نشریه ترویجی زعفران و گیاهان داروئی
دوره۶- شماره ۲- پیاپند۹-پائیز و زمستان ۱۴۰۵

بررسی عوامل متغیر زراعی در بهبود عملکرد کشت زعفران

محمدرضا بصیری[۱]

۱. بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان،سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی ، اصفهان ،ایران ، (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۲۸

چکیده

بصیری، م.ر.، . بررسی عوامل متغیر زراعی در بهبود عملکرد کشت زعفران
نشریه ترویجی زعفران و گیاهان داروئی، دوره ۶ - شماره ۲- پیاپند ۹- پائیز و زمستان ۱۴۰۵ صفحه: ۴۲-۲۱

زعفران یا «ادویه طلایی» یکی از گران‌ترین محصولات در جهان است. ایران با داشتن ۹۴ درصد از تولید جهانی زعفران، بزرگترین تولیدکننده است. گرانی زعفران ناشی از کمیاب بودن، فرآیند سخت برداشت و ارزش‌های تغذیه‌ای، بهداشتی و دارویی آن است. زعفران عقیم بوده و تکثیر آن فقط از طریق بنه‌ها انجام می‌شود. عوامل محیطی؛ دمای مطلوب، ارتفاع زمین، بافت خاک، رطوبت و بارندگی سالانه بوده و مهم‌ترین متغیرهای زراعی که بر کیفیت و رشد زعفران تأثیر دارند؛ اندازه بنه، دسترسی آب، دما، نور، تراکم و عمق کاشت، بافت خاک، ارتفاع زمین، کودها و محرک‌های رشد، آفات و بیماری‌ها، برداشت و شرایط نگهداری زعفران می‌باشند. عوامل زنده بیماری‌زا؛ باکتری‌ها، قارچ‌ها، پاتوژن ها و ویروس‌ها هستند و عوامل غیرزیست؛ کمبود آب، مواد مغذی، کودها، مشکلات آب و هوایی، مشکلات خاک، آفت‌کش‌ها و ... هستند، با کنترل عوامل غیر زیست، بسیاری از بیماری‌ها و آفات پیشگیری می‌شوند. برای نگهداری زعفران، لازم است رطوبت کمتر از ۱۲٪ و در دمای کمتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد خشک شوند. هدف این مطالعه پایداری و توسعه کشت زعفران در سطح مزارع ایران است، که به بررسی دقیق متغیرهای زراعی موثر بر بهبود کیفیت و رشد زعفران می‌پردازد.

واژه های کلیدی: بهبود عملکرد، عوامل متغیر زراعی، کشت زعفران

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: rezabasir@gmil.com

بیان مسئله :

زعفران[1] یا «ادویه طلایی» قدیمی‌ترین و گران‌ترین ادویه شناخته شده، کشورهای معدودی از جمله ایران، ایتالیا، اسپانیا، و هند به کشت عظیم این ادویه طلایی معروف هستند. ایران با داشتن ۹۴ درصد از تولید جهانی زعفران، به‌عنوان بزرگترین تولیدکننده برجسته است. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که انتظار می‌رود بازار جهانی زعفران تا سال ۲۰۲۸ رشد ۸/۵ درصدی را تجربه کند، که عمدتاً ناشی از افزایش تقاضا در صنعت لوازم آرایشی است. دانشمندان به‌دلیل حداقل عوارض جانبی گیاهان دارویی به دنبال یافتن خواص گیاهان دارویی هستند و در بین گیاهان دارویی، زعفران از موثرترین آنها محسوب می‌شود. زعفران به‌دلیل مزایای عطر بی‌نظیر، طعم غذا و کاربردهای متعدد دارویی در صنایع غذایی(آشپزی)، داروسازی و محصولات بهداشتی آرایشی شناخته شده است، به‌دلیل نیاز آبی کم و همچنین از لحاظ توسعه صادرات غیرنفتی اهمیت اقتصادی زیادی دارد. کاهش رشد زعفران در سطح جهان به‌دلیل عوامل مختلفی از جمله اسیدی شدن خاک، تغییرات شدید آب و هوا، دما، شدت نور، کوددهی، استفاده بیش از حد از آب و روش‌های نامناسب کشت وجود دارد. زعفران[2] گیاهی تریپلوئید[3] و عقیم بوده که تکثیر آن فقط از طریق بنه‌ها انجام می‌شود. در مزارع زعفران معمولاً چهار تا پنج بنه دختری از هر بنه مادری در سال تولید شده، طی سه تا چهار سال به اندازه مطلوب برای گلدهی می رسند. تولید زعفران متکی بر روش‌های سنتی و وقت‌گیر است که فرصت‌های شغلی به‌ویژه برای زنان و جوانان ایجاد می‌کند. علیرغم سازگاری آن با زمین‌های حاشیه ای و سیستم‌های کشاورزی کم نهاده، چالش هایی مانند فصل گلدهی کوتاه، عملکرد متوسط، برداشت دستی و توزیع جهانی محدود، بر درآمد کشاورزان تأثیر می‌گذارد. زعفران با محیط‌های مختلف سازگار است. مهم‌ترین متغیرهای زراعی که بر کیفیت و رشد زعفران تأثیر دارند؛ اندازه بنه، دسترسی آب، دما، نور، تراکم و عمق کاشت، بافت خاک، ارتفاع زمین، کودها و محرک‌های رشد، آفات و بیماری‌ها، برداشت و شرایط نگهداری می‌باشند. هدف این مطالعه پایداری و توسعه کشت زعفران در سطح مزارع ایران است، که به بررسی دقیق متغیرهای زراعی موثر بر بهبود کیفیت و رشد زعفران می‌پردازد.

معرفی دستاورد یا راهکار

زعفران تنها در برخی شرایط یک منطقه خاص با استفاده از بنه‌ها قابل کشت است. چرخه رویشی گیاهان در اواخر تابستان شروع می‌شود و رشد فعال در پاییز مشاهده می‌شود(شکل ۱). زعفران در اواخر مهر و آبان از کلاله‌های گل جمع آوری می‌شود. تغییر در عملکرد زعفران را می‌توان به عوامل مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی، جغرافیا، کیفیت خاک، مدیریت محصول (آبیاری، مصرف کود و مدیریت آفات)، مدت چرخه زراعی، اندازه بنه‌های کاشته شده و اکوتیپ زعفران مورد استفاده

۱ .Crocus sativus
۲ . Crocus sativus L.
۳ . Triploid



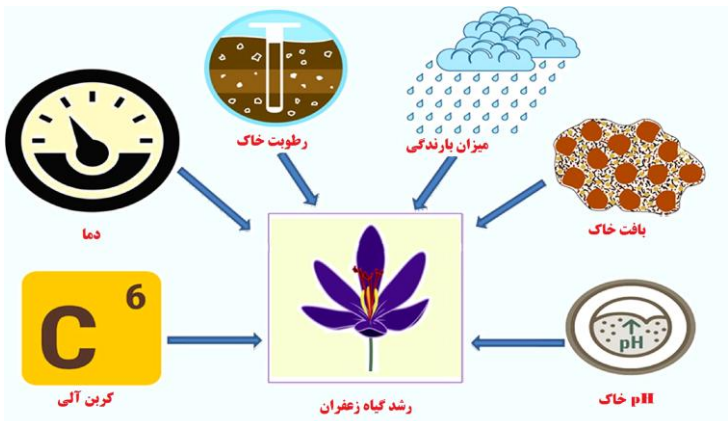
شکل ۱- چرخه رشد و نمو زعفران (کوتاری و همکاران، ۲۰۲۱).

نسبت داد (کوتاری و همکاران[۴]، ۲۰۲۱).

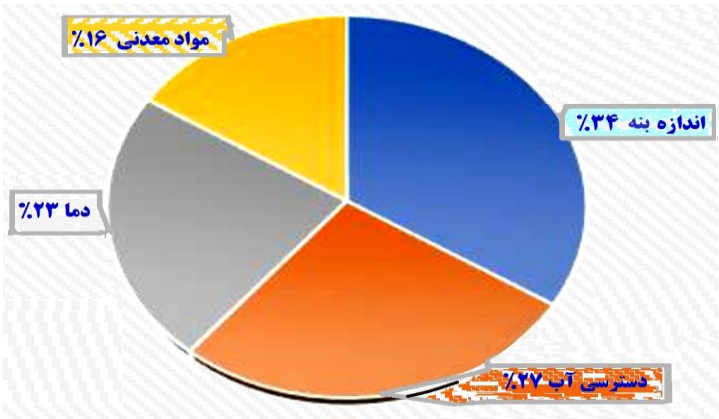
نتایج یک بررسی نشان می‌دهد که عوامل محیطی مانند دمای مطلوب بین ۱۶/۵ تا ۲۸/۲ درجه سانتی گراد، ارتفاع زمین، بافت خاک لومی شنی، رطوبت و بارندگی سالانه پتانسیل تأثیرگذاری بر کیفیت و رشد زعفران دارند (کوتاری و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین عوامل محیطی؛ میزان بارندگی، دما، بافت خاک، رطوبت خاک، pH، شوری خاک، مواد آلی خاک، کربن آلی(شکل۲) و مواد معدنی(کود) نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد در رشد زعفران سودمند است (مشتاق و همکاران، ۲۰۲۲). این مطالعات اهمیت سیستم جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های جغرافیایی[۵] (GIS) را برای کشاورزان و سیاست‌گذاران کشت زعفران نشان می‌دهد(ملکی و همکاران،۲۰۱۷). عوامل متغیر زراعی به عنوان عوامل حیاتی کشت به شدت بر کیفیت و عملکرد محصول تأثیر گذشته، نقش بسیار مهمی در کشت زعفران دارند و نیاز به مطالعه و تحلیل دقیق دارند(کوچکی و همکاران، ۲۰۲۰ ؛ خلیلی و همکاران، ۲۰۲۰).

٤ . Kothari et al.

٥ . Geographic Information System



شکل ۲- تأثیر عوامل محیطی بر رشد زعفران (مشتاق و همکاران، ۲۰۲۲).



شکل ۳- درصد اولویت عوامل متغیر زراعی برای کشت زعفران (کور و همکاران، ۲۰۲۲).

کشت زعفران شامل چندین مرحله کلیدی ؛ انتخاب بنه‌های بزرگ با وزن بیش از ۸ گرم برای عملکرد مطلوب، آماده سازی خاک از طریق شخم عمیق در طول تابستان، استفاده از کود کمپوست شده، کودهای معدنی و ارائه آبیاری تکمیلی در پاییز (از شهریور تا مهر) در صورت بارندگی ناکافی می باشد. چالش اصلی در کشت زعفران وجین دستی است. بسیاری از کشاورزان در کشورهای مختلف از مالچ ارگانیک برای کاهش رشد علف‌های هرز در مزارع زعفران استفاده می‌کنند (ال حاج و همکاران[۶]، ۲۰۲۴). براساس بررسی‌ها، عوامل متغیر زراعی زعفران؛ اندازه بنه بیشترین تأثیر و پس از آن دسترسی به آب، دما و مواد معدنی در رشد زعفران تاثیر زیادی داشته که در شکل (شماره ۳) ارائه شده است(کور و همکاران[۷]، ۲۰۲۲).

۱- اندازه بنه زعفران

اندازه بنه یکی از مهمترین متغیرهای زراعی موثر بر عملکرد و کیفیت زعفران است. در یک تحقیق وزن بنه در دو سطح؛ ۱±۴ و ۱±۸ گرم بررسی شد. نتایج نشان داد وزن بنه مادری موجب افزایش تعداد بنه دختری، میانگین وزن‌تر تک بنه دختری، مجموع وزن‌تر کل بنه‌های دختری و ضریب تکثیر گردید. افزایش وزن بنه مادری از ۴ به ۸ گرم مجموع وزن‌تر کل بنه‌های دختری را در عمق ۱۵ سانتی‌متر نسبت به ۲۵ سانتی‌متر افزایش بیشتری داد(۶۱ در صد در مقابل ۵۵ در صد). در مزارعی که با هدف استحصال بنه‌های بذری در سال‌های اول کشت می‌شوند، با استفاده از بنه‌های مادری استاندارد(میانگین وزن بنه ۸ گرم)، ولی جهت مزارع عملکردی؛ بنه‌های مادری درشت تر با وزن ۸ گرم تنها در سال‌های اولیه اولویت نسبی داشته و با افزایش سن مزرعه از اهمیت اثر آن کاسته می‌شود(شریفی و همکاران، ۱۴۰۱). در یک بررسی دیگر مشاهده شد که حداکثر گلدهی در بنه‌های با بیشترین وزن در زمان کاشت، ایجاد می‌شود(زو[۸]، ۲۰۲۲). همچنین نتایج مطالعه یک پژوهش سه ساله در ۹ منطقه ایران، رابطه مستقیمی بین اندازه بنه زعفران،

۶ . El Hajj et al.
۷ . Kour et al.
۸ . zhou



شکل ۴- ابعاد مختلف بنه های زعفران(کاردون و همکاران، ۲۰۲۱).

تعداد گل و عملکرد کلاله ها نشان داد(قنبری، ۲۰۱۹). در یک بررسی بنه‌های زعفران براساس ابعاد به سه دسته؛ ۱D: ۲-۲/۵، ۲D: ۲/۳-۶/۵ و ۳D: ۳/۶-۴/۵ سانتی‌متر طبقه‌بندی شد(شکل ۴)، بنه‌های زعفران در چرخه سالانه کاشته شدند و مشاهده شد که بنه‌هایی با بیشترین قطر، یعنی ۳D ، منجر به بهترین محصول با بیشترین وزن خشک کلاله و طول کلاله شد(کاردون و همکاران[۹]، ۲۰۲۱). همچنین مشاهده شد که کیفیت و اندازه بنه‌ها یکی از مهم‌ترین عواملی است که به تولید زعفران با بهترین کیفیت و با افزایش عملکرد کمک می‌کند، بین تعداد گل و عملکرد رابطه مستقیم وجود دارد(شجری و همکاران، ۲۰۲۰).

۲- دسترسی آب

تفاوت بین عملکرد واقعی زعفران و عملکرد بالقوه آن بررسی و مشاهده شد که گرچه این گیاه دارای نیاز آبی بسیار کمی است، اما با بهبود آبیاری مزارع در مناطق خشک، عملکرد چندین برابر افزایش می‌یابد(کوچکی و همکاران، ۲۰۱۶). مشاهده شد که زعفران به تنش خشکی به جز کمبود شدید آب مقاوم است (دسترنجی و سپاسخواه، ۲۰۱۹). تأثیر شرایط کم آبی و خشکسالی بر زعفران مورد مطالعه قرار گرفت و مشاهده شد با استفاده از روش‌های کاشت درون شیاری نسبت به روش‌های کاشت کرتی می‌توان کمبود آب را جبران کرد. همچنین مشاهده شد که گیاه زعفران نسبت به تنش شوری حساسیت بیشتری نسبت به تنش آبی دارد (دسترنجی و سپاسخواه، ۲۰۲۱). در یک بررسی دو ساله در دانشگاه بیرجند، تأثیر بافت خاک و آبیاری بر گیاه زعفران انجام و مشاهده شد که سطوح آبیاری کوتاه‌تر (معادل ۳۰ سانتی‌متر) بهترین روش برای کشت است(شجری و همکاران، ۲۰۲۰). مدیریت تاریخ کاشت می‌تواند راه حلی عملی برای کشت زعفران با استفاده از آب نیمه شور باشد، کاشت زودرس منجر به عملکرد بالاتر و کیفیت بهتر زعفران می‌شود، که بینش ارزشمندی را در اختیار زعفران کاران قرار می‌دهد(پیراسته انوشه و همکاران، ۲۰۲۱).

نیاز آبی زعفران به عوامل مختلفی از جمله دما، رطوبت، نوع خاک و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. نیاز آبی زعفران در مرحله رویشی

۹ . Cardone et al.



شکل۵- آبیاری قطره ای مزرعه کشت زعفران (عزیز و سادوک، ۲۰۲۵).

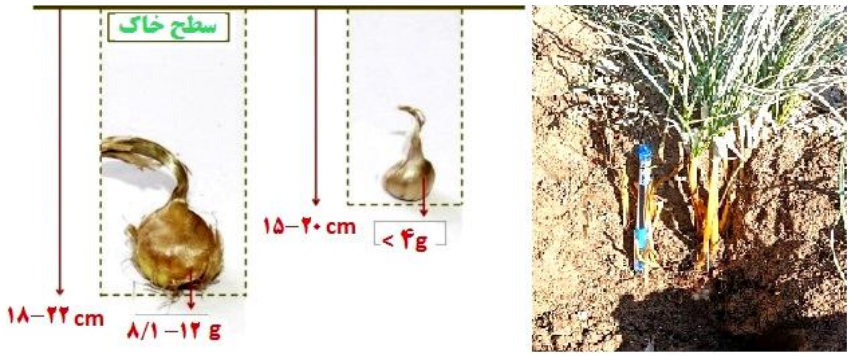
بیشتر است و در مراحل گلدهی و خواب کاهش می‌یابد. زعفران به خاکی با زهکشی خوب و تامین مداوم رطوبت نیاز دارد، اما آبیاری بیش از حد می‌تواند منجر به پوسیدگی ریشه و کاهش عملکرد شود. به طور کلی، زعفران به ۳۵۰ تا ۵۰۰ میلی متر آب در سال نیاز دارد که براساس شرایط آب و هوایی و خاک محلی متفاوت است. مدیریت دقیق آب برای تولید بهینه زعفران حیاتی است و استفاده از روش‌های آبیاری کارآمد می‌تواند به کاهش مصرف آب و به حداکثر رساندن عملکرد محصول کمک کند (کوچکی و همکاران، ۲۰۲۰).

در کشور مراکش، نحوه و میزان آبیاری مزارع زعفران، به میزان بارندگی بستگی دارد. مراحل بحرانی محصول گلدهی (در مهرماه) و دوره زایشی (اسفند تا فروردین) است که نیاز به یک یا دو آبیاری در ماه دارد. بدین ترتیب کشاورزان در صورت عدم بارندگی دو هفته قبل از گلدهی و دو بار در ابتدای گلدهی (اواسط مهرماه) آبیاری می‌کنند. آبیاری قطره ای (شکل۵) به طور گسترده توسط کشاورزان استفاده می‌شود. آبیاری قطره‌ای به‌دلیل کاهش تبخیر آب، رساندن آب بطور دقیق به ریشه‌ها، حفظ ساختار خاک و جلوگیری از رشد علف‌های هرز، بهترین روش آبیاری زعفران می‌باشد(عزیز و سادوک[۱۰]، ۲۰۲۵).

۳- دما

دمای پایین در طول رشد پیاز تأثیر منفی و دمای بالا در زمان شروع جوانه گل نیز بر عملکرد زعفران تأثیر منفی دارد. دما و بارندگی(شکل ۲) مهمترین عوامل محیطی موثر بر رشد زعفران در نظر گرفته شدند (کومار و همکاران[۱۱]، ۲۰۲۲). رشد زعفران در سیستم‌های کشاورزی پایدار مطالعه و مشاهده شد که زعفران در مناطقی که تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد دارند بهتر کشت می‌شود. می‌تواند یخبندان را تحمل کند و می‌تواند در دمای پایین ۱۰۰- تا ۱۸۰- درجه سانتی‌گراد زنده بماند (دار و همکاران[۱۲]، ۲۰۱۷). همچنین آزمایشی دو ساله برای بررسی تأثیر عوامل مختلف بر کشت محصول زعفران انجام داد. مشاهده شد که بهترین محصول در محدوده دمایی ۱۲ تا ۲۸ درجه سانتی گراد کشت می‌شود (قشم و براون[۱۳]، ۲۰۲۱). همچنین یک مطالعه دو ساله

۱۰ . Aziz & Sadok
۱۱ . Kumar et al.
۱۲ . Dar et al.
۱۳ . Gheshm & Brown.



شکل۶- عمق کشت بنه زعفران در زیر زمین (زانگ، ۲۰۲۴).

انجام دادند و نشان دادند که دمای مطلوب برای رشد ۲۳ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد است و دمای مطلوب برای گلدهی ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. همچنین تأثیر شرایط آب و هوایی بر رشد زعفران را مورد مطالعه قرار داد و مشاهده کرد که دما یکی از عوامل محیطی اصلی تنظیم کننده گلدهی در محصول زعفران است(بازوبندی و همکاران، ۲۰۲۰).

۴- تراکم و عمق کاشت

در یک تحقیق تراکم کاشت در چهار سطح؛ ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ بنه در متر مربع و عمق کاشت در دو سطح؛ ۱ ±۱۵ و ۱ ± ۲۵سانتی‌متر از سطح خاک بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش تراکم از ۶۰ به ۱۵۰ بنه در متر مربع، سبب شد تا در سال اول و دوم به ترتیب تعداد بنه دختری در متر مربع ۴۴ و ۵۲ درصد و مجموع وزن کل بنه‌های دختری در متر مربع ۲۸ و ۲۰ درصد افزایش و میانگین وزن‌تر تک بنه ۲۵ و ۴۴ درصد، نسبت وزن کل بنه‌های برداشت شده به کاشت شده ۴۶ و ۵۲ درصد و ضریب تکثیر بنه ۱۶ و ۲۳ درصد کاهش یابد. همچنین کاشت سطحی(عمق ۱۵ سانتی‌متر) موجب افزایش تعداد بنه دختری، میانگین وزن‌تر تک بنه دختری، مجموع وزن‌تر کل بنه‌های دختری و ضریب تکثیر گردید. در مزارعی که با هدف استحصال بنه‌های بذری(سال‌های اول) کشت می‌شوند، استفاده از تراکم ۱۲۰ بنه در متر مربع و کاشت سطحی (عمق کاشت ۱۵ سانتی‌متر) توصیه می‌شود(شریفی و همکاران، ۱۴۰۱).

همچنین برای بهبود عملکرد مزرعه و کاهش خطر سرمازدگی، کشت بنه زعفران در عمق مناسب پیشنهاد می‌شود. با توجه به تغییرات اقلیمی کنونی و اختلاف دمای زیاد، بنه زعفران بهتر است کمتر از ۲۲–۲۰ سانتی‌متر در زیر زمین کشت شود (شکل۶). کشاورزانی که در زمان کشت اولیه به این موضوع توجه ندارند، در سال‌های بعد با قرار گرفتن بنه‌های دختر در سطوح نزدیک به سطح خاک با چالش های بیشتری مواجه می‌شوند(زانگ[۱۴]، ۲۰۲۴).

محققان اهمیت تراکم کاشت را در طول سال اول عملکرد برجسته کرده اند. یک آزمایش مزرعه ای سه ساله در دانشگاه فردوسی مشهد(ایران) برای بررسی تأثیر منفی تراکم کاشت بیشتر در بنه‌های دختری در سال‌های گذشته انجام داد. مشاهده شد که وزن و غلظت عناصر نیتروژن و فسفر در بنه‌های دختری

۱۴ . Zhuang

به‌دست‌آمده از بنه‌هایی که کمترین تراکم کاشت را داشتند، بیشترین مقدار را داشت(سیدی و همکاران، ۲۰۱۸).

۵-بافت خاک، کودها و محرک‌های رشد

بهره‌وری زعفران با ویژگی‌های بافت خاک نیز مرتبط است، سطوح بالاتر مواد آلی و زهکشی خوب ترجیح داده می‌شود. زعفرانی گیاهی نسبتاً مقاوم است و خاک‌های شنی تا خاک‌های لومی را تحمل می کند. اگر خاک تا حدی با کمپوست یا پودر استخوان اصلاح شود، حتی می‌توانند در خاک‌های فقیر نیز رشد کنند. زعفران در انواع مختلف خاک از جمله شنی آهکی (ایران)، لومی شنی (افغانستان)، شنی لومی (آذربایجان)، خاک رس سیلتی (هند)، لوم رسی شنی (یونان)، سیلت شنی یا رسی (مراکش) و لوم رسی (ایتالیا) کشت می‌شود(کاردو و همکاران[۱۵]، ۲۰۲۰b). بافت خاک شنی تا شنی- لومی و آهکی رسی تا سیلتی-رسی عموماً برای رشد زعفران خوب بوده، البته زعفران در خاک‌های آهکی رسی شکننده، سست، کم چگالی و زهکشی مناسب و محدوده هدایت الکتریکی خاک ۰/۰۹ تا ۰/۳ dms^{-1} بهتر رشد می‌کند(کومار و همکاران، ۲۰۲۰؛ ۲۰۰۸).

سطوح بالای شوری خاک بر تعادل یونی و رشد زعفران تأثیر منفی می‌گذارد. تامین نیتروژن (۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) تحمل به شوری زعفران را بهبود بخشید. نتایج نشان داد که تامین نیتروژن، پتانسیل کاهش اثرات شوری خاک بر زعفران را دارد(هاشمی و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین نتایج یک بررسی نشان داد که خاک آهکی با زهکشی خوب، آب و هوای گرم و خشک و دامنه ارتفاعی ۸۰۰ تا ۱۸۰۰ متر برای کشت زعفران مناسب‌ترین هستند (ملکی و همکاران، ۲۰۱۷).

نتایج نشان داد که خاک با بافت متوسط و با فاصله آبیاری یک هفته، باعث افزایش رشد بنه و گل می‌شود. عملکرد کلاله و بنه در خاک با نسبت ماسه بالاتر افزایش یافت. در حالی که خاک با بافت سنگین و با فاصله دو هفته آبیاری باعث کاهش عملکرد گل و بنه زعفران شد(آقاوندی شجری و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج بررسی دیگر نشان داد بافت خاک، پتاسیم ، فسفر و مواد آلی تأثیر بالقوه ای بر متابولیت های زعفران یعنی کروسین، سافرانال و کامفرول ۳- سوفروزید ۷- گلوکوزید[۱۶] داشتند. خاک رس با سطوح کم آهن تاثیر مثبتی بر قدرت رنگ دهی زعفران داشت (چائوگی و همکاران[۱۷]، ۲۰۲۳).

عامل اصلی تعیین کننده تولید زعفران، ایجاد بنه‌های جدید از بنه مادر است. درک مراحل رشد گیاه (چرخه بیولوژیکی) برای طراحی یک برنامه کوددهی موثر بسیار مهم است، زیرا نیازهای غذایی گیاه ممکن است در مراحل مختلف رشد متفاوت باشد. کوددهی با دوز سه گانه به طور مساوی بین پاییز، زمستان و بهار تقسیم شد، ثابت کرد که در افزایش صفات کمی زعفران از جمله عملکرد گل، کلاله خشک و عملکرد بنه مؤثرتر است(ال حاج و

۱۵ . Cardone et al.

۱۶ . Kaempferol-3-sophoroside-7-glucoside

۱۷ . Chaouqi et al.

همکاران، ۲۰۲۴).

مطالعات انجام شده، تأثیر مثبت کود دهی از مواد معدنی مانند فسفر و پتاسیم را بر عملکرد زعفران نشان می‌دهد. در یک آزمایش سه ساله مشاهده شد که استفاده از مواد معدنی و ورمی کمپوست باعث افزایش اندازه و کیفیت بنه‌های تولیدی می‌شود (سیدی و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین تأثیر مثبت مواد معدنی فسفر، پتاسیم و نیتروژن بر عملکرد زعفران، نظیر غلظت کروسین، پیکروکروسین، سطح برگ، تعداد گل و وزن خشک نشان داده شد. همچنین آزمایشی برای کاربرد مواد مغذی و مواد معدنی در دانشگاه آلمریا روی ۱۵ گلدان انجام و مشاهده شد با افزایش غلظت مواد مغذی معدنی ، بازدهی ۳ تا ۵ برابر و پیازهای بالای ۲۵ میلی متر به‌دست آمد(سالس و همکاران[۱۸]، ۲۰۲۰).

مواد معدنی؛ نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، کلسیم، منیزیم و آهن به شرح زیر؛

– نیتروژن (N): به رشد گیاه و تولید کلروفیل کمک و باعث افزایش رشد رویشی و عملکرد زعفران می‌شود.

– فسفر(P): برای توسعه ریشه‌ها و بهبود فرآیندهای متابولیکی ضروری است (مراحل اولیه رشد).

– پتاسیم(K): به تنظیم آب و بهبود مقاومت گیاه به تنش‌ها کمک، در فرآیندهای متابولیکی و تولید انرژی نقش دارد.

–گوگرد(S): در تولید هورمون‌های گیاهی، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و آمینواسیدها نقش دارد. مهم‌ترین فواید آن: افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها، بهبود فتوسنتز، مقاومت در برابر بیماری‌ها، دور شدن آفات خطرناک زعفران از جمله موش‌ها، بهبود کیفیت رنگ و عطر، افزایش جذب عناصر مغذی دیگر، کنترل شوری خاک و تنش‌های محیطی می‌شود.

–کلسیم (Ca): به تقویت ساختار سلولی و بهبود کیفیت خاک کمک و در فرآیندهای متابولیکی گیاه نقش دارد.

– منیزیم (Mg): برای تولید کلروفیل و فرآیندهای فتوسنتزی ضروری و به بهبود رشد گیاه کمک می‌کند.

– آهن (Fe): برای تولید کلروفیل و جلوگیری از زردی برگ‌ها اهمیت دارد، به ترتیب اولویت در کشت زعفران بودند (تاکور و همکاران[۱۹]،۲۰۲۲؛ کور و همکاران[۲۰]، ۲۰۲۲؛ خان و همکاران[۲۱]، ۲۰۲۴).

علیرغم نیاز کم زعفران به مواد مغذی، مطالعات متعددی اهمیت کوددهی را در افزایش تولید زعفران، چه از نظر کلاله خشک یا عملکرد بنه، برجسته کرده است. مقدار ۶۰ تا ۹۰ کیلوگرم در هکتار از نیتروژن خالص اعمال شده به خاک سیلتی شنی به شکل اوره، تعداد بیشتری گل زعفران را در مقایسه با سایر کودهای نیتروژن (نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم کلسیم) به‌دست می‌آورد. با این وجود، استفاده از کودهای مرکب نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) با نسبت و شکل مناسب مؤثرتر از کاربردهای جداگانه آنها است. کاربردNPK به مقدار ۴۵ گرم در

۱۸ . Salas et al.

۱۹ . Thakur et al.

۲۰ . Kour et al.

۲۱ . Khan et al.



شکل۷- استفاده از کود و محرک های رشد در خاک مزرعه زعفران(پاک، ۲۰۲۴).

متر مربع تاثیر قابل توجهی بر عملکرد زعفران داشته است (بشیر و همکاران، ۲۰۱۹).

نتایج یک بررسی نشان داد که بیشترین تعداد گل در واحد سطح با میانگین ۵۵/۵ عدد، همچنین بیشترین میزان وزن‌تر گل، وزن‌تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی بترتیب با میانگین ۲۸/۷ ،۱۱۵ و۲۸/۸ گرم تحت تاثیر مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد ثبت گردید. همچنین بررسی نقش پتاسیم نشان داد که بیشترین وزن‌تر گل ها در کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مشاهده شد. اثر متقابل ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد با ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم بیشترین میزان طول کلاله، طول سبک، وزن خشک کلاله و وزن خشک کلاله را ایجاد کرد(بساطپور و همکاران ،۱۴۰۰). خاک به مقدار قابل توجهی از مکمل های غذایی نیاز دارد تا نیازهای غذایی بنه‌های در حال رشد و زیست توده بالای زمین را برآورده کند. ترکیبی از کود گاوی و کودهای معدنی باعث بهبود حاصلخیزی خاک و در نتیجه افزایش تولید زعفران شد. استفاده تلفیقی از کودهای آلی و شیمیایی به طور قابل توجهی بر تولید زعفران تأثیر گذاشت(قنبری و همکاران، ۲۰۱۹).

در یک بررسی به طور متوسط ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره با ۱۵-۱۰ تن کود حیوانی با کودهای شیمیایی حاوی فسفر و پتاسیم برای هر ۳ سال در هکتار توصیه نموده، که این کود باید مدت ها قبل از کاشت به خاک داده شود(شکل۷)، زیرا نزدیک بودن به زمان آماده سازی زمین برای کاشت زعفران باعث کاهش کیفیت محصول نهایی می‌شود(پاک[۲۲]، ۲۰۲۴).

نتایج یک بررسی دیگر نشان داد، کود گوسفندی (۶۰ تن در هکتار) و گوگرد (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر وزن کلاله تر و خشک و وزن خشک برگ در سال اول و تعداد گل در متر مربع، عملکرد گل تازه، طول سبک تازه، عملکرد کلاله تر و خشک، وزن‌تر و خشک برگ، و میانگین وزن کلاله در سال دوم بیشترین افزایش را داشتند(امینی فرد و همکاران، ۱۴۰۳).

مدیریت صحیح استفاده از کودهای شیمیایی، کودهای آلی و باکتری‌های محرک‌های رشد، از عوامل لازم برای کشت پایدار و پرسود گیاه زعفران می باشد(شکل ۷). در یک مطالعه کود آلی؛ ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری، ۴۰ تن در هکتار کود گاوی، کودهای شیمیایی (به ترتیب با ۵۰، ۲۵ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و کنترل (بدون کود) بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر تیمار کودی بر شاخص های رشد زعفران معنی‌دار بود. بیشترین

۲۲ . Pack

جدول ۱ – مقادیر بهینه (آستانه) عوامل متغیر زراعی تکثیر زعفران (کور و همکاران، ۲۰۲۲).

رطوبت خاک	شوری خاک	نیاز نوری	pH	دما	عوامل زراعی
٪۱۰–۱۲	۳–۲ دسی زیمنس/ متر	۱۴–۱۲ ساعت	۷–۶	۳۰–۲۰°C	مقادیر بهینه
فسفر(P) در خاک	نیتروژن(N)	پتاسیم K	دسترسی آب	رطوبت نسبی هوا	عوامل زراعی
۴۰ تا ۲۰ mg/kg	۴۰ تا ۲۰ mg/kg	۳۰۰ تا ۱۰۰ mg/kg	۵۰۰–۳۰۰ میلی متر	٪۸۵–٪۶۰	مقادیر بهینه
اندازه پیاز	تراکم کاشت	عمق کاشت	بافت خاک	ارتفاع از سطح دریا	عوامل زراعی
۱۰–۹ گرم یا ۲۵–۱۵ cm	۱۵۰ بنه در متر مربع	۲۲–۲۰ سانتی متر	شنی–لومی و آهکی رسی تا سیلتی–رسی	۸۰۰ تا ۲۸۰۰ متر	

وزن کل بنه، وزن و تعداد بیش از ۸ گرم بنه، تعداد ۴ تا ۸ گرم بنه در کود کود گاوی مشاهده شد. بیشترین تعداد کل بنه، وزن، تعداد کمتر از یک گرم بنه و طول و عرض برگ در تیمار کود شیمیایی به‌دست آمد. بیشترین وزن ۴–۱ گرم بنه در تیمار کود کمپوست زباله شهری مشاهده شد(تیموری و همکاران، ۱۳۹۲).

در یک بررسی دیگر تأثیر منابع و مقادیر مختلف کود آلی در سه سطح، شاهد، کوددامی، ورمی کمپوست و مخلوط کود شیمیایی نیتروژن و فسفر در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی و همچنین کاربرد همزمان باسیلوس سوبتلیس[۲۳]، ازتوباکتر [۲۴]و سودوموناس[۲۵] بر عملکرد کمی و کیفی زعفران بررسی شد و نتایج نشان داد، میانگین داده های تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده، بیشترین طول کلاله (۳/۶۷ سانتی‌متر) نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز کود شیمیایی طول کلاله (۳/۴۵ سانتی‌متر) داشت. نتایج مقایسه سطوح باکتری‌های محرک رشد نشان داد، باعث افزایش ۹۲ درصدی تعداد گل و ۷۷ درصدی عملکرد کلاله و خامه تازه نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین کاربرد باکتری‌های محرک رشد به صورت تلفیقی با کودهای آلی نیز در افزایش طول کلاله تأثیر معنی‌دار داشت و کاربرد کودهای آلی همراه با تلفیق باکتری‌ها بیشترین تأثیر را بر درصد کروسین داشت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که، کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد همراه با کودهای آلی با ۲/۸۲ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد خشک کلاله و خامه را داشت (مکاریان و همکاران، ۱۴۰۰).

-مقادیر بهینه(آستانه) عوامل متغیر زراعی زعفران

مقادیر بهینه(آستانه) برای متغیرهای زراعی زعفران: اندازه پیاز، دما، pH ، نیاز نور، شوری، رطوبت خاک، رطوبت نسبی هوا، دسترسی به آب، بهترین مواد معدنی؛ پتاسیم، فسفر و نیتروژن مشخص و در جدول شماره ۱ ارایه شده است. همچنین مقدار بهینه مصرف گوگرد(S): ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار بهینه کلسیم (Ca): ۱ تا ۲ هزار، منیزیم (Mg): ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ و آهن (Fe): ۵۰ تا ۱۰۰ mg/kg خاک می‌باشند (تاکور و همکاران،۲۰۲۲؛ کور

۲۳ . Bacillus subtilis
۲۴ . Azotobacter chorococum 1658
۲۵ . Pseudomonas aeroginosa

و همکاران، ۲۰۲۲؛ خان و همکاران، ۲۰۲۴).

۶- آفات و بیماری‌ها

مزارع زعفران همیشه در معرض خطر آفات و بیماری‌ها هستند. از این رو باید در طول دوره کاشت و رشد گل زعفران به دقت بررسی شوند. کشاورز باید از تهدیدات احتمالی گل زعفران آگاه باشد، زیرا می‌تواند کل محصول را از بین ببرد یا کیفیت محصول خود را تحت تأثیر قرار دهد، آفات و بیماری‌ها ی رایج زعفران(سان لند[۲۶]، ۲۰۲۴)؛

-جوندگان:

خرگوش‌ها و موش‌ها، جوندگان رایجی هستند که تمایل دارند از برگ‌ها و بنه‌های زعفران تغذیه کنند. آنها برگ‌ها و بنه زعفران را به عنوان منبع غذایی در فصل زمستان می بینند. به طور معمول با افزایش دمای محیط در اواخر اسفند از فعالیت جوندگان کاسته می‌شود. برای جلوگیری از حمله جوندگان، مکانی برای تامین غلات، آجیل یا ذرت(منابع غذایی جایگزین) ایجاد و یا فلفل قرمز خرد شده در اطراف خاک مزرعه پاشیده شود.

-کنه ها :

کنه‌های پیاز زعفران یک حشره کوچک به طول ۸/۸ میلی متر به شکل سوسک است، از طریق زخم‌ها به بنه‌های زعفران حمله می‌کنند و تونل‌ها و حفره‌هایی ایجاد می‌کنند که در آن‌ها تولیدمثل می‌کنند، باعث می‌شود گیاه به صورت کوتاه رشد کند. گل ها با برگ‌های نازک تر کوتاه‌تر می‌شوند. پرهیز از آبیاری تابستانه، مبارزه با علف‌های هرز، استفاده از بنه‌های سالم و یکنواخت، سمپاشی بنه‌ها با کنه کش قبل از کاشت، استفاده از قارچ‌کش قبل از کاشت و کاشت بنه در عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متری، خودداری از مصرف کود گوسفندی و مرغی (استفاده از کود گاوی کمپوست بدون علف‌های هرز) از راه های پیشگیری و کنترل کنه هاست.

-حشرات:

حشره ماده ۱۰۰-۸۰ تخم در بافت های گیاهی می‌گذارد که پس از ۴ روز از تخم خارج می‌شود. حشراتی مانند تریپس[۲۷] را می‌توان روی برگ‌های زعفران به صورت لکه‌های سفید و زرد تشخیص داد. سوسک‌های تاول زده از خانواده ملوئیده [۲۸] نمونه دیگری از حشرات هستند که به زندگی گل زعفران آسیب می‌زند. برای پیشگیری و کنترل حشرات از روش های طبیعی و حشره‌کش‌های مجاز استفاده شود.

-بیماری پوسیدگی بنه(پوسیدگی خشک):

در مناطق پربارش، زمین فاقد زهکش و خاک با نگهداری آب زیاد، باعث پوسیدگی بنه یا ریشه می‌شود. انواع بیماری پوسیدگی بنه زعفران (شکل۸) از جمله فوساریوم[۲۹] با علائم اولیه زردی تدریجی برگ‌ها شناسایی می‌شود که به تدریج خشک می‌شوند. وقتی پوسیدگی شدید می‌شود، تغییر رنگ به سطح بنه‌ها

۲۶ . Sun Land

۲۷ . Thrips
۲۸ . Meloidae
۲۹ .Fusarium moniliforme var.



شکل ۸ – علائم صحرایی بیماری پوسیدگی بنه زعفران؛ (A,B): قسمت های بالای زمین(سالم)، (C,D) : بنه های سالم، (E,F): قسمت های بالای زمین (بیمار) و (G,H): بنه های بیمار (رن و همکاران[1]، ۲۰۲۳).

گسترش می‌یابد. پوسیدگی بنه با ظاهر قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره با لکه‌های نامنظم زیر پوسته‌های بنه اسکلروتیوم [۳۰] نیز دیده می‌شود. در بنه‌های به شدت آلوده، شاخ و برگ بنه از نوک به پایین خشک می‌شود. در مراحل توسعه میسلیوم‌ها، قارچ‌های سفید رنگ روی بنه‌ها ظاهر می‌شوند. پوسیدگی گردن بنه(اسفنج زعفران): نمونه دیگری از بیماری‌های زعفران هستند.

- بیماری پوسیدگی باکتریایی[۳۱] بنه:

زرد شدن برگ‌ها و مرگ گیاه می‌تواند از علائم پوسیدگی باکتریایی باشد. اگر به سرعت رسیدگی نشود، گلدهی ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. بنه‌های پوسیدگی باکتریایی چروکیده و گرد هستند و رنگدانه‌های زرد رنگ تولید می‌کنند. باکتری‌ها با مرگ گیاه حذف نمی‌شوند، اما همچنان زنده می مانند.

- بیماری پوسیدگی ریشه:

عامل آن نوعی قارچ[۳۲] است که می‌تواند به گل زعفران آسیب برساند.

۳۰ . Sclerotium rolfsii (Curzi)
۳۱ . Bacillus sp
۳۲ . Sporotrdhum narcissi

-برای درمان پوسیدگی بنه و ریشه از داروی تریکودرما ویرید [۳۳] ، هارزیانوم [۳۴] و یا سودوموناس فلورسنس[۳۵] استفاده شود.

در یک بررسی بیماری قارچی[۳۶] و نماتدهای روی بنه‌های زعفران به عنوان دلیل اصلی کاهش عملکرد شناسایی شد که حدود ۵۰ درصد از بنه‌ها را بیمار می‌کنند. عفونت های قارچی همراه با نماتدها منجر به کمترین عملکرد زعفران می‌شود. همچنین با هدف شناسایی پاتوژن ها و علف‌های هرز، چالش‌های اصلی کنترل علف‌های هرز؛ اشغال زمین برای چندین سال، برگ‌های کوتاه و باریک علف‌های هرز (برای استفاده از علف‌کش‌ها مناسب نیست)، عدم ثبت رسمی علف‌کش برای محصول زعفران و پرهزینه بودن وجین دستی، مشاهده شد(بازوبندی و همکاران، ۲۰۲۰).

برای تشخیص صحیح بیماری‌ها، بررسی و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی مورد نیاز است. برای بررسی سلامت گل‌های زعفران، بهتر است نمونه‌برداری کامل از ریشه، برگ، ساقه

۳۳ . Trichoderma viride
۳٤ . harzianum
۳۵ . Pseudomonas fluorescens
۳٦. Fusarium solani

و گل انجام شود تا از رشد گل‌های ناسالم و از بین رفتن کل محصول جلوگیری شود .برای پیشگیری و غلبه بر آفات و بیماری‌ها، کشاورزان باید از عوامل زنده و همچنین عوامل غیرزیست آگاه باشند. عوامل زنده؛ باکتری‌ها، قارچ‌ها، پاتوژن ها و ویروس‌ها هستند، عوامل غیرزیست؛ کمبود آب، مواد مغذی، کودها، مشکلات آب و هوایی، مشکلات خاک، آفت‌کش‌ها و ... هستند، که با کنترل عوامل غیر زیست، بسیاری از بیماری‌ها و آفات پیشگیری می‌شود(سان لند، ۲۰۲۴).

۷- برداشت و شرایط نگهداری زعفران

بازه زمانی برداشت زعفران بسیار کوتاه است. زعفران در صبح زود و عصر در یک روز خشک که هنوز خورشید شروع به ضربه زدن به گل نکرده است، برداشت شود، که معمولاً حدود ۸-۶ هفته پس از کاشت بنه‌ها است. برداشت زمانی است که گل زعفران تا حدی باز شود. در اوج گلدهی زعفران برداشت دو بار در روز انجام می‌شود. قسمت پایین گل را بدون برداشتن هیچ یک از برگ‌ها برش داده، گل را باز نموده و همه قسمت‌های گل را روی میز یا دستمال سفره گذاشته و کلاله ها به آرامی با دست یا با موچین جدا شوند(شکل۹). با توجه به آنکه کلاله‌های زعفران نمی‌توانند نور خورشید را تحمل کنند، کیفیت آن‌ها کاهش می‌یابد و لذا پس از چیدن، لازم است فوراً آنها را در یک منطقه سایه دار نگهداری کرد. کلاله‌های زعفران پس از چیدن، در یک دوره ۲۴ ساعته قابل استفاده هستند، ولی برای نگهداری و مصرف طولانی مدت، لازم است آبگیری یا خشک شوند. برای خشک کردن زعفران دو روش وجود دارد. برای مقدارکم زعفران، سعی شود روی یک حوله کاغذی روی میز یا قفسه سایه دار، طی مدت ۳ روز خشک شوند. برای مقادیر زیاد محصول، از دستگاه خشک کن استفاده می‌شود(شکل ۹)؛ کلاله ها به طور یکنواخت روی ورقه آبگیر دستگاه، پخش نموده و به مدت ۳ ساعت در دمای ۴۵ درجه آبگیری می‌شوند. زعفران ها مقدار زیادی از وزن خود را از دست می‌دهد، زیرا فرآیند خشک کردن باعث کاهش ۹۰ درصد وزن کلاله می‌شود. پس از خشک شدن، کلاله ها باید در مکانی خشک بسته بندی شوند. کلاله ها را در فویل یا مواد تیره مسدود کننده پیچیده شود تا بتوان برای مدت طولانی نگهداری کرد (کرامر و همکاران[۳۷]، ۲۰۲۵). در بررسی تأثیر شرایط نگهداری بر کیفیت زعفران، مشاهده شد که کلاله‌های جمع‌آوری‌شده از گل‌های زعفران، قبل از عرضه به بازار، با رطوبت کمتر از ۳۰ درصد خشک شوند؛ نمونه‌های خشک شده در آون دارای غلظت بیشتری از کروسین و پیکروکروسین در مقایسه با نمونه‌های خشک شده در سایه بودند (چائوکی و همکاران[۳۸]، ۲۰۱۸).

یک تجزیه و تحلیل کیفی مطابق با استاندارد ۶۳۲ISO انجام شد. خشک کردن کلاله ها طبق این استاندارد باید رطوبت کمتر از ۱۲٪ داشته باشند و در دمای کمتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود، برای جلوگیری از تغییر کیفیت و

۳۷ . Cramer et al.
۳۸ . Chaouqi et al.



شکل ۹- برداشت و خشک کردن زعفران (سان لند، ۲۰۲۲).

ماهیت شیمیایی ادویه آن، در محل خنک، تاریک، خشک و داخل ظرف استریل دربسته نگهداری شود(جعفری و همکاران، ۲۰۱۸).

توصیه ترویجی

-زعفران به‌دلیل مزایای عطر بی‌نظیر، طعم غذا و خواص دارویی در صنایع غذایی (آشپزی)، داروسازی و محصولات بهداشتی آرایشی کاربرد فراوان دارد.

-زعفران عقیم بوده و تکثیر آن فقط از طریق بنه‌ها انجام می‌شود. عوامل محیطی مانند دمای مطلوب محیط، ارتفاع زمین، بافت خاک، رطوبت و بارندگی سالانه پتانسیل تأثیرگذاری بر کیفیت و رشد زعفران دارند.

-کشت زعفران شامل چندین مرحله کلیدی؛ انتخاب بنه‌های بزرگ برای عملکرد مطلوب، آماده سازی خاک از طریق شخم عمیق در طول تابستان، استفاده از کود کمپوست شده، کودهای معدنی و ارائه آبیاری تکمیلی در پاییز (از شهریور تا مهر) در صورت بارندگی ناکافی می باشد. چالش اصلی در کشت زعفران وجین دستی است. بسیاری از کشاورزان در کشورهای مختلف از مالچ ارگانیک برای کاهش رشد علف‌های هرز در مزارع زعفران استفاده می کنند.

- عوامل متغیر زراعی تکثیر زعفران به ترتیب اولویت؛ اندازه پیاز، دسترسی آب، دما، تراکم و عمق کاشت، بافت خاک، کودها و و محرک‌های رشد، آفات و بیماری‌ها، برداشت و شرایط نگهداری بوده، همچنین ارتفاع زمین، pH، نیاز نوری، شوری، رطوبت خاک، رطوبت نسبی هوا نیز اهمیت دارند.

-مقادیر بهینه(آستانه) عوامل متغیر زراعی تکثیر زعفران عبارت از ؛ اندازه پیاز (۱۰-۹ گرم یا cm ؛۲۵-۱۵)، دسترسی آب (۳۰۰-۵۰۰ میلی متر)، دما (۳۰°C-۲۰)، تراکم کاشت (۱۵۰ بنه در متر مربع)، عمق کاشت (۲۲-۲۰ سانتی‌متر)، بافت خاک (شنی- لومی و آهکی رسی تا سیلتی-رسی)، رطوبت خاک (۱۰-۱۲٪)، شوری خاک (۲-۳ دسی زیمنس/ متر)، ارتفاع زمین(۸۰۰ تا ۲۸۰۰ متر از سطح دریا)، نیاز نوری (۱۲-۱۴ساعت)، pH (۷-۶)، رطوبت

نسبی هوا (۸۵٪-۶۰٪)، میزان فسفر(۲۰ تا ۴۰ mg/kg)، نیتروژن (۲۰ تا ۴۰ mg/kg) و پتاسیم (۱۰۰ تا ۳۰۰ mg/kg) می باشد.

- استفاده از کودهای مرکب نیتروژن، فسفر و پتاسیم(NPK) با نسبت و شکل مناسب مؤثرتر از کاربردهای جداگانه آنها است. کاربرد NPK به مقدار ۴۵ گرم در متر مربع تاثیر قابل توجهی بر عملکرد زعفران داشته است.

-مدیریت صحیح استفاده از کودهای شیمیایی، کودهای آلی و باکتری‌های محرک‌های رشد، از عوامل لازم برای کشت پایدار و پرسود گیاه زعفران می باشد. استفاده از کود آلی؛ ۲۰ تن در هکتار کمپوست زباله شهری و ۴۰ تن در هکتار کود گاوی، بسیار موثر در عملکرد زعفران می باشد. کاربرد تلفیقی باکتری‌های محرک رشد همراه با کودهای آلی، با ۲/۸۲ کیلوگرم در هکتار، باعث افزایش ۹۲ درصدی تعداد گل و ۷۷ درصدی عملکرد کلاله و خامه تازه می‌شود.

-مزارع زعفران همیشه در معرض خطر آفات و بیماری‌ها هستند. از این رو باید در طول دوره کاشت و رشد گل زعفران به دقت بررسی شوند. کشاورز باید از تهدیدات احتمالی گل زعفران آگاه باشد، زیرا می‌تواند کل محصول را از بین ببرد یا کیفیت محصول خود را تحت تأثیر قرار دهد، آفات و بیماری‌ها ی رایج زعفران؛

جوندگان:

خرگوش‌ها و موش‌ها، جوندگان رایجی هستند که تمایل دارند از برگ‌ها و بنه‌های زعفران تغذیه کنند. برای جلوگیری از حمله آنها، مکانی برای تامین غلات، آجیل یا ذرت (منابع غذایی جایگزین) ایجاد و یا فلفل قرمز خرد شده در اطراف خاک مزرعه پاشیده شود.

- کنه‌های بنه زعفران یک حشره کوچک به طول ۸/۸ میلی متر به شکل سوسک است، از طریق زخم‌ها به بنه‌های زعفران حمله می‌کنند ، باعث می‌شود گیاه به صورت کوتاه رشد کند. پرهیز از آبیاری تابستانه، مبارزه با علف‌های هرز، استفاده از بنه‌های سالم و یکنواخت، سمپاشی بنه‌ها با کنه کش قبل از کاشت، استفاده از قارچ‌کش قبل از کاشت و کاشت بنه در عمق ۱۵-۲۰ سانتی‌متری، خودداری از مصرف کود گوسفندی و مرغی (استفاده از کود گاوی کمپوست بدون علف‌های هرز) از راه های پیشگیری و کنترل کنه هاست.

- حشراتی مانند تریپس را می‌توان روی برگ‌های زعفران به صورت لکه‌های سفید و زرد تشخیص داد. سوسک‌های تاول زده نمونه دیگری از حشرات هستند که به رشد زعفران آسیب می‌زند. برای پیشگیری و کنترل حشرات از روش های طبیعی و حشره‌کش‌های مجاز استفاده شود.

-بیماری پوسیدگی بنه (پوسیدگی خشک): در مناطق پربارش، زمین فاقد زهکش و خاک با نگهداری آب زیاد، باعث پوسیدگی بنه یا ریشه می‌شود. بیماری پوسیدگی بنه زعفران با علائم اولیه زردی تدریجی برگ‌ها شناسایی می‌شود که به تدریج خشک می‌شوند. با پوسیدگی شدید، تغییر رنگ به سطح بنه‌ها گسترش می‌یابد. پوسیدگی بنه با ظاهر قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره با لکه‌های نامنظم زیر پوسته‌های بنه نیز دیده

می‌شود. در بنه‌های به شدت آلوده، شاخ و برگ بنه از نوک به پایین خشک می‌شود. در مراحل بعدی توسعه میسلیوم‌های بیماری، قارچ‌های سفید رنگ روی بنه‌ها ظاهر می‌شوند.

-پوسیدگی گردن بنه (اسفنج زعفران): نمونه دیگری از بیماری‌های گل زعفران هستند. بیماری پوسیدگی باکتریایی بنه‌ها: زرد شدن برگ‌ها و مرگ گیاه می‌تواند از علائم پوسیدگی باکتریایی باشد. اگر به سرعت رسیدگی نشود، گلدهی ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. بنه‌های پوسیدگی باکتریایی چروکیده و گرد هستند و رنگدانه‌های زرد رنگ تولید می‌کنند. باکتری‌ها با مرگ گیاه حذف نمی‌شوند، اما همچنان زنده می مانند.

– بیماری پوسیدگی ریشه زعفران: عامل آن نوعی قارچ است که می‌تواند به گل زعفران آسیب برساند.

– بیماری قارچی و نماتدهای بنه‌ها: از عوامل اصلی کاهش عملکرد بوده که حدود ۵۰ درصد از بنه‌ها را بیمار می‌کنند.

-برای درمان پوسیدگی بنه و ریشه زعفران از داروی تریکودرما ویرید، هارزیانوم، یا سودوموناس فلورسنس استفاده شود.

– برای پیشگیری و غلبه بر آفات و بیماری‌ها، کشاورزان باید از عوامل زنده و عوامل غیرزیست آگاه باشند. عوامل زنده شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، پاتوژن ها و ویروس‌ها هستند، عوامل غیرزیست شامل کمبود مواد مغذی، کودها، مشکلات آب و هوایی، مشکلات خاک، آفت‌کش‌ها و ... هستند، که با رفع عوامل غیر زیست، بسیاری از بیماری‌ها و آفات کنترل می‌شود.

-بازه زمانی برداشت زعفران بسیار کوتاه است. بهتر است زعفران را در صبح زود و عصر در یک روز خشک که هنوز خورشید شروع به ضربه زدن به گل نکرده است، برداشت شود، که معمولاً حدود ۸-۶ هفته پس از کاشت بنه‌ها است. برداشت زمانی است که گل زعفران تا حدی باز شود. در اوج گلدهی زعفران برداشت دو بار در روز انجام می‌شود. قسمت پایین گل را بدون برداشتن هیچ یک از برگ‌ها برش داده، گل را باز نموده و همه قسمت‌های گل را روی میز یا دستمال سفره گذاشته و کلاله ها به آرامی با دست یا با موچین جدا شوند.

– کیفیت کلاله‌های زعفران زیر نور خورشید کاهش می‌یابد. لذا پس از چیدن، فوراً در یک منطقه سایه نگهداری شوند، که به مدت ۲۴ ساعت قابل استفاده هستند، ولی برای نگهداری و مصرف طولانی مدت، لازم است آبگیری یا خشک شوند.

– برای خشک کردن زعفران دو روش وجود دارد. برای مقدارکم زعفران، سعی شود روی یک حوله کاغذی روی میز یا قفسه سایه دار، طی مدت ۳ روز خشک شوند. برای مقادیر زیاد محصول، از دستگاه خشک کن استفاده می‌شود؛ مطابق با استاندارد ۶۳۲ISO رطوبت کمتر از ۱۲٪ و به مدت ۳ ساعت در دمای کمتر از ۴۵ درجه سانتی‌گراد انجام شود، برای جلوگیری از تغییر کیفیت و ماهیت شیمیایی ادویه آن، در محل خنک، تاریک، خشک و داخل ظرف استریل دربسته نگهداری شوند.

منابع علمی

بساطپور غ.، خیرخواه م.، بابائیان م. ۱۴۰۰. اثر سطوح مختلف کاربرد کود گوگرد و پتاسیم بر خصوصیات کمی زعفران (Crocus sativus L.) در شرایط آب و هوایی کرمانشاه. پژوهش های زعفران(دو فصلنامه) جلد ۹، شماره ۲، ص: ۲۴۲-۲۲۸.

تیموری ص.، بهدانی م.ع.، قادری م.ق.، صادقی ب. ۱۳۹۲. ارزیابی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و زراعی بنه زعفران(Crocus sativus L.) در تربت حیدریه. پژوهش های زعفران ۱، ص: ۴۷-۳۶.

شریفی ح.ر.، نبی پور ز.، توکلی کاخکی ح.ر. ۱۴۰۱. بررسی اثر تراکم کاشت، اندازه بنه و عمق کاشت برخصوصیات بنه استحصالی از مزارع ازدیادی بنه زعفران . زراعت و فناوری زعفران جلد ۱۰ شماره ۴، ص؛ ۳۴۵-۳۶۷ .

مکاریان ح.، عالیزاده اولی کندی م.ب.، عبادی ع.، شفارودی آ. ۱۴۰۰. ارزیابی تأثیر تیمارهای کودی مختلف بر روی عملکرد و برخی صفات زایشی زعفران(Crocus sativus L.) در شرایط اقلیمی اردبیل. پژوهش های زعفران (دو فصلنامه) جلد نهم، شماره اول، ص: ۲۷-۱۱.

Aghhavani Shajari M., Rezvani Moghaddam P., Ghorbani R. ,Koocheki A. 2020 .The possibility of improving saffron (Crocus sativus L.) flower and corm yield through the irrigation and soil texture managements. Sci. Hortic. (Amsterdam). 271(May), 109485. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109485.

Aziz L., Sadok W. 2025. Strategies used by the saffron producers of Taliouine (Morocco) to adapt to climate change. Journal of Alpine Research . Revue de geographie alpine [En ligne], 103-2 , mis en ligne le 01 septembre, consulte le 08 avril. URL : http://journals.openedition.org/rga/2902.

Bashir M.M., Qadri Asif R.W.K., Faried N. 2019. Variousquantitative regimes of NPK influence the growth andquality of saffron (Crocus sativus L.). Int. J. Biol. Res., 2 (2), pp. 289-294.

Bazoobandi M., Rahimi H., Karimi-Shahri M.R. 2020. Saffron crop protection. In Saffron; Woodhead Publishing: Sawston, UK, pp. 169–185.

Cardone L., Castronuovo D., Perniola M., Scrano L., Cicco N., Candido V. 2020. The Influence of Soil Physical and Chemical Properties on Saffron (Crocus sativus L.) Growth, Yield and Quality. Agronomy, 10 (8) , p. 1154, 10.3390/agronomy10081154.

Chaouqi S., Moratalla-Lopez N., Lage M., Lorenzo C., Alonso G.L., Guedira T. 2018. Effect of drying and storage process on Moroccan saffron quality. Food Biosci. 22, 146–153.

Chaouqi S. et al. 2023. Effect of soil composition on secondary metabolites of moroccan saffron (Crocus sativus L.). Plants https://doi.org/10.3390/plants12040711.

Cramer E .2025. How to grow saffron: The most expensive spice. Herbs, epicgardening.com. January 6, https://www.epicgardening.com/ how-to-grow-saffron.

Dar M.H., Groach R., Razvi S.M., Singh N. 2017. Saffron Crop (Golden Crop) in Modern Sustainable Agricultural Systems. Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol. 5, 247–259.

Dastranj M. , Sepaskhah A.R. 2019. Saffron response to irrigation regime, salinity and planting method. Sci. Hortic. 251, 215–224.

Dastranj M., Sepaskhah A.R. 2021. Effect of Irrigation Water Salinity and Deficit Irrigation on Soil Ions Variation and Uptake by Saffron (Crocus sativus L.) Under Two Planting Methods. J. Plant Growth Regul. 41, 282–299.

El Hajj A.K., ChamandyA. , Sayour F., Jaber S., Oueidat N. 2024. Optimizing saffron (Crocus sativus) yield and quality through nutrient inputs and timing. Italian Journal of Agronomy Volume 19, Issue 2, 3 June, 100009. https://doi.org/10.1016/j.ijagro.2024.100009.

Ghanbari J., Khajoei-Nejad G., Van Ruth S.M. 2019. Effect of saffron (Crocus sativus L.) corm provenance on its agro-morphological traits and bioactive compounds. Sci. Hortic. 256, 108605.

Ghanbari J., Khajoei-Nejad G., Van Ruth S.M., Aghighi S. 2019. The possibility for improvement of flowering, corm properties, bioactive compounds, and antioxidant activity in saffron (Crocus sativus L.) by different nutritional regimes. Ind. Crops Prod., 135, pp. 301-310, 10.1016/j.indcrop.2019.04.064.

Gheshm R., Brown R.N. 2021.Growing Saffron Crocus in the Northeastern United States: Effects of Winter Protection and Planting Density. HortTechnology 31, 524–531.

Hashemi S. E., Madahhosseini S., Pirasteh-Anosheh H., Sedaghati, E., Race M. 2023. The role of nitrogen in inducing salt stress tolerance in Crocus sativus L.: Assessment based on plant growth and ions distribution in leaves. Sustain. https://doi.org/10.3390/su15010567.

Jafari S.M., Bahrami I., Dehnad D., Shahidi S.A. 2018. The influence of nanocellulose coating on saffron quality during storage. Carbohydr. Polym. 181, 536–542.

Khalili M.R., Asadi M.E., Torkashvand A.M., Pazira E. 2020. Regression Analysis for Yield Comparison of saffron as affected by physicochemical properties of the soil,case study in Northeast of Iran.Agric.Res.9:568-576

Khan R, Farooq M. S., Khelifi A., Ahmad U., Ahmad F. & Riaz S. 2024. Internet of things (IoT) based saffron cultivation system in greenhouse. *Scientific Reports* volume 14, Article number: 22589 . 2918.

Koocheki A., Ebrahimian E., Seyyedi S.M. 2016. How irrigation rounds and mother corm size control saffron yield, quality, daughter corms behavior and phosphorus uptake. *Sci. Hortic. 213*, 132–143.

Koocheki A. , Fallahi H.R. , Jami-Al-Ahmadi M. 2020 .Saffron Water Requirements. In *Saffron*; Woodhead Publishing: Sawston, UK, pp. 67–92.

Kothari D., Thakur M., Joshi R., Kumar A., Kumar R. 2021. Agro-climatic suitability evaluation for saffron production in areas of Western Himalaya. Front. Plant Sci. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.657819.

Kothari D., Thakur R., Kumar R. 2021. Saffron (Crocus sativus L.): Gold of the spices—a comprehensive review. Hortic., Environ., Biotechnol., 62 (5)), pp. 661-677, 10.1007/s13580-021-00349-8.

Kour K., Gupta D., Gupta K., Anand D. , Elkamchouchi D.H., Perez-Oleaga C.M., Ibrahim M. ,Goyal N. 2022. Monitoring Ambient Parameters in the IoT Precision Agriculture Scenario: An Approach to Sensor Selection and Hydroponic Saffron Cultivation. Sensors , 22(22), 8905; https://doi.org/10.3390/s22228905.

Kour K., Gupta D., Gupta K., Juneja S., Kaur M., Alharbi A. H. ,Lee H-N. 2022. Controlling Agronomic Variables of Saffron Crop Using IoT for Sustainable

Agriculture. *Sustainability* , *14*(9), 5607; https: //doi.org/10.3390/ su14095607.

Kumar A, Devi M., Kumar R., Kumar S. 2022. Introduction of high-value Crocus sativus (saffron) cultivation in non-traditional regions of India through ecological modelling. Sci Rep . Jul 13;12:11925. doi: 10.1038/s41598-022-15907-y.

Kumar R., Singh V., Devi K., Sharma M., Singh M.K., Ahuja P.S. 2008. State of Art of Saffron (Crocus sativus L.) Agronomy: A Comprehensive Review. Food Reviews International Volume 25, Pages 44-85.

Maleki F., Kazemi H., Siahmarguee A., Kamkar B. 2017 . Development of a land use suitability model for saffron (Crocus sativus L.) cultivation by multi-criteria evaluation and spatial analysis. Ecol. Eng. 106, 140–153.

Mushtaq O., Dahiya P., Awasthi A., Yadav C.S. 2022.Depletion in basic soil components and increased heavy metal load is associated with declined saffron growth in Kashmir valley region. Sciencedirect.Volume 69, Part 4,, Pages 1581-1586. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.246.

Pack O. 2024. What are the important points in producing high quality saffron? / Baniyas Road, Behind Deira Municipality Parking, Al Buteen Area Community #114, Souq Al-Ras, Deira, Dubai - UAE. https://sadafpack.com.

Pirasteh-Anosheh H. et al. 2021.Feasibility study of saffron cultivation using a semi-saline water by managing planting date, a new statement. Environ. Res. 203(August), 111853. https://doi.org/10.1016/ j.envres.2021.111853 .

Ren T., Dejiang Dai, Miao Yu, Tao Li, Chuanqing Zhang.2023. Identification and characterization of pathogens causing saffron corm rot in China .Microbe and Virus Interactions with Plants. Volume 14 ./https://doi.org/10.3389/ fmicb.2023.1188376.

Salas M.C., Montero J.L., Diaz J.G., Berti F., Quintero M.F., Guzman M., Orsini, F. 2020. Defining optimal strength of the nutrient solution for soilless cultivation of saffron in the Mediterranean. Agronomy 10, 1311.

Seyyedi S.M., Ebrahimian E., Rezaei-Chiyaneh E. 2018. Saffron daughter corms formation, nitrogen and phosphorous uptake in response to low planting

density, sampling rounds, vermicompost and mineral fertilizers. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 49, 585–603.

Shajari M.A., Moghaddam P.R., Ghorbani R., Koocheki A. 2020. The possibility of improving saffron (Crocus sativus L.)flower and corm yield through the irrigation and soil texture managements. Sci. Hortic. 271, 109485.

Sun Land I. 2022. three stages of saffron harvest. https://sunlandsaffron.com/three-stages-of-saffron-harvest.

Sun Land I.2024. Saffron Flower; Pests and Diseases. https://www.linkedin.com/pulse/saffron-flower-pests-diseases-sunlandsaffron.

Thakur A.K., Singh R., Gehlot A., Kaviti A.K., Aseer R., Suraparajud S.K., Natarajand S.K., Sikarwar V.S. 2022. Advancements in solar technologies for sustainable development of agricultural sector in India: A comprehensive review on challenges and opportunities. Environ. Sci. Pollut. Res. 29, 43607–43634.

Zhou T. , Qiu X. , Zhao L. , Yang W. , Wen F. , Wu Q. , Yan J. , Xu B. , Chen J. , Ma Y. , et al. 2022. Optimal light intensity and quality increased the saffron daughter corm yield by inhibiting the degradation of reserves in mother corms during the reproductive stage. Ind. Crops Prod. 176, 114396.

Zhuang K .2024. Why saffron production rate decreased in 2023-2024? .https://sunlandsaffron.com/why-saffron-production-rate-decreased-in-2023-2024.