نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۲، ص. ۴۰۰-۳۹۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No. 3, Fall. 2013, p. 390-400

بررسی تأثیر فاصله آبیاری و ترکیب‌های کشت مخلوط مرزنجوش (*Origanum vulgare*) و زعفران (*Crocus sativus*) بر خنک شدن بنه‌ها بمنظور کاهش اثرات نامطلوب تغییر اقلیم

علیرضا کوچکی[۱]- جواد شباهنگ[۲]- سرور خرم‌دل[۳]*- ریحانه عظیمی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۳/۲۷

چکیده

به منظور بررسی تأثیر فاصله آبیاری و کشت مخلوط زعفران (*Crocus sativus*) با مرزنجوش (*Origanum vulgare*) بعنوان عاملی سایه‌انداز بر سطح خاک جهت کاهش اثرات احتمالی افزایش دما در نتیجه تغییر اقلیم، آزمایشی در دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. آزمایش بصورت اسپلیت پلات، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش فاصله آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (۷، ۱۴ و ۲۱روز) و ترکیب کاشت در چهار سطح (۰:۱ (زعفران خالص)، ۱:۱ (یک ردیف زعفران + یک ردیف مرزنجوش)، ۱:۲ (دو ردیف زعفران + یک ردیف مرزنجوش) و ۱:۳ (سه ردیف زعفران + یک ردیف مرزنجوش)) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر فاصله آبیاری و ترکیب کشت مخلوط با مرزنجوش بر تعداد و وزن تر گل و عملکرد اقتصادی زعفران معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. اثر متقابل فاصله آبیاری و ترکیب کشت بر تعداد و وزن تر گل و عملکرد اقتصادی زعفران معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی به ترتیب در فاصله آبیاری ۱۴روز با ۰/۲۷ گرم بر متر مربع و ۷ روز با ۰/۰۹ گرم بر متر مربع مشاهده شد. بیشترین عملکرد اقتصادی زعفران در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۰/۲۰ گرم در متر مربع) و کمترین میزان آن در کشت خالص (۰/۱۵ گرم در متر مربع) بدست آمد. کاهش تعداد دفعات آبیاری به دلیل نیاز آبی پایین زعفران باعث بهبود شرایط رشدی و در نتیجه افزایش عملکرد اقتصادی آن شد. همچنین بنظر می‌رسد که کشت مخلوط زعفران با مرزنجوش احتمالاً بدلیل سایه‌اندازی و در نتیجه خنک شدن سطح خاک باعث افزایش تولید گل و در نهایت افزایش عملکرد اقتصادی زعفران شد که این امر احتمالاً می‌تواند بمنظور کاهش اثرات احتمالی افزایش دما در نتیجه تغییر اقلیم در آینده مفید واقع شود.

واژه‌های کلیدی: زعفران، فاصله آبیاری، کشت مخلوط، مرزنجوش

مقدمه

کمبود آب، مهمترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد (۲۴ و ۳۰). با توجه به موقعیت اقلیمی ایران که در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد و وجود بحران آب در این مناطق، انتخاب گیاهان سازگار به این شرایط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که لازمه این امر، کاشت گیاهان مقاوم به خشکی و دارای نیاز آبی کم می‌باشد. همچنین از آنجا که اثر تنش آب بر رشد و نمو گیاهان زراعی در تمام مراحل رشد یکسان نیست و برخی از مراحل رشد نسبت به افزایش تنش آب حساستر می‌باشد، لذا تطبیق زمان آبیاری با دوره‌های بحرانی رشد گیاه، برای دستیابی به حداکثر عملکرد ضرورت دارد (۱۱).

زعفران (*Crocus sativus*) بعنوان گرانترین محصول کشاورزی و دارویی (۳۵) جهان جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد (۳۱). کاشت این گیاه نقدینه عمدتاً بمنظور مصارف ادویه‌ای می‌باشد (۲۹ و ۳۷). تحقیقات نشان داده است که کشت این گیاه در مناطق بسیار کم باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند، گسترش دارد (۹). قربانی و کوچکی (۲۱) گزارش کردند که زعفران اقتصادی ترین گیاه زراعی در سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده در جنوب خراسان به شمار می‌رود. این گیاه به دلیل دارا بودن آشیانه اکولوژیکی ویژه نسبت به سایر گیاهان و

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: khorramdel@um.ac.ir)
۴- دانشجوی کارشناسی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

ویژگی‌های اقتصادی منحصر به فرد از اهمیت خاصی برخوردار است. علیرغم قدمت کشت زعفران در مقایسه با بسیاری از محصولات زراعی رایج در کشور، این گیاه از فناوری‌های نوین، سهم کمتری داشته و تولید آن بیشتر متکی بر دانش بومی می‌باشد (۲۵). با اینحال، این گیاه نقدینه نقش مهمی در اقتصاد کشاورزان دارد.

نتایج تحقیقات مختلف (۶، ۱۱، ۱۴ و ۱۶) نشان داده است که زعفران یکی از کارآمدترین گیاهان زراعی از نظر مصرف آب در جهان بشمار می‌رود و از نظر نیاز به عناصر غذایی گیاهی کم توقع می‌باشد. کافی و همکاران (۹) و عزیزی ژوهان و همکاران (۱۶) گزارش کردند با وجودی که زعفران گیاهی دارای نیاز آب نسبتاً کم و نسبتاً مقاوم به تنش آب است، ولی دستیابی به عملکرد مطلوب، نیازمند آبیاری مناسب و تأمین نیاز آبی گیاه در دوره رشد سبزینه‌ای می‌باشد. مسافری ضیاءالدینی (۱۲) اثر مقادیر مختلف آب آبیاری (۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ لیتر در متر مربع) را بر عملکرد زعفران بررسی نمود و بیان داشت که میزان ۲۰ لیتر در متر مربع آب در مقایسه با سایر سطوح آبیاری با تعداد و وزن گل و وزن خشک کلاله به ترتیب ۲۵/۷۰، ۳۷/۰۱ گرم و ۰/۱۶ گرم بیشترین عملکرد اقتصادی را تولید کرد.

این گیاه بخشی از دوره رویشی خود (اردیبهشت تا مهر ماه) را در حالت رکود سپری می‌کند، بنابراین مزرعه زعفران در این دوره فاقد اندام‌های رویشی است (۸، ۹ و ۱۸). بنشاپ (۱۷) بیان داشت اگر چه بنه‌های زعفران در طول تابستان در حال رکود می‌باشند ولی القای گلدهی در این دوره شکل می‌گیرد. بنابراین وجود عوامل مناسب برای زعفران در این دوره می‌تواند تولید گل در فصل رشد و در نتیجه عملکرد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. مولینا و همکاران (۲۹) بیان داشتند که وجود درجه حرارت‌های بالا در تابستان باعث تأخیر در ظهور گل و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود. مک گیمپسی و همکاران (۲۷) نیز بیان داشتند که عامل اصلی محدودکننده کشت زعفران علاوه بر هزینه کارگری زیاد، اقلیم سازگار با رشد زعفران می‌باشد. وجود شرایط نامناسب برای رشد زعفران تولید گل را کاهش داده و زعفران را با مشکل آفات و بیماری‌ها مواجه می‌کند. در سال‌های اخیر نیز، بدلیل بروز مشکلات ناشی از تغییر اقلیم و افزایش درجه حرارت، تولید گل در این گیاه با ارزش با مشکل روبرو شده است (۲۰). در همین راستا نتایج تحقیقات گلوی و همکاران (۲۰) بر کنترل درجه حرارت خاک (آبیاری، مالچ و شاهد) بر زعفران نشان داد که کنترل درجه حرارت خاک بدلیل مناسب‌تر شدن شرایط برای رشد بنه در خاک، باعث افزایش ظهور گل و برگ و طول کلاله و برگ زعفران شد. بدین ترتیب، چنین بنظر می‌رسد که کشت مخلوط زعفران با سایر گیاهان، بدلیل سایه‌اندازی بر سطح خاک خصوصاً در دوره رکود زعفران، باعث خنک شدن خاک شده و به دلیل بهبود شرایط برای رشد بنه، تولید گل و عملکرد زعفران را افزایش می‌دهد. بنابراین به نظرمی‌رسد که کشت مخلوط زعفران با سایر گیاهان می‌تواند امکان رسیدن به این هدف را در طی دوره رشد زعفران فراهم نماید. علاوه بر این، سیستم‌های مخلوط یکی از انواع سیستم های پایدار هستند که از طریق افزایش تنوع و پیچیدگی منجر به افزایش پایداری سیستم خواهند شد (۳۸).

کوچکی و همکاران (۱۰) با مقایسه عملکرد زعفران در شرایط کشت خالص و مخلوط با سه گروه از گیاهان زراعی شامل غلات (گندم *Triticum aestivum*) بهاره و پاییزه)، حبوبات (عدس (*Lens culinaris*) و نخود (*Cicer arietinum*)) و گیاهان دارویی (اسفرزه (*Plantago ovata*)، خاکشیر (*Discurinia sophia*)، سیاهدانه (*Nigella sativa*)، زنیان (*Carum copticum*) و زیره سبز (*Cuminum cyminum*)) گزارش کردند که مجموع ارزش نسبی تنها در کشت مخلوط زعفران با سیاهدانه و زنیان مشاهده شد. آنها همچنین بیان داشتند که با افزایش تعداد دفعات آبیاری از میزان عملکرد زعفران کاسته شد. خسروی (۵) با بررسی انواع سری‌های جایگزین کشت مخلوط (۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵) و کشت خالص زیره سیاه (*Bunium persicum*) و زعفران در یک دوره شش ساله گزارش نمود که عملکرد اقتصادی کشت مخلوط زیره سیاه و زعفران در مقایسه با تک‌کشتی باعث افزایش بهره‌وری شد و بهترین نتیجه در نسبت ۵۰:۵۰ این دو گیاه بدست آمد. بررسی‌های انجام شده در مورد سایر مزایای نسبی اثرات کشت مخلوط نشان داده است که بهره‌گیری از این سیستم کشت منجر به کنترل بهتر علف‌های هرز شده و بدلیل سایه‌اندازی گیاه همراه بر خاک، باعث کاهش دمای خاک می‌شود. نتایج مطالعه کشت مخلوط زعفران با جو بهاره (*Hordeum vulgare*) نشان داد که استفاده از جو پاییزه نه به دلیل سایه‌اندازی بلکه احتمالاً به دلیل وجود اثرات آللوپاتی جو در طول دوره رشد رویشی زعفران منجر به کاهش تولید گل و در نتیجه عملکرد زعفران شد (۱۵). بدین ترتیب انتخاب گیاه همراه با زعفران بایستی با دقت انجام شود. علاوه بر این گزارشاتی نیز در زمینه کاشت زعفران زیر درختان زرشک و بادام در کشمیر وجود دارد (۲ و ۹).

بنابراین با توجه به موقعیت ایران از نظر اقلیمی، وجود بحران آب و نوسانات درجه حرارت در این مناطق و همچنین اهمیت اقتصادی زعفران، انجام مطالعه بمنظور بهره‌گیری از روش‌های مختلف برای تعدیل درجه حرارت در این مناطق امری اجتناب ناپذیر است. به همین منظور، این آزمایش با هدف بررسی اثر فواصل آبیاری و ترکیب‌های کشت مخلوط مرزنجوش (*Origanum vulgare*) و زعفران بعنوان عاملی سایه‌انداز بر سطح خاک جهت کاهش اثرات احتمالی افزایش دما در نتیجه تغییر اقلیم، در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر فواصل آبیاری و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط مرزنجوش بر رشد و عملکرد زعفران، آزمایشی در دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ´۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) انجام شد. خاک محل اجرای آزمایش دارای بافت سیلتی لومی بود. آزمایش بصورت اسپلیت پلات و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش فاصله آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) و ترکیب کاشت در چهار سطح (۱:۰ (زعفران خالص)، ۱:۱ (یک ردیف زعفران + یک ردیف مرزنجوش)، ۱:۲ (دو ردیف زعفران + یک ردیف مرزنجوش) و ۱:۳ (سه ردیف زعفران + یک ردیف مرزنجوش)) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. فاصله بین ردیف ۲۵ سانتیمتر و طول ردیف‌های کاشت یک متر در نظر گرفته شد. فاصله روی ردیف برای زعفران و مرزنجوش به ترتیب ۱۵ و ۲۰ سانتیمتر بود.

عملیات کاشت بنه زعفران در ۳۰ شهریور ماه ۱۳۸۶ و بر روی ردیف‌های مشخص شده صورت گرفت. کاشت مرزنجوش ابتدا در گلدان‌های پلاستیکی در گلخانه تحقیقاتی انجام شد و سپس در اردیبهشت ماه ۸۸-۱۳۸۷، عملیات انتقال نشاء به زمین اصلی صورت گرفت. جهت یکنواختی در سبز شدن، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت مرزنجوش انجام شد و آبیاری‌های بعدی با توجه به فاصله آبیاری تعیین شده در هر تیمار از تیر ماه ۱۳۸۷ تا پایان فصل رشد ادامه یافت. بمنظور جلوگیری از تأثیر علفهای هرز بر ایجاد سایه بر سطح خاک، کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی انجام شد.

لازم به ذکر است که بمنظور بررسی خصوصیات رشدی و عملکرد زعفران تحت شرایط کشت مخلوط با مرزنجوش و فاصله آبیاری نمونه برداری در پایان دوره رشد در سال دوم اجرای آزمایش انجام شد. خصوصیات رشدی مرزنجوش نیز تحت تأثیر فاصله آبیاری در این سال مورد بررسی قرار گرفت.

برای ارزیابی کشت مخلوط زعفران نسبت به کشت خالص شاخص نسبت برابری زمین[1] (بر اساس عملکرد اقتصادی) طبق معادله ۱ محاسبه گردید.

$$LER = \sum \frac{Ypi}{Ymi} \qquad \text{(معادله ۱)}$$

که در این معادله، Ypi عملکرد هر محصول در کشت مخلوط و Ymi عملکرد هر محصول در خالص می‌باشد (۲۲).

لازم به ذکر است که عملکرد مرزنجوش در کشت خالص تقریبا معادل با دو برابر عملکرد آن در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش در نظر گرفته شد.

برای تجزیه آماری داده‌های آزمایش و رسم نمودارها، به ترتیب از نرم‌افزارهای MINITAB-ver 13 و Excel استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون دانکن با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

اثر فاصله آبیاری و ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش بر خصوصیات رشدی زعفران

نتایج تجزیه واریانس تعداد و وزن تر گل و عملکرد اقتصادی زعفران در شرایط اعمال فاصله آبیاری و ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش در جدول ۱ نشان داده است.

اثر فاصله آبیاری بر تعداد گل زعفران معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). با افزایش فاصله آبیاری تعداد گل زعفران افزایش یافت؛ به طوریکه بیشترین و کمترین تعداد گل به ترتیب در فاصله آبیاری ۱۴ و ۷ روز با ۱۶۲و ۵۱ گل در متر مربع حاصل شد (شکل ۱- الف). از آنجا که زعفران، گیاهی با نیاز آبی کم می‌باشد (۱۶)، چنین بنظر می‌رسد که افزایش فاصله آبیاری بدلیل بهبود شرایط برای رشد زعفران منجر به افزایش تعداد گل شده است.

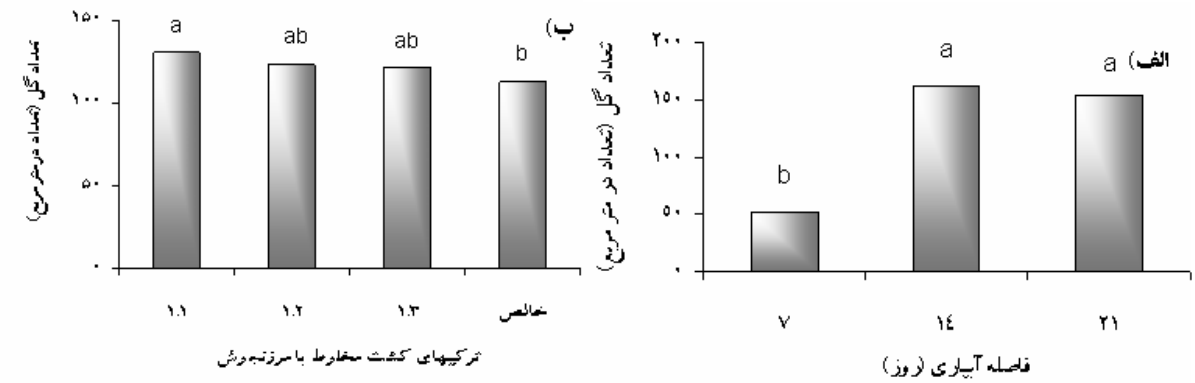
ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با مرزنجوش تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر تعداد گل زعفران داشت (جدول ۱). بیشترین و کمترین تعداد گل زعفران به ترتیب در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۱۳۰/۹ گل در متر مربع) و کشت خالص (۱۲۳/۲ گل در متر مربع) مشاهده شد (شکل ۱- ب). افزایش تعداد ردیف‌های زعفران در ترکیب با مرزنجوش احتمالاً بدلیل کاهش تأثیر مرزنجوش از نظر سایه اندازی بر سطح خاک و تغییر شرایط برای رشد بنه، باعث کاهش تعداد گل زعفران شد. چنین بنظر می‌رسد که وجود مرزنجوش به عنوان گیاه همراه، در مقایسه با کشت خالص زعفران باعث سایه-اندازی بر سطح خاک شد که این امر احتمالاً باعث خنک شدن خاک و در نتیجه بهبود شرایط رشدی بنه گردید و در نهایت منجر به تحریک تولید گل در زعفران شد. همچنین بنظر می‌رسد که وجود گیاه همراه بر سطح خاک باعث تسریع در زمان گلدهی زعفران گردید. نتایج بسیاری از تحقیقات انجام شده بر کشت مخلوط نیز کاهش درجه حرارت خاک را به دلیل سایه‌اندازی گیاه همراه نشان داده است (۳۲ و ۳۴). گلوی و همکاران (۲۰) نیز بیان داشتند که وجود مالچ بر سطح خاک بدلیل کنترل درجه حرارت باعث تسریع در زمان ظهور گل در زعفران شد.

1- Land Equivalent Ratio (LER)

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تعداد و وزن تر گل و عملکرد اقتصادی زعفران در شرایط اعمال فاصله آبیاری و ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد گل	وزن تر گل	عملکرد اقتصادی (وزن کلاله)
تکرار	۲	۱۳۶/۷^{ns}	۱/۹۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}
آبیاری (I)	۲	۴۵۶۹۵/۲**	۶۳۴/۱۳**	۰/۰۹۹۱**
ترکیب کشت مخلوط (P)	۳	۴۵۹/۶**	۳۴/۷۰**	۰/۰۰۵۴**
I×P	۶	۷۶۶/۳**	۲۵/۳۹**	۰/۰۰۴۰**
خطا	۲۲	۴۰/۱	۰/۶۷	۰/۰۰۰۱
کل	۳۶	–	–	–

ns: بی‌معنی و **- معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



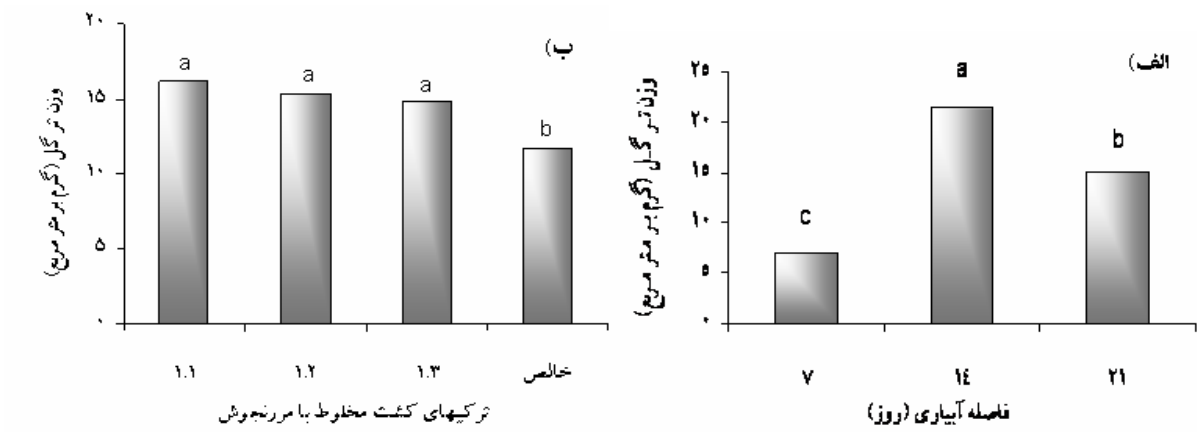
شکل ۱- (الف) اثر فاصله آبیاری و (ب) ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش بر تعداد گل زعفران

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

جدول ۲- میانگین اثر متقابل فاصله آبیاری و ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش بر خصوصیات زایشی و عملکرد اقتصادی زعفران

تیمار		تعداد گل	وزن تر گل	عملکرد اقتصادی
فاصله آبیاری (روز)	نسبت‌های مخلوط	(تعداد در متر مربع)	(گرم بر متر مربع)	(گرم بر متر مربع)
۷	۱:۱	۴۸/۶۷^{g*}	۵/۶۰^{h}	۰/۰۷^{i}
	۱:۲	۴۰/۳۳^{g}	۶/۸۰^{h}	۰/۰۹^{h}
	۱:۳	۵۰/۳۳^{g}	۹/۱۳^{g}	۰/۱۱^{h}
	کشت خالص	۶۵/۶۷^{f}	۶/۴۵^{h}	۰/۰۸^{g}
۱۴	۱:۱	۱۷۸/۶۷^{a}	۲۷/۳۳^{a}	۰/۳۳^{a}
	۱:۲	۱۶۸/۳۳^{ab}	۲۲/۳۰^{b}	۰/۲۸^{b}
	۱:۳	۱۵۱/۶۷^{cd}	۱۹/۰۳^{c}	۰/۲۴^{c}
	کشت خالص	۱۴۸/۶۷^{d}	۱۷/۳۳^{d}	۰/۲۲^{d}
۲۱	۱:۱	۱۶۵/۳۳^{b}	۱۵/۵۴^{e}	۰/۱۹^{e}
	۱:۲	۱۶۱/۰۰^{bc}	۱۷/۰۲^{d}	۰/۲۱^{d}
	۱:۳	۱۶۳/۶۷^{b}	۱۶/۵۱d^{e}	۰/۲۱^{d}
	کشت خالص	۱۲۶/۰۰^{c}	۱۱/۲۷^{f}	۰/۱۴^{f}

*- میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند ($p\leq$۰/۰۵).



شکل ۲- (الف) اثر فاصله آبیاری و (ب) ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش بر وزن تر گل زعفران

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند ($p\leq ۰/۰۵$).

اثر متقابل فاصله آبیاری و ترکیب کشت مخلوط زعفران و مرزنجوش بر تعداد گل زعفران معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین تعداد گل در فاصله آبیاری ۱۴ روز و ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۱۷۹ گل در متر مربع) و کمترین میزان آن در فاصله ۷ روز و ترکیب دو ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۴۰ گل در متر مربع) مشاهده شد (جدول ۲).

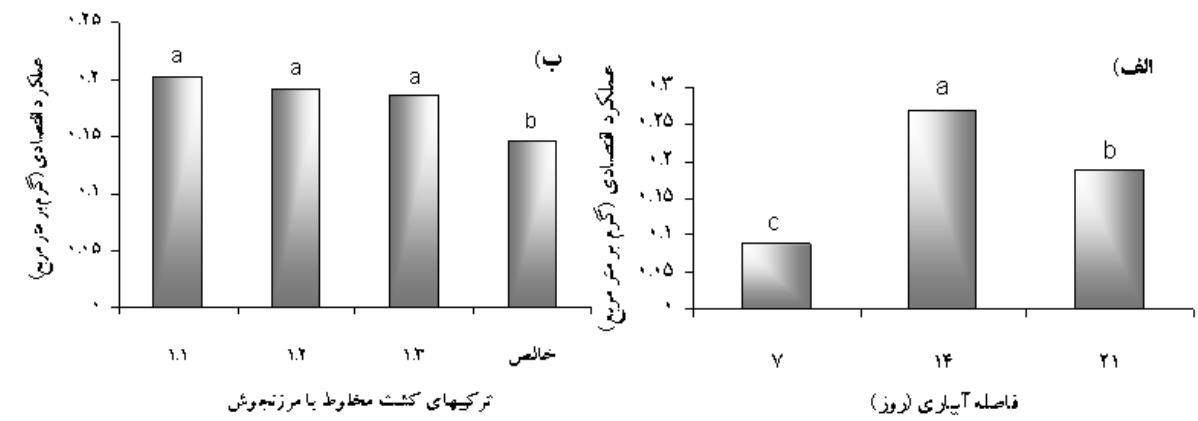
فاصله آبیاری تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر وزن تر گل زعفران داشت (جدول ۱)؛ بطوریکه افزایش فاصله آبیاری باعث افزایش وزن تر گل شد. بیشترین و کمترین وزن تر گل به ترتیب در فاصله ۱۴ روز با ۲۱/۵ گرم در متر مربع و ۷ روز با ۷/۰ گرم در متر مربع مشاهده شد (شکل ۲- الف). افزایش وزن گل زعفران در اثر افزایش فاصله آبیاری را می‌توان به بهبود خصوصیات رشدی زعفران به دلیل نیاز آبی نسبتاً کم این گیاه نقدینه نسبت داد. سایر تحقیقات نیز پایین بودن نیاز آبی زعفران را اثبات کرده است (۹ و ۱۶). کوچکی و همکاران (۱۰) نیز گزارش کردند که افزایش تعداد دفعات آبیاری باعث کاهش رشد و عملکرد زعفران شد.

ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر وزن تر گل زعفران داشتند (جدول ۱)؛ به طوریکه بیشترین وزن تر گل زعفران در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۱۶/۲ گرم در متر مربع) و کمترین میزان آن در کشت خالص (۱۱/۷ گرم در متر مربع) بدست آمد (شکل ۲- ب). همانگونه که بیان شد وجود مرزنجوش بعنوان گیاهی همراه در کشت مخلوط، بدلیل سایه‌اندازی بر خاک و احتمالاً تعدیل دمای خاک و در نتیجه بهبود شرایط برای رشد بنه، باعث افزایش تولید گل و به تبع آن افزایش وزن تر گل زعفران شد. نتایج این امر با یافته‌های سایر محققین نیز مطابقت دارد (۱۵، ۲۰، ۳۲ و ۳۴).

اثر متقابل فاصله آبیاری و ترکیب کشت مخلوط زعفران و مرزنجوش بر وزن تر گل زعفران معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین وزن تر گل در فاصله آبیاری ۱۴ روز و ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۲۷/۳ گرم در متر مربع) و کمترین میزان آن در فاصله آبیاری ۷ روز و ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۵/۶ گرم در متر مربع) مشاهده شد (جدول ۲).

اثر فاصله آبیاری بر عملکرد اقتصادی زعفران معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی به ترتیب در فاصله آبیاری ۱۴ (۰/۲۷ گرم بر متر مربع) و ۷ روز (۰/۰۹ گرم بر متر مربع) بدست آمد (شکل ۳- الف). همانگونه که بیان شد فاصله آبیاری ۱۴ روز منجر تولید بالاترین تعداد گل زعفران شد (شکل ۱- الف) که این افزایش منجر به تولید بالاترین عملکرد اقتصادی گردید. چنین بنظر می‌رسد که کاهش تعداد دفعات آبیاری به دلیل نیاز آبی نسبتاً پایین زعفران باعث بهبود شرایط رشدی برای آن شد و به تبع آن تولید گل و در نتیجه عملکرد اقتصادی زعفران را افزایش داد. کوچکی و همکاران (۱۰) نیز بیان داشتند که کاهش تعداد دفعات آبیاری بدلیل بهبود رشد باعث افزایش عملکرد زعفران شد.

ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش تأثیر معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۱$) بر عملکرد اقتصادی زعفران داشتند (جدول ۱). بیشترین عملکرد اقتصادی زعفران در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۰/۲۰ گرم در متر مربع) و کمترین میزان آن در کشت خالص (۰/۱۵ گرم در متر مربع) مشاهده شد (شکل ۳- ب). همانگونه که بیان شد ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش منجر به تولید بالاترین تعداد گل زعفران شد (شکل ۱- ب) که این افزایش منجر به تولید بالاترین عملکرد اقتصادی گردید. چنین بنظر می‌رسد که وجود مرزنجوش به دلیل سایه‌اندازی خصوصاً در دوره رکود زعفران و در نتیجه تغییر شرایط میکروکلیمای خاک و احتمالاً بهبود آن برای رشد بُنه، باعث تحریک و افزایش تولید گل (شکل ۱-ب) و در نتیجه افزایش عملکرد اقتصادی زعفران شد.



شکل ۳- (الف) اثر فاصله آبیاری و (ب) ترکیب‌های کشت مخلوط با مرزنجوش بر عملکرد اقتصادی زعفران

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند ($p\leq ۰/۰۵$).

نتایج تحقیقات گلوی و همکاران (۲۰) نیز افزایش تعداد گل را در صورت کنترل درجه حرارت خاک نشان داده است. اثر متقابل فاصله آبیاری و ترکیب کشت مخلوط زعفران و مرزنجوش بر عملکرد اقتصادی زعفران معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین عملکرد اقتصادی در فاصله آبیاری ۱۴ روز و ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۰/۰۷ گرم در متر مربع) و کمترین میزان آن در فاصله ۷ روز و ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۰/۰۷ گرم در متر مربع) مشاهده شد (جدول ۲).

اثر کشت مخلوط زعفران و فواصل آبیاری بر خصوصیات رشدی و عملکرد مرزنجوش

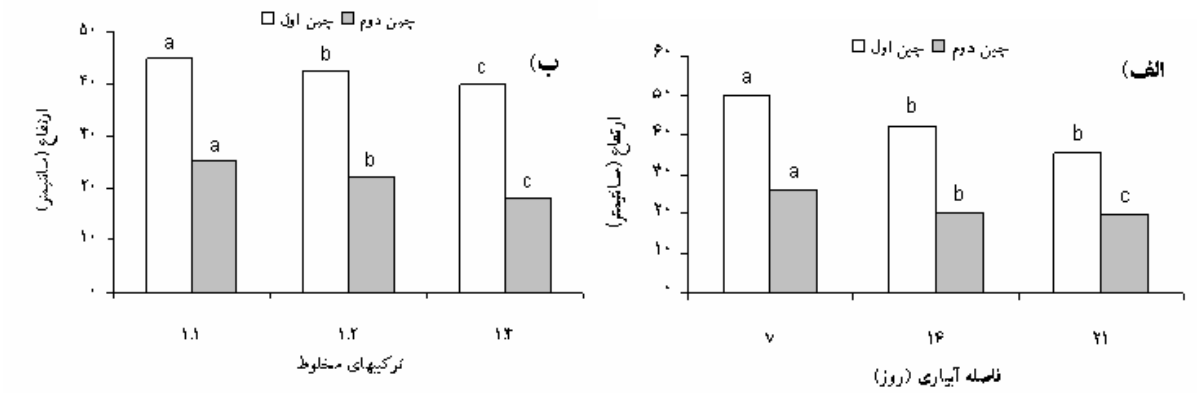
نتایج تجزیه واریانس خصوصیات رشدی و عملکرد چین‌های اول و دوم مرزنجوش در شرایط کشت مخلوط با زعفران و اعمال فاصله آبیاری در جدول ۱ نشان داده است.

اثر فواصل مختلف آبیاری بر ارتفاع مرزنجوش در چین اول معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) بود (جدول ۳)؛ به طوریکه بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه در چین اول و دوم به ترتیب در فاصله آبیاری ۷ روز (به ترتیب با ۵۰ و ۳۵ سانتیمتر) و ۲۱ روز (به ترتیب با ۲۶ و ۱۷ سانتیمتر) مشاهده شد (شکل ۴- الف). از آنجا که در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه، ارتفاع گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷)، بنابراین بنظر می‌رسد که در فاصله آبیاری ۷ روز بدلیل تأمین آب مناسب، رشد رویشی گیاه تحریک شده که این امر باعث افزایش ارتفاع گیاه گردید. خزاعی و همکاران (۴) نیز بیان داشتند که با کاهش فاصله آبیاری از ۲۸ به ۷ روز، ارتفاع گیاه دارویی اسفرزه افزایش یافت.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس خصوصیات رشدی و عملکرد مرزنجوش در شرایط اعمال فاصله آبیاری و کشت مخلوط با زعفران

منابع تغییر	درجه آزادی	چین اول				چین دوم			
		ارتفاع	شاخص سطح برگ	عملکرد بیولوژیک	عملکرد اقتصادی	ارتفاع	شاخص سطح برگ	عملکرد بیولوژیک	عملکرد اقتصادی
تکرار	۲	۱۶/۰۰	۰/۰۶	۲۴۹/۰۳	۲۴۷۳/۱۲	۱۳۸/۵۸	۰/۰۲	۷۰۵/۳۷	۳۵۷/۶۱
آبیاری (I)	۲	۴۶۹/۷۸*	۱۰/۶۸**	۱۴۶۶۶/۱۶**	۲۶۱۱/۰۳*	۱۱۱/۳۶^{ns}	۰/۲۷**	۶۰۴۳/۲۰^{ns}	۲۰۶۶/۸۵**
خطای اصلی	۴	۲۸/۷۸	۰/۰۳	۲۵۴/۷۶	۴۷۸/۷۱	۱۴۷/۶۱	۰/۰۱	۳۳۸/۵۸	۱۰۳/۷۲
ترکیب کشت (P)	۲	۵۱/۴۴**	۰/۲۶**	۲۴۷۱/۱۰**	۱۲۴۷/۱۰**	۱۱۲/۵۳**	۰/۷۲**	۲۴۵۴/۷۵**	۲۹۵/۲۲**
I×P	۴	۴/۷۲^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۳۲۴/۱۳*	۱۷۴/۲۵^{ns}	۱۸/۶۴*	۰/۲۴**	۲۳۳/۳۹^{ns}	۱۵/۱۷^{ns}
خطای فرعی	۱۲	۴/۸۵۲	۰/۰۰۶	۶۱/۶۵	۱۰۱/۴۳	۶/۰۵	۰/۰۱	۱۴۵/۵۶	۱۵/۱۲

ns بی‌معنی، * و **- معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد



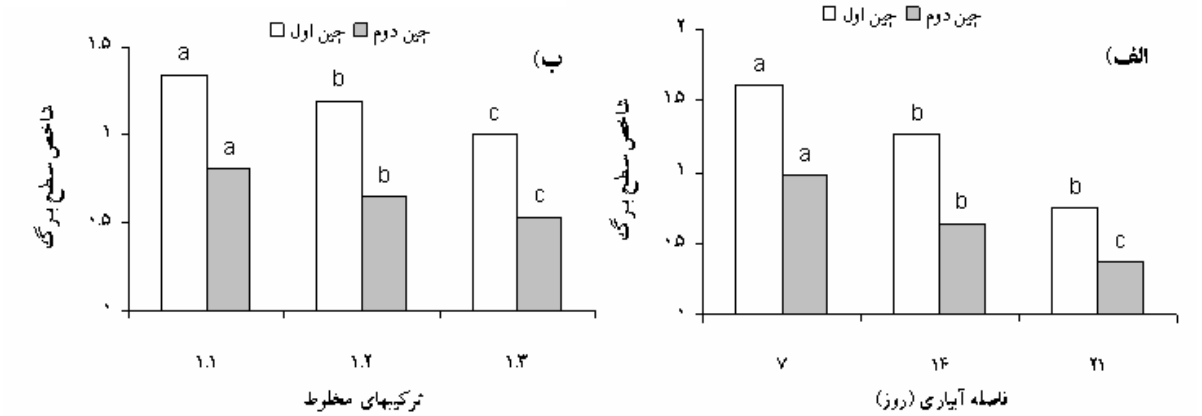
شکل ٤- (الف) اثر فاصله آبیاری و (ب) ترکیب‌های کشت مخلوط با زعفران بر ارتفاع چین اول و دوم مرزنجوش

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر چین و برای هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند (p≤۰/۰۵).

همچنین با توجه به این مطلب که مدت زمان رشد مرزنجوش در چین اول به مراتب بالاتر از دوره رشدی این گیاه در چین دوم بود، کلیه خصوصیات رشدی این گیاه در چین اول بیشتر از چین دوم بود.

ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با زعفران تأثیر معنی‌داری (p≤۰/۰۱) بر ارتفاع مرزنجوش در چین اول و دوم داشتند (جدول ۳)؛ به طوریکه بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه در چین اول و دوم به ترتیب در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (به ترتیب با ۴۵ و ۴۰ سانتیمتر) و سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (به ترتیب با ۲۵ و ۱۸ سانتیمتر) حاصل شد (شکل ۴- ب). از آنجاکه ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش در مقایسه با سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش دارای حالت متراکم‌تری بر روی ردیف‌های کاشت بود، چنین به نظر می‌رسد که رقابت برای جذب نور در تیمار ۱:۱ منجر به افزایش ارتفاع گیاه گردید. این نتایج با یافته‌های برخی از محققین نیز مطابقت دارد (۱۹ و ۲۶).

اثر فاصله آبیاری بر شاخص سطح برگ مرزنجوش در چین اول و دوم معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ این گیاه در چین اول به ترتیب در فاصله آبیاری ۷ و ۲۱ روز با ۱/۶۱ و ۰/۷۵ حاصل شد. همچنین در چین دوم مرزنجوش بالاترین و پایینترین شاخص سطح برگ به ترتیب در فاصله آبیاری ۷ و ۲۱ روز با ۰/۹۸ و ۰/۳۷ بدست آمد (شکل ۵- الف). افزایش فاصله آبیاری و اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش شاخص سطح برگ گیاه دارویی مرزنجوش شد؛ بطوریکه این امر در چین دوم آزمایش مشهودتر بود. چنین بنظر می‌رسد که افزایش فاصله آبیاری بدلیل اعمال تنش خشکی باعث بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش سرعت فتوسنتز گیاه شد و این امر منجر به کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و در نهایت کاهش سطح برگ گردید. این امر با نتایج برخی از محققین نیز مطابقت دارد (۳، ۱۳ و ۳۳).



شکل ۵- (الف) اثر فاصله آبیاری و (ب) ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با زعفران بر شاخص سطح برگ چین اول و دوم مرزنجوش

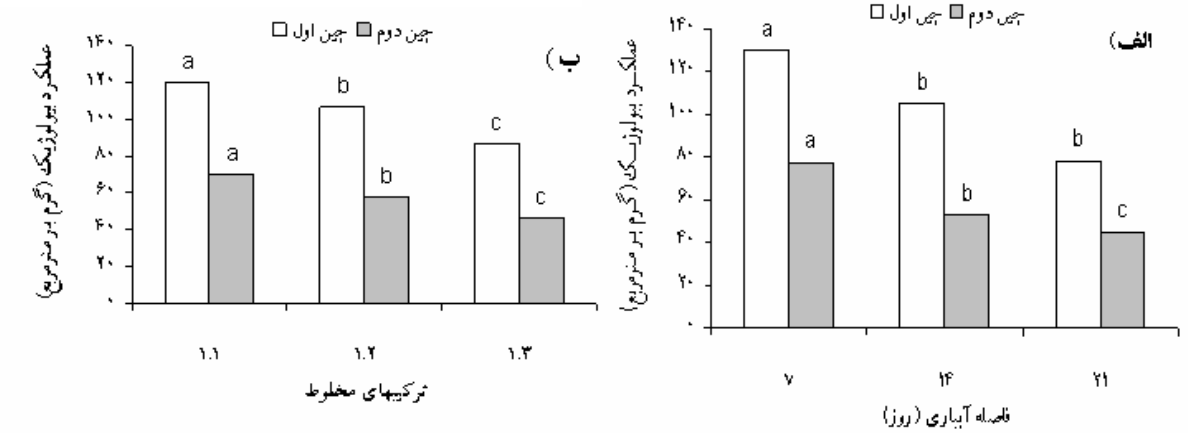
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر چین و برای هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند (p≤۰/۰۵).

ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با زعفران تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) بر شاخص سطح برگ چین اول و دوم مرزنجوش داشتند (جدول ۳)؛ به طوریکه بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ گیاه در چین اول و دوم به ترتیب در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (به ترتیب با ۱/۳ و ۱/۰) و سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (به ترتیب با ۰/۸و ۰/۵) مشاهده شد (شکل ۵- ب). چنین بنظر می‌رسد که تراکم بالاتر مرزنجوش در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش در مقایسه با سایر ترکیب‌های کاشت، بدلیل رقابت بیشتر گیاهان در ردیف‌های کاشت بر سر جذب نور منجر به افزایش شاخص سطح برگ این گیاه گردید.

تأثیر فواصل مختلف آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی چین اول مرزنجوش معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۳)؛ به طوریکه بالاترین و پایین‌ترین عملکرد بیولوژیکی این گیاه در چین اول به ترتیب در فاصله آبیاری ۷ و ۲۱ روز با ۱۳۰/۲ و ۷۸/۴ گرم بر متر مربع حاصل شد (شکل ۶- الف). از آنجا که فراهم بودن آب و عناصر غذایی کافی، رشد رویشی و زایشی مطلوب گیاه را بدنبال دارد (۳۳)، چنین بنظر می‌رسد که بدلیل رشد بهتر اندام‌های هوایی مرزنجوش، در تیمارهایی که آب کافی دریافت کرده‌اند، عملکرد بیولوژیکی افزایش یافته است. خزاعی و همکاران (۴) نیز گزارش کردند که افزایش فاصله آبیاری از ۷ به ۲۱ روز باعث کاهش عملکرد بیولوژیکی گیاه دارویی اسفرزه گردید.

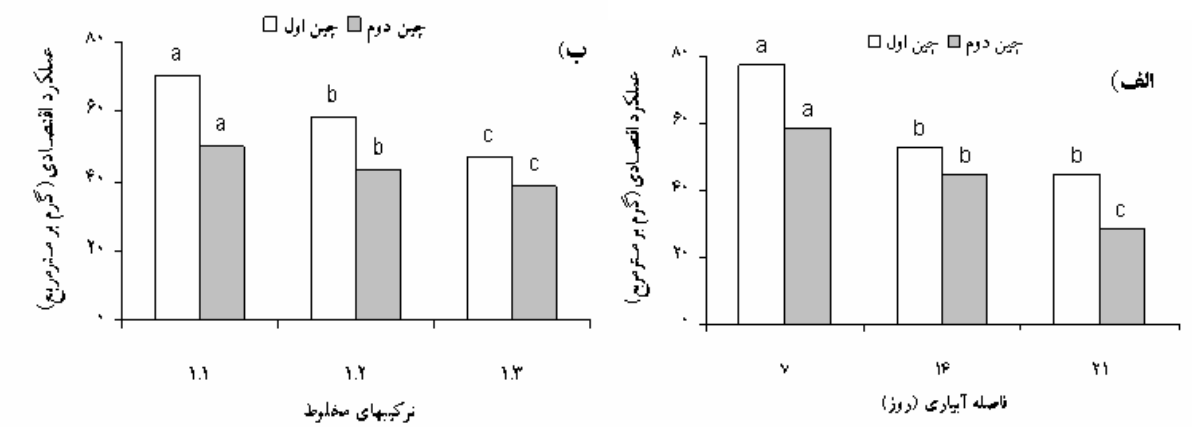
ترکیب‌های کشت مخلوط با زعفران تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد بیولوژیکی چین اول و دوم مرزنجوش داشتند (جدول ۳). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیکی مرزنجوش در چین اول به ترتیب در ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۱۱۹/۸ گرم بر متر مربع) و سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۸۷/۰ گرم بر متر مربع) مشاهده شد. در چین دوم نیز بیشترین عملکرد بیولوژیکی گیاه در نسبت ۱:۱ با ۷۰/۳ گرم بر متر مربع و کمترین میزان آن در تیمار ۱:۳ با ۴۶/۸ گرم بر متر مربع بدست آمد (شکل ۶- ب). نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش باعث افزایش ارتفاع (شکل ۴- ب) و شاخص سطح برگ (شکل ۵- ب) مرزنجوش شد که بهبود خصوصیات رشدی در نهایت منجر به افزایش عملکرد بیولوژیکی گیاه گردید.

اثر فاصله آبیاری بر عملکرد اقتصادی چین اول و دوم مرزنجوش معنی‌دار بود (جدول ۳)؛ به طوریکه بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی در چین اول و دوم در فاصله آبیاری ۷ روز (به ترتیب با ۷۷/۵ و ۵۸/۵ گرم بر متر مربع) و ۲۱ روز (به ترتیب با ۴۴/۹ و ۲۸/۳ گرم بر متر مربع) مشاهده شد (شکل ۷- الف). دلیل کاهش عملکرد اقتصادی مرزنجوش در تیمار ۲۱ روز را شاید بتوان به رشد رویشی کمتر و در نتیجه کاهش تولید سطح فتوسنتز کننده نسبت داد که این موارد کاهش سرعت فتوسنتز و به تبع آن کاهش تولید ماده فتوسنتزی را بدنبال دارد. سورندرا و همکاران (۳۶)، جانگیر و همکاران (۲۳) و حسنی و امیدبیگی (۳) نیز با بررسی اثر آبیاری و تنش خشکی بر رشد تعدادی از گیاهان دارویی گزارش کردند که آبیاری اثر معنی‌داری را بر عملکرد اقتصادی داشت؛ به طوریکه افزایش آبیاری رشد مطلوب و در نتیجه تولید عملکرد بالاتر را به همراه داشت. نتایج مطالعه اکبری‌نیا و همکاران (۱) نیز حاکی از آن است که عملکرد اقتصادی رازیانه، زنیان، انیسون (*Pimpinella anisum*) و سیاهدانه در شرایط آبیاری در مقایسه با دیم افزایش یافت.



شکل ٦- (الف) اثر فاصله آبیاری و (ب) ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با زعفران بر عملکرد بیولوژیکی مرزنجوش در چین‌های اول و دوم

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر چین و برای هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند ($p\leq$۰/۰۵).



شکل ۷- (الف) اثر فاصله آبیاری و (ب) ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با زعفران بر عملکرد اقتصادی مرزنجوش در چین‌های اول و دوم

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر چین و برای هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

ترکیب‌های کشت مخلوط با زعفران تأثیر معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر عملکرد اقتصادی چین اول و دوم مرزنجوش داشتند (جدول ۳)؛ به طوریکه بیشترین و کمترین عملکرد اقتصادی در چین اول و دوم به ترتیب در ترکیب کاشت یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (به ترتیب با ۷۰/۳ و ۴۹/۹ گرم بر متر مربع) و سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (به ترتیب با ۴۶/۸ و ۳۸/۵ گرم بر متر مربع) مشاهده شد (شکل ۷- ب). بطور کلی، ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش در مقایسه با سایر ترکیب‌های مخلوط به دلیل وجود شرایط مطلوب برای رشد گیاه، باعث افزایش تولید سطح فتوسنتزکننده بیشتر و در نتیجه بهبود عملکرد اقتصادی این گیاه شد.

تأثیر ترکیب‌های مختلف کاشت زعفران مخلوط و مرزنجوش بر نسبت برابری زمین (LER)

ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زعفران و مرزنجوش از نظر نسبت برابری زمین تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۵).

ترکیب‌های یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش و دو ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش LER بزرگتر از یک داشتند که این امر نشاندهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در این ترکیب‌ها می‌باشد. بیشترین میزان LER مربوط به ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۱/۲۱) و کمترین میزان آن در ترکیب سه ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش (۰/۸۷) بدست آمد. عملکرد نسبی زعفران در تمامی ترکیب‌های کشت مخلوط بالاتر از مرزنجوش بود (شکل ۸). بنابراین، می‌توان چنین استنباط نمود که در ترکیب‌های مختلف کاشت مخلوط، زعفران به دلیل تأثیر بیشتر از همراهی مرزنجوش اثر مثبت پذیرفته است. میرهاشمی و همکاران (۱۳) طی آزمایشی بر روی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط شنبلیله و زنیان بیان داشتند که بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین به ترتیب در تیمار مخلوط ردیفی و دو ردیفی با ۱/۴۷ و ۱/۲۸ مشاهده شد.

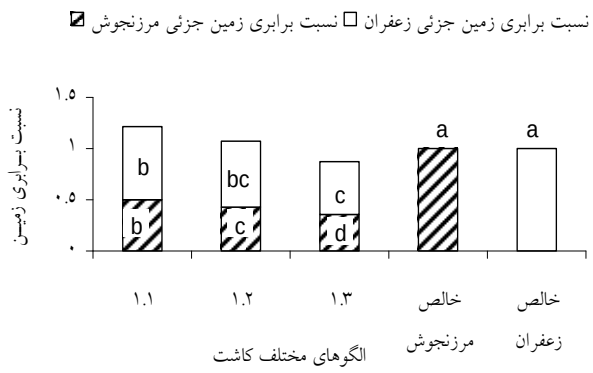
نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که کاهش تعداد دفعات آبیاری به دلیل نیاز آبی پایین زعفران باعث بهبود شرایط رشدی و در نتیجه افزایش عملکرد اقتصادی آن شد. همچنین کشت مخلوط زعفران با مرزنجوش احتمالاً بدلیل سایه‌اندازی مرزنجوش بر سطح خاک باعث خنک شدن خاک شده که این امر باعث افزایش تولید گل و عملکرد اقتصادی زعفران شدکه این امر احتمالاً می‌تواند بمنظور کاهش اثرات افزایش دما در نتیجه تغییر اقلیم در آینده مفید واقع شود.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین در ترکیب‌های کشت مخلوط زعفران و مرزنجوش

منابع تغییر	درجه آزادی	LER جزء مرزنجوش	LER جزء زعفران	LER کل
تکرار	۲	۰/۰۰۱	۰/۰۲۴	۰/۰۴۴
تیمار	۳	۰/۲۵۹**	۰/۱۰۱*	۰/۳۱۵**
خطا	۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸

* و **- معنی‌دار به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



شکل ۸- نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد اقتصادی درترکیب‌های مختلف کاشت زعفران و مرزنجوش
میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر گیاه، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون چندامنه‌ای دانکن درصد ندارند ($p\leq ۰/۰۵$).

همچنین، ترکیب یک ردیف زعفران و یک ردیف مرزنجوش در مقایسه با سایر ترکیب‌های کاشت به دلیل وجود شرایط مطلوب برای رشد مرزنجوش، باعث افزایش تولید سطح فتوسنتزکننده و بهبود عملکرد اقتصادی این گیاه و در نتیجه افزایش نسبت برابری زمین شد. بطورکلی، چنین بنظر می‌رسد که بهتر است زعفران با گیاهانی به صورت مخلوط کاشته شود که دوره رشد کوتاهتری داشته و به تعداد دفعات آبیاری کمتری نیاز داشته باشند.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح پژوهشی شماره ۸۲۸ پ، به تاریخ ۱۳۸۶/۷/۲۴ تهیه شده است. بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه و معاونت محترم پژوهشی دانشکده بخاطر تأمین اعتبار این طرح از محل اعتبارات پژوهه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱- اکبری‌نیا، ا.، ا. قلاوند، و ز. طهماسبی. ۱۳۸۱. بررسی و مقایسه عملکرد و ماده موثر زنیان، انیسون و سیاهدانه در سیستم‌های کشاورزی متداول، ارگانیک و تلفیقی. چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۴-۲ شهریور، ص ۵۳.

۲- بهنیا، م. ۱۳۷۰. زراعت زعفران. انتشارات دانشگاه تهران.

۳- حسنی، ع. و ر. امید بیگی. ۱۳۸۱. اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیسمی گیاه ریحان. دانش کشاورزی، ۳(۱۲): ۵۹-۴۷.

۴- خزاعی، ح.، م. ثابت تیموری و ف. نجفی. ۱۳۸۶. بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و میزان کاشت بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد و کیفیت گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* L.). مجله پژوهشهای زراعی ایران، ۵(۱): ۸۴-۷۷.

۵- خسروی، م. ۱۳۸۴. دیدگاه‌های اگرواکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط زیره سیاه (*Bunium persicum*) با زعفران و گیاهان یکساله. پایان نامه دکتری، رشته زراعت. گرایش اکولوژی گیاهان زراعی. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۶- رحمتی، ۱۳۸۲. نقش عوامل محیطی در تولید، عملکرد و کیفیت زعفران. سومین همایش ملی زعفران، ۱۱ و ۱۲ آذر ماه ۱۳۸۲، مشهد، ایران.

۷- سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۸۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۸- فرهودی، ف.، ا. رهنما و ح. اسماعیل زاده. ۱۳۸۲. جایگاه زعفران در کشت مخلوط. سومین همایش ملی زعفران، ۱۱ و ۱۲ آذر ماه ۱۳۸۲، مشهد، ایران.

۹- کافی، م.، م. راشدمحصل، ع. کوچکی و ع. ملافیلابی. ۱۳۸۱. زعفران فناوری تولید و فرآوری. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۱۰- کوچکی، ع.، س. نجیب نیا و ب. اله گانی. ۱۳۸۸. ارزیابی عملکرد زعفران (*Crocus sativus*) در کشت مخلوط با غلات، حبوبات و گیاهان دارویی. مجله پژوهشهای زراعی ایران، ۷(۱): ۱۸۴-۱۷۵.

۱۱- لطفی، آ.، ع. وهابی سدهی، ا. قنبری و م. حیدری. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات کمّی و کیفی اسفرزه (*Plantago ovata*

.Torssk) در منطقه سیستان. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۴(۴): ۵۱۸-۵۰۶.
۱۲- مسافری ضیاءالدینی، ح. ۱۳۸۰. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد زعفران. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۳- میرهاشمی، م.، ع. کوچکی، م. پارسا و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۸. بررسی مزیت کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در سطوح مختلف کود دامی و آرایش کاشت. مجله پژوهشهای زراعی ایران، ۷(۱): ۲۸۱-۲۷۱.
۱۴- وطن‌پور ازغندی، ع. و ن. مجتهدی. ۱۳۸۲. بررسی مطالعات انجام شده در زمینه کاربرد کشت بافت و بیوتکنولوژی در زعفران (مرور علمی). سومین همایش علمی زعفران. ۱۱ و ۱۲ آذر ماه ۱۳۸۲، مشهد، ایران.
15- Albert, N. 1999. The effect of mixed cropping saffron and pea on saffron yield. Journal of Saffron, 2: 73-78.
16- Azizi-Zohan, A., A.A. Kamgar-Haghighi, and A. R. Sepaskhah. 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. Journal of Arid Environment, 72(3): 270-278.
17- Benschop, M. 1993. Crocus, In: The physiology of flower bulbs. Hertogh, A., de. Nard, M. Leed. (Eds.) Amsterdam, Elsevier, pp.
18- De-maastro, G., and C. Ruta. 1993. Relation between corm size and saffron flowering. Acta Horticulture, 344: 512-517.
19- Falster, D.S., and M. Westoby. 2003. Plant height and evolutionary games. Trends in Ecology and Evolution, 18(7): 337-343.
20- Galavi, M., M. Soloki, S.R. Mousavi and M. Ziyaie. 2008. Effect of planting depth and soil summer temperature control on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 7: 747-751.
21- Ghorbani, R., and A. Koocheki. 2006. Organic saffron in Iran: prospects challenges. Proceedings of the 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. Mashhad, Iran. 28-30 October 2006, pp. 369-374.
22- Gliessman, S.R. 1997. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press. 357 pp.
23- Jangir, R.P., and R. Sing. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cyminum*). Indian Journal of Agronomy, 41:140-143.
24- Jones, H.G., and J.E. Corlett. 1992. Current tropics in drought physiology. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 119: 291-296.
25- Koocheki, A. 2004. Indigenous knowledge in agriculture with particular reference production in Iran. Acta Horticulture, 650: 175-182.
26- Kurashige, N.S., and A.A. Agrawal. 2005. Phenotypic plasticity to light competition and herbivory in *Chenopodium album* (Chenopodiaceae). *American* Journal of Botany, 92: 21-26.
27- Mc Gimpsey, J.A., M.H. Douglas, A.R. Wallace. 1997. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in New Zealand. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 25: 159-168.
28- Molina, R.V., M. Valero, Y. Vavarro, A. Garcia-Luis, and J.L. Guardiola. 2005. Low temperature storage of corms extends the flowering season of saffron *(Crocus sativus* L.). The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 80: 319-326.
29- Molina, R.V., M. Valerol, Y. Navarrol, J.L. Guardiola, and A. García-Luis. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae, 103: 361–379.
30- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250.
31- Negbi, M., B. Dagan, A. Dror, and D. Basker. 1989. Growth, flowering, vegetative reproduction and dormancy in the saffron crocus (*Crocus sativus* L.). Israel Journal of Botany**,** 38: 95-113.
32- Olasantan, F.O., H.C. Ezumah, and E.O. Lucas. 1996. Effects of intercropping with maize on the micro-environment, growth and yield of cassava. Agriculture, Ecosystems and Environment, 57(2-3): 149-158.
33- Passioura, J. B., A. G. Condon, and R. A. Richards. 1993. Water deficit, the development of leaf area and crop productivity. In: "Water Deficit, from Cell to Community" (eds. J.A.C. Smith and H. Griffiths). Biosciences, Publication UK. Pp. 253-264.
34- Peng, W., T. Song, R. Xiao, Z. Yang, J. Wang, S. Li, and Y. Xia. 2006. Effects of mulching and intercropping on temporal-spatial variation of soil temperature in tea plantation in subtropical hilly region. Ying Yong Sheng Tai Xue Bao, 17(5): 778-782.
35- Rangahau, M.K. 2003. Growing saffron -The world's most expensive spice. Crop and Food Research, 20: 1-4.
36- Surendra, S.R., K.P. Tomar, K.P. Gupta, A. Mohd, and K.B. Nigam. 1994. Effect of irrigation and fertility levels on growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum*). Indian Journal of Agronomy, 39:442-447.
37- Vurdu, H. 2004. Agronomical and biotechnological approaches for saffron improvement. Acts Horticulture (ISHS), 650:285-290.
38- Zhang, F., and L. Li. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient- use efficiency. Plant and Soil, 248: 305-312.