشد و افزایش عملکرد نسبت به زهکشی آزاد را در پی دارد.

به طور کلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد می‌توان با مدیریت صحیح آب آبیاری و کود نیتروژن (در حضور آب زیر زمینی کم عمق) ضمن کاهش زه آب ورودی به آب های سطحی و زیرزمینی، افزایش عملکرد محصول را نیز مشاهده کرد.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از قطب علمی مدیریت بهره‌برداری از شبکه های آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین بخشی از امکانات و هزینه مالی این تحقیق تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

۱- آذری، ا.، برومند نسب، س.، بهزاد، م. و م. معیری. ۱۳۸۶. بررسی عملکرد گیاه ذرت در روش آبیاری قطره ای (T-Tape). مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳۰ (۲): ۸۷- ۸۱.

۲- اردلان، و.، آقایاری، ف.، پاک نژاد، ف.، صادقی، م.، اسماعیل زاده، ش. و ز. فاطمی. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش کم آبیاری و شیوه های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم ذرت. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۸ (۳): ۱۸۹- ۱۷۵.

۳- تیشه زن، پ. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات شوری ناحیه ریشه تحت شرایط سطح ایستابی و کاربرد خاکپوش و مالچ، در مرحله گیرایی نهال خرما. پایان نامه دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

Archive of SID
www.SID.ir

۴- خرمیان، م. ۱۳۹۰، شبیه سازی اثر مقادیر آب و نیتروژن بر حرکت نیترات در خاک و عملکرد ذرت دانه ای در دو روش خاک ورزی. پایان نامه دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵- سلطانی محمدی، ا. ۱۳۹۰. مدیریت آبیاری ذرت در مراحل مختلف رشد تحت تنش کم آبیاری و شوری در شرایط اقلیمی اهواز. پایان نامه دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۶- کریمی، غ. ح. ۱۳۹۰، بررسی میزان مشارکت آب زیرزمینی کم عمق با شوری های مختلف در تأمین نیاز آبی و عملکرد گیاه ذرت. پایان نامه دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۷- کریمی، غ. ح. و ع. ع. ناصری. ۱۳۹۱. بررسی میزان مشارکت آب زیرزمینی کم عمق با شوری های مختلف در تأمین نیاز آبی و عملکرد گیاه ذرت. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۳ (۱): ۴۳- ۳۱.

۸- نانکلی، س.، مشعل، م.، میرزایی، ف. و م. قربانی جاوید. ۱۳۹۲. تأثیر زهکشی کنترل شده بر کمیت و کیفیت زهآب های کشاورزی و افزایش کارآیی مصرف کود نیتروژنه. چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۶ الی ۸ اسفند.

9- Ayars, J. E., Christen, E. W. and J. W. Hornbuckle. 2006. Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. Agricultural Water Management, 86: 128-139.

10- Du, T., Kang, Sh., Sun, J., Zhang, X. and J. Zhang. 2010. An improved water use efficiency of cereals under temporal and spatial deficit irrigation in north China. Agricultural Water Management, 97: 66–74.

11- Gowing, J. W., Rose, D. A. and H. Ghamarnia. 2009. The effect of salinity on water productivity of wheat under deficit irrigation above shallow groundwater. Agricultural Water Management, 96: 517-524.

12- Nosetto , M. D., Jobbagy, E. G., Jackson, R. B. and G. A. Sznaider. 2009. Reciprocal influence of crops and shallow ground water in sandy landscapes of the Inland Pampas. Field Crops Research, 113: 138–148.

13- Singh, Y., Rao, S.S. and P. L. Regar. 2010. Deficit irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in shallow soils of semi-arid environment. Agricultural Water Management, 97: 965–970.

14- Wesstrom, I. and I. Messing. 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.

Archive of SID

www.SID.ir