نشریه پژوهش‌های زعفران (دو فصلنامه)
جلد دهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
شماره صفحه: ۲۴۴-۲۳۱
http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2022.5568.1194

مقاله پژوهشی:

اثر وزن بنه مادری و عمق کاشت بر عملکرد گل و بنه‌های دختری زعفران (*Crocus sativus* L.) در دشت ساری

عباس جلالی[۱]، فائزه زعفریان[۲*]، بنیامین ترابی[۳]، رحمت عباسی[۴]
۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳- دانشیار،گروه زراعت، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۴- استادیار، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
*نویسنده مسئول: *Email: fa.zaefarian@sanru.ac.ir*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۷

چکیده

پژوهش حاضر جهت بررسی اثر وزن‌های مختلف بنه مادری و عمق‌های مختلف کاشت بر تولید بنه و عملکرد زعفران بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری طی شهریور ۱۳۹۸ تا آذرماه ۱۳۹۹ اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل سه گروه وزنی بنه مادری (گروه ریز ۲±۴ گرم، متوسط ۱۰±۲ گرم و درشت ۲±۱۵ گرم) و دو عمق کاشت (۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر) بود. صفات مورد مطالعه شامل: تعداد و عملکرد بنه‌های دختری، تعداد جوانه، تعداد و عملکرد گل و عملکرد کلاله خشک زعفران بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از تاثیر معنی دار اثر وزن بنه مادری بر کلیه صفات بود. تغییر عمق کاشت نیز تاثیر معنی‌داری بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده بجز عملکرد کل بنه‌های دختری داشت. اثر متقابل وزن بنه مادری و عمق کاشت تاثیر معنی‌داری بر صفات تعداد و عملکرد کل بنه‌های دختری، عملکرد بنه‌های دختری زیر ۴ گرم، تعداد و عملکرد بنه‌های دختری ۸-۴ گرم داشت و برای سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بالاترین تعداد بنه‌های دختری و عملکرد کل بنه‌های دختری به ترتیب با ۴۸۵ بنه در متر مربع و ۲۴۳۵/۳ گرم در متر مربع مربوط به تیمار کاشت بنه‌های مادری درشت بود؛ اما اختلاف معنی‌داری بین این صفات در دو عمق کاشت برای بنه درشت مشاهده نشد. کمترین عملکرد کل بنه‌های دختری مربوط به تیمار کاشت بنه‌های مادری ریز در عمق ۱۰ سانتی‌متر برابر با ۱۴۸۸/۷ گرم در متر مربع بود. شایان ذکر است که کاهش عمق کاشت زعفران از ۱۵ به ۱۰ سانتی‌متر باعث افزایش تعداد جوانه‌های جانبی در بنه‌های دختری شد. میانگین وزن بنه دختری تولید شده در این آزمایش (بین ۴/۷۲ تا ۵/۳۷ گرم) تا حدود دو برابر بیشتر از مقدار تولید شده در مناطق خشک (منتشر شده در مقالات علمی) بود. نتایج نشان داد که کشت زعفران بصورت یک‌ساله در منطقه دشت ساری و با اولویت تولید بنه مرغوب و استفاده از این بنه‌ها در مناطق زعفران‌خیز و یا شرایط هواکشت، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: جوانه جانبی، کشت یک‌ساله زعفران، وزن گل، کلاله، رشد رویشی.

مقدمه:

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی یک ساله (در زراعت بعنوان محصولی چندساله کشت می شود) و ژئوفیت، تریپلوئید و متعلق به خانواده زنبقیان است (Saeidi-Aboueshaghi et al., 2022). هرچند زعفران در ایران بعنوان یکی مهم‌ترین کشور تولیدکننده این محصول، بصورت چند ساله کشت می‌گردد با این وجود، در برخی از مناطق دنیا به ویژه در ایتالیا به عنوان گیاهی یک‌ساله مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (Kummar et al., 2009).

شرایط مطلوب آب و هوایی برای کسب عملکرد مطلوب در زراعت زعفران شامل باران‌های پاییزی، تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل است. میانگین دما و میزان بارندگی سالانه در ۱۶ منطقه کشت زعفران در جهان به ترتیب از ۵/۹ تا ۱۸/۶ درجه سانتی‌گراد و از ۴۲۰ تا ۱۳۷۰ میلی‌متر متغیر است و از طرفی مهمترین فاکتورهایی که رشد بنه‌های زعفران را تحت تأثیر قرار می‌دهند شامل عوامل اقلیمی، بافت خاک، تاریخ کاشت، مدیریت آبیاری و فراهمی مناسب عناصرغذایی می‌باشند (Behdani & Fallahi, 2015; Aghhavani Shajari et al. 2015). خاک‌هایی با بافت سبک، غنی از ماده آلی، نسبتاً عمیق و دارای زهکش مناسب بهترین شرایط را برای رشد زعفران به وجود می‌آورند (Esmi, 2018).

اندام‌های زیرزمینی زعفران که بنه مادری نامیده می‌شود، در قسمت انتهایی دارای یک یا دو جوانه اصلی یا مناطق مریستمی بوده و بسته به اندازهٔ بنه دارای حدود ۱ تا ۲ یا تعداد بیشتری جوانه ثانویه هستند که به صورت مارپیچی نامنظمی در اطراف بنه قرار دارند. در نتیجه رشد این جوانه‌ها، بنه جدیدی به نام بنه دختری در سطح بنه مادری ایجاد می‌شود. بنه‌های دختری تولید شده از جوانه‌های ثانویه در مقایسه با بنه‌های حاصل از جوانه‌های انتهایی کوچکتر هستند. با افزایش رشد بنه‌های دختری در طی فصل رشد، تحلیل بنه مادری نیز آغاز می‌شود. از این رو، در هر فصل رشد، شکل‌گیری عملکرد تحت تاثیر شرایط رشد بنه‌های دختری در فصل قبل می‌باشد (Renau-Morata et al., 2012, Esmi, 2018, Fallahi and behdani, 2015). در گیاهانی که توسط بنه تکثیر می‌شوند یکی از مهمترین عواملی که تأثیر زیادی در عملکرد نهایی دارد، اندازه بنه است. بنابراین برای به دست آوردن بنه‌های درشت، ایجاد شرایط محیطی و مدیریتی مناسب بسیار اهمیت دارد (Sharifi et al., 2021, Shajari et al. 2015).

تحقیقات نشان داده است که برای کشت زعفران باید بنه‌های با وزن بالاتر از هشت گرم را انتخاب نمود. زیرا بنه‌های درشت نه تنها در همان سال اول تولید عملکرد مناسبی می‌کنند، بلکه از طریق بنه‌زایی بیش‌تر و تولید بنه‌های خواهری درشت ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را برای سال بعد افزایش می‌دهند. لذا، عملکرد زعفران به ویژه در سال اول متاثر از اندازه و ذخائر بنه‌هایی با وزن بیش‌تر است (Ansaryan Mahabadi et al., 2019). امیرنیا و همکاران (Amirnia et al., 2014) گزارش کردند که بنه‌های مادری ۱۲ گرمی نسبت به ۶ گرمی تا ۵ برابر صفات مرتبط با گل را افزایش می‌دهند که این موضوع بخاطر مواد اندوخته‌ای بنه‌های اولیه مادری و بیشتر بودن تعداد جوانه‌های دارای پتانسیل گلدهی در این بنه‌هاست که بطور مستقیم عملکرد سال اول را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

تعیین عمق کاشت مناسب نیز یکی از راهکارهای دستیابی به بهبود عملکرد زعفران در واحد سطح زمین می‌باشد (Shariatmadari, 2018). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) در بررسی سه عمق کاشت ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر بیان کردند که با افزایش عمق کاشت از ۱۰ به ۱۵ سانتی‌متر تعداد گل و وزن خشک کلاله افزایش و با افزایش عمق کاشت از ۱۵ به ۲۰ سانتی‌متر کاهش می‌یابد. همچنین بیشترین تعداد بنه دختری در عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر و کمترین آن در عمق کاشت ۲۰ سانتی‌متر وجود دارد. طبق نتایج آزمایش کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) در بین عمق‌های مختلف کاشت بیشترین عملکرد مربوط به عمق ۱۰ سانتی‌متر بود و با افزایش عمق از میزان عملکرد گل کاسته می‌شود. چنین به نظر می‌رسد که با افزایش عمق کاشت به دلیل مقاومت فیزیکی بیشتر خاک، برای رسیدن جوانه گل و برگ به سطح خاک انرژی بیشتری صرف شده و به تبع آن تعداد جوانه گل گیاه کاهش می‌یابد. در تحقیقی در لنگرود گیلان گزارش شد که عمق کاشت بر وزن کلاله و خامه زعفران تاثیر معنی‌داری ندارد؛ اما اثر متقابل تاریخ کاشت و عمق کاشت به طور معنی‌داری بر صفات مذکور تاثیر دارد. بیشترین عملکرد کلاله را می‌توان در عمق ۵ سانتی‌متر در تاریخ

کشت شهریور ماه و عمق ۱۰ سانتی‌متر در تاریخ کشت مرداد ماه به دست آورد. محققین پیشنهاد کردند که به دلیل بافت سنگین خاک و زهکشی ضعیف خاک‌ها در استان گیلان بهتر است عمق کاشت کمتر انتخاب گردد (Sadeghi et al., 2014).

یکی از دلایل توسعه و کشت گیاهان دارویی بخصوص زعفران در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل بالا بودن عملکرد کمی و کیفی و راندمان مصرف آب بالای آن می‌باشد (Sadat Moslemi et al., 2021). اما به دلیل شرایط اقلیمی منحصر به فرد بخش اعظم استان مازندران از جمله ساحلی بودن استان، رطوبت نسبی فراوان و در نتیجه اختلاف کم دمای شب و روز، بارش فراوان بالا، بارندگی در فصول تابستان و بخصوص اواخر تابستان و اوایل مهر در بسیاری از مناطق، تمامی این عوامل احتمالا سبب شده تاکنون توجه کمتری به تولید زعفران در استان شود و کشت آن محدود به برخی اراضی ییلاقی و تقریبا با ارتفاع بالاتر از ۷۰۰ متر در استان شده است (Agricultural Jihad of Mazandaran Province, 2019).

یکی از ویژگی‌های مناطق ساحلی، بارش فراوان است. بارندگی شدید می‌تواند باعث ایجاد تنش غرقاب شود که برای رشد بیشتر گیاهان از جمله زعفران نامناسب است. این تنش در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله ظرفیت فتوسنتز گیاه، میزان رشد ریشه و شاخساره، میزان تولید زیست توده گیاهی، روابط آب، متابولیسم کربوهیدرات، ساختار سلولی، تغذیه، تعادل بین هورمون‌ها و بیان ژن تأثیر می‌گذارد (Rezvani-Moghaddam et al., 2012). خاک با زهکشی مناسب همراه با بارندگی کافی و نور مناسب شرایط خوبی را برای رشد رویشی بیشتر گیاهان فراهم می‌کند. لذا با توجه اینکه فصل رویش زعفران در فصل پاییز و زمستان می‌باشد و در این فصول برای کشت بسیاری از محصولات، محدودیت وجود دارد؛ لذا با تعیین عمق مناسب و اندازه بنه می‌توان از این فرصت برای رشد رویشی زعفران و در نتیجه تولید بنه زعفران استاندارد حداقل بصورت یک‌ساله استفاده نمود. هدف از این تحقیق بررسی اندازه‌های مختلف بنه زعفران و عمق کاشت بر عملکرد بنه‌های دختری در اندازه‌های مختلف، گل و کلاله خشک زعفران در شرایط دشت ساری بود. نتایج این تحقیق می‌تواند جهت تولید بنه‌های بذری زعفران در مناطق ساحلی ساری مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها:

این پژوهش بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (با مختصات: عرض جغرافیایی ۳۶ درجه، ۳۹/۴۳۱ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴/۱۶۹ دقیقه شمالی) با ارتفاع صفر و همتراز با سطح دریای آزاد، طی سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ اجرا گردید.

بنه‌های لازم در وزن‌های مختلف از منطقه تربت حیدریه در خراسان رضوی تهیه و سپس طبق تیمارهای آزمایش دسته بندی شدند. فاکتورهای آزمایشی شامل سه گروه وزنی بنه (گروه ریز ۲±۴ گرم، متوسط ۲±۱۰ گرم و درشت ۲±۱۵ گرم) و دو عمق کاشت (۱۰ و ۱۵ سانتی-متر) بودند. صفات مورد مطالعه شامل: تعداد و عملکرد بنه‌های دختری، تعداد جوانه، تعداد گل، میانگین وزن تک گل، عملکرد گل و کلاله خشک زعفران بود.

مزرعه آزمایشی، پس از نمونه‌گیری خاک جهت آنالیز فیزیکی و شیمیایی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر (جدول ۱)، در شهریور ماه شخم و تسطیح و سپس در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۲ متر و فواصل ۰/۵ متر از هم در سه تکرار در تاریخ ۲۵ شهریور ماه سال ۱۳۹۸ کشت شد. فاصله بین کرت‌ها توسط یک جوی به عمق ۱۵ سانتی‌متر جهت خروج آب اضافی از سطح کرت در اثر بارندگی‌های شدید و جلوگیری از ماندابی ایجاد شد. در هر متر مربع تعداد ۸۰ بنه با فاصله ردیف کاشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۵ سانتی‌متر کشت شد. به دلیل بارندگی‌های کافی در طول فصل رشد و تامین نیاز آبی زعفران، آبیاری انجام نشد. وجین علف‌های هرز نیز در دو مرحله (مرحله اول در اوایل آبان ماه و مرحله دوم در اواخر آذر ماه) انجام شد.

به منظور برآورد عملکرد بنه‌های دختری در پایان رشد رویشی در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۹، از سطحی معادل ۰/۲ m^2 بنه‌ها برداشت شد و پس از ارزیابی تعداد و عملکرد کل بنه‌های دختری، بنه‌های زیر ۴ گرم، بنه‌های ۸-۴ گرم، ۱۵-۸ گرم، بالای ۱۵ گرم و میانگین وزن هر بنه اندازه‌گیری شد. سپس بعد از جداسازی پوشش بنه‌ها و مشخص شدن بدنه بنه، برای شمارش تعداد جوانه در هر بنه، برجستگی‌های روی آن‌ها شمارش شدند. همچنین صفات زایشی اندازه‌گیری شده در پایان گلدهی (آبان ماه سال ۱۳۹۹) شامل میانگین وزن هر گل،

عملکرد گل تر و وزن خشک کلاله زعفران در هر کرت اندازه گیری شد و میانگین آنها در هر متر مربع بیان شد. جهت محاسبه وزن بنه‌ها و گل‌ها از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها به ترتیب با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.0 و Excel 2016 و Sigma Plot 12.0 و مقایسه میانگین داده‌ها با کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحت کشت در شهرستان ساری

Table 1. Soil analysis of farm in Sari city

pH	EC (dS/m)	ماده آلی O.M %	کربن آلی O.C %	نیتروژن کل N %	فسفر قابل جذب Available phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (mg/kg)	بافت خاک (Texture)		
							%Sand	%Silt	%Clay
							Sandy loam		
7.5	0.8	2.58	1.5	0.15	12.70	170.33	52	30	18

جدول ۲. داده‌های هواشناسی منطقه آزمایش در طول دوره رشد زعفران یک‌ساله زعفران

Table 2. Meteorological data of the experimental area during the one-year saffron growth period

سال Year	ماه Month	میانگین درجه حرارت Average temperature(°C)			میانگین رطوبت نسبی ماهانه (درصد) Average of monthly relative humidity (%)	مجموع بارندگی ماهانه Total monthly rainfall (mm)
		حداقل ماهانه Monthly min.	حداکثر ماهانه Monthly max.	متوسط ماهانه Monthly average		
۱۳۹۸ 2019	September شهریور	20.6	29.4	25.0	74	45.0
	October مهر	16.8	27.0	21.9	76	80.6
	November آبان	11.3	19.8	15.5	78	228.4
	December آذر	6.4	15.8	11.1	78	28.0
	January دی	5.5	15.3	10.4	76	44.9
	February بهمن	3.8	15.5	9.7	70	129.2
	March اسفند	7.3	16.5	11.5	78	103.4
۱۳۹۹ 2020	April فروردین	9.8	18.2	14.0	77	80.8
	May اردیبهشت	14.8	25.0	19.9	76	33.4
	June خرداد	20.3	31.7	26.0	69	4.0
	July تیر	22.9	32.6	27.7	69	16.6
	August مرداد	23.5	31.6	27.5	73	39.2
	September شهریور	20.8	30.8	25.8	70	32.8
	October مهر	15.9	25.9	20.9	72	31.6
	November آبان	12.3	22.2	17.3	76	44.0

منبع: سازمان هواشناسی استان مازندران

Source: Meteorological Organization of Mazandaran Province

نتایج و بحث

تغییرات دما و رطوبت منطقه

دما و رطوبت از جمله عوامل بسیار مهم و تعیین کننده عملکرد زعفران در مناطق مختلف می‌باشند (Sahabi & Moallem-Banhangi, 2022). روند تغییرات دمایی منطقه دشت ساری نشان داد تا اوایل آبان ماه (تا حدود ۳۸ روز پس از کاشت در این آزمایش) متوسط دمای محیط بالای ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشت (شکل ۱). بر اساس منابع دمای مناسب برای دوره انکوباسیون (دوره خواب ظاهری زعفران) ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۰ درصد در یک دوره ۱۲۰-۹۰ روزه می‌باشد (Behdani and Fallahi, 2015) که معمولا این دوره در طی تابستان اتفاق می‌افتد و در این مرحله، گل‌انگیزی و تکوین اندام‌های زایشی و رویشی اتفاق می‌افتد (Koocheki and Seyyedi, 2015) و پس از مرحله انکوباسیون، بنه‌های زعفران می‌بایست به مدت حداقل دو هفته، جهت القاء گلدهی، دمای پایین و در محدوده ۱۷-۱۰ درجه سانتی‌گراد را تجربه کنند تا جوانه‌ها فعال و گلدهی حادث شود. بر اساس بررسی اطلاعات هواشناسی در منطقه دشت ساری این نیاز دمایی احتمالا تا اوایل آبان ماه تامین نشده است (شکل ۱). عدم تامین دمای مناسب موجب ادامه خواب ظاهری بنه‌ها می‌گردد. تحقیقات نشان داده است اگر دوره انکوباسیون طولانی‌تر گردد و یا به عبارتی کاهش دمای محیط و القاء دمایی پایین، دیرتر صورت گیرد، بنه زعفران به دوره خواب خود ادامه می‌دهد که البته این امر اتفاق مطلوبی محسوب نمی‌گردد و بر اساس گزارشات، دوره انکوباسیون بیش از ۱۲۰ روز موجب کاهش توان گل‌دهی بنه‌ها می‌گردد و از سوی دیگر نیز اگر دوره القاء دمایی کوتاه و منقطع باشد، فرایند گل‌انگیزی و تحریک جوانه‌های زایشی ناقص صورت می‌گیرد (Mollafilabi, 2014). به دلیل کاهش سرعت رشد جوانه‌های زایشی، رشد رویشی بر رشد زایشی پیشی می‌گیرد و در نتیجه، تخصیص ذخیره بنه به بخش رویشی که بیشتر برگ‌ها می‌باشند، صورت می‌گیرد و این امر موجب کاهش عملکرد گل و کلاله می‌گردد. این عامل همچنین سبب می‌شود تا رشد رویشی همزمان با رشد زایشی در منطقه مشاهده شود (جدول ۳).

بررسی مطالعات در مناطق خشک و نیمه خشک و زعفران‌خیز خراسان رضوی و جنوبی نشان می‌دهد که با کاهش دمای هوا در پاییز گلدهی زعفران معمولا در مناطق مرتفع و سردتر، از اوایل مهر ماه و در مناطق گرم-تر اوایل آبان ماه آغاز می‌گردد (Shariatmadari, 2018, Behdani & Fallahi, 2015). البته پایین آمدن دمای هوا در پاییز و در نتیجه فقط تامین و القاء دمای مناسب تنها شرط کافی برای آغاز گلدهی بنه زعفران نیست؛ بلکه میزان حداقل رطوبت (رطوبت نسبی بهینه برای دوره انکوباسیون و القاء گلدهی ۸۰ درصد می‌باشد) نیز برای آغاز گلدهی می‌بایست فراهم گردد (Behdani & Fallahi, 2015). عدم ریزش باران در ابتدای فصل پاییز در مناطق خشک و در نتیجه اتکای زراعت زعفران به آبیاری برای شروع گلدهی، شاید از ویژگی‌های اقلیمی بسیار خوب این مناطق باشد. چرا که این عامل می‌تواند توسط کشاورز مدیریت شود و آبیاری در زمانی صورت گیرد که دمای هوا کاهش و یا رو به کاهش باشد تا حداکثر گلدهی برای زعفران حادث شود (Shariatmadari, 2018, Moallem Banhangi et al, 2019, Behdani & Fallahi, 2015). این در حالی است که با توجه به آغاز بارندگی‌ها در ابتدای پاییز و گاهی در پایان شهریور ماه و بالا بودن رطوبت نسبی در مناطق ساحلی خزر این عامل یعنی زمان آبیاری قابل کنترل و مدیریت توسط کشاورز نمی‌باشد.

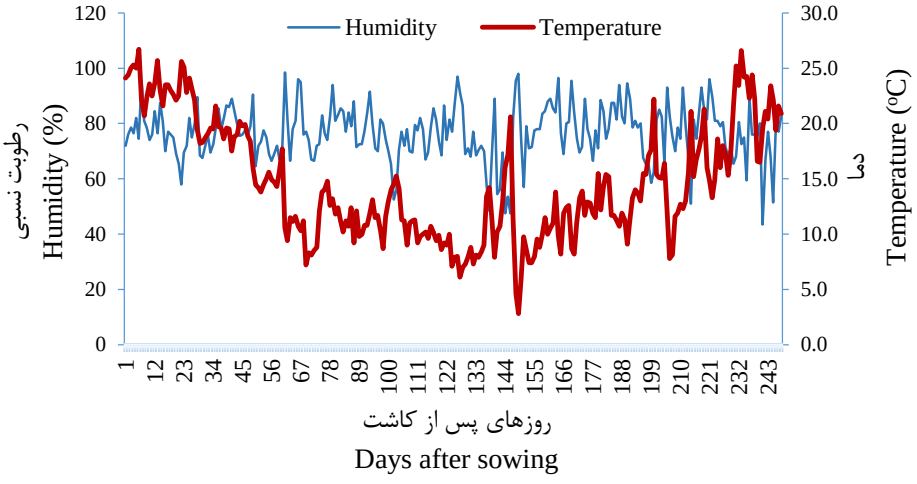
بررسی روند تغییرات دمایی طی فصل رشد همچنین نشان داد با پایان زمستان، روند افزایش دمای هوا در این منطقه از ابتدای بهار صورت می‌گیرد و در اوایل فروردین ماه متوسط دمای هوا به بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد می-رسد (شکل ۱) که این عامل یعنی القای دمای بالا می-تواند موجب تحریک زعفران برای آغاز دوره خواب و پایان دوره رشد گردد. بر طبق یافته‌های تحقیق در این منطقه و در سال آزمایش مورد نظر، شروع زرد شدن برگ‌ها در دوم فروردین (۱۸۸ روز پس از کاشت) و زرد شدن کامل برگ‌ها و به عبارتی می‌توان گفت شروع قطعی دوره خواب کامل زعفران در ۲۵ فروردین ماه (۲۱۰ روز پس از کاشت) مشاهده شد (جدول ۳) که به احتمال قوی می-تواند با روند افزایش دمای هوا و همچنین کاهش نوسانات دمایی و فاصله کم حداقل دما و حداکثر دما (جدول ۲) مرتبط باشد. این در حالی است که در برخی مناطق مرتفع، بویژه در مناطق زعفران‌خیز دوره رشد زعفران تا اوایل اردیبهشت به طول می‌انجامد. با توجه به مقایسه آمار هواشناسی و دماهای حداقل و حداکثر دو منطقه، احتمالا پایین بودن دمای حداقل در این مناطق (در

ابتدای بهار روزها کوتاه و شب‌ها بلند می‌باشد و گیاه زعفران بیشتر طول شبانه روز را تحت ساعات تاریکی و دماهای پایین سپری می‌کنند) می‌تواند دلیلی بر این رخداد باشد (Shariatmadari, 2018). بر خلاف انتظار خشک شدن برگهای زعفران در این آزمایش با وجود فراهم بودن شرایط رطوبتی در خاک، زود اتفاق افتاد. دلایل این موضوع بایستی در مطالعات آتی مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

جدول ۳. تاریخ وقوع برخی مراحل مهم فنولوژیکی زعفران در منطقه دشت ساری

Table 3. Date of occurrence of some important morphological development events of saffron in Sari plain

طول دوره رشد (روز) Growth period length	زرد شدن کامل برگ‌ها (شروع دوره خواب) Full yellowing of leaves	شروع زرد شدن برگ The beginning of yellowing leaves	پایان گلدهی The end of flowering	تاریخ گلدهی Flowering date	تاریخ آغاز رشد رویشی (رشد برگ) Date of onset of vegetative growth (leaf growth)	تاریخ سبز شدن Date of emergence
173	۲۵ فروردین 14 APR	۲ فروردین 22 MAR	۱۵ اذر ماه 6 DEC	۲۲ ابان ماه 13 NOV	همزمان با رشد زایشی Simultaneously with reproductive growth	۲ آبان ماه 24 OCT



شکل ۱. تغییرات دما و رطوبت نسبی طی فصل رشد زعفران در شهر ساری سال ۹۹-۹۸

Fig1. Trend of temperature and humidity during saffron growing season in Sari 2019-2020.

تعداد و عملکرد بنه‌های دختری

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تاثیر معنی‌دار اثر وزن بنه مادری بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد و عملکرد بنه‌های دختری در اندازه‌های مختلف در سطح ۱ درصد بود؛ اما تاثیر معنی‌داری بر میانگین وزن هر بنه دختری تولید شده نداشت (جدول‌های ۴ و ۵). تغییر عمق کاشت نیز اثر معنی‌داری بر تعداد بنه‌های دختری با وزن کمتر از ۴ گرم در سطح ۵ درصد و بر بقیه صفات در سطح ۱ درصد داشت، اما تاثیر معنی‌داری بر عملکرد کل بنه‌ها نداشت (جدول‌های ۴ و ۵).

اثر متقابل وزن بنه مادری و عمق کاشت برای صفات عملکرد کل بنه‌های دختری، عملکرد بنه‌های دختری زیر ۴ گرم، تعداد و عملکرد بنه‌های دختری ۸-۴ گرم در سطح ۵ درصد و بر تعداد کل بنه‌های دختری و میانگین وزن هر بنه دختری در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید و برای سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود (جدول‌های ۴ و ۵). بنابراین می‌توان این گونه بیان نمود که سطوح

مختلف وزن بنه مادری و عمق کاشت اثر کاملا متفاوتی
روی این صفات داشته‌اند.

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات تعداد بنه زعفران در اندازه‌های مختلف
Table 4: Variance analysis (mean of squares) of the number of saffron daughter corms in different sizes

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	تعداد بنه‌های دختری زیر ۴ گرم Daughter corms number < 4 g	تعداد بنه‌های دختری ۸-۴ گرم Daughter corms number between 4 to 8 g	تعداد بنه‌های دختری ۱۵-۸ گرم Daughter corms number between 8 to 15 g	تعداد بنه‌های دختری بالای ۱۵ گرم Daughter corms number > 15 g	تعداد کل بنه‌های دختری Total number of daughter corms
Replication تکرار	2	227.7 ns	10.5 ns	9.286 ns	0.02 ns	437.48 *
Corm size اندازه بنه	2	15721 **	1495**	1805.7 **	254.3 **	48624.9 **
Planting depth عمق کاشت	1	440.1 *	1618.8**	343.2 **	50.67 **	1265 **
Planting depth * Corm size	2	19.49ns	267.36*	1.58 ns	2.347 ns	307.5**
Error خطا	10	57.26	54	15.85	3.82	32.96
CV (%)		3.6	6.5	8.8	7.9	1.5

**، *و ns: به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری است
**, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 probability levels and no significant, respectively.

جدول ۵: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به عملکرد بنه‌های دختری زعفران
Table 5: Variance analysis (mean of squares) related to yield of saffron daughter corms

منابع تغییر Source of variation	df	عملکرد بنه‌های دختری زیر ۴ گرم Daughter corms yield < 4 g	عملکرد بنه‌های دختری ۸-۴ گرم Daughter corms yield between 4 to 8 g	عملکرد بنه‌های دختری ۸-۱۵ Daughter corms yield between 8 to 15 g	عملکرد بنه‌های دختری بالای ۱۵ گرم Daughter corms yield > 15 g	عملکرد کل بنه‌های دختری Yield of daughter corms	میانگین وزن بنه دختری Average weight of daughter corm
Replication تکرار	2	673.27 ns	92.69 ns	4.54 ns	3.99 ns	1235.5 ns	0.043 ns
Corm size اندازه بنه	2	144551**	3297.1**	63910 **	73546 **	115577**	0.012 ns
Planting depth عمق کاشت	1	7341 **	5208**	9311 **	12762 **	2664.5 ns	0.517 **
Planting depth* Corm size	2	2735.43*	701.7*	34.54 ns	558.22 ns	7832.6*	0.217 **
Error	10	438.2	160.5	93.14	969.01	1072	0.014
CV (%)		4.3	2.2	2.13	7.87	1.6	2.34

*، *و ns : به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری است
**, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 probability levels and no significant, respectively.

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مربوط به صفات زایشی زعفران

Table 6. Variance analysis (mean of squares) related to reproductive traits of saffron

منابع تغییر Source of variation	df	تعداد گل Flower number	میانگین وزن هر گل تازه Average weight of each fresh flower	عملکرد گل Flower fresh weight	عملکرد کلاله خشک Stigma dry weight
Replication تکرار	2	7.28 ns	0.0001 ns	1.089 ns	0.0001 ns
Corm size اندازه بنه	2	1785 **	0.0003 **	219.1**	0.02 **
Planting depth عمق کاشت	1	194.1 **	0.0003 *	28.7 **	0.005 **
Planting depth* Corm size	2	5.6 ns	0.0001 ns	1.51 ns	0.001 ns
Error	10	9.75	0.0003	1.16	0.00002
CV (%)		8	1.6	8.05	8.1

*، *و ns : به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری است

**, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 probability levels and no significant, respectively.

جدول ۷. مقایسات میانگین اثر ساده وزن بنه مادری و عمق کاشت بر تعداد و عملکرد بنه زعفران

Table 7. Mean comparisons for the effect of mother corm size and planting depth on saffron corms number and yield

تیمارها Treatments	تعداد بنه‌های دختری زیر ۴ گرم Daughter corms number < 4 g ($No.m^{-2}$)	تعداد بنه‌های دختری ۱۵-۸ Daughter corms number between 8 to 15 g ($No.m^{-2}$)	تعداد بنه‌های دختری بالای ۱۵گرم Daughter corms number > 15 g ($No.m^{-2}$)	عملکرد بنه‌های دختری ۱۵-۸ گرم Daughter corms yield between 8 to 15 g ($g.m^{-2}$)	عملکرد بنه‌های دختری بالای ۱۵ گرم Daughter corms yield > 15 g ($g.m^{-2}$)
اندازه بنه (Mother corm size (g))					
4±2	160.133 c	27.15 c	18.15 c	349.9 c	286.75 c
10±2	197 533 b	47.83 c	24.8 b	451 b	390.4 b
15±2	261.4 a	61.62 a	31.2 a	556.38 a	508 a
عمق کاشت (Planting depth (cm))					
10	201.4 b	41.17 a	23.05 b	429.71 b	368.4 b
15	211.3 a	49.9 a	26.41 a	475.2 a	421.7 a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ میباشد

Similar letters in each column indicate no significant difference based on LSD test in 0.05 probability level.

جدول ۸- مقایسات میانگین اثر ساده وزن بنه مادری و عمق کاشت بر صفات گلدهی زعفران

Table 8- Mean comparisons for the effect of mother corm weight and planting depth on some traits of saffron flowering

تیمارها Treatments	تعداد گل Flower number ($No.m^{-2}$)	میانگین وزن هر گل تازه Average weight of each fresh flower (g)	عملکرد گل Flower fresh weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد کلاله خشک Stigma dry weight ($g.m^{-2}$)
اندازه بنه (Mother corm size (g))				
4±2	22.17 c	0.3300 c	7.31 c	0.15 c
10±2	39.02 b	0.3417 ab	13.32 b	0.21 b
15±2	56.67 a	0.3433 a	19.39 a	0.39 a
عمق کاشت (Planting depth (cm))				
10	36.0 b	0.3344 b	12.08 b	0.23 b
15	42.56 a	0.3422 a	14.6 a	0.31 a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد

Similar letters in each column indicate no significant difference based on LSD test in 0.05 probability level.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بطور کلی کاشت بنه مادری درشت (۲±۱۵ گرم) موجب افزایش تعداد و عملکرد بنه دختری در سال بعد می‌گردد. از طرفی پایین ترین میزان عملکرد بنه‌های دختری بدست آمده مربوط به بنه‌های کشت شده با پایین‌ترین وزن می‌باشد (جدول ۹). نتایج نشان داد که بالاترین تعداد بنه‌های دختری و عملکرد کل بنه‌های دختری به ترتیب برابر ۴۸۵ بنه در متر مربع و ۲۴۳۵/۳ گرم در متر مربع مربوط به بنه درشت ۲±۱۵ می‌باشد (جدول ۹). سایر محققین نیز نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند (Aghhavani-Shajari et al., 2015; Mahabadi et al., 2019).

بنه‌های ریز و با قطر کمتر به دلیل رقابت شدید با یکدیگر از اندوخته غذایی کمتری برخوردار بوده و از نظر رویشی ضعیف و موجب کاهش عملکرد گل و کلاله در سال بعد می‌شوند؛ اما در بنه‌های بزرگتر تقسیم سلولی و بدنبال آن رشد برگ‌ها نسبت به بنه‌های کوچکتر زودتر اتفاق می‌افتد. رشد زودتر برگ‌ها امکان استفاده بیشتر از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده را به دنبال دارد و در نهایت موجب ایجاد بنه‌های بزرگتر در پایان فصل رشد می‌شود (Khavari et al., 2016). با توجه به نتایج حاصله، اهمیت وزن بنه‌های مادری قبل از کاشت بیش از پیش مشخص می‌گردد. امیرنیا و همکاران (Amirnia et al., 2014) گزارش کردند که بنه‌های مادری ۱۲ گرمی نسبت به ۶ گرمی تا ۵ برابر صفات مرتبط با گل را افزایش می‌دهد که این موضوع بخاطر مواد اندوخته‌ای بنه‌های اولیه مادری و بیشتر بودن تعداد جوانه‌های دارای پتانسیل گلدهی در این بنه‌هاست که بطور مستقیم عملکرد سال اول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴ و ۵) نشان داد که تغییر عمق کاشت اثر معنی‌داری بر تمامی صفات بجز عملکرد کل بنه‌های دختری دارد. براساس مقایسات میانگین اثر متقابل تیمارها بر تولید بنه‌های ۸-۴ گرمی نشان داد که کاشت بنه درشت (۲±۱۵ گرم) در هر دو عمق و کشت بنه متوسط در عمق ۱۵ سانتی‌متر بیشترین تعداد بنه دختری با وزن ۸-۴ گرم را بدنبال دارد و بعد از آن کاشت بنه متوسط در عمق ۱۰ سانتی‌متر و در نهایت کمترین تعداد بنه دختری با وزن ۸-۴ گرم مربوط به تیمارهای بنه ریز در هر دو عمق کاشت می‌باشد. در تحقیقی دو ساله گزارش شد که بیشترین عملکرد بنه‌های زیر ۴/۱ گرم، ۴/۱ تا ۸ گرم و تعداد بنه‌های بالای ۱۲/۱ گرم به بنه‌های مادری درشت در سال اول اختصاص داشت، اما صفات مذکور در تیمارهای بنه مادری ریز و متوسط با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (Esmi et al., 2018).

جدول ۹. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل وزن بنه × عمق کاشت بر برخی صفات زعفران

Table 9. Mean comparisons for the effect of corm weight × planting depth interaction on some criteria of saffron

تیمارها Treatments		تعداد کل بنه های دختری Number of daughter corms ($No.m^{-2}$)	جمع عملکرد کل بنه‌ها دختری Yield of daughter corms ($g.m^{-2}$)	تعداد بنه های دختری ۸-۴ گرم Daughter corms number between 4 to 8 g	عملکرد بنه های دختری ۸-۴ گرم Daughter corms yield between 4 to 8 g ($g.m^{-2}$)	عملکرد بنه‌های دختری زیر ۴ گرم Daughter corms yield < 4 g ($g.m^{-2}$)	میانگین وزن بنه دختری Average weight of daughter corm (g)
اندازه بنه Corm size	عمق کاشت Planting depth						
4±2 g	10	295.5 e	1488.7 d	90.73 c	514.3 d	369.9 d	5.37 a
	15	315.6 d	1586.1 c	91 c	518.1 d	381.9 d	4.72 d
10±2 g	10	362.9 c	1895.3 b	109.53 b	531.3 d	513 c	5.29 ab
	15	392 b	1918.1 b	123.4 a	570.6 c	532.7 c	4.84 de
15±2 g	10	483.9 a	2388.1 a	127.5 a	644.8 b	641.5 b	4.94 cd
	15	485 a	2435.3 a	133.17 a	677.3 a	731 a	5.02 bc

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

Similar letters in each column indicate no significant difference based on LSD test in 0.05 probability level.

نتایج اثر متقابل تیمارها بر عملکرد بنه‌های دختری با وزن ۸-۴ گرم کاملا مشابه نتایج تعداد بنه‌های با وزن ۸-۴ نبود بلکه از روند متفاوتی برخوردار بود؛ به طوری که علاوه بر بنه‌های مادری با وزن متوسط، بنه‌های مادری با وزن درشت نیز تحت تاثیر عمق کاشت بالاتر میزان عملکرد بنه دختری ۸-۴ گرمی بیشتری را نشان دادند. در واقع هر دو تیمار وزن متوسط و درشت با عمق کاشت بیشتر، عملکرد بنه بیشتری را نسبت به عمق کمتر نشان دادند. پایین‌ترین عملکرد بنه دختری ۸-۴ گرمی نیز همانند تعداد این بنه‌ها مربوط به کشت بنه‌های ریز مادری بود که در دو عمق مختلف کاشت تفاوت معنی-داری نداشتند. سایر صفات تحت تاثیر اثرات متقابل قرار نگرفتند و اختلاف معنی‌داری نیز نشان ندادند.

نتایج اثر متقابل تیمارها بر تعداد کل بنه دختری نشان داد که کاشت بنه‌های کوچک‌تر موجب کاهش معنی‌دار تعداد کل بنه دختری تولید شده در انتهای فصل رشد می‌گردد؛ در صورتی‌که تغییر عمق کاشت بنه درشت (۱۵±۲ گرم) تاثیر معنی‌داری بر تعداد کل بنه‌های تولید شده ندارد؛ اما در دو تیمار بنه مادری متوسط و ریز این اختلاف معنی‌دار شد و با افزایش عمق کاشت تعداد کل بنه دختری افزایش یافت (جدول ۹).

براساس نتایج اختلاف معنی‌داری برای تعداد کل بنه‌های دختری و عملکرد کل بنه‌های دختری تولید شده بین دو عمق کاشت (۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر) برای بنه درشت (۱۵±۲ گرم) کاشته شده مشاهده نشد (جدول ۹). نتایج همچنین نشان داد که با کوچک‌تر شدن بنه‌های کشت شده، این اثر معنی‌دار می‌گردد و این اختلاف، بخصوص در تیمار بنه ریز، برای هر دو صفت عملکرد و تعداد کل بنه‌های دختری تولید شده بیشتر مشهود می‌گردد و به عبارتی دیگر بنه‌های کوچک‌تر نسبت به تغییر عمق، حساسیت بیشتری را نشان دادند. کاشت بنه ریز (۲±۴ گرم) و درشت (۲±۱۵ گرم) به ترتیب موجب افزایش ۳۶۰ و ۶۰۰ درصد تعداد کل بنه‌های دختری نسبت به تعداد بنه اولیه کاشته شده گردید (جدول ۹). براساس نتایج، افزایش وزن بنه مادری کشت شده موجب افزایش عملکرد کل بنه‌های دختری تولید شده در پایان فصل رشد گردید. اما بین دو عمق کاشت اختلاف معنی‌داری در صفت مذکور برای بنه‌های درشت و متوسط مشاهده نشد و تنها برای تیمار بنه‌های ریز مادری (۲±۴ گرم) این صفت در دو عمق کاشت معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد کل بنه دختری بدست آمده (۲۴۳۵ گرم در مترمربع) تقریبا معادل دو برابر (افزایش ۲۰۰ درصدی) میزان بنه کاشته شده (۱۲۰۰ گرم در متر مربع؛ در نتیجه کاشت ۸۰ بنه درشت با میانگین وزن ۱۵ گرم) می‌باشد و کمترین عملکرد کل بنه‌های دختری مربوط به بنه ریز (۲±۴ گرم) در عمق ۱۰ سانتی‌متر، ۱۴۸۸/۷ گرم در متر مربع بود که این مقدار حدودا ۴/۵ برابر (افزایش ۴۵۰ درصدی) میزان وزن بنه ریز اولیه (۲±۴ گرم) کاشته شده (۳۲۰ گرم در متر؛ در نتیجه کاشت ۸۰ بنه ریز با میانگین وزن ۴ گرم) می‌باشد.

نتایج اثر متقابل همچنین نشان داد که با افزایش عمق و اندازه بنه، تعداد بنه دختری با وزن ۸-۴ گرمی افزایش یافت و بالاترین تعداد بنه ۸-۴ گرمی مربوط به کاشت بنه درشت (۲±۱۵ گرم) بود. اما اختلاف معنی‌داری بین دو عمق کاشت برای این وزن از بنه کاشته شده مشاهده نشد. عملکرد بنه‌های دختری ۸-۴ گرمی مانند تعداد آنها تحت تاثیر اثر متقابل تیمارها روند مشابهی را نشان دادند و بالاترین میزان عملکرد بنه دختری ۸-۴ گرمی مربوط به بنه درشت در عمق ۱۵ سانتی‌متری به میزان ۶۷۷ گرم بود که این میزان معادل ۲۸ درصد عملکرد کل بنه-های دختری می‌باشد.

اثر متقابل اندازه بنه مادری و عمق کاشت بر عملکرد بنه دختری زیر ۴ گرم نشان داد که کشت بنه مادری درشت با وزن ۲±۱۵ در عمق ۱۵ سانتی‌متر موجب افزایش معنی‌دار عملکرد بنه دختری زیر ۴ گرم بیشتری نسبت به عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر گردید و در سایر تیمارها با کاهش وزن بنه‌های مادری عملکرد بنه زیر ۴ گرم کاهش یافت. اما بین دو عمق کاشت اختلاف معنی‌داری در میزان عملکرد بنه دختری زیر ۴ گرم مشاهده نشد (جدول ۹). کمترین عملکرد بنه دختری زیر ۴ گرم مربوط به تیمار کاشت بنه ریز (۲±۴ گرم) ۳۶۹ گرم بود که این مقدار ۲۵ درصد عملکرد کل بنه‌های دختری تولید شده برای این تیمار کاشت می‌باشد و بیشترین عملکرد بنه دختری زیر ۴ گرم نیز مربوط به تیمار کاشت بنه درشت (۲±۱۵ گرم) در عمق ۱۵ سانتی‌متر، ۷۳۱ گرم در متر مربع بود که این مقدار نیز حدود ۳۰ درصد عملکرد کل بنه‌های دختری مربوط به این تیمار می‌باشد (جدول ۹). معنی‌دار نبودن تفاوت تعداد بنه زیر ۴ گرم در دو عمق کاشت برای بنه درشت (جدول ۴)، حاکی از آن است که بالاتر بودن عملکرد بنه ریز در عمق بیشتر،

ناشی از وزن بیشتر بنه‌های زیر ۴ گرم بوده است؛ به عبارتی دیگر بنه مادری درشت در عمق ۱۵ سانتی‌متر نسبت به عمق ۱۰ سانتی‌متر، تعداد بنه دختری زیر ۴ گرم برابر، اما با متوسط وزن بیشتری را تولید نموده است که این امر با نتایج سایر محققین (Razavian et al., 2019) مطابقت دارد.

نتایج همچنین نشان داد که متوسط وزن بنه دختری تولید شده نیز تحت تاثیر اثر متقابل قرار گرفته است و بالاترین وزن متوسط بنه دختری تولید شده مربوط به بنه ریز و متوسط در عمق ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. نکته قابل توجه در این آزمایش میزان وزن یک بنه متوسط تولید شده می‌باشد که بطور میانگین برای هر سه وزن بنه کشت شده در عمق ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر به ترتیب ۵/۲ و۴/۹ گرم بدست آمد. بر اساس گزارش مطالعات محققین در مناطق زعفران‌خیز که عمدتا به لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردند، وزن متوسط هر بنه دختری تولید شده در یک دوره کشت یک‌ساله برای بنه با اندازه متوسط (حدود ۱۰ گرم) در دو عمق ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر به ترتیب معادل ۲/۵ و ۳/۴ گرم محاسبه گردید (Moallem Banhangi et al. 2019, Moein Rad et al., 2018. Razavian et al. 2019, Sharifi et al. 2021 & Esmi et al. 2019). مقایسه این نتایج نشان می‌دهد که میزان میانگین وزن هر بنه دختری تولید شده در این آزمایش تا حدود دو برابر بیشتر از مقدار تولید شده در مناطق خشک مورد مقایسه می‌باشد.

تعداد گل، عملکرد گل و کلاله زعفران

صفات زایشی زعفران نیز تحت تاثیر تیمار وزن بنه مادری قرار گرفتند. تعداد و عملکرد گل، میانگین وزن هر گل و عملکرد کلاله خشک زعفران در سطح یک درصد معنی‌دار شدند. تغییر عمق کاشت نیز اثر معنی‌داری بر عملکرد و تعداد گل، عملکرد کلاله خشک در سطح یک درصد و بر میانگین وزن هر گل در سطح ۵ درصد داشت(جدول ۶).

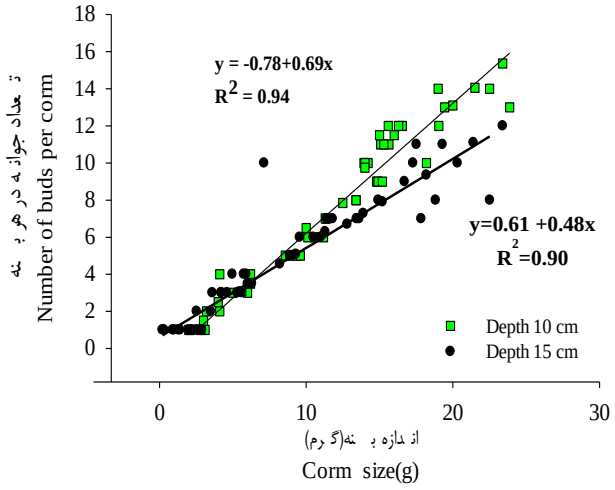
بر اساس نتایج مقایسات میانگین، افزایش وزن بنه مادری منجر به افزایش تعداد گل و عملکرد گل در واحد سطح، میانگین وزن گل تولید شده و همچنین افزایش عملکرد کلاله خشک شد (جدول ۸). نتایج مربوط به تاثیر افزایش عمق کاشت هم مشابه وزن بنه‌ها بود و با افزایش عمق کاشت صفات مربوط به عملکرد گل و کلاله افزایش داشت (جدول ۸). اما اثر متقابل اندازه بنه و عمق کاشت بر عملکرد گل و کلاله خشک معنی‌دار نگردید (جدول ۶). میزان متوسط وزن تک گل بدست آمده در این آزمایش برای تمامی تیمارهای تحقیق بطور میانگین برابر ۰/۳۴ گرم بدست آمد. در بررسی نتایج گزارشات مربوط به محققین در مناطق خشک نیز مقدار متوسط وزن تک گل در تیمارهای مشابه (عمق‌های ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر و اندازه‌های ریز، متوسط و درشت) بطور میانگین برابر ۳/۴ محاسبه گردید (Moallem Banhangi et al. 2019, Moein Rad et al. 2018, Razavian et al. 2019, Sharifi et al. 2021 & Esmi et al. 2019).

عمق کاشت بهینه یکی از راهکارهای افزایش عملکرد زعفران در واحد سطح است (Razavian et al., 2019). قرارگیری زعفران در عمق مناسب باعث حفاظت بنه‌ها در زمستان از یخزدگی و در تابستان از گرمازدگی می شود، اما کاشت عمیق‌تر از ۲۰ سانتی‌متر ممکن است در سبز شدن آن از خاک اختلال ایجاد کند. در اسپانیا نیز عمق کاشت مناسب زعفران ۲۰ سانتی‌متر عنوان شده است. ولی در ایتالیا که زعفران بعنوان یک محصول یک‌ساله کشت می‌شود عمق کاشت را ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر در نظر می‌گیرند (Naderi-Darbaghshahi et al., 2008). همچنین نتایج مطالعه دیگری که به بررسی تأثیر عمق کاشت و وزن بنه بر عملکرد زعفران طی دو سال زراعی پرداخته بود نشان داد که در عمق کاشت‌های بالاتر بنه‌های با وزن بیشتر عملکرد کلاله بیشتری داشتند (Razavian et al., 2019). شاید یکی از دلایل عدم معنی‌داری اثرات متقابل در این آزمایش پایین بودن میزان عملکرد گل و کلاله تولید شده در واحد سطح باشد. ممکن است در شرایط مساعدتر اقلیمی برای رشد زایشی زعفران این اختلاف بیشتر و معنی‌دار گردد.

رابطه وزن بنه با تعداد جوانه در عمق‌های مختلف کاشت

نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین تعداد جوانه و وزن هر بنه در دو عمق کاشت ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر با ضریب همبستگی به ترتیب ۹۴ و ۹۰ درصد وجود دارد (شکل ۲). نتایج همبستگی داده‌ها همچنین نشان داد که بین دو عمق کاشت برای اندازه‌های کوچک بنه، اختلاف زیادی بین تعداد جوانه در بنه مشاهده نمی‌شود. اما با افزایش اندازه یا وزن بنه دختری این اختلاف بیشتر و

تفاوت محسوسی در تعداد جوانه بنه بین دو عمق کاشت مشاهده می‌گردد (شکل ۲).



شکل ۲. رابطه بین وزن بنه و تعداد جوانه بنه زعفران در عمق‌های مختلف کاشت در منطقه دشت ساری

Fig 2. The relationship between the corm size and the number of buds per corm at different planting depths in the Sari plain region

این نتایج با نتایج نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2007) مطابقت دارد. آنها گزارش کردند که بیشترین تعداد جوانه جانبی در گیاه در گروه وزنی ۱۵-۱۲ گرم مشاهده می‌شود که حدودا دو برابر تعداد جوانه‌های جانبی تولید شده در گروه وزنی ۶-۳ گرم می‌باشد. مقایسه پراکنش داده‌ها در دو عمق مختلف نشان می‌دهد که کاشت بنه در عمق ۱۰ سانتی‌متر باعث افزایش تعداد جوانه نسبت به عمق ۱۵ سانتی‌متر شد و به بیانی دیگر با کاهش عمق زعفران تعداد جوانه‌های جانبی افزایش یافت. این امر محتمل است که در صورت تولید بنه جدید توسط هر جوانه، به دلیل اینکه منجر به افزایش تعداد بنه‌های ریز در هر کلون می‌گردد یک صفت منفی محسوب می‌شود و موجب کاهش عملکرد بنه در آن سال و در نتیجه کاهش عملکرد گل و کلاله زعفران در سال آتی بشود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) در تحقیق خود گزارش کردند که بنه‌های تولید شده در عمق کاشت ۱۰ سانتی‌متر، علیرغم کمیت بالاتر، کیفیت خوبی ندارند و از آنجا که تعداد بنه‌های تولید شده در عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر در مقایسه با عمق کاشت ۲۰ سانتی‌متر بیشتر می‌باشد و بین این دو عمق کاشت اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک بنه‌ها وجود ندارد، می‌توان انتظار داشت که بنه‌های تولید شده در عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر از کمیت و کیفیت خوبی برخوردار باشند. البته باید توجه داشت که عمق کاشت تابعی از وزن بنه، شرایط محیطی (به ویژه دماهای حداقل و حداکثر تابستان و زمستان) و بافت خاک می‌باشد؛ به نحوی که در مناطق سرد به دلیل احتمال آسیب دیدن بنه‌های دختری از سرما، نباید عمق کاشت، کمتر از عمق یخبندان باشد و در تابستان‌های گرم مناطق جنوب خراسان نیز عمق کم کاشت، باعث خسارت به بنه‌ها می‌شود و از طرف دیگر در اراضی با بافت سنگین و یا مستعد غرقابی، عمق کاشت زیاد منجر به کاهش عملکرد بنه و گل زعفران می‌گردد (Behdani & Fallahi, 2015).

نتیجه‌گیری

روند تغییرات دما و همچنین بررسی وقایع فنولوژیک زعفران در منطقه مطالعه نشان داد که در ابتدای فصل رشد و در اواسط پاییز، ظهور برگ‌ها همراه با ظهور اندام زایشی مشاهده می‌شود؛ که این عامل احتمالا تا حد بسیار زیادی به نوسانات دمایی در ابتدای فصل رشد گیاه مرتبط می‌باشد و از سوی دیگر به دلیل تخصیص ذخیره بنه‌های مادری به برگ‌ها، از گل‌دهی و عملکرد کلاله در نهایت می‌کاهد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که

کاشت بنه مادری با وزن بالاتر موجب افزایش تعداد و عملکرد بنه دختری در سال بعد می‌گردد. افزایش تعداد بنه دختری همیشه به معنای افزایش عملکرد نهایی بنه نمی‌باشد، چرا که افزایش وزن بنه دختری می‌تواند این اختلاف را کاهش و یا جبران نماید. بر اساس نتایج با افزایش عمق کاشت اگر چه تعداد بنه افزایش می‌یابد اما این افزایش تاثیر معنی‌داری بر عملکرد بنه نداشت. کاهش عمق کاشت زعفران از ۱۵ به ۱۰ سانتی‌متر باعث افزایش تعداد جوانه‌های جانبی می‌شود و این امر در صورت تولید بنه جدید توسط هر جوانه، به دلیل اینکه منجر به افزایش تعداد بنه‌های ریز در هر بنه و در نهایت در هر کلون می‌گردد یک صفت منفی محسوب می‌شود و موجب کاهش عملکرد بنه در آن سال و در نتیجه کاهش عملکرد گل و کلاله زعفران در سال آتی خواهد شد. همچنین نتایج نشان داد که بنه درشت بیشترین تعداد بنه دختری و بالاترین عملکرد بنه را ایجاد می‌کند؛ اما اختلاف معنی‌داری بین این صفات در دو عمق کاشت برای بنه درشت مشاهده نمی‌شود. بیشترین عملکرد کل بنه دختری بدست آمده مربوط به تیمار بنه درشت (۲۴۳۵ گرم در متر مربع) تقریبا حدود دو برابر میزان بنه درشت کاشته شده بود و کمترین عملکرد کل بنه‌های دختری مربوط به تیمار بنه ریز در عمق ۱۰ سانتی متر برابر ۱۴۸۸/۷ گرم در متر مربع بود که این مقدار حدودا ۴/۵ برابر میزان وزن بنه ریز مادری کاشته شده می‌باشد. بالاترین وزن متوسط بنه دختری تولید شده مربوط به بنه ریز و متوسط در عمق ۱۰ سانتی متر بود و میزان میانگین وزن هر بنه دختری تولید شده در این آزمایش تا حدود دو برابر بیشتر از مقدار تولید شده در مناطق خشک می‌باشد.

این مقایسه نشان می‌دهد؛ اگر چه بنه‌های ریز قابلیت گل‌آوری را در سال اول ندارند؛ ولی در شرایط مطلوب محیطی قادر به تولید بنه دختری با وزن مناسب برای سال آتی می‌باشند. با توجه به قیمت پایین بنه ریز در بازار نسبت به بنه‌های درشت، صرفه اقتصادی این اندازه بنه جهت استفاده به عنوان بنه مادری بذری و تکثیر بنه، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده در این آزمایش و همچنین با در نظر گرفتن بافت خاک مزرعه تحت آزمایش که در واقع یک خاک سبک محسوب می‌گردد عمق ۱۵ سانتی متر نسبت به عمق ۱۰ سانتی متر برای تولید بنه با اندازه مطلوب مناسب‌تر می‌باشد. اما این احتمال وجود دارد که در مناطق و اراضی با خاک سنگین‌تر بخصوص در شرایط دشت مازندران که از بارندگی فراوان و زهکشی ضعیف در برخی مناطق برخوردار است، کاشت سطحی‌تر (عمق ۱۰ سانتی‌متر) نسبت به کشت عمیق‌تر شرایط مطلوب-تری را برای رشد بنه به وجود آورد. چرا که عمق کمتر کاشت، ضمن ایجاد زهکشی و خروج بهتر آب اضافی از محیط اطراف ریشه و بنه، محیط رشد بهتری را برای رشد این گیاه فراهم می‌کند. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده و ویژگی‌های اقلیمی دشت ساری، جهت بهره‌وری بهتر از زمین‌های کشاورزی در پاییز و زمستان، کشت زعفران بصورت یکساله و با اولویت تولید بنه مرغوب و استفاده از این بنه‌ها در مناطق زعفران‌خیز و یا شرایط هواکشت، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

منابع:

Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A.R., Fallahi, H. R., & Taherpour Kalantari, R. (2015). Evaluation of the effects of soil texture on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 2(4): 311-322. [In Persian].

Agricultural Jihad of Mazandaran Province. 2019. Available at Web site https://jkmaz.ir.

Amirnia, R., Bayat, M., & Tajbakhsh, M. (2014). Effects of nano fertilizer application and mother corm weight on flowering at some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 19(2): 158-168.

Ansaryan Mahabadi, Sh., Alahdadi, I., Ghorbani Javid, M., & Soltani, E. (2019). Effect of corm priming with salicylic acid and mother corm weight on flowering and qualitative characteristics of saffron stigma. *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 7(1): 41-53. [In Persian].

Behdani, M. A. & Fallahi, H. R. (2015). Saffron (*Crocus sativus* L.): Technical Knowledge Based on Research Approaches. University of Birjand. [In Persian].

Esmi, R. (2018). Physiological and morphological study of saffron corm and flower in response to irrigation methods, different corm size and cow manure. (Ph.D. thesis). Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Esmi, R., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., & Ahmadian, A. (2019). Effects of mother corm weight and cow manure on saffron flower and corm yield. *Journal of Saffron*

Agronomy & Technology, 6(4): 445-460. [In Persian].

Khavari, A., Behdani, M.A., Zamani, G.R., & Mahmoodi, S. (2016). Effects of planting methods and corm weight on corm and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Qaenat region. *Journal of Saffron Research,* 4(1): 120-133. [In Persian].

Koocheki, A. & Seyyedi, S. M. (2015). Phonological stages and formation of replacement corms of saffron (*Crocus sativus* L.) during growing period (Review). *Journal of Saffron Research*, 3: 134-154. [In Persian].

Koocheki, A. R., Siyahmarguii, A., Azizi, K., & Jahani, M. (2011). The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of saffron (*Crucus sativus* L.) and corms behavior. *Journal of Agroecology*, 3(1): 36-49. [In Persian].

Moallem Banhangi, F., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, Gh.A. & Khorramdel, S. (2019). Effects of different amounts of corms and planting depths of corms on flower and corm yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 7(1): 55-67. [In Persian].

Moein Rad, H., Mollafilabi, A. & Sayyadi, M. (2018). Effects of Field Age, Mother Corm Weight and Ecotype on Flower Corm Yield and Quality Traits of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, .8(1): 55-69. [In Persian].

Mollafilabi, A. (2014). The effect of new agricultural technologies on the characteristics of growth, yield, yield components of saffron flower and corm (Ph.D. thesis). Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Nassiri-Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., & Tabrizi, L. (2007). Effects of corm size and storage period on allocation of assimilates in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 5(1): 155-166. [In Persian].

Razavian, M., Rezvani Moghaddam, P., & Asadi, GH.A. (2019). Evaluation of saffron flower and corm yield affected by different mother corm weight and sowing depth. *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 7(2): 155-170. [In Persian].

Rezvani-Moghaddam, P., Khorramdel, S., Aminghafori, A., Shabahang, J., & Asadi, G.A. (2012). *The effects of mushriimcompost rate and corm density on corm yield and stigma yield of saffron (Crocus sativus L.)*. The 4th International Saffron Symposium. October, 22-25. Kashmir, India.

Sadat Moslemi, F., Vaziri, A., Sharifi, G., & Gharechahi, G. (2021). The effect of salt stress on some secondary metabolites of saffron. *Journal of Plant Research*. 34(1): 263-274.

Sadeghi, S.M., Dehnadi-Moghaddam, G., & Dooroodian, H. (2014). Evaluation of effects of date, depth and corm sowing distance on corms growth and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Langarood, Guilan province. *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 3(2): 137-144. [In Persian].

Saeidi Aboueshaghi, R., Omidi, H., & Bostani, A. (2022). Effect of chicken manure and chemical fertilizers on some morphological characteristics and flowers production and replacement corm of saffron (*Crocus sativus* L.) under irrigation regimes. *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 10(1): 19-39. [In Persian].

Sahabi, H. & Moallem Banhangi, F. (2022). Evaluation the impact climatic parameters on flowering behaviour and yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Razavi and Southern Khorasan provinces. *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 9(4): 357-373. [In Persian].

Shariatmadari, Z. (2018). Physiological and morphological study of saffron corm and flower in response to different irrigation frequency, corm size, organic and NPK fertilizers (Ph.D. thesis). Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Sharifi, H., Nabipour, Z., & Tavakkoli Kakhki, H. R. (2021). Evaluation the effect of compensatory behavior of planting density, mother corm weight and planting depth on vegetative characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Agronomy & Technology*, 9(3): 227-248. [In Persian].

COPYRIGHTS

© 2022-2023 by the authors. Published by University of Birjand – Saffron Research Group. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)