نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد چهارم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۳۹۵
شماره صفحه: ۴۱-۲۹

بررسی اثر سطوح زئولیت پتاسیک و مدیریت آبیاری بر خصوصیات زراعی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

عباس خاشعی سیوکی[1*]، سید رضا هاشمی[1] و محسن احمدی[3]

۱- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند، بیرجند.
۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند، بیرجند.
۳- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.
*- نویسنده مسئول: E-mail: abbaskhashei@birjand.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۹؛ تاریخ پذیرش۹۴/۰۱/۳۰

چکیده

تنش خشکی یکی از عوامل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی به حساب می‌آید که اثرات آن حتی در گیاهانی که بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک هستند مشاهده شده است. زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی با ارزش محسوب شده و توجه به کاهش اثرات تنش خشکی روی آن اهمیت خاصی دارد. بنابراین به منظور دستیابی به این مهم، تحقیقی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۲ انجام شد. زئولیت در چهار مقدار صفر (Z_0)، ۰/۵ (Z_1)، ۱ (Z_2) و ۲ (Z_3) درصد وزنی و آبیاری در سه سطح سنتی (I_1)، آبیاری با تخلیه ۷۰ درصد رطوبتی (I_2) و آبیاری کامل (I_3) به عنوان عوامل آزمایش در نظر گرفته شدند. صفات مورد مطالعه شامل وزن تر و طول گلبرگ، وزن تر و طول کلاله، وزن تر و طول خامه، وزن خشک کلاله و درصد سبز شدن زعفران بود. نتایج نشان داد که مقدار زئولیت در سطح احتمال ۰/۱ درصد بر وزن خشک کلاله و در سطح احتمال یک درصد بر شاخص‌های وزن تر کلاله، وزن تر گلبرگ، وزن تر خامه و طول کلاله اثر معنی‌داری داشت. آبیاری نیز در سطح احتمال ۰/۱ درصد بر وزن خشک کلاله، در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر خامه و در سطح احتمال پنج درصد بر وزن تر گلبرگ و طول کلاله اثر معنی‌داری نشان داد. همچنین اثر متقابل مقدار زئولیت و آبیاری بر وزن تر گلبرگ در سطح احتمال یک درصد و بر طول کلاله در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری داشت. وزن تر کلاله تحت تأثیر کاربرد زئولیت قرار گرفت، به طوری‌که سطوح کاربرد ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی زئولیت به ترتیب سبب افزایش ۸۷، ۸۷/۵ و ۹۴ درصدی وزن تر کلاله شدند. طول کلاله نیز تحت اثر مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری قرار گرفت، به طوری که بیشترین طول کلاله در Z_1 مشاهده شد که نسبت به Z_0 افزایشی ۶۵ درصدی داشت. همچنین افزایش آب آبیاری در I_3 سبب افزایش ۵۸ درصدی طول کلاله نسبت به I_1 شد. سطوح کاربرد Z1 و Z_2 سبب افزایش ۶۷/۵ و ۶۰ درصدی وزن تر گلبرگ نسبت به شاهد شدند. تیمارهای I_2 و I_3 نیز اثر مثبت معنی‌داری بر افزایش این شاخص نسبت به I_1 نشان دادند. وزن تر خامه تحت تأثیر مقدار زئولیت قرار گرفت و کاربرد سطوح Z_1، Z_2 و Z_3 به ترتیب سبب افزایش ۷۰/۵، ۶۸/۵ و ۶۴ درصدی این شاخص نسبت به شاهد (Z0) شد. وزن خشک کلاله با افزایش سطوح کاربرد زئولیت و کاربرد بیشتر آب، افزایش نشان داد، به طوری که بیشترین عملکرد زعفران در تیمارهای Z_2I_3، Z_3I_2 و Z_3I_3 مشاهده شد. با توجه به کمبود آب در شهرستان بیرجند پیشنهاد می‌شود که از تیمار Z_3I_2 در کشت زعفران استفاده شود.

واژه های کلیدی: آبیاری کامل، آبیاری سنتی، درصد سبز شدن، وزن کلاله.

مقدمه

با توجه به اقلیم خشک کشور ایران (Jazaeri Nushabadi and Rezaei, 2007)؛ تنش آبی یکی از مشکلاتی است که در بخش‌های مختلفی از کشور باعث کاهش محصولات کشاورزی شده است (Mousavifar, 2009). این موضوع حتی برای گیاهانی که در نواحی خشک و نیمه‌خشک نیز کشت می‌شوند مشاهده شده و عملکرد آن‌ها تحت تأثیر خشکی قرار گرفته و کاهش نشان داده است (Sibi et al., 2012). با توجه به اینکه تنش آبی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده رشد و تولید گیاهان به شمار می‌رود (Tommasini et al., 2008) توجه به کاهش اثرات آن به ویژه در مناطق مستعد این نوع تنش همچون منطقه خراسان اهمیت می‌یابد.

افزودن زئولیت به خاک، یکی از روش‌های مؤثر برای کاهش اثرات کمبود آب بر تولید گیاهان زراعی می‌باشد (Gholizadeh et al., 2010). زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌هایی هستند که علاوه بر خاصیت نگهداشت رطوبت (Kazemian, 2004; Khashei Siuki and Ahmadee, 2015) با فراهمی مواد غذایی، سبب بهبود رشد گیاهان می‌شوند (Polite et al, 2004; Shiranirad et al., 2011; Ahmadee et al., 2014a ; Ahmadee et al., 2014**c**). از طرفی، فراوانی منابع زئولیت در ایران سبب رواج استفاده از آن در کشاورزی شده است (Khashei Siuki and Ahmadee, 2015). با توجه به اثرات زئولیت در کاهش اثرات خشکی، مطالعات بسیاری در این خصوص انجام شده است. به عنوان نمونه می‌توان به مطالعات خاشعی سیوکی و همکاران (Khashei et al., 2008) روی گیاه ذرت اشاره کرد. این محققان با افزودن چهار سطح زئولیت (صفر، ۲، ۴ و ۸ گرم در هر کیلوگرم خاک) و سه تیمار آبی (۴۵، ۶۵ و ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی) نشان دادند که زئولیت اثر تنش آبی را در رشد و عملکرد گیاه ذرت کاهش می‌دهد. در تحقیقی دیگر رنجبر و همکاران (Ranjbar et al., 2004) با بررسی اثر زئولیت و تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد توتون نشان دادند که زئولیت سبب افزایش وزن خشک توتون می‌گردد. کریمی و همکاران (Karimi et al., 2012) عملکرد و اجزای عملکرد گیاه آفتابگردان را تحت تنش خشکی به همراه کاربرد زئولیت بررسی کردند و استفاده از زئولیت را به منظور افزایش عملکرد این گیاه توصیه کردند.

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی نسبتاً مقاوم به سرما می‌باشد که دوران رشد آن مصادف با پاییز، زمستان و اویل بهار است (Behnia, 1989). بنه‌های این گیاه در تابستان به صورت راکد در زمین باقی می‌ماند و از اوایل پاییز رشد دوباره خود را آغاز می‌کند (Bari Abarghoei et al., 2000). کشت زعفران در ایران سابقه طولانی دارد و برخی محققان منشأ این گیاه را ایران دانسته‌اند (Mollafilabi, 2004).

رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) با بررسی اثر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد بنه و گل زعفران گزارش نمودند که مهمترین عوامل شیمیایی خاک مؤثر بر وزن خشک کلاله زعفران بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، هدایت الکتریکی و نیتروژن کل می باشند. آنها ضرایب همبستگی مدل‌های رگرسیونی خصوصیات خاک با وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران به ترتیب برابر با ۰/۸۴، ۰/۸۷، ۰/۹۰ و ۰/۸۹ محاسبه نمودند.

از نظر سطح زیر کشت، ایران بزرگترین کشور تولیدکننده زعفران به شمار می‌رود. این گیاه به دلیل رنگ، عطر و خواص دارویی، در صنایع غذایی و دارویی مصارف زیادی پیدا کرده است (Kafi et al., 2002). گرچه زعفران در مناطق خشک کشت می‌شود ولی تنش آبی سبب کاهش عملکرد و رشد آن خواهد شد (Goliaris, 1999). در تحقیقی دیگر، ایتوباهو و الوتمانی (Aitoubahou and El-Otmani, 1999) گزارش کردند که کاهش مصرف آب در کشت زعفران سبب کاهش عملکرد آن شد. عزیزی زهان و همکاران (Azizi Zehan et al., 2006) نیز مطالعه‌ای در خصوص میزان آب آبیاری بر عملکرد بنه و گل‌دهی زعفران انجام دادند و نتایج مشابهی را گزارش کردند.

بنابراین، با توجه به اهمیت گیاه زعفران و تبعات تنش خشکی بر رشد این گیاه زراعی، لزوم استفاده از زئولیت‌ها به منظور بهبود عملکرد آن ضروری به نظر می‌رسد. مرور منابع نشان داد که تاکنون تحقیقی در خصوص کاربرد زئولیت و مدیریت آبیاری بر عملکرد زعفران صورت نگرفته است. بنابراین، تحقیق

حاضر با هدف بررسی اثر زئولیت پتاسیک و مدیریت آبیاری بر خصوصیات زراعی و عملکرد زعفران انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در طول جغرافیایی ´۲۱ ˚۵۹ و عرض جغرافیایی ´۸۷ ˚۳۲ و با ارتفاع ۱۴۹۱ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۲ انجام شد. بدین منظور تیمار زئولیت در چهار سطح صفر (Z_0)، ۰/۵ (Z_1)، ۱ (Z_2) و ۲ (Z_3) درصد وزنی و تیمار آبیاری در سه سطح آبیاری سنتی (I_1)، آبیاری با تخلیه ۷۰ درصد رطوبتی (I_2) و آبیاری کامل (I_3) در سه تکرار در نظر گرفته شدند. بسترهای کشت شامل گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر بود. خاک آزمایش پس از یکنواخت‌سازی با الک پنج میلی‌متری براساس درصد وزنی مورد نظر با زئولیت مخلوط و در گلدان‌ها ریخته شد. مشخصات خاک آزمایش در جدول ۱ و مشخصات زئولیت پتاسیک در جدول ۲ نشان داده شده است.

در کف گلدان‌ها سوراخ‌هایی جهت زهکشی آب ایجاد گردید. همچنین دو سانتی‌متر شن به قطر ۵ تا ۲۰ میلی‌متر در کف گلدان‌ها ریخته شد تا از خروج خاک جلوگیری گردد. در هر گلدان، ۱۰ بنه زعفران در بازه وزنی ۸-۶ گرم کاشته شد. پس از کشت بنه‌ها، آبیاری به صورت یکسان انجام شد. تیمارهای آبیاری پس از ظهور گل در سال اول اعمال شد. آبیاری کامل بر اساس نیاز آبی زعفران اعمال گردید. به منظور اعمال تیمار آبیاری با تخلیه ۷۰ درصد رطوبتی از روش وزنی استفاده شد. تیمار آبیاری سنتی نیز براساس آبیاری سنتی رایج در محل صورت گرفت. بدین‌صورت که تنها در سه نوبت (ابتدای فصل، پس از سبز شدن بنه‌ها و انتهای زمستان) آبیاری صورت گرفت.

مشخصات آب آبیاری در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده.

Table 1. Soil physical and chemical properties used.

بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	درصد وزنی رطوبت قابل نگهداشت در خاک FC-PWP (%W)	جرم مخصوص ظاهری Bulk density ($g.cm^{-3}$)	EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کل کلسیم Total Ca (mg/l)	کربن آلی Organic carbon (%)	ماده آلی Organic matter (%)
لومی Loam	10	42	48	20.9	1.52	0.46	7.98	15	0.17	0.29

جدول ۲. مشخصات زئولیت پتاسیک.

Table 2. Properties of Potasic Zeolite.

نوع زئولیت Type of Zeolite	P_2O_5 (%)	MnO (%)	TiO_2 (%)	MgO (%)	K_2O (%)	Na_2O (%)	CaO (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)
پتاسیک Potasic	0.006	0.017	0.153	0.39	3.43	3.10	1.12	0.91	7.68	70.25
نوع زئولیت Type of Zeolite	Cr (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cl (ppm)	SO_3 (%)	L.O.I (%)

پتاسیک Potasic	6	5	27	2	56	666	1158	2049	0.600	11.84

جدول ۳. مشخصات شیمیایی آب آبیاری.

Table 3. Water properties used in irrigation.

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH –	نسبت جذبی سدیم SAR –	کل املاح محلول TDS ($mg.l^{-1}$)	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	پتاسیم K	کربنات CO_3	بی‌کربنات HCO_3	کلر Cl	سولفات SO_4
				($meq.l^{-1}$)							
0.991	7.26	2.24	68.48	1.7	5.3	4.19	0.01	0.00	4.75	2.2	4.25

در اردیبشت ماه بنه‌ها به خواب تابستانه رفته و تا اواخر شهریور سال ۱۳۹۳ عملیات داشت صورت نگرفت. آبیاری اولیه در سال دوم به صورت کامل انجام شد و همه گلدان‌ها به صورت یکسان آبیاری شدند. گلدان‌ها به صورت روزانه مورد بازدید قرار می‌گرفتند و تعداد بنه‌های سبز شده یادداشت می‌شد. ملاک سبز شدن براساس خروج جوانه به اندازه دو میلی‌متر بود (Ahmadee et al., 2014b). به منظور تعیین درصد سبز شدن، از معادله (۱) استفاده شد:

$$PoE = \frac{O_E}{T_E} \times 100$$ معادله (۱)

که در این معادله، PoE: درصد سبز شدن، OE: تعداد بنه‌های سبز شده و TE: تعداد بنه‌های کاشته شده می‌باشد.

پس از ظهور گل، نمونه‌برداری صورت می‌گرفت و شاخص‌های وزن تر کلاله، گلبرگ و خامه، وزن خشک کلاله و همچنین طول کلاله، گلبرگ و خامه اندازه‌گیری شد، به طوری‌که ملاک اندازه‌گیری طول خامه براساس حدفاصل آن تا گلبرگ بود. با برای توزین نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم و برای تعیین طول نمونه‌ها از خط‌کش با دقت ۰/۱ سانتی‌متر استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS 9.1.3 و آزمون توکی استفاده شد. همچنین نمودارها با استفاده از Microsoft Excel 2007 ترسیم شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقدار زئولیت در سطح ۰/۱ درصد بر وزن خشک کلاله اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقدار زئولیت همچنین در سطح احتمال یک درصد بر شاخص‌های وزن تر کلاله، وزن تر گلبرگ، وزن تر خامه و طول کلاله اثر معنی‌داری نشان داد. مدیریت آبیاری نیز در سطح احتمال ۰/۱ درصد بر وزن خشک کلاله، در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر خامه و در سطح احتمال پنج درصد بر وزن تر گلبرگ و طول کلاله اثر معنی‌داری نشان داد.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (آماره F) اثر مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری بر برخی خصوصیات زعفران.

Table 4. Analysis of variance (F Value) for Amount of zeolite and irrigation scheduling on some saffron criteria.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر کلاله Stigma fresh weight	وزن تر گلبرگ Petal fresh weight	وزن تر خامه Stamen fresh weight	طول کلاله Stigma length	طول گلبرگ Petal length	طول خامه Stamen length	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	درصد سبز شدن Percentage of emergence
زئولیت Zeolite	3	28.58^{**}	6.76^{**}	4.28^{*}	7.38^{**}	2.64^{ns}	0.58^{ns}	11.67^{***}	1.12^{ns}

آبیاری Irrigation	2	5.63^{ns}	3.72^{*}	8.4^{**}	4.74^{*}	0.60^{ns}	1.02^{ns}	19.00^{***}	3.14^{ns}
زئولیت× آبیاری Zeolite *irrigation	6	2.44^{ns}	8.41^{**}	0.76^{ns}	3.37^{*}	1.94^{ns}	1.32^{ns}	1.17^{ns}	2.32^{ns}
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	0.14	0.15	0.21	0.11	0.09	0.10	0.24	0.14

Ns، *، ** و ***: به ترتیب نشاندهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج، یک و ۰/۱ درصد می‌باشد.

Ns, *, ** and ***: are non significant and significant at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

این نتایج با مشاهدات کریمی و همکاران همکاران (Karimi et al., 2012) در گیاه آفتابگردان مشابهت دارد. نتایج مطالعات این محققان نشان دادند که مقدار زئولیت و تنش خشکی بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت. رنجبر و همکاران (Ranjbar et al., 2004) نیز اثر تنش رطوبتی را بر وزن تر و ارتفاع محصول توتون رقم کوکر ۳۴۷ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گزارش کردند. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) نیز اثر معنی‌دار کاربرد مواد جاذب رطوبت را بر وزن خشک کلاله زعفران گزارش کردند. خاشعی سیوکی و همکاران (Khashei et al., 2008) نیز نشان دادند که اثر آبیاری و زئولیت بر ارتفاع ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مشابهی نیز توسط سیبی و همکاران (Sibi et al., 2012) و فرمهینی فراهانی و همکاران (Farmahini Farahani et al., 2012) بر اثر بخشی آبیاری و مقدار زئولیت بر وزن محصول و ارتفاع گیاهان آفتابگردان و گندم گزارش شده است. همچنین اثر متقابل مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری بر وزن تر گلبرگ در سطح احتمال یک درصد و بر طول کلاله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری شد. نتایج به دست آمده با مشاهدات سیبی و همکاران (Sibi et al., 2012) و کریمی و همکاران (Karimi et al., 2012) مطابقت دارد. این محققان نیز اثر متقابل زئولیت و تنش آبی را بر عملکرد و ارتفاع محصول گزارش کردند.

درصد سبز شدن

نتایج مقایسه میانگین مقدار زئولیت بر درصد سبز شدن زعفران نشان داد که کمترین میزان سبز شدن در تیمار شاهد (Z_0) و بیشترین مقدار در تیمار ۱۰ درصد وزنی (Z_2) به ترتیب با ۸۱ و ۹۵ درصد بود، ولی از لحاظ آماری، هیچکدام از تیمارها تحت اثر مقدار زئولیت قرار نگرفتند. این نتایج با مشاهدات احمدی و همکاران (Ahmadee et al., 2014b) در خصوص اثر زئولیت پتاسیک بر درصد سبز شدن زعفران مطابقت داشت. مدیریت آبیاری نیز هیچ‌گونه اثری بر درصد سبز شدن زعفران نشان نداد. تغییرات این شاخص برای تیمارهای آبیاری در بازه ۸۲ تا ۹۵ درصد مشاهده شد که بیشترین درصد سبز شدن به تیمار I_3 و کمترین مقدار آن به تیمار I_2 اختصاص داشت.

بررسی نتایج اثر متقابل مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری نیز نشان داد که در تیمارهای با مقادیر زئولیت پایین (Z_0 و Z_1)، درصد سبز شدن تحت تأثیر میزان آبیاری قرار گرفت به طوری که بیشترین درصد سبز شدن در تیمار I_3 و کمترین درصد سبز شدن در تیمار I_1 به دست آمد. با افزایش مقدار زئولیت (در تیمارهای Z_2 و Z_3)، بیشترین درصد سبز شدن در تیمار با آبیاری سنتی (I_1) تعیین شد. گرچه تفاوت آماری معنی‌داری بین هیچ‌کدام از تیمارهای مورد بررسی مشاهده نشد، ولی کمترین درصد سبز شدن به تیمار Z_0I_1 اختصاص داشت به طوری که نسبت به تیمارهای Z_0I_2 و Z_0I_3 به ترتیب ۷۷ و ۸۳ درصد کاهش داشت.

تفاوت درصد سبز شدن برای تیمارهای آبیاری مشابه در سطوح حاوی زئولیت کمتر از این مقدار بود. علت آن‌را می‌توان در جذب آب توسط زئولیت و کاهش اثرات تنش رطوبتی دانست (Khashei Siuki and Ahmadee, 2015). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) نیز با کاربرد سوپر جاذب رطوبت در زعفران گزارش کردند که تعداد گل‌های سبز شده در تیمار حاوی این ماده به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود. این محققان تغییر ساختمان خاک، افزایش نفوذپذیری و تخلخل و حفظ عناصر غذایی در خاک توسط ماده جاذب رطوبت را علت این افزایش بیان کردند. زئولیت نیز سبب بهبود ساختمان خاک و حفظ عناصر غذایی می‌گردد

(Khashei Siuki and Ahmadee, 2015; Polite, 2004) و در سطوح کاربرد بالاتر می‌تواند سبب افزایش درصد سبز شدن زعفران گردد (Ahmadee et al., 2014b).

وزن تر کلاله

نتایج اثر مقدار زئولیت بر وزن تر کلاله نشان داد که این کانی اثر مثبت معنی‌داری بر این شاخص داشت. تمام تیمارهای زئولیت نسبت به شاهد اثر معنی‌داری نشان دادند به طوری که Z_1، Z_2 و Z_3 به ترتیب سبب افزایش ۸۷، ۸۷/۵ و ۹۴ درصدی عملکرد کلاله شدند. این نتایج با مشاهدات خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) مطابقت داشت. این محققان افزایش وزن تر گل زعفران را با کاربرد سوپر جاذب تا ۴۰ درصد گزارش کردند. ایشان علت این افزایش را خواص سوپر جاذب (افزایش نگهداری ظرفیت رطوبت خاک، بهبود تخلخل و تهویه) بیان کردند. زئولیت نیز خواص فیزیکی خاک را بهبود می‌بخشد و ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک را افزایش می‌دهد (Ahmadee, 2014; Beigi Harchegani and Haghshenas Gorgabi, 2012; Shaddox, 2004). همچنین با توجه به اینکه در سال دوم، آبیاری مجدد تا ظهور گل زعفران انجام نشد، حفظ رطوبت خاک توسط زئولیت سبب کاهش انرژی مصرف شده توسط گل‌ها برای خروج از خاک شد که در نتیجه وزن تر کلاله را افزایش داد (Khorramdel et al., 2014).

تیمارهای I_2 و I_3 نسبت به I_1 به ترتیب افزایش ۵۸ و ۵۱ درصدی را در وزن تر کلاله نشان دادند، ولی تفاوت معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد. علت را می‌توان با مقایسه اثرات متقابل زئولیت و آبیاری در شکل ۱ بیان کرد. با توجه به اینکه افزودن زئولیت به خاک سبب کاهش تنش رطوبتی می‌شود (Khashei and Ahmadee, 2015; Polite et al., 2004) تفاوت آماری بین روش‌های آبیاری در تیمارهای حاوی زئولیت مشاهده نشد (شکل ۱). در حالی که افزایش مقدار آبیاری در تیمارهای $Z0I_2$ و $Z0I_3$، سبب افزایش وزن تر کلاله نسبت به $Z0I_1$ شد. تمام تیمارهای حاوی زئولیت به جز Z_1I_1 و Z_2I_1 تفاوت آماری معنی‌داری نسبت به تیمارهای Z_0I_1 و Z_0I_2 نشان دادند. افزایش مقدار زئولیت تا سطح دو درصد وزنی سبب افزایش وزن تر کلاله نسبت به تیمارهای Z_0I_1، Z_0I_2 و Z_0I_3 شد که این تغییرات حتی با کاربرد روش آبیاری سنتی (Z_3I_1) نیز مشاهده گردید. در واقع مقدار زئولیت اثر بیشتری بر افزایش وزن تر کلاله نسبت به مقدار آبیاری داشت. البته بین تیمارهای آبیاری کامل (I_3) که نیاز آبی زعفران تأمین شد، تفاوت آماری معنی‌داری در سطوح کاربرد زئولیت مشاهده نشد در حالی که در تیمارهای با تخلیه ۵۰ درصد رطوبت (I_2) تفاوت آماری معنی‌داری بین Z_1I_2، Z_2I_2 و Z_3I_2 با Z_0I_2 مشاهده شد. بنابراین کاربرد زئولیت در وزن تر کلاله زمانی محسوس است که کاهش مصرف آب در مدیریت آبیاری مد نظر باشد.

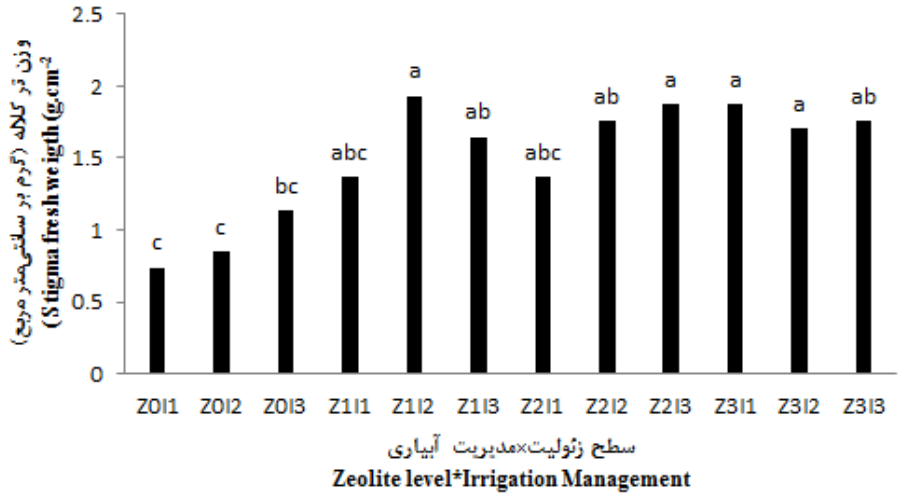
وزن خشک کلاله

وزن خشک کلاله تحت تأثیر افزایش سطوح کاربرد زئولیت قرار گرفت به طوری که هر چه مقدار زئولیت افزایش یافت؛ وزن خشک کلاله نیز افزایش بیشتری نشان داد. وزن خشک کلاله با کاربرد Z_3 نسبت به Z_2، Z_1 و Z_0 به ترتیب ۶۶، ۷۷ و ۹۳ درصد افزایش داشت. مدیریت آبیاری نیز اثر مثبتی بر وزن خشک کلاله داشت به طوری که I_3 نسبت به I_2 و I_1 به ترتیب ۶۹ و ۹۳ درصد این شاخص را افزایش داد. اثرات متقابل سطح زئولیت و مدیریت آبیاری نیز اثرات متفاوتی بر وزن خشک کلاله داشت (شکل ۲). بیشترین وزن خشک کلاله در تیمار Z_3I_3 مشاهده شد که به جز تیمارهای Z_3I_2، Z_2I_3 و Z_1I_3 نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار شد. آبیاری کامل در صورت عدم کاربرد زئولیت، سبب افزایش Z_0I_3 نسبت به Z_0I_1 و Z_0I_2 شد ولی این افزایش معنی‌دار نبود. همین روال برای سطح کاربرد Z_1 نیز مشاهده شد. با افزایش سطح کاربرد زئولیت تا Z_2 تفاوت معنی‌داری بین مدیریت‌های مختلف آبیاری مشاهده شد. این امر به دلیل افزایش رطوبت در دسترس و ذخیره آن توسط زئولیت بود. به همین دلیل در سطح کاربرد زئولیت Z_3 نیز همین روند مشاهده شد.

طول کلاله

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار Z_1 اثر بیشتری بر افزایش طول کلاله داشت به طوری که این شاخص را ۶۵ درصد بیشتر از شاهد افزایش داد. گرچه افزایش طول کلاله در

تیمارهای Z_2 و Z_3 نسبت به شاهد به ترتیب ۵۷ و ۵۷/۵ درصد به دست آمد ولی این تغییرات معنی‌دار نبود. افزایش طول کلاله در تیمارهای حاوی زئولیت نسبت به شاهد احتمالاً به دلیل حفظ رطوبت خاک توسط زئولیت (Ahmadee, 2014; Beigi Harchegani and Haghshenas Gorgabi, 2012) در جهت کاهش صرف انرژی توسط گل زعفران برای خروج از خاک باشد (Naderi Darbaghshahi et al., 2008).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر مقابل سطوح مختلف زئولیت و آبیاری بر وزن تر کلاله زعفران.

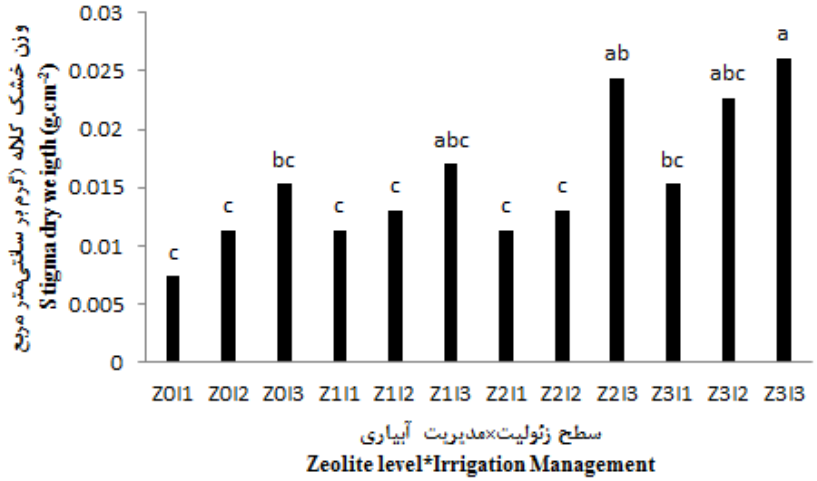
میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون توکی بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Z_0، Z_1، Z_2 و Z_3: به ترتیب نشان‌دهنده سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی زئولیت پتاسیک و I_1، I_2 و I_3: به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری سنتی، آبیاری با تخلیه ۷۰٪ تخلیه رطوبتی و آبیاری کامل می‌باشند.

Figure 1. Mean comparison of interaction of zeolite and irrigation levels on stigma fresh weight of saffron.

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

Z_0, Z_1, Z_2 and Z_3: indicate potasic zeolite at zero, 0.5, 1 and 2 levels as weight percentage, respectively and I_1, I_2 and I_3: indicate traditional irrigation, deficit irrigation as 70% moisture depletion and full irrigation, respectively.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر مقابل سطوح مختلف زئولیت و آبیاری بر وزن خشک کلاله زعفران.

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون توکی بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Z_0، Z_1، Z_2 و Z_3: به ترتیب نشان‌دهنده سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی زئولیت پتاسیک و I_1، I_2 و I_3: به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری سنتی، آبیاری با تخلیه ۷۰٪ تخلیه رطوبتی و آبیاری کامل می‌باشند.

Figure 2. Mean comparison of interaction of zeolite and irrigation levels on stigma dry weight of saffron.
Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Tukey's test ($p \leq 0.05$).
Z_0, Z_1, Z_2 and Z_3: indicate potasic zeolite at zero, 0.5, 1 and 2 levels as weight percentage, respectively and I_1, I_2 and I_3: indicate traditional irrigation, deficit irrigation as 70% moisture depletion and full irrigation, respectively.

با افزایش مقدار آبیاری، طول کلاله نیز افزایش معنی‌داری نشان داد. تفاوت طول کلاله در تیمارهای I_2 و I_3 نسبت به I_1 به ترتیب برابر ۵۴ و ۵۸ درصد بود و تیمار I_3 تفاوت معنی‌داری نسبت به I_1 نشان داد. احتمالاً افزایش وزن بنه (Alipoor Miandehi et al., 2014) با افزایش مقدار آب آبیاری (Azizi Zehan et al., 2006) در سال اول علت این افزایش باشد. در تحقیقی که توسط عزیزی زهان و همکاران (Azizi Zehan et al., 2006) روی دورهای مختلف آبیاری و کشت دیم زعفران انجام شد؛ تفاوتی در وزن بنه بین دور آبیاری ۱۲، ۲۴ و ۳۶ روز مشاهده نشد ولی بین همه‌ی تیمارهای آبیاری و تیمار دیم تفاوت معنی‌داری در این شاخص گزارش شد. البته مقایسه نتایج اثرات متقابل مقدار زئولیت و آبیاری نشان داد که تفاوت چندانی بین تیمارهای آبیاری در گلدان‌های حاوی زئولیت وجود نداشت، ولی در تیمار بدون زئولیت، افزایش مقدار آبیاری سبب افزایش طول کلاله شد. بیشترین طول کلاله در تیمار Z_1I_3 مشاهده شد به طوری که نسبت به Z_0I_1، Z_0I_2 و Z_0I_3 به ترتیب ۹۱، ۶۲ و ۵۱ درصد طول کلاله را افزایش داد. کمترین طول کلاله نیز در تیمار Z_0I_1 مشاهده شد، گرچه تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای مورد بررسی مشاهده نشد.

وزن تر گلبرگ

نتایج مقایسه مقادیر زئولیت نشان داد که تیمار Z_1 بیشترین اثر را بر افزایش وزن تر گلبرگ داشت به طوری که ۶۷/۵ درصد این شاخص را نسبت به شاهد افزایش داد. تیمارهای Z_2 و Z_3 نیز سبب افزایش ۶۰ و ۵۴ درصدی وزن گلبرگ نسبت به شاهد شدند که تغییرات تیمار Z_2 نسبت به شاهد معنی‌داری بود. احتمالاً خاصیت حفظ رطوبت خاک توسط زئولیت (Ahmadee, 2014; Beigi Harchegani and Haghshenas Gorgabi, 2012; Shaddox, 2004) سبب افزایش وزن تر گلبرگ نسبت به شاهد شد (Khorramdel et al., 2014). نتایج مدیریت آبیاری بر وزن تر گلبرگ نشان داد که I_2 و I_3 تفاوت آماری معنی‌داری نسبت به I_1 داشتند و به ترتیب سبب افزایش ۵۹ و ۵۶ درصدی این شاخص نسبت به I_1 شدند که احتمالاً به دلیل افزایش وزن بنه (Alipoor Miandehi et al., 2014; Cavusoglu et al., 2009) با افزایش مقدار آب آبیاری (Azizi Zehan et al., 2006) در تیمارهای I_2 و I_3 باشد. اثرات متقابل مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری تغییرات یکسانی بر تیمارها نداشت (شکل ۳).کمترین وزن تر گلبرگ در تیمارهای Z_0I_1 و Z_0I_2 مشاهده شد که نسبت به تیمار Z_0I_3 تفاوت آماری معنی‌داری داشتند. در بین تیمارهای شامل زئولیت، Z_3I_3 کمترین مقدار را برای این شاخص نشان داد. گرچه این تیمار نسبت به Z_0I_1 و Z_0I_2 به ترتیب ۷۳ و ۵۴ درصد وزن تر گلبرگ را افزایش داد ولی این تغییرات از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

طول گلبرگ

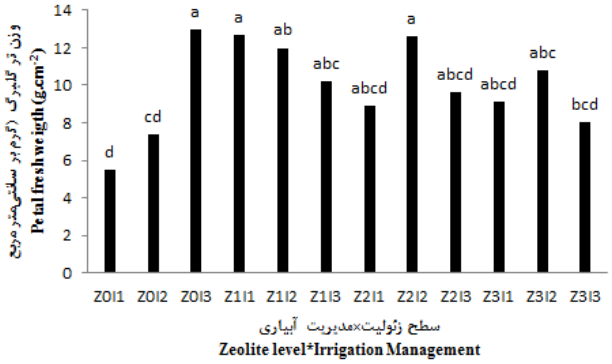
هیچکدام از تیمارهای زئولیت اثر معنی‌داری بر طول گلبرگ نشان ندادند. همچنین تیمارهای مدیریت آبیاری اثر معنی‌داری بر تغییرات طول گلبرگ نداشتند. با بررسی اثرات متقابل مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری، بیشترین طول گلبرگ در تیمار Z_2I_2 مشاهده شد (شکل ۴). این تیمار نسبت به Z_0I_1 و Z_0I_2 به ترتیب ۶۵/۵ و ۶۶ درصد طول گلبرگ را افزایش داد و این تغییرات از لحاظ آماری نیز معنی‌دار بود. بین سایر تیمارها تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد.

وزن تر خامه

نتایج مقایسه میانگین مقدار زئولیت بر وزن تر خامه نشان داد که کاربرد سطوح Z_1 و Z_2 سبب افزایش معنی‌دار وزن تر خامه نسبت به شاهد شد. این افزایش به ترتیب برابر ۷۰/۵ و ۶۸/۵ درصد بود. کابرد سطح دو درصد وزنی (Z_3) نیز سبب افزایش

۶۴ درصدی وزن تر کلاله گردید، ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. افزایش مقدار آبیاری با کاربرد سطوح I_2 و I_3، وزن تر خامه را نسبت به I_1 افزایش دادند، ولی این اختلاف از لحاظ آماری معنی‌دار نشد. اثرات متقابل مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین وزن تر خامه به ترتیب در تیمارهای Z_2I_3 و Z_0I_1 بود (شکل ۵).

وزن تر خامه در تیمار Z_2I_3 نسبت به Z_0I_1 ۱۰۱/۵ درصد افزایش یافت. گرچه سایر تیمارهای حاوی زئولیت نیز نسبت به Z_2I_3 تفاوت آماری معنی‌داری نشان ندادند.



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر مقابل سطوح مختلف زئولیت و آبیاری بر وزن تر گلبرگ زعفران.

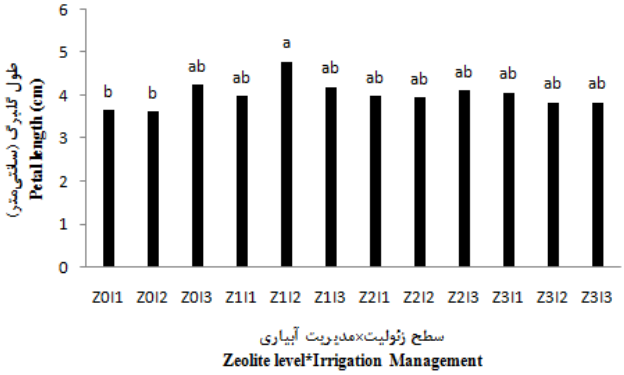
میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون توکی بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Z_0، Z_1، Z_2 و Z_3: به ترتیب نشان‌دهنده سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی زئولیت پتاسیک و I_1، I_2 و I_3: به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری سنتی، آبیاری با تخلیه ۷۰٪ تخلیه رطوبتی و آبیاری کامل می‌باشند.

Figure 3. Mean comparison of interaction of zeolite and irrigation levels on petal fresh weight of saffron.

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

Z_0, Z_1, Z_2 and Z_3: indicate potasic zeolite at zero, 0.5, 1 and 2 levels as weight percentage, respectively and I_1, I_2 and I_3: indicate traditional irrigation, deficit irrigation as 70% moisture depletion and full irrigation, respectively.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر مقابل سطوح مختلف زئولیت و آبیاری بر طول گلبرگ زعفران.

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون توکی بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Z_0، Z_1، Z_2 و Z_3: به ترتیب نشان‌دهنده سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی زئولیت پتاسیک و I_1، I_2 و I_3: به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری سنتی، آبیاری با تخلیه ۷۰٪ تخلیه رطوبتی و آبیاری کامل می‌باشند.

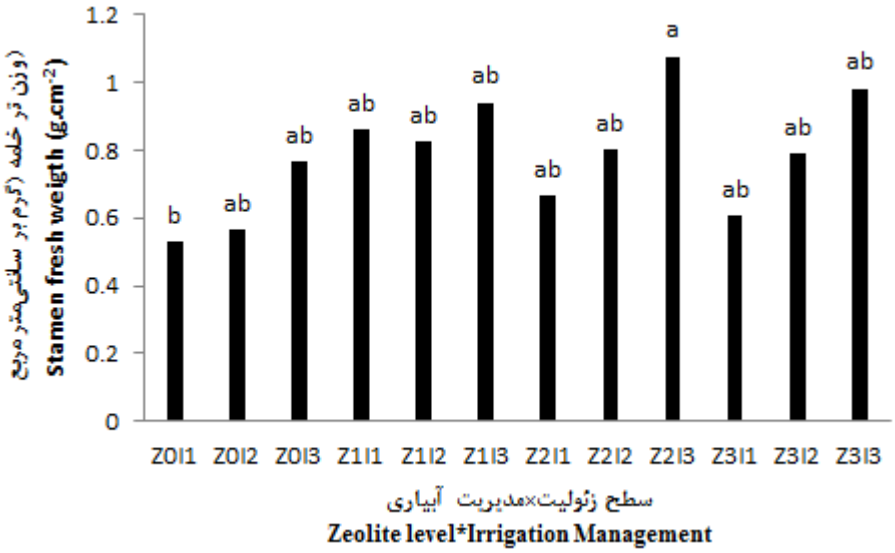
Figure 4. Mean comparison of interaction of zeolite and irrigation levels on petal length of saffron.

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

Z_0, Z_1, Z_2 and Z_3: indicate potasic zeolite at zero, 0.5, 1 and 2 levels as weight percentage, respectively and I_1, I_2 and I_3: indicate traditional irrigation, deficit irrigation as 70% moisture depletion and full irrigation, respectively.

طول خامه

کاربرد زئولیت با مقادیر ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی به ترتیب سبب افزایش ۵۳، ۵۱ و ۵۲/۵ درصدی طول خامه نسبت به شاهد شد. گرچه تفاوت آماری معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد، ولی این افزایش احتمالاً به دلیل اثر آبیاری بر وزن بنه بوده است (Alipoor Miandehi et al., 2014; Azizi Zehan et al., 2006). به همین علت، با افزایش میزان آب مصرفی، طول خامه نیز افزایش نشان داد گرچه این تغییرات از لحاظ آمار معنی‌دار نبود. اثر متقابل مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری تغییرات منظمی نشان نداد، گرچه از لحاظ آماری نیز تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر مقابل سطوح مختلف زئولیت و آبیاری بر وزن تر خامه زعفران.

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون توکی بدون اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Z_0، Z_1، Z_2 و Z_3: به ترتیب نشان‌دهنده سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی زئولیت پتاسیک و I_1، I_2 و I_3: به ترتیب نشان‌دهنده آبیاری سنتی، آبیاری با تخلیه ۷۰٪ تخلیه رطوبتی و آبیاری کامل می‌باشند.

Figure 5. Mean comparison of interaction of zeolite and irrigation levels on stamens fresh weight of saffron.
Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Tukey's test ($p \leq 0.05$).
Z_0, Z_1, Z_2 and Z_3: indicate potasic zeolite at zero, 0.5, 1 and 2 levels as weight percentage, respectively and I_1, I_2 and I_3: indicate traditional irrigation, deficit irrigation as 70% moisture depletion and full irrigation, respectively.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که وزن تر کلاله تحت تأثیر کاربرد زئولیت قرار گرفت به طوری که سطوح کاربرد ۰/۴، ۱ و ۲ درصد وزنی زئولیت به ترتیب سبب افزایش ۸۷، ۸۷/۵ و ۹۴ درصدی عملکرد کلاله شدند. همچنین طول کلاله نیز تحت اثر مقدار زئولیت و مدیریت آبیاری قرار گرفت. وزن خشک کلاله نیز تحت اثر سطوح مختلف زئولیت و مدیریت‌های مختلف آبیاری قرار گرفت به طوری که بیشترین وزن خشک کلاله در تیمار Z_3I_3 مشاهده شد. با مقایسه مقدار کاربرد زئولیت مشاهده شد که بیشترین طول کلاله در تیمار Z_1 بود که نسبت به Z_0 افزایشی ۶۵ درصدی داشت. همچنین افزایش مقدار آب آبیاری در سطح I_3 سبب افزایش ۵۸ درصدی طول کلاله نسبت به تیمار I_1 شد. با این‌حال، تفاوت آماری معنی‌داری در اثرات متقابل مقدار زئولیت و آب آبیاری بر طول کلاله مشاهده نشد. وزن تر گلبرگ تحت اثر مقدار زئولیت و آب آبیاری قرار گرفت. سطوح کاربرد Z_1 و Z_2 سبب افزایش ۶۷/۵ و ۶۰ درصدی وزن تر گلبرگ نسبت به شاهد شدند که از لحاظ آماری نیز معنی‌دار شد. تیمارهای آبیاری I_2 و I_3 نیز اثر مثبت معنی‌داری بر افزایش این شاخص نسبت به I_1 نشان دادند. وزن تر خامه تحت تأثیر مقدار زئولیت قرار گرفت و کاربرد سطوح Z_1، Z_2 و Z_3 به ترتیب سبب افزایش ۷۰/۵، ۶۸/۵ و ۶۴ درصدی این شاخص نسبت به شاهد (Z_0) شد. بیشترین وزن تر خامه نیز در تیمار Z_2I_3 مشاهده شد. تفاوت آماری معنی‌داری در درصد سبز شدن، طول گلبرگ و طول خامه بین تیمارهای مورد استفاده مشاهده نشد. بنابر نتایج این تحقیق، مشاهده شد که کاربرد زئولیت بر برخی خصوصیات زراعی شامل وزن تر گلبرگ، طول گلبرگ، وزن تر خامه و وزن تر کلاله اثر داشت. سطوح زئولیت و مدیریت آبیاری بر وزن خک کلاله اثر مثبتی داشت. از طرفی، با توجه به اینکه وزن خشک کلاله به عنوان عملکرد زعفران معرفی می‌گردد، بنابراین می‌توان گفت که استفاده از زئولیت سبب افزایش عملکرد زعفران می‌گردد. از طرفی، آبیاری کامل نیز سبب افزایش عملکرد زعفران می‌گردد. با توجه به نتایج به

دست آمده، آبیاری زعفران با توجه به رطوبت ناحیه (تیمارهای I_2 و I_3) در شرایطی توصیه می‌گردد که از سطوح زئولیت Z_3 و Z_2 استفاده شود. با توجه به اینکه تیمارهای Z_2I_3، Z_3I_2 و Z_3I_3 تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند، بنابراین، استفاده از Z_2I_3 اقتصادی‌تر می‌باشد. از طرفی با توجه به اقلیم خشک بیرجند و کمبود آب قابل دسترس، به منظور کاهش مصرف آب، پیشنهاد می‌شود که از تیمار Z_2I_3 برای کشت زعفران بهره‌گیری گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از آقای مهندس مهران رجبی مدیر عامل شرکت افرازند، به خاطر تأمین زئولیت‌های مورد استفاده در این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

Ahmadee, M., 2014. Effect of zeolite on fertility and reducing nitrate leaching from saline soil under saffron cultivation, MSc Thesis. 150 pp. [In Persian with English Summary]

Ahmadee, M., Khashei Suiki, A., Hashemi, S.R., 2014a. The effect of magnetic water and calcic and potasic zeolite on the yield of Lepiduim sativum L., International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 2(6), 2051-2060.

Ahmadee, M., Khashei Suiki, A., Sayyari, M.H., 2014b. Type and amount of evaluation of natural clinoptilolite zeolite impacts on saffron (Crocus sativus L.) emergence. Journal of Saffron Research. 1(2), 97-109. [In Persian with English Summary]

Ahmadee, M., Khashei Suiki, A., Shahidi, A., 2014. Effect of magnetic water and natural clinoptilolite zeolite on growth of green been (Phaseolus vulgaris L.). Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2(8), 393-401. [In Persian with English Summary]

Aitoubahou, A., El-Otmani, M., 1999. Saffron cultivation in Morocco. PP. 87-94. In: M. Neghbi (Ed.), Saffron. Harwood Academic Pub., the Netherland.

Alipoor Miandehi, Z., Mahmodi, S., Behdani, M.A., Sayyari, M.H., 2014. Effect of manure, bio-and chemicalfertilizers and corm size on saffron (Crocus sativus L.) yield and yield components. Journal of Saffron Research. 1(2), 73-84.

Azizi Zohan, A.A., Kamgar-Haghighi, A.A., Sepaskhah, A.R., 2006. Effect of irrigation method and frequency on corm and saffron production (Crocus sativus L.). JWSS-Isfahan University of Technology. 10(1), 45-54. [In Persian with English Summary]

Bari Abarghoei, H., Ghalavand, A., Mazaheri, D., Noor Mohammadi, G., Sanei, M. 2000. Pajouhesh Va Sazandgi. 4, 65-69. [In Persian with English Summary]

Behnia, M.R., 1989. Saffron: Botany, Cultivation and Production. Tehran University Publications. 260 p. [In Persian]

Beigi Harchegani, H.A., Haghshenas Gorgabi, M., 2012. Interaction effect of mianeh zeolite and taravat A200 polymer on water retention and available water in a coarse-texture soil. Iranian Journal of Range and Desert Research. 19(4): 679-692. [In Persian with English Summary].

Cavusoglu, A., Erkel, E.I., Sulusoglu, M., 2009. Saffron (Crocus sativus L.) Studies with two mother corm dimensions on yield and harvest period under greenhouse condition. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 3(2), 126-129.

Farmahini Farahani, M., Mirzakhani, M., Sajedi, N., 2012. Response of wheat physiological traits to water deficit stress and application of humidity material absorbent. Quarterly Journal of Crop Production Research (Environmental Stresses in Plant Science). 4(2), 147-159. [In Persian with English Summary]

Gholizadeh, A., Amin, M.S.M., Anuar, A.R, Esfahani, M., Saberioon, M.M., 2010. The study on the effect of different Levels of zeolit and water stress on growth, development and essential oil content of moldavian balm (Dracocephalum moldavica L.). American Journal of Applied Sciences. 7, 33-37.

Goliaris, A.H. 1999. Saffron Cultivation in Greece. PP. 73-83. In: M. Neghbi (Ed.), Saffron. Harwood Academic. Pub., the Netherland.

Jazaeri Nushabadi, M.R., Rezaei, A.M., 2007. Evaluation of relations between parameters in oat cultivars in water stress and non- stress conditions. Sciences of Agriculture and Natural Sources. 11 (1), 265-278. [In Persian with English Summary]

Kafi, M.R., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., Molafilabi, A., 2002. Saffron production and processing. Ferdowsi University of Mashhad Publications. 279 p. [In Persian]

Karimi, S., Nasri, M., Ghooshchi, F., Khalatbari, M., 2012. Effect of zeolite application on yield and yield component of sunflower under drought stresses. 12th Iranian Crop Sciences Congress, Islamic Azad University, Karaj. [In Persian]

Kazemian, H., 2004. Introduction to zeolites, minerals Magic, Behesht Publication. 126 p. [In Persian]

Khashei Siuki, A., Koochakzadeh, M., Shahabifar, M., 2008. Effect of natural zeolite clinoptilolite and soil moisture on corn yield. Journal of Research of Soil Science (Soil and Water). 22(2), 235-241. [In Persian with English Summary]

Khashei Suiki, A., Ahmadee, M., 2015. Zeolites: Introduction, Properties and its Application. In press. 139 pp. [In Persian]

Khorramdel, S., Gheshm, R., Amin Ghafori, A., Esmaielpour, B., 2014. Evaluation of soil texture and superabsorbent polymer impacts on agronomical characteristics and yield of saffron. Journal of Saffron Research. 1(2), 120-135. [In Persian with English Summary]

Mollafilabi, A. 2004. Experimental findings of production and ecophysiological aspects of saffron (Crocus sativus L.). Acta Horticulturae (ISHS). 650, 195-200.

Mousavifar, B.E., Behdani, M.A., Jami Al-Ahmadee, M., 2009. Response of spring safflower cultivars to different irrigation intervals in Birjand condition. In: proceedings of regional congress on water crisis and drought. Rasht, Iran, pp. 670-675. [In Persian with English Summary]

Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajeh Bashi, S.M., Bani, Taba, S.A., Dehdashti, S.M., 2008. ffects of method, planting density and depth on the yield and operation duration of agronomic saffron field in Isfahan region. SPIJ. 24, 643-657. [In Persian with English Summary]

Polite, E., Karuca, M., Demire, H., Naci Onus, A., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 12, 183-189.

Ranjbar, M., Esfahany, M., Kavousi, M., Yazdani, M. R., 2004. Effect of irrigation and natural zeolite application on yield and quality of Tobacco (Nicotiana tabaccum var. Coker 347). Journal of Agricultural Science. 1(2), 63-75. [In Persian with English Summary]

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Mollafilabi, A., 2015. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (Crocus sativus L.). Journal of Saffron Research. 3(2), 188-203. [In Persian with English Summary]

Shaddox, T., 2004. Investigation of soil amendments for use in golf course putting green construction. PhD Thesis, 136 p.

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 Plant Ecophysiology. 3(4), 296-306. [In Persian with English Summary]

Sibi, M., Mirzakhani, M., Gomarian, M., 2012. Study of cell membranes instability of safflower under water stress, application of zeolite and salicylic. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding. 8(2), 119-136. [In Persian with English Summary]

Tommasini, L., Svensson, J.T., Rodriguez, E.M., Wahid, A., Malatrasi, M., Kato, K., Wanamaker, S., Resnik, J., Close, T.J., 2008. Dehydrin gene expression provides an indicator of low temperature and drought stress: transcriptome-based analysis of barley (Hordeum vulgare L.). Functional and Integrative. 8, 387-405.

Journal of Saffron Research (semi-annual)

Vol. 4, No. 1, Spring & Summer, 2016

p. 29-41

Birjand University

Effects of Potasic Zeolite Levels and Irrigation Management on Agronomic Criteria and Yield of saffron (*Crocus sativus* L.)

Abbas Khashei-Siuki[1*], Seyyed Reza Hashemi[2] and Mohsen Ahmadee[3]

1-Assistant Professor of Water Engineering Department, University of Birjand

2-Assistant Professor of Water Engineering Department, University of Birjand

3- PhD student of Irrigation and Drainage engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

*- Corresponding author E-mail: abbaskhashei@birjand.ac.ir

Received 7 February 2015; Accepted 18 March 2015

Abstract

Water stress is one of the most important factors that effect on agricultural products reduction and even in plants that are native to arid and semiarid has observed. Saffron (*Corocus sativus* L.) is the valuable crop that it is important to reduce the effect of drought stress. For this purpose, an experiment was conducted as factorial layout based on a CRD in Agricultural Research Station, University of Birjand during 2013. Zeolite in four levels: Zero (Z_0), 0.5 (Z_1), one (Z_2) and two (Z_3) as weight percentage and irrigation scheduling in three levels: traditional irrigation (I_1), deficit irrigation as 70% moisture depletion (I_2) and full irrigation (I_3) considered as treatments. In this research, petal length, petal fresh weight, stigma length, stigma fresh weight, stamen length, stamen fresh weight, stigma dry weight and emergence percentage were studied. Results showed zeolite levels had signification effect on stigma dry weight ($p\leq0.001$) on fresh stigma fresh weight, petal fresh weight, stamen fresh weight and stigma length and ($p\leq0.01$). Irrigation management showed an signification effect on stigma dry weight ($p\leq0.001$), stamen fresh weight ($p\leq0.01$) and stigma length ($p\leq0.05$). Zeolite levels and irrigation management had a signification effect on petal fresh weight ($p\leq0.01$) and stigma length ($p\leq0.05$). Stigma fresh weight influenced by zeolite application so that the use of Z_1, Z_2 and Z_3 increased stigma fresh weight as 87, 87.5 and 94%, respectively. Stigma length also influenced by zeolite amount and irrigation scheduling so that the greatest petal length observed by application of Z_1, this increase was 65% compared to control Z0. Also, increasing water use up to I3 caused change in stigma length about of 58% rather than I_1. Z_1 and Z2 showed the meaningful effect on petal fresh weight and increased it about 67.5 and 60% compared to control. I_2 and I_3 showed the meaningful effect on petal fresh weight compared to I_1. Stamen fresh weight influenced by zeolite application and Z_1, Z_2 and Z_3 increased this component about 70.5, 68.5 and 64% compared to control, respectively. Stigma dry weight increased by using more zeloites and irrigation water so that maximum yield in Z_2I_3, Z_3I_2 and Z_3I_3 were observed and there were no significant different among them. Due to the lack of water in Birjand, Z_3I_2 treatment recommended for saffron cultivation.

Keywords: **Emergence percentage, Full irrigation, Stigma saffron weight, Traditional irrigation.**