ارزیابی اقتصادی کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba* L.) با ذرت (*Zea mays* L.) براساس شاخص مجموع ارزش نسبی و کاهش رشد علف‌های هرز

جواد حمزه‌ئی[1*] و نسرین قمری‌رحیم[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۱۲)

چکیده

کنترل شیمیایی علف‌های هرز، نگرانی‌های جدی را از نظر سلامت غذایی و محیط‌زیست به‌دنبال دارد که این امر توجه به تکنیک‌های مدیریت غیر شیمیایی‌علف‌های هرز نظیر کشت مخلوط را ضروری تلقی می‌کند. کشت مخلوط می‌تواند علف‌های هرز را مهار کرده و مصرف علف‌کش‌ها را در سیستم‌های تولیدی کاهش دهد. بنابراین، هدف این مطالعه بررسی اثرات کشت مخلوط باقلا و ذرت و نیز کنترل دستی علف‌هرز بر عملکرد دانه ذرت و عملکرد کل بود. آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۹ به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا اجرا شد. کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز (MWF)، کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز (MWI)، ذرت به‌همراه ۱۵ درصد باقلا (M + 15%F)، ذرت به‌همراه ۳۰ درصد باقلا (M + 30%F)، ذرت به‌همراه ۴۵ درصد باقلا (M + 45%F) و کشت خالص باقلا تیمارهای آزمایشی بودند. اثر تیمارها بر زیست‌توده و تراکم علف‌هرز معنی‌دار شد، به‌طوری‌که با افزایش تراکم باقلا در کشت مخلوط، به‌طور معنی‌داری تراکم و زیست‌توده علف‌هرز از ۸۵ بوته و ۳۱۰ گرم در مترمربع در تیمار MWI به ۲۲ بوته و ۶۳ گرم در مترمربع در تیمار M + 45%F کاهش یافت. بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت (به‌ترتیب ۸۰۳۳ و ۱۷۹۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار MWF و کمترین میزان در تیمار MWI مشاهده شد ولی، بین تیمار MWF و M + 45%F از نظر عملکرد کل (مجموع عملکرد دانه ذرت و باقلا) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کشت خالص باقلا نیز بیشترین اجزای عملکرد و عملکردهای دانه و بیولوژیک را داشت و در تیمارهای کشت مخلوط با افزایش تراکم باقلا، صفات فوق به‌جز تعداد غلاف در بوته، افزایش یافتند. بیشترین میزان شاخص‌های کارایی کنترل علف‌هرز (۷۳ درصد) و مجموع ارزش نسبی (۱/۱۴) نیز به تیمار M + 45%F تعلق گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که کشت مخلوط افزایشی باقلا به‌ویژه در تراکم‌های بالاتر به‌عنوان گیاه همراه با ذرت، علاوه بر کنترل علف‌های هرز، عملکرد قابل قبولی نیز تولید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: باقلا، بیوماس علف‌هرز، ذرت، کارایی کنترل علف‌هرز، عملکرد کل

۱ و ۲. به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: j.hamzei@basu.ac.ir

مقدمه

امروزه به‌کارگیری نظام‌های زراعی مناسب به‌عنوان یک راه‌کار مؤثر در افزایش پایداری و بهبود تولید محصولات زراعی و ایجاد امنیت غذایی در سطح جهان مدنظر متخصصین قرار گرفته است. پژوهشگران سیستم‌های مختلف کشاورزی را جهت افزایش باروری و پایداری تولید با استفاده از عملیات تناوب زراعی و کشت مخلوط غلات یک‌ساله با لگوم‌ها اجرا کرده‌اند. کشت مخلوط غلات با لگوم‌ها در مناطق گرمسیر و مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار مرسوم است (۶). سیستم‌های کشت مخلوط ثبات عملکرد را بهبود می‌بخشند و پایداری بیشتری در عملکرد نشان می‌دهند. دلیل این امر از سودمندی کشت مخلوط در محافظت از خاک (۲۶)، استفاده کارامدتر از منابع و کاهش هزینه تولید (۵)، کنترل علف‌های هرز (۱۳ و ۲۲) و افزایش عملکرد (۸ و ۱۱) ناشی می‌شود.

رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی یکی از عمده‌ترین دلیل کاهش عملکرد گیاهان زراعی و در نتیجه کاهش تولیدات کشاورزی می‌باشد (۱۳، ۱۵ و ۲۲). از این‌رو، یکی از راه‌های افزایش تولید، جلوگیری از خسارت علف‌های هرز می‌باشد. علف‌های هرز باعث کاهش بازده محصول از طریق رقابت برای سه منبع آب، نور و موادغذایی می‌شوند. معمولاً بیشترین نیاز به مواد غذایی و آب برای علف‌هرز هم‌زمان با نیاز گیاه زراعی رخ می‌دهد. علاوه بر این، برخی از علف‌های هرز قادر به تولید پوشش گیاهی، با سرعت بیشتری نسبت به گیاه زراعی هستند و درنتیجه به‌طور مؤثری برای نور رقابت می‌کنند (۳۱). بنابراین، با توجه به کاهش در عملکرد محصول تولید شده، کنترل علف‌های هرز لازم است. سازوکار کنترل علف‌های هرز از وجین دستی یا کنترل به‌وسیله شخم ساده به کنترل شیمیایی توسعه پیدا کرده است. این روش کنترل، خطرات سلامت ذاتی و زیست‌محیطی را در ارتباط با برخی از علف‌کش‌ها به‌دنبال دارد و با استفاده از این رویکرد کنترل علف‌هرز، هزینه‌ها افزایش می‌یابد. با توجه به اثرات سوء سموم بر محیط‌زیست و مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، لزوم گرایش به سمت کنترل غیرشیمیایی علف‌های هرز بیش از همیشه احساس می‌شود. یکی از تمهیدات مهم در کنترل علف‌های هرز از دیدگاه کشاورزی پایدار، استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط است. کشت مخلوط به‌دلیل رقابت گیاهان با علف‌های هرز از رشد و توسعه آنها ممانعت به‌عمل می‌آورد و این امر با وجود عدم کاربرد علف‌کش، به افزایش تولید در این سیستم کشت منجر می‌شود (۱۹). به‌عبارت دیگر، استفاده از یک گیاه ثانوی به‌عنوان گیاه همراه در زراعت اصلی، علاوه بر اینکه از رشد علف‌های هرز جلوگیری کرده و بانک بذری علف‌های هرز در خاک را کاهش می‌دهد، اغلب منجر به افزایش کارایی استفاده از زمین نیز می‌شود. ساماراجیوا و همکاران (۲۳) در کشت ارزن به‌عنوان گیاه همراه با سویا و آچینو و همکاران (۲۹) در کشت سویا به‌عنوان گیاه همراه با ذرت، گزارش کردند که ارزن و سویا قادر هستند از رشد علف‌های هرز به‌طور چشمگیری ممانعت به‌عمل آورند و در کاهش جمعیت آنها در مزرعه زراعت اصلی مؤثر باشند. یانگ و همکاران (۳۰) کاهش عملکرد ذرت در حضور علف‌های هرز را ۱۰ تا ۳۵ درصد گزارش کردند. سیستم کشت مخلوط غله – لگوم معمولاً از رایج‌ترین سیستم‌های کشاورزی در دنیا می‌باشد (۱۰ و ۱۸). در واقع، کشت مخلوط استفاده درست از روابط متقابل گیاهان برای حداکثرسازی رشد و قدرت تولید گیاهان زراعی است. در مقایسه با حالت تک‌کشتی، برتری عملکرد کل در سیستم‌های کشت مخلوط لگوم با غیر لگوم نظیر باقلا و جو (۲۷)، گاودانه و جو (۱۱) و نخود و جو (۱۳) گزارش شده است. از این‌رو، با توجه به اینکه استفاده از نظام کشاورزی پایدار به‌دلیل تطابق با شرایط طبیعی و اصل اصالت کیفیت محصول، بهترین شرایط را برای تولید گیاهان زراعی فراهم آورده و استفاده از گیاهان همراه نیز از عوامل زراعی مؤثر بر افزایش تولید می‌باشد، در پژوهش حاضر ضمن ارزیابی قابلیت باقلا به‌عنوان گیاه همراه در کنترل علف‌های هرز مزرعه ذرت، اثرات آن بر مجموع ارزش نسبی، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت نیز مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا (طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۶۹۰ متر) اجرا شد. اسیدیته خاک مکان آزمایش ۸/۱ و بافت آن رسی سیلتی بود. آزمایش با پنج تیمار و سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۱۳۸۹ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز (MWF)، کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز (MWI)، ذرت به‌همراه ۱۵ درصد باقلا (M + 15%F)، ذرت به‌همراه ۳۰ درصد باقلا (M + 30%F)، ذرت به‌همراه ۴۵ درصد باقلا (M + 45%F) و کشت خالص باقلا بود. قابل ذکر است که جهت ارزیابی سودمندی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، نیاز به کشت‌های خالص هر دو گیاه است و به‌همین دلیل یک واحد آزمایشی به‌طور جداگانه در کنار تیمارهای مذکور برای کشت خالص باقلا در هر سه تکرار در نظر گرفته شد. برای ذرت از هیبرید سینگل کراس ۵۰۰ که یک رقم متوسط‌رس با طول فصل رشد ۱۲۰– ۱۱۵ روز بوده و در منطقه برای تولید دانه کشت می‌شود، استفاده شد. بذر باقلا نیز از کشاورزان منطقه که یک رقم محلی بود تهیه گردید. عملیات کاشت در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۱۴ صورت گرفت. هر کرت ذرت شامل ۵ خط کاشت به‌طول ۵ متر بود. فاصله بین ردیف و روی ردیف به‌ترتیب ۷۵ و ۱۸سانتی‌متر و تراکم نهایی ۷۴۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. کشت خالص باقلا نیز طبق توصیه کشاورزان محلی، با فاصله دریف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۵ سانتی‌متر و با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع انجام گرفت. در کشت مخلوط افزایشی باقلا با ذرت، با توجه به کشت خالص باقلا (۴۰ بوته در مترمربع) تراکم مورد نظر برای این گیاه در تیمارهای M + F15%، M + 30%F و M + 45%F که به‌ترتیب ۶، ۱۲ و ۱۸ بوته در مترمربع می‌شد، محاسبه و در تیمارهای مربوطه در بین ردیف‌های ذرت کشت گردید. به‌عبارت دیگر، باقلا به‌صورت ردیفی به کشت خالص ذرت اضافه گردید. فاصله بین دو بوته برای باقلا در روی ردیف در تیمارهای M + 15%F، M + 30%F و M + 45%F به‌ترتیب ۲۲، ۱۱ و ۷ سانتی‌متر بود. آبیاری به روش بارانی و پس از کاشت شروع و تا آخر فصل رشد هر هشت روز یک‌بار صورت گرفت. در طول دوره رشد، اثری از آفات و بیماری‌ها در مزرعه مشاهده نشد و بنابراین در این پژوهش از آفت‌کش و یا قارچ‌کشی استفاده نشد. در پایان فصل رشد (اواخر مهر ماه ۱۳۸۹)، بوته‌های دو مترمربع از وسط هر کرت جهت محاسبه عملکرد دانه و اجزای آن مورد استفاده قرار گرفتند. تعداد پنج بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و براساس آن تعداد دانه در بلال و تعداد ردیف دانه در بلال محاسبه گردید. عملکرد دانه ذرت و باقلا با رطوبت تقریباً ۱۴ درصد اندازه‌گیری و ثبت شد. از مجموع عمیکرد دانه ذرت و باقلا، عملکرد کل سیستم به‌دست آمد. در تیمار کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز (MWF) به‌طور منظم از ابتدای فصل رشد، وجین علف‌های هرز صورت گرفت. ولی در سایر تیمارها که تداخل علف‌هرز با گیاه زراعی وجود داشت، در انتهای فصل رشد به‌منظور تعیین تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز، نمونه‌برداری از علف‌های هرز با استفاده از کوادرات ۱ × ۱ متر انجام شد. تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) و پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) علف‌های هرز غالب مزرعه بودند. علف‌های هرز پس از شمارش و تعیین تراکم در واحد سطح، برای تعیین وزن خشک، در داخل آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند و سپس توزین شدند.

جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER; Land equivalent ratio)، مجموع ارزش نسبی (RVT; Total Relative Value) و کارایی کنترل علف‌هرز (WCE; Weed Control Efficiency) استفاده شد. شاخص LER نشان‌دهنده درجه رقابت یا هم‌یاری در کشت مخلوط است و از رابطه $LER = (Y_{ic}/Y_{sc}) + (Y_{if}/Y_{sf})$ محاسبه شد که در این فرمول Y_{ic} و Y_{if} به‌ترتیب عملکرد ذرت

و باقلا در کشت مخلوط می‌باشد و Y_{sc} و Y_{sf} نیز به‌ترتیب عملکرد ذرت و باقلا در کشت خالص است. اگر $LER > 1$ باشد، اجرای سیستم کشت مخلوط بهتر خواهد بود (۶). برای محاسبه مجموع ارزش نسبی از رابطه $RVT = (ap_1 + bp_2)/am$ استفاده شد. در این فرمول a و b به‌ترتیب قیمت ذرت (۶۹۰۰ ریال) و قیمت باقلا (۲۰۰۰۰ ریال)، P_1 و P_2 به‌ترتیب عملکرد ذرت و باقلا در کشت مخلوط و M عملکرد ذرت در کشت خالص است (۱۸). قابل ذکر است که قیمت ذرت و باقلا براساس قیمت روز بازار تعیین شده است. کارایی کنترل علف‌هرز (WCE) توسط تیمارهای کشت مخلوط نیز براساس رابطه $WCE = [(WDW_c - WDW_i)/WDW_c] \times 100$ محاسبه شد. در این فرمول نیز WDW_c و WDW_i به‌ترتیب بیوماس علف‌های هرز در تیمار کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز (MWI) و بیوماس علف‌های هرز در تیمار کشت مخلوط می‌باشد (۳).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. جهت مقایسهٔ میانگین‌ها نیز از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

علف‌های هرز و کارایی کنترل کشت مخلوط

استفاده از گیاهان مناسب در کشت مخلوط، می‌تواند به‌عنوان یک راه‌کار جهت مقابله با علف‌های هرز، مصرف کمتر علف‌کش و کاهش آلودگی محیط‌زیست مدنظر قرار گیرد. اثر تیمارها بر زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز معنی‌دار شد (جدول ۱). به‌نظر می‌رسد که با افزایش تراکم گیاهان در کشت مخلوط به‌دلیل جذب حداکثر تشعشعات نوری و عدم نفوذ نور به درون کانوپی و گرفتن فضا، زیست‌توده علف‌های هرز کاهش یافته است. به‌طوری‌که، بیشترین میزان زیست‌توده و تراکم علف‌هرز که به‌ترتیب معادل ۳۱۰ گرم و ۶۳ بوته در مترمربع بود به تیمار کشت خالص ذرت در حالت عدم کنترل علف‌هرز تعلق گرفت (جدول ۲). با افزایش تراکم گیاه همراه (باقلا) در مزرعه ذرت، وزن خشک و تراکم علف‌هرز به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که، کمترین میزان زیست‌توده و تراکم علف‌هرز که به‌ترتیب معادل ۸۵ گرم و ۲۲ بوته در مترمربع بود در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۴۵٪ باقلا با ذرت مشاهده شد. قابل ذکر است که بین تیمار M + 45%F و تیمار MWF (کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز) از نظر عملکرد کل سیستم تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. به‌نظر می‌رسد که اجرای کشت مخلوط باقلا با ذرت، توان این گیاهان در رقابت با علف‌های هرز را افزایش داده و ضمن مهار مطلوب علف‌های هرز، کارایی سیستم زراعی در استفاده از منابع افزایش یافته و در نتیجه عملکرد کل سیستم نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌هرز (MWI) افزایش یافته است. در واقع، با افزایش تراکم گیاه باقلا در مزرعه ذرت، سطح زمین سریع‌تر توسط گیاهان زراعی پوشیده شد و از دسترسی علف‌های هرز به نور عبور کرده از لابه‌لای شاخ و برگ کانوپی ذرت به سمت زمین، جلوگیری شد. حمزه‌ئی و همکاران (۱۳) در بررسی کشت مخلوط افزایشی نخود و جو و هاگارد نیلسون و همکاران (۱۴) با اجرای کشت مخلوط افزایشی جو و نخودفرنگی، گزارش کردند که با افزایش تراکم گیاه همراه در مزرعه گیاه اصلی، تراکم و بیوماس علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. علت کاهش بیوماس و تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط، به افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی با علف‌های هرز نسبت داده شده است (۱۳ و ۱۵). لیبمن و دایک (۲۰) نیز کاهش زیست‌توده علف‌های هرز در کشت مخلوط را در مقایسه با تک‌کشتی، ۴۷ درصد گزارش کردند. آلفورد و همکاران (۲) نیز در مطالعه کشت مخلوط ذرت و خیار و دیویکیت و همکاران (۵) در بررسی کشت مخلوط نخود و غلات بهاره، گزارش کردند که تراکم و بیوماس علف‌هرز با اجرای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی به‌طور قابل توجهی کاهش یافت. آنها علت این امر را اثر مکملی گیاهان زراعی در کشت مخلوط دانستند که باعث افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی با علف‌های هرز می‌شود. هم‌چنین، در مقایسه شاخص

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		تراکم علف‌های هرز	زیست‌توده علف‌های هرز
تکرار	۲	۲۵^{ns}	۶۰^{ns}
تیمار	۳	۱۰۶۲**	۳۸۳۹۳**
خطا	۶	۱۶	۳۶

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۲. مقایسه میانگین زیست‌توده و تراکم علف‌های هرز در تیمارهای آلوده به علف‌هرز

تیمار	تراکم علف‌های هرز (plant m^{-2})	زیست‌توده علف‌های هرز (g m^{-2})
MWI	۶۳^{a}	۳۱۰^{a}
M + 15%F	۳۶^{b}	۲۸۶^{b}
M + 30%F	۲۵^{c}	۱۲۵^{c}
M + 45%F	۲۲^{c}	۸۵^{d}

MWI، M + 15%F، M + 30%F و M + 45%F: به‌ترتیب کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز و کشت مخلوط افزایشی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد باقلا با ذرت. حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) است.

کارایی کنترل علف‌های هرز مشخص گردید که تیمار M + 45%F با ۷۳ درصد، بیشترین کارایی را در کنترل علف‌های هرز دارد، به‌طوری‌که در مقایسه با تیمار M + 15%F، از ۶۵ درصد برتری برخوردار بود. این نتایج با یافته‌های شایگان و همکاران (۲۴) هماهنگ است.

صفات مورد بررسی در باقلا

اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد و بر عملکرد بیولوژیک باقلا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف

مقایسه میانگین‌ها بیانگر این بود که تیمار کشت خالص باقلا بیشترین تعداد غلاف در بوته (۸/۴۱ غلاف) را داشت ولی بین سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری از نظر این صفت دیده نشد (جدول ۴). به‌عبارت دیگر، هرچند با افزایش تراکم باقلا در کشت مخلوط، تعداد غلاف در بوته افزایش یافت ولی تمامی تیمارهای کشت مخلوط از نظر این صفت در یک سطح آماری قرار گرفتند. نتایج این آزمایش با یافته‌های قوش (۹) هماهنگ است. او اظهار داشت که تعداد غلاف در بوته بادام‌زمینی در کشت مخلوط با ذرت کاهش یافت. با این وجود، تونا و اوراک (۲۸) گزارش کردند که با افزایش تراکم ماش در کشت مخلوط با یولاف، تعداد غلاف در بوته ماش افزایش یافت.

هم‌چنین، مقایسه تیمارها از نظر تعداد دانه در غلاف حاکی از این بود که بیشترین (۳/۴۱) و کمترین (۱/۳۸) میزان تعداد دانه در غلاف باقلا به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص باقلا (SCF) و کشت مخلوط ذرت + ۱۵ درصد باقلا (M + 15%F)

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعدادغلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۱/۰۰^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۳۶۰^{ns}	۵۳۳^{ns}
تیمار	۳	۲۹/۴۸**	۲/۱۰**	۵۳۱۹۴**	۱۰۵۴۲۳۴*
خطا	۶	۱/۳۳	۰/۱۰	۵۵۱	۱۹۵

ns، * و **. به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۴. مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا

تیمار	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (kg ha^{-1})
SCF	۸/۴۱^{a}	۳/۴۱^{a}	۳۰۶۰^{a*}	۱۳۷۹۰^{a}
M + 15%F	۱/۶۶^{b}	۱/۳۸^{c}	۱۵۸^{c}	۱۱۲۱^{d}
M + 30%F	۲/۲۰^{b}	۲/۲۲^{b}	۳۳۲^{bc}	۱۸۱۰^{c}
M + 45%F	۲/۹۰^{b}	۲/۵۰^{b}	۷۲۹^{b}	۳۲۷۰^{b}

SCF، M + 15%F، M + 30%F و M + 45%F: به‌ترتیب کشت خالص باقلا و کشت مخلوط افزایشی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد باقلا با ذرت. حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) است.

به‌دست آمد (جدول ۴). قابل ذکر است که بین تیمارهای کشت مخلوط ذرت + ۳۰ درصد باقلا و کشت مخلوط ذرت + ۴۵ درصد باقلا از نظر تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به اینکه در تیمار کشت مخلوط ذرت + ۱۵ درصد باقلا، تراکم و بیوماس علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارهای کشت مخلوط (M + 30%F و M + 45%F) بود، بنابراین به‌علت رقابت علف‌های هرز، تعداد دانه در غلاف در این تیمار کاهش یافت. سیلوا و همکاران (۲۵) نیز کاهش تعداد دانه در غلاف لوبیا چشم‌بلبلی را به رقابت علف‌های هرز، سایه‌اندازی آنها، ایجاد اختلال در فتوسنتز و به‌تبع آن ناباروری گلچه‌ها نسبت دادند.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا

بیشترین عملکرد دانه باقلا (۳۰۶۰ کیلوگرم در هکتار) به کشت خالص آن تعلق گرفت و در بین تیمارهای کشت مخلوط، تیمار کشت مخلوط افزایشی ۴۵ درصد باقلا با ذرت، بیشترین عملکرد را داشت (جدول ۴) ولی بین این تیمار و تیمار کشت مخلوط افزایشی ۳۰ درصد باقلا با ذرت، از نظر عملکرد دانه باقلا تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. کمترین عملکرد دانه باقلا نیز از تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۵ درصد باقلا با ذرت، به‌دست آمد که به‌علت پایین بودن تراکم بوته باقلا در واحد سطح در این تیمار، نتیجه فوق دور از انتظار نیست. آجینهو و همکاران (۱) نیز با بررسی کشت مخلوط جو و باقلا مشاهده نمودند که با افزایش درصد حضور باقلا از ۱۲/۵ درصد تا ۶۲/۵ درصد در تیمارهای افزایشی، عملکرد باقلا افزایش یافت. این امر نشان می‌دهد که دو گونه برای منابع یکسان رقابت نمی‌کنند، پس در کشت مخلوط منابع بیشتری نسبت به کشت خالص قابل دست‌یابی است.

در مورد عملکرد بیولوژیک باقلا نیز مقایسه میانگین‌ها مؤید این بود که میزان عملکرد بیولوژیک باقلا از ۱۳۷۹۰ کیلوگرم در هکتار در کشت خالص باقلا به ۱۱۲۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار کشت مخلوط ذرت + ۱۵ درصد باقلا کاهش یافت (جدول ۴). با افزایش تراکم باقلا از ۶ به ۱۸ بوته در واحد سطح (از ۱۵ به ۴۵ درصد) عملکرد بیولوژیک آن نیز به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در واقع، در تیمار کشت مخلوط ذرت + ۱۵ درصد باقلا، به‌دلیل رقابت شدید علف‌های هرز و نیز به‌دلیل کمی تراکم بوته باقلا در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک آن در پایین‌ترین سطح قرار گرفت. کومار و سینگ (۱۷) نیز در مطالعه کشت مخلوط خردل هندی و نخود، گزارش کردند که با افزایش تراکم نخود، عملکرد دانه و بیولوژیک آن افزایش یافت.

صفات مورد بررسی در ذرت

تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین تیمارها از نظر تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ولی اثر تیمارها بر تعداد دانه در ردیف و وزن صد دانه معنی‌دار نشد (جدول ۵).

تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در بلال

کمترین (۱۰/۱۶) و بیشترین (۱۹/۲۶) تعداد ردیف دانه در بلال به‌ترتیب در تیمارهای MWI و MWF به ثبت رسید که این امر نقش رقابت علف‌های هرز در کاهش صفت تعداد ردیف دانه در بلال را نشان می‌دهد. با افزایش تراکم باقلا در کشت مخلوط، شرایط برای رشد علف‌های هرز نامساعدتر شد و با کاهش رقابت ناشی از علف‌های هرز، شرایط برای رشد ذرت مناسب گردید و در نتیجه تعداد ردیف دانه در بلال افزایش یافت (جدول ۶). در واقع، وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمار کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز (MWI) و تیمارهای M + 30%F و M + 45%F از نظر تعداد ردیف دانه در بلال نشان‌دهنده اثر مطلوب باقلا در کشت مخلوط با ذرت می‌باشد. احتمالاً در این تیمارها (M + 30%F و M + 45%F) منابع مؤثر در رشد از جمله نور خورشید به‌جای اینکه توسط علف‌های هرز (تیمار MWI) جذب شود، توسط گیاه زراعی همراه ذرت (باقلا) جذب می‌شود. هاگارد نیلسون و همکاران (۱۵) نیز به چنین نتایجی دست یافتند و گزارش کردند که تداخل علف‌های هرز به‌طور معنی‌داری موجب کاهش تعداد ردیف دانه در بلال ذرت شد.

تغییرات تعداد دانه در بلال همانند تعداد ردیف دانه در بلال بود، یعنی تیمار کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز بیشترین تعداد دانه در غلاف را به‌خود اختصاص داد و کمترین تعداد دانه در غلاف با ۵۲ درصد کاهش نسبت به کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز، به تیمار کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز تعلق گرفت. قابل ذکر است که تیمار کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی ۱۵ و ۳۰ درصد باقلا با ذرت از نظر تعداد دانه در بلال تفاوت معنی‌داری نداشت. در بین تیمارهای کشت مخلوط نیز تیمار کشت مخلوط افزایشی ۴۵ درصد باقلا با ذرت (M + 45%F) با تولید ۶۴۵ دانه در بلال، در بالاترین سطح قرار گرفت (جدول ۶). از آنجا که در کشت مخلوط ذرت با باقلا، گیاه باقلا توانست تراکم و بیوماس علف‌های‌هرز مزرعه ذرت را در مقایسه با تیمار کشت خالص ذرت در حالت عدم کنترل علف‌هرز، به‌طور معنی‌داری کاهش دهد، لذا رقابت علف‌های هرز با ذرت در تیمار کشت خالص بدون کنترل علف‌هرز (MWI) منجر به تولید کمترین تعداد دانه در بلال (۴۰۲ دانه در بلال) شد. در آزمایش کاورو و همکارن (۴) رقابت ناشی از تاتوره موجب کاهش معنی دار تعداد دانه در بلال ذرت شد. ایوانز و همکاران (۷) نیز گزارش کردند که حساس‌ترین جزء عملکرد ذرت به تداخل علف‌های هرز، تعداد دانه در بلال است.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت

مقایسه عملکرد دانه ذرت نشان‌دهنده برتری تیمار MWF و

سپس تیمارهای کشت مخلوط افزایشی ۳۰ و ۴۵ درصد باقلا با ذرت می‌باشد. به‌عبارت دیگر، در تیمارهای کشت مخلوط، علف‌های هرز توسط باقلا کنترل گردید و اثر منفی حضور آنها کاهش یافت (جدول ۶). کمترین عملکرد دانه ذرت (۴۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز (MWI) بود و با تیمار کشت مخلوط ۱۵ درصد باقلا با ذرت (M + 15%F) که عملکردی معادل ۴۵۴۶ کیلوگرم در هکتار داشت، در یک گروه آماری قرار داشتند. به‌عبارت دیگر، وجود علف‌هرز در تیمار کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز، باعث کاهش عملکرد دانه ذرت نسبت به تیمار کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز گردید. درحالی‌که با افزایش درصد باقلا در تیمارهای کشت مخلوط، رشد علف‌های هرز به‌دلیل پوشش سریع‌تر زمین و در نتیجه کاهش جذب نور توسط علف‌های هرز، کاهش یافت و عملکرد ذرت افزایش یافت. به‌طوری‌که، تیمار کشت مخلوط افزایشی ۴۵ درصد باقلا با ذرت، بیشترین عملکرد دانه ذرت (۷۰۲۰ کیلوگرم در هکتار) را داشت و در مقایسه با کشت خالص ذرت در حالت عدم کنترل علف‌هرز، عملکرد دانه ذرت را ۳۶/۶ درصد افزایش داد. ولی، این تیمار با تیمار کشت مخلوط افزایشی ۳۰ درصد باقلا با ذرت، از نظر عملکرد دانه ذرت تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین، کشت مخلوط ضمن مهار علف‌های هرز به استفاده کارآمدتر از منابع نیز منجر می‌شود. افزایش عملکرد کل در سیستم‌های کشت مخلوط توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است. حمزه‌ئی و همکاران (۱۳) نیز در بررسی کشت مخلوط نخود و جو بیان داشتند که با ورود جو به مزرعه نخود، از توان رقابتی علف‌های هرز با نخود کاسته شد و در نهایت عملکرد کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص نخود گردید که یافته پژوهش حاضر را مبنی بر توان گیاه باقلا در کنترل علف‌های هرز مزرعه ذرت تأیید می‌کند.

در مورد عملکرد بیولوژیک ذرت نیز نتایج نشان داد که کشت خالص ذرت با وجین کامل (MWF) بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۷۹۳۳ کیلوگرم در هکتار) را به‌خود اختصاص داد. کمترین عملکرد بیولوژیک (۱۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) نیز از تیمار کشت خالص ذرت بدون وجین علف‌هرز (MWI) حاصل شد که از نظر آماری با تیمار M + 15%F (ذرت + ۱۵ درصد باقلا) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). تیمار MWI در مقایسه با تیمار MWF عملکرد بیولوژیک ذرت را ۴۴ درصد کاهش داد. با افزایش تراکم باقلا در تیمارهای کشت مخلوط، به‌دلیل کنترل علف‌های هرز و احتمالاً افزایش تثبیت نیتروژن، عملکرد بیولوژیک ذرت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. سیلوا و همکاران (۲۵) نیز از کاهش ۶۰ درصدی عملکرد بیولوژیک ذرت در اثر رقابت علف‌های هرز گزارش کردند. آنها اظهار داشتند که کشت مخلوط افزایشی لوبیای چشم‌بلبلی با ذرت، ضمن مهار علف‌های هرز، عملکرد بیولوژیک ذرت را نیز افزایش داد. ماینگ و همکاران (۲۱) در بررسی کشت مخلوط نخود با گندم بیان کردند که تعداد و وزن خشک گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه نخود و نیز میزان تثبیت نیتروژن در تیمارهای مخلوط نسبت به تک‌کشتی نخود، بیشتر بود. آنها علت این امر را به اثرات مکملی غلات که لگوم‌ها را به تثبیت بیشتر نیتروژن تحریک می‌کنند، نسبت دادند. شایان ذکر است که این امر در نهایت به افزایش عملکرد بیولوژیک منجر می‌شود.

عملکرد کل سیستم (مجموع عملکرد ذرت و باقلا)

اثر تیمارها بر عملکرد کل سیستم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). همان‌طورکه در جدول ۶ مشخص شده است، در همه تیمارهای کشت مخلوط، عملکرد کل سیستم (مجموع عملکرد ذرت و باقلا) نسبت به تیمار کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز بالاست. بیشترین عملکرد کل سیستم (۸۰۳۳ کیلوگرم در هکتار) بدون اختلاف معنی‌دار با تیمار کشت مخلوط ۴۵ درصد باقلا با ذرت (تیمار M + 45%F با عملکرد کل معادل ۷۷۴۹ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز (MWF) تعلق گرفت. معمولاً با اضافه کردن گیاه دوم به مزرعه گیاه اصلی، به‌دلیل ایجاد

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت و عملکرد کل سیستم (مجموع عملکرد دانه ذرت و باقلا)

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد کل سیستم
تکرار	۲	۰/۰۳^{ns}	۱/۷۰^{ns}	۱۰۴^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۳۶۸^{ns}	۱۸۲۶۹^{ns}	۴۵۲^{ns}
تیمار	۴	۴۹/۴۹**	۲۰/۹۶^{ns}	۱۰۲۸۰۴**	۰/۶۴^{ns}	۷۴۷۵۰**	۲۸۰۴۲۴**	۸۴۲۵۶**
خطا	۸	۰/۴۶	۱۶/۵۲	۲۶۰۵	۱/۰۵	۱۷۴۸	۱۶۵۰۷	۱۸۹۰

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۶. مقایسه میانگین تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت و عملکرد کل سیستم (مجموع عملکرد دانه ذرت و باقلا) در تیمارهای آزمایشی

تیمار	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (kg ha^{-1})	عملکرد کل سیستم (kg ha^{-1})
MWF	۱۹/۲۶^{a}	۴۳/۸۰^{a}	۸۴۴^{a}	۲۶/۲۹^{a}	۸۰۳۳^{a}	۱۷۹۳۳^{a}	۸۰۳۳^{a}
MWI	۱۰/۱۶^{d}	۳۶/۸۶^{a}	۴۰۲^{c}	۲۵/۳۴^{a}	۴۴۵۰^{c}	۱۰۰۰۰^{d}	۴۴۵۰^{c}
M + 15%F	۱۱/۵۰^{cd}	۳۷/۹۳^{a}	۴۴۴^{c}	۲۵/۱۱^{a}	۴۵۴۶^{c}	۱۰۸۱۳^{cd}	۴۷۰۴^{c}
M + 30%F	۱۱/۷۵^{c}	۳۹/۷۳^{a}	۴۵۶^{c}	۲۵/۴۳^{a}	۶۷۲۷^{b}	۱۳۰۳۳^{bc}	۷۰۵۹^{b}
M + 45%F	۱۷/۵۰^{b}	۳۹/۸۰^{a}	۶۴۵^{b}	۲۵/۸۰^{a}	۷۰۲۰^{b}	۱۴۲۳۳^{b}	۷۷۴۹^{ab}

MWF، MWI، M + 15%F، M + 30%F و M + 45%F: به‌ترتیب کشت خالص ذرت با کنترل علف‌هرز، کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز و کشت مخلوط افزایشی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد باقلا با ذرت. حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) است.

رقابت، عملکرد گیاه اصلی کاهش می‌یابد ولی در نهایت عملکرد کل سیستم به‌ویژه در اجتماع گیاهی لگوم – غله افزایش می‌یابد. کمترین میزان عملکرد کل سیستم (۴۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار کشت خالص ذرت بدون کنترل علف‌هرز مربوط بود. گزارش شده است که در کشت مخلوط جو و باقلا، با افزایش درصد تراکم باقلا عملکرد کل سیستم افزایش یافت و علف‌های هرز به‌طور مؤثری کنترل شدند (۱). سایر پژوهشگران نیز اظهار داشته‌اند که هرچند در سیستم‌های کشت مخلوط ممکن است عملکرد هریک از اجزای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی خود کاهش یابد، ولی در مجموع عملکرد کل و بازده اقتصادی در سیستم کشت مخلوط بیشتر شده و سود بیشتری عاید کشاورز می‌گردد (۱۱ و ۱۲). در آزمایش حاضر نیز کشت مخلوط افزایشی ۴۵ درصد باقلا با ذرت (M + 45%F) در مجموع نسبت به کشت خالص ذرت، بازده اقتصادی کشاورز را ۱۴ درصد افزایش داد (جدول ۷).

شاخص نسبت برابری زمین و مجموع ارزش نسبی

نسبت برابری زمین در تیمار کشت مخلوط ۴۵ درصد باقلا با ذرت، ۱/۱۰ بود (جدول ۷) که این میزان معادل ۰/۱ هکتار صرفه‌جویی در زمین در مقایسه با تک‌کشتی می‌باشد و

جدول ۷. مقایسه تیمارهای کشت مخلوط با استفاده از شاخص‌های نسبت برابری زمین، مجموع ارزش نسبی و کارایی کنترل علف‌هرز

تیمار	سهم ذرت در LER LER_c	سهم باقلا در LER LER_l	LER کل LER_{total}	مجموع ارزش نسبی RVT	کارایی کنترل علف‌هرز WCE (%)
M + 15%F	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۶۰	۰/۶۲	۸
M + 30%F	۰/۸۳	۰/۱۱	۰/۹۴	۰/۹۶	۶۰
M + 45%F	۰/۸۷	۰/۲۳	۱/۱۰	۱/۱۴	۷۳

M + 15%F، M + 30%F و M + 45%F به‌ترتیب کشت مخلوط افزایشی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد باقلا با ذرت. شاخص LER نشان‌دهنده درجه رقابت یا هم‌یاری در کشت مخلوط است .

نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. حبوبات با سازگاری خود با الگوهای مختلف کشت و توانایی خود برای تثبیت نیتروژن ممکن است فرصتی برای افزایش بهره‌وری باشد. در کشت مخلوط گندم و نخودفرنگی نسبت برابری زمین بالاتر از یک و برابر ۱/۵۸ بود (۳). آگگینهو و همکاران (۱) نیز حداکثر نسبت برابری زمین را در کشت مخلوط افزایشی ۳۷/۵ درصد باقلا با جو گزارش کردند. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که کشت مخلوط کارایی استفاده از زمین را افزایش می‌دهد، به‌طوری‌که حداکثر شاخص نسبت برابری زمین در کشت مخلوط گاودانه – جو (۱۱)، کلزا – گندم (۱۲) و نخود – جو (۱۳) نیز به‌ترتیب ۱/۸۱، ۱/۵۰ و ۲/۴۰ گزارش شده است که نشان از برتری سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی گیاهان زراعی دارد.

بررسی شاخص مجموع ارزش نسبی نیز نشان از برتری کشت مخلوط داشت. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، مزیت اقتصادی کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی در تیمار کشت مخلوط ۴۵ درصد باقلا با ذرت مشاهده شد. بالاترین مجموع ارزش نسبی (۱/۱۴) در تیمار M + 45%F به‌دست آمد (جدول ۷). کمترین مقدار ارزش نسبی (۰/۶۲) مربوط به تیمار کشت مخلوط ۱۵ درصد باقلا با ذرت بود. اینال و همکاران (۱۶) گزارش کردند که در کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی ارزش نسبی بیشتری در مقایسه با تک‌کشتی به‌دست آمد. حمزه‌ئی (۱۰) نیز در مطالعه کشت مخلوط جو و گاودانه براساس شاخص مجموع ارزش نسبی و شاخص بهره‌وری سیستم بیان کرد که کشت مخلوط از نوعی پایداری اقتصادی برخوردار بوده و به نفع اقتصاد کشاورز است.

نتیجه‌گیری

مشخص گردید که با افزایش تراکم باقلا از ۱۵ درصد (۶ بوته در مترمربع) به ۴۵ درصد (۱۸ بوته در مترمربع) در داخل مزرعه ذرت، کنترل علف‌های هرز به‌نحو مطلوبی انجام گرفت و عملکرد دانه ذرت نسبت به تیمار کشت خالص ذرت در حالت بدون کنترل علف‌هرز، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در بین تیمارهای کشت مخلوط، تیمار M + 45%F (کشت مخلوط ۴۵ درصد باقلا با ذرت) بیشترین شاخص کارایی کنترل علف‌های هرز را که معادل ۷۳ درصد بود، به‌خود اختصاص داد. به‌طوری‌که، با افزایش تراکم باقلا در مزرعه ذرت، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا افزایش ولی بیوماس و تراکم علف‌های هرز کاهش یافت و کمترین تراکم و بیوماس علف‌های هرز در تیمار M + 45%F مشاهده شد. هم‌چنین، محاسبه شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که کشت مخلوط ذرت + ۴۵ درصد باقلا، بیشترین سودمندی را نسبت به سایر تیمارها داشت. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که استفاده از باقلا به‌عنوان یک گیاه همراه با ذرت، علاوه بر کنترل مؤثر علف‌های هرز مزرعه ذرت، می‌تواند ضمن کاهش هزینه تولیدی مربوط به علف‌کش‌ها، کمک قابل توجهی به سالم‌سازی محیط‌زیست و محصولات کشاورزی نموده و کارایی استفاده از زمین را نیز افزایش دهد.

منابع مورد استفاده

1. Agegnehu, G., A. Ghizaw and W. Sinebo. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
2. Alford, C. M., J. M. Kral and D. S. Miller. 2003. Intercropping irrigated corn with annual legumes for fall forage in the high plains. *Agronomy Journal* 95: 520-525.
3. Banik, P., A. Midya, B. K. Sarkar and S. S. Ghose. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment. Advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
4. Cavero, J., C. Zaragoza, M. L. Suso and A. Pardo. 1999. Competition between maize and *Datura stramonium* in an irrigated field under semi-arid conditions. *Weed Research* 39: 225-240.
5. Deveikyte, I., Z. Kadziuliene and L. Sarunaite. 2009. Weed suppression ability of spring cereal crops and peas in pure and mixed stands. *Agronomy Research* 7: 239–244.
6. Dhima, K. V., A. A. Lithourgidis, I. B. Vasilakoglou and C. A. Dordas. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
7. Evans, S. P., S. Z. Knezevic, Z. Stevan, J. L. Lindquist, C. A. Shapiro and E. E. Blankenship. 2003. Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. *Weed Science* 51: 408-417
8. Gao, Y., A. Duan, X. Qiu, Z. Liu, J. Sun, J. Zhang and H. Wang. 2010. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. *Agricultural Water Management* 98: 199–212.
9. Ghosh, P. K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research* 88: 227–237.
10. Ghosh, P. K., A. K. Tripathi, K. K. Bandyopadhyay and M. C. Manna. 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. *European Journal of Agronomy* 31: 43–50.
11. Hamzei, J. 2012. Evaluation of yield, SPAD index, land use efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare*) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia*). *Journal of Crop Production and Processing* 2: 79-91. (In Farsi).
12. Hamzei, J. and M. Seyedi. 2012. Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. *Journal of Crop Production and Processing* 2: 109-130. (In Farsi).
13. Hamzei, J., M. Seyedi, G. Ahmadvand and M. A. Abutalebian. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield component of chickpea and barley. *Journal of Crop Production and Processing* 2: 43-55. (In Farsi).
14. Hauggaard-Nielsen, H., M. K. Andersen, B. Joernsgaard and E. S. Jensen. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. *Field Crops Research* 95: 256-267.
15. Hauggaard-Nielsen, H., P. Ambus and E. S. Jensen. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 65: 289–300.
16. Inal, A., A. Gunes, F. Zhang and I. Cakmak. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 350–356.
17. Kumar, A. and P. Singh. 2006. Effect of row ratio and phosphorus level on performance of chickpea (*Cicer arietinum*) –Indian mustard (*Brassica juncea*) intercropping. *Indian Journal of Agronomy* 51:100-102.
18. Li, L., J. Sun, F. Zhang, T. Guo, X. Bao, F. A. Smith and S. E. Smith. 2006. Root distribution and interactions between intercropped species. *Oecologia* 147:280–290.
19. Liebman, M. and A. S. Davis. 2000. Integration of soil, crop and weed management in Low- input farming systems. *Weed Research* 40. 27-47.
20. Liebman, M. and E. Dyck. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Application* 3: 92–122.
21. Maingi, M. J., A. C. Shisanya, M. N. Gitonga and B. Hornetz. 2001. Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stands in semi arid south east Kenya. *European Journal of Agronomy* 14: 1–12.
22. Poggio, S. L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture Ecosystems and Environment* 109: 48-58.
23. Samarajeewa, K. B., H. Takatsugu and O. Shinyo. 2006. Finger millet (*Eleucine corocanal* L. Gaertn) as a cover crop on weed control, growth and yield of soybean under different tillage systems. *Soli and Tillage Research* 90: 93-99.
24. Shaygan, M., D. Mazaheri, H. Rahimian Mashhadi and S. A. Peyghambari. 2008. Effect of planting date and intercropping maize (*Zea mays* L.) and foxtail millet (*Setaria italica* L.) on their grain yield and weeds control. *Iranian Journal of Crop Science* 10: 31- 46. (In Farsi).
25. Silva, P. S. L., O. F. Oliveira, P. I. B. Silva, K. M. B. Silva and J. D. Braga. 2009. Effect of cowpea intercropping on weed control and corn yield. *Planta Daninha* 27: 491-497.

26. Strydhorst, S. M., J. R. King, K. J. Lopetinsky and K. N. Harker. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. *Agronomy Journal* 100: 182–190.
27. Trydemanknudsen, M., H. Hauggard-Nielsen, B. Jornsgard, E. Steenjensen. 2004. Comparison of interspecific competition and N use in pea–barley, fababean–barley and lupin–barley intercrops grown at two temperate locations. *Journal of Agricultural Science* 142: 617–627.
28. Tuna, C. and A. Orak. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixture. *Journal of Agricultural and Biological Science* 2:14-19.
29. Uchino, H., K. Iwama, T. Yudate and S. Nakamura. 2009. Yield losses of soybean and maize by competition with interseeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. *Field Crops Research* 113: 342–351.
30. Young, F. L., D. L. Wyse and R. J. Jones. 1984. Quackgrass (*Agropyron repens*) interference on corn (*Zea mays*). *Weed Science* 32: 226-234.
31. Zimdahl, R. L. 1993. Fundamentals of Weed Science. Academic Press, New York.