مدیریت آب و آبیاری
دوره ۸ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۳۳۵-۳۲۱

اثر عمق نصب لوله‌های قطره‌چکان‌دار و مقدار زئولیت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت

سروش محرابیان[۱]، عبدعلی ناصری[۲*]، عبدالرحیم هوشمند[۳]، موسی مسکرباشی[۴]

۱. دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲. استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳. دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۴. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰

چکیده

استفاده از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و کابرد مواد جاذب رطوبت مانند زئولیت سبب افزایش ماندگاری آب در خاک می‌شود. به‌همین دلیل بر عملکرد و بهره‌وری آب گیاهان زراعی می‌تواند مؤثر باشد. به‌منظور ارزیابی مطالعه همزمان اثر عمق لوله‌های آبده و کاربرد زئولیت بر محصول ذرت، تحقیقی در دو فصل زراعی: کشت اول در اسفند ۱۳۹۵ تا اواسط تیر ماه ۱۳۹۶ (T1) و کشت دوم از اواسط تیرماه ۱۳۹۶ تا اواخر آبان‌ماه ۱۳۹۶ (T2) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت بلوک‌های خردشده نواری انجام شد. در این تحقیق دو تیمار مقدار زئولیت در سه سطح (صفر: Z0، پنج: Z1 و ده: Z2 درصد) و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در سه عمق (۱۰: D1، ۲۰: D2 و ۳۰: D3 سانتی‌متر) و با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که عمق نصب لوله‌های قطره‌چکان‌دار بر زیست‌توده، درصد نیتروژن و درصد پروتئین دانه و مقدار زئولیت بر عملکرد دانه، زیست‌توده، درصد نیتروژن و درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشتند (P-Value≤0.05). اثر متقابل مقدار زئولیت و عمق نصب لوله بر شاخص سطح برگ، درصد نیتروژن دانه و درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشتند (P-Value≤0.05). بیشترین عملکرد دانه و بالاترین بهره‌وری آب در ترکیب تیماری D3Z3 و بیشترین مقدار زیست‌توده در تیمارهای D2Z3 و D3Z3 مشاهده شد. برهمکنش کلیه تیمارها نشان داد که تیمارهای T1D3Z2، T1D3Z3 و T2D3Z3 بیشترین عملکرد دانه و تیمارهای T1D2Z3 و T2D2Z3 بیشترین زیست‌توده را داشتند. بیشترین درصد پروتئین در تیمار D2Z3 و بیشترین درصد نیتروژن در تیمارهای D2Z3 و D3Z3 به‌دست آمد. با جمع‌بندی نتایج، تیمار D3Z3 به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار از نظر عملکرد دانه، بهره‌وری آب، زیست‌توده و کیفیت دانه به‌دست آمد. به‌همین دلیل کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متر و کاربرد زئولیت در مقدار ۱۰ درصد برای کشت ذرت در شرایط استان خوزستان پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: پروتئین دانه، زئولیت کلسیک، عمق لوله آبده، بهره‌وری آب، نیتروژن دانه.

* نویسنده مسئول
Email: abdalinaseri@yahoo.com

مقدمه

ذرت از جمله غلات مهم است که در زمینه‌های صنعت و تغذیه بسیار مورد توجه قرار گرفته است؛ به طوری که پس از گندم پرمصرف‌ترین غله محسوب می‌شود (۱۶). عملکرد و کیفیت دانه این گیاه همانند سایر گیاهان زراعی تحت تأثیر مقدار و نحوه دسترسی به آب آبیاری دستخوش تغییر می‌شود (۱۷) به طوری که حتی کاهش بیش از ۵۰ درصد عملکرد نیز در شرایط عدم تأمین نیاز آبی نیز ممکن است (۲۰). بنابراین، با توجه به وضعیت منابع آب در کشور و نیاز رشد افزون جمعیت می‌بایست نسبت به افزایش عملکرد این گیاه و بهبود بهره‌وری آب تمهیداتی اندیشیده شود.

استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، یکی از راهکارهای کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی می‌باشد (۱۳). در این سیستم آب آبیاری به‌صورت مستقیم در اختیار ریشه گیاهان قرار گرفته و تلفات تبخیر و رواناب به حداقل می‌رسد (۱۸). با این وجود، تعیین نحوه کارگذاری لاترال‌ها و قطره‌چکان‌ها در اطراف ریشه گیاهان همچنان یکی از دغدغه‌های این روش محسوب می‌شود. به همین دلیل تحقیقاتی تاکنون در این زمینه انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعات صداقتی و همکاران اشاره کرد (۷). این محققان به بررسی دو عمق نصب ۳۰ و ۵۰ سانتی‌متر در آبیاری قطره‌ای در گیاه پسته پرداختند. نتایج این محققان نشان داد که بهره‌وری آب در عمق ۳۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۵۰ سانتی‌متر بود. دوسانتوس و همکاران نیز با بررسی عمق کارگذاری لاترال‌ها در آبیاری قطره‌ای در دو عمق ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متری برای گیاه نیشکر به این نتیجه رسیدند که عمق نصب ۲۰ سانتی‌متر بهترین بهره‌وری آب را داشت (۱۴). وادار و سوبایا عملکرد بامیه تابستانی را تحت تأثیر اعماق مختلف لوله‌های آبده بررسی کردند (۱۹). این محققان نشان دادند که عمق کارگذاری ۱۵ سانتی‌متر، نسبت به دو عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر، اثر بیشتری بر افزایش عملکرد این گیاه داشت. در تحقیقی دیگر، بوزکورت و منصور اوغلو به بررسی اثر اعماق مختلف لوله‌های قطره‌چکان‌دار بر عملکرد کاهو پرداختند (۱۲). این محققان نشان دادند که بیشترین عملکرد در عمق آبیاری ۱۰ سانتی‌متر به دست آمد.

از جمله دیگر راهکارهای ارائه‌شده برای افزایش عملکرد و بهره‌وری آب، می‌توان به کاربرد زئولیت اشاره کرد (۱). این کانی به وفور و به‌صورت ارزان در کشور ما وجود دارد. با توجه به خصوصیات کانی، تحقیقات متعددی روی آن به‌منظور افزایش بهره‌وری آب و عملکرد محصولات زراعی تاکنون انجام شده است. به‌عنوان مثال، مدنی و همکاران با بررسی اثر مقادیر مختلف زئولیت و دور آبیاری بر عملکرد و برخی صفات سیب‌زمینی نشان دادند که کاربرد ۳ تن در هکتار زئولیت سبب افزایش عملکرد محصول شد (۱۱). فرمهینی‌فراهانی و همکاران در تحقیقی به بررسی اثر تنش کم‌آبی و کاربرد مواد جاذب رطوبت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم پاییزه در اراک پرداختند (۱۰). تیمارهای مورد استفاده این محققان شامل آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد) نیاز آبی گیاه، مصرف مواد جاذب رطوبت در شش سطح (شاهد، کود دامی ۳۰ تن در هکتار، کود دامی ۱۵ تن در هکتار+ ٤ تن زئولیت در هکتار، کود دامی ۱۵ تن در هکتار+ ۲ تن بنتونیت در هکتار، ۲ تن بنتونیت در هکتار و کود دامی ۱۵ تن در هکتار+ ٤ تن زئولیت در هکتار+ ۲ تن بنتونیت در هکتار) بود. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف زئولیت به‌همراه کود دامی می‌تواند عملکرد گندم را افزایش دهد. در تحقیقی وو و همکاران به بررسی اثر زئولیت و نیتروژن بر عملکرد برنج در کشور چین پرداختند (۱۰). در این تحقیق سه سطح مختلف

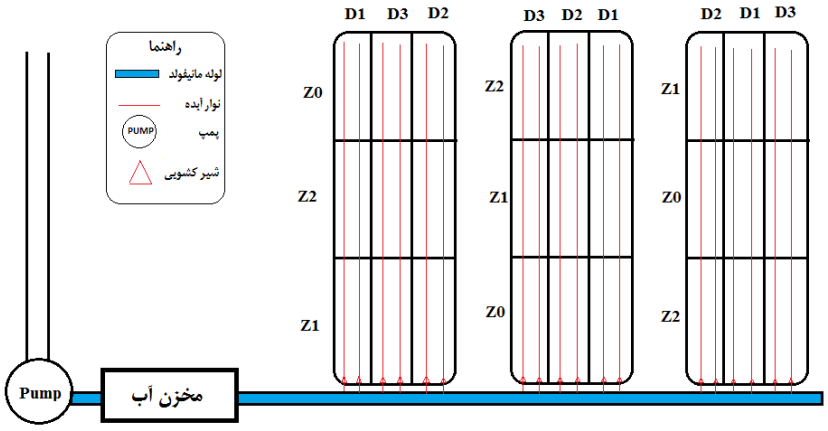
زئولیت (شامل صفر، ۷۵۰۰ و ۱۵۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار) و نیتروژن در سه سطح (صفر، ۷۸/۷۵ و ۱۵۷/۵ کیلوگرم در هکتار) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد زئولیت به‌همراه نیتروژن سبب افزایش عملکرد و برخی اجزای عملکرد برنج شد. بای‌بوردی به بررسی اثر زئولیت و محلول‌پاشی سلنیوم و سیلیسیوم بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک کلزا تحت شرایط تنش شوری پرداخت (۳). این محقق تیمار زئولیت را در سطوح صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار در این تحقیق مورد استفاده قرار داد. نتایج تحقیقات وی نشان داد که کاربرد زئولیت اثر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد بررسی از جمله عملکرد و کیفیت این گیاه داشت.

استان خوزستان یکی از مهم‌ترین مراکز کشت ذرت در ایران می‌باشد. به دلایل مختلف، تأمین نیاز آبی محصولات در این استان در سال‌های اخیر دستخوش مشکلاتی شده است. به‌همین دلیل نیاز است تا توجه بیشتری به افزایش بهره‌وری آب و افزایش عملکرد جهت تأمین نیاز غذایی جمعیت روزافزون شود. با توجه به سابقه تحقیق، تاکنون مطالعه‌ای در خصوص مطالعه همزمان اثر عمق لوله‌های آبده و کاربرد زئولیت بر محصولات زراعی انجام نشده است. بنابراین؛ این مطالعه به‌منظور دستیابی به این هدف انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز و در دو فصل زراعی انجام شد. کشت اول در اسفند ۱۳۹۵ تا اواسط تیرماه ۱۳۹۶ و کشت دوم از اواسط تیرماه ۱۳۹۶ تا اواخر آبان‌ماه ۱۳۹۶ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به‌صورت بلوک‌های خردشده نواری انجام شد. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل مقدار زئولیت در سه سطح (صفر: Z0، پنج: Z1 و ده: Z2 درصد) و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در سه عمق (۱۰: D1، ۲۰: D2 و ۳۰: D3 سانتی‌متر) با سه تکرار بود. انتخاب مقادیر زئولیت و اعماق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار براساس مطالعات قبلی محققان انتخاب شد. شماتیک آزمایش مورد استفاده در شکل (۱) نشان داده شده است. به‌این‌ترتیب، به‌منظور سهولت در اعمال تیمارهای آبیاری، تیمارهای هم‌عمق در یک راستا قرار داده شدند. ابعاد هر کرت ۳ متر× ۲متر و فاصله نیم متری بین هر کرت در نظر گرفته شد.

پیش از آزمایش، از ۵ نقطه مزرعه مورد آزمایش به‌صورت زیگزاگ نمونه‌برداری خاک در سه عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر صورت گرفت (جدول ۱).



شکل ۱. طرح شماتیک آزمایش

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

عمق	رس	سیلت	شن	جرم مخصوص ظاهری	هدایت الکتریکی	pH	FC	PWP	کربن آلی
	%			$g.cm^{-3}$	$dS.m^{-1}$	-	$cm^3.cm^{-3}$		%
۰-۳۰	۲۲/۱	۵۱/٦	۲٦/۳	۱/٤۲	٦/۷۲	۸/٤۵	۳۲	۱۵	۰/٤۳
۳۰-٦۰	۲۳/۷	۵۱/۲	۲۵/۱	۱/۵۳	٤/٦۲	۷/۹۳	۳۲	۱۵	۰/۲٤
٦۰-۹۰	۲۳/۲	۵۱/۵	۲۵/۳	۱/۵۸	٤/۹۷	۸/۱۱	۳۲	۱۵	۰/۲۳

در این تحقیق، به منظور برنامه‌ریزی آبیاری، ابتدا مقدار تبخیر- تعرق ذرت در طول فصل زراعی مطابق رابطه (۱) محاسبه شد.

$$ETc = ETo \times Kc \qquad (۱)$$

که در این رابطه، ETc مقدار تبخیر- تعرق ذرت، ETo مقدار تبخیر تعرق گیاه مرجع و Kc ضریب گیاهی ذرت در طول فصل رشد (جدول ۲) می‌باشد.

جدول ۲. مقادیر ضریب گیاهی ذرت (۹)

ابتدایی	توسعه	میانی	انتهایی
۰/٤۱	۱/۰۵	۱/۱۵	۰/٦٦

مقدار تبخیر- تعرق مرجع با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز و با استفاده از رابطه فائو-پنمن- مانتیث محاسبه شد. در شکل (۲) میزان تبخیر- تعرق ذرت در دو فصل زراعی نشان داده شده است.

سپس نیاز آبی خالص و ناخالص با استفاده از رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه شد.

$$I_n = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times D \times \rho_b \times MAD \qquad (۲)$$

$$Ig = \frac{I_n}{(1 - LF) \times E_a} \qquad (۳)$$

در رابطه‌های بالا، In نیاز خالص آبیاری (میلی‌متر)، Ig نیاز ناخالص آبیاری (میلی‌متر)، LF نسبت آبشویی (به‌صورت متوسط ۰/۲ بوده و به‌صورت ماهیانه در شکل (۳) نشان داده شده است)، Ea راندمان آبیاری (برابر با ۸۵ درصد)، MAD تخلیه مجاز رطوبتی خاک، D عمق ریشه (میلی‌متر)، θ_{fc} رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت زراعی، θ_{pwp} رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی دائم و ρ_b جرم مخصوص‌ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب) است.

به‌منظور تعیین دور آبیاری و میزان آبشویی به‌ترتیب از رابطه‌های (٤) و (۵) استفاده شد (۹).

$$F_i = \frac{I_n}{ETc} \qquad (٤)$$

$$LF = \frac{EC_{iw}}{2(ECe)_{max}} \qquad (۵)$$

در این روابط، $(ECe)_{max}$ هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برحسب دسی‌زیمنس بر متر است که عملکرد ذرت را به صفر می‌رساند. EC_{iw} هدایت الکتریکی آب آبیاری برحسب دسی‌زیمنس بر متر است.

همچنین برای تعیین حجم آب آبیاری مورد نیاز، از رابطه (٦) استفاده شد.

$$V_{gi} = I_g \times A \times P \qquad (٦)$$

که در این رابطه، V_{gi} حجم آب آبیاری مورد نیاز (لیتر)، A مساحت مورد آبیاری (متر مربع) و P کسر خیس‌شدگی در مساحت مورد نظر بود. مشخصات آب آبیاری در جدول (۲) و مقدار آب آبیاری در شکل (٤) نشان داده شده است.

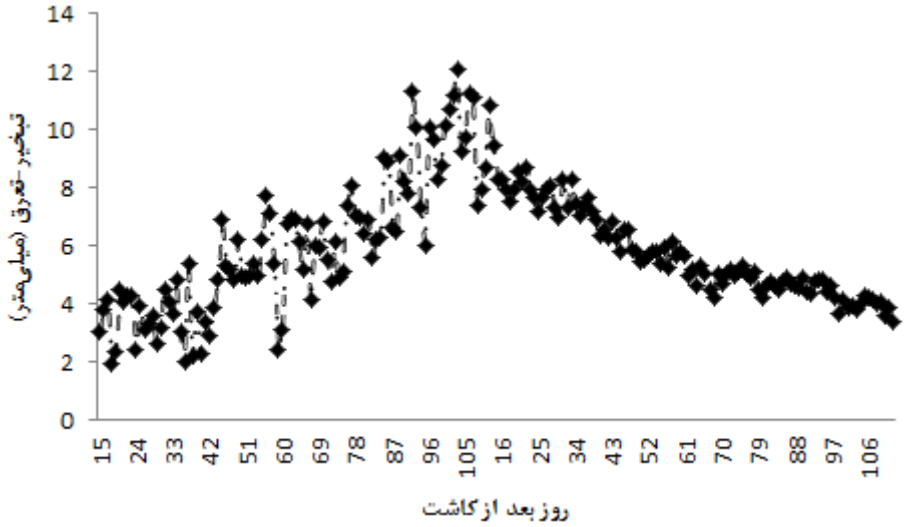
در انتهای فصل رشد و پس از برداشت محصول، با نمونه‌برداری از هر تیمار، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تعیین شد. اجزای عملکرد ذرت شامل ارتفاع گیاه، قطر و طول بلال، شاخص سطح برگ و زیست‌توده بود. همچنین میزان پروتئین و نیتروژن دانه نیز به منظور ارزیابی تیمارهای

مورد بررسی بر کیفیت ذرت مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری صفات طولی از خط‌کش و کولیس، برای اندازه‌گیری صفات وزنی از ترازو، برای تعیین شاخص سطح برگ از دستگاه LAIمتر، برای تعیین نیتروژن دانه از روش کجلدال و برای تعیین پروتئین دانه از دستگاه Near Infrared Grain Analyzer استفاده شد. برای تعیین صفات خشک مرتبط با عملکرد دانه ذرت، اجزای مورد نظر به‌مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس بهره‌وری آب براساس رابطه (۷) تعیین شد.

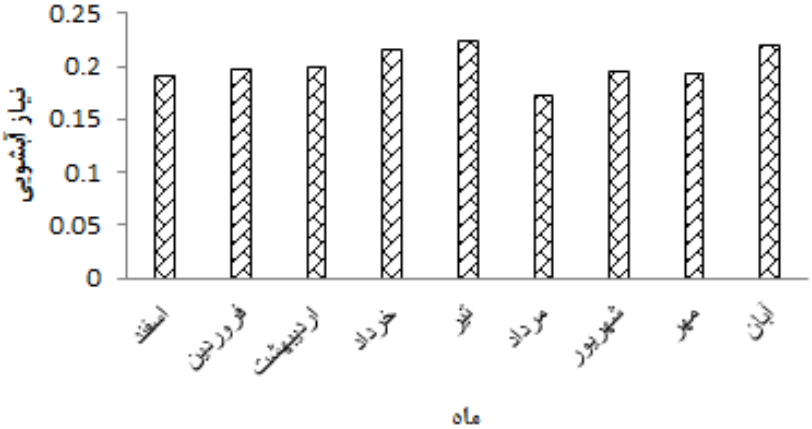
$$WP = \frac{Y}{V} \qquad (۷)$$

در این رابطه، WP بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب)، Y میزان عملکرد دانه ذرت (کیلوگرم) و V حجم آب آبیاری (متر مکعب) است.

به‌منظور دسته‌بندی داده‌ها، نتایج به‌دست‌آمده از هر پارامتر در نرم‌افزار EXCEL 2013 وارد شد. سپس این داده‌ها به نرم‌افزار SAS 9.1.3 وارد شده و مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس با استفاده از روش آماری آزمون توکی در سطح ۵ درصد بررسی شد.



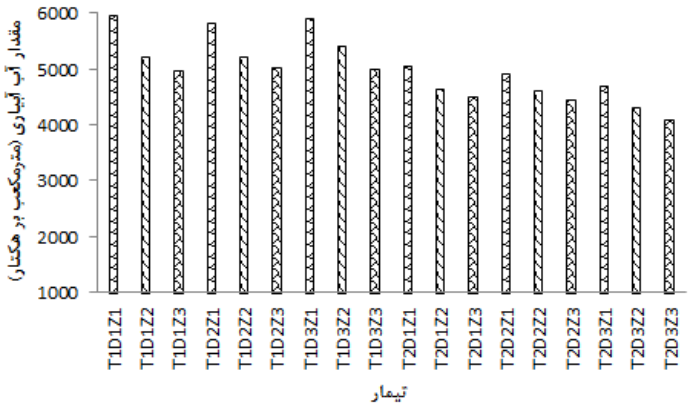
شکل ۲. میزان تبخیر- تعرق ذرت در دو فصل رشد



شکل ۳. نیاز آبشویی در ماه‌های مختلف کشت

جدول ۲. مشخصات آب آبیاری

زمان	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	pH	EC
	Meq.l^{-1}							-	dS.m^{-1}
اسفند	۹/۷۶	۱۳/۶۲	۳/٤۱	۰/۰۸	۱۲/۸٤	۳/٦٤	۸/۰۲	۷/۳	۱/۹٤
اردیبهشت	۹/۹۳	۱۵/۳۱	۳/۲٤	۰/۱۰	۱۳/٦۵	٤/۰۲	۸/۱۳	۷/٤	۲/۲۵
تیر	۱۰/۷۲	۱۸/٤۷	۳/۳۸	۰/۱۱	۱٦/۱۸	۵/۲۱	۹/٤٤	۷/٤	۲/۳۸
شهریور	۱۱/٤۲	۲۹/۰۳	۳/٦٤	۰/۱۳	۱۸/۰۹	٦/۱٤	۱۲/۸۳	۷/۵	۲/۷٤



شکل ٤. مقدار آب آبیاری تیمارهای مورد استفاده

نتایج و بحث

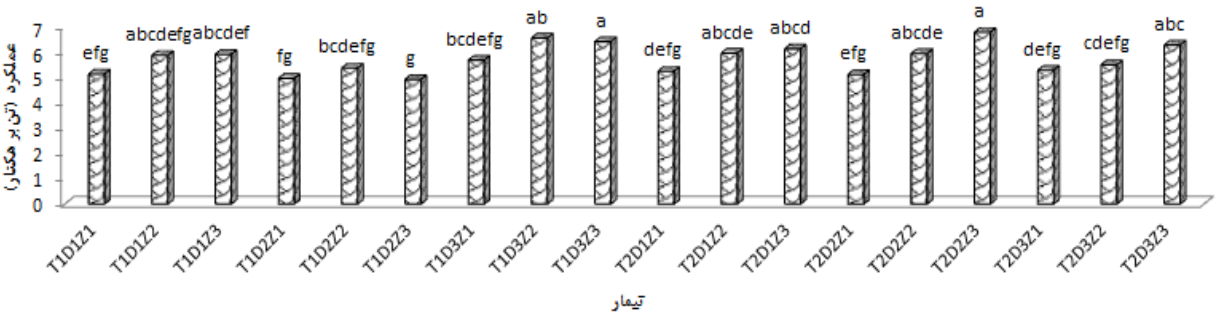
نتایج تجزیه واریانس در جدول (۳) نشان داده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، عمق نصب لوله‌های قطره‌چکان‌دار نیز بر زیست‌توده، درصد نیتروژن و درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشت (P-Value≤۰/۰۵). اثر متقابل عمق نصب لوله و بلوک بر شاخص سطح برگ و درصد نیتروژن دانه اثر معنی‌داری داشت (P-Value≤۰/۰۵). مقدار زئولیت نیز بر کلیه پارامترهای مورد بررسی اثر معنی‌داری نشان داد (P-Value≤۰/۰۵). این نتایج با مشاهدات تقدیسی حیدریان و همکاران درخصوص اثر زئولیت بر برخی پارامترهای ذرت مطابقت داشت (٤). خاشعی سیوکی و همکاران نیز اثر معنی‌دار زئولیت بر ارتفاع گیاه را گزارش کردند (٦). اثر متقابل مقدار زئولیت و عمق نصب لوله بر شاخص سطح برگ، درصد نیتروژن دانه و درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشت (P-Value≤۰/۰۵).

به‌دلیل محدودیت تعداد صفحات، تنها نتایج اثرمتقابل تیمارها بر هم در بخش نتایج نشان داده شده است. با این وجود، نتایج برهمکنش اثر مقدار زئولیت و عمق نصب لوله‌های قطره‌چکان‌دار بر عملکرد دانه ذرت نشان داد که کاربرد مقادیر ده درصد وزنی زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متر(D3Z3) بیشترین عملکرد را داشت. تیمارهای D3Z2، D2Z3، D1Z3 و D1Z2 نیز عملکرد بالایی نسبت به سایر تیمارها داشتند و نسبت به D3Z3 نیز تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند. کاهش عملکرد در این تیمارها به‌ترتیب ۵، ۷/۸، ۵/۲ و ٦/۹ درصد نسبت به D3Z3 کمتر بود. کمترین عملکرد نیز در مقادیر پنج درصد وزنی زئولیت و عمق کارگذاری ۲۰ سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌دار (D2Z1) مشاهده شد. عملکرد این تیمار ۲۰ درصد نسبت به D3Z3 کمتر بود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مقدار زئولیت در یک عمق خاص، عملکرد نیز افزایش یافت. این نتایج با توجه به اثر معنی‌دار مقدار زئولیت بر

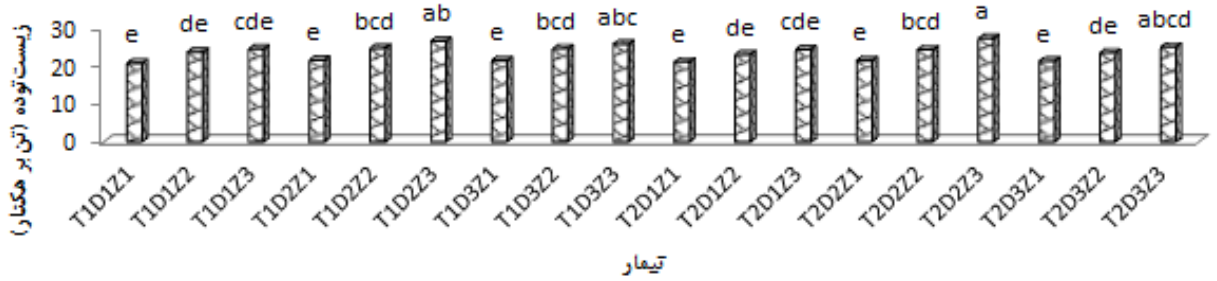
عملکرد ذرت (جدول ۳) قابل توجیه است. مقایسه اعماق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در مقادیر یکسان زئولیت نیز نشان داد که عملکرد ذرت در عمق ۳۰ سانتی‌متری (D3) بیشتر از دو عمق دیگر بود. گرچه زمان کشت اثر معنی‌داری بر عملکرد ذرت نداشت (جدول ۱)، روند منظمی نیز بین تغییرات عملکرد در تیمارهای مختلف مشاهده نشد. در حالت کلی، مقایسه تیمارهای مشابه در دو فصل کشت نشان داد که عملکرد ذرت در اکثر تیمارها در کشت تابستانه (زمان T2) نسبت به کشت بهاره (T1) بیشتر بود (شکل ۵). علت آن می‌تواند کمتر بودن تبخیر- تعرق در فصل‌های زمستان و بهار (T1) نسبت به تابستان و پاییز (T2) باشد. برهمکنش کلیه تیمارها نشان داد که تیمارهای T1D3Z2، T1D3Z3 و T2D3Z1 بیشترین عملکرد را نسبت به سایر تیمارها داشتند. کمترین عملکرد نیز با کاربرد پنج درصد زئولیت و عمق ۲۰ سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در کشت بهاره (T1D2Z2) مشاهده شد. بیشترین مقدار زیست‌توده با کاربرد پنج و ده درصد زئولیت در عمق ۳۰ سانتی‌متری کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار (D2Z3 و D3Z3) و کمترین آن با کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۲۰ سانتی‌متری و بدون استفاده از زئولیت (D2Z1) به‌دست آمد. مقدار زیست‌توده در تیمار D2Z1 نسبت به دو تیمار D2Z3 و D3Z3 به‌ترتیب ۲۵ و ۱۸ درصد کمتر بود. همانند روند مشاهده‌شده برای عملکرد، در تیمارهای با عمق یکسان مقدار زیست‌توده با افزایش مقدار زئولیت افزایش یافت. این نتایج با مشاهدات تقدیسی حیدریان و همکاران مطابقت داشت (٤). همین روند در دو فصل زراعی مشاهده شد (شکل ٦). با این وجود روند منظمی بین زمان کشت و عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در دو فصل متفاوت کشت مشاهده نشد. بیشترین زیست‌توده در کشت بهاره و زمستانه به همراه کاربرد ده درصد زئولیت با کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۲۰ سانتی‌متری (T1D2Z3 و T2D2Z3) مشاهده شد. کمترین زیست‌توده نیز در تیمارهای T1D1Z1، T1D2Z1، T1D3Z1، T2D1Z1، T2D2Z1 و T2D3Z1 مشاهده شد. عدم استفاده از زئولیت در این تیمارها احتمالاً سبب کاهش زیست‌توده شده است. زئولیت با فراهم کردن مواد مغذی برای گیاه ذرت (۵) و ایجاد شرایط مناسب رطوبتی (۱) سبب افزایش عملکرد و شاخص‌های عملکرد این گیاه شد.

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر عمق نصب لوله‌های قطره‌چکان‌دار و مقدار زئولیت بر پارامترهای گیاهی ذرت

منابع تغییرات	ارتفاع بوته	طول بلال	قطر بلال	عملکرد دانه	زیست‌توده	بهره‌وری آب	شاخص سطح برگ	درصد نیتروژن دانه	درصد پروتئین دانه
بلوک	۲/۸۱۰	۰/۱۳۳	٤/٦٦٤	۰/۰۷٤	٤/۸۳	۰/۰۰۳	۳۱۷٦/٤	۰/۰۰٦	۰/۲۲٦
زمان	۱/۳۳۷	۰/۰۵۳	۰/۰۰۰	۰/۳۳۲	۱/۰۹	۰/۰۱۲	۹/۵	۰/۰۰۹	۰/۳٤۲
زمان× بلوک	۳/۲۵٤	۰/۰۱٤	۰/٦۳۵	۰/۰٦۰	۳/۳۳	۰/۰۰۲	۵۳۳/۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸
عمق نصب لوله	٦/۱۷۱	۰/۰۵۱	۰/۲۰۳	۰/۸۷۷	۸/۳۸*	۰/۰۳٤	۱۲۲۵/۵	۰/۰٦٤*	۱/۸٤۸*
عمق نصب لوله× بلوک	۲/۸٤٤	۰/۰٦۵	۵/۹۹٤	۰/۲۹۰	۰/۵٦	۰/۰۱۱	۹٤٤۹/۸*	۰/۰۱۱*	۰/۲۹۳
زمان× عمق نصب لوله	۲/۱۱۵	۰/۰۱۲	۰/۵۵۱	۲/۱۷٤*	۰/۷٦	۰/۰۸٦*	۲۵/۹	۰/۰۰۹	۰/۲۹۲
زمان× عمق نصب لوله× بلوک	۲/۳٤٤	۰/۰۲۱	۲/۵۵۳	۰/۲۵۹	۰/۸۳	۰/۰۱۰	۷٤۱/٤	۰/۰۰۵	۰/۱٦٦
مقدار زئولیت	۵۹/٦۱۵*	٤/۰۲۰*	۱٦۲/٤۲٤*	۳/٤۳۰*	۸٤/٤۳*	۰/۱۳٦*	۳۷٦٤۳/۱*	۰/۳۳۹*	۰/۲۵۷*
زمان× مقدار زئولیت	٦/۵٦۰	۰/۰۷۹	٦/۲۵۰	۰/۸۲۹	۰/۸۸	۰/۰۳۳	۲۱٦/۰	۰/۰۰۷	۰/۲۲۹
مقدار زئولیت× عمق نصب لوله	٤/۰۲۵	۰/۱۱۲*	۱/۱٤۹	۰/۰۱۹	۱/۵۳	۰/۰۰۱	٤۰۳۸/۷*	۰/۰۳٤*	۱/۰۳۷*
زمان× عمق نصب لوله× مقدار زئولیت	۰/۱۹۲	۰/۰۵٦	۰/۵٤٦	۰/۳۵۹	۰/۲۲	۰/۰۱٤	۲۸٤/٤	۰/۰۰۲	۰/۰۷٤
خطا	۳/۸۱۰	۰/۰۳۹	۲/۹۷٦	۰/۳۲٦	۱/۹۳	۰/۰۱۳	۱۰۰۰	۰/۰۰٤	۰/۱۲۲



شکل ۵. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر عملکرد دانه ذرت (T1 و T2 به‌ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به‌ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به‌ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)



شکل ٦. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر زیست‌توده ذرت (T1 و T2 به‌ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به‌ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به‌ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)

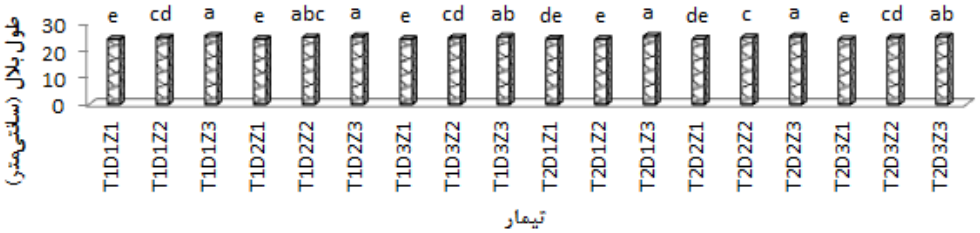
با افزایش مقدار زئولیت قطر و طول بلال روند افزایشی داشته‌اند. به‌همین دلیل بیشترین قطر و طول بلال با کاربرد ده درصد زئولیت (D1Z3، D2Z3 و D3Z3) به‌دست آمده است. کوچکترین قطر بلال نیز به تیمارهای فاقد زئولیت شامل D1Z1، D2Z1 و D3Z1 اختصاص داشت. کوتاه‌ترین طول بلال نیز به‌همین تیمارها اختصاص داشت.

با در نظر گرفتن زمان کاشت، بزرگ‌ترین قطر بلال در کشت بهاره و با کاربرد ده درصد زئولیت به‌همراه کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری (T1D1Z3 و T1D2Z3) به‌دست آمد (شکل ۷). عدم کاربرد زئولیت در کشت بهاره به‌همراه کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متر (T1D3Z1) نیز کوچک‌ترین قطر بلال را داشت. اندازه قطر این تیمار نسبت به دو تیمار T1D1Z3 و T1D2Z3 به‌ترتیب ۱٦/۲ و ۱٦/۷ درصد کوچک‌تر بود. مقادیر طول بلال در دو فصل مختلف کشت نیز نشان داد که تیمارهای T1D1Z3، T1D2Z3، T2D1Z3 و T2D2Z3 بلندترین طول بلال را نسبت به سایر تیمارها داشتند (شکل ۸). تیمارهای فاقد زئولیت نیز کوتاه‌ترین طول بلال را داشتند. این نتایج نشان داد که طول بلال در هر دو فصل زراعی با کاربرد زئولیت در سطح ده درصد و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر افزایش یافت. کوتاه‌ترین طول بلال نیز در تیمارهای فاقد زئولیت مشاهده شد.

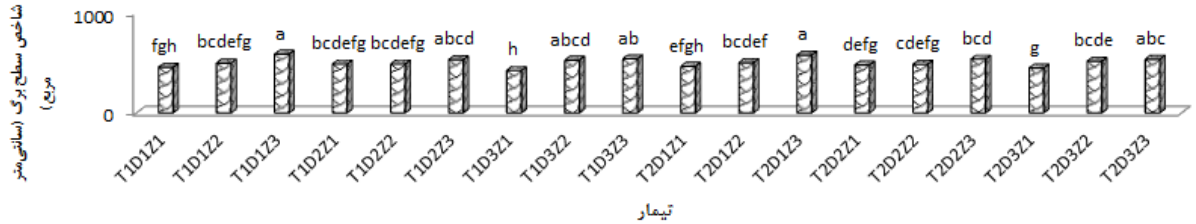
نتایج نشان داد که با افزایش مقدار زئولیت در عمق یکسان از کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار، شاخص سطح برگ افزایش یافت. بیشترین شاخص سطح برگ با کاربرد پنج درصد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متر (D1Z3) مشاهده

شد. پس از این تیمار، تیمارهای با کاربرد ده درصد زئولیت و اعماق ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متری کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار (D3Z3 و D2Z3) بیشترین شاخص سطح برگ را داشتند. کمترین میزان شاخص سطح برگ نیز در تیمارهای D1Z1، D2Z1 و D3Z1 به‌دست آمد. کاهش شاخص سطح برگ در این تیمارها نسبت به D1Z3 به‌ترتیب برابر با ۲۰/۷، ۲۰/٤ و ۲۵ درصد بود. ارتفاع گیاه ذرت نیز تحت تأثیر مقدار زئولیت قرار گرفت به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع با کاربرد پنج درصد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۲۰ سانتی‌متری (D2Z2) مشاهده شد. کمترین ارتفاع نیز در تیمارهای D2Z1 و D2Z2 به‌دست آمد. با در نظر گرفتن زمان کشت، بیشترین سطح برگ به در هر دو کشت بهاره و تابستانه با کاربرد ده درصد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ده سانتی‌متری (T2D1Z3 و T1D1Z3) اختصاص داشت (شکل ۹). کمترین سطح برگ نیز در کشت بهاره و با کاربرد پنج درصد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متری (T1D3Z2) مشاهده شد. پس از این تیمار، عدم کاربرد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متر در کشت تابستانه (T2D3Z1) کمترین شاخص سطح برگ را نسبت به سایر تیمارها داشت. کاهش سطح برگ در تیمار T1D3Z2 نسبت به دو تیمار T2D1Z3 و T1D1Z3 به‌ترتیب برابر با ۱۱/٤ و ۹/۳ درصد بود. همچنین کاهش سطح برگ در تیمار T2D3Z1 نسبت به دو تیمار T2D1Z3 و T1D1Z3 به‌ترتیب برابر با ۳۱/۲ و ۲۸/۷ درصد به‌دست آمد. با در نظر گرفتن زمان کشت برای پارامتر ارتفاع گیاه، بیشترین مقدار این پارامتر در تیمارهای T1D2Z3 و T2D2Z3 و کمترین آن در تیمار T1D3Z1 مشاهده شد (شکل ۱۰). همانند سایر پارامترهای اندازه‌گیری‌شده، نه تنها عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار اثری بر این شاخص نیز نداشت بلکه روند منظمی نیز بین تغییرات این شاخص با افزایش یا کاهش این عامل مشاهده نشد.

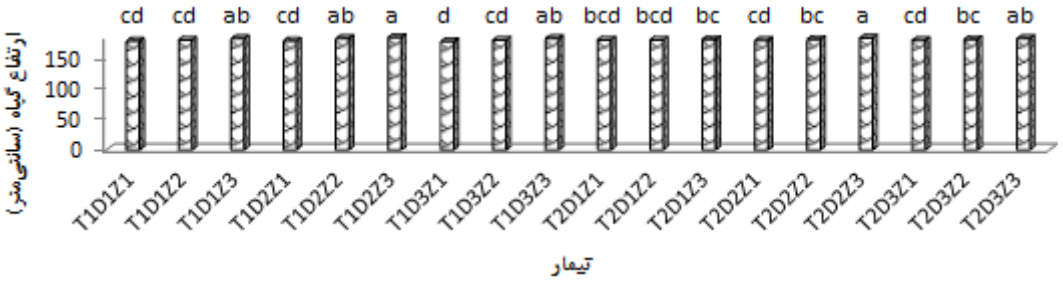
شکل ۷. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر قطر بلال (T1 و T2 به‌ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به‌ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به‌ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)



شکل ۸. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر طول بلال (T1 و T2 به‌ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به‌ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به‌ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)



شکل ۹. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر شاخص سطح برگ (T1 و T2 به‌ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به‌ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به‌ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)



شکل ۱۰. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر ارتفاع گیاه (T1 و T2 به ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)

بهره‌وری آب نیز تحت تأثیر مقدار زئولیت قرار گرفت به‌طوری‌که افزایش مقدار زئولیت سبب افزایش این پارامتر شد. تیمار D3Z3 بالاترین بهره‌وری آب را داشت. این تیمار نسبت به تیمارهای D1Z1 و D2Z1 اختلاف معنی‌داری داشت و به‌ترتیب ۱۸/۲ و ۲۰/۶ درصد مقدار بهره‌وری آب را نسبت به این دو تیمار افزایش داد. عدم معنی‌داری بهره‌وری آب در عدم کاربرد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۲۰ سانتی‌متر (D3Z1) نسبت به کاربرد ده درصدی زئولیت در همین عمق (D3Z3) نشان داد که افزایش عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار می‌تواند اثربخشی کاربرد زئولیت بر بهره‌وری آب را تحت شعاع قرار دهد. با توجه به این‌که D3Z1 نسبت به دو تیمار D1Z1 و D2Z1 نیز اختلاف معنی‌داری نداشت، به‌نظر می‌رسد در نظر گرفتن این عمق بدون کاربرد زئولیت برای افزایش بهره‌وری آب کافی نیست و احتمالاً نیاز است لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق پایین‌تری نصب شوند. گرچه کارگذاری عمیق‌تر لوله قطره‌چکان‌دار سبب کاهش تبخیر می‌شود؛ لیکن این کار سبب افزایش تلفات نفوذ عمقی و کاهش دسترسی ریشه گیاهان به آب آبیاری را می‌شود (۱۵). به‌همین دلیل کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمقی پایین‌تر از ۳۰ سانتی‌متر (D3) ضرورت استفاده از زئولیت برای نگهداری رطوبت را توجیه می‌کند. از طرف دیگر، عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین سایر تیمارها نشان داد که کاربرد زئولیت نیز به‌تنهایی نمی‌تواند بهره‌وری آب را افزایش دهد. به‌همین دلیل کاربرد زئولیت می‌بایست با اعمال عمق ۳۰ سانتی‌متر (D3) باشد. در نظر گرفتن زمان کشت نیز نشان داد که روند مشخصی بین تیمارها وجود نداشت (شکل ۱۱). تنها می‌توان بیان کرد که در تیمارهای کشت تابستانه (T2)، بهره‌وری آب اندکی بیشتر از

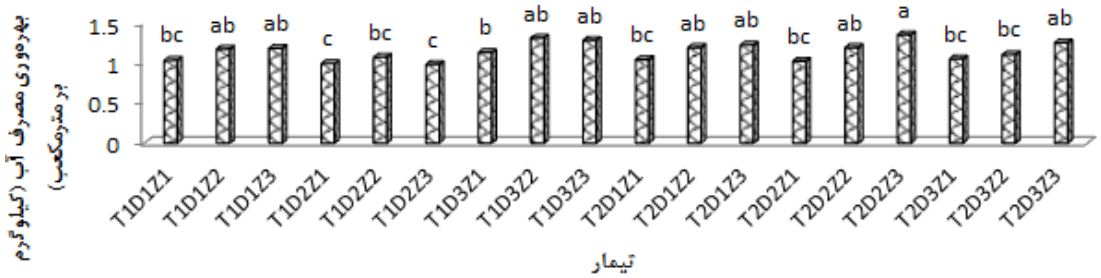
تیمارهای متناظر در کشت بهاره (T1) بود. گرچه تفاوت آماری معنی‌داری نیز بین آن‌ها مشاهده نشد.

اثر تیمارهای مورد بررسی بر نیتروژن و پروتنین دانه در شکل‌های (۱۲) و (۱۳) نشان داده شده است. براساس این نتایج، بیشترین درصد پروتئین با کاربرد ده درصد زئولیت و کارگذاری عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۲۰ سانتی‌متر (D2Z3) و کمترین مقدار آن در تیمارهای D1Z1، D2Z1 و D3Z1 به‌دست آمد. پس از تیمار D2Z3، کاربرد ده درصد زئولیت و عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متر (D3Z3) مقدار پروتئین بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت. درصد پروئتین دانه با کاربرد ده درصد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ۳۰ سانتی‌متری (D2Z3) نسبت به تیمارهای D1Z1، D2Z1 و D3Z1 به‌ترتیب ۲٤/۷، ۲۵/۵ و ۳۳/۸ درصد بیشتر بود. همچنین درصد پروتئین دانه با کاربرد ده درصد زئولیت و کارگذاری ۳۰ سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌دار (D3Z3) نیز نسبت به تیمارهای D1Z1، D2Z1 و D3Z1 به‌ترتیب ۲۰/٦، ۲۱/٤ و ۲۱/۲ درصد بیشتر به‌دست آمد. عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار نیز بر درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشت به‌طوری‌که تفاوت آماری معنی‌داری بین عدم کاربرد زئولیت در عمق ده سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌دار (D1Z1) و کاربرد ده درصدی زئولیت در همان عمق (D1Z3)وجود داشت. نتایج مشابه نیز بین عدم کاربرد زئولیت (D2Z1) و کاربرد ده درصد آن (D2Z3) در عمق بیست سانتی‌متری کارگذاری لوله‌های لوله‌های قطره‌چکان‌دار و همچنین بین عدم کاربرد زئولیت (D3Z1) و کاربرد ده درصدی این کانی (D3Z3) در عمق کارگذاری ۳۰ سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌دار مشاهده شد. براساس این نتایج، با افزایش عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار، مقدار پروتئین دانه نیز افزایش یافت. نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۳) نیز اثر معنی‌دار این تیمار را بر مقدار پروتئین دانه تأیید می‌کند. با در نظر گرفتن زمان کشت، تیمارهای متناظر در کشت بهاره (T1) تنها تفاوت آماری معنی‌دار بین دو تیمار T1D2Z3 و T2D2Z3 و همچنین T1D3Z3 و T2D3Z3 مشاهده شد. با توجه به نتایج، میزان پروتئین دانه در تیمارهای کشت تابستانه (T2) عمدتاً پایین‌تر از تیمارهای متناظر در کشت بهاره (T1) بود.

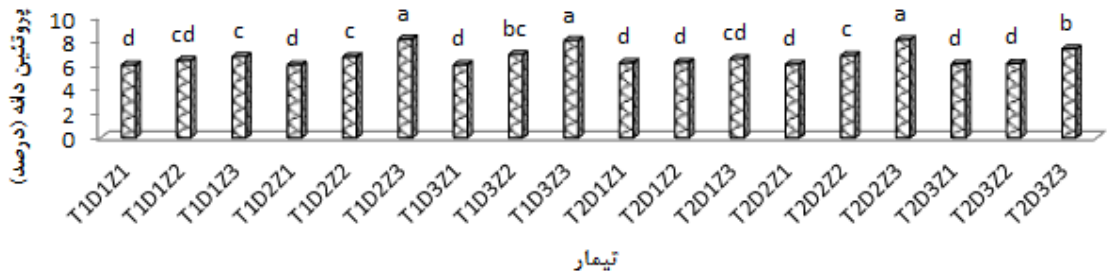
کاربرد زئولیت سبب افزایش نیتروژن دانه نیز شد به‌طوری‌که بیشترین درصد نیتروژن با کاربرد ده درصدی زئولیت و کارگذاری عمق لوله‌های قطره‌چکان‌دار در اعماق بیست (D2Z3) و سی (D3Z3) سانتی‌متری به‌دست آمد. این دو تیمار نسبت به کاربرد ده درصد زئولیت در عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق ده سانتی‌متری (D1Z3) اختلاف معنی‌دار داشتند و این نشان می‌دهد که عمق کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار نیز بر افزایش نیتروژن دانه مؤثر بوده است. تفاوت آماری معنی‌دار بین دو مقدار زئولیت صفر (D1Z1) و ده (D1Z3) درصد در عمق کارگذاری ده سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌دار نیز مؤید این نتایج است. با توجه به کوددهی در طول فصل رشد، افزایش عمق کارگذاری لوله‌های آبده در لایه‌های سطحی خاک (و به‌خصوص عمق ۳۰-۰) سانتی‌متر سبب افزایش غلظت نیتروژن در دسترس گیاه می‌گردد (۸). کمترین مقدار نیتروژن دانه نیز در تیمارهای فاقد زئولیت مشاهده شد. زئولیت با جذب نیتروژن و در اختیار گذاشتن آن به گیاه به‌صورت تدریجی (۵) سبب شده است تا اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای دارای زئولیت و فاقد زئولیت ایجاد شود.

روند مشابه پروتئین دانه برای نیتروژن دانه نیز مشاهده شد. با در نظر گرفتن زمان کشت، بیشترین درصد نیتروژن در تیمارهای T1D2Z3، T1D3Z3، T2D2Z1 و کمترین

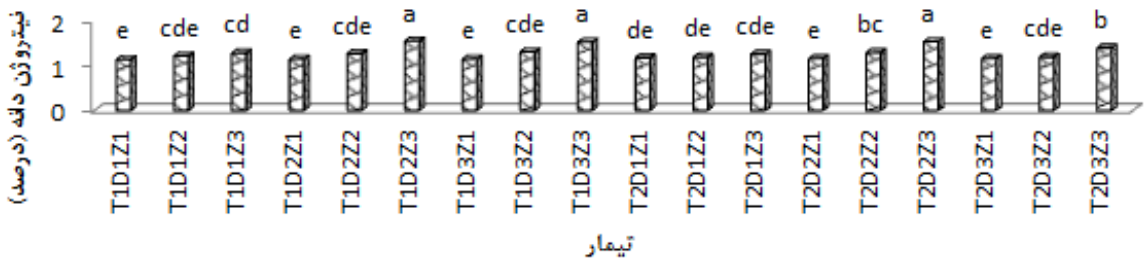
درصد نیتروژن در تیمارهای فاقد زئولیت در هر دو فصل کشت مشاهده شد. گرچه بین تیمارهای متناظر در دو فصل کشت تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد؛ لیکن نیتروژن دانه ذرت در کشت بهاره (T1) بیشتر از کشت تابستانه (T2) بود. با توجه به جدول (۲)، هدایت الکتریکی آب آبیاری در فصل دوم کشت بیشتر از فصل اول بود و احتمالاً علت این تفاوت نیز به‌همین دلیل بود. نتایج مشابه نیز توسط بابایی و همکاران گزارش شده است (۲). با توجه به این‌که تفاوت هدایت الکتریکی آب در تحقیق حاضر در دو فصل زراعی کمتر از مطالعات بابایی و همکاران بود (۲)؛ اختلاف معنی‌داری بین دو فصل کشت در مطالعه حاضر مشاهده نشد.



شکل ۱۱. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر بهره‌وری آب ذرت (T1 و T2 به‌ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به‌ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به‌ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)



شکل ۱۲. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر پروتئین دانه ذرت (T1 و T2 به‌ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به‌ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به‌ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)



شکل ۱۳. مقایسه اثر زمان کاشت، عمق نصب لوله‌های آبده و مقدار زئولیت بر نیتروژن دانه ذرت (T1 و T2 به‌ترتیب زمان کاشت بهاره و تابستانه، D1، D2 و D3 به‌ترتیب اعماق ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر و Z1، Z2 و Z3 به‌ترتیب مقدار صفر، ۵ و ۱۰ درصد زئولیت هستند.)

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که عمق نصب لوله‌های قطره‌چکان‌دار نیز بر زیست‌توده، درصد نیتروژن و درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشت (P-Value≤0). اثر متقابل عمق نصب لوله و بلوک بر شاخص سطح برگ و درصد نیتروژن دانه اثر معنی‌داری داشت (P-Value≤0). مقدار زئولیت نیز بر کلیه پارامترهای مورد بررسی اثر معنی‌داری نشان داد (P-Value≤0). اثر متقابل مقدار زئولیت و عمق نصب لوله بر شاخص سطح برگ، درصد نیتروژن دانه و درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشت (P-Value≤0). بیشترین عملکرد با کاربرد ده درصد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق سی سانتی‌متر (D3Z3)، بیشترین مقدار زیست‌توده با کاربرد ده درصد زئولیت و عمق‌های بیست (D2Z3) و سی (D3Z3) سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌در و بالاترین بهره‌وری آب با کاربرد ده درصد زئولیت و کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق سی سانتی‌متر (D3Z3) مشاهده شد. برهمکنش کلیه تیمارها نشان داد که در کشت بهاره و عمق کارگذاری سی سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌دار، کاربرد پنج (T1D3Z2) و ده (T1D3Z3) درصد زئولیت و در کشت تابستانه و همان عمق، کاربرد ده درصد زئولیت (T2D3Z3) بیشترین عملکرد را داشتند. همچنین کاربرد ده درصد زئولیت در عمق کارگذاری لوله‌های آبده در عمق بیست سانتی‌متر در هر دو کشت بهاره (T1D2Z3) و تابستانه (T2D2Z3) بیشترین زیست‌توده را داشتند. بیشترین درصد پروتئین با کاربرد ده درصد زئولیت و عمق کارگذاری بیست سانتی‌متری لوله‌های قطره‌چکان‌دار (D2Z3) و بیشترین درصد نیتروژن با کاربرد ده درصد زئولیت در عمق‌های بیست (D2Z3) و سی (D3Z3) سانتی‌متر به‌دست آمد. با جمع‌بندی نتایج، کاربرد ده درصد زئولیت به‌همراه کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در عمق سی سانتی‌متری (D3Z3) به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار از نظر عملکرد، زیست‌توده و کیفیت دانه به‌دست آمد. به‌همین دلیل کارگذاری لوله‌های قطره‌چکان‌دار در این عمق و کاربرد زئولیت در مقدار ده درصد برای کشت ذرت در شرایط استان خوزستان پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱. احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، و سیاری، م. ح. ۱۳۹۵، اثر مقدار کود و زئولیت‌های کلسیمی، پتاسیمی و ترکیبی بر کاهش آبشویی نیترات از خاک. آب و خاک. ۳(۳): ۸۴۱-۸۲۹.

۲. بابایی، م. ا.، بیگلویی، م. ح.، و پیرمرادیان، ن. ۱۳۹۶. تأثیر توأم تنش آبی و شوری بر عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای رقم سینگل گراس ۲۶۰. علوم و مهندسی آبیاری. ۴۰(۳): ۶۱-۴۹.

۳. بای‌بوردی، ا.، ۱۳۹۵، تأثیر زئولیت و محلول پاشی سلنیوم و سیلیسیوم بر عملکرد، اجزای عملکرد وبرخی صفات فیزیولوژیک کلزا تحت شرایط شوری. آب و خاک. ۱۴(۱): ۱۷۰-۱۵۴.

۴. تقدیسی حیدریان، ز.، خراسانی، ر.، و امامی، ح. ۱۳۹۷. تأثیر ورمی‌کمپوست و کود حیوانی بر رشد و جذب عناصر کم مصرف در ذرت. آب و خاک. ۳۲(۴): ۱۷-۱.

۵. خاشعی سیوکی، ع.، و احمدی، م.، ۱۳۹۴. زئولیت‌ها: معرفی و خواص و کاربرد آن، دانشگاه بیرجند.

۶. خاشعی‌سیوکی ع.، کوچک‌زاده م. و شهابی‌فر، م. ۱۳۸۷. تأثیر کابرد زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت و رطوبت خاک بر اجزای عملکرد ذرت. پژوهش‌های خاک (علوم آب و خاک). ۲۲(۲): ۲۴۱-۲۳۵.

۷. صداقتی، ن.، حسینی‌فرد، س. ج.، و محمدی محمدآبادی، ا. ۱۳۹۱. مقایسه اثر دو سیستم آبیاری

قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر رشد و عملکرد درختان بارور پسته. آب و خاک. ۲۶(۳): ۵۸۵-۵۷۵.

۸. طباطبایی، ح.، و موسوی، م. ۱۳۹۶. تأثیر عمق نصب قطره‌چکان و فاصله لاترال‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در انتقال نیترات در شرایط استفاده از پساب شهری برای گیاه چمن. حفاظت منابع آب و خاک. ۷(۲): ۲۶-۱۵.

۹. علیزاده، ا. ۱۳۹٤، طراحی سیستم‌های آبیاری، انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا.

۱۰. فرمهینی‌فراهانی، م.، میرزاخانی، م.، و ساجدی، ن. ۱۳۹۲. اثر تنش کم‌آبی و کاربرد مواد جاذب رطوبت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم پاییزه در اراک. یافته‌های نوین کشاورزی. ۷(۳): ۲۷٤-۲٦۳.

۱۱. مدنی، ح.، مقیمی، آ.، و ساجدی، ن. ع.، ۱۳۸۹. تأثیر مقادیر مختلف زئولیت و دور آبیاری بر عملکرد و برخی صفات سیب‌زمینی. یافته‌های نوین کشاورزی. ٤(۱۵): ۲۸۹-۲۸۱.

12. Bozkurt, S., and Mansoroglu, G. S., 2011. The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. African Journal of Biotechnology. 10(17): 3370-3379.
13. Cetin, O., and Bilget, L. 2002. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of Cotton. Agricultural Water Management. 54: 1-15.
14. Dos Santos, L. N. S., Matsura, E. E., Goncalves, I. Z., Bardosa, E. A. A., Nazario, A. A., Tuta, N. F., Elaiuy, M. C. L., Feitosa, D. R. C., and De Sousa, A. C. M., 2016. Water storage in the soil profile under subsurface drip irrigation: evaluation two installation depths of emitters and two water qualities. Agricultural Water Management. 170: 91-98.
15. Dukes, M. D., and Scholberg, J. M. 2005. Soil moisture controlled subsurface drip irrigation on sandy soils. Applied Engineering Agriculture. 21(1): 89-101.
16. FAO.2012. FAOSTAT-Agriculture Database, Retrieved September 28, 2015, from: http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.
17. Mahmoud, M. A. B., Sharp, R. E., Olivier, M. J., Finke, D. L., Ellersieck, M. R., and Hibbard, B. E. 2016. The effect of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) and water deficit on Maize performance under controlled conditions. Field and Forage Crops. 109(2): 684-698.
18. Suarez-Ray, E. M., Choi, C. Y., William, B., McCloskey, B., and David, M. K. 2006. Effects of chemical on root chemical on root intrusion into subsurface drip emitters. Irrigation and Drainage. 55: 501-509.
19. Vadar, H. R., and Subbaiah, R. 2016. Performance of summer okra under subsurface drip irrigation method in clay loam soil of coastal saurastra. Advanced in Life Science. 5(6): 2278-3849.
20. Wang, W. X., Vinocur, B. and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. Planta. 218: 1-14.
21. Wu, Q., Xia, G., Chen, T., Zheng, J., Bu, F., and Chi, D. 2016. Effects of nitrogen and zeolite on rice grain yield, water and nitrogen use and soil total nitrogen in coastal region of northeast China. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 47(18): 2103-2114.

Water and Irrigation Management
(Scientific Journal of Agriculture)
(*College of Abouraihan – University of Tehran*)
Vol. 8 ■ No. 2 ■ Autumn & Winter 2019

Effect of Dripper Depth and Zeolite Amount on Corn Yield and Yield Criteria

Soroush Mehrabian[1], Abd Ali Naseri[2*], Abdorrahim Hooshmand[3], Mosa Meskarbashee[4]

1. Ph.D. Candidate of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Professor of Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Asociate Professor of Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4. Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received: December 12, 2018 Accepted: March 11, 2019

Abstract

Use of subsurface drip irrigation and absorbent material such aszeolite increase the moisture retention in soil. So, it has effective effects on crop yield and water use efficiency. In order to evaluate the study of the effect of dripper depth and zeolite amount on corn, this research was conducted in two crop seasons: the first one on March 2016 to June 2016 (T1) and the second one on July 2016 to November 2016 (T2) at research farm station in ShahidChamran university of Ahvaz as completely randomized block in split sprite block. In this study, two treatments consist of calsic zeolite in three levels (zero: Z0, 5%: Z1, and 10%: Z2) and implementing dripper in three depths (10cm: D1, 20cm: D2, and 30cm: D3) with three replications. The results showed that dripper depth had a significant effect on corn biomass, nitrogen percentage and protein percentage and zeolite amount had a significant effect on corn yield, biomass, nitrogen percentage and protein percentage (P-Value≤0.05). The interaction effect of dripper depth and zeolite amount had a significant effect on leaf area index, nitrogen percentage and protein percentage (P-Value≤0.05). The highest yield and water use productivity were observed in D3Z3, the highest biomass was found in D2Z3 and D3Z3. The interaction of all treatments showed that T2D3Z1, T1D3Z3, and T1D3Z2 had the highest yield and T1D2Z3 and T2D2Z3 had the highest biomass. Treatments D2Z3 had the highest protein percentage and D2Z3 and D3Z2 had the highest nitrogen percentage. Concluding the results, D3Z3 was the best treatment in the case of yield, water use productivity, biomass, and corn quality. So, it is recommended to use depth 30cm to implement the dripper and use 10% of zeolite for cultivating corn in Khuzistan.

Keywords: Calsic Zeolite, Corn Yield Quality, Corn Protein, Dripper depth,Corn Nitrogen, Water Use Efficiency.

* Corresponding author: abdalinaseri@yahoo.com