



تعیین صفات زراعی مؤثر بر عملکرد کلاله اکوتیپ‌های زعفران زراعی در شرایط اقلیمی زنجان

سید محمد علوی سینی^{۱*}، جلال صبا^۲، بابک عندلیبی^۳، سید سیامک علوی کیا^۴، محمدرضا عظیمی^۳

تاریخ پذیرش: ۳ فروردین ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۸ بهمن ۱۳۹۳

چکیده

به منظور بررسی صفات مؤثر بر عملکرد اکوتیپ‌های زعفران زراعی، پژوهشی به صورت کرت‌های خردشده در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. ۱۸ اکوتیپ زعفران در این آزمایش مورد استفاده واقع شد. صفات تعداد گل، وزن تر گل، وزن تر کلاله، وزن خشک گل، وزن خشک کلاله، طول کلاله و عملکرد کلاله خشک یادداشت‌برداری شد. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین اکوتیپ‌ها به جز در مورد صفت طول کلاله وجود داشت. ماتریس همبستگی مشخص کرد که از میان صفات مورد مطالعه تعداد گل و وزن خشک کلاله به ترتیب با ضرایب ۰/۹۹ و ۰/۷۰ همبستگی مثبت و کاملاً معنی‌داری با عملکرد کلاله خشک داشتند. تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام و علیت مشخص نمود که صفات تعداد گل، وزن خشک کلاله و وزن خشک گل مؤثرترین صفات بر عملکرد کلاله خشک در واحد سطح بودند، بنابراین از این صفات می‌توان برای حصول عملکرد بالاتر زعفران استفاده نمود.

کلمات کلیدی: تجزیه علیت، تعداد گل، عملکرد کلاله، وزن کلاله.

مقدمه

یونان، مراکش، اسپانیا و ایتالیا کشت می‌شود (Ghorbani, 2006) و ایران به عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین کشور تولیدکننده زعفران در دنیا شناخته شده است (JalaliHeravi et al., 2010)؛ به طوری که بیش از ۸۰٪ از تولید سالانه زعفران در دنیا که حدود ۳۰۰ تن در سال می‌باشد، متعلق به ایران است (Fernandez, 2009; Kumar et al., 2004). کل مساحت زعفران کاری در ایران حدوداً ۸۳ هزار هکتار است که ۸۰ هزار هکتار آن (بیش از ۹۶٪) در استان خراسان رضوی و جنوبی می‌باشد (MAJ, 2013). امروزه زعفران به خاطر استفاده از آن به عنوان رنگ و ادویه طبیعی در غذا توجه زیادی را در صنایع غذایی به خود جلب

زعفران بانام علمی *Crocus sativus* L. از خانواده زنبق‌ها (Iridaceae) یکی از قدیمی‌ترین و گران‌ترین ادویه‌های دنیاست - شمار می‌رود (Winterhalter & Straubinger, 2000). این گیاه از قدیم‌الایام در برخی از نقاط دنیا از جمله ایران، هندوستان،

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان.

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان.

۳- استادیار دانشکده کشاورزی، گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشگاه زنجان.

۴- استادیار، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تبریز.

*- نویسنده مسئول: (Alavi@znu.ac.ir)

Lage & Cantrell, 2009). زعفران را در یازده منطقه جغرافیایی متفاوت از لحاظ عرض جغرافیایی، خاک و اقلیم کشت نموده و بیان کردند که شرایط محیطی شدیداً بر روی کیفیت زعفران تأثیر می‌گذارد. ماگی و همکاران (Maggi et al., 2011) ۲۸ اکوتیپ زعفران را که از مراکز کشت سنتی زعفران (۸۷ اکوتیپ غرب مقدونیه- یونان، ۷ اکوتیپ خراسان- ایران، ۶ اکوتیپ ساردینیا- ایتالیا و ۷ اکوتیپ کاستیلامانچا- اسپانیا) جمع‌آوری و از لحاظ ۱۶ ویژگی کیفی با یکدیگر مقایسه کردند. نتایج نشان داد که اختلافات کاملاً معنی‌داری بین اکوتیپ‌های زعفران وجود دارد. در پژوهش شکوهیان و اصغری (Shokohian & Asghari, 2008) در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ مشخص گردید که در دو منطقه غرب و شمال اردبیل بین اکوتیپ‌ها از نظر دوصفت تعداد گل و عملکرد خشک زعفران اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، ولی در منطقه جنوب اردبیل بین اکوتیپ‌ها از نظر دوصفت مذکور اختلاف معنی‌داری وجود داشت، که این مطلب بیانگر تفاوت‌های ژنتیکی بین اکوتیپ‌های زعفران و علت اختلاف عملکرد بین آن‌هاست. رضانی (Ramazani, 2000) گزارش کرد که از نظر وزن بنه و عملکرد کلاله بین اکوتیپ‌های زعفران تنوع ژنتیکی وجود دارد و وزن اولیه بنه‌های کشت شده نیز روی عملکرد کلاله، مخصوصاً در سال اول، تأثیر زیادی می‌گذارد. این محقق همچنین گزارش کرد که عملکرد اکوتیپ‌ها با تغییر شرایط اقلیمی تغییر می‌کند. احسان‌زاده و همکاران (Ehsanzadeh et al., 2004) گزارش کردند که از بین ۱۰ اکوتیپ مورد آزمایش برای کشت در منطقه شهرکرد، سه اکوتیپ شهرکرد، بیرجند و قاین بیشترین عملکرد و کیفیت را داشتند. پازکی و همکاران (Pazuki et al., 2011) نیز با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دو اکوتیپ زعفران از مناطق اصفهان و قاین اختلاف کاملاً معنی‌داری بین آن‌ها گزارش نمودند و عنوان کردند که

کرده است که می‌تواند جایگزین رنگ‌های مصنوعی، عطرها و تقویت‌کننده‌ها شود (Kafi, 2006). همچنین زعفران در طب سنتی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fernandez, 2004; Chryssanthi et al., 2009). به خاطر چنین کاربردهایی امروزه علاقه زیادی به تولید و مصرف زعفرانی با کیفیت بالا ایجاد شده است (Anastasaki, 2010). زعفران یک گیاه ترپلوئید عقیم است که از طریق بنه به صورت رویشی تکثیر می‌یابد. از آنجائی که تکثیر از طریق بنه انجام می‌شود تنوع ژنومی ایجاد نمی‌گردد مگر از طریق جهش‌های تصادفی که در یک جمعیت ترپلوئید زعفران قابل شناسایی نیست به طوری که فرض می‌شود تفاوتی بین زعفران در سرتاسر جهان وجود ندارد. با این وجود فرآورده‌های تجاری مختلفی شناخته شده‌اند که احتمالاً حاکی از وجود اکوتیپ‌ها یا واریته‌های تجاری متفاوت است، هر چند تنوع ژنتیکی واقعی موجود در زعفران در سرتاسر دنیا هنوز ناشناخته است و هیچ‌گونه کوششی برای رفع این مهم انجام نشده است، در این خصوص اخیراً پژوهش‌هایی توسط بانک زعفران^۱ در اروپا آغاز شده است (Fernandez et al., 2011). اصلاح زعفران از طریق بهره‌برداری از تنوع زیستی موجود در نواحی مختلف جهان امکان‌پذیر می‌باشد (Fernandez et al., 2011)، این کار به خاطر عدم وجود شاخص‌های گزینشی مناسب برای تنوع موجود با مشکل مواجه شده است. از روش‌های بررسی تنوع می‌توان به تنوع موجود در مزرعه در میان اکوتیپ‌های مختلف و تنوع در ردیف‌های بازی موجود در رشته DNA اشاره کرد. به این منظور تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راه‌کارهای مناسب برای یافتن تنوع موجود در زعفران آغاز شده است. با توجه به اینکه ایران ۹۰ درصد سطح زیر کشت زعفران جهان را داراست بنابراین بهترین منبع برای مطالعه تنوع ژنتیکی می‌باشد (Rashed Mohassel,

کاشمر، خلیل‌آباد، فردوس، بردسکن، نیشابور، تربت‌جام، قاین، گناباد، بجستان، گرگان، کرمان، یزد، اصفهان و استهبانات فارس) تیمارهای آزمایش را تشکیل دادند (جدول ۱). جهت تهیه زمین برای کشت زعفران، مزرعه در پاییز سال قبل از کاشت (سال ۹۱)، شخم عمیق و در اواخر بهار مزرعه آبیاری و پس از سبز شدن علف‌های هرز شخم زده شد. اطلاعات مربوط به آزمون خاک در جدول ۲ ارائه شده است.

برای تهیه اکوتیپ‌های زعفران مورد مطالعه در این آزمایش از مزارع زعفرانی که حداقل سابقه پنج دوره کشت (کشاورزانی که حداقل به مدت ۳۰ تا ۴۰ سال از بذره‌های مزرعه خودشان استفاده نموده‌اند) داشتند، استفاده شد. اکوتیپ‌های زعفران در تیرماه سال ۱۳۹۲ تهیه و پس از انتقال به زنجان بر اساس اندازه بینه درجه‌بندی شدند.

اکوتیپ اصفهان عملکرد بالاتری نسبت به اکوتیپ قاین داشت. با توجه به نبود تنوع کافی و همچنین نبود شاخص‌گزینی در زعفران، هدف از پژوهش حاضر بررسی تنوع اکوتیپ‌های زعفران زراعی جمع‌آوری شده از سراسر کشور در شرایط اقلیمی زنجان از لحاظ ویژگی‌های عملکردی و یافتن صفات مؤثر بر عملکرد کلاله بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان (طول جغرافیایی ۴۸°۲۷' شمالی، عرض جغرافیایی ۳۶°۴۱' شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۲۰ متر) طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ و ۱۳۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. ۱۸ اکوتیپ زعفران (تربت حیدریه، زاوه، رشت‌خوار، مه ولات،

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی مناطق جمع‌آوری اکوتیپ‌های مختلف زعفران
Table 1- Geographic characteristic of regions of collected different ecotypes of saffron

شماره Number	منطقه Region	استان Province	ارتفاع از سطح دریا Elevation (m)	طول جغرافیایی Longitude (E)	عرض جغرافیایی Latitude (N)
1	بهاباد Bahabad	یزد Yazd	1432	56° 02'	31° 5'
2	بجستان Bajestan	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	1250	58° 29'	34° 78'
3	بردسکن Bardeskan	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	1000	57° 57'	35° 15'
4	استهبانات Estahbanat	فارس Fars	1730	54° 2'	29° 7'
5	فیض‌آباد Feizabad	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	990	59° 42'	34° 56'
6	فردوس Ferdows	خراسان جنوبی South-Khorasan	1293	58° 10'	34° 10'
7	قاین Ghaien	خراسان جنوبی South-Khorasan	1432	59° 10'	33° 43'
8	گناباد Gonabad	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	1056	58° 41'	34° 21'
9	گرگان Gorgan	گلستان Golestan	0	54° 24'	36° 54'
10	خلیل‌آباد Kalilabad	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	985	58° 17'	34° 15'
11	کاشمر Kashmar	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	1109.7	58° 28'	35° 12'
12	نطنز Natanz	اصفهان Isfahan	1684.9	51° 54'	33° 32'
13	نیشابور Neishabour	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	1213	58° 48'	36° 16'
14	رشت‌خوار Roshtkhar	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	1141	59° 37'	34° 58'
15	تربت حیدریه Torbat-Heidarieh	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	1450.8	59° 13'	35° 16'
16	تربت‌جام Torbat-Jam	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	950.4	60° 35'	35° 15'
17	زرنند Zarnand	کرمان Kerman	1650	55° 47'	31° 28'
18	زاوه Zaveh	خراسان رضوی Razavi-Khorasan	1300	59° 47'	35° 27'

جدول ۲- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 2- Results of physical and chemical analysis for used soil

بافت خاک Soil texture	پتاس K (p.p.m)	فسفر P (p.p.m)	ازت کل N Total (%)	کربنات کلسیم CaCO ₃ (%)	ماده آلی OC (%)	اسیدیته pH
لومیرسی	286.00	9.60	0.09	7.20	0.61	8.28

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ برای تجزیه واریانس اسپلیت پلات در زمان و ماتریس ضرایب همبستگی استفاده شد و همچنین به منظور تعیین مؤثرترین صفات در عملکرد کلاله خشک زعفران از تجزیه رگرسیون چندگانه بر اساس روش گام‌به‌گام استفاده شد. در این روش صفات تأثیرگذار در مدل باقی می‌مانند و صفات دیگر از مدل حذف می‌گردند. از آنجایی که همبستگی بین صفات با عملکرد خشک کلاله ممکن است نتیجه تأثیر سایر صفات باشد، با استفاده از تجزیه علیت همبستگی صفات تأثیرگذار در مدل، به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تقسیم گردید تا از این طریق صفات مهم دارای بیش‌ترین اثر مستقیم مشخص گردند. تجزیه رگرسیون چندگانه و علیت و همچنین رسم دیاگرام علیت به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه طی دو سال آزمایش (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳) در جدول ۵ نشان داده شده است.

برای این منظور بنه‌های ۱۰ گرم و بالاتر انتخاب و بنه‌های با وزن کمتر کنار گذاشته شد. در نهایت بنه‌های زعفران پس از ضد عفونی کردن با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام و سرزان به صورت ردیفی کشت شدند. به منظور از بین بردن اثرات حاشیه‌ای و کاهش خطا، فاصله کرت‌های مجاور از یکدیگر یک - متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. تراکم کشت بنه‌های زعفران ۵۰ بوته در مترمربع، فاصله بنه‌ها بر روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، عمق کشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌های کشت ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر کرت ۶ ردیف ۳ متری زعفران کشت گردید. صفات تعداد گل (FN) در مترمربع، میانگین وزن تر گل (FW.F)، میانگین وزن خشک گل (DW.F)، میانگین وزن تر کلاله (FW.S)، میانگین وزن خشک کلاله (DW.S)، طول کلاله تازه (SL) و عملکرد زعفران خشک (Yield) در مترمربع در پاییز سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اندازه‌گیری گردید. اطلاعات هواشناسی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. برای اندازه‌گیری وزن از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۰۱ استفاده شد.

جدول ۳- داده‌های ماهانه هواشناسی مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۲

Table 3- Monthly Meteorology data of research farm of Zanjan University in 2013

ماه Month	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March
بارندگی Precipitation (mm)	8.00	30.30	7.40	1.00	82.10	1.10	26.50	45.30	21.50
رطوبت نسبی Relative humidity (%)	45.50	47.50	53.30	46.20	71.13	63.23	69.92	75.27	61.19
میانگین دما Mean temperature	23.80	24.00	19.50	14.73	5.25	1.00	1.00	-2.50	1.00

جدول ۴- داده‌های ماهانه هواشناسی مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۳
Table 4- Monthly Meteorology data of research farm of Zanjan University in 2014

ماه Month	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October	آبان November	آذر December
بارندگی Precipitation (mm)	94.30	55.00	17.70	33.40	5.40	6.00	5.70	58.20	17.40
رطوبت نسبی Relative humidity (%)	65.00	56.11	49.10	54.70	41.80	49.00	48.10	66.03	70.63
میانگین دما Mean temperature	9.00	14.75	18.90	22.00	24.30	21.20	15.66	9.83	3.91

اکوتیپ‌های مختلف جمع‌آوری شده از ۱۱ کشور اختلاف معنی‌داری از لحاظ صفات مورفولوژیکی و ژنتیکی وجود نداشت و تمامی اکوتیپ‌ها یکسان بودند اما امیرنیا و همکاران (Amirnia et al., 2014) گزارش کردند که بین اکوتیپ‌های مختلف زعفران از لحاظ صفات عملکردی و اجزای عملکرد تفاوت کاملاً معنی‌داری وجود دارد. بنابراین از تنوع موجود می‌توان به‌طور موفقیت‌آمیزی در بهبود عملکرد زعفران بهره‌برداری کرد به‌طوری که انتخاب صحیح اکوتیپ‌های زعفران یکی از عوامل مهم در مدیریت مزرعه و تولید اقتصادی زعفران است.

اکثر صفات عملکردی زعفران همبستگی معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند و از میان صفات مورد مطالعه، صفات تعداد گل و وزن خشک کلاله همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد کلاله خشک زعفران داشتند (جدول ۶). در این خصوص بیش‌ترین همبستگی مربوط به تعداد گل (۰/۹۹) بود و تعداد گل نیز تنها با صفت وزن خشک کلاله همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (۰/۶۴) این موضوع نشان می‌دهد که پتانسیل اکوتیپ‌ها از لحاظ تولید تعداد گل با یکدیگر متفاوت بوده و ژنوتیپ‌هایی که تعداد گل بیش‌تری تولید نمایند دارای میانگین وزن خشک کلاله بیش‌تری نیز بوده که در نهایت منجر به تولید عملکرد بالا شده است. امیرنیا و همکاران (Amirnia et al., 2014) نیز بیش‌ترین همبستگی بین صفات مطالعه شده و عملکرد کلاله خشک زعفران را به‌ترتیب برای صفات تعداد گل (۰/۹۸) و وزن خشک کلاله (۰/۶۳) گزارش کردند.

در طول دو سال آزمایش بین اکوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری برای اکثر صفات مورد مطالعه به‌جز صفت طول کلاله مشاهده گردید، این موضوع بیانگر وجود تنوع کفایتی اکوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی می‌باشد. شکوهیان و اصغری (Shokohian & Asghari, 2007) نیز طی پژوهش مشابهی در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ مشخص نمودند در منطقه‌ی جنوب اردبیل بین اکوتیپ‌ها از نظر دو صفت تعداد گل و عملکرد کلاله خشک اختلاف معنی‌داری وجود داشت، که این مطلب بیانگر تفاوت‌های ژنتیکی بین اکوتیپ‌های زعفران و علت اختلاف عملکرد بین آن‌هاست. اختلافات معنی‌داری بین سال‌ها برای تمامی صفات مشاهده شد، سرانجام اثرات متقابل اکوتیپ در سال برای تمامی صفات به‌جز طول کلاله معنی‌دار شد (جدول ۵). معنی‌دار بودن اثر متقابل اکوتیپ در سال نشان‌دهنده سازگاری اختصاصی اکوتیپ‌ها با سال‌های مختلف بود که این موضوع نشان‌دهنده تأثیرپذیری صفات مذکور از شرایط محیطی می‌باشد. امیدبیگی و همکاران (Omidbeigi et al., 2000) گزارش کردند که عملکرد اکوتیپ‌های زعفران از منطقه‌ای به منطقه دیگر تغییر می‌کند و این نشان‌دهنده اثر متقابل اکوتیپ با محیط می‌باشد. رضانی (Ramezani, 2000) گزارش کرد که از نظر وزن بینه و عملکرد کلاله بین اکوتیپ‌های زعفران تنوع ژنتیکی وجود دارد. این محقق همچنین گزارش کرد که عملکرد اکوتیپ‌ها با تغییر شرایط اقلیمی تغییر می‌کند. رویوموراگا و همکاران (RubioMuraga et al., 2009) گزارش کردند که بین

محققین دیگری نیز همبستگی بالایی بین تعداد گل و عملکرد کلاله خشک در گیاه زعفران گزارش کرده‌اند (Gresta et al., 2009; Baghalian et al., 2010; Amirnia et al., 2013).

برای تعیین صفات مؤثر و درک بهتر از روابط بین صفات مستقل و عملکرد کلاله خشک، با استفاده از تجزیه رگرسیونی گام به گام، متغیرهای مستقل مؤثر در عملکرد کلاله خشک مشخص شدند. تعداد گل اولین صفتی بود که در مدل وارد شد و ۹۸ درصد تغییرات را توجیه کرد و صفات وزن خشک کلاله و وزن خشک گل به ترتیب بعد از تعداد گل وارد مدل شدند. در مجموع مدل سه متغیره حاصل ۹۹ درصد تغییرات عملکرد کلاله خشک را توجیه کرد (جدول ۷). امیرنیا و همکاران (Amirnia et al., 2014) نیز با بررسی صفات مؤثر بر عملکرد کلاله، صفات تعداد گل، وزن خشک کلاله و وزن خشک گل را مؤثرترین صفات معرفی کردند. نتیجه نهایی رگرسیون گام به گام معادله خطی زیر بود.

$$Y = -0.52 + 0.005X_1 + 96.78X_2 - 8.95X_3$$

در رابطه بالا Y عملکرد کلاله خشک، X₁ تعداد گل، X₂ وزن خشک کلاله و X₃ وزن خشک گل بودند.

به منظور تفسیر بهتر نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام، تجزیه علیت برای صفت وزن خشک کلاله انجام شد (جدول ۸ و شکل ۱). بیشترین اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد کلاله خشک مربوط به صفت تعداد گل (۰/۹۰۴) می‌باشد که بیشترین همبستگی نیز مربوط به این صفت با عملکرد کلاله خشک بود (۰/۹۸۹). این موضوع نشان می‌دهد که این صفت به طور مستقیم بر روی عملکرد اثر می‌گذارد و تأثیر غیرمستقیم آن از طریق صفات دیگر بسیار ناچیز است و می‌توان از این صفت به عنوان یک معیار گزینشی در برنامه‌های اصلاحی زعفران استفاده کرد.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ۱۸ اکتیپ زعفران زراعی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳
Table 5. Analysis of variance of studied traits for 18 saffron ecotypes during 2013 - 2014

SOV	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)						عملکرد کلاله Stigma Yield
			تعداد گل NF ¹	وزن تر گل FW.F ²	وزن تر تک کلاله FW.S ³	وزن تر تک گل DW.F ⁴	وزن خشک تک کلاله DW.S ⁵	طول کلاله SL ⁶	
Block	بلوک	2	81.37 ^{ns}	1642.76 ^{ns}	192.33 ^{ns}	134.83 [*]	1.76 ^{ns}	8.21 ^{ns}	0.02 ^{ns}
Ecotype	اکتیپ	17	13786.20 ^{**}	2670.94 ^{**}	67.20 ^{**}	66.95 [*]	1.95 ^{**}	6.66 ^{ns}	0.49 ^{**}
Block× Ecotype	بلوک × سال	2	143.56	100.00	23.10	30.80	0.42	4.53	0.01
Year	سال	1	67300.15 ^{**}	217208.89 ^{**}	171.06 ^{ns}	2145.67 ^{**}	3.39 ^{ns}	50.39 [*]	2.14 ^{**}
Ecotype× Year	اکتیپ × سال	17	8378.58 ^{**}	1482.73 [*]	40.56 [*]	48.78 [*]	1.06 ^{**}	3.00 ^{ns}	0.23 ^{**}
Error	اشتباه	36	211.14	803.44	20.78	25.66	0.43	3.01	0.012
C.V. (%)	ضریب تغییرات		17.80	9.01	16.42	11.19	13.02	6.48	26

1-Number of flower, 2- Fresh weight of flower, 3- Fresh weigh of stigma, 4- Dry weight of flower, 5- Dry weight of stigma and 6- Stigma length.

*, **, ns : Significant at the 0.05, 0.01 probability level and non-significant, respectively.
*، **، ns : به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۰.۰۵ و ۰.۰۱.

جدول ۶- ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات مورد مطالعه در ۱۸ اکوتیپ زعفران زراعی

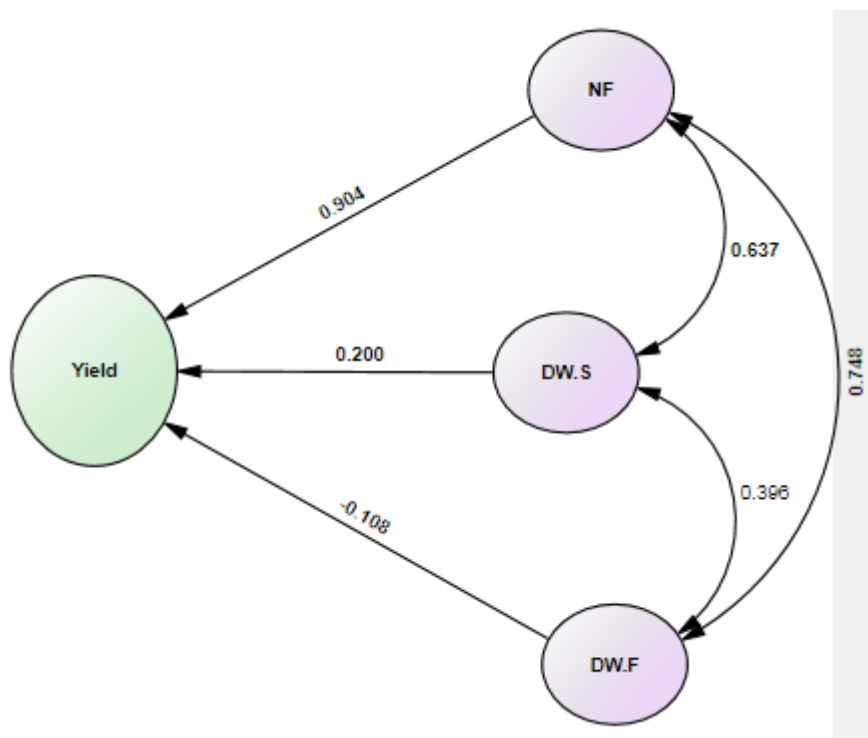
Table 6- Phenotypic correlation coefficient of studied traits in 18 cultivated saffron ecotypes

صفت	تعداد گل در واحد	وزن تر تک	وزن تر تک	وزن خشک تک	وزن خشک تک	طول	عملکرد کلاله
Trait	سطح	گل	کلاله	گل	کلاله	کلاله	Stigma Yield
	NF ¹	FW.F ²	FW.S ³	DW.F ⁴	DW.S ⁵	SL ⁶	
NF	1	0.28 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.40 ^{ns}	0.64 ^{**}	0.25 ^{ns}	0.99 ^{**}
FW.F		1	0.71 ^{**}	0.85 ^{**}	0.71 ^{**}	0.89 ^{**}	0.28 ^{ns}
FW.S			1	0.73 ^{**}	0.65 ^{**}	0.75 ^{**}	0.16 ^{ns}
DW.F				1	0.75 ^{**}	0.69 ^{**}	0.40 ^{ns}
DW.S					1	0.68 ^{**}	0.70 ^{**}
SL						1	0.28 ^{ns}
Yield							1

1-Number of flower, 2- Fresh weight of flower, 3- Fresh weigh of stigma, 4- Dry weight of flower, 5- Dry weight of stigma and 6- Stigma length.

** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

**, ns: Significant at the 0.01 probability level and non-significant respectively.



شکل ۱- تجزیه علیت صفات مورد مطالعه بر عملکرد کلاله اکوتیپ‌های زعفران زراعی

Figure 1- Path analysis of studied traits on stigma yield in ecotypes of cultivated saffron.

NF (Number of flower), DW.S (Dry weight of stigma) and DW.F(Dry weight of flower).

خشک گل بیشتر باشد عملکرد کم می‌شود ولی ارتباط مثبت و معنی‌دار این صفت با صفات دیگری که تأثیر مستقیم و مثبت بر عملکرد کلاله دارند همبستگی مثبت این صفت را موجب شده است. بقالیان و همکاران (Baghalian et al., 2010) وراثت-پذیری متوسطی را برای این صفت گزارش کردند که

اثر مستقیم وزن خشک کلاله بر عملکرد کلاله خشک مثبت بود (۰/۲۰۰) ولی تأثیر این صفت بر روی عملکرد به صورت غیرمستقیم و قسمت اعظم آن از طریق تعداد گل (۰/۵۷۶) بود. صفت وزن خشک گل تنها صفتی بود که اثر مستقیم منفی بر روی عملکرد کلاله خشک داشت (۰/۱۱-). یعنی هرچه وزن

نشان‌دهنده تأثیرپذیری این صفت از شرایط محیطی است. این بسیار بالایی گزارش کردند. محققین برای صفت وزن خشک کلاله و تعداد گل وراثت‌پذیری

جدول ۷- رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد کلاله خشک
Table 7- Stepwise regression for dried stigma yield

متغیرهای وارد شده به مدل Variables entered to model	مرحله Step		
	1	2	3
عرض از مبدأ Intercept	-0.11	-0.34	-0.15
تعداد گل Number of flower	0.006	0.005	0.005
وزن خشک کلاله Dry weight of stigma	-	52.97	96.78
وزن خشک گل Dry weight of flower	-	-	-8.95
ضریب تبیین R ²	0.978	0.985	0.99

جدول ۸- اثرات مستقیم (اعداد روی قطر) و غیرمستقیم (اعداد خارج قطر) صفات مورد مطالعه بر عملکرد کلاله
Table 8- Direct (diagonal values) and indirect (values outside diagonal) effects of studied traits on stigma yield

	تعداد گل NF ¹	وزن خشک کلاله DW.S ²	وزن خشک گل DW.F ³
تعداد گل NF	0.904	0.127	-0.043
وزن خشک کلاله DW.S	0.576	0.200	-0.081
وزن خشک گل DW.F	0.358	0.147	-0.108

1-Number of flower, 2- Dry weight of stigma and 3- Dry weight of flower.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش اکوتیپ‌های مورد مطالعه زعفران از لحاظ تمامی صفات عملکردی اختلاف کاملاً معنی‌داری نشان دادند، بنابراین می‌توان از آن‌ها به‌طور موفقیت‌آمیزی در بهبود عملکرد کلاله استفاده کرد. تنوع مشاهده شده میان اکوتیپ‌های زعفران نشان می‌دهد که پتانسیل بالایی برای بهبود زعفران از لحاظ

منابع

- Amirnia, R., Bayat, M., and Tajbakhsh, M. 2014. Effects of nano fertilizer application and maternal corm weight on flowering at some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. Turkish Journal of Field Crops 19 (2): 158-168.
- Amirnia, R., Bayat, M., and Gholamian, A. 2013. Influence of corm provenance and sowing dates on stigma yield and yield components in saffron (*Crocus sativus* L.). Turkish Journal of Field Crops 18(2): 198-204.
- Anastasaki, E., Kanakis, C., Pappas, C., Maggi, L., del Campo, C.P., Carmona, M., Alonso, G.L. and

- Polissiou, M.G. 2010. Differentiation of saffron from four countries by mid-infrared spectroscopy and multivariate analysis. *European Food Research and Technology* 230:571–577.
- Baghalian, K., Shabani Sheshtamand, M., and Jamshidi, A. H. 2010. Genetic variation and heritability of agro-morphological and phytochemical traits in Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) populations. *Industrial Crops and Products* 31: 401–406.
- Chryssanthi, D.G., Dedes, P., and Lamari, F.N. 2009. Crocetin, the active metabolite of crocins, inhibits growth of breast cancer cells and alters the gene expression pattern of metalloproteinases and their inhibitors in the cell line MDA-MB-231. In: 3rd International Symposium on Saffron Forthcoming Challenges in Cultivation Research and Economics. Krokos, Kozani, Greece. p. 58.
- Ehsanzadeh, P., Yadollahi, A.A., and Maiboodi, A.M.M. 2004. Productivity, Growth and quality attributes of 10 Iranian saffron accessions under climatic condition of Chahar Mahal Bakhtiari in Iran. *ISHS Acta Horticulturae*, 650, First International Symposium of Saffron Biology and Biotechnology, Albacete, Spain, 31 May 2004, p. 291.
- Fernandez, J.A. 2004. Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. *Recent Research Developments in Plant Science* 2: 127–159.
- Fernandez, J.A., Santana Meridas, O., Guardiola, J.O., Molnar, A., Heslop Harrison, J.S. and Borbely, G. 2011. The World Saffron and Crocus collection: strategies for establishment, management, characterization and utilization. *Genetic Resources Crop Evolution* 58:125–137.
- Ghorbani, M. 2006. The economics of saffron in Iran. II. International symposium on saffron biology and technology. *Acta Horticulturae* 739: 321–332.
- Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G. M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. *Scientia Horticulturae* 119(3): 320-324.
- Kafi, M. 2006. Saffron ecophysiology. In: Kafi, M., Koocheki, A., Rashed, M.H., and Nassiri, M. (Eds.), *Saffron (Crocus sativus L.) Production and Processing*. Science Publishers, Enfield. p. 39–58.
- Kumar, R., Singh, V., Devi, K., Sharma, M., Singh, M. K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.). *Agronomy: a comprehensive review*. *Food Reviews International* 25: 44–85.
- Lage, M., and Cantrell, C.L. 2009. Quantification of saffron (*Crocus sativus* L.) metabolites crocins, picrocrocin and safranal for quality determination of the spice grown under different environmental Moroccan conditions. *Scientia Horticulturae* 121: 366–373.
- Maggi, L., Carmona, M., Kelly, S.D., Marigheto N., and Alonso, G.L. 2011. Geographical origin differentiation of saffron spice (*Crocus sativus* L.) stigmas Preliminary investigation using chemical and multi-element (H, C, N) stable isotope analysis. *Food Chemistry* 128: 543–548.
- Ministry of Agriculture Jihad (MAJ). 2013. Communications and information technology center. Available at Web site <http://amar.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx?CategoryID=117564e0-507c-4565-9659-fbabfb4acb9b>
- Omidbeigi, R., Sadeghi, B., and Ramezani, A. 2000. Effects of cultivation area on saffron quality. *Journal of Horticultural Science and Technology* 1(3): 167-178. (In Persian).
- Pazoki, A., Kariminejad, M., and Foladi Targhi, A. 2011. Consideration of effect culture date on saffron ecotypes yield (*Crocus sativus* L.) in Natanz. *Crop Physiology Journal* 2(8): 3-12. (In Persian).

- Ramezani, A. 2000. Consideration of effect corm weight and climate on saffron yield in Neishabour condition. MSC thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Iran. (In Persian with English Summary).
- Rashed-Mohassel, M.H. 2006. Saffron botany. In: Kafi, M. (Ed.), Saffron (*Crocus sativus* L.) Production and Processing. Science Publishers p. 13–38.
- Rubio-Moraga, A., Trapero-Mozos, A., Gomez- Gomez, L., and Ahrazem, O. 2010. Intersimple sequence repeat markers for molecular characterization of *Crocus cartwrightianus* cv. Albus. Industrial Crops and Products 32: 147-151.
- Shokohian, A. A., and Asghari, A. 2008. Consideration of adaptation of saffron ecotypes to Ardabil climate condition. Iranian Journal of Agriculture Science 38(4): 563-570. (In Persian).
- Winterhalter, P., and Straubinger, M. 2000. Saffron renewed interest in an ancient spice. Food Reviews International 16: 39-59.

Determination of Effective Agronomical Traits on Saffron Ecotypes Stigma Yield in Zanjan Conditions

*Seid Mohammad Alavi Siney^{*1}, Jalal Saba², Babak Andalibi³, Seyyed Siamak Alavikia⁴ and
Mohammad Reza Azimi³*

1,2 and 3. Ph.D. student, Associated Professor and Assistant Professor Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran, Respectively.

*4. Assistant Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.
(*-Corresponding Author E-mail: Alavi@znu.ac.ir)*

Received: 7 February, 2015

Accepted: 23 March, 2015

Abstract:

In order to investigate the effective traits on yield of saffron ecotypes, a study was carried out as a split plot in time based on randomized complete block design with three replications in the research farm of Zanjan University during the growing seasons of 2013-2015. Eighteen saffron ecotypes were studied in this experiment. The traits of number of flowers, fresh weight of flowers, fresh weight of stigma, dry weight of flowers, dry weight of stigma, stigma length and dry stigma yield of saffron were measured. The results indicated that there were significant differences among all studied traits of ecotypes except for stigma length. The correlation matrix revealed that the number of flower and dry weight of stigma had a positive and highly significant correlation with dry stigma yield ($r= 0.99$ and 0.70 , respectively). Analysis of stepwise regression and path analysis showed that the traits of number of flowers, dry weight of stigma and dry weight of flowers were the most effective traits on dry stigma yield. Therefore, these traits can be used to achieve a higher stigma yield.

Keywords: *Number of flower, Path analysis, Stigma weight, Stigma yield.*