شناسه دیجیتال (DOI) : 10.22092/idaj.2021.353985.328

ارزیابی شاخص‌های اکولوژیکی و اقتصادی در کشت مخلوط نخود و گندم با کاربرد کود زیستی نیتروکسین در شرایط دیم همدان

فرید چایچیان[1]، بابک پاساری*[2]، سید حسین صباغ‌پور[3]، اسعد رخزادی[2]، خسرو محمدی[2]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، سنندج، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سنندج، سنندج، ایران

۳- گروه زراعت و باغبانی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی شاخص‌های اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط نخود و گندم با کاربرد کود زیستی نیتروکسین در شرایط دیم، آزمایشی به صورت اسپلیت- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان در طی دو فصل زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. کرت‌های اصلی الگوی کاشت در دو سطح (ردیفی و درهم) و کرت‌های فرعی شامل نسبت‌های مختلف کشت گندم و نخود (۲۵:۷۵، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۰:۱۰۰ و۱۰۰:۰ به ترتیب: ۳ ردیف گندم: ۱ ردیف نخود، ۱ ردیف گندم: ۳ ردیف نخود، ۲ ردیف گندم: ۲ ردیف نخود، کشت خالص نخود و کشت خالص گندم) و تلقیح بذر با کود زیستی در دو سطح (تلقیح با نیتروکسین و عدم تلقیح) به‌صورت فاکتوریل در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که عملکرد گندم، نخود و شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط تحت تأثیر الگوی کاشت، نسبت‌های کاشت و تلقیح با نیتروکسین قرار گرفتند. حداکثرعملکرد گندم و نخود در الگوی کاشت ردیفی، نسبت کاشت ۵۰:۵۰ و تحت تاثیر تلقیح با نیتروکسین حاصل گردید. مقایسه شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط نشان داد که حداکثر نسبت معادل زمین، افت عملکرد واقعی، شاخص بهره‌وری سیستم، ارزش محصولات مخلوط، شاخص مزیت پولی و سودمندی کشت مخلوط در الگوی کاشت ردیفی، نسبت کاشت ۵۰:۵۰ و تلقیح با نیتروکسین بدست آمد. در این آزمایش حداکثر نسبت رقابتی در نسبت کاشت ۷۵ درصد نخود و ۲۵ درصد گندم به‌میزان ۲/۱۸ حاصل گردید و حداکثر میزان نسبت برابری زمین (۱/۵۳)، اتلاف عملکرد واقعی (۱/۱۳)، شاخص بهره‌وری سیستم (۱۲۵۳/۲۸)، ارزش محصولات مخلوط (۵۴۳۵۳۶۸ تومان)، شاخص مزیت پولی (۱۸۸۶۵۳۳ تومان) و سودمندی کشت مخلوط (۴۶۷۶/۱ تومان) در نسبت کاشت ۵۰ درصد گندم و ۵۰ درصد نخود حاصل گردید. بر اساس نتایج این آزمایش، الگوی کاشت ردیفی، نسبت کاشت مخلوط ۵۰ درصد گندم و نخود و تلقیح با نیتروکسین به‌دلیل حصول حداکثر عملکرد دانه و درآمد جهت زارعین در منطقه همدان و شرایط آب و هوایی مشابه توصیه گردید.

واژه‌های کلیدی: چندکشتی، حبوبات، رقابت، عملکرد دانه، غلات، نسبت برابری زمین.

---

* نگارنده مسئول: *bpasary@yahoo.com* تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۷

مقدمه

علی‌رغم اینکه حدود ۴۶٪ از اراضی کشاورزی ایران به صورت دیم زیر کشت می‌رود، تنها حدود ۹٪ از تولید سالانه محصولات کشاورزی از این اراضی حاصل می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.)، از نظر سطح زیر کشت و تولید در بین گیاهان دیم در ایران به ترتیب مقام اول و چهارم را دارند. سطح زیر کشت گندم ۳۹۳۳ و نخود ۵۷۲ هزار هکتار و تولید این دو گیاه به ترتیب ۵/۵ و ۰/۲۷ میلیون تن در سال می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹). با این وجود، میانگین عملکرد پایین آن‌ها در واحد سطح،کاربرد روش‌های نوین به‌زراعی و کم‌نهاده که با شرایط دیم سازگار باشد را ضروری می‌نماید. طی مطالعات صورت گرفته، کشت مخلوط غلات با حبوبات از نظر افزایش عملکرد از روش‌های نویدبخش به شمار می‌رود (Rahimi Azar *et al.*, 2013; Latati *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2015).

کشت مخلوط غلات با حبوبات سبب بهبود عملکرد، افزایش کارایی استفاده از زمین و برتری گیاهان در رقابت با علف‌های هرز می‌گردد (سلیمان‌پور و همکاران، ۱۳۹۷؛ سیدی و همکاران، ۱۳۹۱؛ عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۴). در کشت مخلوط نخود- گندم، ریشه‌های گندم سبب قلیایی شدن ناحیه ریزوسفر ریشه گردیده و از طریق افزایش دسترسی هر دو گیاه به عنصر فسفر، رشد و عملکرد آن‌ها افزایش می‌یابد (Betencourt *et al.*, 2012). افزایش تعداد گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نیز در این سیستم، میزان دسترسی و جذب نیتروژن را افزایش می‌دهد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۸).

کشت مخلوط گندم- نخود سبب افزایش حاصلخیزی خاک گردیده و به عنوان یک روش سازگار با محیط زیست به واسطه کاهش نیاز به مصرف کودهای شیمیایی توصیه گردیده است (Akhtar *et al.*, 2017). از آنجایی که در چند دهه اخیر کاربرد روزافزون کودهای شیمیایی جهت تامین غذای جمعیت در حال رشد، سبب کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک و بروز آلودگی‌های زیست محیطی گردیده است، لذا کاربرد کودهای زیستی به عنوان جایگزینی جهت این دسته ازکودها مورد توجه قرار گرفته‌اند (Sanhthosh Kumar and Menon, 2020).

کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های زنده هستند که در صورت اختلاط با خاک و یا تلقیح با بذر از طریق مکانیسم‌های مختلف قابلیت دسترسی و جذب مواد مغذی را افزایش می‌دهند، در نتیجه رشد رویشی و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشند (Akhtar *et al.*, 2017). استفاده از کودهای بیولوژیکی تولید هورمون‌های گیاهی مانند ایندول استیک اسید و فعالیت کاتالاز را افزایش و همچنین مقاومت در برابر تنش عناصر سنگین و تنش‌های محیطی را بهبود می‌بخشند (Joseph *et al.*, 2007). افزایش رشد رویشی گیاه و خصوصیات فیزیولوژیکی توسط کودهای زیستی توسط محققان ثابت گردیده است (Kordi and

Ghanbari, 2019; Shehata and El-khawas, 2003).

تلقیح کودهای زیستی می‌تواند سلامت و حاصلخیزی خاک را بهبود بخشیده (Akhtar *et al.*, 2017)، اثرات تنش خشکی را کاهش (Rabieyan *et al.*, 2011)، عملکرد و زیست توده گیاهان را افزایش (Imran *et al.*, 2015; Kordi and Ghanbari, 2019; Shehata and El-khawas, 2003) و خصوصیات کیفی دانه مانند روغن، پروتئین، مواد معدنی و قندها (Akhtar *et al.*, 2017; Khaitov and Abdiev, 2018; Kordi and Ghanbari, 2019) را افزایش دهند.

کاربرد همزمان کودهای زیستی نیتروژنه حاوی میکروارگانیسم‌های آزادزی با باکتری‌های ریزوبیوم همزیست با ریشه گیاهان، میزان تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را افزایش می‌دهد (Imran *et al.*, 2015). افزایش رشد و عملکرد گیاه با استفاده از کودهای زیستی، به ویژه نیتروکسین در کشاورزی کم‌نهاده ثابت شده است. کود زیستی نیتروکسین شامل گونه‌های مطلوب باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن غیرهمزیست، از جمله باکتری‌های آزوتوباکتر، آزوسپیریلوم و باکتری‌های حل کننده فسفات مانند سودوموناس است که رشد و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد (Imran *et al.*, 2015; Namvar and Khandan, 2013; Saeidi *et al.*, 2018). افزایش کمی و کیفی تولیدات گیاهان در کشت مخلوط تحت تأثیر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی گزارش گردیده است (Saeidi *et al.*, 2018).

جهت ارزیابی کارایی کشت مخلوط گیاهان، شاخص‌های متعدد اکولوژیکی و اقتصادی از جمله نسبت برابری زمین، نسبت رقابت، اتلاف عملکرد واقعی، شاخص بهره‌وری سیستم، ارزش محصولات کشت مخلوط، شاخص مزیت پولی و سودمندی کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرند. این آزمایش به منظور بررسی واکنش نخود و گندم در کشت مخلوط تحت تاثیر روش‌ها و الگوی کاشت و تلقیح با کود نیتروکسین در شرایط دیم همدان از طریق شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۷۳۰ متری از سطح دریا در طی دوسال زراعی متوالی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ صورت گرفت. خصوصیات آب و هوایی منطقه مورد آزمایش در طی دو فصل زراعی از ایستگاه سینوپتیک همدان حاصل گردید (جدول۱). مجموع بارندگی در سال اول ۲۹۱/۱۲ و در سال دوم ۳۳۴/۰۲ میلی‌متر بود.

آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار صورت گرفت. در کرت‌های اصلی روش کاشت در دو سطح (کشت درهم و کشت ردیفی) و در کرت‌های فرعی نسبت‌های کاشت مخلوط گندم و نخود در پنج سطح (۷۵:۲۵، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۰:۱۰۰ و ۱۰۰:۰ به ترتیب: ۳ ردیف گندم: ۱ ردیف نخود، ۱ ردیف گندم: ۳ ردیف نخود، ۲ ردیف گندم: ۲ ردیف نخود، کشت خالص نخود و کشت خالص

گندم) و تلقیح با کود زیستی در دو سطح (عدم تلقیح و تلقیح با نیتروکسین) به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شد. قبل از انجام کشت از چندین نقطه از مزرعه به شکل تصادفی و به شکل حرف W نمونه‌برداری با اوگر صورت گرفت و جهت تعیین خصوصیات خاک به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال گردید (جدول۲). پس از انجام شخم، عملیات تکمیلی تهیه بستر بذر صورت گرفت. در این آزمایش هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول سه متر در نظر گرفته شد. خطوط کاشت با فواصل ۲۵ سانتی‌متر توسط دستگاه کارنده کشت گستر آماده‌سازی گردید. جهت اعمال تراکم یکسان بین نخود و گندم در کشت مخلوط از روش جایگزینی استفاده گردید.

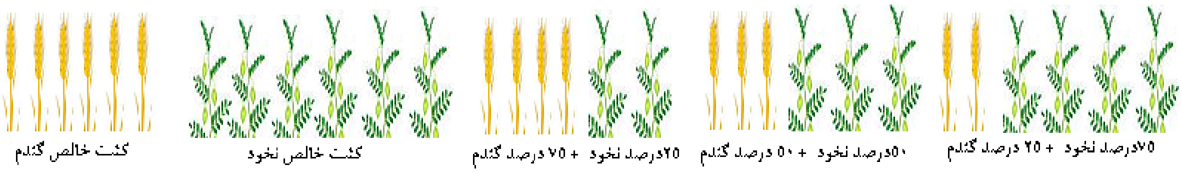
جدول ۱- خصوصیات آب و هوایی منطقه آزمایشی در طی دو فصل زراعی (حاصل از ایستگاه سینوپتیک همدان)

ماه/متغیر	تبخیر (میلی‌متر)	ساعات آفتابی	بارندگی (میلی‌متر)	حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)
بهمن	۰	۱۵۷/۵	۶۶/۴	۷/۶۵	-۴/۴
	(۰)	(۱۸۳/۶)	(۳۸/۳۳)	(۷/۹۸)	(-۴/۰۱)
اسفند	۰	۲۰۳	۲۳/۴	۱۴/۳۸	۱/۷۶
	(۰)	(۲۱۸/۹۵)	(۴۶/۳۲)	(۹/۴)	(-۳/۱۱)
فروردین	۱۳۵/۷۸	۲۳۵/۹۱	۴۳/۲	۱۸/۹۴	۴/۳۹
	(۷۵/۶۱)	(۲۰۸/۳۲)	(۲۴۲/۴۴)	(۱۳/۰۸)	(۲/۳۱)
اردیبهشت	۱۴۳/۵۳	۲۰۵/۸۴	۱۲۸/۹۱	۱۸/۸۷	۶/۴۱
	(۱۸۶/۳۱)	(۲۸۲/۱)	(۶/۱۲)	(۲۰/۹۲)	(۴/۳۳)
خرداد	۲۴۰/۲۵	(۳۳۴/۸)	۲۹/۲۱	۲۷/۸۹	۹/۵۹
	(۲۹۱/۴)	(۳۷۰/۷۶)	(۰/۸۱)	(۳۰/۱۶)	(۹/۷۱)
تیر	۳۶۹/۲۱	۳۷۲/۳۱	۰	۳۶/۲	۱۴/۸۹
	(۳۳۷/۹)	(۳۷۹/۴۴)	(۰)	(۳۵/۴۸)	(۱۴/۴۵)

داده‌های خارج پرانتز مربوط به سال اول آزمایش (۱۳۹۶-۹۷) و داده‌های داخل پرانتز مربوط به سال دوم آزمایش (۱۳۹۷-۹۸) است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در منطقه مورد مطالعه

فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	مواد آلی (درصد)	مواد خنثی شونده (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	بافت خاک	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	سال آزمایشی
۶/۹	۴۰۲	۰/۱۲	۰/۵۹	۱/۷۸	۰/۴۸	۷/۵	لومی	۳۲/۶	۴۱/۳	۲۴/۷	سال اول
۸/۵	۴۷۲	۰/۸۵	۰/۴۳	۱/۸۵	۰/۵۳	۷/۰۸	لومی	۳۵	۴۰/۱	۲۴/۴	سال دوم


۷۵درصد نخود + ۲۵ درصد گندم
۵۰درصد نخود + ۵۰ درصد گندم
۲۵درصد نخود + ۷۵ درصد گندم
کشت خالص نخود
کشت خالص گندم

شکل ۱- نحوه اعمال نسبت‌های مختلف کاشت مخلوط گندم و نخود در قیاس با کشت خالص دو گیاه.

به دلیل تفاوت در فواصل کاشت بین و روی ردیف دو گیاه (نخود ۱۰ × ۳۰ و گندم ۵ × ۱۵) و به دلیل فاصله ثابت بین خطوط کاشت تهیه شده توسط دستگاه کاشت، تراکم مطلوب گندم از طریق دو برابر نمودن میزان بذر مصرفی گندم در ردیف‌های کاشت به دست آمد. عملیات کاشت در سال اول در ۲۰ بهمن و در سال دوم به دلیل گاورو نبودن خاک در ۱۰ اسفندماه صورت گرفت.

گندم (رقم باران) و نخود (رقم سعید) جهت اجرای کشت انتخاب گردیدند. رقم باران دارای کیفیت نانوایی خوب و مقاوم در برابر ریزش دانه و ورس، مقاوم در برابر تنش سرما و خشکی و همچنین نیمه مقاوم در برابر زنگ زرد و دارای سایر خصوصیات زراعی مطلوب، جهت کاشت در شرایط دیم مناطق سرد و معتدل کشور توصیه گردیده است. همچنین سعید به دلیل ارتفاع بوته مناسب جهت برداشت مکانیزه، دارای وزن ۱۰۰ دانه و پروتئین مناسب، عملکرد دانه مطلوب در شرایط دیم و متحمل به سرما و بیماری برق‌زدگی است.

در تیمارهای تلقیح با نیتروکسین در زمان کاشت، بذور با کود نیتروکسین تلقیح و پس از خشک شدن در سایه در عمق پنج سانتی‌متری کشت گردیدند. کود زیستی نیتروکسین مصرفی حاوی گونه‌های باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از قبیل: *Entrobacter cloacea* و *Pseudomonas* با واحد تشکیل کلنی (CFU) برابر 10^8 از شرکت زیست فناوری مهرآسیا تهیه گردید. از آنجایی که زراعت دیم در منطقه مورد آزمایش عمدتا به صورت سیستم کم‌نهاده بود، لذا جهت بروز اثرات تیمارهای آزمایشی بویژه کود زیستی نیتروکسین و بر اساس توصیه محققان، هیچ گونه مواد شیمیایی از قبیل: آفت‌کش، علف‌کش و کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت (Wahbi *et al.*, 2016).

در طی فصل رویشی علف‌های هرز یکساله و چند ساله از قبیل: پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis*)، شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra*)، بابونه (*Matricaria chamomilla*) و ماشک (*Vicia villosa*) در دو مرحله و به‌صورت دستی کنترل گردید.

در مرحله رسیدگی با حذف اثرات حاشیه و ردیف‌های کناری، بوته‌های چهار ردیف وسطی هرکرت برداشت و پس از خرمنکوبی وزن دانه‌های هر کرت محاسبه و با انجام تناسب عملکرد هر گیاه در هکتار به‌دست آمد.

جهت تعیین شاخص‌های مختلف ارزیابی کشت مخلوط از فرمول‌های مربوطه استفاده گردید.

نسبت برابری زمین (LER[1])

$$\mathrm{LER} = \mathrm{LERa} + \mathrm{LERb} = \{\left(\frac{\mathrm{Yab}}{\mathrm{Yaa}}\right) + \left(\frac{\mathrm{Yba}}{\mathrm{Ybb}}\right)\}$$

در این فرمول LERa و LERb به‌ترتیب نسبت برابری جزئی گندم و نخود می‌باشند. Yaa و Ybb نیز عملکرد دانه گندم و نخود در کشت خالص و همچنین Yab و Yba بیانگر عملکرد این دو گیاه در کشت مخلوط است (Zhang *et al.*, 2015).

نسبت رقابت (CR[2])

$$\mathrm{CR} = \mathrm{CRa} + \mathrm{CRb}$$

$$\mathrm{CRa} = [(\frac{\mathrm{LERa}}{\mathrm{LERb}}) \times (\frac{\mathrm{Zba}}{\mathrm{Zab}})]$$

$$\mathrm{CRb} = [\left(\frac{\mathrm{LERb}}{\mathrm{LERa}}\right) \times \left(\frac{\mathrm{Zab}}{\mathrm{Zba}}\right)]$$

در این فرمول CRa و CRb به‌ترتیب نسبت رقابت گندم و نخود و Zab درصد کشت گندم در مخلوط با نخود و Zba درصد کشت نخود در مخلوط با گندم است (Dhima *et al.*, 2007).

اتلاف عملکرد واقعی (AYL[3])

$$\mathrm{AYL} = \mathrm{AYLa} + \mathrm{AYLb}$$

$$\mathrm{AYLa} = [\{\frac{\left(\frac{\mathrm{Yab}}{\mathrm{Zab}}\right)}{\left(\frac{\mathrm{Yaa}}{\mathrm{Zaa}}\right)}\} - 1]$$

$$\mathrm{AYLb} = [\left\{\frac{\left(\frac{\mathrm{Yba}}{\mathrm{Zba}}\right)}{\left(\frac{\mathrm{Ybb}}{\mathrm{Zbb}}\right)}\right\} - 1]$$

AYLa و AYLb به ترتیب اتلاف عملکرد جزئی گندم و نخود است (Zhang *et al.*, 2015).

ارزش محصولات کشت مخلوط (VCI[4])

$$\mathrm{VCI} = (\mathrm{Yab} \times \mathrm{Pw} + \mathrm{Yba} \times \mathrm{Pc})$$

Pw و Pc بهای یک کیلوگرم گندم و نخود بر اساس نرخ تعیین شده دولت در طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ است به طوری که این مقدار برای گندم (در سال اول ۲۲۰۰ و در سال دوم ۴۰۰۰ تومان) و برای نخود (در سال اول ۴۶۵۳/۶ و در سال دوم ۶۲۸۲/۴ تومان) در فرمول نظر گرفته شد.

سودمندی کشت مخلوط (IA[5])

$$\mathrm{IA} = \mathrm{IAw} + \mathrm{IAc}$$

$$\mathrm{IAw} = \mathrm{AYLw} \times \mathrm{Pw}$$

$$\mathrm{IAc} = \mathrm{AYLc} \times \mathrm{Pc}$$

IAw و IAc به ترتیب سودمندی جزئی گندم و نخود در کشت مخلوط است (Lithourgidis *et al.*, 2011).

شاخص مزیت پولی (MAI[6])

از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (Lithourgidis *et al.*, 2011).

$$\mathrm{MAI} = (\mathrm{Yab} \times \mathrm{Pw} + \mathrm{Yba} \times \mathrm{Pc}) \times \left(\frac{\mathrm{LER}-1}{\mathrm{LER}}\right)$$

شاخص بهره‌وری سیستم (SPI[7])

از رابطه زیر حاصل گردید (Zhang *et al.*, 2015).

$$\mathrm{SPI} = \left(\frac{\mathrm{Yaa}}{\mathrm{Ybb}}\right) \times (\mathrm{Yab} + \mathrm{Yba})$$

داده‌های حاصل از آزمایش پس از اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی بوسیله تست بارتلت، با نرم افزار $\mathrm{SAS}_{9.1}$ تجزیه و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نسبت برابری زمین: طبق نتایج این آزمایش، نسبت برابری زمین در طول سال‌های آزمایش، الگوها و نسبت‌های مختلف کاشت و همچنین

---

[1] Land equivalent ratio

[2] Competition ratio

[3] Actual yield loss

[4] Value of combined intercrops

[5] Intercropping advantage

[6] Monetary advantage index

[7] System productivity index

کاربرد نیتروکسین بیشتر از ۱ بود (جدول۳). در این آزمایش حداکثر عملکرد گندم و نخود در الگوی کاشت ردیفی، نسبت کاشت ۵۰:۵۰ و تحت تاثیر تلقیح با نیتروکسین حاصل گردید. به‌طوری که در الگوی کاشت ردیفی عملکرد دانه گندم و نخود به‌ترتیب ۱۳/۶۸ و ۴/۱۲ درصد افزایش یافت. هر چند مقدار نسبت برابری زمین در کاشت ردیفی افزایش یافت اما معنی‌دار نگردید. به نظر می‌رسد توزیع یکنواخت گیاهان در کشت ردیفی کارایی استفاده از نهاده‌ها به‌ویژه نور را افزایش داده است. کشت مخلوط غلات با حبوبات باعث ایجاد پوشش کانوپی ناهموار و موج‌دار شده، بنابراین باعث افزایش کارایی جذب نور و عملکرد محصول می‌گردد (Esmaeili *et al*., 2011).

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط گندم- نخود تحت تاثیر روش‌ها و الگوی کاشت و کود زیستی نیتروکسین

تیمار	سطح	LER_{W}	LER_{C}	LER_{T}	CR_{W}	CR_{C}	CR_{T}	AYL_{W}	AYL_{C}	AYL_{T}
سال آزمایشی	اول	۰/۶۹a	۰/۷a	۱/۳۹a	۱/۰۸a	۱/۰۲a	۲/۱a	۰/۵۵a	۰/۴۵a	۱a
	دوم	۰/۷a	۰/۶۵a	۱/۳۵a	۱/۱۲a	۰/۹۶a	۲/۰۸a	۰/۴۷a	۰/۳۶a	۰/۸۳a
الگوی کاشت	ردیفی	۰/۷a	۰/۶۸a	۱/۳۸a	۱/۱۱a	۱a	۲/۱۱a	۰/۵۶a	۰/۴۲a	۰/۹۸a
	درهم	۰/۶۹a	۰/۶۷a	۱/۳۶a	۱/۰۹a	۰/۹۹a	۲/۰۸a	۰/۴۷a	۰/۳۹a	۰/۸۶a
نسبت کاشت نخود: گندم	۷۵:۲۵	۰/۸۸a	۰/۳۸c	۱/۲۶c	۰/۷۸c	۱/۳a	۲/۰۸b	۰/۱۷b	۰/۵۲a	۰/۶۹c
	۲۵:۷۵	۰/۴۴c	۰/۸۸a	۱/۳۲b	۱/۴۸a	۰/۷c	۲/۱۸a	۰/۷۴a	۰/۱۸b	۰/۹۲b
	۵۰:۵۰	۰/۷۷b	۰/۷۶b	۱/۵۳a	۱/۰۳b	۰/۹۸b	۲/۰۱c	۰/۶۲a	۰/۵۱a	۱/۱۳a
نیتروکسین	شاهد	۰/۶۷b	۰/۶۷a	۱/۳۴b	۱/۰۵b	۱a	۲/۰۵b	۰/۴۶a	۰/۳۷a	۰/۸۳b
	تلقیح	۰/۷۲a	۰/۶۷a	۱/۳۹a	۱/۱۵a	۰/۹۹a	۲/۱۴a	۰/۵۷a	۰/۴۳a	۱a

LER_{W}، LER_{C} و LER_{T} به ترتیب نسبت برابری زمین گندم، نخود و کل

CR_{W}، CR_{C} و CR_{T} به ترتیب ضریب رقابت گندم، نخود و کل

AYL_{W}، AYL_{C} و AYL_{T} به ترتیب اتلاف عملکرد واقعی گندم، نخود و کل

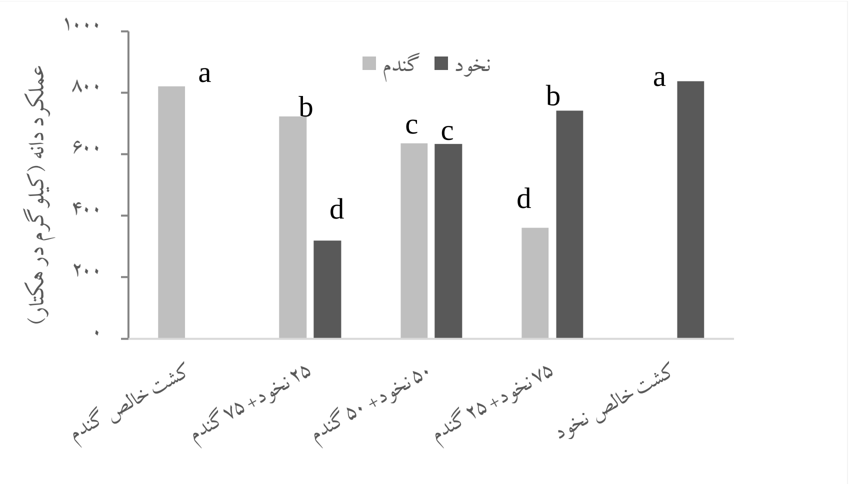
گروه‌بندی سطوح میانگین‌ها در هر تیمار به صورت مجزا صورت گرفته است.

طی تحقیقی مشابه، شارما و همکاران (۲۰۱۸) گندم و عدس (*Lens culinaris*) را در روش‌های مختلف کشت مخلوط (درهم و ردیفی) و همچنین نسبت‌های مختلف کاشت در طی دو سال مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده نمودند که در کشت ردیفی گندم + کاشت درهم عدس‘ حداکثر تعداد پنجه بارور، طول سنبله، تعداد سنبله در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بدست آمد.

مقایسه عملکرد دانه در نسبت‌های مختلف کاشت نیز نشان داد که حداکثر عملکرد دانه در نسبت کاشت ۵۰ درصد نخود و ۵۰ درصد گندم حاصل گردید (شکل ۲).

مقادیر نسبت برابری زمین جزئی نشان داد که در این نسبت کاشت، گیاه نخود در استفاده از زمین کاراتر عمل نموده است در صورتی که در نسبت کاشت ۲۵ درصد نخود و ۷۵ درصد گندم برتری

با گیاه گندم بود. با توجه به نتایج این آزمایش در جدول۳ می‌توان نتیجه گرفت که در کشت مخلوط گندم- نخود نسبت برابری زمین به میزان ۲۶-۵۳ درصد در مقایسه با تک کشتی آن‌ها در نسبت‌های مختلف کاشت افزایش یافته است و اجرای این سیستم کشت در مقایسه با تک کشتی دارای اولویت است. در بین تیمارهای آزمایشی، در نسبت کاشت ۵۰:۵۰، حداکثر نسبت برابری زمین برابر ۱/۵۳ حاصل گردید (جدول ۳). کشت مخلوط نخود-گندم باعث افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها، به‌ویژه نیتروژن و فسفر می‌شود و نسبت برابری زمین را در کشت مخلوط افزایش می‌دهد (Latati *et al.*, 2019). در آزمایشی مشابه کشت مخلوط گندم + نخود (۱:۱) حداکثر LER به میزان ۱/۵۰ ثبت گردید (Singh *et al.*, 2017). ترکمان و همکاران (۲۰۱۸) حداکثر LER را به میزان ۱/۲۳ در کشت ۵۰ درصد نخود + ۵۰ درصد کلزا (*Brassica napus*) به‌دست آوردند. همچنین بیشترین LER به‌میزان ۱/۵۶ در کشت ۱ ردیف جو (*Hordeum vulagare*) و ۱ ردیف باقلا (*Vicia fabae*) مشاهده شد (Taddese *et al.*, 2019).



شکل ۲- مقایسه میانگین عملکرد دانه گندم و نخود در کشت خالص و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط

کیپال و همکاران (۲۰۱۶) با ارزیابی کشت مخلوط نیشکر (*Saccharum officinarum*) با نخود (*Cicer arietinum*)، عدس (*Lens esculenta*) و خردل (*Brassica juncea*)، کاهش عملکرد نیشکر را مشاهده نمودند اما در عین حال LER، در همه الگوهای کشت بالاتر از ۱ بود. همچنین، بیشترین LER به میزان ۱/۳۲ از ۲ ردیف جو و ۲ ردیف یونجه یکساله به دست آمد (Esmaeili *et al.*, 2011). افزایش جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن و فسفر و در نتیجه افزایش عملکرد و درآمد زارعین در کشت مخلوط گندم- نخود توسط اختر و همکاران (۲۰۱۰) گزارش گردیده است. جوانمرد و همکاران (۱۳۹۵) نیز بیشترین عملکرد دانه نخود و گندم را در نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ مشاهده و برتری و توانایی رقابت بالاتر نخود را در این الگوهای کاشت مخلوط گزارش نمودند. این محققان بیشترین میزان نسبت برابری زمین را در نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ به میزان ۱/۱۶ -۱/۱۴

مشاهده نمودند. سیدی و همکاران (۱۳۹۱) دریافتند که در کلیه الگوهای کشت مخلوط جو و نخود، LER بیشتر از یک بود. همچنین رحیمی‌آذر و همکاران (۲۰۱۳) حداکثر عملکرد دانه را در مخلوط نخود و جو مخلوط به نسبت ۵۰ درصد هر دو گیاه گزارش نمودند.کشت مخلوط غلات با حبوبات از جمله باقلا (*Vicia fabae*) و نخود موجب افزایش عملکرد در واحد سطح و در نتیجه افزایش کارآیی استفاده از زمین می‌گردد (سلیمانپور و همکاران، ۱۳۹۷). نیک‌سیرت و همکاران (۱۳۹۷) دریافتند که در کشت مخلوط جو و نخود در شرایط کمبود آب نسبت برابری زمین به میزان ۳۶-۱۳/۸ درصد افزایش می‌یابد. افزایش عملکرد دانه در مخلوط گندم و نخود به افزایش مقدار کلروفیل (Singh and Aulakh, 2017) و در مخلوط ذرت (*Zea mays*) و سویا (*Glycine max*)، به افزایش جذب نیتروژن و همچنین بهبود کارایی فتوسنتزی بین ردیف‌های مرزی کشت شده بین دو گیاه نسبت داده شده است (Zhang *et al*., 2015). افزایش عملکرد و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت با لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris*) و چشم بلبلی (*Vigna sinensis*) و در نسبت‌های کاشت ۵۰:۵۰ و ۶۷:۵۰ توسط یلماز و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است.

در این آزمایش تلقیح با کود زیستی نیتروکسین عملکرد دانه گندم و نخود را به ترتیب ۷/۱۲ و ۱۲/۶ درصد افزایش داد به طوری که این افزایش عملکرد سبب افزایش نسبت LER گردید. به نظر می‌رسد که در این تیمار افزایش جمعیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن توانسته است جذب مواد مغذی، به ویژه نیتروژن توسط گیاهان را افزایش دهد، از این رو عملکرد دانه افزایش می‌یابد. در تحقیقی مشابه، سعیدی و همکاران (۲۰۱۸) سیستم‌های مختلف کشت مخلوط را مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که نسبت ۵۰ درصد گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و کاربرد همزمان کودهای شیمیایی و بیولوژیکی بالاترین LER را حاصل نمود. طی تحقیقی دیگر کاربرد کود بیولوژیکی در مخلوط نخود- خردل (*Brassica juncea*) در شرایط تنش آبی باعث افزایش ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد و وزن خشک گره‌ها در گیاه نخود و همچنین باعث افزایش ارتفاع و زیست توده خردل گردیده و در نهایت عملکرد دانه نخود و خردل را به ترتیب: ۴۳/۹ و ۶۹/۴ درصد افزایش داد. این محققان اعلام کردند که کود بیولوژیکی میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در اندام‌ها و بذور گیاه افزایش می‌دهد (Arya *et al*., 2007).

به‌نظر می‌رسد کاربرد کود نیتروکسین سبب کاهش تاثیر تنش خشکی در نخود گردیده (Rabieyan *et al*., 2011) و از طریق افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل a، b، کاروتنوئید و آنتوسیانین، در نهایت عملکرد را افزایش دهد (Rahi, 2013). کودهای زیستی صفات رویشی، تعداد گره، سطح و تعداد برگ، اجزای بذر و عملکرد دانه را بهبود می‌بخشند (Shehata and El-khawas, 2003). ناموار و خندان (۲۰۱۳) دریافتند که تلقیح گندم با آزوتوباکتر و

آزوسپیریلوم باعث افزایش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به ترتیب ۵/۵۴، ۱/۹۱ و ۸/۶۸ درصد گردید.

اسدی و همکاران (۱۳۹۸) در کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum*) و نخود دیم با کاربرد کودهای مختلف زیستی، افزایش تعداد گره‌های ریزوبیومی تثبیت کننده نیتروژن و در نتیجه افزایش عملکرد و کیفیت دانه را گزارش نمودند. به طوری که بیشترین نسبت برابری زمین به میزان ۱/۵۵ از الگوی کاشت ۴ ردیف نخود و ۲ ردیف بزرک حاصل گردید. این محققین اعلام نمودندکه کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس و تیوباسیلوس سبب بروز اثرات هم‌افزایی آن‌ها در عمل تثبیت نیتروژن توسط ریزوبیوم‌ها گردیده و همچنین از طریق افزایش حلالیت فسفات خاک، کاهش اسیدیته خاک و تولید محرک‌های رشد، جذب عناصر غذایی توسط گیاه را بهبود بخشیده و در نهایت سبب افزایش فتوسنتز و عملکرد می‌گردند.

نسبت رقابت: این شاخص توانایی رقابت یک محصول با محصول دیگر را در کشت مخلوط برآورد می‌نماید. نسبت رقابت گندم و نخود طی دو سال آزمایش در گندم بیشتر از نخود بود و به طور کلی نسبت رقابت در سال اول بیشتر بود. با مقایسه میانگین نسبت رقابت مشخص شد که این شاخص در الگوی کاشت ردیفی بیشتر بود هر چند معنی‌دار نگردید. در این آزمایش، نسبت رقابت بین نسبت‌های مختلف کاشت مخلوط معنی‌دار و از ۱/۱۸-۲/۲۰ متفاوت بود. نسبت‌های مختلف کشت مخلوط نشان داد که حداکثر نسبت رقابت در کشت مخلوط ۲۵ درصد گندم- ۷۵ درصد نخود حاصل گردید. در این تیمار، رقابت نسبی گندم بیشتر از نخود بود، به این معنی که گندم در رقابت موفقیت بیشتری داشته است. از طرف مقابل، در تیمار ۷۵ درصدگندم و ۲۵ درصد نخود، توانایی رقابت نخود بیشتر نمایان شد و سرانجام در الگوی کاشت ۵۰ درصد هر دو گیاه، ضریب رقابتی نسبی گندم بیشتر بود (جدول۳). به نظر می‌رسد ارتفاع بیشتر گیاه گندم و ظرفیت پنجه‌زنی گندم سبب این برتری شده باشد. بانیک و همکاران (۲۰۰۶) نیز مقدار نسبت رقابت بیشتری در گندم هنگام مخلوط شدن با نخود اعلام نمودند. همچنین طی تحقیقی دوساله نسبت رقابتی بیشتر گندم در مقابل نخود در کشت مخلوط، مشاهده گردید (Singh *et al.*, 2017). این محققین تفاوت نسبت رقابت را در طی سال‌های آزمایش نیز گزارش نمودند و حداکثر نسبت رقابت در گیاه گندم (۲/۴۵) و در نسبت کاشت ۱ ردیف گندم + نخود ۲ ردیف در طول سال اول مشاهده شد، اما در سال دوم بیشترین نسبت رقابت گندم (۲/۵۱) در۱ ردیف گندم + ۳ ردیف نخود حاصل گردید.

همچنین در تیمار ۷۵ درصدگندم و ۲۵ درصد نخود که نسبت رقابت نخود بیشتر بود، احتمال می‌رود گیاه نخود به واسطه تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، نیاز خود به این عنصر را تامین نموده و آن را در اختیار گیاه گندم قرار نداده باشد و بنابراین در رقابت برتری یافته است. همچنین ممکن است به دلیل وجود ریشه‌های عمیق در گیاه نخود، سبب افزایش جذب آب از نیمرخ خاک گردیده و

دسترسی گیاه گندم به منابع آب موجود در خاک در شرایط دیم را محدود نموده باشد. همچنان که نیک‌سیرت و همکاران (۱۳۹۷) نتیجه‌گیری نمودند که در شرایط عدم آبیاری قدرت رقابت حبوبات در کشت مخلوط با جو افزایش می‌یابد.

کیپال و همکاران (۲۰۱۶) مقادیر نسبت رقابت بالاتری را در همه سیستم‌های کشت مخلوط نیشکر (*officinarum Saccharum*) با نخود، عدس (*Lens esculenta*) و خردل (*Brassica juncea*) مشاهده کردند و نتیجه گرفتند که همه گیاهان مخلوط نسبت رقابت بیشتری در مقایسه با نیشکر دارند. در نهایت این محققین کشت مخلوط عدس و نخود را با گیاه نیشکر توصیه نمودند. در کشت مخلوط ذرت با لوبیای معمولی و چشم بلبلی نیز نسبت رقابت ذرت از بقیه بیشتر و همچنین نسبت رقابت لوبیا چشم بلبلی بیشتر از لوبیای معمولی بود (Yilmaz *et al*., 2008).

اتلاف عملکرد واقعی: نتایج این شاخص نشان داد که در همه موارد، از جمله سال‌های آزمایش، الگوی کاشت، نسبت‌های کشت و تلقیح با نیتروکسین، اعداد اتلاف عملکرد واقعی مثبت بوده و اثرات مطلوب تیمارها بر عملکرد دانه دو گیاه انتخابی بارز بود. بر اساس داده‌ها مشخص شد، الگوی کاشت ۵۰ :۵۰ برتر بوده و حداکثر مقدار شاخص حاصل گردید. در این آزمایش، اتلاف عملکرد واقعی جزئی در همه موارد، به جز الگوی کاشت ۲۵ درصد نخود و ۷۵ درصدگندم، در گندم بیشتر از نخود بود. به نظر می‌رسد گیاه گندم به دلیل ارتفاع بالاتر و توانایی پنجه‌زنی که محیط اطراف خود را احاطه نموده و فضای پیرامون گیاه مجاور را محدود می‌نماید، توانسته است از اتلاف عملکرد خود جلوگیری نماید. اما در نتیجه این الگوی کاشت، احتمالاً تراکم زیاد گندم و رقابت بین گونه‌ای باعث کاهش این شاخص در مقایسه با سایر تیمارها شده است. جوانمرد و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی کشت مخلوط گندم- نخود مقادیر اتلاف عملکرد واقعی را در کشت مخلوط مثبت گزارش نمودند و اعلام نمودند که مثبت بودن میزان این شاخص بیانگر تأثیر مفید این گیاهان بر روی همدیگر و سودمندی کشت مخلوط بوده است. این محققین حداکثر مقدار این شاخص را در نسبت کاشت ۲:۱ و ۱:۱ مشاهده نمودند.

همچنین بانیک و همکاران (۲۰۰۶) پی بردند که میزان عملکرد گندم- نخود در کشت مخلوط بیشتر از محصول پیش‌بینی شده بوده و این دو گیاه در کشت مخلوط از عوامل محیطی در جهت افزایش رشد، استفاده بهینه نموده‌اند.

در آزمایشی مشابه، عبداللهی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اتلاف عملکرد واقعی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط گندم و نخود، گندم را به عنوان گیاه غالب معرفی نمودند. همچنین دنیاویان و همکاران (۲۰۱۸) در کشت مخلوط پنبه (*Gossypium hirsutum*)- کنجد (*Sesamum indicum*) دریافتند که اتلاف عملکرد واقعی در کشت مخلوط پنبه - کنجد با نسبت کاشت ۲۵:۷۵ در پنبه بیشتر بود. این امر نشان داد که پنبه می‌تواند مانع اتلاف عملکرد در مقایسه با کنجد در کشت مخلوط گردد. آن‌ها بر اساس مقادیر اتلاف

عملکرد واقعی کل، سودمندی ۳۸-۲۲ درصدی را در کشت مخلوط این دو گیاه اعلام نمودند. در آزمایشی دیگر، مقادیر بالای اتلاف عملکرد واقعی در کشت مخلوط دو ردیف جو و یک ردیف لوبیا حاصل شد (Taddese *et al.*, 2019). یلماز و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی کشت مخلوط ذرت با لوبیای معمولی و چشم بلبلی، حداکثر اتلاف واقعی عملکرد را در نسبت ۵۰: ۵۰ مشاهده نمودند.

در این آزمایش، تلقیح نیتروکسین باعث افزایش مقدار اتلاف واقعی عملکرد در نخود و گندم گردید. به نظر می‌رسد استفاده از نیتروکسین به دلیل افزایش تثبیت عناصر غذایی، به ویژه نیتروژن و افزایش فعالیت بیولوژیکی خاک، توانایی گیاهان را برای رقابت با یکدیگر افزایش می‌دهد. سعیدی و همکاران (۲۰۱۸) اظهار نمودند که کشت مخلوط ۵۰٪ گلرنگ و لوبیا همراه با مصرف کود شیمیایی کمتر و همچنین استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش عملکرد گلرنگ شد. این محققین با بررسی این شاخص، سودمندی ۹۸-۲۰ درصدی را در کشت مخلوط این گیاهان ثابت نمودند.

شاخص بهره‌وری سیستم: مقادیر این شاخص تحت تاثیر الگوی کاشت و نسبت‌های مختلف کاشت اختلاف معنی‌داری نشان داد. حداکثر مقدار در کشت ردیفی و نسبت کاشت ۵۰: ۵۰ حاصل گردید. مقادیر این شاخص در تمامی تیمارهای آزمایش مثبت و بیانگر مکمل بودن و انتخاب مناسب گیاهان در سیستم کشت مخلوط در جهت کسب حداکثر بهره‌وری و تولید است (جدول ۴). جوانمرد و همکاران (۱۳۹۷) طی تحقیقی مشابه، حداکثر شاخص بهره‌وری سیستم را در تیمار ۷۵ درصد جو و ۲۵ درصد نخود و بدنبال آن در تیمار ۵۰ درصد کشت هر دو گیاه اعلام نموده و اظهار داشتند که کشت مخلوط این دو گیاه، جایگزین مناسبی برای آیش در شرایط دیم است. آن‌ها طی آزمایش دیگری در کشت مخلوط نخود- گندم شاخص بهره‌وری در تمامی الگوهای کشت مخلوط نخود- گندم را مثبت ارزیابی نمود و حداکثر بهره‌وری سیستم را در نسبت ۱:۱ و بدنبال آن در نسبت ۲:۱ گزارش نمودند (جوانمرد و همکاران، ۱۳۹۵).

ارزش محصولات کشت مخلوط: این شاخص تحت تاثیر سال آزمایشی، نسبت‌های کاشت و نیتروکسین اختلاف معنی‌داری نشان داد. ارزش محصولات کشت مخلوط در سال دوم در قیاس با سال اول بیشتر بود. با توجه به نتایج جدول ۴ و از آنجایی که در سال دوم آزمایش بهای خرید گندم و نخود افزایش یافته بود، و از آنجایی که مجموع بارندگی سالیانه در سال اول ۲۹۱/۱۲ و در سال دوم ۳۳۴/۰۲ میلی‌متر بود از این رو ارزش محصولات کشت مخلوط در سال دوم برتری نشان داد. طی تحقیقی مشابه عبدالهی و همکاران (۱۳۹۴) در کشت مخلوط گندم- نخود دیم اعلام نمودندکه دلیل اختلاف این شاخص در طی سال‌های آزمایش، به دلیل تفاوت شرایط آب و هوایی از جمله میزان بارندگی و دما بود به طوری که میزان پوشش گیاهی، دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی و در نتیجه عملکرد را تحت تاثیر قرار داد. در این

آزمایش همچنین حداکثر ارزش محصولات در نسبت کاشت ۵۰:۵۰ بدست آمد. با توجه به نتایج قبلی که در این تیمار حداکثر عملکرد دانه حاصل گردیده بود و با توجه به ارزش هر کیلوگرم از محصول تولیدی بروز چنین نتیجه‌ای منطقی به نظر می‌رسد. تلقیح با نیتروکسین نیز مقادیر این شاخص را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد. با توجه به نتایج قبلی چنین نتیجه‌گیری گردید که افزایش عملکرد دانه گندم و نخود تحت تاثیر تلقیح با کود زیستی نیتروکسین، عامل این افزایش باشد.

جدول ۴- ادامه نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط گندم- نخود تحت تاثیر روش‌های کاشت، الگوی کاشت و کود زیستی نیتروکسین

تیمار	سطح	SPI	$Y_W \times P_W$ (تومان)	$Y_C \times P_C$ (تومان)	VCI (تومان)	MAI (تومان)	IA_W (تومان)	IA_C (تومان)	IA (تومان)
سال آزمایشی	اول	۱۱۶۶/۴۳a	۱۲۷۲۶۵۹b	۲۶۶۳۵۴۰b	۳۹۳۶۱۹۹b	۱۱۱۵۲۱۶a	۱۲۲۵/۸a	۲۰۹۴/۵a	۳۳۲۰/۳a
	دوم	۱۰۸۴/۱۳a	۲۲۷۶۲۵۹a	۳۵۰۲۴۶۱a	۵۷۷۸۷۲۰a	۱۵۱۷۶۹۷a	۱۸۹۸/۷a	۲۲۸۰/۷a	۴۱۷۹/۳a
الگوی کاشت	ردیفی	۱۲۴۷/۳۸a	۱۹۰۰۸۶۹a	۳۰۲۶۹۱۷a	۴۹۲۷۷۸۶a	۱۳۶۴۹۲۸a	۱۷۱۶/۱a	۲۲۵۸/۸a	۳۹۷۴/۹a
	درهم	۱۰۰۳/۱۸b	۱۶۴۸۰۵۰a	۳۱۳۹۰۸۳a	۴۷۸۷۱۳۳a	۱۲۶۸۷۸۵a	۱۴۰۸/۴a	۲۱۱۶/۳b	۳۵۲۴/۷a
نسبت کاشت نخود: گندم	۷۵:۲۵	۱۰۳۴/۶۸b	۲۲۴۳۵۴۴a	۱۷۴۶۴۲۵c	۳۹۸۹۹۶۹c	۸۳۱۰۵۸c	۵۵۰/۲b	۲۸۱۴/۶a	۳۳۶۴/۸b
	۲۵:۷۵	۱۰۸۷/۸۸b	۱۰۹۷۵۷۵c	۴۰۴۹۴۶۶a	۵۱۴۷۰۴۱b	۱۲۳۱۷۷۷b	۲۲۳۴/۶a	۹۷۳/۹b	۳۲۰۸/۵b
	۵۰:۵۰	۱۲۵۳/۲۸a	۱۹۸۲۲۵۸b	۳۴۵۳۱۱۰b	۵۴۳۵۳۶۸a	۱۸۸۶۵۳۳a	۱۹۰۱/۸a	۲۷۷۴/۳a	۴۶۷۶/۱a
نیتروکسین	شاهد	۱۱۱۵/۹۱a	۱۶۸۵۹۸۳a	۲۸۸۷۰۷۷b	۴۵۷۳۰۶۰b	۱۱۶۳۵۰۱b	۱۳۷۷/۷b	۲۰۰۷/۴b	۳۳۸۵/۱b
	تلقیح	۱۱۳۴/۶۵a	۱۸۶۲۹۳۵a	۳۲۷۸۹۲۳a	۵۱۴۱۸۵۹a	۱۴۶۹۴۱۲a	۱۷۴۶/۸a	۲۳۶۷/۸a	۴۱۱۴/۶a

SPI شاخص بهره‌وری سیستم، $Y_W \times P_W$ عملکرد گندم × قیمت هر کیلوگرم گندم، $Y_C \times P_C$ عملکرد نخود × قیمت هر کیلوگرم نخود

VCI ارزش محصولات کشت مخلوط، MAI شاخص مزیت پولی، IA_W، IA_C و IA به ترتیب سودمندی کشت مخلوط گندم، نخود و کل.

گروه‌بندی سطوح میانگین‌ها در هر تیمار به صورت مجزا صورت گرفته است.

شاخص مزیت پولی: با توجه به نتایج این آزمایش، شاخص مزیت پولی تحت تاثیر الگوی کاشت، نسبت‌های کاشت و تلقیح با نیتروکسین اختلاف معنی‌داری نشان داد. به طوری که حداکثر مقادیر این شاخص در کشت ردیفی (۱۳۶۴۹۲۸ تومان) و نسبت کاشت ۵۰:۵۰ (۱۸۸۶۵۳۳ تومان) و همچنین تحت تاثیر تلقیح با نیتروکسین (۱۴۶۹۴۱۲ تومان) حاصل گردید. از آنجایی که مقادیر حاصله این شاخص برآیند ارزش محصولات کشت مخلوط و نسبت برابری زمین است و این شاخص‌ها نیز قبلا تحت تاثیر این تیمارها افزایش یافته بودند، بروز چنین نتیجه‌ای منطقی به نظر می‌رسد. طی تحقیقی مشابه جوانمرد و همکاران (۱۳۹۵) در بین تیمارهای کشت مخلوط، بیشترین مزیت پولی را

در نسبت کاشت ۱:۱ نخود- گندم گزارش نمودند. طی تحقیقی دیگر یلماز و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی کشت مخلوط ذرت با لوبیای معمولی و لوبیا چشم بلبلی، حداکثر سودمندی کشت مخلوط و شاخص مزیت پولی را در کشت مخلوط ذرت- لوبیا چشم بلبلی و در نسبت کاشت ۶۷:۵۰ و ۵۰:۵۰ گزارش نمودند.

همچنین کیپال و همکاران (۲۰۱۶) حداکثر شاخص مزیت پولی را در سیستم کشت مخلوط نیشکر با نخود فرنگی (*Pisum sativum*) مشاهده و اجرای این سیستم کاشت را به دلیل حصول درآمد بیشتر جهت زارعین توصیه نمودند. اسماعیلی و همکاران (۲۰۱۱) نیز با بررسی سیستم‌های مختلف کشت مخلوط جو و یونجه، کاهش عملکرد جو را گزارش نمودند، ولی در تیمار ۲ ردیف جو+ ۲ ردیف یونجه و ۶ ردیف جو+ ۲ ردیف یونجه، به دلیل افزایش عملکرد بذر یونجه که از ارزش اقتصادی بالاتری برخوردار بود، در نهایت شاخص مزیت پولی افزایش یافت.

سودمندی کشت مخلوط: سودمندی کشت مخلوط نخود- گندم تحت تاثیر الگوی کاشت، نسبت‌های کاشت مخلوط و تلقیح با نیتروکسین معنی‌دار گردید. به طوری که حداکثر مقادیر این شاخص در کشت ردیفی، نسبت کاشت ۵۰:۵۰ و کود زیستی نیتروکسین حاصل گردید. با توجه به داده‌های حاصله در جدول ۴ مشاهده می گردد که در تمام موارد به استثنای نسبت کاشت ۲۵ درصد گندم و ۷۵ درصد نخود، سودمندی کشت مخلوط جزئی نخود به دلیل بالاتر بودن ارزش هر کیلوگرم محصول آن برتری قابل توجهی نشان داده است. جوانمرد و همکاران (۱۳۹۵) در کشت مخلوط نخود- گندم بالاترین سودمندی کشت مخلوط را در نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ مشاهده نمودند. همچنین امانی‌ماچیانی و همکاران (۱۳۹۶) حداکثرشاخص بهره‌وری سیستم، سودمندی کشت مخلوط و شاخص مزیت پولی را در الگوی کاشت ۳ ردیف باقلا و ۲ ردیف نعناع فلفلی(*Mentha piperita*) مشاهده و اظهار داشتند که در این سیستم حداکثر عملکرد دانه و درآمد جهت زارعین حاصل شده و در عین حال تنوع و پایداری را در اکوسیستم‌های زراعی افزایش می‌دهد.

طی تحقیقی مشابه، سودمندی کشت مخلوط جو با نخود و باقلا در شرایط کم آبی مثبت ارزیابی شده است در حالی که در شرایط آبیاری کامل، سودمندی جزئی جو مثبت ولی سودمندی نخود و باقلا و سودمندی کل منفی بود (نیک‌سیرت و همکاران، ۱۳۹۷). این محققان سرعت رشد بیشتر و در نتیجه افزایش جذب نور توسط گیاه جو را عامل رقابت بین این گیاه با نخود و باقلا اعلام نمودند، هر چند این سودمندی جزئی جو نتوانست سودمندی کل را در شرایط آبی مثبت نماید در حالی که در شرایط قطع آبیاری این گیاهان از حداکثر منابع به صورت مکمل استفاده نموده و سودمندی کل افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این تحقیق حداکثر عملکرد گندم و نخود در الگوی کاشت ردیفی، نسبت

کاشت ۵۰:۵۰ و تحت تاثیر تلقیح با نیتروکسین حاصل گردید. مقایسه شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط مورد بررسی در این تحقیق از جمله نسبت برابری زمین، اتلاف عملکرد واقعی، شاخص بهره‌وری سیستم، ارزش محصولات مخلوط، شاخص مزیت پولی و سودمندی کشت مخلوط نشان داد که اجرای این سیستم کاشت به دلیل بهره‌برداری بهینه از نهاده‌ها از جمله زمین اشغال شده، و همچنین کاهش رقابت درون گونه‌ای بین گندم و نخود سبب ظهور حداکثر پتانسیل این گیاهان در کشت مخلوط و در نتیجه کسب حداکثر عملکرد دانه و افزایش درآمد اقتصادی زارعین گردید. از آنجایی که این دو گیاه عمدتا در تناوب دو ساله دیم در منطقه همدان کشت می‌شوند و نظر به این که اجرای کشت مخلوط آنها به صورت ردیفی با نسبت ۵۰:۵۰ به سادگی از طریق تنظیم بذرکار امکان‌پذیر است، لذا اجرای آن به همراه تلقیح بذر با کود زیستی نیتروکسین در زمان کاشت با کمترین هزینه توصیه می‌گردد.

منابع

احمدی کریم، عبادزاده حمید رضا، حاتمی فرشاد، عبدشاه هلدا، کاظمیان آرزو. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷. جلد اول: محصولات زراعی. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۸۹ صفحه.

اسدی سهیلا، رضائی‌چیانه اسماعیل، امیرنیا رضا. ۱۳۹۸. اثر الگوی کاشت و منبع کود بر خصوصیات زراعی بزرک و نخود در کشت مخلوط در شرایط دیم. علوم زراعی ایران. ۲۱ (۱): ۱۶-۳۰.

امانی‌ماچیانی مصطفی، جوانمرد عبدالله، نصیری یوسف، مرشدلو محمدرضا. ۱۳۹۶. سودمندی کشت مخلوط باقلا (*Vicia faba* L.) و نعناع فلفلی(*Mentha piperita* L.) در الگوهای مختلف کشت. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۷ (۳): ۴۵-۶۲.

جوانمرد عبدالله، امانی‌ماچیانی مصطفی، موسوی سیدبهمن.۱۳۹۷. ارزیابی رقابت و سودمندی کشت مخلوط جو(*Hordeum vulgare* L.) و نخود علوفه‌ای (*Pisum sativum* L.) در شرایط دیم. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۸ (۳): ۱۷-۱.

جوانمرد عبدالله، رستمی امیر، نورآئین، مجتبی، قره‌خانی غلامحسین. ۱۳۹۵. ارزیابی زراعی، اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) با نخود (*Cicer arietnium* L.) در شرایط دیم مراغه. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۶ (۱):۱۹-۳۷.

سلیمانپور لیلا، نادری روح‌الله، بیژن‌زاده احسان، بهپوری علی، امام یحیی. ۱۳۹۷. واکنش عملکرد و اجزاء عملکرد گندم، جو و تریتیکاله در کشت مخلوط با لگوم‌ها در شرایط آلودگی به علف‌های هرز. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۲: ۱۲-۱.

سیدی محسن، حمزه‌ئی جواد، احمدوند گودرز، ابوطالبیان محمد علی. ۱۳۹۱. بررسی امکان مهار علف‌های هرز و تولید محصول در کشت مخلوط نخود و جو. دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲ (۳): ۱۱۴– ۱۰۱.

عبدالهی عبدالوهاب، دباغ محمدی نسب عادل، و نصراله‌زاده صفر. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های گندم و علف‌های هرز در کشت مخلوط گندم- نخود تحت مدیریت نیتروژن در کشت دیم. تحقیقات غلات ۵ (۳): ۲۴۷–۲۵۹.

نیک‌سیرت، سیدحسام، بیژن‌زاده احسان، نادری روح‌الله. ۱۳۹۷. تأثیر قطع آبیاری بر عملکرد، شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط جو (*Hordeum* spp.) با حبوبات. بوم‌شناسی کشاورزی. ۱۰ (۲): –۴۵۸ .۴۴۴

Akhtar M, Yaqub M, Iqbal Z, Ashraf MY, Akhter J, Hussain F. 2010. Improvement in yield and nutrient uptake by cocropping of wheat and chickpea. Pakistan Journal of botany 42(6): 4043-4049.

Akhtar MFZ, Jamil M, Ahamd M, Abbasi GH. 2017. Evaluation of biofertilizer in combination with organic amendments and rock phosphate enriched compost for improving productivity of chickpea and maize. Soil Environ 36(1): 59-69.

Arya RL, Varshney JG, Kumar L. 2007. Effect of integrated nutrient application in chickpea+mustard intercropping system in the semi‐arid tropics of north India. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38:1-2: 229-240.

Banik P, Midya A, Sarkar BK, Ghose SS. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Betencourt E, Duputel M, Colomb B, Desclaux D, Hinsinger P. 2012. Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorus availability in a low P soil. Soil Biology & Biochemistry 46: 181-190.

Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crop Research 100: 249-256.

Donyavian HR, Raii Y, Jokar M. 2018. Land equivalent ratio (LER), and competition indices in cotton (*Gossypium hirsutum*) – Sesame (*Sesamum indicum*) intercropping system. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences 11(2): 81–88.

Esmaeili A, Sadeghpour A, Hosseini SMB, Jahanzad E, Chaichi MR, Hashemi M. 2011. Evaluation of seed yield and competition indices for intercropped barley (*Hordeum vulgare*) and annual medic (*Medicago scutellata*). International Journal of Plant Production 5(4): 395-404.

Imran A, Mirza MS, Shah TM, Malik KA, Hafeez FY. 2015. Differential response of kabuli and desi chickpea genotypes toward inoculation with PGPR in different soils. Frontiers in Microbiology 6,859. doi: 10.3389/fmicb.2015.00859

Joseph B, Ranjan Patra R, Lawrence R. 2007. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria associated with chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Plant Production 1(2): 141-152.

Latati M, Dokukin P, Aouiche A, Rebouh NY, Takouachet R, Hafnaoui E, Hamdani FZ, Bacha F, Ounane SM. 2019. Species interactions improve above-ground biomass and land use efficiency in intercropped wheat and chickpea under low soil inputs. Agronomy 9(765): 1-15.

Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA, Damalas CA. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287- 294.

Khaitov B, Abdiev A. 2018. Performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to bio-fertilizer and nitrogen application in arid condition. Journal of Plant Nutrition 41(15): 1980-1987.

Khippal A, Singh S, Chand M, Sheokand R, Singh J, Verma R, Kumar R. 2016. Mechanized and profitable intercropping of legumes in autumn planted sugarcane. Legume Research. 39(3): 411-418.

Kordi S, Ghanbari F. 2019. Evaluation of yield, yield components and some physiological and qualitative traits of corn affected by chemical and biological nitrogen fertilizers. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 18(1): 3–12.

Namvar N, Khandan T. 2013. Response of wheat to mineral nitrogen fertilizer and biofertilizer (Azotobacter sp. and Azospirillum sp.) inoculation under different levels of weed interference. Ekologija 59(2): 85-94.

Rabieyan Z, Yarnia M, Kazemi-e-Arbat H. 2011. Effects of biofertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under different irrigation levels. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(12): 3139-3145.

Rahi AR. 2013. Effect of nitroxin biofertilizer on morphological and physiological traits of *Amaranthus retroflexus.* Iranian Journal of Plant Physiology 4(1): 899-905.

Rahimi Azar M, Javanmard A, Shekari F, Pourmohammad A, Esfandyari E. 2013. Evaluation of yield and yield components chickpea (*Cicer arietinum* L.) in intercropping with spring barley (*Hordeum vulgare* L.) .Cercetări Agronomice în Moldova 4(156): 75-85.

Saeidi MR, Raei Y, Amini R, Taghizadeh A, Pasban-Eslam B. 2018. Changes in fatty acid and protein of safflower as response to biofertilizers and cropping system. Turkish Journal of Field Crops 23(2): 117-126.

Sanhthosh Kumar GR, Menon S. 2020. Cultivation of wheat and chickpea intercropping under organic system of production: A review. European Journal of Molecular & Clinical Medicine 7 (7): 2349-2360.

Sharma KC, Parmar P S, Solanki KS, Singh AK, Saiprasad SV. 2018. Inter/mixed cropping of lentil (*Lens culinaris*) in late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) for higher productivity and profitability of wheat in vertisols of Central India. International Journal of Agricultural Sciences 14(1): 21-26.

Shehata MM, El-khawas SA. 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower (*Helianthus annus* L. cv. Vedock) yield. Pakistan Journal of Biological Sciences 6(14): 1257-1268.

Singh B, Aulakh CS. 2017. Effect on growth and yield of intercrops in wheat+chickpea intercropping under limited nutrition and moisture. Indian Journal of Ecology 44(5): 507-511.

Singh B, Aulakh CS, Walia SS. 2017. Productivity and water use of organic wheat–chickpea intercropping system under limited moisture conditions in Northwest India. Renewable Agriculture and Food Systems 2017: 1-10.

Taddese G, Eshete A, Wondaferew D, Ababu K, Gashaw S. 2019. Effect of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fababean (*Vicia fabae* L.) intercropping on barley and faba bean yield components. Forestry Research and Engineering: International Journal 3(1): 7-13.

Torkaman M, Mirshekari B, Farahvash F, Yarnia M, Jafari AA. 2018. Effect of sowing date and different intercropping patterns on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) .Legume Research 2018: 1-6.

Wahbi S, Prin Y, Thioulouse J, Sanguin H, Baudoin E, Maghraoui T, Oufdou K, Le Roux C, Galiana A, Hafidi M, Duponnois R. 2016. Impact of wheat/faba bean mixed cropping or rotation systems on soil microbial functionalities. Frontiers in Plant Science. 7, 1364. doi: 10.3389/fpls.2016.01364

Yilmaz F, Atak M, Erayman M. 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the east Mediterranean region. Turk Journal of Agriculture and Forestry 32: 111-119.

Zhang G, Yang Z, Dong S, 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. Field Crops Research 124: 66-73.

Zhang Y, Liu J, Zhang J, Liu H, Liu S, Zhai L, Wang H, Lei Q, Ren T, Yin C. 2015. Row ratios of intercropping maize and soybean can affect agronomic efficiency of the system and subsequent wheat. Plos One 10(6), e0129245. doi:10.1371/journal.pone.0129245

DOI: 10.22092/idaj.2021.353985.328

Evaluation of ecological and economic indicators in chickpeas and wheat intercropping by application of nitroxin biofertilizer in rain-fed conditions of Hamedan

Farid Chaechian[1], Babak Pasari[2*], Sayed Hossain Sabaghpour[3], Asad Rokhzadi[2], Khosro Mohammadi[2]

1- *Ph.D. student in Agronomy, Department of Agronomy and plant breeding, Islamic Azad University, Sanandaj branch, Sanandaj, Iran.*
2- *Department of Agronomy and plant breeding, Islamic Azad University, Sanandaj branch, Sanandaj, Iran.*
3- *Agronomy and Horticulture Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran*

Abstract

In order to evaluation of ecological and economic indicators in chickpeas and wheat intercropping by application of nitroxin biofertilizer in rain-fed conditions of Hamedan, an experiment conducted as a split-factorial based on a complete randomized block design at three replications in the Agricultural Research and Training Center of Natural Resources of Hamadan Province for two consecutive cropping seasons 2017-18 and -2018-19. Sowing methods in two levels include (row and mixed sowing) were located in main plots and intercropping ratios of wheat and chickpea (75: 25, 25:75, 50:50, 100:0 and 0:100 in arrangement of: 3 wheat row: 1 chickpea row, 1 wheat row: 3 chickpea row, 2 wheat row: 2 chickpea row, sole cropping of chickpea and wheat) were considered in sub-plots and seed inoculation by nitroxin biofertilizer at two levels (inoculation and non-inoculation) as factorial. The results of two-year analysis showed that yield of wheat and chickpea significantly increased under the influence of sowing pattern, sowing ratios and inoculation with nitroxin. The maximum yield of wheat and chickpeas in the row sowing pattern, planting ratio of 50:50 and under the influence of nitroxin inoculation was achieved. Comparison of intercropping evaluation indices showed that the maximum land equivalent ratio, actual yield loss, system productivity index, value of intercrops, monetary advantage index and intercropping advantage in row planting pattern, 50:50 planting ratio and nitroxin were obtained. In this experiment, the maximum competitive ratio in the planting ratio of 75% chickpeas and 25% wheat was 2.18. The maximum ratio was equivalent to land (1.53), actual yield loss (1.13), system productivity index (1253.28), the value of mixed crops (5435368 Toman), monetary advantage index (1886533 Toman) and intercropping advantage of mixed cultivation (4676.1 Toman) were obtained in the ratio of planting 50% of wheat and 50% of chickpeas. As a result of this study, the row sowing pattern, planting ratio of 50:50 and inoculation with nitroxin were recomnded in Hamedan and similar climate due to achievement of maximum grain yield and income for farmers.

Keywords: Cereal, Competition, Land equivalent ratio, Multiple cropping, Pulse, Grain yield.

---

* *Corresponding author: bpasary@yahoo.com Submit date:2021/03/17 Accept date: 2022/03/18*