نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۴، ص. ۲۳-۱۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 1, Spring. 2015, p. 14-23

بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد در کشت مخلوط نواری ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

مهدی نصیری محلاتی[۱] - علیرضا کوچکی[۲] - فرزاد مندنی[۳*] - شهرام امیرمرادی[۴] - حسن فیضی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۸

چکیده

یکی از بهترین راهکارها در راستای اهداف توسعه پایدار کشاورزی با هدف مصرف درست و معقولانه منابع، کشت مخلوط دو یا چند گیاه می‌باشد. بنابراین با همین هدف، به منظور ارزیابی اثرات کشت مخلوط نواری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد و عملکرد ذرت و لوبیا آزمایشی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار و شش تیمار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا و عرض نوار دو، سه، چهار و پنج ردیف کاشت ذرت و لوبیا بود. هرکرت آزمایشی به ابعاد ۴ متر طول در ۷/۵ متر عرض بود که تیمارهای مورد آزمایش، به صورت جایگزینی در آنها اعمال شد. در این بررسی صفاتی مانند سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت و نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف کشت مخلوط و تک کشتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که کلیه صفات مورد مطالعه در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک-کشتی افزایش داشت. افزایش عرض نوار در ردیف‌های مرکزی تیمارهای کشت مخلوط عرض نوار ۵ ردیفی نسبت به عرض نوار ۲ ردیفی، منجر به کاهش سرعت رشد محصول (۱۵/۳ و ۲۸/۷ درصد)، سرعت رشد نسبی (۱۷/۵ و ۱۹/۲ درصد)، عملکرد بیولوژیکی (۳۰/۹ و ۱۴ درصد)، عملکرد اقتصادی (۵۲/۹ و ۲۰/۲ درصد)، شاخص برداشت (۹/ ۳۱ و ۷/۳ درصد)، به ترتیب در ذرت و لوبیا شد. با افزایش عرض نوار، مقادیر صفات نام برده در ردیف‌های مرکزی نسبت به ردیف‌های حاشیه‌ای کاهش بیشتری یافت. نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافت. بالاترین نسبت برابری زمین در تیمار عرض نوار دو ردیفی (۱/۴۵) و پایین ترین آن در تیمار عرض نوار پنج ردیفی (۱/۲۲) بدست آمد. نقش جزء ذرت در بهبود نسبت برابری زمین بیشتر از لوبیا بود.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص برداشت، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیکی، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشاورزی فرایندی است که در آن مجموعه‌ای از نهاده‌ها همچون دی اکسید کربن، آب و عناصر غذایی وارد سیستم شده تا خروجی آن به عنوان غذا مورد استفاده قرار گیرد. منابع برونی بوم نظام شامل تمام نهاده‌هایی است که به عنوان انرژی‌های یارانه‌ای وارد سیستم می‌شوند. اکثر منابع موجود به گونه‌ای در طبیعت محدود هستند و از طرفی تفکر پایداری در کشاورزی اجازه استفاده از این منابع به هر میزان و هر طریقی را نمی‌دهد. لذا این منابع باید به گونه‌ای مصرف شوند که نه تنها نیازهای غذایی امروزهٔ بشر تأمین شود، بلکه برای آیندگان نیز قابل دسترسی و استفاده باشد. لازمه این مهم، لزوم تجدید نظر در مصرف منابع می‌باشد. یکی از بهترین راهکارها در راستای اهداف توسعه پایدار کشاورزی با هدف مصرف درست و معقولانه منابع، کشت مخلوط دو یا چند گیاه می‌باشد (۳۰). کشت مخلوط به کشت دو یا تعداد بیشتری محصولات زراعی با یکدیگر در یک قطعه زمین در یک زمان گفته می‌شود (۲۹ و ۳۱). معمولاً کشت مخلوط در شرایط خاک‌هایی با حاصلخیزی پایین و

۱و۲- استادان گروه زراعت اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: f.mondani@razi.ac.ir)
۴- دانش‌آموخته گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه، ایران

شرایط کم نهاده در مناطق گرمسیری اجرا می‌شود (۲۸).

معمول ترین دلیل پذیرش کشت مخلوط برتری عملکرد توسط تسخیر بیشتر منابع توسط گیاهان نسبت به کشت خالص می‌باشد، به ویژه هنگامی که غلات و بقولات با هم کشت شوند (۲۵). در بسیاری از نقاط دنیا به دلیل مزیت‌های نسبی مانند ثبات بیشتر عملکرد (۱۸)، کارایی بالاتر استفاده از زمین و نیروی کارگر (۲۴)، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز (۱۵)، بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک به دلیل افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن حاصل از جزء بقولات (۱۸) و نیز برخی امتیازات دیگر کشت مخلوط اجرا می‌شود. تقریباً در اکثر نتایج منتشر شده در این زمینه که با برتری عملکرد همراه شده است، مخلوط گیاهان خانوادهٔ بقولات با غیر بقولات را در بر داشته است (۲۲). بنابراین در بین سیستم‌های کشت مخلوط، ترکیب گیاهان غلات و بقولات از جمله معمول ترین و قدیمی‌ترین این سیستم‌ها در نقاط مختلف دنیا، به ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد (۲۴).

ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از جمله گیاهانی هستند که سطح زیر کشت بالایی در کشور داشته و در اکثر مناطق به صورت تک کشتی تولید می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد که کشت مخلوط دو گیاه فوق که از دو خانواده بقولات و غلات هستند، باعث افزایش تولید، حداکثر کارایی استفاده از منابع و نیز افزایش بهره وری سیستم کشت می‌گردد (۱۱). برای مثال رستمی و همکاران (۴) در آزمایشی نشان دادند که کشت مخلوط ذرت و لوبیا منجر به افزایش شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت می‌شود. محققان دیگر نیز افزایش شاخص سطح برگ گیاهان مخلوط شده نسبت به حالت تک کشتی آنها را گزارش کردند (۲۳). بنابراین از آنجا که سطح برگ هر گیاهی مهمترین عضو دریافت کنندهٔ نور توسط آن گیاه می‌باشد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از مدیریت‌های زراعی مناسب جهت افزایش سطح برگ گیاهان زراعی می‌باشد. مارگادو و وایلی (۲۱) در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا، بیان کردند که شاخص سطح برگ در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی بیشتر بود.

کشت مخلوط ذرت و لوبیا ثبات عملکرد را بهبود بخشیده و منجر به افزایش کارایی مصرف منابع شده در نتیجه کاهش مصرف نهاده‌های خارجی در سیستم‌های تولید محصولات زراعی را به همراه خواهد داشت (۱۹). همچنین یکی از عوامل موثر بر میزان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط گیاهان خانوادهٔ بقولات میزان فراهمی نیتروژن در خاک است که هر چه میزان نیتروژن در خاک بیشتر باشد میزان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن کمتر می‌شود. مشاهده شده است که در سیستم‌های کشت مخلوط ذرت و لوبیا، مصرف نیتروژن توسط ذرت، به علت تهی شدن نیتروژن خاک منجر به تحریک فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن شده و در نتیجه میزان تثبیت نیتروژن توسط لوبیا در سیستم‌های کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی افزایش می‌یابد (۱۲).

نتایج آزمایش رضوان بیدختی (۳) حاکی از افزایش تجمع مادهٔ خشک، عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا نسبت به تک کشتی می‌باشد، که این موضوع می‌تواند به علت جذب بیشتر نور و سایر منابع مصرفی توسط کانوپی کشت مخلوط از طریق مجاورت در کنار یکدیگر باشد. محققان دیگر نیز افزایش تجمع مادهٔ خشک را در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گزارش کرده اند (۲). افزایش مادهٔ خشک گیاهان زراعی در سیستم‌های کشت مخلوط، اغلب از طریق بهبود ظرفیت گونه‌های مخلوط برای افزایش جذب و مصرف فیزیولوژیکی منابع توسط آنها حاصل می‌شود (۱۲). بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، این آزمایش با هدف تعیین بهترین عرض نوار در کشت مخلوط ذرت و لوبیا به لحاظ عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی و نسبت برابری زمین اجزاء و مخلوط و چگونگی تأثیر کشت مخلوط بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد آنها در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (عرض جغرافیایی، ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی، ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی، ارتفاع از سطح دریا ۹۸۵ متر) انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آماده سازی مزرعه شامل شخم نیمه عمیق، سپس دیسک و کودپاشی (۳۰ تن کود دامی کاملاً پوسیده در هکتار) در بهار انجام شد. آزمایش در یک سیستم کم نهاده اجرا و از مصرف هر گونه مواد شیمیایی (کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها) در هنگام آماده سازی زمین و طی فصل رشد خود داری شد. وجین علف‌های هرز بصورت دستی و در هنگام لزوم صورت گرفت.

از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و شش تیمار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص ذرت، کشت خالص لوبیا، عرض نوار دو، سه، چهار و پنج ردیف کشت مخلوط ذرت و لوبیا در هر کرت بود. در این آزمایش از ذرت سینگل کراس ۷۰۴ و لوبیا رقم درخشان استفاده شد. هرکرت آزمایشی به ابعاد چهار متر طول در ۷/۵ متر عرض بود که تیمارهای مورد آزمایش به صورت جایگزینی در آنها اعمال شدند، به‌گونه‌ای که در تمام تیمارهای کشت مخلوط نصف تراکم بوتهٔ هر کرت مربوط به ذرت و نصف دیگر آن به لوبیا مربوط بود. فاصله ردیف‌های کاشت ذرت و لوبیا به ترتیب ۷۵ و ۳۵ سانتیمتر و فاصلهٔ بوته‌ها روی ردیف ۱۲ و ۲۰ سانتیمتر بود. بذور

بصورت دستی و در عمق یکسان روی ردیف‌ها در تاریخ ۸۸/۲/۲۰، کاشته شدند. تراکم نهایی در تیمارهای کشت خالص به ترتیب برای ذرت و لوبیا ۱۱۱ و ۱۴۳ هزار بوته در هکتار بود و برای تیمارهای کشت مخلوط نصف این تراکم برای هر دو گیاه بود، در نتیجه تراکم نهایی این تیمارها با توجه به جایگزینی بودن طرح، با کشت خالص یکسان بود.

برای نمونه برداری از دو هفته پس از کاشت تا مرحله رسیدگی، نمونه‌های تصادفی (در هر کرت و برای هر کدام از گیاهان دو بوته) جهت اندازه‌گیری وزن خشک، برداشت شد. جهت تعیین اثر خطوط حاشیه (مجاورت ذرت و لوبیا)، دو بوته از هر گیاه، از خطوط حاشیه و دو بوته از خطوط مرکز هر تیمار برداشت و سپس بطور جداگانه مادهٔ خشک آنها اندازه گیری شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت زمان کافی قرار گرفتند. برای برآورد مقادیر تجمع مادهٔ خشک روزانه از برازش معادله زیر استفاده شد:

$$TDM = a / (1 + b \times \exp(-c \times x)) \quad (۱)$$

در اینجا TDM؛ تجمع مادهٔ خشک بر حسب گرم در متر مربع، a؛ حداکثر تجمع ماده خشک، b؛ زمانی که تجمع ماده خشک وارد مرحله خطی می‌شود، c؛ سرعت رشد نسبی و x؛ زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است. برای محاسبهٔ سرعت رشد ذرت و لوبیا (CGR[1]) از روش مشتق گیری از معادلهٔ روند تجمع مادهٔ خشک و برای محاسبهٔ سرعت رشد نسبی (RGR[2]) نیز از مشتق معادلهٔ سرعت رشد استفاده شد (۱۳).

برای ثبت عملکرد نهایی ذرت و لوبیا، در زمان برداشت از دو ردیف مرکزی و با رعایت اصول حاشیه یک متر مربع برداشت و سپس نمونه‌ها در درجه حرارت ۷۰ درجهٔ سانتیگراد در آون خشک و وزن آنها اندازه گیری شد. مزیت نسبی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص نیز برای هر عرض نوار با استفاده از نسبت برابری زمین (LER) محاسبه گردید (۷):

$$LER = Yij/Yii + Yji/Yjj \quad (۲)$$

در این معادله Yii و Yjj، به ترتیب عملکرد ذرت و لوبیا در کشت خالص و Yij و Yji، به ترتیب عملکرد ذرت و لوبیا در کشت مخلوط می‌باشد. داده‌های آزمایش توسط نرم افزار SAS تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. برای برازش معادلات و رسم اشکال نیز به ترتیب از نرم‌افزارهای Slide Write و Excel استفاده شد.

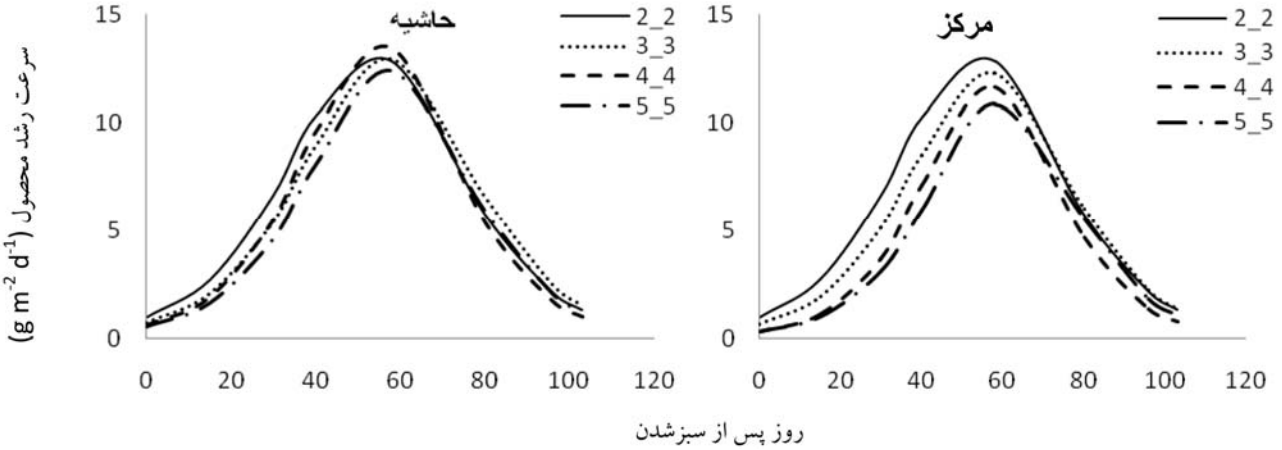
نتایج و بحث

سرعت رشد ذرت و لوبیا

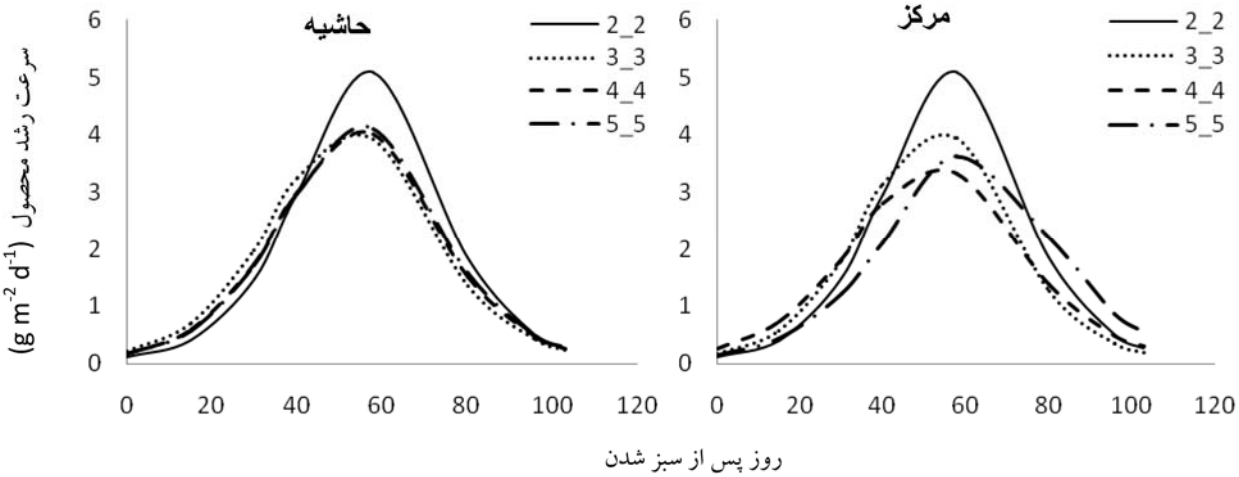
سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع مادهٔ خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا از نظر سرعت رشد محصول اختلاف قابل توجهی داشتند (شکل‌های ۱ و ۲). در تمام تیمارهای کشت مخلوط تا حدود ۶۰ روز پس از سبزشدن میزان سرعت رشد محصول به تدریج افزایش یافت و در این زمان به حداکثر میزان خود رسید و از حدود ۶۰ روز پس از سبزشدن ذرت و لوبیا، سرعت رشد محصول به دلیل کاهش رشد و مسن و زردشدن برگهای پائینی، روند نزولی پیدا کرد و در مراحل انتهایی دورهٔ رشد، به حدود صفر گرم در مترمربع در روز رسید. حداکثر سرعت رشد محصول به خطوط حاشیه‌ای تیمار عرض نوار ۲ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۱۲/۸ و ۵/۱ گرم در متر مربع در روز) و حداقل آن به خطوط مرکزی تیمار عرض نوار ۵ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۱۰/۸ و ۳/۶ گرم در متر مربع در روز) مربوط بود.

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که ردیف‌های حاشیه‌ای نسبت به مرکزی دارای سرعت رشد محصول بالاتری بودند، بطوری که با افزایش فاصلهٔ ردیف‌های مرکزی از ردیف اول حاشیهٔ هر تیمار، سرعت رشد محصول کاهش بیشتری یافت (شکل‌های ۱ و ۲). در خطوط حاشیه‌ای با افزایش عرض نوار حداکثر سرعت رشد ذرت و لوبیا به ترتیب ۳/۴ و ۱۹/۱ درصد کاهش یافت و این کاهش برای خطوط مرکزی به ترتیب برای ذرت و لوبیا ۱۵/۳ و ۲۸/۷ درصد بود. با افزایش عرض نوار میزان کاهش سرعت رشد محصول در خطوط مرکزی نسبت به خطوط حاشیه‌ای بیشتر بود. به نظر می‌رسد این موضوع به علت کاهش مجاورت ذرت و لوبیا در خطوط مرکزی نسبت به خطوط حاشیه‌ای باشد. هم در خطوط حاشیه‌ای و هم در خطوط مرکزی با افزایش عرض نوار سرعت رشد لوبیا نسبت به ذرت کاهش بیشتری داشت که این موضوع نیز شاید به علت اختلاف در سیستم فتوسنتزی این دو گیاه باشد، چرا که ذرت به دلیل چهار کربنه بودن دارای توان بالاتری در مقایسه با لوبیا در روبرو شدن با شرایط دشوار محیطی است و از آنجا که این آزمایش در یک سیستم کم نهاده اجرا شده بود و در این نوع سیستم‌ها معمولاً گیاهان سریع الرشدی مثل ذرت، قدرت تسخیر منابع بیشتری در مقایسه با گیاه کند رشدی همچون لوبیا دارند بنابراین افزایش عرض نوار تأثیر کمتری بر سرعت رشد ذرت در مقایسه با لوبیا گذاشت.

1- Crop growth rate
2- Relative growth rate



شکل ۱- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر سرعت رشد ذرت، در خطوط حاشیه و مرکزی

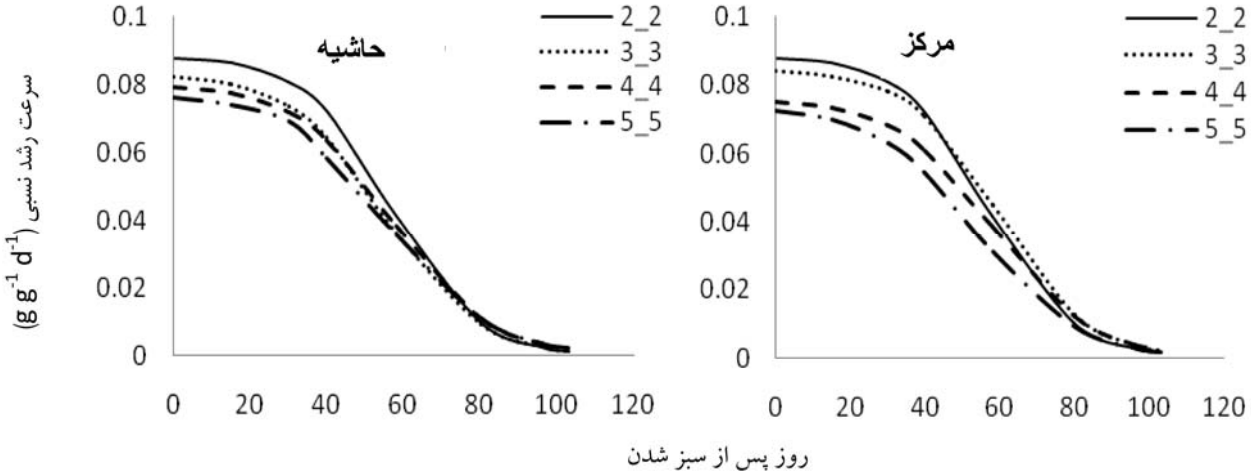


شکل ۲- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر سرعت رشد لوبیا، در خطوط حاشیه و مرکزی

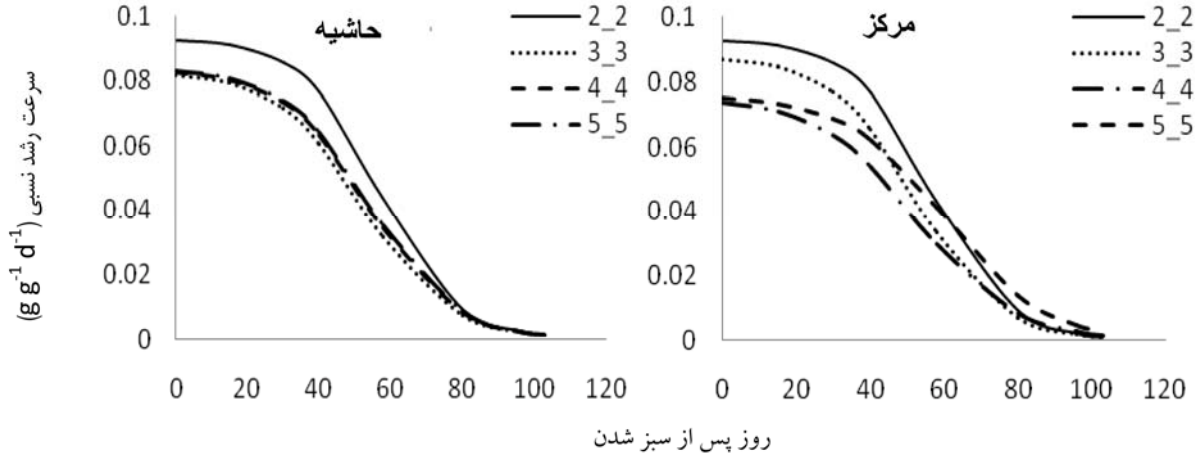
سرعت رشد نسبی ذرت و لوبیا

صرفنظر از تیمارهای مختلف کشت مخلوط، سرعت رشد نسبی ذرت و لوبیا در ابتدای دورهٔ رشد در بالاترین میزان خود (حدود ۰/۰۹ گرم بر گرم در روز) بود و سپس با طی شدن دورهٔ رشد، از حدود ۴۰ روز پس از سبز شدن به علت بسته شدن کانوپی و افزایش وزن گیاه و در پی آن افزایش هزینه‌های نگه داری گیاه، به تدریج شروع به کاهش کرد و در انتهای دورهٔ رشد به صفر رسید (شکل‌های ۳ و ۴). با افزایش عرض نوار سرعت رشد نسبی ذرت و لوبیا کاهش یافت به گونه‌ای که در ذرت و لوبیا تیمار عرض نوار ۲ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۰/۰۹۴ و ۰/۰۹۲ گرم بر گرم در روز) در مقایسه با سایر تیمارهای کشت مخلوط دارای بالاترین سرعت رشد نسبی بود و کمترین میزان سرعت رشد نسبی در تیمار عرض نوار ۵ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۰/۰۷۵ و ۰/۰۷۹ گرم بر گرم در روز) مشاهده شد (شکل‌های ۳ و ۴).

ردیف‌های حاشیه‌ای نسبت به مرکزی دارای سرعت رشد نسبی بالاتری بودند، بطوری که با افزایش فاصلهٔ ردیف‌های مرکزی از ردیف اول حاشیهٔ هر تیمار، سرعت رشد نسبی کاهش بیشتری یافت (شکل ۳ و ۴). حداکثر سرعت رشد نسبی ذرت و لوبیا در ردیف‌های حاشیه‌ای در تیمارهای مختلف کشت مخلوط به میزان بسیار کمی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۱۳/۴ و ۱۰/۴ درصد کاهش) نسبت به ردیف های مرکزی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۱۷/۵ و ۱۹/۱ درصد کاهش) تحت تأثیر قرار گرفت. با افزایش عرض نوار سرعت رشد نسبی ذرت در مقایسه با لوبیا، بیشتر تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت. این موضوع می‌تواند تأییدی بر وابستگی ذرت نسبت به لوبیا به سیستم‌های پر نهاده باشد. بطور کلی از آنجا که در گیاهان مختلف سرعت رشد نسبی از جمله شاخص های فیزیولوژیکی می‌باشد که به دلیل پایین بودن مقدار عددی آن، دامنهٔ نوسانات آن در تیمارهای مورد ارزیابی و در آزمایشات مختلف کم می باشد، بنابراین انتظار نمی‌رود که این شاخص اختلاف چندانی در تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا از خود نشان دهد (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر سرعت رشد نسبی ذرت طی روزهای بعد از کاشت، در خطوط حاشیه و مرکزی



شکل ٤- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر سرعت رشد نسبی لوبیا طی روزهای بعد از کاشت، در خطوط حاشیه و مرکزی

عملکرد نهایی ذرت و لوبیا

نتایج این بررسی نشان داد که عملکرد بیولوژیکی ذرت بر خلاف لوبیا بطوری معنی داری تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط قرار گرفت، بگونه‌ای که بیشترین عملکرد بیولوژیکی ذرت و لوبیا مربوط به خطوط حاشیه‌ای تیمار عرض نوار ۲ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۶۹۰/۴ و ۲۱۲/۴ گرم در متر مربع) و کمترین آن مربوط به خطوط مرکزی تیمار عرض نوار ۵ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۵۹۹/۸ و ۱۸۲/۵ گرم در متر مربع) بود (شکل ۵). افزایش عرض نوار هم در خطوط حاشیه‌ای و هم در خطوط مرکزی منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی ذرت شد، این در حالی بود که افزایش عرض نوار تنها در خطوط مرکزی منجر به کاهش عملکرد بیولوژیکی لوبیا شد. عملکرد بیولوژیکی ذرت با افزایش عرض نوار در خطوط حاشیه‌ای و مرکزی به ترتیب ۱۳/۲ و ۳۰/۹ درصد کاهش یافت، اما عملکرد بیولوژیکی لوبیا در خطوط حاشیه‌ای و مرکزی به ترتیب صفر و ۱۴ درصد کاهش یافت. شایگان و همکاران (۵) نیز در آزمایشی نشان دادند، کشت مخلوط ذرت و ازرن دم روباهی (*Setaria italica* L.) منجر به بهبود عملکرد تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گردید. ذرت و لوبیا در خطوط مرکزی در مقایسه با خطوط حاشیه‌ای از افت عملکرد بیشتری برخوردار بودند. به نظر می‌رسد افزایش عرض نوار منجر به کاهش اثرات تسهیل کنندگی و تکمیل کنندگی اجزای کشت مخلوط شد. در یک بررسی دیگر که جهت ارزیابی کشت مخلوط ارزن (*Panecum miliaceum*) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) به اجرا در آمده بود، عملکرد ارزن در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافت (۲۶). همچنین با افزایش عرض نوار عملکرد بیولوژیکی خطوط مرکزی ذرت نسبت به لوبیا از افت بیشتری برخوردار می‌باشد (شکل ۵) که این نتیجه شاید

به علت نیاز بالاتر ذرت به نیتروژن در مقایسه با لوبیا باشد (۱). از آنجا که این آزمایش در یک سیستم کم نهاده اجرا شد این نتایج دور از انتظار نیست.

عملکرد اقتصادی ذرت و لوبیا نیز بطوری معنی داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت، بگونه‌ای که بیشترین عملکرد اقتصادی ذرت و لوبیا مربوط به خطوط حاشیه‌ای تیمار عرض نوار ۲ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۳۲۴/۵ و ۸۷/۱ گرم در متر مربع) و کمترین آن مربوط به خطوط مرکزی تیمار عرض نوار ۵ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۱۵۲/۷ و ۶۹/۵ گرم در متر مربع) بود (شکل ۵). افزایش عرض نوار هم در خطوط حاشیه‌ای و هم در خطوط مرکزی منجر به کاهش عملکرد اقتصادی ذرت و شد، اما این کاهش برای عملکرد اقتصادی ذرت شدیدتر بود. عملکرد اقتصادی ذرت با افزایش عرض نوار در خطوط حاشیه‌ای و مرکزی به ترتیب ۲۴/۲ و ۵۲/۹ درصد کاهش یافت و این در حالی بود که عملکرد اقتصادی لوبیا در خطوط حاشیه‌ای و مرکزی به ترتیب ۱/۴ و ۲۰/۲ درصد کاهش یافت. ذرت و لوبیا در خطوط مرکزی در مقایسه با خطوط حاشیه‌ای از افت عملکرد بیشتری برخوردار بودند. لیبمن و دوایز (۲۰) در بررسی اثر کشت مخلوط ذرت و لوبیا به نتایج مشابه‌ای دست یافتند، در این بررسی نیز کشت مخلوط ذرت و لوبیا نسبت به تک کشتی این گیاهان دارای عملکرد اقتصادی بالاتری بود. علت افزایش عملکرد در این بررسی، کاهش خسارت علف‌های هرز و اثرات مکملی گیاهان زراعی در مخلوط بود. اگگنیو و همکاران (۸) در بررسی کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare*) و باقلا (*Vicia faba*) نیز افزایش عملکرد را در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی دو گیاه گزارش کردند.

افت عملکرد اقتصادی ذرت و لوبیا در خطوط مرکزی شدیدتر از عملکرد بیولیوژیکی بود. به نظر می‌رسد عملکرد اقتصادی در مقایسه با عملکرد بیولوژیکی از حساسیت بیشتری برخوردار باشد. از آنجا که عملکرد اقتصادی در انتهای دورهٔ رشد محصول شکل می‌گیرد (۱۴) و در این زمان به علت کم نهاده بودن آزمایش، ذرت و لوبیا با محدودیت عناصر غذایی روبرو بودند پس این نتایج دور از ذهن نبود. افزایش عملکرد دانه در کشت مخلوط گیاهان دیگر نیز نسبت به حالت تک کشتی آنها گزارش شده است (۵ و ۲۷).

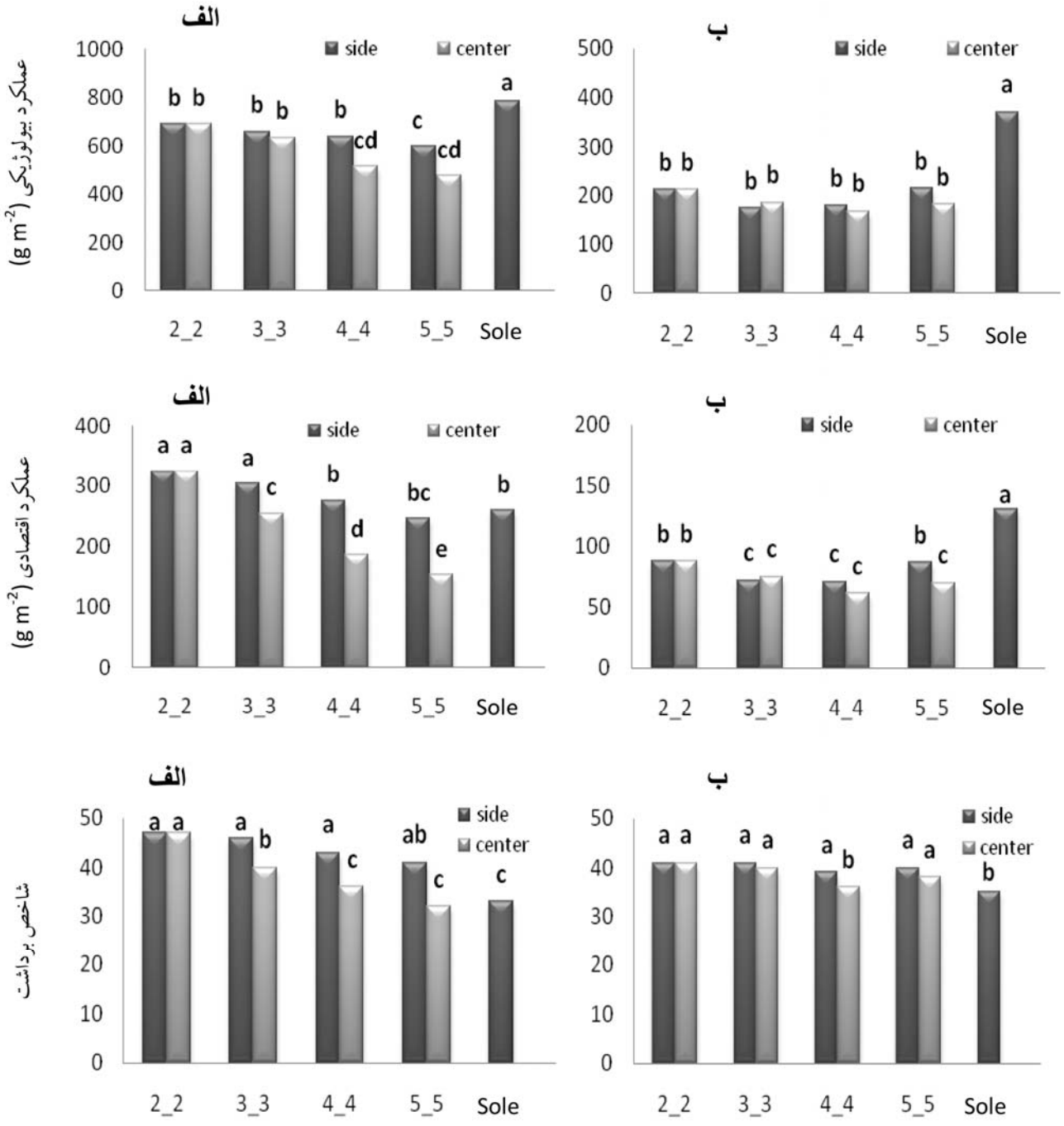
شاخص برداشت ذرت و لوبیا

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که شاخص برداشت ذرت و لوبیا نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت به گونه‌ای که بیشترین میزان شاخص برداشت به تیمار عرض نوار ۲ ردیفی (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۴۷ و ۴۱ درصد) و کمترین آن در تیمار کشت خالص (به ترتیب برای ذرت و لوبیا، ۳۳ و ۳۵ درصد) بود، بنابراین با افزایش عرض نوار به تدریج شاخص برداشت کاهش یافت (شکل ۵). محققان دیگر نیز افزایش شاخص برداشت را در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گزارش کردند (۲ و ۴). افزایش شاخص برداشت گیاهان زراعی در سیستم‌های کشت مخلوط، اغلب از طریق بهبود ظرفیت گونه‌های مخلوط برای افزایش جذب و مصرف فیزیولوژیکی منابع توسط آنها حاصل می‌شود (۱۷). افزایش شاخص برداشت در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نسبت به تک کشتی را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لوبیا نسبت داد. از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی موثر بر میزان فعالیت آنزیمهای فتوسنتزی و در نتیجه میزان عملکرد گیاهان می‌باشد بنابراین حضور لوبیا در کنار ذرت منجر به افزایش شاخص برداشت شد.

در تمام تیمارهای کشت مخلوط نواری، ردیف‌های مرکزی نسبت به ردیف‌های حاشیه‌ای دارای شاخص برداشت کمتری بودند (شکل ۵). با افزایش فاصلهٔ ردیف‌های مرکزی از ردیف اول حاشیهٔ هر تیمار، شاخص برداشت ردیف‌های مرکزی به تدریج کاهش یافت، به گونه‌ای که در تیمارهای عرض نوار ۵ ردیفی در مقایسه با تیمار عرض نوار ۲ ردیفی، میزان شاخص برداشت به ترتیب برای ذرت و لوبیا ۳۱/۹ و ۷/۳ درصد کاهش یافت اما این کاهش برای ردیف‌های حاشیه‌ای به ترتیب برای ذرت و لوبیا ۱۲/۷ و ۲/۴ درصد بود (شکل ۵). با افزایش عرض نوار شاخص برداشت ذرت در مقایسه با لوبیا کاهش شدیدتری داشت که این مطلب تأییدی بر حساسیت بیشتر عملکرد اقتصادی این گیاه نسبت به لوبیا می باشد (شکل ۵). رضوان بیدوختی (۳) نیز گزارش کرد هرچه از سمت کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری که به شرایط تک کشتی نزدیک‌تر است نزدیک می‌شویم، شاخص برداشت به تدریج کاهش می‌یابد.

نسبت برابری زمین

نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای مخلوط نواری، نسبت برابری زمین بیشتر از کشت خالص بود. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین در تیمار عرض نوار ۲ ردیفی به میزان ۱/۴۵ بود، این بدان معنی است که کشت خالص هر جزء، نیاز به ۴۵ 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 کشت مخلوط است. اگرچه نسبت برابری زمین هر جزء مخلوط کمتر از خالص بود ولی نسبت برابری زمین کل بالاتر از ۱ بود. با افزایش عرض نوار این نسبت کاهش یافت. در ردیف‌های حاشیه، میزان افت کمتر از ردیف‌های مرکز بود (جدول ۱).



شکل ۵- اثر تیمارهای کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیکی، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت ذرت (الف) و لوبیا (ب) در خطوط حاشیه (side) و مرکزی (center)

کمترین نسبت برابری زمین در عرض نوار ۵ ردیفی بدست آمد ولی شدت کاهش آن در ردیف‌های مرکز بیشتر بود به طوری که در ردیف‌های حاشیه با افزایش عرض نوار از ۲ به ۵ ردیف مقدار نسبت برابری زمین حدود ۷/۵ درصد کاهش یافت، در حالی که در ردیف‌های مرکز این کاهش به ۲۴/۲ درصد رسید. این کاهش در جزء ذرت و لوبیا در ردیف‌های حاشیه به ترتیب صفر و ۱۳/۲ درصد و در مرکز به ترتیب ۳۰/۵ و ۱۴ درصد بود. این امر نشاندهنده تأثیرپذیری ذرت به اثرات تقویتی لوبیا به ویژه تثبیت نیتروژن در مخلوط می‌باشد

(جدول ۱). شایگان و همکاران (۵) در آزمایشی روی ذرت و ارزن دم روباهی نشان دادند که کشت مخلوط این دو گیاه منجر به افزایش نسبت برابری زمین شد، در این بررسی نیز جزء ذرت نسبت به ارزن دم روباهی دارای نسبت برابری بالاتری بود. نامبرگان اظهار داشتند که علت بهبود عملکرد ذرت در مجاورت ارزن دم روباهی نسبت به کشت خالص این گیاه، کنترل علف‌های هرز بود. اختلافات مرفولوژیک و فیزیولوژیک بین بقولات و غیربقولات در کشت مخلوط یکی از دلایل اصلی بروز روابط همزیستی دو جانبه مثبت می‌باشد (۹).

تفاوت در عمق ریشه دهی، گسترش شعاعی ریشه و تراکم طول ریشه احتمالاً از عواملی هستند که بر رقابت دو جزء در کشت مخلوط برای جذب آب و عناصر غذایی تأثیر گذاشته و باعث افزایش کارایی استفاده از زمین می‌شوند. کوچکی و همکاران (۶) نیز در کشت مخلوط زعفران (*Crocus sativus*) با غلات، حبوبات و گیاهان دارویی به این نتیجه دست یافتند که مزیت نسبی کشت مخلوط زعفران با سایر گیاهان زراعی از لحاظ مجموع ارزش نسبی تنها در کشت مخلوط زعفران با سیاه دانه (*Nigella sativa*) و زنیان (*Trachyspermum ammi*) بدست آمد.

جدول ۱- نسبت برابری زمین جزیی، کل (مخلوط) و میانگین آنها در حاشیه و مرکز تیمارهای کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا

تیمار	ذرت		لوبیا		کل		
	حاشیه	مرکز	حاشیه	مرکز	حاشیه	مرکز	میانگین
عرض نوار۲	۰/۸۸ a	۰/ ۸۸ A	۰/۵۷a	۰/۵۷ A	۱/۴۵ a	۱/۴۵ A	۱/۴۵a
عرض نوار۳	۰/۸۴a	۰/۸۱A	۰/۴۷b	۰/۵۰ B	۱/۳۱ b	۱/۳۱ B	۱/۳۱b
عرض نوار۴	۰/۸۲b	۰/۶۶B	۰/۴۹b	۰/۴۵ C	۱/۳۰ b	۱/۱۱ C	۱/۲۳c
عرض نوار۵	۰/۷۶c	۰/۶۱B	۰/۵۸a	۰/۴۰ C	۱/۳۴ c	۱/۱۰ C	۱/۲۲c

*- اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری (دانکن ۵ درصد) معنی‌دار نمی‌باشند.

ردیف‌های حاشیه‌ای نسبت به ردیف‌های مرکزی دارای نسبت برابری زمین بالاتری بودند و نسبت برابری زمین جزیی ذرت بیشتر از لوبیا بود. این بدین معناست که به نظر می‌رسد مجاورت دو گیاه باعث ایجاد اثرات تکمیل کنندگی و استفاده بهتر از منابعی نظیر آب، مواد غذایی و نور شده است و در این بین ذرت بهره بیشتری از لوبیا برده است. کمترین نسبت برابری زمین کل در ردیف‌های حاشیه در تیمار عرض نوار ۵ و بیشترین آن در عرض نوار ۲ بدست آمد (جدول ۱). این روند در ردیف‌های مرکزی نیز مشاهده شد با این تفاوت که میزان کاهش آن بیشتر بود به طوری که عرض نوار ۵ با نسبت برابری زمین برابر ۱/۱۱ به شرایط کشت خالص نزدیک گردید. اظهار شده است که وقتی بقولات در کنار غله بصورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند، بدلیل اثر مکملی جزء بقولات جهت تثبیت مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک می‌گردد و در نتیجه تعداد گره فعال و تشکیل آنها افزایش می‌یابد (۱۰). هیبسچ و همکاران (۱۶) در بررسی تراکم‌های مختلف در کشت مخلوط ذرت و دو رقم سویا (*Glycine max*) نشان دادند که مقدار نسبت برابری زمین از ۱/۱ تا ۱/۴ متغیر بود و علت این افزایش را کمتر بودن علف هرز در کشت مخلوط و میزان پایداری در استفاده از منابع موجود ذکر کردند.

نتیجه گیری کلی

بطور کلی نتایج این بررسی نشان داد که کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا نسبت به تک کشتی آنها منجر به بهبود کارایی استفاده از منابع و زمین می‌شود. افزایش سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت و نسبت برابری زمین در این آزمایش تأییدی بر این مطلب می‌باشد. در بین تیمارهای مورد بررسی تیمار کشت مخلوط ۲ و ۳ ردیفی در مقایسه با سایر تیمارها از نظر ویژگی‌های نامبرده برتری داشتند، بنابراین به نظر می‌رسد که کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا تا عرض نوار ۳ ردیفی منجر به افزایش کارایی استفاده از منابع مصرفی می‌شود. در تمامی تیمارهای مورد بررسی با افزایش عرض نوار، اکثر ویژگی‌های اندازه گیری شده کاهش یافت. میزان کاهش در خطوط مرکزی بیشتر از حاشیه‌ای بود که این نتیجه نشان دهندهٔ اثرات تکمیل کنندگی و تسهیل کنندگی لوبیا در کنار ذرت می‌باشد. در پایان پیشنهاد می‌شود که جهت حصول اطمینان کافی از این نتایج، برای معرفی بهترین عرض نوار کشت مخلوط ذرت و لوبیا این بررسی طی چند سال و در مناطق دیگر نیز تکرار شود.

منابع

۱- اویسی، م. ۱۳۸۴. مطالعه اثر کشت مخلوط و کود نیتروژن بر ویژگیهای زراعی و مورفولوژیکی دو هیبرید ذرت (*Zea mays* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. تعداد صفحات

۲- حسین پناهی، ف. ۱۳۸۷. ارزیابی عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط ذرت و سیب زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. تعداد صفحات

۳- رضوان بیدختی، ش. ۱۳۸۳. مقایسه ترکیبهای مختلف کشت در مخلوط ذرت و لوبیا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. تعداد صفحات

۴- رستمی، ل.، ف. مندنی، س. خرم دل، ع. کوچکی، و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۸. اثر تراکم های مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا بر عملکرد گیاهان زراعی و جمعیت علف‌های هرز. مجله پژوهش علف های هرز. ۱: (۲)، ۳۷-۵۰.

۵- شایگان، م.، د. مظاهری، ح. رحیمیان مشهدی، و س. ع. پیغمبری. ۱۳۸۷. اثر تاریخ کاشت و کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و ارزن دم روباهی (*Setaria italica* L.) بر عملکرد دانه آن ها و کنترل علف های هرز. مجله علوم زراعی ایران. ۱۰: (۱)، ۳۱-۴۶.

۶- کوچکی، ع.، س. نجیب نیا، و ب. الله گانی. ۱۳۸۸. ارزیابی عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) در کشت مخلوط با غلات، حبوبات و گیاهان دارویی. مجله پژوهشهای زراعی ایران، ۷: (۱). ۱۷۳-۱۸۲.

۷- کوچکی، ع.، م. نصیری محلاتی، ف. مندنی، ح. فیضی، و ش. امیرمرادی. ۱۳۸۸. ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط ذرت و لوبیا. بوم شناسی کشاورزی، ۱: (۱)، ۱۳-۲۳.

8- Agegnnehu, G., A. Ghizaw, and W. Sinebo. 2006. Yield performance and land use bean mixed cropping in Ethiopian highlands. Eur. J. Agron. 25: 202-207.

9- Akuda, E. M. 2001. Intercropping and population density effects on yield component, seed quality and photosynthesis of sorghum and soybean. J. Food. Techno. 6: 170-172.

10- Banik, P., A. Midya, B. K. Sarkar, and S. S. Ghose. 2006., Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: Advantages and Somthering. Eur. J. Agron 24: 324-332.

11- Chen, C., M. Westcott, K. Neill, D. Wichmann, and M. Knox. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. Agron. J. 96: 1730-1738.

12- Gao, Y., A. Duan, J. Sun, F. Li, Z. Liu, H. Liu, and Z. Liu. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. Field. Crops. Res. 111: 65-73.

13- Gardner, F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, USA, pp. 186-208.

14- Goudriaan, J., and H. H. Van Laar. 1993. Modelling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press.

15- Hauggaard-Nielsen, H., P. Ambus, and E. S. Jensen. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea–barley intercropping. Field. Crops. Res. 70: 101-109.

16- Hiebsch, C., F. Teiokagho, A. M. Chirembo, and F. P. Gerdner. 1995. Plant density and soybean maturity in soybean-maize intercropping. Agron. J. 87: 965-989.

17- Jahansooz, M. R., I. A. M. Yunusa, D. R. Coventry, A. R. Palmer, and D. Eamus. 2007. Radiation- and water-use associated with growth and yields of wheat and chickpea in sole and mixed crops. Eur. J. Agron. 26: 275-282.

18- Jensen, E. S. 1996. Grain yield, symbiotic N2 fixation and interspecific competition for inorganic N in pea–barley intercrops. Plant. Soil. 182: 25-38.

19- Keating, B. A., and P. S. Carberry. 1993. Resource capture and use in intercropping: solar radiation. Field. Crops. Res. 34: 273-301.

20- Liebman, M., and A. S. Davis. 2000. Integration of soil, crop and weed management in Low- input farming systems. Weed. Res. 40: 27-47.

21- Morgado, L. B., and R. W. Willey. 2003. Effects of plant population and nitrogen fertilizer on yield and efficiency of maize-bean intercropping. Pesq. Agropec. Bras., Brasilia. 38: 1257-1264.

22- Morris, R. A., and D. P. Garrity. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: Non-nitrogen nutrient. Field. Crops. Res. 34: 319-334.

23- Mukhala, E., J. M. Juger, and L. D. Vanrensburg. 1999. Dietary nutrient deficiency in small-scale farming communities in South Africa benefits of intercropping maize and beans. Nutri. Res. 19: 629-641.

24- Ofori, F., and W. R. Stern. 1987. Cereal–legume intercropping systems. Adv. Agron. 41: 41-90.

25- Poggio, S. L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agri. Eco. Environ. 109: 48-58.

26- Reddy, K. C., P. L. Visser, M. C. Klaij, and C. Renard. 1994. The effect of sole and traditional intercropping of millet and cowpea on soil and crop productivity. Experi. Agri. 30: 83-88.

27- Sistachs, M., R. Crespo, and G. C. Padilla. 1993. Effects of seed dosage and time of seasonal culture intercropping guinea grass (*Panicum maximum*) establishment with maize. Cuban. J. Agri. Sci. 27: 97-100.

28- Thobatsi, T. 2009. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in an

intercropping system. MSe Thesis. University of Protoria. 149 p.
29- Tsubo, M., and S. Walker. 2002. A model of radiation interception and use by a maize–bean intercrop canopy. Agri. Meteo. 110: 203-215.
30- Tsubo, M., S. Walker, and E. Mukhala. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of monocropping with intercropping systems with different row orientations. Field. Crops. Res. 71: 17-29.
31- Xin, N. Q., and P. Y. Tong. 1986. Multiple cropping system and its development orientation in China (a review). Sci. Agri. Sinica. 4: 88-92.