

ارزیابی تأثیر نوع و مقدار زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت بر سبز شدن زعفران (*Crocus sativus* L.)

محسن احمدی^{۱*}، عباس خاشعی سیوکی^۲ و محمد حسن سیاری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

*- نویسنده مسئول: E-mail: m.ahmadee@ymail.com

احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، و سیاری، م.ح.، ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر نوع و مقدار زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت بر سبز شدن زعفران (*Crocus sativus* L.). نشریه پژوهش‌های زعفران. ۱(۲): ۹۷-۱۰۹.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۲۹

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.) یکی از با ارزش‌ترین گیاهان دارویی و ادویه‌ای در جهان محسوب می‌شود. این محصول استراتژیک یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در استان خراسان جنوبی می‌باشد. اگرچه تحقیقات بسیاری بر روی کشت این محصول در مناطق مختلف کشور با شرایط اقلیمی متفاوت انجام شده ولی مطالعات اندکی روی سبز شدن گیاه به عنوان مهم‌ترین مرحله رشدی آن انجام شده است. در این تحقیق تأثیر استفاده از زئولیت‌های پتاسیک، کلسیک و خاک ترکیبی با مقدارهای ۲۰ (Q₁) و ۶۰ (Q₂) گرم در هر کیلوگرم خاک، بر مدت زمان و درصد سبز شدن زعفران بررسی شد. این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی بیرجند در سال ۱۳۹۱ با هفت تیمار و نه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که نوع زئولیت تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر مدت زمان سبز شدن و در سطح احتمال پنج درصد بر درصد سبز شدن زعفران داشت. استفاده از مقادیر مختلف زئولیت هیچگونه تأثیر معنی‌داری بر مدت زمان و درصد سبز شدن نداشت. اثر متقابل نوع و مقدار زئولیت در سطح احتمال ۰/۱ درصد بر مدت زمان سبز شدن پیازهای زعفران تأثیر مثبت معنی‌دار داشت. کاربرد زئولیت نسبت به عدم استفاده از آن (تیمار شاهد)، مدت زمان سبز شدن را در همه تیمارها به جز خاک ترکیبی در سطح Q₁ کاهش داد، ولی درصد سبز شدن تنها در تیمارهای شامل زئولیت پتاسیک و خاک ترکیبی در سطح Q₂ به صورت معنی‌داری افزایش یافت. بنابراین، استفاده از زئولیت پتاسیک می‌تواند سبب افزایش درصد سبز شدن و کاهش مدت زمان سبز شدن بنه‌های زعفران گردد.

واژه‌های کلیدی: درصد سبز شدن، زمان سبز شدن، زئولیت پتاسیک، زئولیت کلسیک.

مقدمه

سبز شدن یکی از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک گیاه است که تعیین کننده موفقیت یا شکست نسبی زراعت می‌باشد. سبز شدن به ظهور گیاهچه در سطح خاک گفته می‌شود (Forcella et al., 2000). در چرخه‌ی زندگی گیاهان، جوانه‌زنی و سبز شدن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ به طوری که در استقرار مطلوب و عملکرد نهایی عامل مهم و تعیین کننده به شمار می‌رود (Hadas, 1976). استقرار به موقع گیاهچه موجب افزایش توان آن برای مقابله با شرایط نامساعد محیطی و مشکلات ناشی از آفات و بیماری‌ها می‌شود (Nascimento, 2003). علاوه بر این سبز شدن سریع و یکنواخت سبب مدیریت بهتر محصول تا زمان برداشت می‌گردد.

اخیراً استفاده از سیستم‌های زراعی کم نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. استفاده از زئولیت به منظور افزایش راندمان مصرف آب و افزایش عملکرد گیاهان می‌تواند یک گام مهم در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار باشد. زئولیت‌ها خانواده بزرگی از کانی‌های آلومینوسیلیکاته را تشکیل می‌دهند که خاصیت حاصلخیزکنندگی خاک، ذخیره‌سازی و نگهداشت آب از خواص آن می‌باشد. در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل وجود تنش خشکی، می‌توان با کاربرد زئولیت تا حدودی اثرات نامطلوب تنش خشکی را تعدیل بخشید (Kazemian, 2004). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب صحیح نوع زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به عنوان اصلاح‌کننده در خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی‌مدت عناصر غذایی در خاک، موجب بهبود رشد گیاه شوند (Polite et al, 2004). استفاده از زئولیت یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش رطوبتی خاک است. زئولیت، آلومینوسیلیکاتی با ساختار داربستی است که یون‌های بزرگ و مولکول‌های آب حفرات آن را اشغال کرده و در ساختار آن متحرک می‌باشند؛ به طوری که واکنش‌های تعویض یون و آبیگری آن‌ها به صورت برگشت‌پذیر انجام می‌شود (Franz, 1983). زئولیت جزء کانی‌های طبیعی کشور بوده و تا کنون در شش منطقه وجود معادن آن گزارش شده

است و از طرفی، به سهولت و ارزانی در دسترس قرار دارد، لذا مصرف آن به عنوان مکمل خاک پیشنهاد می‌شود. قابلیت فراوان آن‌ها در جذب و ذخیره‌سازی آب سبب می‌شود که اولاً آب مصرفی گیاه ذخیره شود تا در هنگام لزوم از آب ذخیره شده در زئولیت مورد استفاده قرار گیرد، ثانیاً به علت ذخیره‌سازی آب از شسته شدن و هدر رفتن مواد مغذی کودها جلوگیری به عمل آید (Shiranirad et al., 2011). زئولیت دارای عناصری نظیر پتاسیم، کلسیم، سدیم، سیلیسیم، آلومینیوم، منیزیم، آهن و فسفر است که می‌تواند به عنوان بهترین مکمل غذایی و کود کشاورزی محسوب شده و در بهره‌برداری و تولید بیشتر محصولات کشاورزی نقش مهمی ایفا نماید (Shiranirad et al., 2011). این سنگ معدنی یکی از مواد معدنی اصلاح کننده خاک است که می‌توان از آن به منظور بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش ظرفیت ذخیره رطوبتی خاک استفاده نمود. میزان تأثیر زئولیت بر افزایش ظرفیت ذخیره آب در خاک متفاوت است و به عوامل متعددی از قبیل شرایط فیزیکی خاک، میزان، اندازه و نوع زئولیت مصرفی بستگی دارد (Khashie Siuki et al., 2008). زئولیت‌ها دارای کاتیون‌های قلیایی و قلیایی خاکی هستند که ساختمان کریستالی آن‌ها مشابه کندوی زنبور عسل بوده و قابلیت نگهداری مقادیر زیاد آب در کانال‌های ساختمان خود را دارند. تونل‌ها از داخل به هم وصل شده و اتم‌ها می‌توانند با یون‌های آمونیوم، پتاسیم، فسفر، کلسیم و دیگر کاتیون‌ها مبادله شوند (Polite et al, 2004). بنابراین، زئولیت‌ها از نظر تأثیر بر کاهش تنش آبی و شوری و فراهم نمودن عناصر مورد نیاز بذرها می‌توانند سبب بهبود سبز شدن گردند. در خصوص استفاده از زئولیت در جوانه‌زنی، آرمندپیشه و همکاران (Armand Pisheh et al., 2009) تأثیر استفاده از زئولیت در سطح ۲۰ تن در هکتار را بر افزایش درصد جوانه‌زنی بذرهای کلزا (*Brassica napus*) گزارش کردند؛ البته در این مطالعه به نوع زئولیت مورد استفاده اشاره نشده است. همچنین در تحقیقی دیگر با استفاده از اضافه نمودن زئولیت به خاک مشاهده شد که میزان جوانه‌زنی بذرهای اسفناج (*Spinacia oleracea*) نسبت به تیمار شاهد از افزایش چشمگیری برخوردار بود (Burriesci et al., 1983). بررسی اثر زئولیت

تحت تأثیر نوع و مقدار زئولیت طبیعی کلینوپتیلولایت در قالب طرح کاملاً تصادفی با هفت تیمار و نه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. موقعیت منطقه با طول جغرافیایی ۲۱° ۵۹ و عرض جغرافیایی ۸۷° ۳۲ و با ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا می‌باشد. زئولیت در سه نوع کلسیکی با دانه‌بندی ۶-۱ میلی‌متر (Z_1)، خاک ترکیبی با دانه‌بندی ۳-۱ میلی‌متر (Z_2) و پتاسیک با دانه‌بندی ۳-۱ میلی‌متر (Z_3) و هر کدام در دو سطح ۲۰ گرم در هر کیلوگرم خاک (Q_1) و ۶۰ گرم در هر کیلوگرم خاک (Q_2) به عنوان تیمار در نظر گرفته شد. برای گلدان‌های شاهد هیچ سطح زئولیتی در نظر گرفته نشد. به منظور آماده‌سازی بستر مناسب کشت از گلدان‌های پلاستیکی به وزن ۶۰۰ گرم و با ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر و قطر ۳۰ سانتی‌متر استفاده شد. در کف گلدان‌ها سوراخ‌هایی جهت زهکشی آب گلدان ایجاد گردید. به ارتفاع سه سانتی‌متر، شن به قطر ۲۰-۵ میلی‌متر در کف گلدان ریخته شد تا از خروج خاک جلوگیری گردد. جهت یکنواخت‌سازی خاک گلدان‌ها، از الک پنج میلی‌متری استفاده شد. سپس برای گلدان‌های تیمار شامل زئولیت با توجه به مقدار زئولیت در دو سطح ۲۰ و ۶۰ گرم در هر کیلوگرم خاک، مقدار زئولیت به خاک اضافه گردید و سپس مخلوط شدند. در هر گلدان سه عدد پیاز زعفران در بازه‌ی وزنی ۴-۶ گرم به فاصله مساوی از هم و در عمق ۱۸ سانتی‌متر کاشته شد. مشخصات خاک در جدول ۱ و مشخصات زئولیت‌های مورد استفاده در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

به منظور آبیاری گلدان‌ها پنج سانتی‌متر از لبه گلدان‌ها خالی نگه داشته شد. اولین آبیاری پس از کشت پیاز در گلدان‌ها صورت گرفت؛ به طوری که آب از کف گلدان‌ها خارج شد. تا زمان سبز شدن همه بنه‌ها، آبیاری دیگری صورت نگرفت و آبیاری دوم (زائیچ‌آب) پس از گلدهی انجام شد. مشخصات آب آبیاری در جدول ۵ نشان داده شده است.

گلدان‌ها به صورت روزانه مورد بازدید قرار می‌گرفتند و زمان سبز شدن یادداشت می‌گردید. مشاهده‌ی جوانه به اندازه دو میلی‌متر روی خاک به عنوان ملاک سبز شدن قرار گرفت. ابتدا به منظور تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها، تیمار شاهد در نظر گرفته نشد و طرح به صورت فاکتوریل تجزیه و تحلیل شد.

روی سبز شدن زیره سبز (*Cuminum cyminum*) نشان داد که استفاده از زئولیت پتاسیک در سطح دو درصد وزنی سبب افزایش درصد سبز شدن شد (Ahmadede et al., 2013). مصرف سه درصد وزنی زئولیت کلسیک درصد سبز شدن شاهی (*Lepidium sativum*) را نسبت به تیمار زئولیت پتاسیک و تیمار شاهد افزایش داد (Ahmadede et al., 2013).

زعفران با نام علمی (*Crocus sativus* L.) گیاهی نسبتاً مقاوم به سرما می‌باشد که دوران رشد آن مصادف با پاییز و زمستان و اوایل بهار است (Behnia, 1989). ایران از نظر سطح زیر کشت و تولید زعفران، مقام اول را در جهان دارا می‌باشد؛ به طوری که بیشتر از ۹۰ درصد زعفران دنیا در ایران تولید می‌شود. این گیاه به دلیل وجود رنگ، عطر و ترکیبات شناخته شده، در صنایع غذایی و دارویی مصارف زیادی دارد (Kafi et al., 2002). با توجه به توسعه کشت زعفران در مناطق دیگر کشور و روی آوردن استان‌های مختلف به کشت این محصول، تفاوت این اقلیم‌ها برای کشت زعفران مشکل آفرین می‌باشد. سبحانی (Sobhani, 2011)، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2010) و موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2012) امکان کشت زعفران را در استان‌های اردبیل، خوزستان و همدان بررسی کردند. فرا رسیدن زمستان‌های زودرس و سردتر و یا تابستان‌های گرم‌تر و طولانی‌تر نسبت به آب و هوای استان خراسان در زمان و دوره رشد این محصول می‌تواند تأثیرگذار باشد. همچنین تأثیرات تغییر اقلیم بر زمان سبز شدن و دوره رشد زعفران می‌تواند اثرات منفی داشته باشد (Shahrokhi et al., 2011). بنابراین، تسریع در زمان سبز شدن و شروع برگ‌دهی می‌تواند راهکاری مناسب برای جلوگیری از تلاقی دوره رشد این محصول با فصول گرم یا سرد باشد.

بررسی‌ها نشان داد که تاکنون مطالعه‌ای بر روی سبز شدن زعفران به عنوان مهمترین مرحله رشدی این گیاه انجام نشده است. با توجه به اثر مثبت زئولیت بر سبز شدن و به دلیل دسترسی آسان به منابع معدنی زئولیت در کشور این مطالعه با هدف تأثیر این کانی طبیعی بر زمان و درصد سبز شدن زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی زمان و درصد سبز شدن زعفران

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده در طرح
Table 1 - Soil properties used in the design

SAR	EC	pH	Na	K	Mg	Ca	N (Total) %	جرم مخصوص ظاهری (bulk density) (g.cm ⁻³)	بافت خاک (soil texture)	رس (clay)	سیلت (silt)	شن (sand)	
-	(ds.m ⁻¹)	-	(meq.lit ⁻¹)						-			%	
15.58	13.16	7	91.3	10.7	38	30.8	0.078	1.61	شنی لومی (SL)	6	38	56	

جدول ۲- ترکیبات زئولیت کلسیک مورد استفاده
Table 2- Components of Calcic zeolite

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	نوع زئولیت (type of zeolite)
70.59	7.88	1.31	2.21	3.00	3.68	0.62	0.162	0.022	0.013	کلسیک (calcic zeolite)
L.O.I (%)	SO ₃ (%)	Cl (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	نوع زئولیت (type of zeolite)
8.13	1.345	3504	1154	399	54	5	39	12	7	کلسیک (calcic zeolite)

جدول ۳- ترکیبات زئولیت خاک ترکیبی مورد استفاده
Table 2- Components of soil zeolite

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	نوع زئولیت (type of zeolite)
65.36	6.44	2.19	6.42	1.20	2.88	1.59	0.213	0.043	0.018	خاک ترکیبی (soil zeolite)
L.O.I (%)	SO ₃ (%)	Cl (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	نوع زئولیت (type of zeolite)
11.55	1.318	1920	1021	1056	60	17	33	20	20	خاک ترکیبی (soil zeolite)

جدول ۴- ترکیبات زئولیت پتاسیک مورد استفاده
Table 2- Components of Potasic zeolite

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	P ₂ O ₅ (%)	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	پتاسیک (potasic zeolite)
L.O.I (%)	SO ₃ (%)	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	پتاسیک (potasic zeolite)

جدول ۵- مشخصات آب آبیاری

Table 5- Water properties used in irrigation

SO ₄	Cl	HCO ₃	CO ₃	K	Na	Mg	Ca	TDS	SAR	pH	EC
(meq.l ⁻¹)								(mg.l ⁻¹)	-	-	(ds.m ⁻¹)
4.25	2.2	4.75	0.00	0.01	4.19	5/3	1.7	68.48	2.24	7.26	0.991

زئولیت کلسیکی تأثیر معنی‌داری نداشت. این نتایج با مشاهدات احمدی و همکاران (Ahmadee et al., 2013) در گیاه شاهی مغایرت دارد. ایشان با بررسی اثر دو نوع زئولیت کلسیک و پتاسیک نشان دادند که زئولیت کلسیک تأثیر معنی‌داری بر کاهش زمان سبز شدن و افزایش زمان درصد سبز شدن نشان داد و تفاوت معنی‌دار آماری نسبت به زئولیت پتاسیک داشت. ایشان از خاکی با هدایت الکتریکی ۰/۸۴ دسی‌زیمنس بر متر استفاده نمودند و آبیاری با توجه به ظرفیت زراعی خاک انجام شد. بنابراین، این مغایرت می‌تواند به دلیل نوع خاک مورد استفاده و روش آبیاری باشد. شوری خاک و تنش خشکی بر سبز شدن بنه‌های زعفران تأثیر منفی دارد و استفاده از زئولیت این اثر را کاهش داد. نتایج نشان داد که نوع زئولیت در میزان کاهش اثرات تنش خشکی و شوری تأثیر مثبتی داشت. خاک ترکیبی به دلیل ساختار متفاوت (مخلوط خاک و زئولیت) نسبت به دو زئولیت دیگر اثر کمتری بر کاهش تنش‌های ایجاد شده نشان داد.

همچنین با توجه به اینکه اثر تبادل کاتیونی زئولیت به اندازه ذرات و مقدار آلومینیوم آن‌ها بستگی دارد (Khashei Siuki, 2006) می‌توان تفاوت در مقدار آلومینیوم قابل تبادل را سبب کاهش معنی‌دار زمان و درصد سبز شدن خاک ترکیبی نسبت به زئولیت پتاسیک دانست، ولی کاهش این عوامل در زئولیت کلسیک به دلیل افزایش قطر ذرات آن می‌باشد. افزایش اندازه ذرات باعث شده که زئولیت کلسیک اثر کمتری بر کاهش تنش شوری داشته باشد بنابراین، وجود تنش شوری در تیمار زئولیت کلسیک سبب ایجاد تفاوت معنی‌دار در درصد سبز شدن بنه‌ها نسبت به زئولیت پتاسیک شد. همچنین با کاهش اندازه‌ی ذرات زئولیت، میزان آب نگهداری شده در خاک افزایش می‌یابد (Huang & Petrovic, 1996) که افزایش رطوبت نیز سبب

سپس اثرات متقابل نوع و مقدار زئولیت با در نظر گرفتن تیمار شاهد در قالب طرح کاملاً تصادفی بررسی شد. مقایسه میانگین‌ها در این تحقیق با استفاده از روش آماری آزمون توکی انجام گردید و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS 9.1.3 استفاده شد. نمودارها با استفاده از Excel 2007 و با برازش رگرسیون خطی بین مقادیر درصد سبز شدن نسبت به زمان سبز شدن به دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۶ نشان داده شده است. نوع زئولیت در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد به ترتیب بر زمان و درصد سبز شدن تأثیر معنی‌داری داشت، ولی مقدار زئولیت بر هیچکدام از صفات فوق تأثیر معنی‌داری نداشت. این نتایج با مشاهدات احمدی و همکاران (Ahmadee et al., 2013) در گیاه شاهی مطابقت دارد. ایشان نشان دادند که نوع زئولیت بر زمان سبز شدن اثر معنی‌داری دارد، ولی با مشاهدات ایشان در خصوص اثر مقدار زئولیت بر زمان سبز شدن مغایرت دارد. ایشان از مقادیر ۱، ۳، ۵ و ۷ درصد وزنی برای بررسی اثر مقدار زئولیت بر سبز شدن شاهی استفاده نمودند و تفاوت نتایج تحقیق حاضر با این مشاهدات احتمالاً به دلیل تفاوت در مقادیر زئولیت به کار رفته می‌باشد. اثر متقابل نوع و مقدار زئولیت تنها بر زمان سبز شدن در سطح احتمال ۰/۱ درصد تأثیر معنی‌داری نشان داد و هیچ تأثیری بر درصد سبز شدن نداشت که با نتایج احمدی و همکاران (Ahmadee et al., 2013) در گیاه شاهی مطابقت دارد.

زئولیت پتاسیک بر زمان سبز شدن و درصد سبز شدن در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۷). استفاده از این نوع زئولیت میانگین زمان سبز شدن را نسبت به خاک ترکیبی ۱۰/۲۸ روز کاهش داد، ولی نسبت به استفاده از

افزایش تبادل کاتیونی در زئولیت پتاسیک شده و اثر تنش شوری کاهش بیشتری داشته است.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای زمان و درصد سبز شدن زعفران
Table 6- Analysis of variance (Mean Square) for time and percent of saffron emergence

درصد سبز شدن Percent of emergence	زمان سبز شدن Time of emergence	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V.
3229.46*	476.39**	2	نوع زئولیت (Type of zeolite)
996.74 ^{ns}	160.17 ^{ns}	1	مقدار زئولیت (Amount of zeolite)
774.90 ^{ns}	823.50***	2	مقدار × نوع (Type×amount)
648.41	81.53	48	خطا (Error)

ns, *, **, و ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج، یک و ۰/۱ درصد می‌باشد.
Ns, *, **, and *** are non significant, significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

نبود. Z_1Q_1 و Z_1Q_2 نسبت به Z_0 زمان سبز شدن را به ترتیب ۹/۷۸ و ۱۲/۲۳ روز کاهش دادند گرچه این کاهش معنی‌دار نبود. با افزایش مقدار خاک ترکیبی مقدار زئولیت در ترکیب آن افزایش یافته و این افزایش سبب کاهش اثرات تنش شوری و خشکی شد. زمان سبز شدن در این تیمار نسبت به Z_0 کاهش معنی‌داری به میزان ۱۵ روز یافت و نسبت به زئولیت کلسیک اثر بیشتری بر زمان سبز شدن نشان داد که علت آن کوچک بودن قطر ذرات این زئولیت نسبت به زئولیت کلسیکی می‌باشد. کاهش زمان سبز شدن در Z_3Q_1 نسبت به Z_3Q_2 مشاهده شد ولی این کاهش معنی‌دار نبود. این نتایج با مشاهدات احمدی و همکاران (Ahmadee et al., 2013) در سبز شدن زیره سبز مطابقت دارد. ایشان با استفاده از دو تیمار زئولیت پتاسیک با سطوح دو و شش درصد وزنی نشان دادند که کاربرد زئولیت پتاسیک در سطح بالا سبب افزایش زمان سبز شدن زیره سبز شد، ولی تفاوت آماری معنی‌داری بین دو تیمار مشاهده نشد. نتایج نشان داد که استفاده از زئولیت کلسیک تأثیر معنی‌داری نسبت به Z_0 بر درصد سبز شدن نداشت. همچنین Z_2Q_1 نسبت به Z_0 سبب افزایش ۱۸ درصدی سبز شدن شد و با افزایش مقدار خاک ترکیبی درصد سبز شدن بنه‌ها به میزان

تأثیر مقدار زئولیت بر زمان و درصد سبز شدن در جدول ۸ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده مقدار زئولیت تأثیری بر هیچکدام از صفات مورد مطالعه نداشت. گرچه افزایش مقدار زئولیت باعث کاهش ۰/۳ روز در زمان سبز شدن زعفران و افزایش ۱۵/۹۰ درصدی سبز شدن شد، ولی هیچکدام از این اثرات معنی‌دار نشد. بنابراین، توجه به نوع زئولیت برای افزایش سرعت و درصد سبز شدن نسبت به مقدار کاربرد آن اهمیت بیشتری نشان می‌دهد. با توجه به عدم تأثیر مقدار زئولیت بر شاخص‌های مورد بررسی، افزایش مقدار زئولیت از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه نیست. نتایج نشان داد که Z_0 و Z_2Q_1 بیشترین زمان سبز شدن را بین تیمارهای دیگر داشتند (جدول ۹). به علت عدم کاربرد زئولیت در Z_0 و کم بودن زئولیت‌های موجود در Z_2Q_1 این تیمارها اثر کمتری بر کاهش تنش شوری داشته و افزایش بیشتری در زمان سبز شدن زعفران نشان دادند. کمترین زمان سبز شدن در Z_3Q_1 مشاهده شد که نسبت به Z_0 و Z_2Q_1 تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد نشان داد. همچنین Z_3Q_1 نسبت به Z_1Q_1 ، Z_1Q_2 و Z_2Q_2 تأثیر بیشتری بر زمان سبز شدن داشت، ولی این تأثیر معنی‌دار

خاک نسبت به تیمارهای دیگر گردیده که باعث افزایش تبادل کاتیونی و به خصوص باعث افزایش پتاسیم قابل تبادل شد (Ekaterina & Christos, 2002). پتاسیم می‌تواند اثرات ناشی از شوری خاک بر جوانه‌زنی را کاهش داده و سبب افزایش میزان بذرهای سبز شده گردد همچنین ممکن است با آزادسازی پتاسیم به وسیله‌ی زئولیت پتاسیک، نسبت Na/K در خاک کاهش یافته و این عامل سبب افزایش درصد سبز شدن بنه‌ها در زئولیت پتاسیک شده باشد. این نتایج با تحقیقات امینی‌فر و همکاران (Aminifar et al., 2011) یکسان می‌باشد. ایشان بیان داشتند که استفاده از پیش‌تیمار بذر با پتاسیم می‌تواند سبب افزایش جوانه‌زنی شود. همچنین با نتایج شفیع‌زاده و همکاران (Shafizadeh et al., 2011) در خصوص استفاده از پتاسیم بر بهبود خصوصیات جوانه‌زنی از جمله افزایش درصد جوانه‌زنی مطابقت دارد.

۳۶/۱۴ درصد افزایش نشان داد، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. کاربرد زئولیت پتاسیک در سطح بالا (Z_2) سبب افزایش معنی‌دار ۱۰۹/۲۹ درصدی سبز شدن بنه‌ها شد. این تیمار نسبت به Z_1Q_1 ، Z_1Q_2 و Z_2Q_1 درصد سبز شدن را به ترتیب ۶۴/۶۷، ۷۰/۱۰ و ۷۷/۲۶ درصد به صورت معنی‌داری افزایش داد. استفاده از زئولیت پتاسیک به علت کوچک بودن قطر ذرات تبادل کاتیونی بالاتری داشته و اثرات ناشی از تنش شوری را به علت افزایش میزان سیلیس در خاک کاهش داده (Tahir et al., 2006) در نتیجه سبب افزایش معنی‌دار درصد سبز شدن شده است. Z_3Q_1 نسبت به Z_3Q_2 اثر کمتری بر درصد سبز شدن نشان داد؛ به طوری که با تیمار شاهد تفاوت آماری معنی‌داری در درصد سبز شدن نداشت. کاهش سطح کاربرد زئولیت پتاسیک باعث کاهش میزان تبادل کاتیونی در خاک شده و اثرات تنش شوری را کمتر تحت تأثیر قرار داده است. افزایش مقدار زئولیت پتاسیک سبب افزایش میزان رطوبت

جدول ۷- مقایسه میانگین زمان و درصد سبز شدن زعفران در مقادیر زئولیت

Table 7- Mean comparison of time and percentage for saffron emergence under zeolite rates

Z_3	Z_2	Z_1	تیمار reatment)
25.55 ^a	35.83 ^b	31.11 ^{ab*}	زمان سبز شدن (روز) Time of emergence (day)
73.72 ^a	51.55 ^b	49.61 ^b	درصد سبز شدن Percent of emergence

* در هر سطر، میانگین‌های شامل حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند. Z_1 ، Z_2 و Z_3 : به ترتیب نشان‌دهنده‌ی زئولیت کلسیک، زئولیت خاک ترکیبی و زئولیت پتاسیک می‌باشند.
* Means with the same letter(s) in each row have not significantly difference based on Tukey's test ($p \leq 0.05$).
 Z_1 , Z_2 and Z_3 : indicate Ca, soil and P zeolites, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین زمان و درصد سبز شدن زعفران برای انواع زئولیت

Table 8- Mean comparison of time and percentage for saffron under zeolite types

Q_2	Q_1	تیمار Treatment
30.70 ^a	31.00 ^{a*}	زمان سبز شدن (روز) Time of emergence (day)
62.59 ^b	54.00 ^b	درصد سبز شدن Percent of emergence

* در هر سطر، میانگین‌های شامل حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند. Q_1 و Q_2 : به ترتیب نشان‌دهنده‌ی مقادیر دو و شش درصد وزنی زئولیت می‌باشند.
* Means with the same letter(s) in each row have not significantly difference based on Tukey's test ($p \leq 0.05$).
 Q_1 and Q_2 indicate 2 and 6% zeolite levels, respectively.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و مقدار زئولیت بر زمان و درصد سبز شدن زعفران.

Table 9- Comparison to the type and amount of zeolite

درصد سبز شدن Percent of emergence	زمان سبز شدن Time of emergence	نوع و مقدار زئولیت Type and amount of zeolite
40.56 ^b	42.11 ^{b*}	Z ₀
51.55 ^b	32.33 ^{ab}	Z ₁ Q ₁
47.67 ^b	29.88 ^{ab}	Z ₁ Q ₂
47.89 ^b	44.56 ^b	Z ₂ Q ₁
55.22 ^{ab}	27.11 ^a	Z ₂ Q ₂
62.56 ^{ab}	20.78 ^a	Z ₃ Q ₁
84.89 ^a	30.33 ^{ab}	Z ₃ Q ₂

* در هر ستون، میانگین‌های شامل حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از آزمون توکی بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند. Z₀, Z₁, Z₂ و Z₃: به ترتیب نشان‌دهنده‌ی شاهد، زئولیت کلسیک، زئولیت خاک ترکیبی و زئولیت پتاسیک و Q₁ و Q₂: به ترتیب نشان‌دهنده‌ی مقادیر دو و شش درصد وزنی می‌باشند.

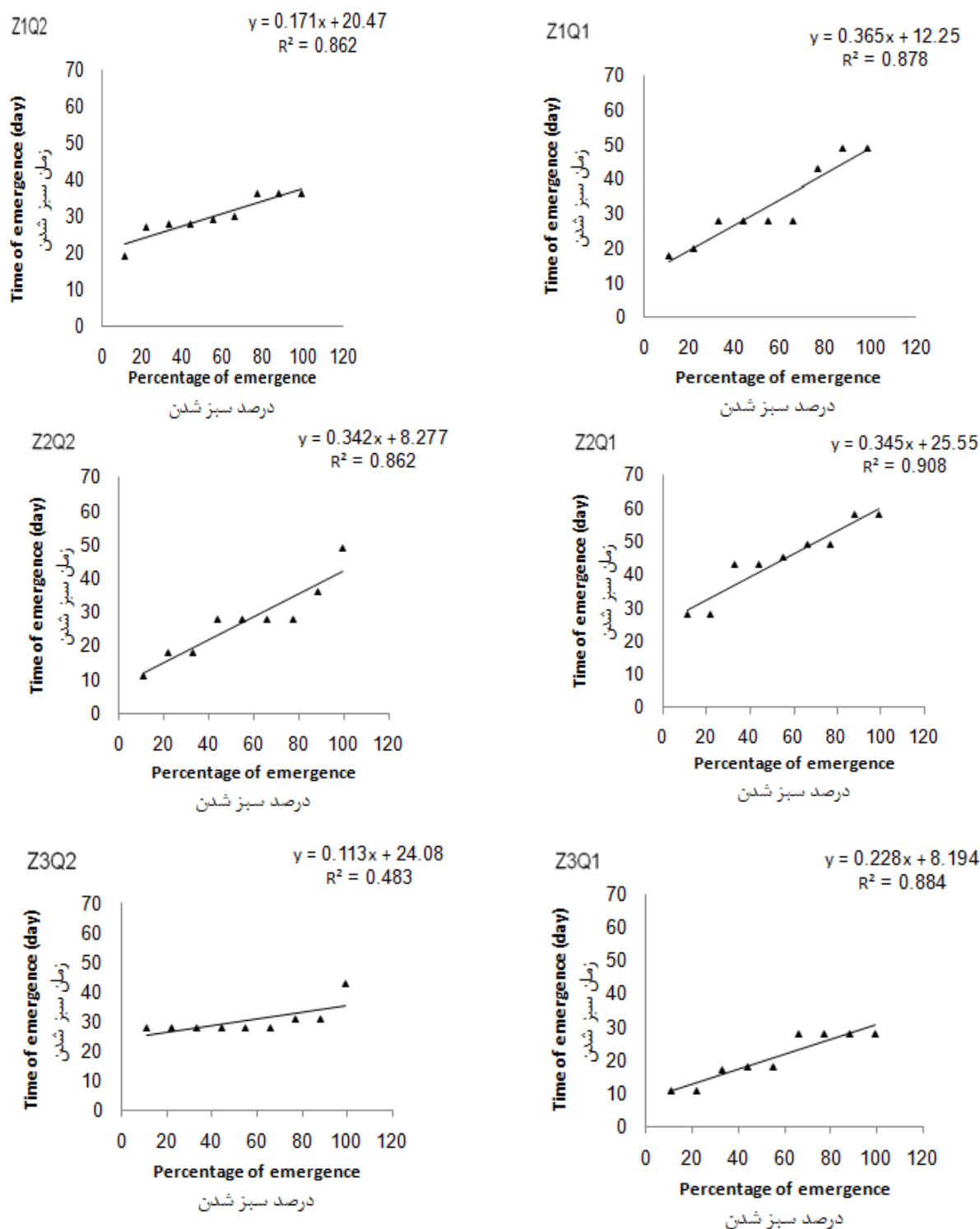
* Means with the same letter(s) in each row have not significantly difference based on Tukey's test ($p \leq 0.05$).

Z₀, Z₁, Z₂ and Z₃: indicate control, Ca zeolite, soil zeolite and K zeolite, and Q₁ and Q₂ indicate 2 and 6% zeolite levels, respectively.

کلسیک، یکنواختی سبز شدن بیشتر شد. برای این زئولیت در سطح Q₂ اختلاف زمان سبز شدن بین اولین و آخرین بنه سبز شده ۱۷ روز و در سطح Q₁ این اختلاف زمانی ۳۱ روز به دست آمد.

اختلاف زمانی اولین و آخرین بنه سبز شده برای خاک ترکیبی در سطوح بالا (Q₂) و پایین (Q₁) به ترتیب ۳۸ و ۳۰ روز بود ولی در تیمارهای شامل زئولیت پتاسیک اختلاف زمانی در سطوح بالا (Q₂) و پایین (Q₁) به ترتیب به ۱۵ و ۱۷ روز کاهش یافت. با بررسی اثر متقابل نوع و مقدار زئولیت مشاهده شد که تیمارهای Z₁Q₂, Z₃Q₁ و Z₃Q₂ کمترین شیب و در نتیجه بیشترین یکنواختی سبز شدن را داشتند. یکنواختی سبز شدن سبب اعمال مدیریت صحیح در برداشت زعفران شده و تلفات آسیب به جوانه‌های دیرتر سبز شده را در اثر تردد گل چین‌ها برای برداشت زعفران کاهش می‌دهد.

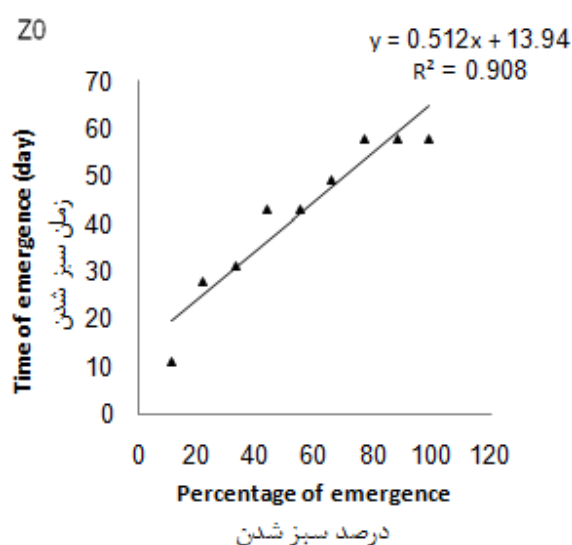
همچنین پتاسیم اثر مستقیم و غیرمستقیم بر رشد گیاه دارد. مصرف پتاسیم به طور مستقیم باعث افزایش جذب آب یا به وجود آوردن شرایط داخلی جهت ایجاد تحمل به خشکی می‌شود. آثار غیرمستقیم وقتی اتفاق می‌افتد که مصرف، هیچگونه ارزشی در روابط آب و گیاه ندارد، ولی به دلایل تغذیه‌ای، باعث افزایش رشد می‌شود (Salardini, 2005). همچنین ایگیلا و همکاران (Egilla et al., 2005) و لینداور (Lindhauer, 1985) استفاده از کودهای پتاسه را برای بهبود عملکرد و کاهش شرایط تنش برای گیاهان پیشنهاد می‌کنند. با برآزش رگرسیونی خطی بین درصد سبز شدن نسبت به زمان سبز شدن زعفران مشاهده شد که با افزایش مقدار زئولیت شیب خط رگرسیونی کاهش یافته در نتیجه یکنواختی سبز شدن افزایش یافت (شکل ۱). با مقایسه‌ی زئولیت‌ها در مقدار Q₁ مشاهده شد که استفاده از زئولیت پتاسیک بیشترین یکنواختی و زئولیت کلسیک کمترین یکنواختی سبز شدن را داشت. در سطح کاربرد بالاتر (Q₂) بیشترین یکنواختی سبز شدن در زئولیت پتاسیک و کمترین یکنواختی سبز شدن در خاک ترکیبی مشاهده شد. با افزایش مقدار کاربرد زئولیت



شکل ۱- تأثیر نوع و مقدار زئولیت بر زمان و درصد سبز شدن زعفران

Z_1 , Z_2 و Z_3 : به ترتیب نشان‌دهنده زئولیت کلسیک، خاک ترکیبی و پتاسیک و Q_1 و Q_2 : به ترتیب نشان‌دهنده مقدار دو و شش درصد وزنی زئولیت می‌باشند.

Fig. 1- Effect of type and rate of zeolite on time and percentage of saffron emergence
 Z_1 , Z_2 and Z_3 : indicate Ca, soil and K zeolite, and Q_1 and Q_2 : indicate 2 and 6% zeolite levels, respectively.



شکل ۲- تأثیر تیمار شاهد بر زمان و درصد سبز شدن زعفران

Fig. 2- Effect of control treatment on time and percentage of saffron emergence

بین انواع ژئولیت مورد استفاده نشان داد؛ به طوری که تعداد بنه‌های سبز شده نسبت به شاهد ۲/۰۹ برابر افزایش یافت. همچنین استفاده از این نوع ژئولیت میانگین مدت زمان سبز شدن زعفران را نسبت به تیمار شاهد ۱۸/۸۵ روز کاهش داد و سبب افزایش یکنواختی سبز شدن شد. بنابراین، به کارگیری این نوع ژئولیت در خاک‌های شور و قلیایی سبب افزایش درصد سبز شدن بنه‌ها شده و می‌توان تأخیر در زمان کشت را نیز جبران نمود. نویسندگان تکرار آزمایش‌های مشابه در مناطق دیگر کشور و استفاده از مقادیر مختلف ژئولیت برای دستیابی به نتایج بهتر را پیشنهاد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

ژئولیت‌های مورد مطالعه توسط شرکت افرازند تهیه گردیده است که بدین وسیله از جناب آقای مهندس مهران رجبی مدیر عامل این شرکت تشکر و قدردانی می‌شود.

با مقایسه‌ی شاهد با سایر تیمارها کمترین یکنواختی سبز شدن در این تیمار مشاهده شد (شکل ۲). اختلاف زمانی بین اولین و آخرین بنه سبز شده در شاهد ۴۷ روز می‌باشد و در بعضی گلدان‌ها در این تیمار بنه‌های دوم و سوم به علت تداخل با سرما سبز نشد. بنابراین، استفاده از ژئولیت می‌تواند سبب کاهش اثرات منفی تأخیر در کاشت و تغییر اقلیم شود. با توجه به کشت این محصول در استان‌های با اقلیم سرد (Sobhani, Mousavi et al., 2012; 2011) کاربرد ژئولیت می‌تواند سبب افزایش سرعت سبز شدن و جلوگیری از تداخل دوره گلدهی با سرمای زودرس گردد.

نتیجه‌گیری

استفاده از ژئولیت بر مدت زمان و درصد سبز شدن زعفران تأثیر مثبت معنی‌دار داشت، ولی مقدار ژئولیت هیچ تأثیری بر عوامل ذکر شده نداشت. ژئولیت پتاسیک بیشترین تأثیر را در

منابع

Ahmadee, M., Khashei Siuki, A., Bagheri Moghadam, M., 2013 a. The effect of zeolite P on time and percent of cumin emergence. 12th of Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Iran, Kerman. [in Persian].

Ahmadee, M., Khashei Siuki, A., shahidi, A., Bagheri Moghadam, M., 2013b. Effect of Ca and P zeolite on Cress emergence. 2nd National Conference on Agriculture for Sustainable Development and Healthy Environment. Iran, Hamadan. [in Persian].

- Aminifar, J., Mohsen Abadi, G., Bigloie, M. H., 2011. Effect of pretreatment of zinc and potassium and salt stress on seed germination and seedling growth. 1st National Conference on Economic Jihad in Agriculture and Natural Resources [in Persian].
- Armanpishch, O., Iran Nejad, H., Allahdadi, I., Amiri, R., Koliaie, A., 2009. Effect of zeolite application on canola seed germination and vigor under drought stress. *J. Crop Echo Physiol.* 1(1), 54-62. [in Persian].
- Behnia, M. R. 1989. Saffron: botany, cultivation and production. Tehran University Publications. 260 p. [in Persian].
- Burriesci, N., Valente, S., Ottana, R., Cimino, C., Zipelli, C., 1983. Utilization of zeolites in spinach growing. *Zeolites.* 4, 5-8.
- Egilla, J.N., Davies, F.T., Boutton, T.W., 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water use efficiency of *Hibiscus rosa-Sinensis* at three potassium concentrations. *Photosynthetica.* 43(1), 135-140.
- Ekaterina, G., Christos, F., 2002. Influence of clinoptilolite and compost on soil properties. Taylor and Francis Publishing. 33(3), 595-607.
- Forcella, F., Benech Arnold, R.L., Sanchez, R., Ghera, C.M., 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crop Res.* 67, 123-139.
- Franz, C. 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. *Acta Hort.* 132, 203-215.
- Hadas, A., 1976. Water uptake and germination of leguminous seed under changing external water potential in osmotic solution. *J. Exp. Bot.* 27, 480-489.
- Huang, Z., Petrovic, A.M., 1996. Clinoptilolite zeolite effect on evapotranspiration rate and shoot growth rate of creeping bentgrass on sandbuse greens. *Turfgrass Manage.* 1(4), 1-9.
- Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., Molafilabi, A., 2002. Saffron Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Publications. 279 Pp. [in Persian].
- Kazemian, H., 2004. Introduction to Zeolites, Minerals Magic., Behesht Publication. 126 pp. [in Persian].
- Khashei Siuki, A., 2006. Effect of natural zeolite consumption on irrigation scheduling and yield corn. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran. [in Persian with English Summary].
- Khashei Siuki, A., Kochekezadeh, M., Shahabifar, M., 2008. Effect of natural zeolite clinoptilolite and soil moisture on corn yield. *J. Res. Soil Sci. (Soil & Water).* 22(2), 235-241. [in Persian].
- Koocheki, A., Sarmdnia, G.H., 2008. Physiology of crop plants. Mashhad University Jihad Publication. 400 pp. [in Persian].
- Lindhauer, M.G., 1985. Influence of K nutrition and drought on water relations and growth of sunflower. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.* 148, 654-659.
- Mohammadi, A., Faramarzi, J., Jabari, S., 2010. Useful frequency of irrigation and sowing date for optimum saffron flowering (*Crocus sativus* L.). 11th Iranian Crop Sciences Congress. Iran, Tehran. [in Persian].
- Mousavi, J., Zaerie, K., Hazbavi, S., Toamehzadeh, J., 2012. Agroecological zoning of North of Khuzestan province for saffron cultivation using geographical information system GIS. 1st Inational Conference of Guidelines for Achieving Sustainable Development. Iran, Tehran. [in Persian].
- Nascimento, W.M., 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. *Sci. Agric.* 60, 71-75.
- Polite, E., Karuca, M., Demire, H., Naci Onus, A., 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *J. F. Orna. Plant Res.* 12, 183-189.
- Salardini, A. A. 2005. Soil fertility. Tehran University Publications. 434p. [in Persian].
- Shafizadeh, M., Bahreini Nejad, B., Parsa, S., Jami Al-Ahmadi, M., 2011. Improve seed germination and perennial medicinal plant *Salvia (Salvia viridis)* under drought stress conditions using potassium nitrate and calcium chloride. 7th Congress of Horticultural Science. Iran, Esfahan. [in Persian].
- Shahrokhi, A., Ghaeidamini Harooni, M., Khodakarimi, A., 2011. The effect of climate change on saffron flowering. National Conference on Climate Change and its

- Impact on Agriculture and Environment. Oromieh, Iran. [in Persian].
- Shiranirad, A., Moradi Aghdam, A., Taherkhani, T., Eskandari, K., Nazari Golshan, A., 2011. Evaluation of canola reaction to nitrogen values and humidity regime to application of zeolite. *Journal of crop echo physiology*. 3(4), 296-306. [in Persian].
- Sobhani, H., 2011. Investigation of agricultural climate of Saffron cultivation in Ardabil. 1st National Conference on Agrometeorology and Agricultural Water Management. [in Persian].
- Tahir, M.A., Rahmatullah, A., Aziz, T., Ashraf, M., Kanwal, S., Maqsood, M.A., 2006. Beneficial effects of silicon in wheat under salinity stress. *Pak. J. Bot.* 38, 1715-1722.

Type and amount evaluation of natural clinoptilolite zeolites impacts on saffron (*Crocus sativus* L.) emergence

Mohsen Ahmadee^{*1}, Abbas Khashei Siuki² and Mohammad Hasan Sayyari³

1-M.Sc. Student, Irrigation and Drainage, University of Birjand, Iran

2-Assistant Professor of Water Engineering, University of birjand, Iran

3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand

*-Corresponding Author E-mail: m.ahmadee@ymail.com

Ahmadee, M., and Khashei Suiki, A., and Sayyari, M.H., 2014. Type and amount evaluation of natural clinoptilolite zeolites impacts on saffron (*Crocus sativus* L.) emergence. Journal of Saffron Research. 1(2): 97-109.

Submitted: 21-07-2013

Accepted: 21-10-2013

Abstract

Saffron (*Corocus sativus*) is known as one of the most valuable medicinal and spice plants in worldwide. This plant is one of the most important crops in South Khorasan Province. Despite the many researches on saffron cultivation in many regions in the country with different climatic conditions but there were few studies about saffron emergence as most important growth stage. The objective of this study was to investigate the effects of P, Ca and soil Zeolites at 20 and 60 g.kg⁻¹ levels on time and percentage of saffron emergence. This experiment was conducted based on a completely randomized design with seven treatments and nine replications in Birjand Agriculture Research Field during year of 2012. The results of this study showed that the effect of zeolite type was significant on saffron emergence time ($p \leq 0.01$) and percentage of saffron emergence ($p \leq 0.05$). There were not a significant effect on time and percentage of emergence by using different zeolite levels. There was an interaction between type and level of zeolite on saffron emergence time ($p \leq 0.001$). Emergence time was decreased by using zeolite at a level of 20 g.kg⁻¹ except in soil zeolite, while percentage of emergence was significantly increased only in P and soil (at a level of 60 g.kg⁻¹) zeolite. Thus, using K zeolite can increase the percentage of emergence and decrease emergence time of saffron corms.

Keywords: Calcic zeolite, Emergence percentage, Emergence time, Potasic zeolite.