به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۹۶-۱۸۳

ارزیابی اثر کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا بر عملکرد و کارایی استفاده از زمین

اسماعیل رضایی چیانه*[۱]، سرور خرم‌دل[۲] و پریسا قره‌چالی[۳]

۱. استادیار گروه گیاهان دارویی، دانشکدهٔ کشاورزی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران و مدرس گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه پیام نور مرکز نقده، نقده، ایران
۲. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۳. دانشجوی کارشناسی گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه پیام نور مرکز نقده، نقده، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۲۷

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی اجزای عملکرد، عملکرد و نسبت برابری زمین تحت تأثیر کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه پیام نور استان آذربایجان غربی - شهرستان نقده در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف باقلا + یک ردیف آفتابگردان)، کشت مخلوط نواری (دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان، چهار ردیف باقلا + دو ردیف آفتابگردان و سه ردیف باقلا + سه ردیف آفتابگردان) و کشت خالص باقلا و آفتابگردان بود. الگوهای کشت مخلوط تأخیری اثر معناداری بر صفات مورد مطالعهٔ دو گیاه آفتابگردان و باقلا (به‌جز تعداد دانه در نیام باقلا) داشت. بیشترین عملکرد دانهٔ آفتابگردان (۴۱۴۰ کیلوگرم در هکتار) و باقلا (۲۵۶۷/۳ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقادیر عملکرد دانهٔ آفتابگردان (۳۱۳۶/۷ کیلوگرم در هکتار) و باقلا (۱۹۵۷ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص به‌دست آمد. درصد روغن آفتابگردان در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از تیمار کشت خالص بود. بیشترین نسبت برابری زمین (LER۱/۸۵ =) و کاهش یا افزایش عملکرد واقعی کل (AYL=۱/۶۷) از کشت ردیفی و بیشترین سودمندی کشت مخلوط (IA۱/۲۵ =) از کشت مخلوط چهار ردیف باقلا + دو ردیف آفتابگردان به‌دست آمد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از کشت مخلوط تأخیری راهکار مناسبی برای استفادهٔ بهتر از منابع محیطی و افزایش تولید محصول در مقایسه با کشت خالص دو گونه دارد.

کلیدواژه‌ها: درصد روغن، سودمندی کشت مخلوط، عملکرد دانه، کاهش یا افزایش عملکرد واقعی کل، نسبت برابری زمین.

* نویسنده مسئول Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

به‌منظور تأمین نیازهای روزافزون جمعیت در حال رشد، بر مبنای بهره‌گیری از اصول کشاورزی اکولوژیک به‌کارگیری روش‌های نوین علمی امری ضروری است [۲۴]. بر این اساس، مدیریت نظام‌های کشاورزی باید مورد بازنگری جدی قرار گیرد و نظام‌های نوینی طراحی شوند که اولویت آنها پایداری درازمدت در عین حفظ تولید در کوتاه‌مدت باشد [۳۱]. ازاین‌رو، کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر کشاورزی پایدار ضمن افزایش تنوع بوم‌شناختی و اقتصادی، سبب افزایش عملکرد در واحد سطح، استفادهٔ کارامدتر از عوامل محیطی نظیر نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک، کاهش مشکلات آفات و عوامل بیماری‌زا، افزایش توانایی رقابتی در کنترل علف‌های هرز، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن حاصل از بقولات، کاهش خطر تولید، ایجاد موازنه در تغذیهٔ گیاهی، افزایش کمیت و کیفیت محصول و غیره در برخی از نقاط دنیا کشت می‌شود [۳۷، ۳۱، ۲۴ ، ۱۸].

کشت مخلوط زمانی سودمند خواهد بود که منابع محیطی مورد نیاز گونه‌ها به‌طور مناسبی در مکان و زمان متفاوت توزیع شده باشند. یکی از روش‌های افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، کشت مخلوط به‌صورت تأخیری است. کشت مخلوط تأخیری، کشت همزمان دو یا چند گیاه است که گیاهان همراه، تنها در بخشی از دورهٔ رشدونمو با یکدیگر تداخل داشته باشد. در این نوع سیستم، در مرحلهٔ زایشی گیاه اول، کاشت گیاه دوم انجام می‌گیرد [۱۸ ، ۴]. مزیت کشت تأخیری در زمینهٔ کاهش رقابت بین گیاهان است، زیرا عمده تقاضای موجود برای منابع در زمان‌های مختلفی رخ می‌دهد [۴۰]. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که بهره‌گیری از این نظام مخلوط به‌دلیل رشد دو گونه در زمان‌های به‌نسبت متفاوت ممکن است موجب افزایش کارایی جذب و مصرف نهاده‌ها شده و ازاین‌رو، بهره‌گیری بیشتر از منابع محیطی را موجب شود [۳۴].

در بررسی کشت مخلوط تأخیری گندم- ذرت و گندم – سویا مشاهده شد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در کشت مخلوط در مقایسه با خالص افزایش یافت و در تمامی تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین (LER)[1] بیشتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهندهٔ برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود [۲۸]. نتایج مطالعهٔ کشت مخلوط تأخیری گندم با ذرت مشخص کرد که کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی از جمله نیتروژن افزایش یافت [۱۷]. بررسی کارایی مصرف آب در کشت مخلوط تأخیری ذرت و باقلا نشان داد عملکرد دانهٔ ذرت افزایش داشته است [۲۶]. همچنین، عملکرد پنبه و گندم در کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل افزایش کارایی مصرف منابع محیطی بهبود یافت و به‌دلیل همزمان نبودن گلدهی پنبه و گندم، کمترین رقابت برون‌گونه‌ای حادث شد [۴۱]. در کشت مخلوط خردل و عدس نیز مشخص شد که عملکرد دانهٔ عدس در کشت مخلوطی ردیفی نسبت به سایر الگوهای کشت به‌دلیل تثبیت نیتروژن و کاهش رقابت عناصر غذایی افزایش یافت [۲۳]. نتایج آزمایش کشت مخلوط کنجد و نخود نشان داد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی هر دو گونه در کشت ردیفی بیشتر از سایر روش‌های کاشت بود که علت آن را به آرایش فضایی مناسب‌تر و در نتیجه استفادهٔ بهینهٔ گیاهان از منابع به‌ویژه نور نسبت دادند [۶]. محققان در بررسی عملکرد جو و باقلا در تراکم و ترکیب‌های مختلف مخلوط از طریق شاخص‌های رقابتی دریافتند که عملکرد جو و باقلا در کشت مخلوط افزایش یافت و LER در تمامی تیمارهای مخلوط بیشتر از یک بود و شاخص افت واقعی عملکرد[2] (AYL) نیز در هیچ یک از ترکیب‌های کشت مخلوط با تراکم‌های مورد بررسی افت عملکرد نداشت که این موضوع بیانگر سودمندی کشت مخلوط به تک‌کشتی است [۲]. تحقیقات در زمینهٔ کشت

1. Land equivalent ratio
2. Actual yield loss

Archive of SID
www.SID.ir

مخلوط ارزن دم‌روباهی و ماش و کشت مخلوط زیرهٔ سبز و شنبلیله نیز مشخص کرد که همهٔ تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیشتری نسبت به کشت خالص داشتند که نشان‌دهندهٔ مزیت کشت مخلوط نسبت به خالص است [۱۲ ، ۳].

با توجه به اهمیت زراعی دو گونهٔ باقلا و آفتابگردان و نبودن اطلاعات کافی و مستند در خصوص کشت مخلوط تأخیری این دو گیاه، این آزمایش با هدف امکان‌پذیری کشت مخلوط تأخیری باقلا و آفتابگردان و تعیین بهترین الگوی کشت مخلوط برای استفادهٔ بهینه از منابع به منظور دستیابی به بیشترین عملکرد در شرایط آب‌وهوایی نقده طراحی و اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی اجزای عملکرد، عملکرد و نسبت برابری زمین تحت تأثیر کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا، به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه پیام نور شهرستان نقده واقع در استان آذربایجان غربی با ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقهٔ طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقهٔ عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۲۸ متر از سطح آب‌های آزاد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. متوسط میانگین دما و بارندگی سالیانه در طی یک دورهٔ ده‌ساله به‌ترتیب ۱۲/۴۰ درجهٔ سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر گزارش شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

تیمارهای آزمایش شامل چهار نوع کشت مخلوط تأخیری براساس تعداد ردیف‌های اختصاص‌یافته به هر گونه شامل یک ردیف باقلا + یک ردیف آفتابگردان، دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان، چهار ردیف باقلا + دو ردیف آفتابگردان و سه ردیف باقلا + سه ردیف آفتابگردان و کشت خالص باقلا و آفتابگردان بودند. فاصلهٔ بین ردیف برای باقلا ۴۰ و برای آفتابگردان ۶۰ سانتی‌متر انتخاب شد. بذرهای باقلا و آفتابگردان به‌ترتیب با فاصلهٔ ۵ و ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف‌هایی به‌طول ۵ متر به‌صورت دستی کاشته شدند.

بذر باقلا، رقم 'شاخ بزی'، در تاریخ ۲۰ اسفند و بذر آفتابگردان، رقم 'آذرگل'، در تاریخ ۲۴ اردیبهشت (مصادف با مرحلهٔ زایشی باقلا) بر روی ردیف‌های مربوطه کاشته شدند. بذور باقلا قبل از کاشت با باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم*[1] آغشته شده و برای حفاظت در برابر بیماری‌های قارچی نیز توسط قارچ‌کش بنومیل به نسبت ۲ گرم در کیلوگرم ضدعفونی شدند. با مشاهدهٔ اولین علائم بیماری لکهٔ شکلاتی باقلا[2] در مرحلهٔ شروع پر شدن دانه و به‌منظور جلوگیری از گسترش و پیشرفت بیماری، گیاهان با استفاده از قارچ‌کش بنومیل به‌نسبت دو در هزار، دو بار به‌فاصلهٔ ۱۰ روز سمپاشی شدند. به‌منظور تسهیل در سبز شدن، اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام گرفت و آبیارهای بعدی برحسب شرایط اقلیمی منطقه هر هفت روز یک بار تا پایان فصل رشد ادامه یافت. علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل شدند. در ضمن با توجه به زیاد بودن مقدار پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک و نمود بیشتر تأثیر تثبیت نیتروژن باقلا، در طول دورهٔ رشد از هیچ‌گونه کود (اعم از شیمیایی و غیرشیمیایی) استفاده نشد.

در پایان فصل رشد هر گیاه، بوته‌ها به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک با شرایط حذف اثرهای حاشیه‌ای جمع‌آوری شدند. محصول باقلا در تاریخ ۲۰ تیر و محصول آفتابگرادن در تاریخ ۱۵ شهریور همزمان با زرد شدن اندام‌های زایشی برداشت شدند. برای تعیین عملکرد بیولوژیک، پس از جدا کردن بذور، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند و سپس همراه بذور توزین شدند.

1 . Rhizobium leguminozarum
2 . Broad bean chocolate spot

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	مادهٔ آلی (%)	نیتروژن کل (%)	هدایت الکتریکی $EC \times 10^3$ (dS/m)	اسیدیته	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک
۶۷۰	۶۶/۵	۱/۷۷	۰/۱۶	۰/۷۷	۷/۷۸	۴۶	۴۰	۱۴	رس سیلتی

برای استخراج روغن آفتابگردان، ابتدا نمونه‌ها آسیاب و پودر شده و سپس ۵ گرم از نمونه‌های آسیاب شده در سوکسله در ۳۰۰ سی سی محلول دی‌اتیل اتر قرار داده شدند. پس از ۶ ساعت حلال مورد نظر از روغن توسط روتاری جدا شد [۲۷].

برای ارزیابی کشت مخلوط باقلا و آفتابگردان در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین (براساس عملکرد دانه) طبق معادلهٔ ۱ استفاده شد [۱۸]:

$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{S_2} \qquad (۱)$$

در این رابطه، Y_1 و Y_2 به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در مخلوط؛ و F_1 و S_2 نیز عملکرد گونه های اول و دوم در کشت خالص است.

شاخص سودمندی کشت مخلوط نیز با استفاده از معادلهٔ ۲ محاسبه شد [۳۷]:

(۲)

$$IA = (Pa/ P_a+P_b) \times AYL_a + (P_b/ P_b+P_a) \times AYL_b$$

در این رابطه، P_a قیمت واحد محصول آفتابگردان؛ P_b قیمت واحد محصول باقلا؛ AYL_a کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء آفتابگردان؛ و AYL_b کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزء باقلاست.

کاهش یا افزایش عملکرد واقعی نیز با استفاده از معادلهٔ ۳ محاسبه شد [۲۲]:

$$AYLa = [LERa \times (\frac{۱۰۰}{Zab}) - ۱] \qquad (۳)$$

$$AYLb = [LERb \times (\frac{۱۰۰}{Zba}) - ۱]$$

$$AYL = AYLa + AYLb$$

در این رابطه ها، AYLa کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزئی آفتابگردان؛ AYLb کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزئی باقلا؛ Z_{ab} سهم آفتابگردان در کشت مخلوط؛ Z_{ba} سهم باقلا در کشت مخلوط؛ LERa نسبت برابری زمین جزئی آفتابگردان؛ و LERb نسبت برابری زمین جزئی باقلا است.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخهٔ ۱۶) و مقایسهٔ میانگین‌های به دست‌آمده توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. اجزای عملکرد، عملکرد دانه و روغن آفتابگردان

۳. ۱. ۱. تعداد دانه در طبق آفتابگردان

الگوهای مختلف کشت اثر معناداری بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان در سطح احتمال ۱ درصد داشت ($P \leq ۰/۰۱$) (جدول ۲)، به‌طوری که کشت مخلوط یک‌ردیفی با ۸۶۶/۷ دانه در طبق بیشترین؛ و کشت خالص با ۶۳۶/۶۷ کمترین دانه در طبق را تولید کردند که نشان‌دهندهٔ کاهش ۲۷ درصدی تعداد دانه در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط یک‌ردیفی است (جدول ۳).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. نتایج تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان در کشت مخلوط تأخیری با باقلا

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	درصد روغن
تکرار	۲	۶۲۰۳/۴۰ ns	۲/۴۰ ns	۴۱۸۸۴/۸۶ ns	۶ ns
تیمار	۴	۲۰۵۴۳/۶۰ **	۲۳۰/۵۷ *	۴۹۳۸۶۵/۱۷ **	۵۳/۵۶**
خطا	۸	۲۸۵۶/۴	۴۳/۳۱	۵۰۵۸۵/۱۷	۲/۳۱
ضریب تغییرات (٪)		۷/۲۰	۹/۴۵	۶/۳۰	۳/۴۵

ns، *و **: به‌ترتیب غیرمعنادار، و معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین اجزای عملکرد و عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان در کشت مخلوط تأخیری با باقلا

الگوهای کشت مخلوط	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg/ha)	محتوی روغن (٪)
A	۸۶۶/۷a	۷۸a	۴۱۴۰a	۴۸/۶۷a
B	۷۱۶bc	۶۱b	۳۲۲۰/۳۳c	۴۴/۳۳b
C	۷۴۶/۶۸b	۷۶a	۳۶۸۶/۶۷b	۴۵b
D	۷۵۰b	۷۶/۶۷a	۳۶۶۹/۶۸b	۴۲/۳۰b
E	۶۳۶/۶۷c	۵۹/۳۳b	۳۱۳۶/۶۷c	۳۹/۳۳c

A، B، C، D و E: به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ یک ردیف باقلا + یک ردیف آفتابگردان، دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان، چهار ردیف باقلا + دو ردیف آفتابگردان، سه ردیف باقلا + سه ردیف آفتابگردان و کشت خالص است.
میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معناداری دارند (P≤۰/۰۵).

احتمالاً دلیل بیشتر بودن تعداد دانه در طبق در کشت مخلوط یک‌ردیفی این است که بوته‌های آفتابگردان در آرایش یک‌ردیفی رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای کمتری با یکدیگر و همچنین با بوته‌های باقلا داشته‌اند و در نتیجه توانسته‌اند از منابع و عناصر غذایی به‌نحو مطلوب‌تری بهره‌برداری کنند و این امر در نهایت سبب افزایش تعداد دانه در طبق شده است. افزون بر این، تثبیت زیستی نیتروژن در گونه‌های بقولات نظیر باقلا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به‌طور معناداری افزایش می‌یابد [۵] که دلیل آن را تحریک تثبیت زیستی نیتروژن توسط بقولات از طریق کاهش بیشتر محتوای نیتروژن خاک دانسته‌اند. بنابراین، هر اندازه دسترسی گیاه به نیتروژن مناسب‌تر باشد، محتوای کلروفیل برگی به‌طور متناسبی افزایش می‌یابد که افزایش فتوسنتز را به‌دنبال خواهد داشت. با توجه به اینکه مدت زمان رشد توأم دو گونهٔ باقلا و آفتابگردان در همهٔ مخلوط‌ها حدود ۵۰ روز بود، به‌نظر می‌رسد که در این مدت آفتابگردان از عوامل رشد نظیر نیتروژن و نور بهره‌برداری بیشتری کرده که این عوامل در نهایت، به بهبود اجزای عملکرد از قبیل تعداد دانه در طبق در الگوهای کشت مخلوط منجر شده است. تحقیقات در زمینهٔ کشت مخلوط تأخیری ذرت و گندم نشان داد اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در سنبله گندم به‌دلیل بهبود راندمان مصرف آب و مواد غذایی در کشت مخلوط تأخیری نسبت به کشت خالص به‌طور معناداری افزایش یافت [۴۰].

Archive of SID
www.SID.ir

۳. ۱. ۲. وزن هزاردانه

بین الگوهای مختلف کشت از نظر وزن هزاردانهٔ آفتابگردان اختلاف معناداری وجود داشت (جدول ۲). مقایسهٔ میانگین تیمارهای الگوهای مختلف کشت بر وزن هزاردانه نشان داد اگرچه از نظر این صفت بین الگوهای یک ردیف باقلا + یک ردیف آفتابگردان، دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان و سه ردیف باقلا + سه ردیف آفتابگردان تفاوت معناداری مشاهده نشد، ولی بیشترین وزن هزاردانه با ۷۸ گرم مربوط به الگوی یک ردیف باقلا + یک ردیف آفتابگردان بود (جدول ۳). همچنین وزن هزاردانه در مقایسهٔ الگوهای دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان و کشت خالص نیز اگرچه تفاوت معناداری نداشت، مقدار آن در کشت خالص ۳ درصد کمتر از دیگر الگوی مخلوط بود. بدین‌ترتیب به‌نظر می‌رسد کشت مخلوط ردیفی احتمالاً به‌دلیل نبود بوته‌های آفتابگردان در ردیف‌های مجاور کمترین رقابت درون‌گونه‌ای را متحمل شد. از طرف دیگر، با برداشت باقلا، آفتابگردان در کشت مخلوط تأخیری با فشار رقابت بین‌گونه‌ای زیادی مواجه نشد که این وضعیت، افزایش وزن هزاردانه را به‌دنبال داشته است.

در تحقیق حاضر، به‌احتمال زیاد حضور باقلا در کنار گیاه آفتابگردان از طریق تثبیت بیولوژیک نیتروژن و افزایش جذب تشعشع توسط کانوپی مخلوط، سبب افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی از طریق افزایش سطح برگ و به‌تبع آن بهبود ظرفیت فتوسنتزی در دورهٔ قبل از گلدهی آفتابگردان شده و در مرحلهٔ پس از گلدهی، با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن، وزن هزاردانه را بهبود بخشیده است. در کشت مخلوط زیرهٔ سبز و عدس مشخص شد که وزن هزاردانهٔ زیرهٔ سبز با جابه‌جایی از کشت خالص به‌سمت مخلوط ردیفی وزن هزاردانه افزایش پیدا کرد [۸]. محققان دیگری نیز در کشت مخلوط ذرت و خلر دریافتند که وزن هزاردانهٔ ذرت در نسبت ۷۵ ذرت: ۲۵ خلر بیشتر از سایر نسبت‌های کاشت بود [۲۰]. افزایش وزن هزاردانهٔ ذرت در کشت مخلوط با لوبیا نیز مشاهده شد [۱۱].

۳. ۱. ۳. عملکرد دانه

تأثیر الگوهای مختلف کشت بر عملکرد دانهٔ آفتابگردان در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه ۴۱۴۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار کشت مخلوط ردیفی بود و کمترین عملکرد دانه با ۳۱۳۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار از کشت خالص به‌دست آمد. در مقایسهٔ الگوهای دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان و کشت خالص مشخص شد که بین این تیمارها از نظر عملکرد دانه تفاوت معناداری وجود ندارد، اما مقدار آن در کشت خالص ۳ درصد کمتر از این الگوی کشت مخلوط بود (جدول ۳). در کشت مخلوط‌های تأخیری به‌دلیل همزمان نبودن دورهٔ رشد سریع سطح برگ گونه‌ها، حتی با ترکیب گونه‌هایی که قدرت رقابتی متفاوتی دارند نیز کل تشعشع جذب‌شده توسط تاج‌پوشش گیاهی مخلوط افزایش می‌یابد [۱۷]. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که در کشت‌های مخلوط نواری حداکثر جذب نور در ردیف‌هایی اتفاق خواهد افتاد که دو گونه در مجاورت یکدیگر قرار دارند و با فاصله گرفتن از این ردیف‌ها تأثیرات مثبت کشت مخلوط در جذب نور کاهش می‌یابد [۴۲]. به‌علاوه، تأثیر مثبت ردیف‌های مجاور فقط مربوط به نور نیست و بهبود جذب عناصر غذایی و آب نیز در ردیف‌هایی که دو گونه مجاور هم قرار دارند [۴۱]، به افزایش عملکرد دانه منجر شد.

به‌نظر می‌رسد که بیشتر بودن عملکرد دانه و اجزای عملکرد آفتابگردان در کشت ردیفی به‌دلیل بهبود کارایی مصرف منابع محیطی باشد. نتایج تحقیقات قبلی نیز نشان

Archive of SID
www.SID.ir

می‌دهد که آزادسازی و ترشح انواع اسید ارگانیک توسط ریشه‌های باقلا، از طریق افزایش حلالیت فسفر غیرمحلول خاک، همراه با فراهمی نیتروژن، بهبود رشد و گلدهی را به‌دنبال دارد [۳۹]. همچنین ازآنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی گیاهان است، هر عاملی که سبب افزایش جذب نیتروژن شود درنهایت می‌تواند به بهبود عملکرد گیاه نیز بینجامد. در بررسی کشت مخلوط تأخیری ذرت و گندم نیز مشخص شد که بهره‌گیری از کشت مخلوط تأخیری سبب افزایش عملکرد دانهٔ گندم نسبت به کشت خالص شد [۴۰]. محققان دیگری در کشت مخلوط تأخیری نعناع و چاودار دریافتند که عملکرد نعناع در کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل کاهش تلفات نیتروژن و جلوگیری از آبشویی آن و کاهش جمعیت علف‌های هرز بهبود یافت [۳۲]. تحقیقات در زمینهٔ کشت مخلوط زیرهٔ سبز و عدس نیز نشان داد هرچه از نوع کشت مخلوط ردیفی به کشت مخلوط نواری تغییر روش داده شود، عملکرد دانهٔ زیرهٔ سبز به‌تدریج کاهش می‌یابد [۱۰]. در مطالعهٔ کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا، مشخص شد که بیشترین عملکرد دانهٔ لوبیا از کشت خالص به‌دست آمد، اما اختلاف عملکرد دانه بین کشت مخلوط ردیفی و کشت خالص لوبیا معنادار نبود [۱۵].

۳. ۱. ۴. درصد روغن

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر الگوهای مختلف کشت بر درصد روغن معنادار بود ($P\leq ۰/۰۱$) (جدول ۲). درصد روغن در کشت خالص متفاوت با تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد، به‌طوری که درصد روغن در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. در بین الگوهای مختلف کشت، بیشترین درصد روغن با ۴۸/۶۷ درصد از کشت مخلوط ردیفی، و کمترین مقدار آن از کشت خالص با ۳۹/۳۳ درصد حاصل شد (جدول ۳).

ازآنجا که هر عاملی که سبب افزایش فتوسنتز گیاهی شود، می‌تواند به افزایش درصد روغن نیز منجر شود، به‌نظر می‌رسد که دلیل افزایش درصد روغن در کشت مخلوط، کمتر بودن رقابت باقلا با آفتابگردان، توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر، افزایش جذب عناصر غذایی و فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن است که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و این امر به بهبود رشد و فتوسنتز و به‌تبع آن افزایش مقدار روغن منجر شده است.

درصورت کشت مخلوط بقولات در کنار گونهٔ دیگر، به‌دلیل اثر مکمل جزء بقولات برای تثبیت نیتروژن، تثبیت نیتروژن تحریک می‌شود و در نتیجه تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آنها افزایش می‌یابد [۲۵]. ازآنجا که باقلا در بین حبوبات از قدرت تثبیت‌کنندگی نیتروژن بیشتری برخوردار است [۲۱]، توانسته است علاوه بر تأمین نیتروژن مورد نیاز خود با انتقال نیتروژن به گیاه مجاور بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه مقدار روغن آفتابگردان نیز تأثیر مثبتی داشته باشد. همچنین مقدار تجمع روغن می‌تواند تحت تأثیر عواملی نظیر ساختار ژنتیکی، تاریخ کاشت، ژنوتیپ، شرایط اقلیمی منطقه، حاصلخیزی خاک، تراکم و الگوی کاشت قرار گیرد [۱۳، ۷]. در این آزمایش نیز مقدار روغن تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت.

۳. ۲. اجزای عملکرد و عملکرد باقلا

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر الگوهای مختلف کشت بر تعداد نیام، وزن دانه، عملکرد بیولوژیک و دانهٔ باقلا در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بود، اما تعداد دانه در نیام تحت تأثیر الگوی کاشت قرار نگرفت ($P\leq ۰/۰۵$) (جدول ۴).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴. نتایج تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد و عملکرد باقلا در کشت مخلوط تأخیری با آفتابگردان

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن هزاردانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تکرار	۲	^{ns} ۰/۱۱	^{ns} ۰/۷۰	^{ns} ۱۶۱۴۳/۲۶	^{ns}۲۹۳۳۱/۶۷	^{ns} ۵۴۴۱۷/۸
تیمار	۴	*۰/۶۱	^{ns}۰/۲۳	*۳۹۰۱۰/۲۳	*۷۵۳۲۵۹/۳۳	* ۲۳۰۳۰۲/۴۳
خطا	۸	۲/۶۴	۰/۱۹	۶۲۹۲/۴۳	۱۳۳۱۰۴/۳۳	۴۲۳۰۱۷
ضریب تغییرات (٪)		۸/۷۵	۱۲/۳۱	۷/۳۷	۵/۷۰	۱۰/۱۲

ns و *: به‌ترتیب غیرمعنادار؛ و معنادار در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین‌های صفات بررسی‌شدهٔ باقلا در کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا

الگوهای کشت مخلوط	تعداد نیام در بوته	وزن هزاردانه (g)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)
A	۱۰/۵۰^{a}	۱۲۰۹/۳۳^{a}	۶۹۴۰^{a}	۲۵۶۷/۳۳^{a}
B	۸/۵۰^{b}	۱۰۲۵/۶۸^{bc}	۵۹۳۳/۳۳^{b}	۲۰۰۶/۲۶^{b}
C	۹^{b}	۱۱۳۳/۳۳^{ab}	۶۸۲۱/۳۳^{a}	۲۴۸۴/۴^{a}
D	۸/۸۳^{b}	۱۰۹۹^{ab}	۶۴۹۰^{ab}	۲۳۴۳/۶۸^{ab}
E	۸^{b}	۹۰۹^{c}	۵۸۴۳/۶۸^{b}	۱۹۵۷^{b}

A، B، C، D و E: به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ یک ردیف باقلا + یک ردیف آفتابگردان، دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان، چهار ردیف باقلا + دو ردیف آفتابگردان، سه ردیف باقلا + سه ردیف آفتابگردان و کشت خالص است.
میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، براساس آزمون دانکن اختلاف معناداری دارند (P≤۰/۰۵).

۳. ۲. ۱. تعداد نیام در بوته

براساس نتایج به‌دست‌آمده، کشت مخلوط ردیفی با ۱۰/۵۰ نیام در بوته بیشترین، و کشت خالص با ۸ نیام کمترین تعداد نیام در بوته را تولید کردند (جدول ۵). این امر حاکی از وجود شرایط محیطی بهتر برای رشد باقلا در شرایط کشت مخلوط ردیفی با آفتابگردان است؛ هرچند تفاوت معناداری از نظر تعداد نیام در بوته بین کشت خالص باقلا و دیگر تیمارهای کشت مخلوط نواری وجود نداشت. در صورت کشت همزمان دو گیاه، به‌دلیل همزمانی بیشتر دورهٔ رشدی دو گونه، رقابت برای منابع رشد شدیدتر است؛ ازاین‌رو در چنین شرایطی تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد که سبب ریزش گل‌ها و کاهش تعداد نیام در بوته می‌شود. در این آزمایش، مشاهده شد که برای به‌دست آوردن عملکرد قابل قبول و جلوگیری از کاهش تعداد نیام، استفاده از کشت مخلوط تأخیری به‌صورت ردیفی با آفتابگردان مزیت دارد؛ چراکه به‌دلیل همزمانی کمتر دورهٔ رشدی این دو گونه در کشت مخلوط تأخیری، رقابت بین‌گونه‌ای این گیاهان کاهش یافته و از ریزش گل‌ها و کاهش تعداد نیام در بوته جلوگیری شده است. تحقیقات در زمینهٔ کشت مخلوط تأخیری ذرت و سویا نشان داد تعداد نیام در بوتهٔ سویا در کشت مخلوط تأخیری به‌همراه مصرف کودهای فسفر و پتاسیم به‌طور معناداری افزایش یافت [۳۸]. نتایج مطالعه در زمینهٔ کشت مخلوط سویا و نعناع نیز نشان داد که تعداد نیام در بوته سویا در کشت

Archive of SID
www.SID.ir

مخلوط به‌دلیل افزایش بهره‌وری در استفاده از منابع بیشتر از کشت خالص بود [۲۹].

۳. ۲. ۲. وزن هزاردانه

بیشترین وزن هزاردانه در کشت مخلوط ردیفی با میانگین ۱۲۰۹/۳۳ گرم وزن هزاردانه، و کمترین آن در کشت خالص با میانگین ۹۰۹ گرم وزن هزاردانه مشاهده شد (جدول ۵). علت احتمالی کاهش وزن دانهٔ لگوم‌ها در کشت مخلوط با سایر گیاهان، کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در اثر افزایش به‌کارگیری این مواد فتوسنتزی در رشد رویشی برای افزایش ارتفاع و تولید برگ در جهت کسب موفقیت برای رقابت با گیاه مجاور است [۹]، اما به‌نظر می‌رسد که در کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل کاهش رقابت نوری، مواد فتوسنتزی بیشتری به مخازن (دانه‌ها) اختصاص یافته و گیاه باقلا توانسته است در افزایش وزن دانه موفق‌تر از سایر الگوها عمل کند. در کشت مخلوط جو و باقلا مشخص شد که وزن دانهٔ باقلا در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد [۲].

۳. ۲. ۳. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

کشت مخلوط ردیفی به‌ترتیب با میانگین ۲۵۶۷/۳۳ و ۶۹۴۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین، و کشت خالص با میانگین ۱۹۵۷ و ۵۸۴۳/۶۸ کیلوگرم در هکتار دارای کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بودند (جدول ۵). در کشت مخلوط‌هایی که گونه‌های همراه دورهٔ رشد خود را به‌صورت همزمان با گیاه دیگر تکمیل می‌کنند، غالبیت یک گونه اغلب موجب کاهش عملکرد گونهٔ دوم می‌شود، اما در کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل عدم رقابت شدید بین گونه‌های مخلوط، عملکرد و اجزای عملکرد چندان تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. بنابراین، مزیت کشت تأخیری در زمینهٔ کاهش رقابت بین گیاهان است، زیرا عمده تقاضای موجود برای جذب منابع در زمان‌های مختلفی رخ می‌دهد [۴۰، ۳۷]. بنابراین به‌نظر می‌رسد بهره‌گیری از این نظام مخلوط به‌دلیل رشد دو گونه در دو زمان تا حدودی متفاوت توانسته است از طریق افزایش بهتر کارایی جذب و مصرف نهاده‌ها، درنهایت به بهبود عملکرد نهایی گیاهان در کشت مخلوط منجر شود.

سیستم فتوسنتزی باقلا به دماهای بیشتر حساس است و بهتر است در مناطقی با دمای زیاد کشت نشود [۳۳]. از طرف دیگر، آفتابگردان به‌دلیل بلند بودن بوته‌ها و ایجاد سایه‌اندازی روی بوته‌های باقلا موجب تعدیل دمای کانوپی و درنتیجه افزایش دوام سطح برگ باقلا شده است. این امر ممکن است به‌دلیل افزایش رطوبت نسبی، کاهش درجهٔ حرارت و در پی آن کاهش خشک شدن و ریزش برگ‌های پایینی باقلا در کشت مخلوط با آفتابگردان باشد [۳۰ ، ۹]. علاوه بر این، پایین بودن نقطهٔ توازن نوری برای باقلا، این گیاه را قادر می‌کند از نور ورودی به داخل کانوپی بهره ببرد و فتوسنتز خود را در حد قابل قبولی نگه دارد و عملکرد زیادی داشته باشد [۳۳].

در بررسی کشت مخلوط ذرت و باقلا مشاهده شد که به‌دلیل سایه‌اندازی ذرت روی باقلا، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، مقدار کلروفیل و کارایی مصرف نوری باقلا در کشت مخلوط افزایش یافت که سبب بهبود اجزای عملکرد و عملکرد باقلا شد [۹]. در بررسی کشت مخلوط تأخیری ذرت و سویا مشاهده شده است که عملکرد دانهٔ سویا در کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل استفادهٔ بهینه از منابع محیطی نسبت به کشت خالص افزایش یافت [۳۸]. محققان دیگری با بررسی کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان با لوبیا دریافتند که عملکرد لوبیا در کشت ردیفی به‌طور متوسط ۵۹ درصد نسبت به کشت خالص افزایش نشان داد [۳۶].

Archive of SID
www.SID.ir

۳. ۳. شاخص ارزیابی کشت مخلوط

۳. ۳. ۱. نسبت برابری زمین (LER) براساس عملکرد دانه

مقایسهٔ میانگین حاکی از وجود اختلاف معنادار نسبت برابری زمین (LER) بین الگوهای مختلف کشت مخلوط تأخیری بود. با محاسبهٔ نسبت برابری زمین (LER) مشخص شد که میزان LER در تمام الگوهای کشت مخلوط آفتابگردان و باقلا بزرگ‌تر از یک بود که بیانگر سودمندی کشت مخلوط نسبت به خالص است (جدول ۶). کمترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/۲۴) از کشت مخلوط نواری دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان و بیشترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/۸۵) از کشت مخلوط یک‌ردیفی حاصل شد که معادل ۸۵ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود. علت این افزایش می‌تواند به اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین این دو گونه، تثبیت بیشتر نیتروژن در خاک توسط گیاه لگوم و بهبود شرایط محیطی برای جزء دیگر مخلوط، استفادهٔ بهتر از منابع محیطی، بهبود کارایی مصرف نور، کاهش فشار رقابتی بین دو گونه و زیست‌تودهٔ علف‌های هرز نسبت داد [۴،۱۵، ۲۵، ۳۵، ۳۷].

جدول ۶. شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا

الگوهای کشت مخلوط	نسبت برابری زمین جزئی		نسبت برابری زمین کل (LER)	کاهش یا افزایش عملکرد واقعی جزئی		کاهش یا افزایش عملکرد واقعی کل (AYL)	سودمندی کشت مخلوط (IA)
	باقلا	آفتابگردان		باقلا	آفتابگردان		
A	۰/۹۴	۰/۹۱	۱/۸۵	۰/۸۹	۰/۸۵	۱/۷۴	۰/۸۷
B	۰/۶۴	۰/۶۰	۱/۲۴	۰/۹۲	۰/۵	۱/۴۲	۰/۴
C	۰/۸۸	۰/۷۸	۱/۶۶	۰/۳۵	۱/۳۴	۱/۶۹	۱/۲۵
D	۰/۸۲	۰/۷۴	۱/۵۶	۰/۶۳	۰/۵۶	۱/۱۹	۰/۶۱

A، B، C و D: به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ یک ردیف باقلا + یک ردیف آفتابگردان، دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان، چهار ردیف باقلا + دو ردیف آفتابگردان و سه ردیف باقلا + سه ردیف آفتابگردان است.

تحقیقات در زمینهٔ کشت مخلوط زیرهٔ سبز و عدس نشان داد با تغییر الگوی کشت مخلوط ردیفی به‌سمت نواری، به‌دلیل کاهش آثار تسهیل‌کنندگی و تکمیل‌کنندگی دو گونه، مقدار LER کاهش پیدا کرد، به‌طوری که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۸) از کشت مخلوط یک‌ردیفی، و کمترین مقدار آن (۰/۹۴) از کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس + دو ردیف زیرهٔ سبز حاصل شد [۱۰]. مطالعه در زمینهٔ کشت مخلوط تأخیری ذرت و سویا نشان می‌دهد که مقدار LER در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از یک به‌دست آمد که این امر نشان‌دهندهٔ برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بود [۳۸].

۳. ۳. ۲. کاهش یا افزایش عملکرد واقعی کل (AYL)

محاسبهٔ کاهش یا افزایش عملکرد واقعی تحت تأثیر کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا نشان داد که هیچ یک از الگوهای کشت مخلوط افت عملکرد نداشت، به‌طوری که

Archive of SID
www.SID.ir

در همهٔ تیمارها مقادیر کاهش یا افزایش عملکرد واقعی باقلا و آفتابگردان مثبت بود. این امر حاکی از مزیت کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است. نتایج نشان داد که محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط تأخیری بیشتر از محصول پیش‌بینی‌شده بود که این امر نشان می‌دهد گونه‌های همراه در کشت مخلوط تأخیری از عوامل محیطی رشد نیز استفادهٔ بیشتری کرده‌اند (جدول ۶). براساس مطالعات برخی محققان، محاسبهٔ کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYL) علاوه‌بر بررسی رقابت بین‌گونه‌ای، با درنظر گرفتن عملکرد هر گیاه، وضع هر گونه در مخلوط رقابت درون‌گونه‌ای را نیز با جزئیات دقیق‌تری بیان می‌کند [۲۲]. محققان دیگری با ارزیابی کشت مخلوط ذرت با ارزن دم‌روباهی و جو با باقلا نیز دریافتند که در همهٔ تیمارهای کشت مخلوط مقادیر کاهش یا افزایش عملکرد واقعی کل مثبت بود و افت عملکرد وجود نداشت. این محققان دلیل آن را به استفادهٔ بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای نسبت دادند [۱۴، ۲۹].

۳. ۳. ۳. سودمندی کشت مخلوط (IA)

تیمار کشت مخلوط چهار ردیف باقلا + دو ردیف آفتابگردان بیشترین سودمندی کشت مخلوط (۱/۲۵) را در بین تیمارهای کشت مخلوط به خود اختصاص داد (جدول ۶). این امر احتمالاً ناشی از ایجاد اشکوب‌های مختلف برای بهره‌برداری بهتر از منابع محیطی از قبیل نور، آب و مواد غذایی در این تیمار است و کمترین شاخص سودمندی کشت مخلوط (۰/۴) به تیمار دو ردیف باقلا + چهار ردیف آفتابگردان مربوط بود که احتمالاً ناشی از کاهش آثار تسهیل‌کنندگی و تکمیل‌کنندگی دو گونه در این تیمار است. نتایج مطالعات برخی از محققان در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، جو و ماشک گل‌خوشه‌ای گویای این امر است که سودمندی اقتصادی کشت مخلوط این گیاهان بیشتر از کشت خالص آنهاست [۱، ۱۹].

۳. ۴. نتیجه‌گیری

استفاده از گونه‌های گیاهی با فنولوژی و خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت که کمترین رقابت را در یک آشیان اکولوژیکی ثابت از نظر دریافت عوامل محیطی در مکان و زمان با یکدیگر ایجاد کنند، گام مهمی در موفقیت کشت مخلوط محسوب می‌شود. نتایج این آزمایش دربارهٔ تأثیر کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا نشان داد که استفاده از کشت مخلوط تأخیری به‌دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای از طریق استفادهٔ بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونهٔ زراعی می‌شود. بدین ترتیب، براساس نتایج می‌توان عنوان کرد که کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا افزون بر ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و همچنین ایجاد پایداری و ثبات تولید، می‌تواند در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور چشمگیری مؤثر باشد.

منابع

۱. احمدی ا، دباغ محمدی نسب ع، زهتاب سلماسی س، امینی ر و جان‌محمدی ح (۱۳۸۹) ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۴(۲): ۷۷-۸۷.

۲. اسلامی‌خلیلی ف، پیردشتی ه و متقیان آ (۱۳۹۰) بررسی عملکرد جو و باقلا در تراکم و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط از طریق شاخص‌های رقابتی بوم‌شناسی کشاورزی. ۳(۱): ۱۰۵-۹۴.

۳. اصغری‌پور م ر و خاتمی‌پور م (۱۳۹۲) بررسی تأثیر کود دامی بر عملکرد و کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط ارزن دم‌روباهی و ماش. به‌زراعی کشاورزی. ۱۵(۱): ۱۹۰-۱۷۵.

Archive of SID
www.SID.ir

۴. آینه‌بند ا (۱۳۸۶) اکولوژی بوم نظام‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز ۳۷۴ ص.

۵. پارسا م و باقری ع (۱۳۸۷) حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاه مشهد، مشهد ۵۲۲ ص.

۶. پورامیر ف، کوچکی ع، نصیری‌محلاتی م و قربانی ر (۱۳۸۹) ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط سری‌های جایگزینی. پژوهش‌های زراعی ایران. ۵(۸): ۷۵۷ –۷۴۷.

۷. پوستینی ک، سه‌مرده ع، زواره م و مداح حسینی ش (۱۳۸۴) عملکرد گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرآیندها. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۶۱۴ ص.

۸. جهانی م، کوچکی ع و نصیری محلاتی م (۱۳۸۷) بررسی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زیرهٔ سبز و عدس در سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده. پژوهش‌های زراعی ایران. ۶(۱): ۸۷–۶۷.

۹. رضایی‌چیانه ا (۱۳۸۹) ارزیابی اکوفیزیولوژیک کشت مخلوط ذرت و باقلا. دانشگاه تبریز. دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشتهٔ زراعت.

۱۰. رضایی‌چیانه ا، تاج‌بخش م، اروج ولیزادگان ا و بنائی اصل ف (۱۳۹۲) بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیرهٔ سبز و عدس در کشت دوم. بوم‌شناسی کشاورزی. ۵(۴): ۴۷۲– ۴۶۲.

۱۱. رضوان‌بیدختی ش (۱۳۸۳) مقایسهٔ ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط ذرت و لوبیا. دانشگاه فردوسی مشهد. دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد رشتهٔ زراعت.

۱۲. رضوانی‌مقدم پ و مرادی ر (۱۳۹۱) بررسی تاریخ کاشت، کود بیولوژیک و کشت مخلوط بر عملکرد و کمیت اسانس زیرهٔ سبز و شنبلیله. علوم گیاهان زراعی. ۴۳(۲): ۲۳۰–۲۱۷.

۱۳. سیدشریفی ر (۱۳۸۸) گیاهان صنعتی. چاپ دوم، انتشارات عمیدی. ۴۲۴ ص.

۱۴. شایگان م، مظاهری د، رحیمیان مشهدی ح و پیغمبری س ع (۱۳۸۷) اثر تاریخ کاشت و کشت مخلوط ذرت و ارزن دم‌روباهی بر عملکرد دانهٔ آن‌ها و کنترل علف‌های هرز. علوم زراعی ایران. ۱(۱۰): ۴۶–۳۱.

۱۵. علیزاده ی، کوچکی ع ر و نصیری محلاتی م (۱۳۸۹) بررسی خصوصیات زراعی، عملکرد، اجزای عملکرد و پتانسیل کنترل علف هرز دو گیاه لوبیا و ریحان رویشی در شرایط کشت مخلوط. بوم‌شناسی کشاورزی. ۳(۲): ۳۸۳–۳۹۷.

۱۶. کوچکی ع، شباهنگ ج، خرم‌دل س و غفوری ا (۱۳۹۱) بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا. بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۱): ۱۱–۱.

۱۷. کوچکی ع ر، برومند رضازاده ز، نصیری محلاتی م و خرم‌دل س (۱۳۹۱) ارزیابی کارایی جذب و مصرف نیتروژن در کشت مخلوط تأخیری گندم زمستانه و ذرت. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۲): ۳۳۴–۳۲۷.

۱۸. مظاهری د (۱۳۷۳) زراعت مخلوط. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، تهران ۲۶۲ ص.

۱۹. منصوری ل، جمشیدی خ، راستگو م، صبا ج و منصوری ح (۱۳۹۲) تأثیر کشت مخلوط افزایشی ذرت و لوبیا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کنترل علف‌های هرز در شرایط اقلیمی زنجان. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱(۳): ۴۹۲–۴۸۳.

Archive of SID

www.SID.ir

۲۰. نقی‌زاده م، رمرودی م، گلوی م، سیاه‌سر ب، حیدری م و مقصودی‌مود ع ا (۱۳۹۱) تأثیر کاربرد انواع کود فسفری شیمیایی و زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و خلر در کشت مخلوط. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۳(۲): ۲۱۵-۲۰۳.

21. Bakheit BR and Glala AY (2002) Intercropping faba bean with some legume crops for control oroban crenata. Acta Agronomy. Hungar. 50: 1-6.

22. Banik P, Sasmal T, Ghosal PK and Bagchi DK (2000) Evaluation of mustard (*Brassica compestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row- replacement series systems. Agronomy and Crop Sciences. 185: 9-14.

23. Devi KN, Shamurailatpam D, Singh TB, Athokpam HS, Singh NB, Singh NG, Singh LN, Singh AD, Chanu OP, Singh SR, Devi KP and Devi LS (2014) Performance of lentil (*Lens culinaris* M.) and mustard (*Brassica juncea* L.) intercropping under rainfed conditions. Australian Journal of Crop Science. 8: 284-289

24. Gliessman SR (1997) Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. Arbor Press. 357 pp.

25. Haugaardnielsen H, Ambus P and Jensen ES (2001) Inter-specific competition, N-use and interference with weed in pea – barley intercropping. Field Crops Research. 70: 101-109.

26. Khoramivafa M, Ghasemi E, Farhadi B and Najaphy A (2013) The Water Use Efficiency in Forage Maize at Maize/Faba bean Relay Intercropping in Deficit Irrigation and no Tillage Systems. Agronomy and Plant Production. 11(4): 3134-3139.

27. Leal F, Rodrigues A, Fernandes D, Nunes FM, Cipriano J, Ramos J, Teixeira S, Vieira S, Carvalho LM and Pinto-Carnide O (2009) *In vitro* multiplication of *Calendula arvensis* for secondary metabolites extraction. Acta Horticulture. 812: 251-256.

28. Li L, Sun J, Zhang F, Li X, Yang S and Rengel Z (2001) Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: 1. yield advantage and interspecific interactions on nutrient. Field Crops Research. 71(2): 123-137.

29. Maffei M and Mucciarelli A (2003) Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research. 84: 229-240.

30. Mehmet SO, Sezgin U and Ali G (2007) The effect of light interception and light use efficiency with different sowing time of faba bean (*Vicia Faba*). International Journal and Engineering Sciences. 2(1): 87-91.

31. Mende VE, Bacon CM and Cohen R (2013) Agroecology as a Transdisciplinary, Participatory and Action-Oriented Approach. Agroecology and Sustainable Food Systems. 37: 3-18.

32. Mitchell RA (1994) Pippermint relay intercopping with rye. Central Oregon Agricultural Research Center Madras, Oregon. Pp. 11-16.

33. Nasrullahzadeh S, Ghassemi–Golezani K, Javanshir A, Valizadeh M and Shakiba MR (2007) Effects of shade stress on.ground cover and grain yield of faba bean (*Vicia faba*). Food, Agriculture and Environment. 5(1): 337-340.

34. Nelson AK, Meinhardt CG and Smoot RS (2010) Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivar Selection Affects Double-Crop and Relay-Intercrop Soybean (*Glycine max* L.). Agronomy. 10: 1-8.

35. Rezaeichianeh E, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Shakiba MR, Ghassemi-Golezani K and Aharizad S (2011) Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. African Journal of Agricultural Research. 7: 1786-1793.

Archive of SID
www.SID.ir

36. Robinson RG (1984) Sunflower for Strip, Row and Relay Intercropping. Agronomy. 1: 43-47.

37. Vandermeer JH (1989) The Ecology of Intercropping, Cambridge, University Press, 297 p.

38. Xiang DB, Yong TW, Wen YY, Yan W, Gong WZ, Cui L and Lei T (2012) Effect of phosphorus and potassium nutrition on growth and yield of soybean in relay strip intercropping system. Scientific Research and Essays. 7: 342-351.

39. Xu J (2007) Scientists Fiend why intercropping of faba bean with maize increases yields. www.Horizoninter national tv. Org. Pp. 12-19.

40. Zhang B, Huang G and LI F (2007) Effect of Limited Single Irrigation on Yield of Winter Wheat and Spring Maize Relay Intercropping. Pedosphere. 17: 529-537.

41. Zhang L, Van der WW, Zhang S, Li B and Spiertz JHJ (2007) Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. Field Crops Research. 103: 178-188.

42. Zhang L, Van der Werf W, Bastiaans L, Zhang S, Li B and Spiertz JHJ (2008) Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research. 107: 29-42.

Archive of SID

www.SID.ir