

## اثر زئولیت و آبیاری با پساب بر خصوصیات زراعی و عملکرد پنبه رقم ورامین

عباس خاشعی سیوکی<sup>۱\*</sup>، علی شهیدی<sup>۲</sup>، محسن احمدی<sup>۳</sup> و یحیی چوپان<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند

<sup>۲</sup> دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

<sup>۴</sup> کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۱

### چکیده

در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران، استفاده از پساب برای آبیاری امری اجتناب‌ناپذیر است. از طرفی کاربرد مواد معدنی مانند زئولیت به منظور بهبود رشد گیاهان و کاهش اثرات مضر پساب ضروری می‌باشد. بنابراین منظور تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر آبیاری با پساب به همراه زئولیت بر گیاه پنبه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت پلات در سال ۱۳۹۵ در شهرستان تربت حیدریه انجام شد. بدین منظور تیمار آبیاری در دو سطح (I1: آبیاری با آب معمولی و I2 آبیاری با پساب) و تیمار زئولیت در دو سطح (Z0: بدون کاربرد زئولیت و Z1: استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح ۴ درصد وزنی) و با سه تکرار در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که نوع آب آبیاری بر قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد برگ، عملکرد وش در چین اول ( $P < 0.01$ )، وزن بیست قوزه و عملکرد کل ( $P < 0.05$ ) اثر معنی‌داری داشت. مقدار زئولیت بر ارتفاع بوته، عملکرد وش در چین اول، وزن بیست قوزه و عملکرد کل ( $P < 0.01$ ) اثر معنی‌داری نشان داد. برهمکنش نوع آب آبیاری و مقدار زئولیت نیز بر شاخص‌های ارتفاع بوته، وزن بیست قوزه، عملکرد کل ( $P < 0.01$ )، قطر ساقه و تعداد برگ ( $P < 0.05$ ) اثر معنی‌داری داشت. بیشترین مقدار شاخص‌های قطر ساقه، ارتفاع بوته و تعداد برگ به ترتیب در تیمارهای I2Z0 و I2Z1 و بیشترین وزن بیست قوزه در تیمار I1Z1 مشاهده شد. همچنین، بیشترین عملکرد وش در چین اول در تیمار I2Z1 و بیشترین عملکرد کل در تیمارهای I2Z1 و I1Z1 مشاهده شد. بنابر این نتایج، کاربرد پساب و زئولیت می‌تواند بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه موثر باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پساب شهری، زئولیت پتاسیک، شاخص‌های رشد پنبه

## مقدمه

یکی از راهکارهای جبران کمبود آب در بخش کشاورزی استفاده از پساب در آبیاری است (حاج هاشم‌خانی و همکاران، ۲۰۱۴). گرچه پساب نسبت به آب معمولی از کیفیت پایین‌تری برخوردار است (همیلتن و همکاران، ۲۰۰۷) ولی به دلیل دارا بودن مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی و مواد آلی (باتیستا و همکاران، ۲۰۱۰) اثرات مثبتی نیز بر حاصلخیزی خاک و رشد گیاهان می‌گذارد (ملی و همکاران، ۲۰۰۲؛ باتیستا و همکاران، ۲۰۱۰).

به دلیل اهمیت این موضوع، تاکنون مطالعات بسیاری در خصوص کاربرد پساب در کاشت محصولات کشاورزی انجام شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به تحقیقات حسن اقلی (۲۰۰۲)، صفاری و فتحی (۲۰۰۸)، حسن‌پور درویشی (۲۰۱۰)، رجبی سرخنی و قائمی (۲۰۱۲) و شفق کلوانق و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد.

علاوه بر این، کاربرد پساب احتمال آلودگی و کاهش کیفیت محصولاتی که جهت مصرف خوراکی کشت می‌شوند را افزایش می‌دهد (کرکهام، ۱۹۸۶؛ بورچت، ۲۰۰۳). به همین دلیل می‌توان از موادی مانند زئولیت به منظور کاهش اثرات پساب بر محصولات کشاورزی استفاده کرد. زئولیت از جمله کانی‌های طبیعی است که به دلیل در دسترس بودن، جذب مواد آلاینده پساب و بهبود وضعیت خاک در کشت محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است (احمدی و همکاران، ۲۰۱۴؛ خاشعی و احمدی، ۲۰۱۶؛ شی و همکاران، ۲۰۰۹؛ ثانی و همکاران، ۲۰۱۰؛ حمیدپور و همکاران، ۲۰۱۰). تاکنون مطالعات متعددی در خصوص کاربرد پساب و زئولیت بر محصولات کشاورزی انجام شده است که از این جمله می‌توان به تحقیقات بوالحسنی و همکاران (a و b، ۲۰۱۴) روی گیاه کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) اشاره کرد. از طرفی می‌توان با کاشت محصولات غیرخوراکی مانند پنبه (*Gossypium herbaceum*)، اثرات سوء کاربرد پساب در آبیاری را کاهش داد. در خصوص اولین تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به تحقیقات دی و همکاران (۱۹۸۱) در بررسی اختلاط فاضلاب بر عملکرد و کیفیت الیاف پنبه، تحقیقات بلورای و همکاران (۱۹۸۴) در بررسی آبیاری با فاضلاب تصفیه شده شهری بر عملکرد پنبه و مطالعات اورون و مالاج (۱۹۸۷) در بررسی اثر فاضلاب تصفیه شده خانگی بر عملکرد پنبه اشاره کرد.

تسادیلانس و واکالیس (۲۰۰۳) در بررسی اثر فاضلاب بر دو گیاه پنبه و ذرت نشان دادند که آبیاری با تیمار پساب تصفیه شده به همراه نیاز کامل کودی بیشترین درآمد اقتصادی را روی گیاه ذرت داشت در حالی نتیجه مشابه روی گیاه پنبه با کاربرد تیمار آبیاری با پساب تصفیه به همراه کاهش نیاز کودی به دست آمد. آلوز و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری با آب معمولی و پساب تصفیه شده به همراه تیمار کودی نیتروژن پرداختند و نشان دادند که هدایت الکتریکی، نسبت جذبی سدیم و

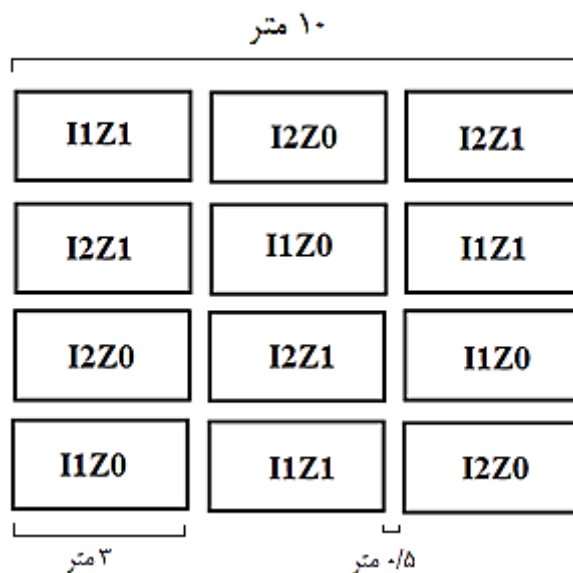
میزان سدیم و کلر خاک تحت کشت پنبه در آبیاری با پساب کمتر از آبیاری معمولی بود. در تحقیقی دیگر، علی‌خاصی و کوچک‌زاده (۲۰۱۱) روی اثر آبیاری با پساب تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهرک قدس تهران بر پنبه رقم مهر مطالعه کردند. این محققان نشان دادند که آبیاری با پساب تصفیه شده سبب افزایش تعداد قوزه، شاخص سطح برگ و عملکرد پنبه شد. کریمی گوهری و اسدی (۲۰۱۵) با بررسی آبیاری با آب چاه و پساب تصفیه شده شهری به بررسی صفات مرفولوژیک پنبه پرداختند. این محققان نشان دادند که آبیاری با پساب سبب افزایش معنی‌دار عملکرد و بهره‌وری آب شد به طوری که با کاربرد پساب تصفیه شده، این صفات ۹ درصد افزایش یافتند. ذونعمت‌کرمانی و همکاران (۲۰۱۵) نیز در تحقیقی به بررسی اثر مقادیر مختلف پساب شهری بر عملکرد پنبه پرداختند. این محققان گزارش کردند که کاربرد پساب سبب افزایش وزن قوزه، تعداد قوزه در بوته و عملکرد پنبه شد. همچنین نشان دادند که کاربرد پساب تصفیه شده در سطح ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه، علی‌رغم کاهش ۵/۱ درصدی عملکرد سبب افزایش کارایی مصرف آب به میزان ۱۸ درصد نسبت به سطح تأمین نیاز کامل آبی گیاه شد. براساس کلیه نتایج به دست آمده از این تحقیق، این محققان کاربرد پساب را برای آبیاری این محصول پیشنهاد کردند.

کمبود آب در بسیاری از مناطق کشور، به خصوص خراسان، سبب ترغیب کشاورزان به استفاده از پساب در کشاورزی شده است. با توجه به مرور منابع و اهمیت موضوع، تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر زئولیت و آبیاری با پساب شهری روی خصوصیات زراعی و عملکرد پنبه در شهرستان تربت حیدریه انجام شد.

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به صورت اسپلیت پلات از تاریخ ۵ خرداد تا ۲۰ آبان سال ۱۳۹۵ در شهرستان تربت حیدریه با مختصات جغرافیایی ۲۵° ۵۹' طول شرقی و ۱۱° ۳۵' عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۳۳ متر از سطح دریا انجام شد. بدین‌منظور تیمار آبیاری در دو سطح (I1: آبیاری با آب معمولی و I2: آبیاری با پساب) و تیمار زئولیت در دو سطح (Z0: بدون کاربرد زئولیت و Z1: استفاده از زئولیت پتاسیمی در سطح ۴ درصد وزنی) و با سه تکرار در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج آزمایشات قبلی و تجربیات نویسندگان، سطح ۴ درصد وزنی زئولیت پتاسیمی به‌عنوان مناسب‌ترین نسبت اختلاط انتخاب شد. پس از آماده‌سازی کرت‌ها (با ابعاد ۳×۳ مترمربع و با فاصله ۰/۵ متر بین کرت‌ها)، زئولیت‌ها با توجه به نسب مورد نظر با خاک مزرعه مخلوط شدند. سپس پنبه رقم ورامین در کرت‌های مورد نظر با تراکم ۴۰ کیلوگرم بذر در هکتار در اردیبهشت‌ماه کاشته شد.

طرح شماتیک کرت‌های مورد آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین خصوصیات زئولیت پتاسیمی و خاک مزرعه به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.



شکل ۱: طرح شماتیک مزرعه مورد نظر

جدول ۱: مشخصات زئولیت پتاسیک

SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	MgO (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	MnO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	نوع زئولیت Type of Zeolite
70.25	7.68	0.91	1.12	3.10	3.43	0.39	0.153	0.017	0.006	زئولیت پتاسیک Potasic Zeolite
L.O.I (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Cl (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	نوع زئولیت Type of Zeolite
11.84	0.600	2049	1158	666	56	2	27	5	6	زئولیت پتاسیک Potasic Zeolite

جدول ۲: مشخصات خاک مزرعه

نوع آزمایش	واحد اندازه گیری	نتایج آزمایش
پتاسیم	(mg.Kg <sup>-1</sup> )	۱۳۰
فسفر	(mg.Kg <sup>-1</sup> )	۳/۵
هدایت الکتریکی	(dS.m <sup>-1</sup> )	۵/۸
اسیدیته		۷/۲
آهک	(%)	۱۸/۵۵
مواد آلی	(%)	۰/۰۹
شن	(%)	۴۸
رس	(%)	۱۷
سیلت	(%)	۳۵
درصد اشباع	(%)	۳۳/۴

داده‌های هواشناسی در این تحقیق از آمار ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی شهرستان تربت حیدریه گرفته شد. براساس این اطلاعات، متوسط درجه حرارت روزانه در ایستگاه تربت حیدریه ۱۴/۲ درجه سانتیگراد، حداکثر دما به ترتیب برابر ۲۴/۶- و ۴۰/۴ درجه سانتیگراد، متوسط رطوبت نسبی ۴۵٪، متوسط بارش سالانه ۲۵۳ میلی‌متر و متوسط تبخیر سالیانه ۱۱۴۳/۱۳ میلی‌متر بود. آبیاری به صورت کرتی و براساس تخلیه رطوبتی خاک (رابطه ۱) انجام شد.

$$I = (F_c - \theta) \cdot \rho_b \cdot D_{rz} \quad (1)$$

که در این رابطه، I عمق آب آبیاری (mm)،  $F_c$  رطوبت در حد ظرفیت زراعی (%w)،  $\theta$  رطوبت اندازه‌گیری شده به صورت روش وزنی (%w)،  $\rho_b$  جرم مخصوص ظاهری خاک (g.cm<sup>-1</sup>) و  $D_{rz}$  عمق ریشه (mm) می‌باشد. با تعیین تبخیر- تعرق برای آبیاری با دور ثابت، میزان آب مورد نیاز برای هر تیمار تعیین شد. بدین منظور دور آبیاری به صورت ثابت و برابر ۸ روز برای همه تیمارها تعیین و عمق آب آبیاری مورد نیاز برای هر تیمار در طول دوره رشد مشخص شد. حجم آب آبیاری نیز با ضرب عمق آب آبیاری در مساحت هر کرت تعیین شد. دلیل استفاده از این روش، هزینه‌های بالای انتقال پساب و دوری محل تولید پساب از زمین محل آزمایش بود. آب آبیاری از کانال‌های آبیاری مزارع اطراف به محل آزمایش منتقل می‌شد و از پساب شهری در نزدیکی محل آزمایش برای تیمار آبیاری با پساب استفاده شد. پساب مورد نظر با استفاده از تانکر به محل آزمایش منتقل شده و در مخازنی که از قبل تهیه شده بود تخلیه می‌شد. سپس با استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن متصل به این مخازن به کرت‌های مورد مطالعه منتقل می‌شد. مشخصات آب آبیاری و پساب نیز به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳: مشخصات آب آبیاری

هدایت الکتریکی	اسیدیته	نسبت جذب سدیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	کربنات	بی‌کربنات	کلر	سولفات
$dS.m^{-1}$	-	-	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$	$meq.l^{-1}$
۲/۵	۶/۸	۱۳/۴	۱/۲	۲/۸	۱۸/۴	-	۳/۴	۱۰/۵	۱۰/۸

جدول ۴: مشخصات پساب مورد استفاده

هدایت الکتریکی	اسیدیته	BOD <sub>5</sub>	کلسیم	منیزیم	کلر	نیترات	سولفات	کدورت
$dS.m^{-1}$	-	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	NTU
۱/۶	۷/۴	۵۵	۵۲/۸	۳۵/۵	۶۰۸	۱	۸۵	۶/۵

در پایان فصل زراعی، به منظور حذف اثر حاشیه‌ای، نمونه‌برداری از ابعاد  $1 \times 1$  مترمربع داخل هر کرت انجام گردید. پارامترهای قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد قوزه در بوته، تعداد برگ، وزن بیست قوزه، عملکرد وش در چین اول و عملکرد کل وش مورد بررسی قرار گرفت. سپس داده‌های به دست آمده با استفاده از روش آماری آزمون توکی و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 تحلیل شدند. نمودارها نیز توسط نرم‌افزار EXCEL 2010 رسم گردیدند.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد که نوع آب آبیاری بر قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد برگ، عملکرد وش در چین اول ( $P < 0.01$ )، وزن بیست قوزه و عملکرد کل ( $P < 0.05$ ) اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقدار زئولیت بر ارتفاع بوته، عملکرد وش در چین اول، وزن بیست قوزه و عملکرد کل ( $P < 0.01$ ) اثر معنی‌داری نشان داد. برهمکنش نوع آب آبیاری و مقدار زئولیت نیز بر شاخص‌های ارتفاع بوته، وزن بیست قوزه، عملکرد کل ( $P < 0.01$ )، قطر ساقه و تعداد برگ ( $P < 0.05$ ) اثر معنی‌داری داشت.

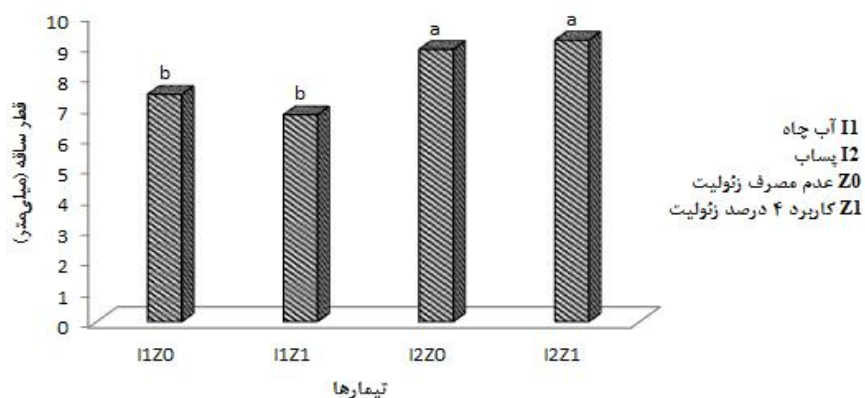
آبیاری با پساب سبب افزایش قطر ساقه پنبه در هر دو تیمار زئولیت شد (شکل ۲). نتایج نشان داد که I2Z0 و I2Z1 به ترتیب ۱۶/۵ و ۲۴ درصد قطر ساقه را نسبت به I1Z0 و ۱۹ و ۲۶/۵ درصد قطر ساقه را نسبت به I1Z1 افزایش دادند. همچنین آبیاری با پساب سبب افزایش ارتفاع گیاه پنبه شد (شکل ۳). نتایج مشابه نیز توسط علی‌خاصی و کوچک‌زاده (۲۰۱۱) گزارش شده است. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار I2Z0 مشاهده شد ولی این تیمار تفاوت آماری معنی‌داری نسبت به I2Z1 نداشت (شکل ۳). ارتفاع بوته در تیمار I2Z0 نسبت به تیمارهای I1Z0 و I1Z1 به ترتیب ۳۳ و ۱۴ درصد افزایش داشت. تیمار I2Z1 ارتفاع بوته را نسبت به تیمار I1Z0 به میزان ۲۸/۵ درصد افزایش داد و تفاوت آماری معنی‌داری نسبت به این تیمار داشت. این نتایج نشان داد که آبیاری با پساب احتمالاً به دلیل فراهمی شرایط مناسب‌تر

تغذیه‌ای، سبب افزایش ارتفاع بوته شده است. بوکت و همکاران (۲۰۰۴) با ارزیابی اثر تغذیه‌ای گیاه پنبه گزارش کردند که در صورت فراهمی شرایط مناسب غذایی، ارتفاع این گیاه نسبت به شاهد افزایش خواهد یافت. علی‌خاصی و همکاران (۲۰۱۲) و کریمی گوهری و اسدی (۲۰۱۵) نیز شرایط فراهمی عناصر غذایی در آبیاری با پساب را یکی از عوامل مؤثر در افزایش ارتفاع پنبه گزارش کردند. از طرفی، اختلاف بین دو تیمار I1Z0 و I2Z1 معنی‌دار بود و تیمار I1Z1 ارتفاع بوته را ۸ درصد نسبت به I2Z0 افزایش داد. کاربرد ژئولیت در تیمار I1Z1 سبب کاهش اثرات شوری آب آبیاری بر ارتفاع پنبه شده است (احمدی، ۲۰۱۴؛ افراسیاب و همکاران، ۲۰۱۶). به علت پایین بودن هدایت الکتریکی پساب نسبت به آب آبیاری، اثر ژئولیت بر اختلاف ارتفاع دو تیمار I2Z0 و I2Z1 معنی‌دار نشد.

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر آبیاری با پساب بر پارامترهای قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد قوزه در بوته، تعداد برگ، وزن بیست قوزه، عملکرد وش در چین اول، و عملکرد کل گیاه پنبه (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	قطر ساقه	ارتفاع بوته	تعداد قوزه در بوته	تعداد برگ	وزن بیست قوزه	عملکرد وش در چین اول	عملکرد کل
بلوک	۲	۰/۱۱۰	۵/۰۶۲	۶/۳۳۳	۱۴/۵۸۳	۰/۳۱۵	۲۰/۳۳۳	۴۰/۵۸۳
نوع آب آبیاری	۱	۱۱/۸۰۰**	۲۴۲/۰۸**	۳/۰۰۰	۲۵۲/۰۸۳**	۳۷/۸۰۷*	۸۲۸۶/۷۵۰**	۳۷۴/۰۸۳*
بلوک × نوع آب آبیاری	۲	۰/۰۱۵	۱/۰۲۰	۹/۰۰۰	۱۶/۵۸۳	۰/۰۹۲	۱/۰۰۰	۳/۵۸۳
مقدار ژئولیت	۱	۰/۰۶۷	۲۴/۰۸**	۰/۰۰۰	۶۰/۷۵۰	۳۵۷/۵۲۰**	۴۰۴۸۴/۰۸۳**	۵۴۸۱۰/۰۸۳**
نوع آب آبیاری × مقدار ژئولیت	۱	۰/۸۰۰*	۸۵/۳۳۳**	۰/۳۳۳	۷۰/۰۸۳*	۱۹۹/۲۶۷**	۴۴۴/۰۸۳	۱۲۰۹۶/۷۵۰**
خطا	۴	۰/۰۵۴	۳/۵۸۳	۲/۶۶۶	۹/۴۱۶	۷/۳۷۶	۱۱۰/۳۳۳	۲۵/۶۶۶
ضریب تغییرات	-	۲/۸۷	۵/۰۴	۱۳/۹۹	۹/۳۲	۳/۲۲۲	۵/۷۳	۰/۶۰

\* و \*\* به ترتیب به معنی اثر معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد براساس آزمون توکی می‌باشند.

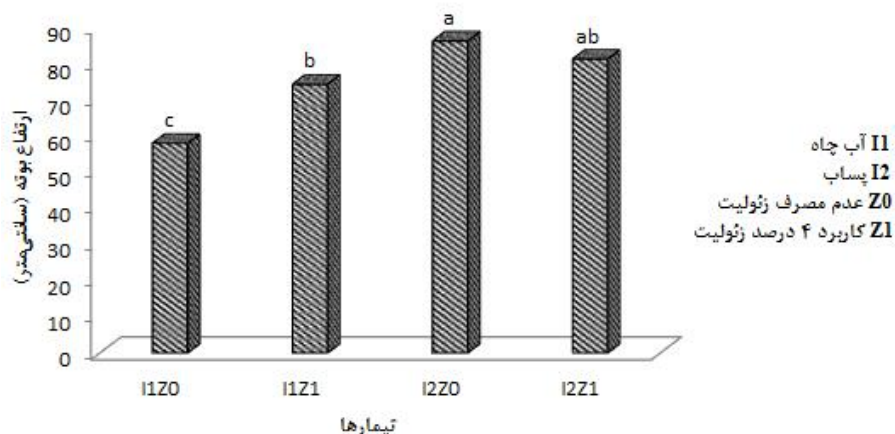


شکل ۲: اثر تیمارهای مورد نظر بر قطر ساقه

نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین تعداد قوزه به ترتیب به تیمارهای I1Z1، I2Z1، I2Z0 و I1Z0 تعلق داشت (شکل ۴). محققان متعددی از جمله بیلورال و همکاران (۱۹۸۳)، اورون و دی‌مالاچ (۱۹۸۷)، علی خاصی و همکاران (۲۰۱۲) و کریمی گوهری و اسدی (۲۰۱۵) نیز اثر آبیاری بر پساب را بر افزایش تعداد قوره پنبه گزارش کرده‌اند. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر نیز همین نتایج را تأیید می‌کند؛ گرچه تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. احتمالاً اختلاف خصوصیات شیمیایی خاک و پساب‌های مورد استفاده سبب عدم معنی‌داری نتایج در این تحقیق شده است؛ به طوری که پارامتری مانند هدایت الکتریکی در خاک و پساب مورد استفاده در این تحقیق بسیار بیشتر از تحقیق انجام شده توسط علی خاصی و همکاران (۲۰۱۲) بود. همچنین شرایط آب آبیاری و خاک از نظر هدایت الکتریکی در تحقیقات کریمی گوهری و اسدی (۲۰۱۵) نسبت به شرایط موجود در تحقیق حاضر بسیار مناسب‌تر بود. با توجه به اینکه پایین بودن هدایت الکتریکی سبب افزایش تعداد قوزه در پنبه می‌شود (افراسیاب و همکاران، ۲۰۱۶)؛ بنابراین نتایج به دست آمده در این تحقیق از نظر آماری معنی‌دار نشد.

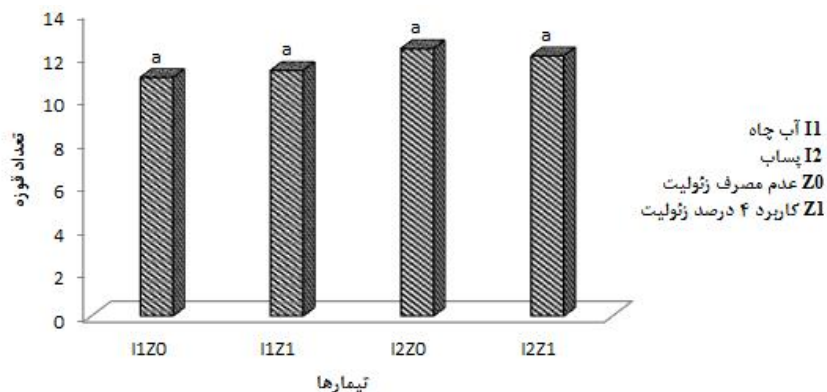
کمترین تعداد برگ در تیمار I1Z0 مشاهده شد به طوری که نسبت به سایر تیمارهای مورد نظر اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۵). بیشترین تعداد برگ در تیمار I2Z0 مشاهده شد و نسبت به دو تیمار I2Z1 و I2Z0 به ترتیب ۱ و ۱۲/۵ درصد افزایش نشان داد. اختلاف تعداد برگ بین دو تیمار I2Z0 و I1Z0 برابر ۳۷ درصد بود. بیشترین وزن بیست قوزه در تیمار I1Z1 مشاهده شد به طوری که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۶). وزن بیست قوزه در تیمارهای I2Z0 و I2Z1 بیشتر از I1Z0 بود و افزایش ۳۸ و ۴۷ درصدی نسبت به این تیمار داشتند. علی خاصی و همکاران (۲۰۱۲) و کریمی گوهری و اسدی (۲۰۱۵) کاربرد پساب را عامل افزایش وزن بیست قوزه گزارش کردند در حالی که کاربرد پساب در تحقیقات بیلورال و همکاران (۱۹۸۳)، اورون و دی‌مالاچ (۱۹۸۳) نتایج عکس داشت. بنابراین در تحقیق حاضر، می‌توان گفت که پساب اثر مثبتی بر افزایش وزن بیست قوزه داشت و در صورت عدم استفاده از پساب، بهتر است که زئولیت به عنوان ماده حاصلخیزکننده به خاک تحت کشت پنبه اضافه شود. بالا بودن هدایت الکتریکی پساب نسبت به آب معمولی و کاربرد زئولیت به عنوان تعدیل‌کننده اثرات شوری (احمدی، ۲۰۱۴)، سبب شد تا اختلاف عملکرد بین دو تیمار I2Z0 و I2Z1 کمتر از اختلاف بین دو تیمار I1Z0 و I1Z1 شود.



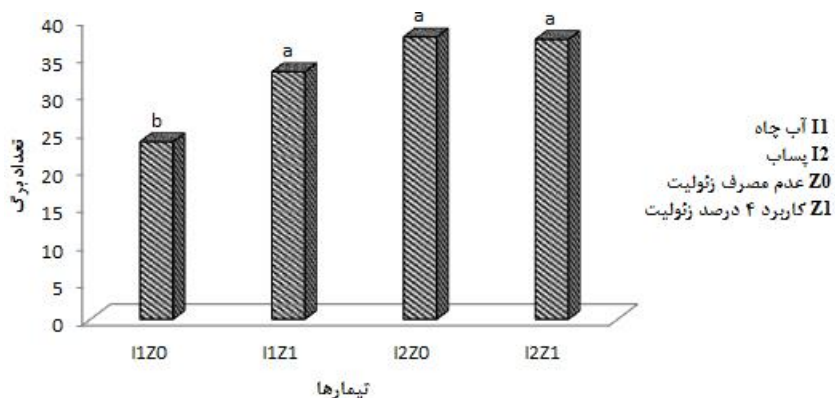


شکل ۳: اثر تیمارهای مورد نظر بر ارتفاع بوته

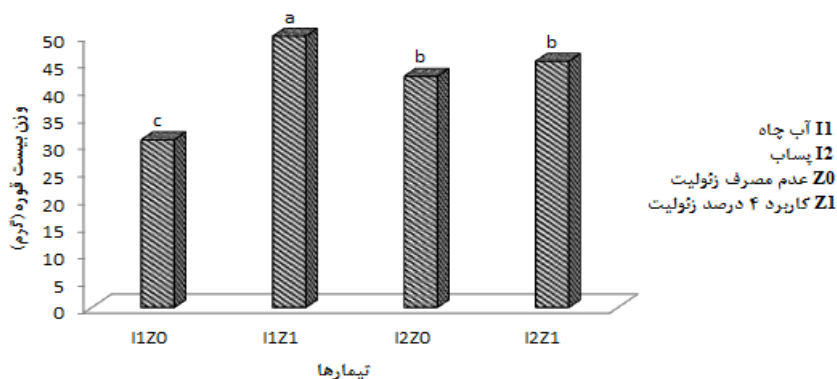
افزایش عملکرد در تیمار I2Z1 نسبت به تیمارهای I1Z0، I2Z0 و I2Z1 به ترتیب برابر ۶۰، ۲۴ و ۱۰ درصد بود. با توجه به اینکه تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری بر تعداد قوزه نداشتند (شکل ۴) بنابراین با مؤثر بودن تیمارهای ژئولیت بر وزن قوزه (شکل ۶)، عملکرد پنبه نیز در چین اول (شکل ۷) و انتهای فصل (شکل ۸) نیز در این تیمارها افزایش داشت. عملکرد و ش در چین اول در تیمار I2Z1 بیشترین مقدار را داشت به طوری که این افزایش نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بود (شکل ۷). عملکرد و ش در چین اول در تیمارهای I1Z1، I2Z0 و I1Z0 نسبت به تیمار I2Z1 به ترتیب ۱۵/۵، ۴۰ و ۶۴/۵ درصد کاهش نشان داد. کمترین عملکرد پنبه در تیمار I1Z0 مشاهده شد. در این تیمار هیچ ژئولیتی استفاده نشده بود و آبیاری نیز با آب معمولی انجام شده بود. کاربرد ژئولیت و پساب تصفیه شده شهری سبب شده است که املاح مغذی در اختیار گیاه قرار گیرد و سبب افزایش عملکرد پنبه شود (علی‌خاصی و کوچک‌زاده، ۲۰۱۱؛ ساماراس و همکاران، ۲۰۰۸). خاک فقیر (جدول ۱) این منطقه نیز نیاز به املاح را تشدید کرده و سبب اختلاف معنی‌دار نتایج تیمار I1Z1 نسبت به سایر تیمارها شده است. بیشترین عملکرد پنبه در انتهای فصل نیز در تیمار I2Z1 مشاهده شد و نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۸). این نتایج نشان داد که اثر ژئولیت بر عملکرد پنبه مؤثرتر از نوع آب آبیاری مورد استفاده است. علت این نتایج احتمالاً بالا بودن هدایت الکتریکی خاک (جدول ۱) مورد استفاده باشد. ژئولیت احتمالاً با کاهش هدایت الکتریکی خاک و بهبود شرایط خاک (احمدی، ۲۰۱۴) سبب افزایش عملکرد پنبه شده است.



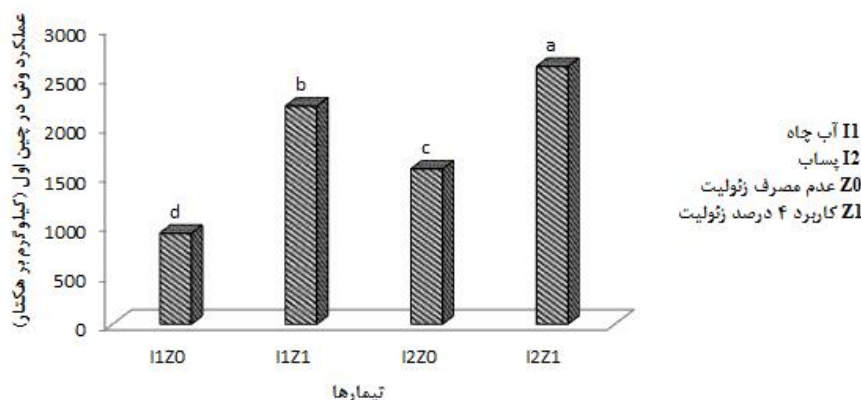
شکل ۴: اثر تیمارهای مورد نظر بر تعداد قوزه



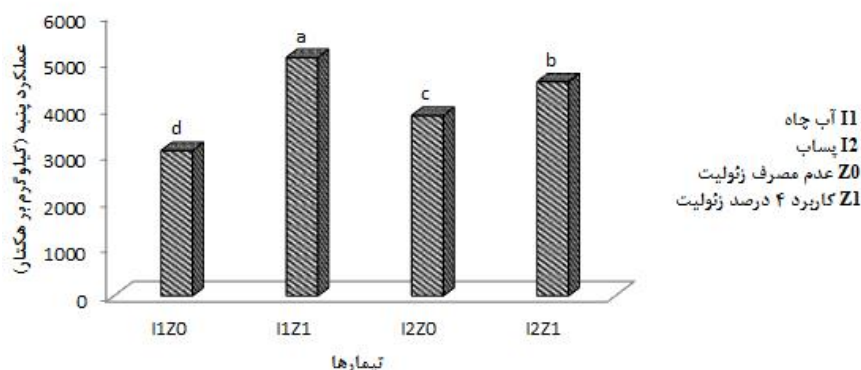
شکل ۵: اثر تیمارهای مورد نظر بر تعداد برگ



شکل ۶: اثر تیمارهای مورد نظر بر وزن بیست قوزه



شکل ۷: اثر تیمارهای مورد نظر بر عملکرد وش در چین اول



شکل ۸: اثر تیمارهای مورد نظر بر عملکرد پنبه

### نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نوع آب آبیاری بر قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد برگ، عملکرد وش در چین اول، وزن بیست قوزه و عملکرد کل در گیاه پنبه اثر معنی داری داشت. کاربرد زئولیت بر شاخص های ارتفاع بوته، عملکرد وش در چین اول، وزن بیست قوزه و عملکرد اثر معنی داری نشان داد. برهمکنش نوع آب آبیاری و مقدار زئولیت نیز بر شاخص های ارتفاع بوته، وزن بیست قوزه، عملکرد کل، قطر ساقه و تعداد برگ اثر معنی داری نشان داد. شاخص های قطر ساقه، ارتفاع بوته و تعداد برگ در تیمارهای I2Z1 و I2Z0 بیشترین مقدار را داشتند. این نتایج نشان دهنده ی اثر مؤثرتر پساب نسبت به کاربرد زئولیت بر مؤلفه های رشدی پنبه می باشد. بیشترین وزن بیست قوزه در تیمار I1Z1 مشاهده شد ولی تیمار I2Z1 و I2Z0 نیز پس از این تیمار قرار داشتند. عملکرد وش در چین اول در تیمار I2Z1 بیشترین مقدار را داشت. پس از این تیمار، I1Z1 بیشترین عملکرد وش را داشت. همچنین عملکرد

پنبه در تیمارهای I2Z1 و I1Z1 بیشترین مقدار را نشان داد که می‌توان اثر کاربرد ژئولیت بر عملکرد پنبه را مناسب‌تر از نوع آب آبیاری (آبیاری با/بدون پساب) بیان کرد.

#### منابع

1. Afrasiab, P., Asadi, R., and Mohammadi, E. 2016. Effects of suction and salinity of water on yield and yield components of cotton. *Journal of Plant Production Research*, 22(3): 295-311. (In Persian with English Abstract).
2. Ahmadee, M. 2014. Effect of Zeolite on Fertility and Reducing Nitrate Leaching from Saline Soil under Saffron Cultivation, MSc thesis, University of Birjand. (In Persian ).
3. Ahmadee, M., Khashei Siuki, A., and Shahidi, A. 2014. Effect Of magnetic Water and Natural Clinoptilolite Zeolite on Growth of Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 8(2): 393-401. (In Persian with English Abstract).
4. Alikhasi, A., and Koochakzadeh, M. 2011. Effect of Irrigation with Treated Municipal Wastewater on Cotton Plant Characteristics, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 2: 229-235. (In Persian with English Abstract).
5. Alikhasi, A., and Koochakzadeh, M. 2012. The effect of treated municipal wastewater irrigation in non-agricultural soil on cotton plant. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 1357-1364.
6. Alves, W.W., Azedo, C.V., J.D. Neto, Lima, V.L., and Santon, J.W. 2006. Treated wastewater and nitrogen: Effect on the chemical properties of the soil. *Agricultural and Biological Engineering*, 56: 62-67.
7. Batista, A.P., Monterio, V.H., Coelho, S.R., and Sampaio, S.R. 2010. The effect of irrigation with swine wastewater on yield and seed quality of dry beans. Use of manures and organic wastes to improve soil quality and nutrient balances, Western Parana state University, Brazil.
8. Bielorai, H., Vaisman, I., and Feigin, A. 1984. Drip Irrigation of Cotton with Treated Municipal Effluents: I. Yield Response. *Journal of Environmental Quality*, 13(2): 231-234.
9. Bolhasani, N., Ghasemnezhad, A., and Baranimotlagh, M. 2014a. Effects of sewage sludge and zeolite on the Artichoke (*Cynara Scolymus* L.) leaf yield and leaf quality. *Journal of Soil Management and Sustainable*, 4(1): 165-181 (In Persian with English Abstract).
10. Bolhasani, N., Ghasemnezhad, A., and Baranimotlagh, M. 2014b. Investigation the effect of sewage sludge and zeolite on the absorption by cadmium and lead of roots and leaves of artichoke (*Cynara scolymus* L.), *Journal of Soil Management and Sustainable*, 20(6): 263-273 (In Persian with English Abstract).

11. Boquet, D.J., Hutchinson, R.L., and Breitenbeck, G.A. 2004. Long-term tillage, cover crop and nitrogen rate effects on Cotton: Plant Growth and Yield Components. *Agronomy Journal*, 96: 1443–1452.
12. Burchett, H. 2003. Increasing fruit and vegetable consumption among british primary school children: a review. *Health Educ.* 103(2):99-109.
13. Day, A.D., Mc Fadyen, J.A., Tucker, T.C., and Cluff, C.B. 1981. Effects of Municipal Waste Water on the Yield and Quality of Cotton. *Journal of Environmental Quality*, 10(1): 47-49.
14. Hajhashemkhani, M., Ghobadi Nia, M., Tabatabaei, S.H., Hosseinpour, A., and Houshmand, S. 2014. Influence of Modified Zeolite in Combine with Soil on Permeability and Quality of Urban Wastewater. *Journal of Water and Soil*, 28(3): 587-595. (In Persian with English Abstract).
15. Hamidpour, M., Afyuni, M., Kalbasi, M., Khoshgoftarmanesh, A.A., and Inglezakis, V.J. 2010. Mobility and plant-availability of Cd (II) and Pb adsorbed on zeolite and bentonite. *Applied Clay Science*, 48: 342-348.
16. Hamilton, A., Stagnitti, F., Xiong, X., Kreidi, S.L., Benke, K.K., and Maher, P. 2007. Wastewater Irrigation: The State of Play. *Vadoze Zone Journal*, 6(4): 823-840.
17. Hasan Oghly, A. 2002. Effect of domestic sewage and effluent treatment on agriculture and artificial recharge of aquifers, PhD thesis, University of Tehran. (In Persian).
18. Hasanpoor Darvishi, H. 2010. Investigating the possibility of reuse of treated wastewater for irrigation, domestic water wells instead of basil, PhD thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch. (In Persian).
19. Karimi-Goohari, Sh., and Asadi, R. 2015. The increase in water use efficiency of cotton by using municipal wastewater. *Iranian Water Research Journal*, 8(15): 167-175. (In Persian with English Abstract).
20. Khashei Siuki, A., and Ahmadee, M. 2016. Zeolites: introduction, properties and its application, University of Birjand, 100 pp. (In Persian).
21. Kirkham, M.B. 1986. Problems of using wastewater on vegetable crops. *Horticultural Science*. 21 (1): 24-27.
22. Meli, S., Porto, M., Bufo, S.A., Mazzatura, A., and Scopa, A. 2002. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. *Science of the Total Environment*, 285: 69-77.
23. Oron, G., and Delmalach, Y. 1987. Response of cotton to treated domestic wastewater applied through trickle irrigation, *Irrigation Science*, 8(4): 291-300.
24. Rajabisorknani, M., and Ghaemi, A.A. 2012. Consequences of using treated wastewater and chemical fertilizers on Broccoli (*Brassica oleracea*) growth. *Water and Irrigation Management*, 2(2): 13-24. (In Persian with English Abstract).

25. Safari, M., and Fathi, H. 2008. Effect of effluent irrigation on yield and quality of bean and some soil properties, 3rd National Congress on recycling and the use of renewable water resources in agriculture, Isfahan, 17-29. (In Persian).
26. Samaras, V., Tsadilas, C.D., and Stamatiadis, S. 2008. Effects of Repeated Application of Municipal Sewage Sludge on Soil Fertility, Cotton Yield, and Nitrate Leaching. *Agronomy Journal*, 100(3): 477-483.
27. Sani, M., Astaraii, A., Fotovat, A., and Lakzian, A. 2010. Immobilization of lead and zinc in mine deposits using zeolites and superphosphate triple and its effect on the growth of wheat. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 8: 956-964. (In Persian with English Abstract).
28. Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab Salmasi, S., Alami-Milani, M., Oustan, Sh., and Abdoli, S. 2015. Effect of using wastewater from a yeast production plant on yield and yield components of wheat in qaramalek Area of Tabriz. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 25(2): 65-77. (In Persian with English Abstract).
29. Shi, W.Y., Shao, H.B., Li, H., Shao, M.A., and Du, S. 2009. Progress in the remediation of hazardous heavy metal-polluted soils by natural zeolite. *Journal of Hazardous Materials*, 170(1): 1-6.
30. Tsadilas, C.D., and Vakalis, P.S. 2003. Economic benefit from irrigation of cotton and corn with treated wastewater. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3(4): 223-229.
31. Zoneamat Kermani, M., Asadi, R., and Dehghani Sanij, H. 2015. Effect of Different Amounts of Municipal Wastewater on Yield of Cotton under Drip Irrigation. *Iranian Journal of Water Research in Agriculture*, 29(1): 63-74. (In Persian with English Abstract).