نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۵۴۲-۵۳۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 4, Winter. 2015, p. 535-542

ارزیابی رقابت و کارایی سیستم کشت مخلوط ذرت – لوبیا با استفاده از برخی شاخص های رقابتی

علیرضا کوچکی[1*]- مهدی نصیری محلاتی[2]- رضا دیهیم فرد[3]- رضا میرزایی تالارپشتی[4]- محمد خیرخواه[5]

تاریخ دریافت:۱۳۸۹/۴/۱۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۰/۹/۹

چکیده

به منظور ارزیابی رقابت در سیستم کشت مخلوط ذرت- لوبیا، آزمایش مزرعه ای جهت ارزیابی برخی از شاخص های رقابتی و نیز کارایی طراحی گردید. تیمارهای آزمایشی نسبت های مختلف کاشت ذرت و لوبیا شامل ۵۰:۵۰، ۵۰:۱۰۰، ۵۰:۱۵۰، ۱۰۰:۵۰، ۱۰۰:۱۰۰، ۱۰۰:۱۵۰، ۱۵۰:۵۰، ۱۵۰:۱۰۰ (لوبیا:ذرت) و نیز کشت خالص هر یک از آنها بود که در سه تکرار کشت شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در مجموع دو نسبت کشتِ ۵۰:۱۵۰ و ۱۰۰:۱۵۰ (لوبیا:ذرت) که در آنها تراکم ذرت ۵۰ درصد بیشتر از تراکم مطلوب آن است (تیمارهای افزایشی)، بالاترین عملکرد کل دانه و نیز شاخصِ معادل عملکرد ذرت (EY) بدست آمد. نتایج همچنین نشان داد که بر اساس شاخص درجه تهاجم (A)، تیمارهایی که در آنها سهم نسبی هر جزء در مخلوط بیشتر بود، مقدار این شاخص نیز در آنها مثبت تر و آن جزء از نظر رقابتی جزء غالب تلقی گردید. بر اساس ضریب تراکم نسبی (K)، تیمارهای۵۰:۱۵۰،۱۵۰:۱۰۰ و ۱۵۰:۱۰۰ (لوبیا:ذرت) در این تحقیق از برتری عملکرد برخوردار بودند و اجزای مخلوط در این نسبت های کشت، حالت تکمیلی با یکدیگر داشتند. در تیمار جانشینی (۵۰:۵۰) نسبت برابری زمین کمتر از ۱ بود و اکثر شاخص های محاسبه شده در پائین ترین مقدار خود قرار داشت. به طور کلی، ایده آل ترین نسبت در کشت مخلوط ذرت – لوبیا با توجه به شاخص های محاسبه شده در این تحقیق، نسبت کاشت ۱۵۰:۱۰۰ بود که در آن هر دو جزء اثرات رقابتی یکسان بر یکدیگر داشته اند و آشیان اکولوژیک یکدیگر را در شرایط مخلوط تکمیل کرده اند.

واژه‌های کلیدی: شاخص های کشت مخلوط، کارایی، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشت مخلوط در بسیاری از نقاط دنیا به دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند ثبات بیشتر عملکرد (۱۱)، کارایی بالاتر استفاده از زمین (۱۷)، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف های هرز (۱۴)، بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک به دلیل افزایش تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات (۱۱ و ۱۴) و نیز برخی امتیازات دیگر کشت می‌شود. تا حدودی اکثر نتایج منتشر شده در زمینه کشت مخلوط که با برتری عملکرد همراه شده است، مخلوط بقولات با غیربقولات بوده است (۱۵). در مقایسه با کشت خالص یک گیاه زراعی، برتری عملکرد در بسیاری از سیستم های کشت مخلوط بقولات/غیربقولات، مانند ذرت (*Zea mays* L.)- سویا (*Glycine max* L.) (۲۱)، گندم (*Triticum aestivum* L.) – ماش (*Vigna radiata* L.) (۸) کلزا (*Brassica napus* L.)- سویا (*Glycine max* L.) (۴)، جو (*Hordeum vulgare* L.)- نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) (۷) و بسیاری دیگر گزارش شده است. این امتیاز عملکرد در نسبت ها و آرایش های مختلف کشت، نتایج متفاوتی داشته است. به طور مثال، آگگنو و همکاران (۲) در تحقیق خود بر روی کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) – باقلا (*Vicia faba* L.) گزارش کردند که با زیاد شدن تراکم باقلا تا ۳۷/۵ درصد به صورت افزایشی در مخلوط، عملکرد، نسبت برابری زمین و کارایی تولید سیستم کشت مخلوط افزایش می‌یابد و بالاتر از این تراکم روند کاهشی مشاهده می‌شود.

ذرت و لوبیا از جمله گیاهانی هستند که سطح زیر کشت بالایی را در کشور داشته و در اکثر مناطق به صورت تک کشتی تولید می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که کشت مخلوط این دو گیاه متعلق به دو

۱، ۲، ۴ و ۵- به ترتیب استادان و دانشجویان دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@ferdowsi.um.ac.ir)
۳- دانشجوی سابق دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

تیرهٔ بقولات و غلات، موجب افزایش تولید، حداکثر کارایی استفاده از منابع و نیز افزایش بهره وری سیستم کشت می‌گردد (۷ و ۲۱). در این گونه سیستم های کشت، رقابت برون گونه ای که در آن دو گیاه بر روی یکدیگر اثرات مقابل دارند، مشاهده می شود. این رقابت شامل رقابت اندام های هوایی و اندام های زیرزمینی است که نقش مهمی را در تعیین ساختار و پویایی جوامع گیاهی در کشاورزی به عهده دارد (۱ و ۵). در اکثر مطالعات، بیشتر رقابت اندام های هوایی در کشت مخلوط مورد مطالعه قرار گرفته است، حال آنکه رقابت زیرزمینی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در بسیاری از تحقیقات به انجام رسیده از شاخص های رقابتی برای ارزیابی میزان رقابت برون گونه ای در کشت مخلوط استفاده شده است. گوش و همکاران (۹) در تحقیقات خود در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.)- سویا از شاخص های درجه تهاجم[1]، ضریب تراکم نسبی[2] و نسبت رقابتی[3] استفاده کردند. آنها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که سورگوم در کشت مخلوط توانایی رقابتی بالاتری را نسبت به سویا دارد و موجب کاهش فتوسنتز، کاهش کلروفیل، کاهش بیوماس، کاهش گره زایی و خصوصیات دیگر سویا می‌شود. آگگنو و همکاران (۲) نیز در بررسی خود در کشت مخلوط جو- باقلا از شاخص های فوق برای ارزیابی رقابت و نیز از شاخص بهره وری سیستم[4] برای مطالعه کارایی کشت مخلوط استفاده کردند.

هدف از این تحقیق بررسی کارایی نسبت های مختلف کشت مخلوط ذرت – لوبیا بوده است. همچنین، از برخی شاخص های رقابتی برای ارزیابی میزان رقابت اندام های هوایی استفاده شده است.

مواد و روش ها

به منظور بررسی عملکرد و برخی شاخص های رقابتی در کشت مخلوط ذرت- لوبیا آزمایش مزرعه ای در سال زراعی ۱۳۸۷ در مزرعه آموزشی – تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی عبارت از نسبت های مختلف افزایشی[5] و جایگزینی[6] کشت مخلوط ذرت- لوبیا به صورت: کشت خالص لوبیا، کشت خالص ذرت، نصف تراکم مطلوب ذرت با نصف تراکم مطلوب لوبیا (۵۰:۵۰)، نصف تراکم مطلوب ذرت با ۱۰۰ درصد تراکم مطلوب لوبیا (۵۰:۱۰۰)، نصف تراکم مطلوب ذرت با ۱۵۰ درصد تراکم مطلوب لوبیا (۵۰:۱۵۰)، ۱۰۰ درصد تراکم مطلوب لوبیا (۱۰۰:۱۰۰)، ۱۰۰ درصد تراکم مطلوب ذرت با ۵۰ درصد تراکم مطلوب لوبیا (۱۰۰:۵۰)، ۱۰۰ درصد تراکم مطلوب ذرت با ۱۰۰ درصد تراکم مطلوب لوبیا (۱۰۰:۱۰۰)، ۱۰۰ درصد تراکم مطلوب ذرت با ۱۵۰ درصد تراکم مطلوب لوبیا (۱۰۰:۱۵۰)، ۱۵۰ درصد تراکم مطلوب ذرت با ۵۰ درصد تراکم مطلوب لوبیا (۱۵۰:۵۰) و ۱۵۰ درصد تراکم مطلوب ذرت با ۱۰۰ درصد تراکم مطلوب لوبیا (۱۵۰:۱۰۰) بود. تیمارهای کشت شده به استثنای تیمار۵۰:۵۰ همگی جزء تیمارهای افزایشی در کشت مخلوط به حساب می آیند. تیمارهای فوق در قالب یک طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اعمال گردیدند. ذرت و لوبیا بعد از آماده سازی زمین در ۱۴ اردیبهشت ماه در واحدهای آزمایشی به ابعاد ۵ × ۲ متر مربع، به طور همزمان کشت شدند. در این تحقیق از رقم ذرت سینگل کراس ۷۰۴ و برای لوبیا از رقم ناز (تیپ ایستاده) استفاده گردید. فواصل کاشت برای هر دو گیاه ۵۰ سانتی متر و تعداد ردیف های کاشت برابر با ۸ ردیف در نظر گرفته شد. در پایان دوره کشت، تیمارهای مخلوط به تفکیک برداشت شدند. برداشت ذرت از ۶ بوته در هر کرت به طور تصادفی انجام شد. پس از توزین بوته ها، عملکرد دانه و سایر اجزای عملکرد آن محاسبه گردید. برداشت لوبیا نیز از یک متر طولی ردیف با رعایت حاشیه در چند مرحله انجام گرفت.

مزیت نسبی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص برای هر نسبت کاشت با استفاده از نسبت برابری زمین (LER)[7] محاسبه گردید:

$$LER = Y_{ij}/Y_{ii} + Y_{ji}/Y_{jj} \qquad (۱)$$

Y_{ii} و Y_{jj} به ترتیب عملکرد ذرت و لوبیا در کشت خالص و Y_{ij} و Y_{ji} به ترتیب عملکرد ذرت و لوبیا در کشت مخلوط است.

ضریب تراکم نسبی (K) که معیاری از غالبیت نسبی یک جزء در مخلوط نسبت به جزء دیگر است و نیز شاخصِ درجه تهاجم (A) برای ارزیابی رقابت در مخلوط، برای ذرت و لوبیا به صورت زیر محاسبه گردیدند (۲):

$$K_{ab} = \frac{Y_{ab} \times Z_{ba}}{(Y_{aa} - Y_{ab}) \times Z_{ab}} \qquad (۲)$$

$$K_{ba} = \frac{Y_{ba} \times Z_{ab}}{(Y_{bb} - Y_{ba}) \times Z_{ba}} \qquad (۳)$$

$$A_{ab} = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} \times Z_{ab}} - \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} \times Z_{ba}} \qquad (۴)$$

$$A_{ba} = \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} \times Z_{ba}} - \frac{Y_{ab}}{Y_{aa} \times Z_{ab}} \qquad (۵)$$

K_{ab} وK_{ba} به ترتیب ضریب تراکم نسبی ذرت و لوبیا، A_{ab} و A_{ba} به

1- Aggressivity (A)
2- Relative Crowding Coefficient (RCC or K)
3- Competition Ratio (CR)
4- System Productivity Index (SPI)
5- Additive
6- Substitutive
7- Land Equivalent Ratio (LER)

ترتیب درجه تهاجم ذرت و لوبیا، Y_{aa}و Y_{bb} به ترتیب عملکرد ذرت و لوبیا در کشت خالص، Y_{ab} و Y_{ba} به ترتیب عملکرد ذرت و لوبیا در مخلوط و Z_{ab} و Z_{ba} نسبت کشت از هر جزء در مخلوط هستند. هر اندازه مقدار K کل ($K_{ba}\times K_{ab}$) در کشت مخلوط بیشتر باشد نشانگر کارایی بالاتر آن سیستم از نظر رقابتی است.

وایلی و رائو (۲۳) شاخص دیگری تحت عنوان نسبت رقابتی (CR) را به جای ضریب A در مخلوط معرفی کردند. در این شاخص مقادیر نسبت برابری زمین برای هر جزء در مخلوط، همراه با سهم نسبی کشت شده ازهر جزء در نظر گرفته شده است (۹):

$$CR_a = (LER_a / LER_b)(Z_{ba} / Z_{ab}) \qquad (۶)$$

در این تحقیق، همچنین عملکرد گیاه لوبیا به عنوان یک جزء همراه[1] در مخلوط به معادل عملکرد ذرت[2] (ذرت به عنوان گیاه اصلی[3]) مطابق رابطه زیر تبدیل گردید (۲):

$$EY_{bean} = Y_{bean} \times P_1/P_2 \qquad (۷)$$
$$EY_i = Y_b + EY_{bean}$$

EY_{bean}عملکرد معادل لوبیا (کیلوگرم در هکتار)، Y_{bean} عملکرد لوبیا (کیلوگرم در هکتار)، P_1 قیمت لوبیا (تومان به ازای هر کیلوگرم)، P_2 قیمت ذرت (تومان به ازای هر کیلوگرم)، EY_i عملکرد معادل ذرت در سیستم کشت مخلوطِ i و Y_b عملکرد دانه ذرت در مخلوط (کیلوگرم در هکتار).

شاخص دیگری که برای ارزیابی کشت مخلوط به کار رفت، شاخص بهره وری سیستم های کشت مخلوط است که توسط اُدو (۱۶) ارائه شده است. بر اساس این شاخص، عملکرد جزء دوم در مخلوط (منظور گیاه همراه یعنی لوبیا) بر حسب جزء اول (گیاه اصلی: ذرت) استاندار می‌شود:

$$SPI = \frac{S_a}{S_b} Y_b + Y_a \qquad (۸)$$

S_a و S_b میانگین عملکرد ذرت و لوبیا در کشت خالص، Y_a و Y_b میانگین عملکرد ذرت و لوبیا در کشت مخلوط.

در خاتمه داده های مربوط به عملکرد، بیوماس و اجزای عملکرد با استفاده از نرم افزار SAS (۱۹) آنالیز و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد و معادل عملکرد (EY)

نتایج این تحقیق نشان داد که تیمارها با توجه به عملکرد دانه ذرت و لوبیا اختلاف معنی داری را با یکدیگر دارند. مطابق جدول ۱ بالاترین عملکرد در تیمارهای خالص ذرت و لوبیا به دست آمده است. نسبت های کاشت ۱۵۰:۱۰۰ و ۱۵۰:۵۰ (لوبیا:ذرت) در میان سایر نسبت های کشت مخلوط، عملکرد بسیار بالاتر داشتند. این دو تیمار جزء تیمارهای افزایشی در کشت مخلوط هستند و ملاحظه می‌شود که در این نسبت ها در مقایسه با تیمار جانشینی (۵۰:۵۰)، به مراتب عملکرد بالاتری تولید گردید، به طوری که مطابق جدول ۱ در نسبت ۵۰:۵۰ عملکرد دانه معادل ۳۳۴۸ و در نسبت ۱۵۰:۱۰۰ عملکرد دانه ۱۰۲۰۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بنابراین، به نظر می‌رسد که نسبت های جانشینی مانند نسبت ۵۰:۵۰ نتوانسته است حداکثر استفاده از منابع را داشته باشد و در نتیجه با افزایش تراکم هر جزء در کشت مخلوط، عملکرد دانه نیز روند افزایشی داشته است.

در خصوص عملکرد لوبیا در تیمارهای مخلوط نیز مشاهده می‌شود که نسبت های کاشت ۵۰:۵۰ و ۱۰۰:۵۰ (لوبیا:ذرت) عملکرد بالاتری بعد از کشت خالص داشتند (جدول ۱). این در حالی است که در این دو نسبت کاشت، کمترین عملکرد دانه ذرت بدست آمده بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در کشت مخلوط ذرت – لوبیا در این تحقیق هر اندازه تراکم یک جزء در کشت مخلوط افزایش یافته است، عملکرد آن جزء نیز بالاتر رفته است. در نسبت کاشت ۱۵۰:۵۰ که ذرت در نصف تراکم مطلوب خود و لوبیا ۵۰درصد اضافه بر تراکم مطلوب خود کشت گردیده است، کمترین عملکرد دانه هم برای ذرت و هم لوبیا به دست آمده است (جدول ۱). آگگنو و همکاران (۲) در آزمایش خود در اتیوپی بر روی نسبت های کشت افزایشی در مخلوط جو– باقلا به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم و نسبت کاشت در مخلوط، عملکرد جو کاهش ولی عملکرد باقلا افزایش یافت. در آن تحقیق تیمارهای افزایشی از ۱۲/۵ : ۱۰۰ (باقلا: جو) تا ۶۲/۵ : ۱۰۰ وجود داشت و با افزایش سهم باقلا در مخلوط از ۱۲/۵ به ۶۲/۵ درصد، عملکرد آن از ۱۲ تا ۴۸ درصد افزایش ولی عملکرد گیاه جو به دلیل افزایش رقابت، ۹۳–۷۳ درصد کاهش داشت.

با در نظر گرفتن عملکرد کل دانه (ذرت+لوبیا) در تیمارهای کشت مخلوط، دو نسبت کشتِ ۱۵۰:۵۰ ۱۵۰:۱۰۰ که در آنها تراکم ذرت ۵۰ درصد بیشتر از تراکم مطلوب آن است، بالاترین عملکرد کل دانه مشاهده شد. تیمارهایی که در آنها تراکم ذرت در واحد سطح در حداقل بوده است (مانند تیمارهای ۵۰:۵۰، ۱۰۰:۵۰ و ۱۵۰:۵۰ لوبیا:ذرت) کمترین عملکرد کل بدست آمده است (جدول ۱). از این رو به نظر می‌رسد در تیمارهای متراکمِ کشت مخلوط، احتمالاً بالا رفتن کارایی استفاده از منابع مانند نور، آب و غیره و نیز توانایی سیستم در کنترل علف های هرز، آفات و بیماریها (در این تحقیق اندازه گیری نشده اند)، از عوامل اصلی افزایش عملکرد بوده است. کار و همکاران (۶) در تحقیق خود در کشت مخلوط گندم – عدس، و هلند و برومر (۱۰) در بررسی خودشان در کشت مخلوط یولاف– شبدر برسیم نیز

1- Main crop
2- Maize yield equivalent
3- Companion crop

کاهش بیوماس علف های هرز در سیستم های کشت مخلوط را عامل اصلی افزایش کارایی و عملکرد در کشت مخلوط ذکر کردند.

همانطورکه در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد شاخص دیگری تحت عنوان معادل عملکرد ذرت برای تیمارهای مخلوط محاسبه گردیده است. بر اساس این شاخص، ذرت در کشت مخلوط به عنوان گیاه اصلی و لوبیا به عنوان گیاه همراه در نظر گرفته شده است و عملکرد لوبیا بر اساس قیمت هر کیلوگرم از آن در مخلوط، به عملکردی معادل ذرت طبق رابطه ۷ تبدیل شده است. بر این اساس، بیشترین معادل عملکرد ذرت در نسبت های کشت ۱۵۰:۱۰۰ و ۱۵۰:۵۰ (لوبیا:ذرت) مشاهده گردید. ملاحظه می‌شود که با افزایش تراکم ذرت و لوبیا در کشت مخلوط، شاخصِ معادل عملکرد ذرت افزایش یافته است (جدول ۱). در تحقیقات دیگری نیز آگگنو و همکاران (۲) به نتایج مشابهی در کشت مخلوط جو- باقلا دست یافتند. در این تحقیق همچنین کمترین معادل عملکرد ذرت و نیز کمترین عملکرد کل در سیستم های مخلوط زمانی به دست آمد که نصف تراکم مطلوب ذرت با ۵۰ درصد اضافه بر تراکم مطلوب لوبیا به صورت مخلوط کشت شده اند (نسبت کشت ۵۰:۱۵۰ لوبیا:ذرت).

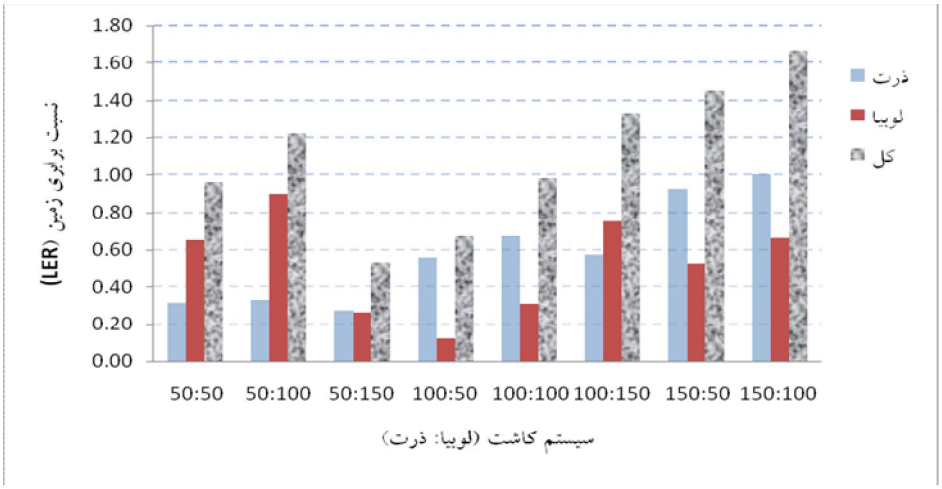
نسبت برابری زمین (LER)

نسبت برابری کل که نشانگر کارایی سیستم کشت مخلوط است در شکل ۱ برای تمامی نسبت های کشت مخلوط ذرت – لوبیا مشاهده می‌شود. همانند عملکرد دانه کل و معادل عملکرد ذرت، بیشترین نسبت برابری کل زمین در نسبت های کشتِ ۵۰:۱۰۰، ۱۰۰:۱۵۰، ۱۵۰:۵۰، ۱۵۰:۱۰۰ (لوبیا: ذرت) دیده می‌شود. در این تیمارها مقادیرLER رابطه مثبتی با کل عملکرد دانه برای هر دو جزء در مخلوط نشان می‌دهد. هر چهار نسبت فوق جزء تیمارهای افزایشی در کشت مخلوط هستند. در تیمار جانشینی (۵۰:۵۰) نسبت برابری زمین کمتر از ۱ است. از این رو به نظر می‌رسد که جهت رسیدن به حداکثر کارایی و عملکرد در سیستم های مخلوط ذرت- لوبیا، تیمارهای افزایشی در مقایسه با جانشینی برتری داشته اند. در تیمارهایی که ذرت در مخلوط ۵۰ درصد اضافه بر تراکم مطلوب خود کشت گردیده است (مانند ۵۰:۱۵۰، ۱۰۰:۱۵۰(لوبیا: ذرت)، بالاتر بودن LER کل، بیشتر از LER جزئی ذرت در کشت مخلوط ناشی شده است (مقادیر LER جزئی ذرت برابر با ۰/۹۲ و ۱ به ترتیب در سیستم‌های اشاره شده). برعکس، در تیمار۱۵۰:۱۰۰ و ۱۰۰:۵۰ که سهم لوبیا در کشت مخلوط بیشتر از ذرت بوده است، مقادیرLER جزئی لوبیا در آن سیستم، باعث افزایش LER کل در مخلوط شده است (شکل ۱). مقادیر LER کل بالاتر از ۱ در برخی از تیمارهای کشت مخلوط (از ۱/۲۲ تا ۱/۶۶) بدان معنی است که کشت خالص هر جزء، نیاز به ۲۲ تا ۶۶ درصد زمین بیشتری نسبت به کشت مخلوط دارد تا عملکردی برابر آن را تولید کند و این مساله بیانگر کارایی بیشتر استفاده از زمین در سیستم های کشت مخلوط است. نتایج مشابهی در سیستم های کشت مخلوط عدس – جو (۱۲) و ذرت- باقلا (۱۳) گزارش شده است. اختلافات مرفولوژیک و فیزیولوژیک بین بقولات و غیربقولات در کشت مخلوط یکی از دلایل اصلی بروز روابط همزیستی دو جانبه مثبت (یا تسهیل) است (۳). تفاوت در عمق ریشه دهی، گسترش شعاعی ریشه، تراکم طول ریشه از عواملی هستند که بر رقابت دو جزء در کشت مخلوط برای آب و عناصر غذایی تاثیر می‌گذارند و موجب افزایش کارایی استفاده از زمین (LER) می‌شوند.

جدول ۱- میانگین عملکرد دانه، عملکرد کل دانه و معادل عملکرد ذرت در کشت مخلوط ذرت- لوبیا

تیمار	عملکرد دانه (kg ha^{-1})		عملکرد کل دانه (kg ha^{-1})	معادل عملکرد ذرت (kg ha^{-1})
	ذرت	لوبیا		
خالص ذرت	۱۰۵۰۳a	–	۱۰۵۰۳	۱۰۵۰۳
خالص لوبیا	–	۷۵۹a	۷۵۹	۲۰۸۸/۵
لوبیا/ذرت (۵۰:۵۰)	۳۳۴۸cd	۴۸۲a	۳۸۳۰	۵۲۷۵/۵
لوبیا/ذرت (۱۰۰:۵۰)	۳۱۹۸cd	۶۵۷a	۳۸۵۵	۴۱۶۷/۴
لوبیا/ذرت (۱۵۰:۵۰)	۲۷۰۸d	۳۲۶ab	۳۰۳۴	۳۶۰۷/۲
لوبیا/ذرت (۵۰:۱۰۰)	۵۷۸۸bcd	۱۲۷b	۵۹۱۵	۶۱۳۹/۱
لوبیا/ذرت (۱۰۰:۱۰۰)	۶۸۳۰abc	۳۸۵a	۷۲۱۵	۹۸۷۱/۲
لوبیا/ذرت (۱۵۰:۱۰۰)	۶۰۵۷bcd	۴۷۵a	۶۵۳۲	۷۳۶۳/۷
لوبیا/ذرت (۵۰:۱۵۰)	۹۱۴۸ab	۳۵۸a	۹۵۰۶	۱۱۱۳۶/۸
لوبیا/ذرت (۱۰۰:۱۵۰)	۱۰۲۰۴a	۴۱۶a	۱۰۶۲۰	۱۱۲۳۷/۹

*- مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن (DMRT) ارائه شده اند. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با یکدیگر ندارند.



شکل ۱- نسبت برابری زمین در نسبت های مختلف کشت مخلوط ذرت- لوبیا

شاخص های رقابتی در کشت مخلوط

ارزیابی شاخص های رقابتی در کشت مخلوط بسیار با اهمیت است. از این رو برخی از مهمترین شاخص های رقابتی در این تحقیق محاسبه گردیده است (جدول ۲). نتایج این تحقیق نشان داد که بر اساس شاخص درجه تهاجم (A) تیمارهای مخلوط که در آنها سهم نسبی هر جزء بیشتر بود، درجه تهاجم نیز در آن مثبت تر و از نظر رقابتی گیاه غالب شناخته می‌شود. ضریب تراکم نسبی کل (K) نیز با افزایش سهم نسبی هر جزء در مخلوط افزایش یافت (جدول ۲). هر اندازه مقدار K بزرگتر باشد بدان معنی است که هر دو جزء در کشت مخلوط اثرات رقابتی کمتری بر یکدیگر دارند و در مجموع کارایی سیستم افزایش می‌یابد. وایلی (۲۲) و آگگنو و همکاران (۲) گزارش کردند که در کشت مخلوط، گیاه برخوردار از مقدار k کمتر و مقدار A منفی تر، به عنوان گیاه مغلوب و گیاه دیگر در کشت مخلوط به عنوان جزء غالب تلقی می‌گردد. در این تحقیق تیمارهای ۵۰:۵۰، ۵۰:۱۰۰، ۵۰:۱۵۰ (لوبیا:ذرت) که تراکم ذرت در آنها نصف تراکم مطلوب بوده است، شاخص درجه تهاجم برای ذرت منفی شده است (ذرت به عنوان یک گیاه مغلوب). برعکس، در تیمارهای ۱۵۰:۵۰، ۱۵۰:۱۰۰ (لوبیا:ذرت) ذرت به عنوان یک جزء غالب و لوبیا جزء مغلوب در کشت مخلوط نمایانگر است. به طور کلی، نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در اکثر موارد در کشت مخلوط بقولات/ غیربقولات، بقولات به عنوان جزء مغلوب و گیاه غیربقولات جزء غلبه کننده بوده است (۹ و۱۸). در این تحقیق با افزایش تراکم هر جزء در مخلوط، قدرت رقابت آن بر اساس شاخص درجه تهاجم افزایش یافته است. این حالتِ جبرانی افزایش عملکرد در جزء سرکوب کننده (غالب) و کاهش عملکرد در جزء مغلوب در سیستم های کشت مخلوط سه حالت ممکن را در بر دارد: برتری عملکرد[1] (مقادیر LER و k بزرگتر از ۱)، زیان عملکرد[2] (مقادیر LER و k کوچکتر از ۱) و حالت حدواسط[3] (مقادیر LER و k برابر با ۱) (۲۰). بر این اساس تیمارهای ۱۰۰:۱۵۰، ۱۵۰:۵۰، ۱۵۰:۱۰۰ (لوبیا:ذرت) از برتری عملکرد برخوردار بوده است و اجزای مخلوط در این نسبتهای کشت حالت تکمیلی[4] با یکدیگر داشته اند. گوش و همکاران (۹) نیز در تحقیق خود بر روی کشت مخلوط سورگوم/ سویا (بقولات و غیربقولات) به نتایج مشابهی دست یافتند.

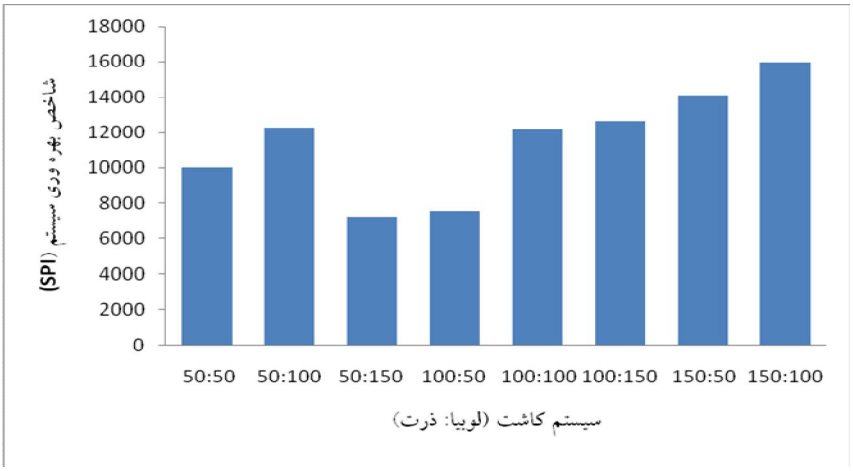
بنا بر گزارش وایلی و رائو (۲۳) شاخص CR معیار مناسب تری برای ارزیابی توانایی رقابتی اجزای کشت مخلوط است و در مقایسه با شاخص های دیگر مانند شاخص K و A توانایی بیشتری را در ارزیابی رقابت در کشت مخلوط دارد. مقادیر CR کوچکتر از ۱ برای یک جزء در مخلوط بدین معنی است که آن جزء اثرات رقابتی کمتری دارد و به عنوان یک گیاه همراه مطلوب برای کشت مخلوط تلقی می‌گردد. مطابق جدول ۲ در نسبت های کاشت ۵۰:۵۰، ۵۰:۱۰۰، ۵۰:۱۵۰ (لوبیا:ذرت) مقدار CR برای ذرت کمتر از یک است و در این شرایط ذرت به عنوان یک گیاه مطلوب در مخلوط با لوبیا است که توانایی رقابتی بسیار کمتری دارد، ولی عملکرد و کارایی سیستم در این سه تیمار کمتر از سایرین است.

ایده آل ترین شرایط در کشت مخلوط ذرت – لوبیا، با توجه به نتایج این تحقیق نسبت کاشت ۱۵۰:۱۰۰ است که در آن هر دو جزء اثرات رقابتی یکسان بر یکدیگر داشته اند و آشیان اکولوژیک یکدیگر را در شرایط مخلوط تکمیل کرده اند.

1- Yield advantage
2- Yield disadvantage
3- Intermediate
4- Complemetarity

جدول ۲ – شاخص های رقابتی در نسبت های مختلف کشت مخلوط ذرت- لوبیا

تیمار	*K value*			*A value*		CR	
	ذرت	لوبیا	K	ذرت	لوبیا	ذرت	لوبیا
(لوبیا : ذرت)							
۵۰:۵۰	۰/۱۱	۰/۴۳	۰/۰۵	-۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۴۸	۲/۰۷
۵۰:۱۰۰	۰/۲۱	۳/۲۲	۰/۷۰	-۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۱۸	۵/۴۷
۵۰:۱۵۰	۰/۲۶	۰/۵۶	۰/۱۴	-۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۳۴	۲/۹۱
۱۰۰:۵۰	۰/۶۱	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۴۶	-۰/۴۶	۹/۴۶	۰/۱۰
۱۰۰:۱۰۰	۱/۸۵	۱/۰۲	۱/۹۱	۰/۱۴	-۰/۱۴	۲/۲۰	۰/۴۵
۱۰۰:۱۵۰	۲/۰۴	۲/۵۰	۵/۱۲	-۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۵۰	۱/۹۷
۱۵۰:۵۰	۵/۰۶	۰/۶۶	۳/۳۹	۱/۰۷	-۱/۰۷	۵/۲۳	۰/۱۹
۱۵۰:۱۰۰	۵۱/۱۹	۱/۸۱	۹۳/۱۲	۰/۹۰	-۰/۹۰	۱/۰۰	۰/۹۹



شکل ۲- شاخص بهره وری در سیستم های مختلف کشت مخلوط ذرت- لوبیا

شاخص دیگری که در نهایت باروری و کارایی یک سیستم کشت مخلوط را نمایان می‌سازد شاخص بهره وری سیستم (SPI) است که در شکل ۲ برای تمام تیمارهای کشت مخلوط محاسبه گردیده است. بالاتر بودن این شاخص نشانگر افزایش کارایی سیستم مخلوط است. بر این اساس مشاهده می‌شود در تیمارهایی که در آنها تراکم ذرت بیشتر از حد مطلوب خود است (تیمارهای ۱۵۰:۱۰۰، ۱۵۰:۵۰) بالاترین مقدار SPI بدست آمده است. آگگنو و همکاران (۲) نیز در تحقیق خود در کشت مخلوط جو- باقلا به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم باقلا در مخلوط با جو در نسبت ۳۷/۵: ۱۰۰ (باقلا- جو) بیشترین میزان کارایی بر اساس شاخص SPI به دست آمد.

عملکرد بیولوژیک و برخی اجزای عملکرد در کشت مخلوط

نتایج این تحقیق نشان داد که بالا بودن عملکرد ذرت در کشت خالص و تیمارهای ۱۵۰:۵۰ و ۱۵۰:۱۰۰ ناشی از تولید بیوماس بالا و نیز افزایش شاخص برداشت بوده است. کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ذرت در نسبت های کاشت ۵۰:۱۰۰ و ۵۰:۱۵۰ مشاهده گردید که بنابر توضیحات قبلی عملکرد نیز در این دو تیمار در حداقل بوده است. اختلاف معنی داری از نظر تعداد ردیف در هر بلال ذرت در تیمارهای کشت دیده نمی شود (جدول ۳). در تیمار ۵۰:۱۰۰ علی رغم پایین بودن عملکرد ذرت، وزن ۱۰۰ دانه بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها داشت. در کشت خالص ذرت اگرچه وزن ۱۰۰ دانه در کمترین مقدار خود است (۲۹/۶ گرم)، ولی تولید حداکثر بیوماس در این تیمار و نیز جمع سایر اجزای عملکرد موجب جبران وزن ۱۰۰ دانه شده است.

همانند بیوماس ذرت، در لوبیا نیز حداکثر بیوماس در کشت خالص لوبیا بدست آمد. بالاتر بودن شاخص برداشت، وزن ۱۰۰۰ دانه و تعداد غلاف موجب تولید حداکثر عملکرد در کشت خالص شده است. در بین تیمارهای مخلوط، نسبت های کاشت ۵۰:۱۰۰ و ۱۰۰:۱۵۰ (لوبیا:ذرت) بالاترین بیوماس لوبیا را تولید کردند. در تیمار ۵۰:۱۰۰ شاخص برداشت بالا و نیز تعداد غلاف در بوته از اجزای

اصلی بالا رفتن عملکرد در این نسبت کاشت بوده است. در تیمار ۱۰۰:۱۵۰ (لوبیا:ذرت) اگرچه شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته تا حدودی پایین است، ولی وزن ۱۰۰۰ دانه بالا جبران عملکرد را نموده است. در نسبت کاشت ۱۰۰:۵۰ که تراکم لوبیا در مخلوط ۵۰ درصد کمتر از خالص آن است، حداقل بیوماس و شاخص برداشت مشاهده گردید (جدول ۳). همچنین تعداد دانه در غلاف و تعداد بسیار کم غلاف در بوته موجب شد تا عملکرد لوبیا در نسبت کاشتِ ۱۰۰:۵۰ کمترین باشد.

جدول ۳ – مقایسه میانگین بیوماس و برخی اجزای عملکرد ذرت و لوبیا در کشت مخلوط*

	ذرت					لوبیا				
	بیوماس کل ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (٪)	وزن ۱۰۰ دانه (g)	تعداد ردیف در بلال	بیوماس کل ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (٪)	وزن ۱۰۰۰ دانه (g)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف
خالص ذرت	۳۸۶۶۴a	۲۷/۱ab	۲۹/۶c	۱۴/۳a	–	–	–	–	–
خالص لوبیا	–	–	–	–	۲۴۱۴a	۳۲a	۲۴۰/۳a	۱۶/۳a	۲/۵ab
لوبیا/ذرت (۵۰:۵۰)	۱۳۰۸۱ef	۲۵/۴b	۳۲/۲abc	۱۴/۶a	۱۹۰۱abc	۲۶/۲ab	۲۱۵/۹ab	۱۵/۵a	۲/۱ab
لوبیا/ذرت (۱۰۰:۵۰)	۱۲۹۶۵ef	۲۳/۸b	۳۵/۲a	۱۳/۷a	۲۰۰۹abc	۳۲/۸a	۲۱۴/۷ab	۱۵/۴a	۳a
لوبیا/ذرت (۱۵۰:۵۰)	۱۰۶۷۴e	۲۵/۱b	۳۲/۶abc	۱۴/۲a	۱۹۸۶abc	۱۵/۹b	۱۹۶/۹ab	۶/۲b	۱/۸b
لوبیا/ذرت (۵۰:۱۰۰)	۲۰۴۰۴de	۲۸/۶ab	۳۲/۱abc	۱۴/۶a	۱۰۲۳c	۱۴b	۱۸۷/۶ab	۸/۳ab	۲/۱ab
لوبیا/ذرت (۱۰۰:۱۰۰)	۲۲۴۲۳d	۳۴a	۳۰/۵bc	۱۴/۱a	۱۹۶۰abc	۱۹/۹ab	۱۷۷/۵b	۸/۲ab	۲/۷ab
لوبیا/ذرت(۱۵۰:۱۰۰)	۲۲۹۱۹dc	۳۰/۲ab	۳۳/۹ab	۱۳/۶a	۲۰۷۱ab	۲۱ab	۲۱۶/۵ab	۹/۱ab	۲/۳ab
لوبیا/ذرت(۵۰:۱۵۰)	۳۰۰۸۴bc	۳۰/۳ab	۳۱/۵abc	۱۴/۲a	۱۳۴۳bc	۲۴ab	۱۶۴b	۹/۹ab	۲/۶ab
لوبیا/ذرت(۱۰۰:۱۵۰)	۳۳۷۰۶ab	۳۲ab	۳۲/۹abc	۱۴/۵a	۱۶۳۲abc	۲۶ab	۲۳۶/۴a	۱۱/۶ab	۲/۴ab

*– مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن (DMRT) ارائه شده اند. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ با یکدیگر ندارند.

منابع

1- Aerts, R. 1999. Interspecific competition in natural plant communities: Mechanisms, trade-offs and plant–soil feedbacks. Journal of Experimental Botany. 50: 29–37.
2- Agegnehu, G., A. Ghizaw, and W. Sinebo. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. Europian Journal of Agronomy. 25: 202–207.
3- Akuda, E. M. 2001. Intercropping and population density effects on yield component, seed quality and photosynthesis of sorghum and soybean. The Journal of Food Technology. 6(3):170–172.
4- Ayisi, K. K., D. H. Putman, C. P. Vance, M. P. Russelle, and D. L. Allan. 1997. Strip intercropping and nitrogen effects on seed, oil and protein yields of canola and soybean. Agronomy Journal. 89: 23–29.
5- Callaway, R. M. 1998. Facilitation in plant communities. In F. I. Pugnaire and F. Valladares (ed.) Handbook of Functional Plant Ecology. Marcel Dekker, New York. p. 623–648.
6- Carr, M. P., C. J. Gardner, G. B. Schatz, W. S. Zwinger, and J. S. Guldan. 1995. Grain yield and weed biomass of a wheat-lentil intercrop. Agronomy Journal. 87: 574– 579.
7- Chen, C., M. Westcott, K. Neill, D. Wichmann, and M. Knox. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. Agronomy Journal. 96: 1730–1738.
8- Chowdhury, M. K., and E. L. Rosario. 1994. Comparison of nitrogen, phosphorus and potassium utilization efficiency in maize/mungbean intercropping. Journal of Agricultural Science. 122:193–199.
9- Ghosh, P. K., M. C. Manna, K. K. Bandyopadhyay, A. K. Tripathi, R. H. Wanjari, K. M. Hati, A. K. Misra, C. L. Acharya, and A. Subba Rao. 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. Agronomy Journal. 98: 1097–1108.
10- Holland, J. B., and E. C. Brummer. 1999. Cultivar effects on oat–berseem clover intercrops. Agronomy Journal. 91: 321–329.
11- Jensen, E. S. 1996. Grain yield, symbiotic N_2 fixation and interspecific competition for inorganic N in pea–barley

intercrops. Plant Soil. 182(1):25–38.
12- Kallu, B. A., and P. O. Erhabor. 1990. Barley, lentil and flax yield under different intercropping systems. Agronomy Journal. 82, 1066–1068.
13- Li, L., S. C. Yang, X. L. Li, F. S. Zhang, and P. Christie. 1999. Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. Plant Soil. 212(2):105–114.
14- Hauggaard-Nielsen, H., P. Ambus, and E. S. Jensen. 2001a. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea–barley intercropping. Field Crops Research. 70:101–109.
15- Morris, R. A. and D. P. Garrity. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: Non-nitrogen nutrient. Field Crops Research. 34: 319–334.
16- Odo, P. E. 1991. Evaluation of short and tall sorghum varieties in mixtures with cowpea in the Sudan savanna of Nigeria: land equivalent ratio, grain yield and system productivity index. Experimental Agriculture. 27: 435–441.
17- Ofori, F. and W. R. Stern. 1987. Cereal–legume intercropping systems. Advances in Agronomy. 41:41–90.
18- Ross, S. M., J. R. King, J. T. O'Donovan, and D. Spaner. 2004. Forage potential of intercropping berseem clover with barley, oat or triticale. Agronomy Journal. 96:1013–1020.
19- SAS Institute. 2001. SAS/STAT User's Guide, Version 8.2. SAS Institute, Cary, NC.
20- Vandermeer, J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge Univ. Press, New York.
21- West, T. D. and D. R. Griffith. 1992. Effect of strip intercropping corn and soybean on yield and profit. Journal of Production Agriculture. 5:107–110.
22- Willey, R. W. 1979. Intercropping its importance and research needs: Part I. Competition and yield advantage. Field Crop Abstracts. 32:1–10.
23- Willey, R. W. and M. R. Rao. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Experimental Agriculture. 16:117–125.