



دانشگاه گوارش و علوم باغبانی

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۷

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2018.12836.2154

اثر رقابت گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه و شنبلیله تحت شرایط تنش خشکی

*سینا فلاح^۱، راضیه کاکولوند^۲ و علی عباسی‌سورکی^۳

^۱استاد گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه اگرواکولوژی، دانشگاه شهرکرد،

^۲آستادیار گروه زراعت، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بخش زیادی از اراضی کشاورزی ایران نیز جز مناطق خشک و نیمه‌خشک است و کمبود شدید آب کشاورزی این مناطق را تهدید می‌کند. بر این اساس هر گونه راهبرد جلوگیری از کاهش اثرات تنش خشکی بر عملکرد محصولات زراعی بسیار ضروری است. در بوم‌نظام‌ها معمولاً رقابت بین گونه‌های گیاهان برای آب کم‌تر از رقابت درون‌گونه‌ای است زیرا گونه‌های مختلف دارای ساختار، نظام ریشه‌ای و دوره‌های حداکثر نیاز به آب متفاوتی هستند. بنابراین، اثرات رقابت دو گیاه شنبلیله و سیاهدانه در کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد با هدف کاهش صدمه تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این آزمایش پنج تیمار آرایش کاشت شامل کشت خالص شنبلیله، کشت خالص سیاهدانه و سه نسبت کشت مخلوط (۲:۱، ۱:۱، ۱:۲ شنبلیله و سیاهدانه) تحت شرایط سه تیمار تنش شامل بدون تنش (حفظ رطوبت خاک بین ۷۰ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) (W_1)، W_2 : تنش خشکی ملایم (آبیاری بر اساس ۷۵ درصد W_1) و W_3 : تنش خشکی شدید (آبیاری بر اساس ۵۰ درصد W_1) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در هر آبیاری حجم آب مصرفی برای هر کرت محاسبه و به‌وسیله کنترل تنظیم شد. برای گیاه شنبلیله صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزاردانه، عملکرد بوته و برای گیاه سیاهدانه نیز صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در شرایط تنش رطوبتی ملایم بیش‌ترین میزان عملکرد دانه به‌ترتیب با میانگین ۱۳۲۰ و ۱۲۲۲ کیلوگرم در هکتار در تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) و (۱:۲) مشاهده شد اما در شرایط تنش شدید بیش‌ترین میزان عملکرد دانه با میانگین ۸۴۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار مخلوط شنبلیله: سیاهدانه (۱:۲) و کم‌ترین آن با میانگین ۵۴۸ کیلوگرم در هکتار به کشت خالص شنبلیله اختصاص داشت. نسبت برابری زمین در شرایط بدون تنش در تیمار ۲:۱ کشت مخلوط شنبلیله: سیاهدانه با میانگین ۱/۲۵ بیش‌ترین مقدار بود. تحت شرایط تنش ملایم، تیمارهای کشت مخلوط دارای نسبت برابری زمین بیش‌تر از ۱ بودند. در شرایط تنش شدید، تیمارهای کشت مخلوط ۲:۱ و ۱:۱ شنبلیله: سیاهدانه به‌ترتیب با میانگین ۱/۵۰ و ۱/۲۴ دارای نسبت برابری زمین بالایی بودند.

* مسئول مکاتبه: falah1357@yahoo.com

نتیجه‌گیری: اگرچه بیش‌ترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش به‌دست آمد ولی تحت شرایط تنش خشکی ملایم و شدید عملکرد دانه در تیمارهای کشت مخلوط ۱:۲ و ۲:۱ شنبليله: سیاهدانه نسبت به تیمارهای کشت خالص از برتری چشمگیری برخوردار بود. بنابراین، می‌توان با راهبرد کشت مخلوط، گیاهان دارویی را در مناطقی که دارای مشکل کمبود آب هستند، تولید نمود و از ناپایداری کشاورزی این مناطق جلوگیری کرد.

واژه‌های کلیدی: آرایش کشت، عملکرد دانه، کشت خالص، نسبت برابری زمین

مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بیش از یک چهارم سطح زمین جز مناطق خشک و نیمه‌خشک است و تخمین زده شده است که یک‌سوم از اراضی قابل کشت تحت شرایط کمبود آب می‌باشند (۸). بنابراین، کمبود آب اغلب اولین عامل محدودکننده برای تولید گیاهان در شرایط خشک و نیمه‌خشک است (۶). تنش خشکی اثر نامطلوبی بر رشد گیاه و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد و پاسخ گیاهان به تنش خشکی در سطح سلولی و ملکولی، رشد و عملکرد آنان را محدود می‌کند (۳ و ۲۱). کمبود آب رشد رویشی و عملکرد را از طریق کاهش سطح برگ و در نتیجه فتوسنتز کاهش می‌دهد و این میزان کاهش بستگی به شدت تنش دارد. از طرفی، در گیاهان لگوم تنش خشکی یکی از عوامل مؤثر بر تثبیت نیتروژن است و فعالیت آنزیم نیتروژناز، تعداد و وزن گره‌های ریزوبیومی را کاهش می‌دهد (۲۰).

کشت مخلوط راهبردی برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی است (۲ و ۱۹). در این ارتباط گزارش شده است که در کشت مخلوط نخودفرنگی: کلزا با نسبت ۳:۱ و ۱:۱ میزان ارتفاع گیاه، وزن ۱۰۰ دانه و پروتئین دانه بیش‌تر از کشت خالص بود ولی کشت خالص و کشت مخلوط ۳:۱ به وضوح تعداد نیام در بوته، عملکرد تک‌بوته، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه نخود را در مقایسه با نسبت ۱:۱ افزایش داد (۱۶).

بهبودسازی و مدیریت آبیاری همراه با افزودن گیاه زراعی دوم به بعضی از نظام‌های زراعی از طریق کاهش تبخیر، راه‌حلی برای حفظ آب به‌شمار می‌رود (۸). در این ارتباط گزارش شده است که در کشت مخلوط گندم/ ذرت میزان مصرف آب بیش‌تر از کشت خالص است ولی افزایش ۱۴۲ درصدی عملکرد نسبت به کشت خالص گندم و ۲۳ درصدی نسبت به کشت خالص ذرت موجب افزایش ۲۶ درصدی کارایی مصرف آب شد (۹). این امر از طریق افزایش درصد پوشش گیاهی و نقش آن به‌عنوان بادشکن و کاهش میزان تبخیر قابل‌توجه است. معمولاً رقابت بین‌گونه‌ای برای آب کم‌تر از رقابت درون‌گونه‌ای است زیرا گونه‌های مختلف دارای ساختار، سیستم ریشه‌ای و دوره‌های حداکثر نیاز به آب متفاوتی هستند. در یک ترکیب مناسب، گونه‌های مختلف گیاهان زراعی می‌توانند به یکدیگر در استفاده بهتر از منابع محیطی و عمدتاً نور، عناصر غذایی و آب کمک نمایند (۱۳ و ۱۹). در واقع، کاشت گیاهان زراعی مختلف در دوره‌هایی که با یکدیگر همپوشانی دارند، می‌تواند کارایی مصرف آب در مناطق نیمه‌خشک را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش دهد (۹).

در رابطه با مصرف آب در چندکشتی، اصل تولید رقابتی و رقابت اجزای چندکشتی برای دستیابی به آب نقش کلیدی و اهمیت فراوانی دارد به‌نحوی که با انتخاب نامناسب اجزای چندکشتی، به‌ندرت گونه‌ها محیط را به سود یکدیگر تغییر خواهند داد و به این

به شدت در حال افزایش است بر این اساس، هر گونه راهبرد جلوگیری از کاهش اثرات تنش خشکی بر عملکرد محصولات زراعی بسیار ضروری است. از طرفی، دستیابی به تولید مناسب گیاهان دارویی در چنین شرایطی اهمیت زیادی دارد. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر رقابت گیاهی بر رشد و عملکرد دو گیاه شنبلیله و سیاهدانه تحت شرایط تنش خشکی اجرا گردید.

مواد روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه و ۵۰ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه و ۲۲ ثانیه شرقی و ارتفاع ۲۰۱۶ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. عامل خشکی در سه سطح شامل بدون تنش ($W_1 =$ معادل ۱۰۰ درصد نیاز رطوبتی گیاه، حفظ رطوبت خاک ۷۰ تا ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی)، تنش ملایم، ($W_2 =$ آبیاری بر اساس ۷۵ درصد W_1)، تنش شدید، ($W_3 =$ آبیاری بر اساس ۵۰ درصد W_1) در کرت‌های اصلی و عامل آرایش کاشت در پنج سطح شامل کشت خالص شنبلیله، کشت خالص سیاهدانه و سه نسبت کشت مخلوط شنبلیله و سیاهدانه (۲:۱، ۱:۱، ۱:۲) در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم رسی با pH برابر ۷/۹۸ و هدایت الکتریکی ۱/۴۷ دسی‌زیمنس بر متر و کربن آلی ۰/۷۶ درصد بود. ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم آن نیز به ترتیب ۲۳/۱۱ و ۸/۹۱ درصد بود.

بذور شنبلیله و سیاهدانه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید و کاشت هر دو گیاه در تاریخ ۱۷ خرداد به صورت هم‌زمان در ردیف‌هایی با فواصل

دلیل محدودیت رطوبت در این چنین ترکیب‌های نادرستی منجر به چیرگی یک محصول بر محصول دیگر و ایجاد خسارت اقتصادی می‌شود (۲۷). الگوهای جذب آب در گیاهانی که به صورت مخلوط کشت می‌شوند با کشت خالص متفاوت است (۴). در واقع، جذب آب توسط یک محصول به ظرفیت ریشه‌ای آن و توزیع ریشه در نیمرخ خاک بستگی دارد (۲۳).

شنبليله گیاهی است دارویی با نام علمی *Trigonella foenum-graecum* از تیره بقولات که قادر به تثبیت زیستی نیتروژن می‌باشد و در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله دیابت، سوءهاضمه، کاهش کلسترول و پرفشاری خون کاربرد دارد (۲۶). سیاهدانه نیز گیاهی دارویی با نام علمی *Nigella sativa* L. و از خانواده آلاله است که علاوه بر داشتن روغن، پروتئین و اسانس در درمان بیماری‌هایی مثل آسم، فشارخون، دیابت، التهاب، سرفه، برونشیت، اگزما، تب، سرگیجه و آنفولانزا مؤثر است (۲۶).

کاکولوند و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که با افزایش تنش خشکی، میزان کلروفیل a و b در تیمارهای مخلوط شنبلیله-سیاهدانه بیش‌تر از کشت خالص آن‌ها بود. به طوری که در گیاه شنبلیله، تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۱:۱) و کشت خالص به ترتیب با میانگین ۱۰/۵۱ و ۱۱/۵ میلی‌گرم در گرم بیش‌ترین مقدار پرولین و تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) با میانگین ۹/۷۵ میلی‌گرم در گرم کم‌ترین مقدار پرولین را دارا بودند. علاوه بر این، در گیاه سیاهدانه با افزایش شدت تنش خشکی، آرایش‌های مخلوط در مقایسه با کشت خالص دارای محتوای آب نسبی برگ بیش‌تر بودند (۱۰).

با توجه به این‌که محدودیت آب در شرایط اقلیمی کشور به‌ویژه برای محصولات بهاره و تابستانه

در سیاهدانه) برداشت گیاهان صورت گرفت. به این صورت که ابتدا ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر گیاه انتخاب و سپس در گیاه شنبليله صفاتی مانند میانگین ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته (تعداد شاخه‌های انشعاب‌یافته از شاخه اصلی)، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه و در گیاه سیاهدانه نیز ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد در واحد سطح پس از حذف دو ردیف کناری و ۲۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، بوته‌های موجود برداشته شده و عملکرد دانه تعیین گردید. سپس نمونه‌هایی جهت تعیین وزن خشک درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفت و در نهایت توزین انجام شد. همچنین، پس از جدا کردن دانه‌ها، عملکرد دانه با رطوبت ۸ درصد و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

به‌منظور ارزیابی سودمندی آرایش کشت مخلوط، شاخص نسبت برابری زمین (LER) از رابطه‌های زیر محاسبه گردید (۱۹).

$$LER = (LER_f + LER_b) \quad (3)$$

$$LER_f = Y_{fi} / Y_f \quad (4)$$

$$LER_b = Y_{bi} / Y_b \quad (5)$$

که در آن‌ها، LER_f ، LER_b و LER به‌ترتیب نسبت برابری زمین کل، نسبت برابری زمین شنبليله و نسبت برابری زمین سیاهدانه و Y_{fi} ، Y_{bi} ، Y_f ، Y_b به‌ترتیب عملکرد شنبليله در کشت مخلوط، عملکرد شنبليله در کشت خالص، عملکرد سیاهدانه در کشت مخلوط و عملکرد سیاهدانه در کشت خالص می‌باشد.

۲۵ سانتی‌متر و با تراکم بالا در کرت‌هایی به ابعاد ۲/۲۵×۲/۵ متر انجام شد. اولین آبیاری پس از کاشت انجام و آبیاری‌های بعدی در طول فصل رشد با توجه به نیاز آبی گیاه و شرایط محیطی و بر اساس تیمار مورد نظر انجام شد. در مرحله ۴ برگی، گیاهان برای رسیدن به تراکم مطلوب (۵۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع برای شنبليله و سیاهدانه) تنک شدند.

کل آب قابل استفاده گیاه (TAW) و رطوبت سهل‌الوصول (RAW) از روابط زیر محاسبه شد (۲۲).

$$TAW = ((FC - PWP)/100) \times \gamma \times Z_r \times 1000 \quad (1)$$

که در آن، FC = رطوبت حجمی ظرفیت زراعی مزرعه (درصد)، PWP = رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم (درصد)، γ = وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، Z_r = عمق ریشه (متر).

$$RAW = P \times TAW \quad (2)$$

که در آن، P = ضریب سهل‌الوصول بوده و کوچک‌تر از یک است. مقدار P به نوع گیاه و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. که برای شنبليله و سیاهدانه ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود (۲۵).

بر اساس رابطه‌های ۱ و ۲، برای تیمار آبیاری کامل معادل ۲۰۰ لیتر آب در هر کرت، برای تیمار تنش ملایم ۱۵۰ لیتر آب در هر کرت و تیمار تنش شدید ۱۰۰ لیتر آب در هر کرت توسط کنتور اعمال گردید و زمان آبیاری توسط دستگاه تاپ‌روپ در ۰/۷ ظرفیت زراعی مزرعه برای تیمار آبیاری کامل در هر آرایش کشت متناظر انجام شد. زمان شروع تیمار بعد از پنج برگی گیاه شنبليله و تنک‌کردن مزرعه اعمال شد.

در طول آزمایش وجین دستی علف‌های هرز انجام شد. در هنگام رسیدگی کامل (زرد شدن بیش‌تر برگ‌ها و غلاف‌ها در شنبليله و قهوه‌ای شدن کپسول‌ها

درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در گیاه شنبلیله، بیش‌ترین ارتفاع بوته در کشت خالص تحت شرایط بدون تنش مشاهده شد، این در حالی بود که با افزایش شرایط تنش رطوبتی در مزرعه، اختلاف ارتفاع بوته بین کشت خالص و نسبت‌های مخلوط برای گیاه شنبلیله کاهش یافت (شکل ۱ A). از سوی دیگر، در شرایط تنش شدید، تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) نسبت به کشت خالص در همان شرایط رطوبتی برتری داشت (شکل ۱ A). در کشت مخلوط گیاه نخودفرنگی با کلزا گزارش شده است که ارتفاع بوته نخودفرنگی تحت تیمارهای مخلوط افزایش ولی ارتفاع کلزا نسبت به کشت خالص کاهش یافته است (۲).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به پارامترهای مورد ارزیابی در این آزمایش، به صورت کورت خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به وسیله نرم‌افزار SAS Ver.9 انجام گردید. اثرات متقابل معنی‌دار تیمارهای آزمایشی نیز توسط نرم‌افزار MSTAT-C مقایسه شدند. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات اصلی و متقابل آرایش کاشت و تنش خشکی بر ارتفاع گیاهان شنبلیله و سیاهدانه در سطح احتمال ۱

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آرایش کشت بر میزان ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد نیم/کپسول در بوته شنبلیله و سیاهدانه تحت شرایط تنش خشکی.

Table 1. Analysis of variance (mean square) for effects of plant pattern on plant height, number of branch per plant, number of pod/capsule per plant of fenugreek and black cumin under drought stress conditions.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height		تعداد شاخه‌های جانبی Branch/plant		تعداد نیم/کپسول در بوته Pod/capsule per plant	
		سیاهدانه	شنبلیله	سیاهدانه	شنبلیله	سیاهدانه	شنبلیله
		Black cumin	Fenugreek	Black cumin	Fenugreek	Black cumin	Fenugreek
تکرار Replication	2	2.47 ^{ns}	0.745 ^{ns}	6.7*	0.146 ^{ns}	7.27 ^{ns}	2.6 ^{ns}
تنش خشکی (S) Drought stress	2	255**	111**	84**	26.25**	3229**	4660**
خطای اصلی Error a	4	0.294	0.149	6.42	0.103	23.22	4.85
آرایش کشت (P) Planting pattern	3	163**	66**	38**	3.6**	1309**	163**
S×P	6	16.5**	4.17**	1.6 ^{ns}	0.06**	94.4**	9.17**
خطای فرعی Error b	18	21.23	9.6	0.7	0.07	29.41	2.56
CV (%)		2.27	1.5	7	5	9.8	5.5

^{ns}، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

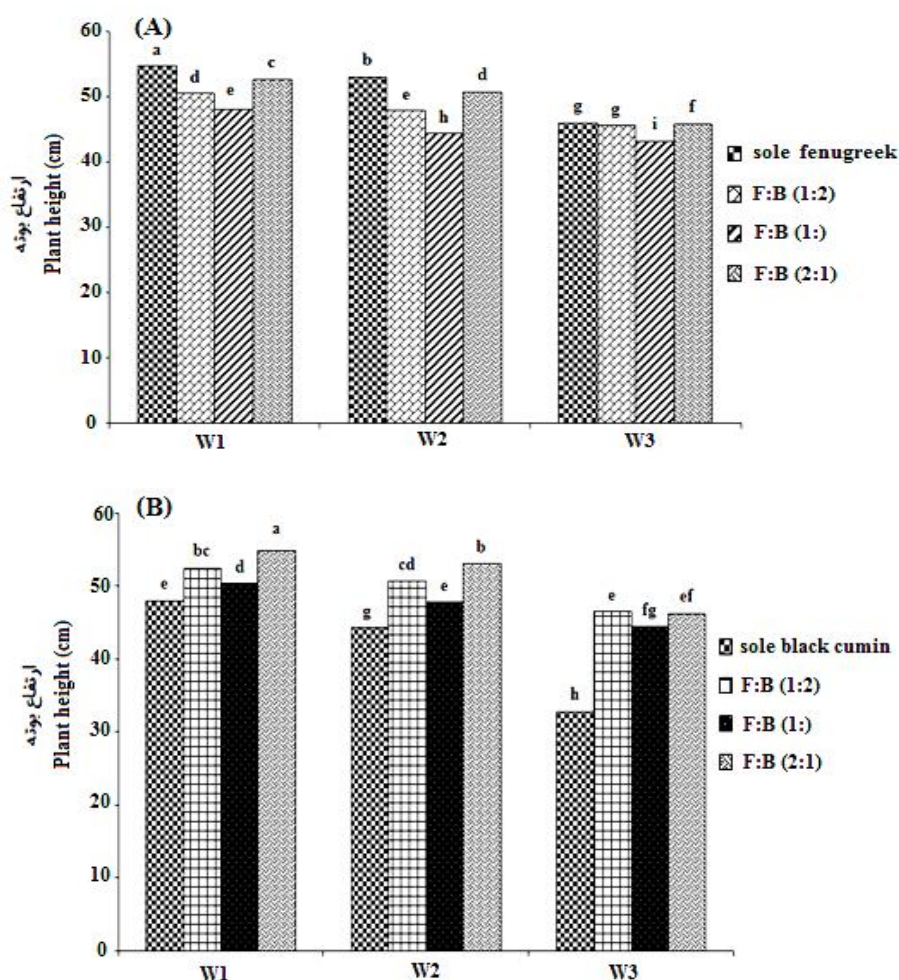
^{ns} non-significant; *, ** Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

ارتفاع بوته در کشت خالص با شیب بیش‌تری کاهش یافت در صورتی که در شرایط تنش شدید بین تیمارهای کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری وجود

برای ارتفاع گیاه سیاهدانه می‌توان بیان نمود که بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمارهای مخلوط مشاهده می‌شود (شکل ۱ B). با افزایش شدت تنش در محیط،

بیش‌ترین میزان ارتفاع با میانگین ۵۲ سانتی‌متر در کشت مخلوط ۲۵:۷۵ نخود: سیاهدانه و کم‌ترین ارتفاع ۳۴ سانتی‌متر در کشت خالص بود (۷). ممکن است در مجاورت گیاه شنبلیله برای سیاهدانه شرایط رقابت نوری ایجاد شده و سبب افزایش رشد رویشی و ارتفاع گیاه گردیده است. ضمن این‌که اثرات مثبت گیاه شنبلیله بر دسترسی گیاه سیاهدانه به عناصر غذایی نیز می‌تواند دلیلی بر افزایش رشد رویشی سیاهدانه باشد.

نداشت، اما برتری نسبت به کشت خالص در همان شرایط رطوبتی مشاهده گردید (شکل ۱ B). در کشت مخلوط سیاهدانه- ماش مشاهده شده است که کشت مخلوط سبب افزایش ارتفاع سیاهدانه شد، به طوری‌که کشت سیاهدانه: ماش (۲:۱) و کشت خالص به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع را حاصل نمود (۲۴). همچنین کشت مخلوط عدس و اسفزه، افزایش ارتفاع هر دو گیاه را به دنبال داشت (۲۱). گزارش شده است که در کشت مخلوط سیاهدانه و نخود

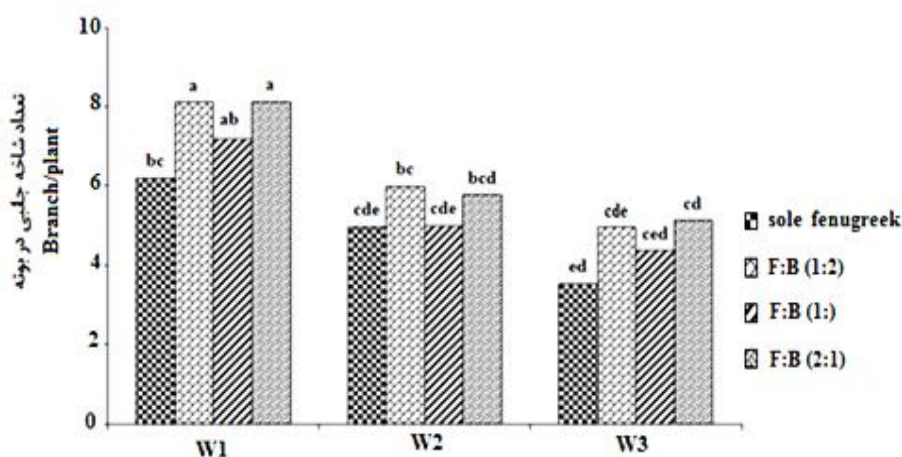


شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی با آرایش کشت بر ارتفاع بوته شنبلیله (A) و سیاهدانه (B). میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند. F, B, W₁, W₂, W₃ به ترتیب بیانگر شنبلیله، سیاهدانه، آبیاری مطلوب (بدون تنش خشکی)، تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید است.

Figure 1. Effect of planting pattern and drought stress interaction on plant height of fenugreek (A) and black cumin (B). Different letters denote significant difference at $P < 0.05$ by LSD. F, B, W₁, W₂, W₃ represents fenugreek, black cumin, full irrigated (without drought stress), mild drought stress and severe drought stress, respectively.

نظر آماری اختلافی بین آرایش‌های کشت مخلوط وجود نداشت، ولی با کشت خالص در شرایط بدون تنش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. از سوی دیگر در شرایط تنش ملایم، تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۱:۲) با کشت خالص در شرایط بدون تنش از لحاظ شاخه جانبی برابری نشان داد. این برتری در شرایط تنش شدید با نسبت‌های مخلوط در مقابل کشت خالص تحت شرایط تنش ملایم نیز مشاهده شد.

تعداد شاخه‌های جانبی: همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد شاخه‌های جانبی در گیاه شنبلیله تحت تأثیر آرایش کاشت و تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. اثر متقابل آرایش کشت با تنش خشکی فقط برای گیاه شنبلیله معنی‌دار بود ($P < 0.05$). مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲) نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی در نسبت‌های کشت مخلوط وجود داشت و از



شکل ۲- اثر متقابل تنش خشکی با آرایش کشت بر تعداد شاخه‌های جانبی شنبلیله. میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Figure 2. Effect of planting pattern and drought stress interaction on plant height of fenugreek. Different letters denote significantly different at $P < 0.05$ by LSD. See Figure 1 for abbreviations.

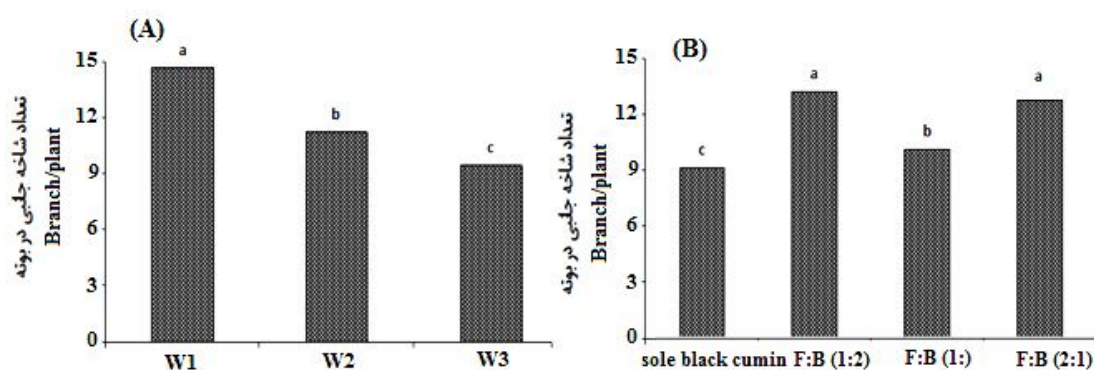
تعداد شاخه‌های جانبی نیز در کشت خالص سیاهدانه به‌دست آمد (شکل ۳ B).

کاهش تعداد شاخه جانبی به موازات افزایش شدت تنش خشکی می‌تواند در راستای کاهش حجم رویشی گیاه برای کاهش تبخیر و تعرق باشد. اما در تیمارهای مخلوط عدم تداخل آشیان اکولوژیکی دو گیاه موجب دسترسی بیش‌تر ریشه به رطوبت شده و اثرات کاهندگی تنش خشکی را در گیاه شنبلیله کم‌تر کرده است ولی گیاه سیاهدانه به احتمال زیاد به‌دلیل

در بین عوامل آزمایشی اثر متقابل آرایش کشت و تنش خشکی برای تعداد شاخه‌های جانبی سیاهدانه معنی‌دار نبود اما اثرات اصلی آرایش کشت و تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش تنش خشکی (شکل ۳ A) تعداد شاخه‌های جانبی سیاهدانه کاهش یافت. بیش‌ترین شاخه‌های جانبی گیاه سیاهدانه در تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) و (۱:۲) مشاهده شد و از لحاظ آماری مشابه بودند، کم‌ترین

کشت مخلوط با برنج نسبت به کشت خالص از تعداد شاخه‌های جانبی بیش‌تری برخوردار بود و دلیل این برتری استفاده بهتر از منابع توسط کشت مخلوط عنوان شده است (۱۷).

تحمل بیش‌تر به تنش خشکی و همچنین استفاده از مزایای تثبیت نیتروژن به وسیله گیاه سنبله تحت تأثیر اثر متقابل تیمارها قرار نگرفته است. در بررسی کشت مخلوط ماش با برنج نشان داده شده است که ماش در

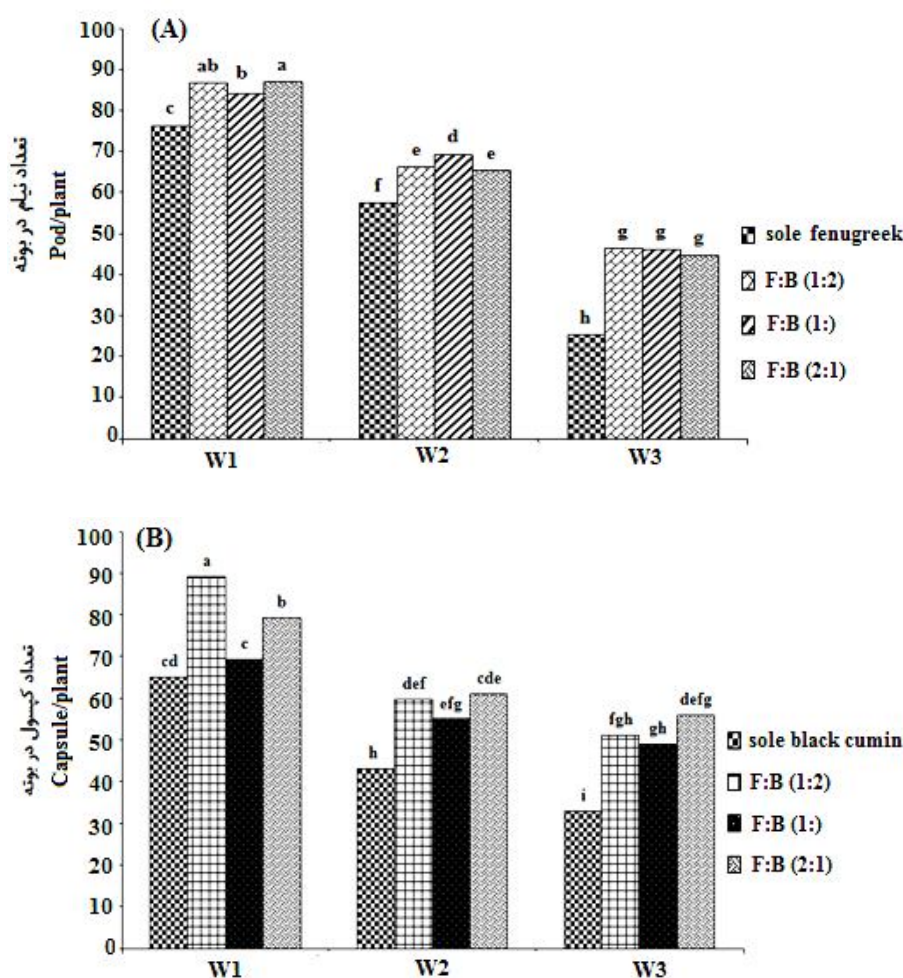


شکل ۳- اثر تنش خشکی (A) و آرایش کشت (B) بر تعداد شاخه جانبی در بوته سیاهدانه. میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Figure 3. Effect of drought stress (A) and planting pattern (B) on branch/plant of black cumin. Different letters denote significantly different at $P < 0.05$ by LSD. See Figure 1 for abbreviations.

نسبت‌های مخلوط تفاوت معنی‌داری وجود نداشته اما از برتری قابل توجهی نسبت به کشت خالص در این شرایط برخوردار بودند. به احتمال زیاد افزایش تعداد غلاف در بوته در گیاه سنبله تحت شرایط مخلوط را می‌توان به کاهش رقابت درون‌گونه‌ای به‌ویژه جذب نور بیش‌تر در سایه‌انداز در مقایسه با کشت خالص نسبت داد. پژوهشگران در بررسی کشت مخلوط ماش و ذرت، افزایش تعداد غلاف در بوته تیمارهای مخلوط را در مقایسه با کشت خالص به افزایش فضای قابل‌دسترس در اطراف سایه‌انداز نسبت دادند (۵).

تعداد غلاف/ کپسول: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها در گیاه سنبله نشان داد که تعداد نیام در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر آرایش کشت ($P < 0.01$) و تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱). اثرات متقابل آرایش کشت با تنش خشکی بر تعداد نیام در بوته و تعداد کپسول در بوته به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۴ اثر متقابل آرایش کشت و تنش خشکی را نشان می‌دهد. در شرایط بدون تنش، بیش‌ترین تعداد نیام در تیمارهای سنبله: سیاهدانه (۱:۲) و (۲:۱) مشاهده شد، با افزایش میزان تنش خشکی مشاهده شد که بین



شکل ۴- اثر متقابل تنش خشکی با آرایش کشت بر تعداد نیام بوته سنبليله (A) و تعداد کپسول در بوته سیاهدانه (B). میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Figure 4. Effect of planting pattern and drought stress interaction on pod/plant of fenugreek (A) and capsule/plant of black cumin (B). Different letters denote significantly different at P<0.05 by LSD. See Figure 1 for abbreviations.

به ترتیب در تیمارهای سنبليله: سیاهدانه (۱:۲) و (۲:۱) به‌دست آمد. افزایش تعداد غلاف/ نیام در بوته برای هر دو جز مخلوط تحت شرایط مختلف رطوبتی به‌ویژه تنش شدید بیانگر استفاده مناسب از عوامل محیطی بوده است. در شرایط تنش خشکی تیمارهای کشت مخلوط به‌دلیل حفظ محتوای آب نسبی برگ و همچنین حفاظت از ساختار کلروفیل‌ها موجب کاهش اثرات تنش شده است. نتایج آزمایش کشت مخلوط سیاهدانه و ماش نشان داد که بیش‌ترین تعداد کپسول

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) بر روی گیاه سیاهدانه بیانگر آن است که تعداد کپسول در بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر عوامل اصلی و اثر متقابل این عوامل قرار گرفت. در شکل ۴ B، مقایسه میانگین‌ها را می‌توان مشاهده نمود که در تیمارهای کشت خالص با افزایش تنش خشکی تعداد کپسول در بوته با شیب تندی کاهش پیدا می‌کند. بیش‌ترین تعداد کپسول در بوته تحت شرایط بدون تنش و برابر با ۹۰ و ۸۰ کپسول در بوته

آرایش کاشت و اثر متقابل بر تعداد دانه در کپسول در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مطابق مقایسه میانگین در شکل ۵ A در گیاه شنبلیله تحت شرایط بدون تنش تفاوت معنی‌داری در تعداد دانه در نیام مشاهده نشد اما در تنش خشکی ملایم تعداد دانه در نیام در تیمارهای مخلوط از برتری نسبت به کشت خالص برخوردار بودند. تحت شرایط تنش شدید کم‌ترین میزان تعداد دانه در نیام در کشت خالص مشاهده شد که نسبت به حالت بدون تنش با کاهش ۷۶ درصد همراه بود.

سیاهدانه در نسبت مخلوط سیاهدانه: ماش (۲:۳) به‌دست آمده است (۲۴). همچنین کشت مخلوط اسفرزه و عدس سبب افزایش تعداد غلاف عدس گردید (۱). سایر پژوهشگران نیز افزایش تعداد غلاف نخود را در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گزارش کرده‌اند (۲).

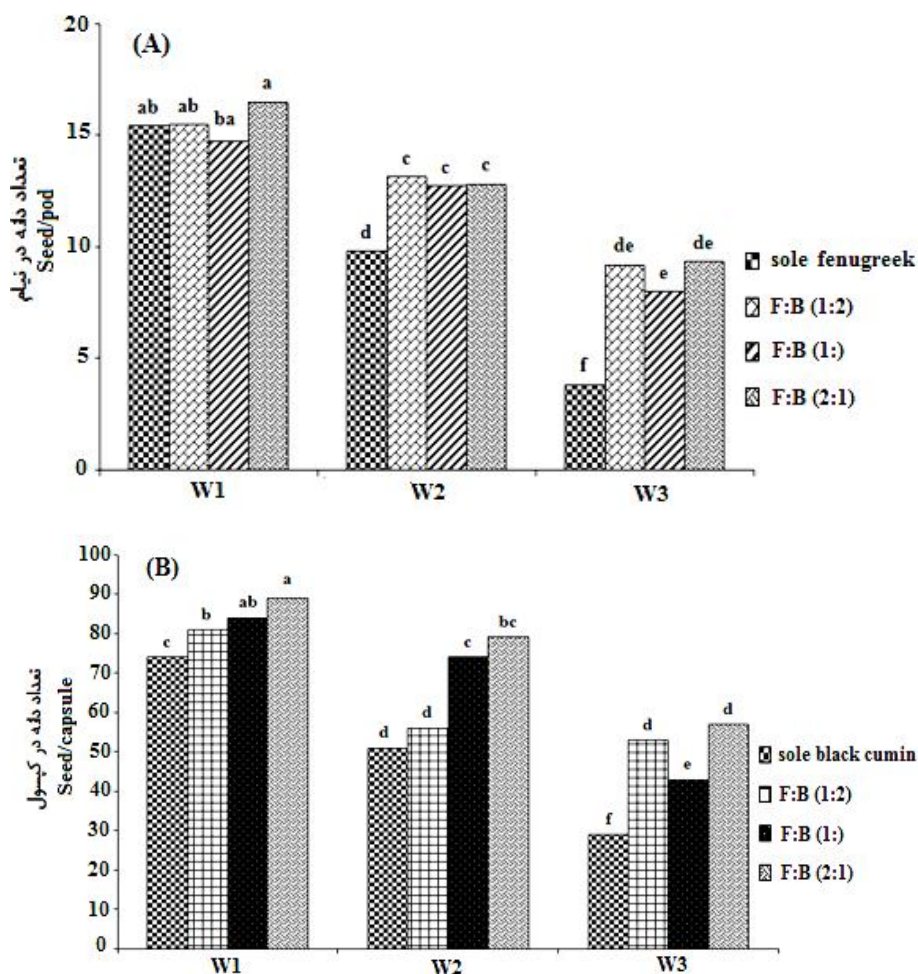
دانه در نیام/ کپسول: نتایج تجزیه واریانس برای گیاه شنبلیله نشان داد که تعداد دانه در نیام تحت‌تأثیر تیمارهای تنش خشکی، آرایش کاشت و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفت. برای گیاه سیاهدانه مشاهده شد که اثرات اصلی تنش خشکی و

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر آرایش کشت بر تعداد دانه در نیام/ کپسول، وزن هزاردانه و عملکرد دانه شنبلیله و سیاهدانه تحت شرایط تنش خشکی.

Table 2. Analysis of variance (mean square) for effects of plant pattern on plant height, number of seed per pod/capsule, 1000-weight seed and yield of fenugreek and black cumin under drought stress conditions.

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی [§] df	تعداد دانه در نیام/ کپسول Seed per pod/capsule		وزن هزاردانه 1000-weight seed		عملکرد Yield	
		سیاهدانه Black cumin	شنبلیله Fenugreek	سیاهدانه Black cumin	شنبلیله Fenugreek	سیاهدانه Black cumin	شنبلیله Fenugreek
		تکرار Replication	2	27.7 ^{ns}	1.07 ^{ns}	2.82 ^{ns}	2.13 ^{ns}
تنش خشکی (S) Drought stress	2	3932**	145**	181**	141**	575895**	
خطای اصلی Error a	3 (4)	19.84	1.27	12.52	0.34	19584	
آرایش کشت (P) Planting pattern	3 (4)	847**	27.97**	92.74**	44.64**	411539**	
S×P	6 (8)	132**	8.97**	9.47 ^{ns}	2.14 ^{ns}	95425**	
خطای فرعی Error b	18 (24)	14.24	0.66	6.77	0.83	12583	
CV (%)		5.85	6.76	10.08	3.51	6.61	

^{ns} و ^{**} به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. [§] اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده درجه آزادی برای عملکرد دانه است.
^{ns} non-significant; ** Significant at 0.01 probability level. [§] The numbers in bracket indicate the degree of freedom for seed yield.



شکل ۵- اثر متقابل تنش خشکی با آرایش کشت بر تعداد دانه در نیام شنبلیله (A) و تعداد دانه در کپسول سیاهدانه (B). میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

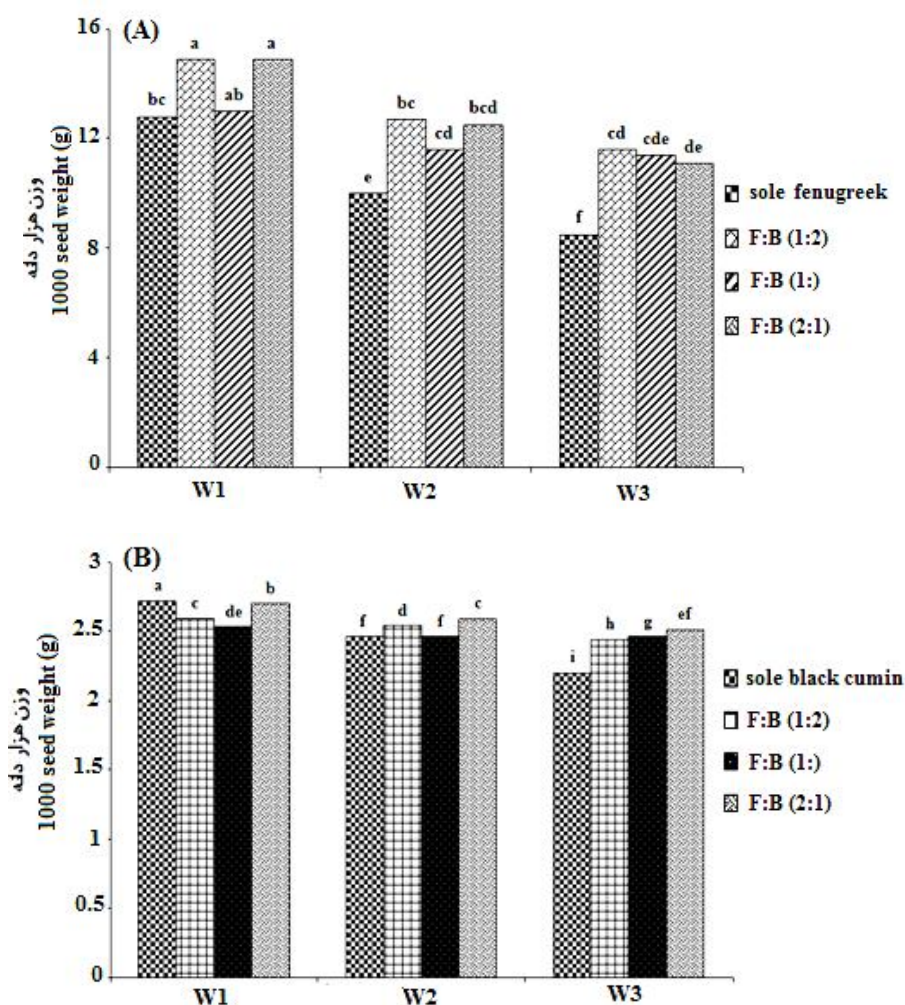
Figure 5. Effect of drought stress and planting pattern interaction on seed/pod of fenugreek (A) and seed/capsule of black cumin (B). Different letters denote significantly different at $P < 0.05$ by LSD.

به‌نظر می‌رسد گیاه شنبلیله در شرایط مطلوب رطوبتی از مزایای مخلوط جهت حفظ پتانسیل غلاف‌های تشکیل شده استفاده نموده است ولی در گیاه سیاهدانه برتری اندک تعداد دانه در کپسول مشاهده می‌شود. با ایجاد تنش رطوبتی شرایط مخلوط برای هر دو گیاه به‌گونه‌ای بوده است که تعداد دانه در غلاف/کپسول افزایش معنی‌داری داشته است و این نتیجه بیانگر وضعیت نسبتاً مطلوب رطوبت برای فتوسنتز طی تشکیل دانه می‌باشد که از عقیم شدن گل‌ها ممانعت نموده است. در این ارتباط

برای گیاه سیاهدانه تحت شرایط بدون تنش می‌توان بیان داشت که بیش‌ترین تعداد دانه در کپسول با میانگین ۸۹ دانه در کپسول در تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) مشاهده شد. با افزایش میزان تنش خشکی تعداد دانه در کپسول در کشت خالص کاهش شدیدی نشان داده شد. تحت شرایط تنش شدید کم‌ترین میزان تعداد دانه در کپسول با میانگین ۲۹ دانه در کپسول در کشت خالص مشاهده گردید و همچنین شیب کاهش تعداد دانه در نیام در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بیش‌تر بود (شکل ۵ B).

شرایط بدون تنش خشکی بیشترین وزن هزاردانه در تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) و (۱:۲) مشاهده گردید. در صورتی‌که بین کشت خالص و تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۱:۱) اختلاف معنی وجود نداشت اما با کاهش میزان رطوبت در خاک (شرایط تنش ملایم) تفاوت بین کشت خالص و تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۱:۱) بیش‌تر نشان داده شد. در شرایط تنش شدید، بین تیمارهای مخلوط تفاوت آماری مشاهده نشد، اما اختلاف آن‌ها با کشت خالص معنی‌دار بود.

مشاهده شده است که تعداد دانه در سنبله گیاه اسفرزه در کشت مخلوط با عدس افزایش می‌یابد (۲۱).
وزن هزاردانه: طبق نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ در گیاه شنبلیله اثرات اصلی تنش خشکی و آرایش کشت بر وزن هزاردانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل تنش خشکی و آرایش کشت نیز در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. بر اساس مقایسه میانگین‌ها شکل ۶ A می‌توان بیان نمود که بیش‌ترین کاهش وزن هزاردانه در اثر تنش خشکی با کشت خالص شنبلیله حاصل شده است. در



شکل ۶- اثر متقابل تنش خشکی با آرایش کشت بر وزن هزاردانه شنبلیله (A) و سیاهدانه (B). میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Figure 6. Effect of drought stress and planting pattern interaction on 1000 weight seed of fenugreek (A) and black cumin (B). Different letters denote significantly different at $P < 0.05$ by LSD.

معنی دار بود (جدول ۲). شکل ۷ بیانگر آن است که در شرایط بدون تنش، بیشترین میزان عملکرد دانه با میانگین ۲۵۳۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۱:۲) مشاهده شد و بین دیگر نسبت‌های مخلوط و کشت خالص دو گیاه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط تنش رطوبتی ملایم بیشترین میزان عملکرد دانه به ترتیب با میانگین ۱۳۲۰ و ۱۲۲۲ کیلوگرم در هکتار به تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) و (۱:۲) اختصاص داشت اما در شرایط تنش شدید بیشترین میزان عملکرد دانه با میانگین ۸۴۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار مخلوط شنبلیله: سیاهدانه (۱:۲) و کمترین آن با میانگین ۵۴۸ کیلوگرم در هکتار به کشت خالص شنبلیله اختصاص داشت. به احتمال زیاد سایه‌اندازی خوب گیاهان در کشت مخلوط باعث ایجاد سایه و جلوگیری از کاهش رطوبت اطراف ریشه می‌شود (۲۸). علاوه بر این توسعه متفاوت سیستم ریشه‌ای دسترسی به آب و عناصر غذایی را در شرایط مخلوط تسهیل نموده و با بهبود تعداد غلاف/کپسول در بوته (شکل ۴)، تعداد دانه در غلاف/کپسول (شکل ۵) و پرشدن دانه (شکل ۶) نسبت به کشت خالص عملکرد را به شدت افزایش می‌دهد (شکل ۷). این کاهش خسارت تنش رطوبتی باعث افزایش و ثبات عملکرد نظام زراعی می‌شود. کریمر و کاسمن (۲۰۰۸) بیان داشتند که اهداف متنوعی برای کشت مخلوط قابل ذکر است که عمده‌ترین آن‌ها استفاده بهتر از شرایط محیطی موجود، افزایش عملکرد در واحد سطح، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کیفیت و کمیت محصول، افزایش کارایی مصرف آب و ایجاد تنوع و ثبات در بوم‌نظام زراعی می‌باشد (۱۱). کومار و سینگ (۲۰۰۶) نیز در کشت مخلوط خردل هندی و دال عدس نشان دادند با افزایش درصد دال عدس، افزایش در عملکرد دانه و زیست‌توده کشت مخلوط

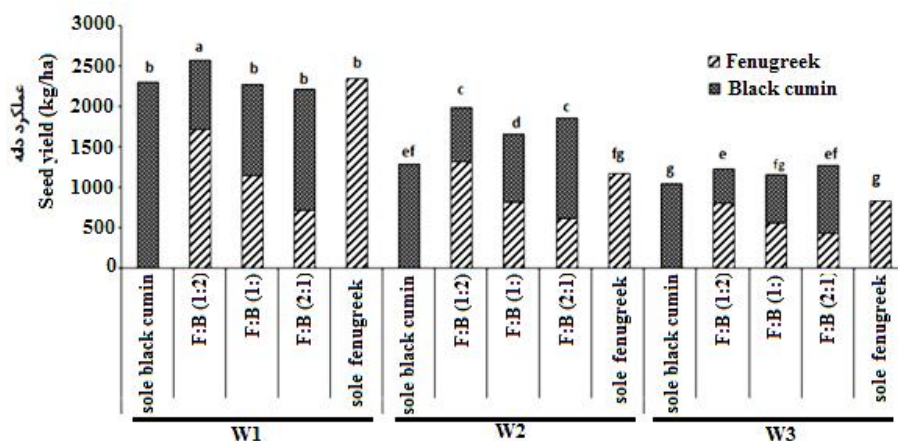
همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود وزن هزاردانه گیاه سیاهدانه تحت تأثیر آرایش کاشت و تنش خشکی و همچنین اثر متقابل آرایش کشت با تنش رطوبتی گرفت ($P < 0/01$). مقایسه میانگین وزن هزاردانه سیاهدانه در شکل ۶ B نشان داده شده است. تحت شرایط بدون تنش، بیشترین وزن هزاردانه گیاه سیاهدانه در کشت خالص مشاهده شد اما با افزایش تنش خشکی (شرایط تنش ملایم و تنش شدید) مشاهده شد که میزان کاهش وزن هزاردانه در کشت خالص سیاهدانه نسبت به تیمارهای مخلوط بیشتر است. این در حالی بود که وزن هزاردانه در شرایط تنش شدید در تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) نسبت به کشت خالص سیاهدانه در شرایط تنش ملایم برتری نشان داد. این امر نشان‌دهنده تأثیر کم‌تر تنش‌های خشکی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است.

در ارتباط با برتری وزن هزاردانه تیمارهای مخلوط می‌توان بیان نمود که تفاوت در سیستم ریشه‌ای با دسترسی بهتر رطوبت و عناصر غذایی می‌تواند فتوسنتز گیاه و به تبع تداوم پرشدن دانه را موجب شود (۲۸). علاوه بر این مشاهده روند کاهش وزن هزاردانه دو گیاه به موازات تنش خشکی بیانگر آن است که گیاه شنبلیله در مقایسه با سیاهدانه از شرایط مخلوط برای پرشدن دانه استفاده بهتری نموده است که علت آن ممکن است به دلیل تحمل بیشتر گیاه سیاهدانه به خشکی و یا بذور ریز آن باشد که تغییرپذیری کم‌تری داشته‌اند. در مطالعه کشت مخلوط سیاهدانه و شنبلیله گزارش شده که بیشترین میزان وزن هزاردانه در تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۱:۲) مشاهده شد (۲۶).

عملکرد دانه: اثر تنش رطوبتی و آرایش کشت و اثرات متقابل تنش خشکی با آرایش کشت بر مجموع عملکرد دانه دو گیاه در سطح احتمال ۱ درصد

بقولات می‌توانند باعث افزایش پایداری تولید و بهبود وضعیت خاک و کارایی مثبت این نظام از نظر عملکرد دانه شود (۱۴).

مشاهده می‌شود (۱۲). لی و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعات خود روی کشت مخلوط برخی گیاهان با بقولات بیان نمودند که تثبیت نیتروژن توسط اعضای

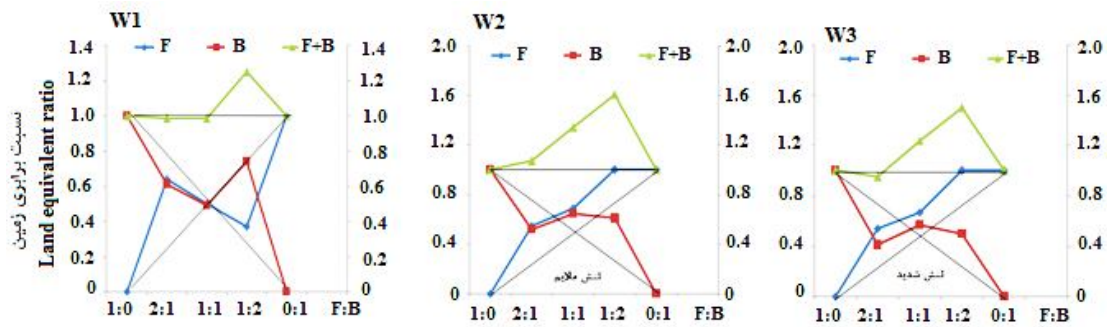


شکل ۷- اثر متقابل آرایش کشت با تنش خشکی بر عملکرد دانه شنبلیله و سیاهدانه. میانگین‌های دارای حروف متفاوت بر اساس آزمون LSD دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

Figure 7. Effect of planting pattern and drought stress interaction on seed yield of fenugreek and black cumin. Different letters denote significantly different at $P < 0.05$ by LSD. See Figure 1 for abbreviations.

داده شده است که در تنش خشکی، میزان کلروفیل a و b در تیمارهای مخلوط شنبلیله- سیاهدانه بیش‌تر از کشت خالص آن‌ها بود. به‌طوری‌که در گیاه شنبلیله، تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۱:۱) و کشت خالص به‌ترتیب با میانگین ۱۰/۵۱ و ۱۱/۵ میلی‌گرم در گرم بیش‌ترین مقدار پرولین و تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) با میانگین ۹/۷۵ میلی‌گرم در گرم کم‌ترین مقدار پرولین را دارا بودند. علاوه بر این، در گیاه سیاهدانه با افزایش شدت تنش خشکی، آرایش‌های مخلوط در مقایسه با کشت خالص دارای محتوای آب نسبی برگ بیش‌تر بودند (۱۰). در کشت مخلوط عدس و اسفرزه نسبت برابری زمین در همه تیمارهای مخلوط بیش‌تر از یک به‌دست آمد (۲۱). علت بالا بودن نسبت برابری زمین بیش‌تر از یک را می‌توان تثبیت و جذب نیتروژن در بقولات دانست (۱ و ۱۸). به‌طورکلی افزایش نسبت برابری زمین در مخلوط نسبت به تک‌کشتی توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (۱۵).

نسبت برابری زمین: نسبت برابری زمین در شرایط بدون تنش در تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) با میانگین ۱/۲۵ بیش‌ترین مقدار بود. تحت شرایط تنش ملایم تیمارهای مخلوط نسبت به کشت خالص از نسبت برابری بیش‌تری برخوردار بودند (شکل ۸). در شرایط تنش شدید تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) و (۱:۱) به‌ترتیب با میانگین ۱/۵۰ و ۱/۲۴ از برتری معنی‌داری برخوردار بودند. برتری نسبت برابری زمین در نسبت‌های مخلوط تحت شرایط تنش ملایم و شدید نسبت به کشت خالص نشان‌دهنده بهره‌وری بهتر از رطوبت در کشت مخلوط و تا حدودی کاهش اثرات تنش خشکی می‌باشد. از دلایل این افزایش به‌طور کلی رقابت برون‌گونه‌ای کم‌تر نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای محصولات در کشت خالص می‌باشد که از اختلاف در نیازهای غذایی، ساختار ریشه‌ای، سامانه فتوسنتزی، طول دوره رشد، ارتفاع دو گیاه و اختلاف زمانی در حداکثر نیاز، ناشی می‌شود. نشان



شکل ۸- اثر آرایش کاشت بر نسبت برابری زمین شنبلیله و سیاهدانه تحت شرایط تنش خشکی.

Figure 8. Planting pattern effect on land equivalent ratio of fenugreek and black cumin under drought stress. See Figure 1 for abbreviations.

تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) مقدار LER واقعی از مقدار پیش‌بینی شده کم‌تر است. به‌طور کلی برای صفت مذکور مجموع دو گیاه در کشت مخلوط از رابطه مکملی مثبت پیروی می‌کنند، به‌جز تحت شرایط تنش شدید در نسبت شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) رابطه با‌دارندگی دو جانبه مشاهده شد. به احتمال زیاد در این تیمار به‌دلیل وجود دو ردیف شنبلیله رقابت درون‌گونه‌ای باعث کاهش عملکرد گردیده است زیرا این گیاه نسبت به تنش خشکی از حساسیت بیشتری نسبت به سیاهدانه برخوردار است.

نتیجه‌گیری

اگرچه به‌طور کلی بیش‌ترین عملکرد دانه شنبلیله و سیاهدانه در شرایط بدون تنش به‌دست آمد ولی عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش در تیمار ۱:۲ شنبلیله: سیاهدانه در مقایسه با تیمارهای کشت خالص افزایش معنی‌داری نشان داد. در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید عملکرد دانه در تیمارهای ۱:۲ و ۲:۱ شنبلیله: سیاهدانه نسبت به تیمارهای کشت خالص از برتری چشمگیری برخوردار بود. بیش‌ترین میزان نسبت برابری زمین تحت شرایط تنش خشکی ملایم و شدید در تیمار ۱:۲ شنبلیله: سیاهدانه مشاهده شد.

نسبت برابری زمین تحت شرایط بدون تنش برای گیاه شنبلیله نشان داد که برای تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۱:۲) مقدار LER واقعی کم‌تر از مقدار پیش‌بینی شده می‌باشد اما در تیمار (۱:۱) مقدار LER واقعی و پیش‌بینی شده برابر بوده است و در تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) مقدار LER واقعی بیش‌تر از مقدار پیش‌بینی شده است. برای گیاه سیاهدانه می‌توان بیان داشت که در تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) و (۱:۱) میزان LER واقعی و پیش‌بینی شده برابر بود. اما در تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) مقدار LER واقعی بیش‌تر از مقدار پیش‌بینی شده بود. به‌طور کلی تحت شرایط تنش ملایم و میزان LER در تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۱:۲) و (۱:۱) بیش‌تر از کشت خالص و مقدار پیش‌بینی شده است و از رابطه مکملی مثبت پیروی می‌کند. تحت شرایط تنش شدید در گیاه شنبلیله مشاهده می‌شود که در تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۱:۱) و (۱:۲) مقدار LER واقعی از مقدار پیش‌بینی شده بیش‌تر است ولی در تیمار شنبلیله: سیاهدانه (۲:۱) مقدار LER واقعی از مقدار پیش‌بینی شده کم‌تر بود. برای گیاه سیاهدانه تحت شرایط تنش ملایم و شدید در تیمارهای شنبلیله: سیاهدانه (۱:۲) و (۱:۱) مقدار LER واقعی از مقدار پیش‌بینی شده بیش‌تر است در

کمبود آب تولید کرد و از ناپایداری کشاورزی این مناطق جلوگیری نمود.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌نمایم.

به احتمال زیاد تفاوت در عمق گسترش ریشه‌ها (با هدف به حداقل رساندن رقابت برای آب) و دوره‌های حداکثر نیاز به آب متفاوت در دو گیاه از عوامل مهم در کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی در کشت مخلوط می‌باشد. بنابراین، می‌توان با راهبردی کشت مخلوط گیاهان دارویی را در مناطق دارای مشکل

منابع

- Baldé, A.B., Scopel, E., Affholder, F., Corbeels, M., Silva, F.A.M.D., Xavier, J.H.V. and Wery, J. 2011. Agronomic performance of no-tillage relay intercropping with maize under smallholder conditions in Central Brazil. *Field Crops Res.* 124: 240-251.
- Baharlouie, S. and Fallah, S. 2015. Optimization of use of nitrogen for growth and yield of canola and pea intercropping. *J. Crop Prod. Process.* 5: 17. 31-42. (In Persian)
- Benabdellah, K., Abbas, Y., Abourouh, M., Aroca, R. and Azcón, R. 2011. Influence of twobacterial isolates from degraded and non-degraded soils and arbuscularmycorrhizae fungiisolated from semi-arid zone on the growth of *Trifolium repens* under drought conditions Mechanisms related to bacterial effectiveness. *Eur. J. Soil Biol.* 47: 303-309.
- Chimonyo, V.G.P., Modi, A.T. and Mabhaudhi, T. 2016. Water use and productivity of a sorghum-cowpea-bottle gourd intercrop system. *Agric. Water Manage.* 165: 82-96.
- Dhingra, K.K., Dhillon, M.S., Grewal, D.S. and Sharma, K. 1991. Performance of maize and mungbean intercropping in different planting patterns and row orientations. *Indian J. Agron.* 36: 207-212.
- Fallah, S., Malekzadeh, S. and Pessarakli, M. 2017. Seed priming improves seedling emergence and reduces oxidative stress in *Nigella sativa* under soil moisture stress. *J. Plant Nutr.* In Press.
- Gholinezhad, E. and Rezaei-Chiyaneh, E. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iran. J. Crop Sci.* 16: 3. 236-249. (In Persian)
- He, J., Du, Y.L., Wang, T., Turner, N.C., Yang, R.P., Jin, Y., Xi, Y., Zhang, C., Cui, T., Fang, X.W. and Li, F.M. 2017. Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought. *Agric. Water Manage.* 179: 236-245.
- Hu, F., Feng, F., Zhao, C., Chai, Q., Yu, A., Yin, W. and Gan, Y. 2017. Integration of wheat-maize intercropping with conservation practices reduces CO₂ emissions and enhances water use in dry areas. *Soil Till. Res.* 169: 44-53.
- Kakulvand, R., Fallah, S. and Abassi Sourki, A. 2017. Effects of species competition on photosynthetic pigments, prolin relative water content, and essence fenugreek (*Trigonella foenum graceum*) and black cumin (*Nigella sativa* L.) under drought stress conditions in intercropping system. *J. Plant Proc. Func.* 6: 255-270. (In Persian)
- Kremer, R.J. and Kussman, R. 2008. Intercropping with Kura Clover Improves Soil Quality in a Pecan Agroforestry System [abstract]. SWCS Meeting Abstracts. Soil and Water Conservation Society Annual Meeting. July 26-30, 2008, Tuscan, AZ. Available: <http://www.swcs.org/08ac>.
- Kumar, A. and Singh, B.P. 2006. Effect of row ratio and phosphorus level on performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Indian mustard (*Brassica Juncea* L.) intercropping. *Indian J. Agron.* 51: 100-102.

13. Lal, B., Rana, K.S., Rana, D.S., Shivay, Y.S., Sharma, D.K., Meena, B.P. and Priyanka Gautam. 2017. Biomass, yield, quality and moisture use of *Brassica carinata* as influenced by intercropping with chickpea under semiarid tropics. J. Saudi Soc. Agric. Sci. In Press, Corrected Proof, Available online 6 January 2017.
14. Li, L., Tang, C., Rengel, Z. and Zhang, F.S. 2002. Chickpea facilitates phosphorus uptake by intercropped wheat from an organic phosphorus source. Plant Soil. 248: 297-303.
15. Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A. and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content and competition in pea-cereal intercropping system. Eur. J. Agron. 34: 287-294.
16. Mahfouz, H. and Migawer, E.A. 2004. Effect of intercropping, weed control treatment and their interaction on yield and its attributes of chickpea and canola. Egypt J. Appl. Sci. 19: 4. 84-101.
17. Mandal, B.K., Dhara, M.C., Mandal, B.B., Das, S.K. and Nandy, R. 1990. Rice mung bean, soybean and blackgram yield under different intercropping systems. Agron. J. 82: 1063-1066.
18. Monti, M., Pellicanò, A., Santonoceto, C., Preiti, G. and Pristeri, A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. Field Crop. Res. 196: 379-388.
19. Neamatollahi, E., Jahansuz, M.R., Mazaheri, D. and Bannayan, M., 2013. Intercropping. In: Lichtfouse, E. (ed.), Sustainable Agriculture Reviews Sustainable Agriculture Reviews 12. Springer Dordrecht Heidelberg New York London.
20. Pimratch, S., Jogloy, S., Vorasoo, N., Toomsan, B., Patanothai, A. and Holbrook, C. 2008. Relationship between biomass production and nitrogen fixation under drought stress conditions in peanut genotypes with different levels of drought resistance. Agron. J. 194: 15-25.
21. Rafiei Shirvan, M. and Asgharipour, M.R. 2009. Response of yield and morphological traits of some mung bean (*Vigna radiate* L.) genotypes to drought. Agroecol. J. (J. New Agric. Sci.) 5: 15. 67-76. (In Persian)
22. Ramamohan Reddy, K., Venkateswara Rao, B.V. and Sarala, C. 2014. Water use efficiency through drip irrigation in water scarcity area-a case study. In: Proceedings of 4th international conference on Hydrology and Watershed Management (ICHWAM-2014): With a Focal Theme on Ecosystem Resilience-rural and Urban Water Requirements (29th October - 1st November, 2014). 1265p.
23. Ren, Y., Liu, J., Wang, Z. and Zhang, S. 2016. Planting density and sowing proportions of maize-soybean intercrops affected competitive interactions and water use efficiencies on the Loess Plateau, China. Eur. J. Agron. 72: 70-79.
24. Rezvani Moghadam, R., Raofi, M.R., Rashed Mohassel, M.H. and Moradi, R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek) - black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. J. Agroecol. 1: 65-79. (In Persian)
25. Richard, G.A., Pereira, S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper. No. 56, Rome Italy.
26. Rostaei, M., Fallah, S. and Abbasi Surki, A. 2015. Effect of fertilizer sources on growth, yield and yield components of fenugreek intercropped with black cumin. Electron. J. Crop Prod. 7: 197-22. (In Persian)
27. Zhang, F. and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interaction in intercropping systems enhances crops productivity and nutrient-use efficiency. Plant Soil. 248: 305-312.
28. Zhang, J., Liu, J., Yang, C., Du, S. and Yang, W. 2016. Photosynthetic performance of soybean plants to water deficit under high and low light intensity. South Afric. J. Bot. 105: 279-287.

