نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴ ص. ۱۰۶-۹۷

Saffron Agronomy & Technology
Vol. 3, No. 2, Summer 2015, P. 97-106

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 دریافت: ۱۸ بهمن ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: ۳ فروردین ۱۳۹۴

چکیده

به‌منظور بررسی صفات مؤثر بر عملکرد اکوتیپ‌های زعفران زراعی، پژوهشی به‌صورت 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 به‌جز در مورد صفت طول کلاله وجود داشت. ماتریس همبستگی مشخص کرد که از میان صفات مورد مطالعه تعداد گل و وزن خشک کلاله به‌ترتیب 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

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. از خانواده زنبق‌ها (Iridaceae) یکی از قدیمی‌ترین و گران‌ترین ادویه‌های دنیا به‌شمار می‌رود (Winterhalter & Straubinger, 2000). این گیاه از قدیم الایام در برخی ازنقاط دنیا از جمله ایران، هندوستان، یونان، مراکش، اسپانیا و ایتالیا کشت می‌شود (Ghorbani, 2006) و ایران به‌عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین کشور تولیدکننده زعفران در دنیا شناخته شده است (Jalali Heravi et al., 2010)؛ به‌طوری‌که بیش از ۸۰٪ از تولید سالانه زعفران در دنیا که حدود ۳۰۰ تن درسال می‌باشد، متعلق به ایران است (Fernandez, 2004; Kumar et al., 2009). 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

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان.
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان.
۳- استادیار دانشکده کشاورزی،گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه زنجان.
۴-استادیار، دانشکده کشاورزی، گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی ، دانشگاه تبریز.
(*-نویسنده مسئول: Alavi@znu.ac.ir)

کرده است که می‌تواندجایگزین رنگ‌های مصنوعی، عطرهاوتقویت‌کننده‌هاشود (Kafi, 2006). همچنین زعفران درطب سنتی به‌طورگسترده مورداستفاده قرارمی‌گیرد (Fernandez, 2004; Chryssanthi et al., 2009). به خاطرچنین کاربردهایی امروزه علاقه زیادی به تولیدومصرف زعفرانی باکیفیت بالاایجادشده است (Anastasaki, 2010). زعفران یک گیاه تریپلوئید عقیم است که از طریق بنه به‌صورت 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 تریپلوئید زعفران قابل‌شناسایی نیست به‌طوری‌که فرض می‌شود تفاوتی بین زعفران در سرتاسر جهانوجود ندارد. بااین‌وجودفرآورده‌های تجاری مختلفی شناخته‌شده‌اندکه احتمالاً حاکی از وجود اکوتیپ‌هایا واریته‌های تجاری متفاوت است، هرچند تنوع ژنتیکی واقعی موجود در زعفران در سرتاسر دنیا هنوز ناشناخته است و هیچ‌گونه کوششی برای رفع این مهم انجام‌نشده است،در این خصوص اخیراً پژوهش‌هایی توسط بانک زعفران[1] در اروپاآغازشدهاست (Fernandez et al., 2011).اصلاح زعفران از طریق بهره-برداری از تنوع زیستی موجود در نواحی مختلف جهان امکان‌پذیر می‌باشد (Fernandez et al., 2011)،این کاربه‌خاطر عدم وجود شاخص گزینشی مناسب برای تنوع موجود با مشکل مواجه شده است. از روش‌های بررسی تنوع می‌توان به تنوع موجود در مزرعه در میان اکوتیپ‌های مختلف وتنوع در ردیف‌های بازی موجود در رشته DNA اشاره کرد. به این منظور تلاش‌های گسترده‌ای باهدف یافتن راه‌کارهای مناسب برای یافتن تنوع موجود در زعفران آغازشده 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, 2006; Ghorbani, 2007). لاگ و کانترل (Lage & Cantrell, 2009) زعفران را در یازده منطقه جغرافیایی متفاوت ازلحاظ 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 اکوتیپ‌هاازنظردوصفت تعدادگل وعملکردخشک زعفران اختلاف معنی‌داری وجودندارد، ولی درمنطقه جنوب اردبیل بین اکوتیپ‌ها ازنظردوصفت مذکوراختلاف معنی‌داری وجودداشت، که این مطلب بیانگرتفاوت‌های ژنتیکی بین اکوتیپ‌های زعفران وعلت اختلاف عملکرد بین آن‌هاست. رمضانی (Ramazani, 2000) گزارش کرد که از نظر وزن بنه و عملکرد کلاله بین اکوتیپ‌های زعفران تنوع ژنتیکی وجوددارد ووزن اولیه بنه‌های کشت‌شده نیزروی عملکرد کلاله، مخصوصاًدرسال اول،تأثیرزیادی می‌گذارد. این محقق همچنین گزارش کردکه عملکرداکوتیپ‌هاباتغییرشرایط اقلیمی تغییر می‌کند. احسان‌زاده وهمکاران (Ehsanzadeh et al., 2004) گزارش کردندکه ازبین۱۰اکوتیپ موردآزمایش 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 کاملاًمعنی‌داری بین آن‌ها گزارش نمودند و عنوان کردند که

1- Crocus bank

اکوتیپ اصفهان عملکرد بالاتری نسبت به اکوتیپ قاین داشت.

با توجه به نبود تنوع کافی و همچنین نبود شاخص گزینشی در زعفران، هدف از پژوهش حاضر بررسی تنوع اکوتیپ‌های زعفران زراعی جمع‌آوری‌شده از سراسر کشور در شرایط اقلیمی زنجان از لحاظ ویژگی‌های عملکردی و یافتن صفات مؤثر بر عملکرد کلاله بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت اسپلیت‌پلات در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی باسه تکراردر مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان (طول جغرافیایی ′۲۷ °۴۸ شمالی، عرض جغرافیایی ′۴۱ °۳۶ شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۲۰ متر) طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ و ۱۳۹۴-۱۳۹۳ اجراشد. ۱۸ اکوتیپ زعفران (تربت حیدریه، زاوه، رشت‌خوار، مه ولات، 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 درپاییزسال قبل ازکاشت (سال ۹۱)،شخم عمیق ودراواخربهارمزرعه آبیاری و پس از سبز شدن علف‌های هرزشخم 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 بذرهای مزرعه خودشان استفاده نموده‌اند) داشتند، استفاده شد. اکوتیپ‌های زعفران در تیرماه سال ۱۳۹۲ تهیه و پس از انتقال به زنجان بر اساس اندازه بنه درجه‌بندی شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی مناطق جمع‌آوری اکوتیپ‌های مختلف زعفران

Table1- 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	Bahabad بهاباد	Yazd یزد	1432	56^0 02′	31^0 5′
2	Bajestan بجستان	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	1250	58^0 29′	34^0 78′
3	Bardeskan بردسکن	Razavi-Khorasanخراسان رضوی	1000	57^0 57′	35^0 15′
4	Estahbanat استهبانات	Fars فارس	1730	54^0 2′	29^0 7′
5	Feizabad فیض‌آباد	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	990	59^0 42′	34^0 56′
6	Ferdows فردوس	South-Khorasan خراسان جنوبی	1293	58^0 10′	34^0 10′
7	Ghaien قاین	South-Khorasan خراسان جنوبی	1432	59^0 10′	33^0 43′
8	Gonabad گناباد	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	1056	58^0 41′	34^0 21′
9	Gorgan گرگان	Golestan گلستان	0	54^0 24′	36^0 54′
10	Kalilabad خلیل‌آباد	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	985	58^0 17′	34^0 15′
11	Kashmar کاشمر	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	1109.7	58^0 28′	35^0 12′
12	Natanz نطنز	Isfahan اصفهان	1684.9	51^0 54′	33^0 32′
13	Neishabour نیشابور	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	1213	58^0 48′	36^0 16′
14	Roshtkhar رشت خوار	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	1141	59^0 37′	34^0 58′
15	Torbat-Heidarieh تربت‌حیدریه	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	1450.8	59^0 13′	35^0 16′
16	Torbat-Jam تربت‌جام	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	950.4	60^0 35′	35^0 15′
17	Zarand زرند	Kermanکرمان	1650	55^0 47′	31^0 28′
18	Zaveh زاوه	Razavi-Khorasan خراسان رضوی	1300	59^0 47′	35^0 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

برای این منظوربنه‌های ۱۰ گرم و بالاتر انتخاب و بنـه‌هـای با وزن کمتر کنار گذاشته شد. در نهایت بنه‌های زعفـران پـس از ضـدعفونی کـردن بـا قـارچ‌کـش کاربوکسـین تیـرام و سـرزان به‌صورت ردیفی کشـت شـدند. بـه‌منظـور از بـین بـردن اثـرات حاشیه‌ای وکاهش خطا، فاصله کرت‌های مجاور از یکـدیگریک - متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر درنظر گرفته شـد. تـراکم کشـت بنه‌های زعفران ۵۰ بوته در مترمربع، فاصله بنه‌ها بر روی ردیـف ۱۰ سانتی‌متر، عمق کشت ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌های کشت ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هـر کـرت ۶ ردیـف ۳ متری زعفران کشت گردید. صفات تعداد گـل(FN) در مترمربـع، میـانگین وزن ترگـل (FW.F)، میـانگین وزن خشـک گـل (DW.F)، میانگین وزن ترکلاله (FW.S)، میانگین وزن خشـک کلاله (DW.S)، طول کلاله تازه(SL) و عملکرد زعفران خشـک (Yield) در مترمربـع در پـاییز سـال‌هـای ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اندازه‌گیری گردید. اطلاعات هواشناسـی در سـال‌هـای ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده اسـت. بـرای انـدازه-گیری وزن از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۰۱ استفاده شد.

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها از نرم‌افزارSASنسـخه ۹/۱ برای تجزیه واریانس اسپلیت پلات در زمان و مـاتریس ضـرایب همبستگی استفاده شد و همچنـین بـه‌منظـور تعیـین مـؤثرترین صفات در عملکرد کلالـه خشـک زعفـران از تجزیـه رگرسـیون چندگانه بر اساس روش گام‌بـه‌گـام اسـتفاده شـد. در ایـن روش صفات تأثیرگذار در مدل باقی می‌ماننـد و صـفات دیگـر از مـدل حذف می‌گردند. از آنجایی‌که همبستگی بین صـفات بـا عملکـرد خشک کلاله ممکن است نتیجـه تـأثیر سـایر صـفات باشـد، بـا استفاده از تجزیه علیت همبستگی صفات تأثیرگذار در مـدل، بـه اثرات مستقیم و غیرمستقیم تقسیم گردید تا از این طریق صـفات مهـم دارای بـیش‌تـرین اثـر مسـتقیم مشـخص گردنـد. تجزیـه رگرسیون چندگانه و علیت و همچنین رسـم دیـاگرام علیـت بـه کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات موردمطالعـه طـی دو سـال آزمـایش (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳) در جدول ۵ نشان داده‌شده‌است.

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 ٤- 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

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 کافیبین 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 به جزء طول کلاله معنی‌دار شد (جدول ۵). معنی‌دار بودن اثرمتقابل 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 می‌کندواین نشان‌دهنده اثرمتقابل اکوتیپ با محیط می‌باشد. رمضانی (Ramezani, 2000) گزارش کرد که از نظر وزن بنه و عملکرد کلاله بین اکوتیپ‌های زعفران تنوع ژنتیکی وجود دارد. این محقق همچنین گزارش کرد که عملکرد اکوتیپ‌هاباتغییرشرایطاقلیمی تغییرمی‌کند. روبیوموراگا و همکاران (RubioMuraga et al., 2009) گزارش کردند که بین 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 به‌طوری‌که 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. امیر نیا 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.

محققین دیگری نیز همبستگی بالایی بین تعداد گل و عملکرد کلاله خشک در گیاه زعفرانگزارش 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 گام‌به‌گام، 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 به‌ترتیب 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 گام‌به‌گام معادله خطی زیر بود.

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

در رابطه بالا Y عملکرد کلاله خشک، x_1 تعداد گل، x_2 وزن خشک کلاله و x_3 وزن خشک گل بودند.

به‌منظور تفسیر بهتر نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام، 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 به‌طور مستقیم بر روی عملکرد اثر می‌گذارد و تأثیر غیرمستقیم آن از طریق صفات دیگر بسیار ناچیز است و می‌توان از این صفت به‌عنوان یک معیار گزینشی در برنامه‌های اصلاحی زعفران استفاده کرد.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ۱۸ اکوتیپ زعفران زراعی در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 5. Analysis of variance of studied traits for 18 saffron ecotypes during 2013 - 2014

			میانگین مربعات (MS)						
SOV	**منابع تغییر**	**درجه آزادی df**	**تعداد گل NF[1]**	**وزن تر تک گل FW.F[2]**	**وزن تر تک کلاله FW.S[3]**	**وزن خشک تک گل DW.F[4]**	**وزن خشک تک کلاله DW.S[5]**	**طول کلاله SL[6]**	**عملکرد کلاله Stigma Yield**
Block	بلوک	2	81.37 ^{ns}	1642.76 ^{ns}	^{ns}192.33	134.83 *	^{ns}1.76	^{ns}8.21	0.02 ^{ns}
Ecotype	اکوتیپ	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 **	^{ns}171.06	2145.67 **	^{ns}3.39	50.39 *	2.14 **
Ecotype× Year	اکوتیپ × سال	17	8378.58 **	1482.73 *	40.56 *	48.78 *	1.06 **	^{ns}3.00	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 * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

*, **, ns : Significant at the 0.05, 0.01probability level and non-significant, respectively.

جدول ٦- ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات مورد مطالعه در ۱۸ اکوتیپ زعفران زراعی

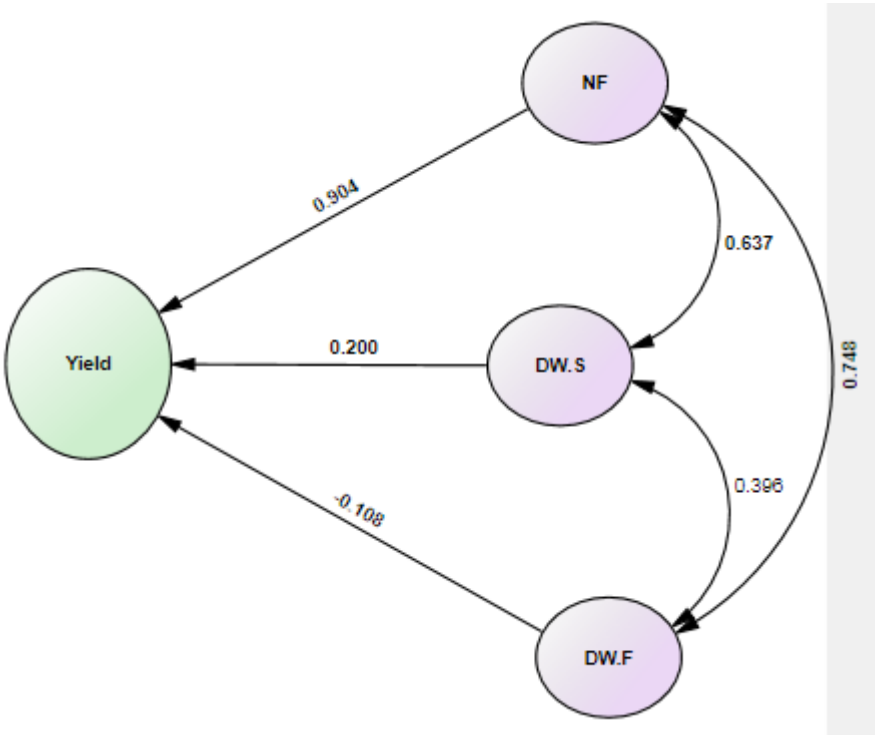
Table 6- Phenotypic correlation coefficient of studied traits in 18 cultivated saffron ecotypes

صفت Trait	تعداد گل در واحد سطح NF[1]	وزن تر تک گل FW.F[2]	وزن تر تک کلاله FW.S[3]	وزن خشک تک گل DW.F[4]	وزن خشک تک کلاله DW.S[5]	طول کلاله SL[6]	عملکرد کلاله Stigma Yield
NF	1	0.28 ns	0.11 ns	0.40 ns	0.64**	0.25ns	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.

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

**, ns: Significant at the 0.01probability 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).

اثر مستقیم وزن خشک کلاله بر عملکرد کلاله خشک مثبت بود (۰/۲۰۰) ولی تأثیر این صفت بر روی عملکرد به‌صورت 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 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

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

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

متغیرهایواردشده 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 صفات عملکردی وجود دارد و از بین صفات مطالعه شده، تعداد گل در واحد سطح، وزن خشک تک کلاله و وزن خشک تک گل به ترتیب مهم‌ترین و مؤثرترین صفات در طی دو سال آزمایش بودند، بنابراین از این صفات می‌توان برای حصول عملکرد بالاتر استفاده نمود.

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 Crops19 (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.Intersimplesequence 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 Saba*[2], *Babak Andalibi*[3], *Seyyed Siamak Alavikia*[4] *and Mohammad Reza Azimi*[3]**

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.*