نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۳۴۲-۳۳۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 3, Fall. 2014, p. 335-342

استفاده از مدل رقابتی واکنش سطح به‌منظور بررسی رقابت در تراکم‌ها و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*)

علیرضا کوچکی[1*]- مهدی نصیری محلاتی[2]- یاسر علی‌زاده[3]- روح‌اله مرادی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۵/۳

چکیده

مدل واکنش سطح میزان عملکرد را بر اساس تراکم پیش‌بینی می‌کند و دارای اهمیت خاصی در برآورد رقابت و میزان کاهش عملکرد در تراکم‌های مختلف و انتخاب تراکم بهینه از نظر عملکرد می‌باشد. به منظور ارزیابی میزان رقابت بین و درون گونه‌ای دو گیاه کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در شرایط کشت مخلوط و خالص آزمایشی در سال زراعی ۸۹- ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۱۶ تیمار به اجرا در آمد. بر اساس پیش بینی مدل، حداکثر عملکرد دانه در یک بوته ایزوله لوبیا، ۳۳ گرم بوده که از حداکثر عملکرد کنجد (۱۷ گرم در بوته) بیشتر بود. فضای مورد نیاز برای رسیدن به حداکثر عملکرد در لوبیا ۰/۶ مترمربع و در کنجد ۰/۱ مترمربع بود. لوبیا در رقابت با کنجد چه در تولید دانه و چه تولید بیوماس گیاه برتر بود و ضریب رقابتی برای دانه و بیوماس لوبیا به ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۳ به دست آمد که نشان‌دهنده مهم‌تر بودن رقابت درون‌گونه‌ای نسبت به بین گونه‌ای در لوبیا بوده و برای کنجد ضریب رقابتی ۲/۶ و ۲/۹ به ترتیب برای تولید دانه و بیوماس به دست آمد که نشان دهنده مهم تر بودن رقابت بین گونه‌ای نسبت به درون‌گونه‌ای در کنجد می‌باشد. بیشترین عملکرد کنجد و لوبیا در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و ۲۰ بوته در متر مربع به ترتیب با ۱۹۵ و ۳۰۰ گرم در متر مربع به دست آمد. بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۱۴) نیز در تیمار ۲۰ بوته لوبیا ۱۰ بوته کنجد در متر مربع مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تراکم، رقابت، کشت مخلوط، مدل واکنش سطح، نسبت برابری زمین

مقدمه

پایداری هر بوم‌نظام، ارتباط مستقیمی با تنوع موجودات زنده آن دارد. به نظر بوم شناسان کشاورزی افزایش تنوع در نظام‌های کشاورزی، میزان وابستگی به نهاده های خارجی را کاهش داده و فرایند تولید پایدار غذا را با تکیه بر منابع درونی بوم‌نظام، به ارمغان می آورد (۲۵). یکی از رهیافت‌های رسیدن به کشاورزی پایدار، افزایش تنوع در بوم نظام های کشاورزی با به کارگیری مخلوطی از گیاهان، از گونه‌ها و ارقام مختلف می‌باشد. اهداف متنوعی برای کشت مخلوط قابل ذکر است که چند مورد شامل افزایش عملکرد در واحد سطح وکاهش ریسک تولید (۲۳)، استفاده بهتر از شرایط محیطی موجود، ثبات عملکرد در شرایط مختلف محیطی، افزایش کارایی مصرف آب و مواد غذایی، جلوگیری از فرسایش خاک و کاهش استفاده از سموم و مواد شیمیایی در بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌باشد (۲). به طور کلی، اثرات مثبت فوق در بالا در کشت مخلوط به عوامل مختلفی مانند ترکیب گونه‌های زراعی، ارقام انتخابی، تراکم گیاهی، سهم هر یک از گیاهان زراعی در کشت مخلوط (تراکم نسبی هرگیاه)، ترتیب و فاصله قرار گرفتن آنها از یکدیگر که تعیین کننده میزان رقابت بین گیاهان است، بستگی دارد (۱۳). درحقیقت زمانی اثرات مثبت کشت مخلوط نمایان می گردد که رقابت بین گونه ای موجود در کشت مخلوط کمتر از رقابت درون گونه ای در کشت خالص گردد و این عامل باعث افزایش عملکرد در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گردیده و نسبت برابری زمین بالاتر از ۱ به

۱و ۲- استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir)
۳- دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد و عضو هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ایلام
۴- دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد و عضو هیات علمی گروه زراعت، دانشکده بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

دست می آید (۱۵).

بسیاری از مطالعات انجام شده در زمینه رقابت بر رابطه بین عملکرد و تراکم متمرکز شده است و بر این اساس مدل‌های مختلفی برای بررسی تغییر عملکرد در شرایط تغییر تراکم طراحی شده که در آزمایشات مختلف کاربرد دارند (۱۴). بیشترین مطالعات انجام شده در زمینه رقابت بین گیاهان در کشت مخلوط بر اساس مطالعات سری‌های افزایشی و جایگزینی می باشد (۱۶). در سری ها افزایشی یکی از گیاهان دارای تراکم ثابت بوده (گیاه اصلی) و تراکم گیاه دیگر تغییر می کند. بسیاری از محققان معتقدند که سری های افزایشی دارای اشکالاتی می‌باشد زیرا تغییر در کل تراکم به طور همسان با تغییر در نسبت تراکم گیاهان متفاوت می باشد (۱۶). طراحی تیمارهای مختلف برای فرق گذاشتن بین تاثیر تراکم کل با اثر تغییر تراکم نسبی گیاهان کار دشواری است. در سری های جایگزینی کل تراکم دو گیاه رقابت کننده ثابت می باشد و نسبت بین دو گونه تغییر می کند. بر اساس نتایج حاصل از سری های جایگزینی می‌توان گونه غالب در رقابت و میزان اختلاف نیچ گونه‌ها را اندازه گیری کرد (۱۱). در حقیقت در این آزمایشات با استفاده از ضریب ازدحام نسبی[1] جمعیت میزان تهاجم یک گونه در برابر گونه دیگر قابل اندازه گیری است (۸). این ضریب می تواند یک شاخص مفید برای اندازه گیری توان رقابت نسبی گونه ها با یکدیگر باشند ولی برخی از محققان عقیده دارند که ضریب ازدحام نسبی با تغییر تراکم کل تغییر می کند (۵ و ۶). همچنین کونولی (۵) بیان کرد که طرح های جایگزینی در اصل تک بعدی بوده و نسبت های مختلف نقاطی بر خطهای مشابه از یک سیستم دو بعدی هستند.

مدل‌های مختلفی نیز برای پیش‌بینی رقابت گیاهان به وجود آمده‌اند (۹ و ۲۱). این مدلها به صورت رگرسیونهای خطی یا غیر خطی عملکرد گیاهان را بر اساس تابعی از تعداد، بیوماس، فاصله و الگوی پراکنش گیاهان همجوار ارزیابی می کنند. یکی از این مدل‌ها، مدل رقابتی واکنش سطح[2] می باشد این مدل حاصل ترکیب معادله‌های هایپربولیک تراکم-عملکرد گیاهان بوده که تراکم در این مدل متغییر مستقل بوده و عملکرد، متغییر وابسته این مدل می‌باشد. فایربانک و واتکینسون (۹) مدل واکنش سطح را توسعه داده و در سیستمهای زیستی به کار بردند که مدل آنها با مدل ساده کیزلینگ و همکاران (۱۰) که از رگرسیون چند جمله ای استفاده می‌کرد متفاوت بود. به طور کلی مدل واکنش سطح تراکم مطلوب از نظر عملکرد را پیش بینی می‌کند و همچنین به خوبی می توان با این مدل میزان رقابت درون و بین گونه ای را اندازه گیری کرد. برخی محققین از مدل واکنش سطح برای بررسی رقابت در کشت مخلوط استفاده کرده و گزارش نمودند که این مدل ها به خوبی قادر به ارزیابی رقابت درون و بین گونه‌ای می‌باشند (۲۰ و ۲۲).

بیشتر آزمایشات انجام شده در کشت مخلوط در یک تراکم خاص و یا با یک سری از ترکیبات افزایشی یا جایگزینی انجام گرفته و صرفا بر عملکرد متمرکز بوده است بر این اساس هدف از این آزمایش استفاده از مدل واکنش سطح برای مقایسه تراکم های مختلف گیاهان کنجد و لوبیا با ترکیب های مختلف، از نظر میزان رقابت و عملکرد می باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. شرایط شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش بر اساس آنالیز خاک به شرح زیر بود (جدول۱).

جدول۱- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

نیتروژن (ppm)	فسفر (ppm)	پتاسیم(ppm)	pH	EC(dS/m)
۱۵/۵	۲۵	۱۱۹	۷/۴۷	۱/۲

آزمایش بصورت طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار و ۱۶ تیمار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص و مخلوط دو گیاه لوبیا[3] و کنجد[4] به شرح زیر بودند

کشت خالص لوبیا با تراکم ۱۵، ۲۰، ۲۵ بوته در متر مربع (b1، b2، b3) و کشت خالص کنجد با تراکم ۳۰، ۴۰، ۵۰ بوته در متر مربع (s1، s2، s3)، تیمارهای کشت‌های مخلوط شامل: لوبیا ۴ بوته در متر مربع و کنجد ۲۲ بوته در متر مربع (b1S5)، لوبیا ۵ بوته، کنجد ۳۰ بوته در متر مربع (b2s6)، لوبیا ۵ بوته، کنجد ۴۰ بوته در متر مربع (b2S7)، لوبیا ۸ بوته، کنجد ۱۵ بوته در متر مربع (b3s3)، لوبیا ۱۰ بوته کنجد ۲۰ بوته در متر مربع (b4s4)، لوبیا ۱۰ بوته، کنجد ۳۰ بوته در متر مربع (b4S6)، لوبیا ۱۱ بوته، کنجد ۸ بوته در متر مربع (b5s1)، لوبیا ۱۵ بوته، کنجد ۱۰ بوته در متر مربع (b6s2)، لوبیا ۱۵ بوته، کنجد ۲۰ بوته در متر مربع (b6s4)، لوبیا ۲۰ بوته، کنجد ۱۰ بوته در متر مربع (b7s2) بود.

رقم مورد استفاده برای لوبیا رقم بوته‌ای ناز و برای کنجد رقم

1 - Relative crowding coefficient (RCC)
2 - Response surface model

3- *Phasaeolous vulgaris*
4- *Sesamus indicum*

تک شاخه اکتان بود. کاشت در کرتهایی به ابعاد ۳×۴ متر مربع با ۶ ردیف به فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. تنظیم تراکم بر اساس فاصله دو بوته بر روی ردیف انجام شد بر این اساس فاصله بوته های لوبیا بر روی ردیف برای تراکم ۱۵ بوته در متر مربع، ۱۳ سانتی‌متر، برای تراکم ۲۰ بوته در متر مربع، ۱۰ سانتی‌متر و تراکم ۲۵ بوته در متر مربع، ۷ سانتی‌متر بوده و فاصله بوته‌های کنجد بر روی ردیف برای تراکم ۳۰ بوته در متر مربع، ۶ سانتی متر، تراکم ۴۰ بوته در متر مربع، ۵ سانتی متر و تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، ۴ سانتی متر بود. در شرایط کشت مخلوط علاوه بر تنظیم فاصله بین بوته‌ها، با تغییر تعداد ردیف کاشت هر یک از گیاهان در تیمارهای مختلف، تراکم‌های مدنظر اعمال گردید. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر ۷ روز یکبار بصورت نشتی انجام شد. عملیات تنک کاری به منظور رسیدن به تراکم مورد نظر در مرحله ۴-۳ برگی و مبارزه با علف‌های هرز در ۴ نوبت به صورت دستی انجام گرفت. کود شیمیایی مصرفی حدود ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود که پس از عملیات تنک-کاری به مزرعه داده شد.

در پایان فصل رشد میزان عملکرد کل و تک بوته و بیوماس کل و تک بوته اندازه‌گیری شد و در تیمارهای مختلف با معادله های غیر خطی مدل واکنش سطح (معادله‌های ۱ و۲)، برازش داده شده و ضرایب رقابتی دو گیاه در شرایط کشت مخلوط و خالص به دست آمد (۱۴).

$$w_b = w_{mb}[1+a_b(N_b+\alpha N_s)]^{-C_b} \quad (۱)$$

$$w_s = w_{ms}[1+a_s(N_s+\beta N_b)]^{-C_s} \quad (۲)$$

که در این معادلات w: میانگین عملکرد، Wm: حداکثر عملکرد بوته در شرایط واحد، a: میزان زمین مورد نیاز برای به دست آمدن حداکثر عملکرد واحد، C، ضریب معادله بوده که نشان دهنده انحنای مدل واکنش سطح می باشد، آلفا نشان دهنده ضریب رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای در لوبیا و بتا نیز نشان دهنده ضریب رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه‌ای در کنجد بوده و اندیس‌های b و s به ترتیب به لوبیا و کنجد بر می‌گردد.

برای ارزیابی کشت مخلوط نیز از شاخص نسبت برابری زمین (LER[1]) در معادلات ۳ و ۴ استفاده گردید

$$LER = RY_{\text{گونه اول}} + RY_{\text{گونه دوم}} \quad (۳)$$

$$RY = \frac{Y_i}{Y_m} \quad (۴)$$

که در این معادلات Y_i= عملکرد گونه I در مخلوط و Y_m = عملکرد همان گونه در تک کشتی می‌باشد

لازم به ذکر است LER برای کشت مخلوطها نسبت به تراکمی از کشت خالص که بالاترین عملکرد را دارد محاسبه گردید.

برای آنالیزداده‌ها از نرم افزار SAS استفاده گردیده و مقایسه میانگین ها با آزمون LSD با سطح احتمال ۵٪ انجام شد و برای رسم شکل از نرم افزار Slide Write استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی رقابت لوبیا و کنجد با استفاده از مدل واکنش سطح

حداکثر عملکرد (Wm) تک بوته لوبیا از تک بوته کنجد بالاتر بود (جدول۲) و از طرفی گیاه بزرگتر به فضای بیشتر برای رشد نیاز دارد و بر این اساس میزان زمین مورد نیاز لوبیا برای رسیدن به حداکثر عملکرد از کنجد بیشتر بود (جدول۲). نتایج حاصل از برازش داده‌ها با معادله‌های واکنش سطح نیز نشان داد (شکل۱) که حداکثر عملکرد دانه برای لوبیا ۳۳ گرم در هر بوته بوده و سطح مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر عملکرد در لوبیا ۰/۶ مترمربع به دست آمد.

همچنین ضرایب رقابتی به دست آمده نشان می‌دهد که لوبیا در رقابت با کنجد گیاه غالب بود. برای لوبیا اثر رقابت درون گونه‌ای نسبت به اثر رقابت بین گونه‌ای بیشتر بوده، به طوریکه ضریب رقابتی ۰/۳۵ برای لوبیا نشان دهنده این موضوع است که هر بوته کنجد ۰/۳۵ یک بوته لوبیا، برای گیاه لوبیا ایجاد رقابت می‌کند که این نشان دهنده کم شدن رقابت برای گیاه لوبیا در شرایط کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد. حداکثر عملکرد دانه برای گیاه کنجد ۱۷ گرم در بوته به دست آمده و سطح زمین مورد نیاز کنجد برای رسیدن به حداکثر عملکرد دانه، ۰/۱ مترمربع بود (شکل۲ و جدول ۲)، همانطور که از برازش داده‌ها در شکل ۲ مشخص است ضریب رقابتی برای دانه کنجد ۲/۶ به دست آمده است که نشان می‌دهد در کنجد رقابت بین گونه‌ای از اهمیت بیشتری نسبت به رقابت درون گونه‌ای برخوردار بوده به طوریکه یک بوته لوبیا ۲/۶ برابر بیشتر از یک بوته کنجد، برای گیاه کنجد ایجاد رقابت کرده است و یا به عبارتی اثر ۲/۶ بوته کنجد مشابه اثر یک بوته لوبیا بود.

همانطور که از شکل‌های ۱ و۲ و ضرایب جدول ۲ مشخص است که برای بیوماس، میزان رقابت بزرگ‌تر بود به طوریکه ضرایب به دست آمده از برازش داده ها نشان می دهد که نسبت رقابت بین گونه‌ای به درون گونه‌ای در لوبیا از ۰/۳۵ برای عملکرد دانه به ۰/۳ برای عملکرد بیوماس رسید که این نشان می دهد که رقابت اصلی در لوبیا که همان رقابت درون گونه‌ای بوده تاثیر بالاتری بر بیوماس نسبت به عملکرد دانه گذاشته است. از طرفی ضریب رقابتی در کنجد، از ۲/۶ به ۲/۹ رسید، که نشان می دهد اثر رقابت بین گونه‌ای بر بیوماس کنجد بیش از رقابت درون گونه‌ای بوده به طوریکه در شرایطی که فقط بیوماس مورد بررسی قرار گیرد هر بوته لوبیا رقابتی

1- Land equivalent ratio

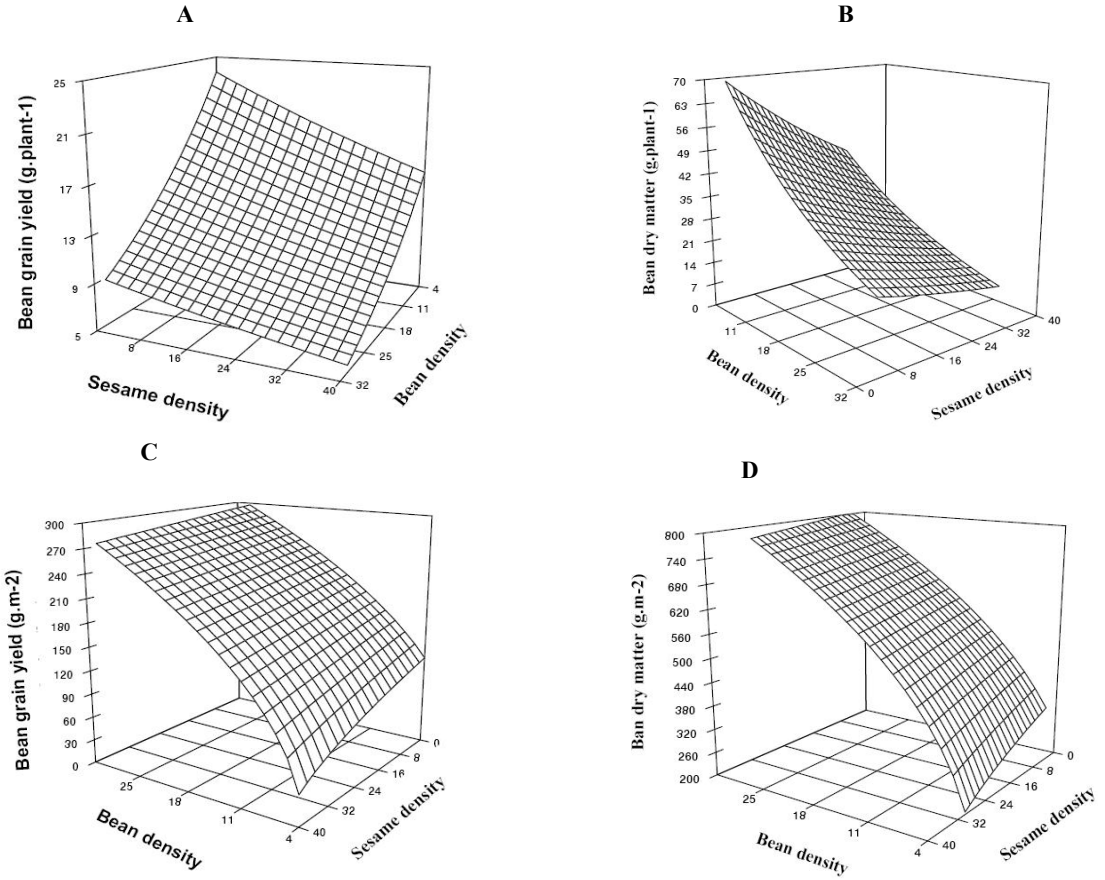
معادل ۲/۹ بوته کنجد ایجاد می‌کند در حالیکه این عدد در شرایط بررسی عملکرد دانه معادل ۲/۶ بوته کنجد بود.

در بحث عملکرد دانه، به طور کل رقابت درون گونه‌ای غالب در کشت مخلوط مربوط به گیاه لوبیا بوده، که از عکس ضریب رقابتی گیاه لوبیا ($1/0.35$) می‌توان میزان آن را برآورد کرد که برابر با ۲/۹ می‌گردد در حالیکه حداکثر ضریب رقابتی که نشان دهنده رقابت بین گونه‌ای است برابر ۲/۶ برای عملکرد دانه گیاه کنجد بوده است که این نشان می‌دهد که میزان رقابت درون گونه‌ای در این کشت مخلوط از رقابت بین گونه‌ای به طور کلی کمتر بوده که همین امر برای تولید بیوماس نیز وجود داشت به طوریکه بالاترین رقابت درون گونه‌ای برای تولید بیوماس در گیاه لوبیا بوده که حدود ۳/۱ بود در حالیکه بالاترین رقابت بین گونه‌ای ۲/۹ به دست آمد.

جدول۲- ضرایب به دست آمده از برازش داده‌ها با مدل واکنش سطح

عملکرد	گونه	Wm $g.plant^{-1}$	a $M^2.plant^{-1}$	α or β	R^2
دانه	لوبیا	۳۳	۰/۶	۰/۳۵	۰/۹۵
دانه	کنجد	۱۷	۰/۱	۲/۶	۰/۹۲
بیوماس	لوبیا	۹۱	۰/۷۶	۰/۳	۰/۸۹
بیوماس	کنجد	۵۸	۰/۲	۲/۹	۰/۸۶

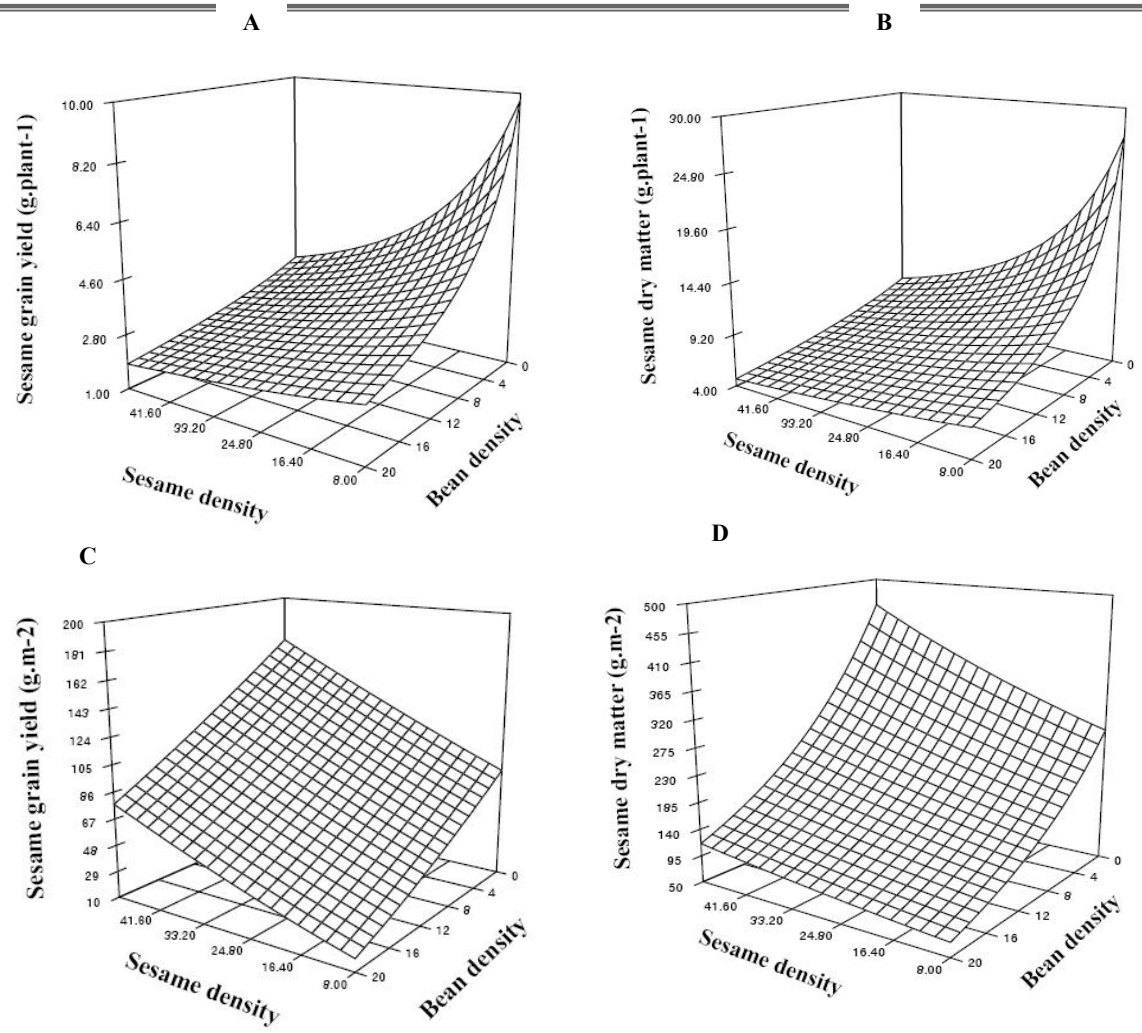
Wm: حداکثر عملکرد در تک بوته ایزوله a: سطح زمین مورد نیاز برای رسیدن به حداکثر عملکرد آلفا: ضریب رقابتی برای لوبیا و بتا ضریب رقابتی برای کنجد



شکل ۱- تغییرات عملکرد و بیوماس گیاه لوبیا نسبت به تغییر تراکم لوبیا و کنجد در تک بوته لوبیا (A، B) و در واحد سطح (C، D)

معادله‌های غیرخطی استفاده شده و ضرایب برای برازش داده‌ها به شرح زیر می‌باشند.

$$Wm= 33[1+0.6(N_b + 0.35N_s)]^{-0.55} \quad R^2= 0.95$$
$$Wm= 91[1+0.76(N_b + 0.3N_s)]^{-0.59} \quad R^2= 0.89$$



شکل ۲- تغییرات عملکرد و بیوماس گیاه کنجد نسبت به تغییر تراکم لوبیا و کنجد در تک بوته کنجد (A، B) و در واحد سطح (C، D).

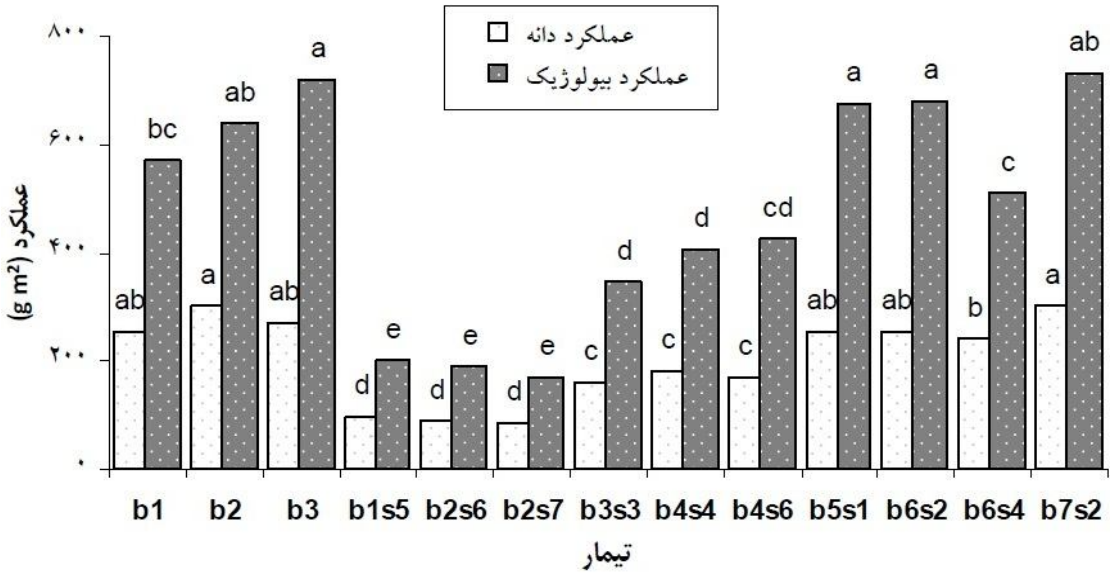
معادله‌های غیرخطی استفاده شده و ضرایب برای برازش داده‌ها به شرح زیر می‌باشند

$Wm=17[1+0.1(N_s + 2.6N_b)]^{-0.88}$ $R^2= 0.98$

$Wm=58[1+0.2(N_s + 2.9N_b)]^{-0.84}$ $R^2= 0.96$

این موضوع نشان می‌دهد که به طورکلی در این کشت مخلوط میزان رقابت بین گونه‌ای کمتر از میزان رقابت درون گونه‌ای بوده و این می تواند دلیلی بر مناسب بودن کشت مخلوط این دو گیاه باشد به طوریکه در آزمایشات مشابه برخی از محققین (۱۷ و ۲۴) بیان نمودند که در شرایطی که رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای باشد اشتقاق نیچ اتفاق افتاده و اثرات مثبت کشت مخلوط بروز می‌کند. در این مطالعه ضرایب رقابتی به دست آمده از مدل واکنش سطح نشان دهنده نسبت رقابت بین گونه‌ای به درون گونه‌ای بوده بنابراین کمتر از ۱ بودن آن نشان‌دهنده بیشتر بودن رقابت درون گونه‌ای و بالاتر از ۱ بودن آن نشان‌دهنده کمتر بودن رقابت درون گونه‌ای می باشد (۹). و همانطور که عنوان شد در یک گیاه (لوبیا) رقابت درون گونه‌ای بالاتر بوده و در کنجد رقابت بین گونه‌ای ولی به طور کلی در این مطالعه رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای به دست آمد. در بررسی رقابت در کشت مخلوط کنجد با ماش، سویا و لوبیا چشم بلبلی سه شاخص ضریب ازدحام نسبی[1]، ضریب چیرگی[2] و ضریب رقابت[3] مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که میزان رقابت در تمامی این کشت مخلوط‌ها کمتر از رقابت موجود در تک کشتی این گیاهان بوده به طوریکه هر چه تیمارها از کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری با تعداد نوارهای بیشتر تغییر کردند میزان رقابت افزایش یافت تا اینکه بیشترین میزان رقابت در کشت خالص این گیاهان به دست آمد (۱۹).

1- Relative crowding coefficient
2- Relative crowding coefficient
3- Competitive ratio



شکل ۳ – عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط و کشت خالص

(کشت خالص لوبیا با تراکم ۱۵، ۲۰، ۲۵ بوته در متر مربع (b1، b2، b3) لوبیا ۴ بوته در متر مربع و کنجد ۲۲ بوته در متر مربع (b1S5)، لوبیا ۵ بوته، کنجد ۳۰ بوته در متر مربع (b2s6)، لوبیا ۵ بوته، کنجد ۴۰ بوته در متر مربع (b2S7)، لوبیا ۸ بوته، کنجد ۱۵ بوته در متر مربع (b3s3)، لوبیا ۱۰ بوته کنجد ۲۰ بوته در متر مربع (b4s4)، لوبیا ۱۰ بوته، کنجد ۳۰ بوته در متر مربع (b4S6)، لوبیا ۱۱ بوته، کنجد ۸ بوته در متر مربع (b5s1)، لوبیا ۱۵ بوته، کنجد ۱۰ بوته در متر مربع (b6s2)، لوبیا ۱۵ بوته، کنجد ۲۰ بوته در متر مربع (b6s4)، لوبیا ۲۰ بوته، کنجد ۱۰ بوته در متر مربع (b7s2) بود.)
در هر صفت، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا

بالاترین عملکرد دانه لوبیا در تراکم ۲۰ بوته لوبیا بـه دسـت آمـد (۳۰۰ گرم در متر مربع) و این عملکرد چه در شرایط کشـت خـالص و چه در کشت مخلوط در تراکم ۲۰ بوته لوبیا مشاهده شد (شکل۳).

در شرایط کشت خالص با تراکم ۱۵ بوته به دلیل اسـتفاده نشـدن کامل از فضا و در تراکم ۲۵ به دلیل افزایش زیاد رقابت درون گونه‌ای لوبیا عملکرد کاهش پیدا کرده ولی در تراکم ۲۰ بوته به دلیـل ایجـاد توازن از نظر استفاده از منابع و میزان رقابت درون گونـه‌ای بـالاترین عملکرد مشاهده شد، اگر چه در هیچ یک از ایـن تـراکم‌هـا اخـتلاف معنی دار نبود. در شرایط کشت مخلوط هم بالاترین عملکرد در کشت مخلوط ۲۰ لوبیا و ۱۰ کنجد با ۳۰۰ گرم در متر مربع به دست آمد که برابر بودن عملکرد این کشت مخلوط با تیمار کشت خالص بـا تـراکم ۲۰ بوته لوبیا با وجود اضافه شدن کنجد نشان دهنده اثر ضعیف رقابت کنجد بر لوبیا بود که در بحث رقابت نیز، این موضوع بیـان شـد. بـه طور کل کشت مخلوط‌هایی که در آنها کنجد به صورت افزایشـی بـه لوبیا اضافه شد هیچ کاهش عملکرد معنی داری را نسـبت بـه کشـت خالص نشان نداد که این نشان‌دهنده عدم اثر منفی کنجد بر لوبیا بوده است. عملکرد بیولوژیک نیز از رونـدی مشـابه بـا عملکـرد اقتصـادی برخوردار بود. پورامیر (۱) نیز در کشت مخلوط کنجد و نخود (*Cicer arietinum*) که دو حالت کشت مخلوط‌های جایگزینی و افزایشـی را با هم مقایسه کـرده بـود، بـالاترین عملکردهـا را در کشـت مخلـوط افزایشی بیان کرد البته ایشان گیاه غالب در رقابت را کنجد بیان کرده بود.

عملکرد دانه و بیولوژیک در کنجد

بالاترین عملکرد دانه کنجد در تیمار کشت خـالص بـا تـراکم ۴۰ بوته در متر مربع (۱۹۵ گرم بر متر مربع) به دست آمد (شکل۴) اگرچه تیمار کشت خالص با تراکم ۴۰ بوته در متـر مربـع نسـبت بـه تیمـار کشت خالص با ۳۰ بوته در متر مربع از عملکرد بالاتری برخوردار بـود ولی افزایش تراکم کنجد به ۵۰ بوته در متر مربع کـاهش عملکـرد را به دنبال داشت که به نظر می رسد این امر به دلیل افـزایش بـیش از اندازه رقابت درون‌گونه‌ای در کنجد باشد که به دلیل محدودیت منـابع و فضا کاهش عملکرد را به دنبال داشت.

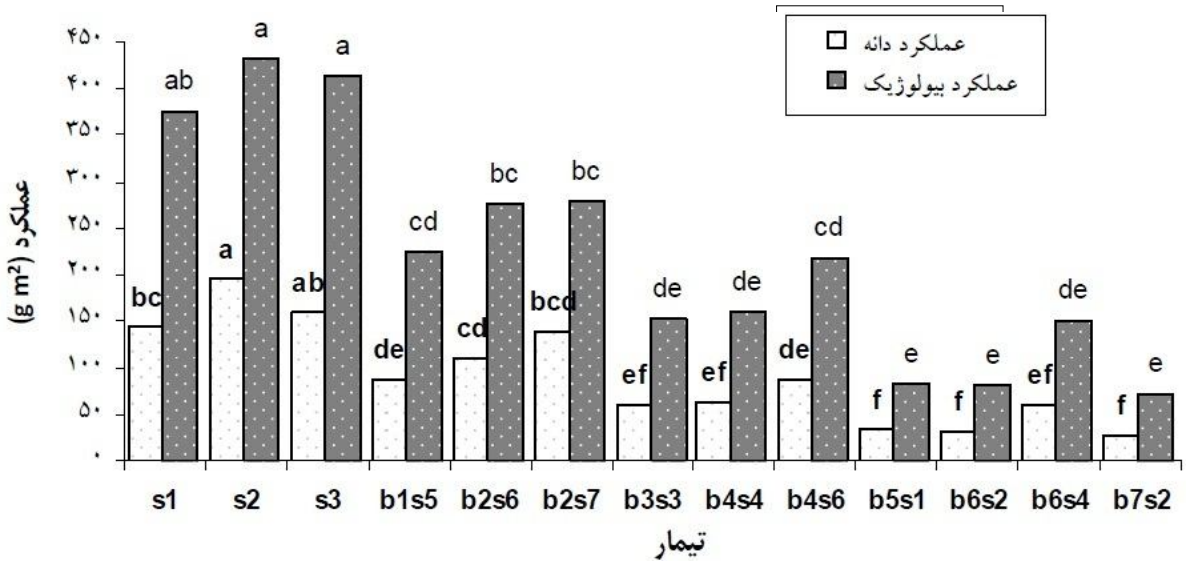
در کشت های مخلوط نیز هرچه تـراکم لوبیـا در کشـت مخلـوط بیشتر شد، از میزان عملکرد کنجد کاسته شد بالاترین عملکرد کنجـد در کشت مخلوط‌ها، در تیمار ۴۰ کنجد، ۵ لوبیا، بـا ۱۴۰ گـرم در متـر

مربع به دست آمد که افزایش ۵ بوته لوبیا در متر مربع حدود ۵۵ گرم در مترمربع کاهش عملکرد را در کنجد به وجود آورد که این نشان‌دهنده اثر رقابتی بالای لوبیا برای گیاه کنجد می‌باشد. بسیاری از محققین (۳، ۴ و ۱۲) کاهش عملکرد گیاه مغلوب در کشت مخلوط را گزارش کردند.

نسبت برابری زمین

بالاترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ۲۰ لوبیا، ۱۰ کنجد (۱/۱۴) به دست آمد (جدول۳) به طورکلی سهم لوبیا از LER کل بالاتر بود و تیمارهایی که لوبیا در آن تراکم بالاتری را داشتند از نسبت برابری زمین بالاتری برخوردار بود (جدول ۳).

دلیل اصلی بالاتر بودن LER جزیی لوبیا، برتر بودن این گیاه در رقابت با کنجد بوده و چون کنجد در تراکم های حدود ۱۰ تا ۱۵ بوته در متر مربع فشار رقابتی ناچیزی بر لوبیا وارد کرده بود در نتیجه افزایش این حد کنجد به لوبیا می تواند سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه را به همراه داشته باشد. در کشت مخلوط کنجد و نخود گزارش شده است در شرایطی که گیاه کنجد به عنوان گیاه اصلی بوده و نخود به صورت افزایشی به آن اضافه گردد موجب بهبود عملکرد و افزایش نسبت برابری زمین تا ۱/۴ خواهد شد (۱). دیویس (۷) بیان کرد که در کشت مخلوط لوبیا و ذرت (*Zea mays*)، گیاه غالب در رقابت ذرت بوده و افزایش LER در کشت مخلوط این دو گیاه بیشتر مربوط به افزایش LER جزیی در ذرت می باشد. در کشت مخلوط کنجد و بادام زمینی گزارش شده که تمامی تیمارهای کشت مخلوط دارای نسبت برابری زمین بالاتر از ۱ بوده و بالاترین نسبت برابری زمین برابر ۱/۵۹ به دست آمد و ضریب چیرگی ۰/۲۹ گزارش گردید که نشان دهنده رقابت کمی بین این دو گیاه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد (۱۸).



شکل ٤ – عملکرد دانه و بیولوژیک کنجد در تیمارهای مختلف کشت مخلوط و کشت خالص

کنجد ۳۰ بوته در متر مربع (b2s6)، لوبیا ۵ بوته، کنجد ۴۰ بوته در متر مربع (b2S7)، لوبیا ۸ بوته، کنجد ۱۵ بوته در متر مربع (b3s3)، لوبیا ۱۰ بوته کنجد ۲۰ بوته در متر مربع (b4s4)، لوبیا ۱۰ بوته، کنجد ۳۰ بوته در متر مربع (b4S6)، لوبیا ۱۱ بوته، کنجد ۸ بوته در متر مربع (b5s1)، لوبیا ۱۵ بوته، کنجد ۱۰ بوته در متر مربع (b6s2)، لوبیا ۱۵ بوته، کنجد ۲۰ بوته در متر مربع (b6s4)، لوبیا ۲۰ بوته، کنجد ۱۰ بوته در متر مربع (b7s2) بود.)
در هر صفت، میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول۳- نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف و نسبت جزیی برابری زمین دو گیاه کنجد و لوبیا

متغیر	B1s5	B2s6	B2s7	B3s3	B4s4	B4s6	B5s1	B6s2	B6s4	B7s2
جزیی کنجدLER	۰/۴۷bc	۰/۵۷ab	۰/۷۱a	۰/۳۱cd	۰/۳۳cd	۰/۴۵bc	۰/۱۷d	۰/۱۶d	۰/۳cd	۰/۱۴d
جزیی لوبیاLER	۰/۳۲de	۰/۳e	۰/۲۸e	۰/۵۳cd	۰/۶bc	۰/۵۷c	۰/۸۵a	۰/۸۵a	۰/۸ab	۱a
کلLER	۰/۷۹c	۰/۸۷bc	۰/۹۹abc	۰/۸۴bc	۰/۹۳bc	۱/۰۱ab	۱/۰۲ab	۱/۰۱ab	۱/۱ab	۱/۱۴a

– در هر ردیف و برای هر صفت میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد کـه اسـتفاده از مـدل‌هـای واکـنش سطح، روش مناسبی برای تجزیه و تحلیل رقابت بین و درون گونه‌ای در شرایط کشت مخلوط می باشد. بر اساس نتایج به دست آمده، لوبیا نسبت به کنجد در رقابت، گیاه غالب بـوده و کشـت مخلـوط ایـن دو گیاه، در صورتی که تراکم لوبیا، ۲۰ بوته در متر مربـع در نظـر گرفتـه شود و کنجد به عنوان گیاه ثانویه به آن اضافه شـود، نسـبت برابـری زمین بالاتر از ۱ بوده و می‌تواند سودمند باشد.

منابع

۱- پورامیر، ف. ۱۳۸۸. بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سریهای جایگزینی و افزایشی بر عملکرد و اجـزای عملکـرد کنجـد و نخـود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- جهان، م. ۱۳۸۳. بررسی جنبه های اکولوژیک کشت مخلوط بابونـه (*Matricaria chamomile*) و همیشـه بهـار(*Calendula officinalis*) همراه با کود دامی. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- دهنوی، م.، م. مظاهری و د. بانکه ساز.۱۳۸۰. نقش لوبیا در کنترل علف هرز ذرت. بیابان، ۶ (۲): ۲۴-۱۶.

4- Bhatti, I. H., R. Ahmad, A. Jabbar, M. S. Nazir, and T. Mahmood. 2006. Competitive behavior of component crops in different sesame – legume intercropping systems. International Journal of Agriculture and Biology. 8: 165-167.

5- Connolly, J. 1986. On difficulties with replacement series methodology in mixture experiments. J. Appl. Ecol. 23: 125–137.

6- Connolly, J. 1987. On the use of response models in mixture experiments. Oecologia (Berlin) 72, 95–103.

7- Davis, J. H. C., V. Beuning, M. V. Ortiz, and C. Pino. 1984. Effect of growth habit of beans on tolerance to competition from maize intercropped. Crop Science. 24: 751-755.

8- De Wit, C. T. 1960. On competition. Versla. Landbouwk. Onderz. 66: 1–82.

9- Firbank, L. G., A. R. Watkinson. 1985. On the analysis of competition within two-species mixtures of plants. J. Appl. Ecol. 22, 503–517.

10- Keisling, T. C., L. R. Oliver, R. H. Crowly, and F. L. Baldwin. 1984. Potential use of response surface analysis for weed management in soybean. Weed science. 32:552-557.

11- Khan, M. A., P. D. Putwain, and A. D. Bradshaw. 1975. Population interrelationships. 2. frequency-dependent fitness in linum. Herdity. 34: 145-163.

12- Maeffei, M., and M. Mucciarelli. 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. Field Crop Research. 84: 229-240.

13- Moody, K., and S. V. R. Shett. 1989. Weed management in intercrops, on Proc. Lnt. Workshop intercropping. ICRISAT. Hyderabad. India. 14: 229-237.

14- Pantone, D. J., and J. B. Baker. 1991. Weed crop competition in cultivated Rice: A Review. Crop Science. 31:1105-1111.

15- Pantone, D. J., and J. B. Baker. 1990. Reciprocal yield analysis of red rice *(oryza sativa.* L) competition with cultivated rice. Weed science. 44: 771-777.

16- Rejmanek, M., G. R. Robinson, and E. Rejmánková. 1989. Weed–crop competition: experimental designs and models for data analysis. Weed Science. 37: 276–284.

17- Rice, K. J., and J. W. Menek. 1985. Competitive reversals and environment dependent resource partitioning in erodium. Qecologia. 67:430-434.

18- Sarkar, R. K., G. C. Malick and S. Goswami. 2003. Productivity potential and economic feasibility of sesame (*sesamum indicum*) based intercropping system with different planting patterns on rainfed upland. Indian Journal of Agronomy. 48: 164-167.

19- Sarkar, R. K., and A. Chakraborty. 2000. Biological feasibility and economic viability of intercropping pulse and oilseed crops with sesame (*sesamum indicum*) under different planting patterns inrice-fallow gangetic alluvial Land. Indian Journal of Agricultural Science. 70: 211-214.

20- Siame, J., R. W. Willey, S. Morse. 1997. A study of the partitioning of applied nitrogen between maize and beans in intercropping. Exp. Agric. 33: 35–41.

21- Silander, J. A., and S. W. Pacala. 1985. Neighborhood predictors of plant performance. Oecologia, 66: 256-263.

22- Singh, A., M. Singh, and K. Singh. 1998. Productivity and economic viability of a palmarosa–pigeonpea intercropping system in the subtropical climate of north India. J. Agric. Sci. (Camb.) 130: 149–154.

23- Tsubo, M., S. Walker, and E. Mukhala. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono-/inter –cropping systems with different row orientations. Field Crop Research, 71: 17-29.

24- Vleeshouwers, L. M., J. C. Streibig and I. Skovgaard. 1989. Assessment of competition between crops and weeds. Weed research. 29:273-280.

25- Zhang, L., W. Vanderwerf, L. Bastiaans, S. Zhang and J. H. Spiertz. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research. 107: 29-42.