نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۴ شماره ۳ / پاییز ۱۴۰۳/ صفحات ۳۴-۱۹

Response of Grain Yield of Barley and Faba Bean to Humic Acid Application in Different Planting Patterns of Intercropping

Hamdollah Eskandari[1], Kamyar Kazemi [2]*

Received: 22 July 2023 Accepted: 23 August 2023
1- Assoc. Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
*Corresponding Author Email: Kamyar.kazemi@pnu.ac.ir

Abstract

Objective: This study was aimed to evaluate the grain yield of barley and faba bean in different planting patterns of intercropping under the condition of humic acid application in a low input cropping system.

Materials and Methods: The experiment was carried out as a two-factor factorial (3×5) baed on RCBD with three replications. The treatments were five planting patterns including two treatments of barley and faba bean sole croppings and three intercropping patterns (50% faba bean + 50% barley; 80% faba bean + 40% barley and 40% faba bean and 80% barley) and three foliar applications of humic acid including control, the concentration of 3% and 6% humic acid. Grain yield and related traits were determined to evaluate grain yield and land equivalent ration and monetary advantage index were measured to investigate the intercropping advantage.

Results: Based on the obtained results, the highest number of grain per pod and pods per plant was obtained in the sole cropping of beans, which was not significantly different from the intercropping pattern of 80% of beans and 40% of barley. The highest grain yield and biological yield of faba beans (2632 and 5929 kg ha^{-1} respectively) were obtained in sole cropping, followed by intercropping pattern of 80% of beans and 40% of barley. The lowest seed yield and biological yield of faba beans (1464 and 4269 kg ha^{-1}, respectively) were obtained in the intercropping pattern with the lowest density of faba beans (40% of beans and 80% of barley). By reducing the density of faba beans from 100% (in sole cropping) to 40% (intercropping of 40% of faba beans and 80% of barley), the grain and biological yield of faba beans decreased by 44% and 28%, respectively. The highest grain and biological yields of barley were also obtained in the sole cropping treatment, which were 3250 and 7952 kg ha^{-1}, respectively. With 3% and 6% humic acid foliar application, faba bean yield increased by 12% and 30%, and barley yield increased by 13% and 30%, respectively. The land equivalent ratio for all three intercropping patterns was obtained more than one. The monetary advantage index was also positive for all three mixed cropping patterns.

Conclusion: Despite the lower yields of barley and beans in intercropping compared to sole cropping, intercropping was superior in terms of land utilization and monetary advantage because the land equivalent ratio for all three intercropping patterns was greater than one and the monetary advantage index was also positive for all three intercropping patterns. In total and based on the evaluation criteria, the best pattern was the intercropping of 80% of faba beans and 40% of barley (with a land equivalent ratio of 1.33). However, the effect of higher densities of faba beans and barley (even densities with additive series) on grain yield and usefulness of intercropping needs further investigation.

Keywords: Land Equivalent Ratio, Monetary Advantage Index, Organic Fertilizer, Shading

CC BY NC

DOI: 10.22034/saps.2023.57652.3085

واکنش عملکرد دانه‌ی جو و باقلا به محلول‌پاشی اسید هیومیک در الگوهای مختلف کشت مخلوط

حمداله اسکندری[۱]، کامیار کاظمی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۳۱
۱- دانشیار گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲- استادیار گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
* مسئول مکاتبه: Email: kamyar.kazemi@pnu.ac.ir

چکیده

اهداف: این پژوهش با هدف ارزیابی عملکرد دانه‌ی جو و باقلا در الگوهای مختلف کشت مخلوط در شرایط کاربرد اسیدهیومیک در یک سیستم کشت کم‌نهاده اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی (۵×۳) بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان شادگان اجرا شد. عامل اول شامل پنج الگوی کاشت شامل دو تیمار کشت خالص جو و باقلا و سه الگوی کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا + ۵۰ درصد جو، ۸۰ درصد باقلا + ۴۰ درصد جو و ۴۰ درصد باقلا +۸۰ درصد جو) و عامل دوم محلول‌پاشی اسید هیومیک شامل تیمار شاهد، غلظت سه درصد اسید هیومیک و غلظت شش درصد اسید هیومیک بود. عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن برای ارزیابی عملکرد دانه و نسبت برابری زمین و شاخص اقتصادی مزیت مالی برای ارزیابی سودمندی کشت مخلوط اندازه‌گیری شدند.

یافته‌ها: بر پایه نتایج بدست آمده بیشترین تعداد دانه در نیام و نیام در بوته در کشت خالص باقلا به دست آمد که با کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا (به ترتیب ۲۶۳۲ و۵۹۲۹ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص به دست آمد که بعد از آن تیمار کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو) قرار داشت. کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا (به ترتیب ۱۴۶۴ و ۴۲۶۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کشت مخلوط با کمترین تراکم باقلا (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو) به دست آمد. با کاهش تراکم باقلا از ۱۰۰ درصد (در کشت خالص) به ۴۰ درصد (کشت مخلوط ۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو) عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا به ترتیب ۴۴ درصد و ۲۸ درصد کاهش یافتند. بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک جو نیز در تیمار کشت خالص بدست آمد که به ترتیب ۳۲۵۰ و ۷۹۵۲ کیلوگرم در هکتار بود. با محلول‌پاشی اسید هیومیک سه و شش درصد، عملکرد دانه‌ی باقلا به ترتیب ۱۲ و ۳۰ درصد و عملکرد دانه‌ی جو به ترتیب به ترتیب ۱۳ و ۳۰ درصد افزایش یافت. نسبت برابری زمین برای هر سه الگوی کشت مخلوط بیشتر از یک به دست آمد. مزیت مالی نیز برای هر سه الگوی کشت مخلوط مثبت بود.

نتیجه‌گیری: با وجود کمتر بودن عملکرد دانه‌ی جو و باقلا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، کشت مخلوط از نظر بهره‌برداری از زمین و مزیت مالی برتر از کشت خالص بود چرا که نسبت برابری زمین برای هر سه الگوی کشت مخلوط بیشتر از یک و مزیت مالی نیز برای هر سه الگوی کشت مخلوط مثبت بود. در مجموع و بر اساس معیارهای ارزیابی، بهترین الگو، کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو (با نسبت برابری زمین ۱/۳۳) بود. با این حال، اثر تراکم‌های بالاتر باقلا و جو (حتی تراکم‌ها با سری‌های افزایشی) بر عملکرد دانه و سودمندی کشت مخلوط به بررسی بیشتر دارد.

واژه‌های کلیدی: سایه اندازی، کود آلی، مزیت مالی، نسبت برابری زمین

مقدمه

تولیدات جهانی باید نیازهای روزافزون انسان به مواد غذایی را تامین نماید ولی در این راستا باید اثرات منفی زیست‌محیطی از طریق کاهش مصرف نهاده‌ها، از جمله کود شیمیایی، نیز به حداقل برسد (شن و همکاران ۲۰۲۳). به عبارت دیگر، تولید در سیستم‌های زراعی باید پایدار باشد. با این حال، تولید محصولات زراعی در کشاورزی مدرن بر سیستم‌های کشاورزی متعارف و تک‌کشتی گیاهانی که از نظر ژنتیکی یکسان هستند متکی است که پایداری سیستم های تولید کشاورزی را تهدید می‌کند (نورگی و همکاران ۲۰۲۳). یکی از مولفه‌های مهم برا دستیابی به کشاورزی پایدار، افزایش تنوع زیستی است. از طرف دیگر، کشت مخلوط که به صورت کشت دو یا چند گونه‌ی زراعی در یک قطعه زمین در یک زمان تعریف می‌شود (ژو و همکاران ۲۰۲۲) یکی از مهم‌ترین راهکارها برای افزایش تنوع زیستی در اکوسیستم‌های کشاورزی است.

در سال‌های اخیر توجه بیشتری به کشت مخلوط شده است چرا که در مقایسه با زراعت تک‌کشتی دارای مزیت‌های گوناگون آگرو-اکولوژیکی است (حاجی رمضانی و همکاران ۲۰۲۳). مهمترین مزیت کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی، افزایش تولید به دلیل بهره-برداری کارآمدتر از منابع محیطی است (وانگ و همکاران ۲۰۱۵). برای افزایش کارآیی استفاده از منابع محیطی در کشت مخلوط، اجزای کشت مخلوط باید تفاوت‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی با هم داشته باشند تا در مصرف منابع محیطی، مکمل یکدیگر باشند. یکی از سیستم‌های کشت مخلوط برای دستیابی به این هدف، کشت مخلوط غلات و لگوم است (ژانگ و همکاران ۲۰۲۳). از جمله سیستم‌های کشت مخلوط غلات و لگوم، می‌توان به کشت مخلوط باقلا و جو اشاره کرد.

جو (*Hordeum vulgare* L.) یک گیاه دو منظوره از خانواده‌ی غلات است که نقش مهمی در تغذیه انسان و دام دارد. سازگاری اکولوژیکی بالا و تحمل بالای جو نسبت به برخی شرایط نامساعد محیطی از جمله شوری و خشکی بر اهمیت آن در سیستم‌های زراعی افزوده است (مجتبایی زمانی و نوروزی ۲۰۱۷). باقلا (*Vicia faba* L.) نیز یکی از قدیمی‌ترین حبوباتی است که کشت می‌شود و از نظر اکولوژیکی و تغذیه‌ای دارای اهمیت زیای است. به طوری که از نظر تغذیه‌ای باقلا منبع مهمی از پروتئین است که تعادل مناسبی از اسید آمینه‌ی لیزین را در اختیار انسان و دام قرار می‌دهد. باقلا همچنین با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، تاثیر مهمی بر حاصلخیزی خاک دارد (اسکندری و کاظمی ۲۰۱۵). در هر حال، نتایج تحقیقات مختلف در زمینه‌ی کشت مخلوط لگوم و غلات مانند ماشک با ارزن (عمرانی و همکاران، ۲۰۲۲)، باقلا با جو در سری‌های افزایشی با تراکم ثابت جو (ذبیح و سعیدی پور ۲۰۲۲)، ماش با ذرت (نوریانی ۲۰۲۱) و باقلا با ذرت (نورگی و همکاران ۲۰۲۳) بیانگر بهبود کمّی و کیفی محصولات در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی می‌باشد.

تولید در سیستم کشت مخلوط اغلب تحت تاثیر عوامل مختلف از جمله فراهمی عناصر غذایی محدود می‌شود. با این حال، استفاده‌ی خاک‌کاربرد برخی از عناصر غذایی باعث می‌شود عنصر غذایی به طور کامل در اختیار گیاه قرار نگیرد. در این زمینه گزارش شده است که بعد استفاده از کود فسفره در خاک، فسفر جذب کلوئیدهای خاک می‌شود و به تدریج به شکلی تبدیل می‌شود که توسط گیاهان قابل جذب نیست (ژیونگ و همکاران ۲۰۲۳). یکی از راهکارهای جلوگیری از این مشکلات، محلول‌پاشی عناصر غذایی است که در مورد اسید هیومیک که حاوی چندین عنصر غذایی مهم می‌باشد قابل توجه‌تر است.

اسید هیومیک، یک ماده آلی است که از طریق تجزیه بقایای گیاهی و جانوری توسط میکروارگانیسم‌های خاک طی یک سری فرایندهای ژئوشیمیایی تولید می-شود (لی و همکاران ۲۰۱۹). اسید هیومیک با در اختیارگذاشتن عناصر غذایی باعث افزایش رشد و تولید گیاهان زراعی می‌شود (اصلانی و همکاران ۲۰۱۹). این کود آلی علاوه بر اینکه خود حاوی عناصر غذایی مهم از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم است، جذب و انتقال سایر عناصر غذایی، بویژه ریزمغذی‌ها، را نیز تسهیل می‌کند (نوروزی شرف و کاویانی ۲۰۱۸). در گندم

گزارش شد که اسید هیومیک عملکرد دانه را تا ۷۰ درصد بهبود می‌بخشد (طرفی و شکوه‌فر ۲۰۱۹). در کشت مخلوط خردل و اسطودوخوس مشاهده گردید که کاربرد اسید هیومیک (با غلظت پنج‌هزار میلی‌گرم در لیتر) می‌تواند بیشترین عملکرد گل را تولید کند (حبیبی شرف‌آباد و همکاران۲۰۲۲). در کشت مخلوط ذرت و سویا نیز نتیجه گرفته شد که محلول‌پاشی ۷/۵ گرم بر لیتر اسید هیومیک، عملکرد دانه ذرت و سویا را به ترتیب ۱۷ و ۲۰ درصد افزایش داد (عبدربه و همکاران ۲۰۲۰) بر این اساس، اسید هیومیک در سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند نقش قابل توجهی در تولید سازگار با محیط زیست گیاهان زراعی داشته باشد چرا که می‌تواند باعث حذف و یا حداقل کاهش استفاده از کودهای شیمیایی شود (قادر مکری و همکاران ۲۰۲۲).

از آن جا که کشت مخلوط باقلا و جو به عنوان یک سیستم کشت مخلوط غلات و لگوم، در ترکیب با اسیدهیومیک تا کنون مورد بررسی قرار نگرفته است، در پژوهش حاضر کوشش شده است تا ضمن بررسی اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط باقلا و جو در تولید دانه، اثر اسید هیومیک بر تولید این گیاهان در شرایط کشت مخلوط بررسی شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور شهرستان شادگان در استان خوزستان (عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. اقلیم منطقه از نوع گرم و خشک بوده که متوسط دما و بارندگی سالیانه آن به ترتیب ۲۸/۸ درجه سانتی‌گراد و ۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ درج شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق (cm)	بافت	هدایت الکتریکی $dS.m^{-1}$	اسیدیته	پتاسیم $mg.kg^{-1}$	فسفر $mg.kg^{-1}$	نیتروژن (%)	کربن آلی (%)
۶۰-۰	سیلتی لوم	۱/۸۸	۷/۳	۲۲۴	۱۴	۰/۰۸	۰/۵۱

آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی (۵×۳) بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل پنج الگوی کاشت و سه تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک بود. اسید هیومیک استفاده شده ساخت شرکت تتراکو بود که حاوی اسید فولویک (۳ درصد)، پتاسیم محلول (۳ درصد) و نیتروژن محلول (۷ درصد) بود. الگوهای کاشت شامل دو تیمار کشت خالص جو و باقلا و سه الگوی کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا + ۵۰ درصد جو، ۸۰ درصد باقلا + ۴۰ درصد جو و ۴۰ درصد باقلا +۸۰ درصد جو) بود. تیمارهای محلول‌پاشی اسید هیومیک شامل تیمار شاهد، غلظت سه درصد اسید هیومیک و غلظت شش درصد اسید هیومیک بود. در تیمارهای کشت خالص، ارقام بومی باقلا و والفجر جو در کشت خالص، به ترتیب در تراکم های ۴۰ و ۴۰۰ بوته در متر مربع کشت شدند. در تیمارهای کشت مخلوط، تراکم مربوط به درصد اختصاص داده شده به هر گیاه با توجه به تراکم مطلوب در کشت خالص تعیین شد.

زمین محل اجرای آزمایش در طول تابستان به صورت شخم‌زده و آیش قرار داشت که قبل از کاشت، دو دیسک عمود بر هم بر آن زده شد. سپس با استفاده از فاروئر در زمین جوی و پشته‌هایی به عرض ۲۰ سانتی‌متر زده و باقی مراحل تهیه کرت به صورت دستی انجام شد. هر کرت کاشت شامل ۱۰ ردیف کاشت به طور چهار متر بود که دو ردیف انتهایی هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. کاشت جو و باقلا به طور همزمان در تاریخ ۱۵ آبان به صورت دستی صورت پذیرفت. در کشت‌های خالص، جو و باقلا به ترتیب با تراکم ۴۰۰ و ۴۰ بوته در متر مربع کشت شدند. الگوهای کشت مخلوط نیز با توجه به درصد

تراکم هر گیاه نسبت به تراکم کشت خالص، تهیه شدند. بدین منظور، در الگوی ۵۰ درصد باقلا+ ۵۰ درصد جو، در هر متر مربع ۲۰ بوته باقلا و ۲۰۰ بوته جو، در الگوی ۸۰ درصد باقلا + ۴۰ درصد جو، در هر متر مربع، ۳۲ بوته باقلا و ۱۶۰ بوته جو و در الگوی ۴۰ درصد باقلا +۸۰ درصد جو، ۱۶ بوته باقلا و ۳۲۰ بوته جو کشت گردید. با توجه به ثابت بودن فاصله بین ردیف‌ها (۲۰ سانتی‌متر) تراکم‌های مورد نظر با تغییر فاصله کاشت روی ردیف تنظیم شد. البته در ابتدا و به منظور اطمینان از سبز شدن بذور، کشت با تراکم بالا صورت گرفت و بعد از استقرار بوته‌ها، عملیات تنک‌کاری تا تراکم‌های مورد نظر، اعمال گردید.

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت صورت گرفت. آبیاری به طور معمول و زمانی انجام گرفت که هر دو گیاه نیاز به آب داشتند. چرا که غلات و لگوم در کشت مخلوط آب را به طور مساوی مورد استفاده قرار می دهند (اسکندری و جوانمرد ۲۰۱۳). روش آبیاری بصورت جوی و پشته بود. محلول‌پاشی اسید هیومیک در دو مرحله انجام گرفت. مرحله‌ی اول بعد از سبز شدن جو (در مرحله‌ی چهار برگی جو و مصادف با مرحله دو برگی باقلا) و مرحله دوم بعد از تکمیل پنجه-زنی و شروع ساقه‌دهی جو (مصادف با مرحله‌ی هشت برگی باقلا) انجام گرفت. علف‌های هرز در طول دوره‌ی رشد به صورت وجین دستی کنترل شدند.

در مرحله‌ی برداشت (هفته‌ی اول اردیبهشت ۱۴۰۱)، بعد از حذف پشته‌هایی که به عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته شده بودند، بقیه‌ی کرت برداشت و صفات ارتفاع بوته و عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد دانه (تعداد پنجه بارور، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیک در مورد جو و ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در لغاف؛ وزن صد دانه، تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیک در مورد باقلا) اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه‌ی سودمندی احتمالی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، شاخص نسبت برابری زمین با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد (اسکندری و جوانمرد ۲۰۱۳):

$$LER = (Yab / Yaa) + (Yba / Ybb)$$

در این رابطه، LER نسبت برابری زمین، Yab عملکرد دانه‌ی باقلا در کشت مخلوط، Yaa عملکرد دانه-ی باقلا در کشت خالص، Yba عملکرد دانه‌ی جو در کشت مخلوط و Ybb عملکرد دانه‌ی جو در کشت خالص می‌باشد. چنانچه شاخص نسبت برابری زمین بزرگ‌تر از یک باشد، کشت مخلوط نسبت به کشت خالص برتری دارد، اگر مساوی یک باشد، هیچ‌یک از کشت‌های خالص و مخلوط با هم برابر است و اگر کمتر از یک باشد، کشت خالص برتر از کشت مخلوط می-باشد.

شاخص اقتصادی مزیت مالی کشت مخلوط نیز با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه گردید (مجتبایی زمانی و نوروزی ۲۰۱۷):

$$MAI = [[(Yab \times Pab) + (Yba \times Pba)] \times (LER - 1)] / LER$$

در رابطه‌ی فوق MAI مزیت مالی کشت مخلوط، Yab عملکرد باقلا، Pab قیمت باقلا، Yba عملکرد جو، Pba قیمت جو وLER نسبت برابری زمین می‌باشد. قیمت هر کیلو جو ۹۰ هزار ریال و قیمت هر کیلو باقلا ۶۰۰ هزار ریال (بر اساس عرف منطقه در سال ۱۴۰۰) درنظر گرفته شد.

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح پایه بلوک های کامل تصادفی و با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام گرفت. برای مقایسه میانگین ها، آزمون چند دامنه ای دانکن بکار رفت.

نتایج

عملکرد و اجزای عملکرد دانه باقلا

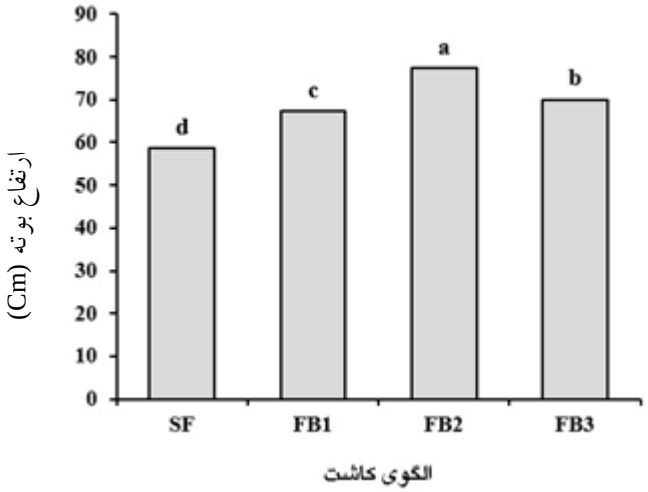
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی الگوی کاشت و اسید هیومیک بر تمامی صفات مورد بررسی باقلا اثر معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) داشت (جدول ۲). با این حال، برهمکنش الگوی کاشت× اسید هیومیک برای هیچ‌کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی باقلا تحت تاثیر الگوی کاشت و محلول پاشی اسید هیومیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	دانه در نیام	نیام در بوته	دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۴۰۴**	۴/۱۱**	۱۳/۳۶**	۱۹۱**	۲۹۲۴**	۱۳۵۴۴۸۶**	۴۲۸۳۳۶۴**
الگوی کشت (PP)	۳	۵۳۴**	۱/۷۳**	۹/۸۸**	۲۳۸**	۱۷۶**	۲۴۶۲۴۲۴**	۵۱۵۳۱۹۴**
اسید هیومیک (HA)	۲	۲۷۱**	۲/۱۱**	۵/۳۶**	۱۹۳**	۵۱۳**	۸۴۹۱۸۹**	۳۳۴۷۰۴۸**
PP×HA	۶	۱/۴۲ ns	۰/۰۳۷ ns	۰/۱۰۲ns	۵/۰ns	۱۵/۴ns	۱۱۷۴۴ns	۳۹۴۲۵ns
خطا	۲۲	۳/۷۹	۰/۱۴۱	۰/۶۹۴	۴/۹۹	۳۴/۳۳	۱۵۲۹۹	۲۴۷۲۰
ضریب تغییرات (%)	–	۲/۸۵	۱۲/۴۲	۱۸/۴	۱۵/۳۲	۴/۶۸	۶/۲۷	۳/۱۶

** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و غیر معنی‌دار است.

بیشترین ارتفاع بوته‌ی باقلا در الگوی سوم کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو) به دست آمد. کمترین ارتفاع بوته‌ی باقلا نیز در تیمار کشت خالص باقلا مشاهده شد. اختلاف بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به دست آمده حدود ۳۰ درصد بود. به عبارت دیگر، ارتفاع بوته باقلا در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو حدود ۳۰ درصد کاهش یافت (شکل ۱).



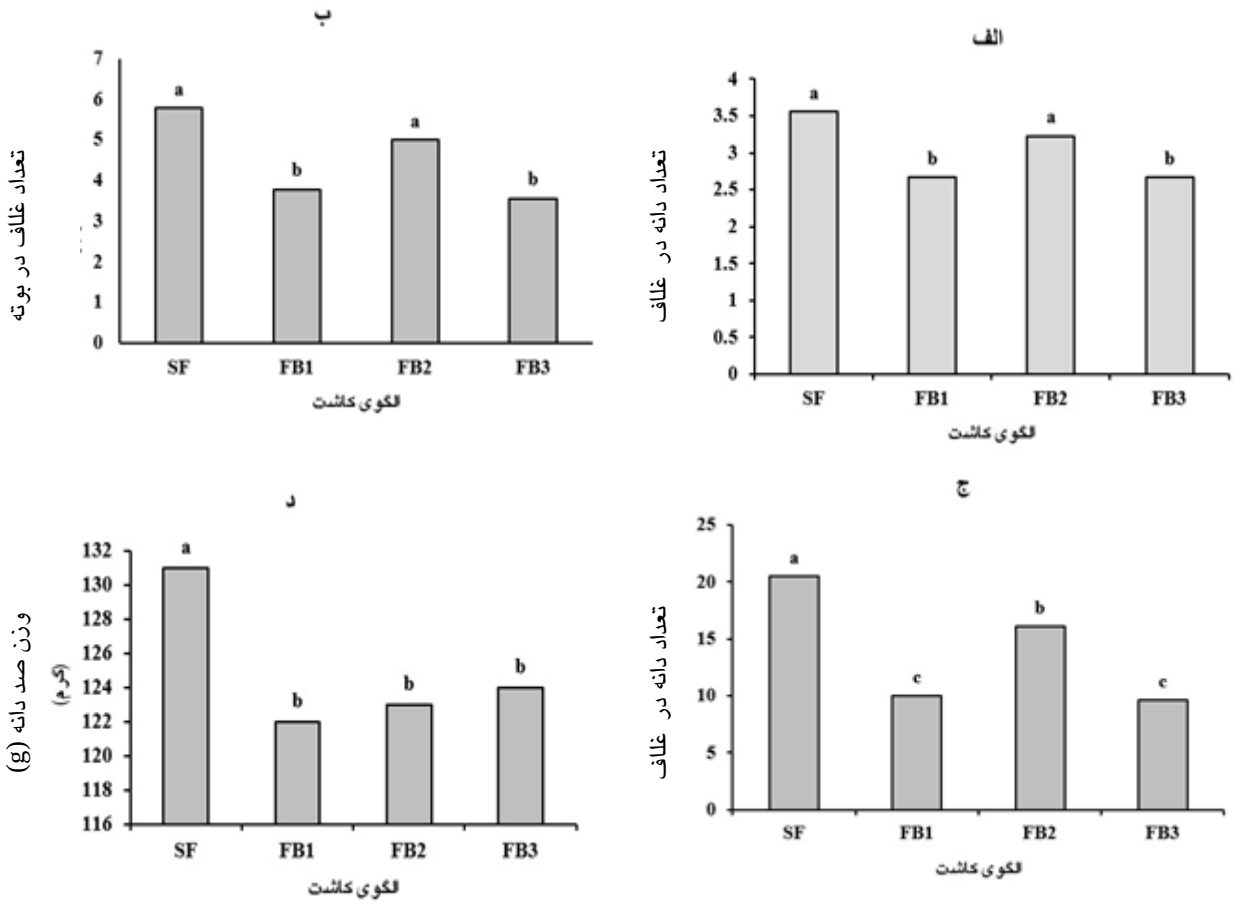
شکل ۱- تاثیر الگوهای مختلف کشت بر ارتفاع بوته باقلا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

SF: کشت خالص باقلا؛ FB1: کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو)؛ FB2: کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو)؛ FB3: کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو)

بیشترین تعداد دانه در نیام و نیام در بوته در کشت خالص باقلا به دست آمد که با کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو اختلاف معنی‌داری نداشت. کشت خالص باقلا از نظر تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه

نیز به طور معنی‌داری (سطح احتمال یک درصد) نسبت به سایر الگوهای کشت برتری داشت (شکل ۲). الگوهایی که تراکم کمتری از باقلا را داشتند (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو، ۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو) کمترین تعداد دانه در نیام، نیام در بوته و تعداد دانه در بوته را دارا بودند. از نظر وزن صد دانه باقلا، تفاوتی بین الگوهای مختلف کشت مخلوط وجود نداشت (شکل ۲).

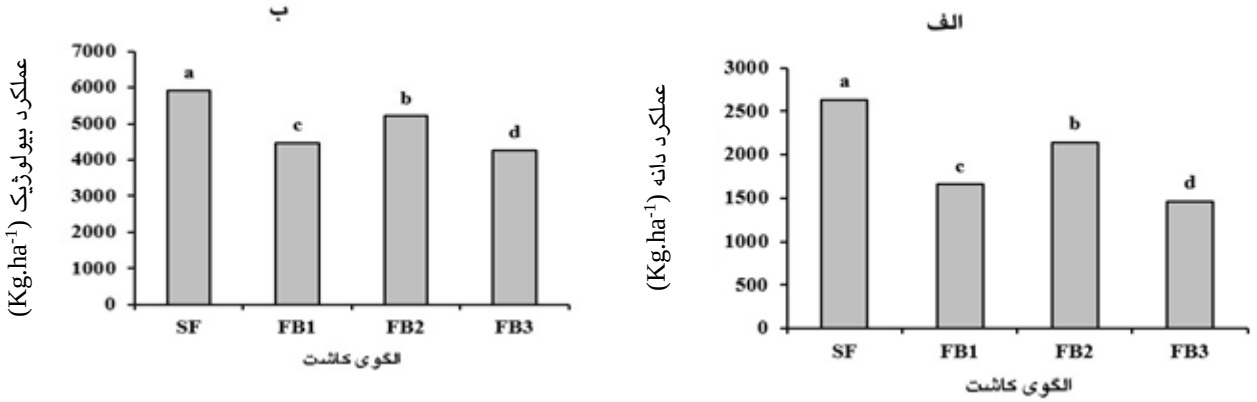


شکل ۲- تاثیر الگوهای مختلف بر اجزای عملکرد دانه باقلا شامل تعداد دانه در نیام (الف)، تعداد نیام در بوته (ب)، تعداد دانه در بوته (ج) و وزن صد دانه (د)

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

SF: کشت خالص باقلا؛ FB1: کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو)؛ FB2: کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو)؛ FB3: کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو)

بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا (به ترتیب ۲۶۳۲ و۵۹۲۹ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص به دست آمد که بعد از آن تیمار کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو) قرار داشت. کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا (به ترتیب ۱۴۶۴ و ۴۲۶۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کشت مخلوط با کمترین تراکم باقلا (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو) به دست آمد. با کاهش تراکم باقلا از ۱۰۰ درصد (در کشت خالص) به ۴۰ درصد (کشت مخلوط ۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو) عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا به ترتیب ۴۴ درصد و ۲۸ درصد کاهش یافتند (شکل ۳). محلول‌پاشی اسید هیومیک، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن داشت. با محلول پاشی اسید هیومیک، تمامی صفات افزایش نشان دادند. در مورد تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته و وزن صد دانه تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های سه درصد و شش



شکل ۳- تاثیر الگوهای مختلف بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

SF: کشت خالص باقلا؛ FB1: کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو)؛ FB2: کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو)؛ FB3: کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو)

درصد اسید هیومیک مشاهده نشد (جدول۳) ولی در مورد سایر صفات شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه دربوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، تفاوت بین غلظت‌های سه درصد و شش درصد معنی‌دار بود. با محلول‌پاشی اسید هیومیک سه و شش درصد، عملکرد دانه‌ی باقلا به ترتیب ۱۲ و ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول ۳). تاثیر اسید هیومیک سه و شش درصد بر عملکرد بیولوژیک باقلا به ترتیب ۱۲ و ۲۴ درصد بود (جدول ۳).

جدول۳- مقایسه میانگین اثر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه باقلا

محلول پاشی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد دانه در نیام	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه (g)	عملکرد دانه $Kg.ha^{-1}$	عملکرد بیولوژیک $Kg.ha^{-1}$
شاهد	۶۳/۷۵c	۲/۵۸b	۳/۸۳۳b	۱۰/۷۵c	۱۱۹c	۱۷۲۸c	۴۴۳۷c
غلظت ۳ درصد	۶۸/۰b	۳/۰۸a	۴/۵۸۳ab	۱۴/۲۵b	۱۲۵b	۱۹۳۸b	۴۹۸۵b
غلظت ۶ درصد	۷۳/۲۵a	۳/۵۷a	۵/۱۶۷a	۱۸/۷۵a	۱۳۲a	۲۲۵۷a	۵۴۹۳a

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو

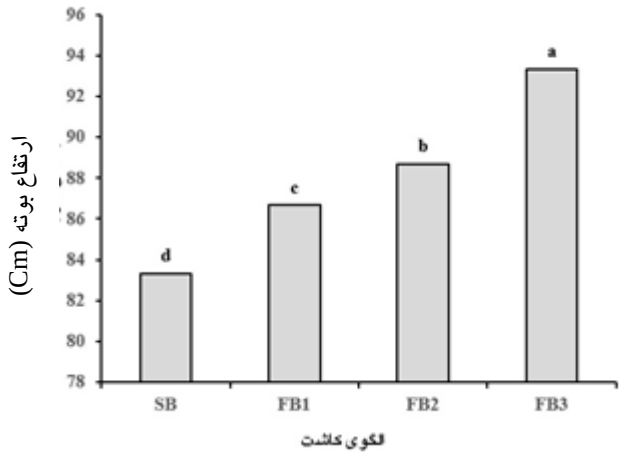
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی الگوی کاشت و اسید هیومیک بر تمامی صفات مورد بررسی جو اثر معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) داشت (جدول ۴). برهمکنش الگوی کاشت× اسید هیومیک فقط بر وزن ۱۰۰ دانه‌ی جو تاثیرگذار بود و بر سایر صفات اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

جو در کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو) بیشترین ارتفاع بوته (۹۳ سانتی‌متر) را داشت. در کشت خالص، کمترین ارتفاع بوته‌ی جو به دست آمد به طوری که در این تیمار، ارتفاع بوته حدود ۱۱ درصد کمتر از تیمار کشت مخلوط ۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو بود (شکل ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی جو تحت تاثیر الگوی کاشت و محلول پاشی اسید هیومیک

	میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	دانه در سنبله	طول سنبله	تعداد پنجه بارور	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۴۹۵**	۶۴۶**	۱/۰۲**	۷/۶۹**	۰/۳۸۷**	۱۷۶۹۹۵۷**	۴۳۵۳۱۰۵**
الگوی کشت (PP)	۳	۱۵۷**	۵۵۱۶**	۰/۲۴۳**	۲/۰۳**	۰/۷۶۱**	۴۴۸۹۳۸۹**	۲۰۹۰۱۶۷۲**
اسید هیومیک (HA)	۲	۱۷۱**	۱۴۷**	۰/۴۹۵**	۳/۰۳**	۰/۵۵۹**	۱۲۵۶۷۹۳**	۲۳۱۲۶۸۸**
PP×HA	۶	۱/۳۳^{ns}	۴/۳۳ns	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۰۲۴*	۹۲۸۲^{ns}	۳۵۴۶۸^{ns}
خطا	۲۲	۱/۱۱۴	۳/۶۷	۰/۰۱۹	۰/۱۷۹	۰/۰۰۷	۱۱۹۴۶	۳۶۵۱۶
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱/۲۰	۴/۳۳	۳/۰	۱۲/۸۱	۱/۹۹	۴/۴۳	۳/۰۳

** ، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و غیر معنی‌دار است.

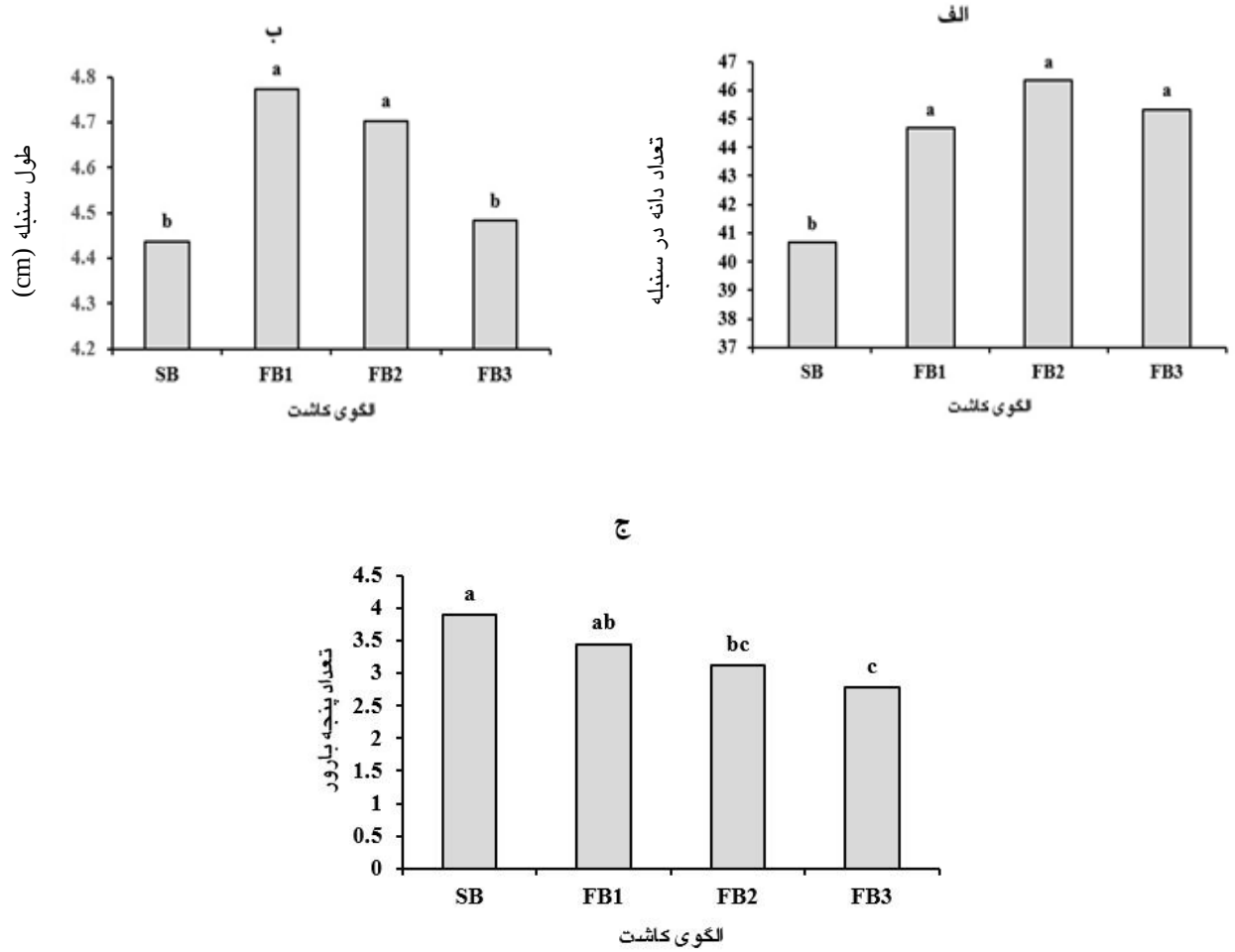


شکل ۴- تاثیر الگوهای مختلف کشت بر ارتفاع بوته جو

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

SB: کشت خالص جو؛ FB1: کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو)؛ FB2: کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو)؛ FB3: کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو)

جو در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص، تعداد بیشتری دانه در سنبله تولید کرد به طوری که در کشت خالص، تعداد دانه در سنبله حدود ۱۱ درصد کاهش یافت (شکل ۵). با این حال، در تراکم-های پایین‌تر، طول سنبله‌ی جو بیشتر از تیمارهایی بود که تراکم بیشتری از جو داشتند. بدین معنی که طول سنبله جو در تیمارخای کشت خالص و کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو) کمتر از تیمارهای کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو؛ ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو) بود (شکل ۵). تعداد پنچه-ی بارور جو در کشت خالص بیشترین و در تیمار کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو) کمترین مقدار خود را داشت (با حدود ۲۹ درصد اختلاف) (شکل ۵).



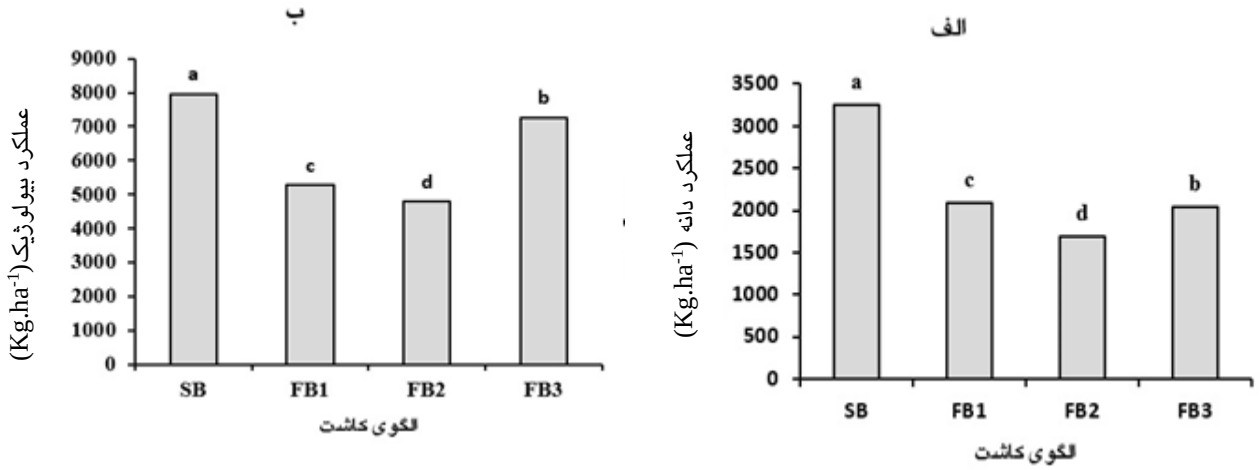
شکل ۵- تاثیر الگوهای مختلف بر صفات مرتبط با عملکرد دانه شامل تعداد دانه در سنبله (الف)، طول سنبله (ب) و تعداد پنجه بارور (ج)

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

SB: کشت خالص جو؛ FB1: کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو)؛ FB2: کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو)؛ FB3: کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو)

بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک جو در تیمار کشت خالص بدست آمد که به ترتیب ۳۲۵۰ و ۷۹۵۲ کیلوگرم در هکتار بود. تیمار سوم کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو) کمترین میزان عملکرد دانه و بیولوژیک (به ترتیب ۱۶۹۳ و ۴۷۸۷ کیلوگرم در هکتار) را داشت که اختلاف آن با بهترین تیمار برای دانه و زیست‌توده به ترتیب ۴۸ درصد و ۴۰ درصد بود (شکل ۶).

تنها صفتی که برهمکنش روش کاشت و محلول-پاشی در مورد آن معنی‌دار شد، وزن صد دانه‌ی جو بود. بیشترین وزن ۱۰۰ دانه‌ی جو (۴/۸۸۰ گرم) در کشت خالص و محلول‌پاشی اسید هیومیک شش درصد به دست آمد که بعد از آن کشت خالص و اسید هیومیک سه درصد (با وزن ۱۰۰ دانه‌ی ۳/۵۷۷ گرم) قرار داشت. در کمترین تراکم جو (کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو) و محلول‌پاشی اسید هیومیک سه درصد کمترین وزن ۱۰۰ دانه‌ی جو (۳/۸۴ گرم) به دست آمد. اختلاف بیشترین و کمترینوزن ۱۰۰ دانه‌ی بدست آمده‌ی جو، ۲۷ درصد بود (جدول ۵).



شکل ۶- تاثیر الگوهای مختلف بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

SB: کشت خالص جو؛ FB1: کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو)؛ FB2: کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو)؛ FB3: کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو)

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر اسید هیومیک و الگوی کاشت بر وزن ۱۰۰ دانه‌ی جو

الگوی کاشت	محلول پاشی اسید هیومیک (٪)	وزن ۱۰۰ دانه (g)
SB	صفر	۴/۲۲d
	۳	۴/۵۷b
	۶	۴/۸۸a
FB1	صفر	۳/۹۲fg
	۳	۴/۰۶ef
	۶	۴/۲۴d
FB2	صفر	۳/۶۵h
	۳	۳/۸۴g
	۶	۴/۱۲de
FB3	صفر	۴/۱۲de
	۳	۴/۲۱de
	۶	۴/۳۹c

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

SB: کشت خالص جو؛ FB1: کشت مخلوط (۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو)؛ FB2: کشت مخلوط (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو)؛ FB3: کشت مخلوط (۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو)

عملکرد دانه جو و صفات مرتبط با آن به طور معنی-داری تحت تاثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک قرار گرفت. با محلول پاشی اسید هیومیک شش درصد، ارتفاع بوته-ی جو حدود ۹ درصد افزایش یافت. تعداد دانه در سنبله‌ی جو با محلول پاشی اسید هیومیک سه درصد و شش درصد به ترتیب ۹ و ۱۷ درصد بهبود یافت (جدول۶). بین غلظت‌های متفاوت محلول پاشی اسید هیومیک از نظر تاثیر بر طول سنبله تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی در هر حال، محلول‌پاشی به افزایش طول سنبله‌ی جو منجر شد. این در حالی است که

محلول‌پاشی اسید هیومیک سه درصد نتوانست تعداد پنجه بارور جو را به طور معنی‌داری افزایش دهد و برای داشتن تعداد پنجه بارور بیشتر، جو باید با اسید هیومیک شش درصد محلول پاشی شود. جو در محلول‌پاشی اسید هیومیک شش درصد بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک را داشت (جدول۶). با محلول-پاشی اسید هیومیک سه و شش درصد عملکرد دانه‌ی جو به ترتیب ۱۳ و ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو

محلول پاشی	ارتفاع بوته (cm)	دانه در سنبله	طول سنبله	تعداد پنجه بارور	عملکرد دانه $Kg.ha^{-1}$	عملکرد بیولوژیک $Kg.ha^{-1}$
شاهد	۸۴/۵c	۴۰/۷۵c	۴/۳۸b	۲/۸۳b	۲۱۵۸c	۵۸۷۵c
غلظت ۳ درصد	۸۷/۵b	۴۴/۲۵b	۴/۶۳a	۳/۲۵b	۲۴۴۲b	۶۳۱۷b
غلظت ۶ درصد	۹۲/۰a	۴۷/۷۵a	۴/۷۹a	۳/۸۳a	۲۸۰۳a	۶۷۵۳a

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

مقادیر نسبت برابری زمین و شاخص اقتصادی مزیت مالی در کشت مخلوط در جدول ۷ ارائه شده است. بر اساس داده‌ها، نسبت برابری زمین برای هر سه الگوی کشت مخلوط بیشتر از یک به دست آمد. بیشترین مقدار نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو به دست آمد (جدول ۷). مزیت مالی نیز برای هر سه الگوی کشت مخلوط مثبت بود (جدول ۷).

جدول۷- نسبت برابری زمین و شاخص اقتصادی مزیت مالی در الگوهای مختلف کشت مخلوط

الگوی کشت مخلوط	نسبت برابری زمین	مزیت مالی (تومان)
۵۰ درصد باقلا و ۵۰ درصد جو	۱/۲۷	+۲۵,۱۴۲,۵۲۸
۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو	۱/۳۳	+۳۵,۶۵۶,۱۴۳
۴۰ درصد باقلا و ۸۰ درصد جو	۱/۱۸	+۱۶,۲۰۰,۰۰۰

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر حسب آزمون چند دمانه‌ای دانکن می‌باشد

بحث

عملکرد دانه و بیولوژیک باقلا تحت تاثیر تراکم قرار گرفت. در هر الگوی کاشتی که تراکم بیشتر بود، عملکرد دانه و بیولوژیک باقلا بالاتر بود. روند تقریباً مشابهی در مورد تعداد دانه در بوته مشاهده شد ولی روند تغییرات وزن دانه مشابه تغییرات عملکرد دانه نبود به طوری که در هر سه الگوی کشت مخلوط، وزن دانه‌ی باقلا کمتر از کشت خالص بود. بر این اساس می-توان گفت که تعداد دانه در متر مربع توانست اثرات وزن دانه را جبران نماید. روند مشابهی در مورد جو از نظر رابطه‌ی تراکم و عملکرد دانه و بیولوژیم مشاهده شد به طوری که کمترین عملکرد دانه و بیولوژیک جو در الگوی کاشتی به دست آمد (۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو) که جو کمترین تراکم را داشت. به عبارت دیگر، با کاهش تراکم در الگوهای کشت مخلوط، عملکرد دانه‌ی جو نیز کاهش یافت. برخی محققین (ذبیح و سعیدی‌پور ۲۰۲۲) گزارش دادند که افزایش تراکم باقلا در کشت مخلوط افزایشی با جو باعث کاهش عملکرد دانه جو می‌شود که این موضوع نشان می‌دهد که رقابت بین گونه‌ای بیشتر از رقابت درون گونه‌ای بود. با این حال، نتایج پژوهش حاضر با این یافته‌ها تطابق ندارد، چرا که عملکرد تک بوته‌ی جو در کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو و کشت خالص جو به ترتیب ۱/۰۶ گرم و ۰/۸۱۳ گرم بود. به عبارت دیگر،

حضور باقلا در کنار جو در کمترین تراکم جو، افزایش عملکرد تک بوته جو را نشان داد. بر این اساس، برای جو رقابت بین‌گونه‌ای در الگوهای کشت مخلوط باقلا و جو کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای در کشت خالص می‌باشد. توجه به تعداد دانه و طول سنبله‌ی جو تایید کننده‌ی این موضوع می‌باشد چرا که کشت خالص جو علی‌رغم داشتن حداکثر عملکرد دانه، کمترین مقدار صفات اخیر را داشت. در کشت مخلوط ارزن و لوبیا، افزایش عملکرد تک بوته ارزن در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص مشاهده شد (سنگور و همکاران ۲۰۲۳) که با یافته‌های تحقیق حاضر هماهنگ است.

کاربرد اسید هیومیک هم در باقلا (جدول ۳) و هم در جو (جدول ۵ و ۶) اجزای عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن را بهبود بخشید. اثرات مثبت اسید هیومیک بر عملکرد دانه به طور عمده به بهبود جذب عناصر غذایی نسبت داده شده است. در این مورد گزارش شده است که اسید هیومیک نفوذپذیری سلول‌ها را افزایش می‌دهد که به تجمع عناصر غذایی در برگ، توسعه برگ و افزایش فتوسنتز کمک می‌کند که در مجموع به افزایش عملکرد دانه منجر می‌شود (پردیری و همکاران ۲۰۰۴ نقل از سرحدی و همکاران، ۲۰۲۱). به علاوه، اسید هیومیک با تاثیر بر تولید هورمون‌های تحریک کننده‌ی رشد نظیر اکسین و سیتوکنین (آمپونگ و همکاران ۲۰۲۲) و آنزیم‌های متابولیکی (اولاتکسی و همکاران ۲۰۲۰) رشد اندام‌های هوایی را افزایش داده که به بیشتر شدن عملکرد دانه منجر می‌شود. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که هم عملکرد دانه‌ی جو و هم عملکرد دانه‌ی باقلا به هر دو جزء مهم عملکرد دانه یعنی تعداد دانه و وزن دانه بستگی دارد و کاربرد اسید هیومیک این شاخص‌ها و در نهایت عملکرد دانه را بهبود بخشید. این یافته‌ها با یافته‌های برخی محققین که اعلام کردند وزن دانه، صفتی است که تحت کنترل عوامل ژنتیکی است و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد مغایرت دارد (رودگر نژاد و همکاران ۲۰۱۸) چرا که در این تحقیق، وزن دانه‌ی باقلا و جو با کاربرد اسید هیومیک ۱۱ درصد افزایش یافت. با این حال، این موضوع که اسید هیومیک عملکرد دانه‌ی جو و باقلا را با تاثیر بیشتر بر تعداد دانه افزایش داد با نتایج این محققین مشابهت دارد چرا که تعداد دانه در جو و باقلا با محلول‌پاشی اسید هیومیک به ترتیب ۱۷ و ۳۵ درصد (بیش از اثر اسید هیومیک بر وزن دانه) افزایش یافت. نتایجی که در گندم مشاهده شد (طرفی و شکوه‌فر ۲۰۱۹) این یافته‌ها را تایید می‌نماید به طوری که در گندم نیز اثر تعداد دانه بر عملکرد دانه بیشتر از وزن دانه بود و کاربرد اسیدهیومیک تعداد دانه و وزن دانه را به ترتیب ۳۰ و ۱۲ درصد افزایش داد. قابل ذکر است با توجه به اینکه بالاترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی جو و باقلا در بالاترین سطح محلول‌پاشی به دست آمد، این موضوع که غلظت‌های بالاتر اسید هیومیک نیز بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی جو و باقلا اثر مثبت دارد یا خیر، به تحقیقات بیشتر نیاز دارد ولی در هر حال، نتایج تحقیق حاضر، اثر مثبت محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر عملکرد دانه‌ی جو و باقلا را تایید نمود.

بیشتر از یک بودن نسبت برابری زمین، نشان دهنده‌ی مزیت هر سه الگوی کشت مخلوط از نظر بهره‌برداری از زمین در مقایسه با کشت خالص است و همچنین تاکیدی بر این نکته است که رابطه‌ی بین باقلا و جو در کشت مخلوط بیش از آن که رقابتی باشد، اثر تسهیل‌کننده برای گونه‌ی دیگر دارد (آگگنهو و همکاران ۲۰۰۶). با این حال، بین الگوهای مختلف کشت مخلوط از نظر نسبت برابری زمین تفاوت وجود داشت به طوری که بهترین الگو، کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو (با نسبت برابری زمین ۱/۳۳) بود که نشان داد در کشت خالص به ۳۳ درصد زمین بیشتری در مقایسه با کشت مخلوط نیاز است تا عملکردی معادل کشت مخلوط به دست آید. بر این اساس، هر چه درصد باقلا در کشت مخلوط بیشتر شد، نسبت برابری زمین نیز افزایش نشان داد ولی افزایش تعداد بوته‌های جو به بیشترین تراکم، با کاهش نسبت برابری زمین همراه بود (جدول ۶). این موضوع با یافته‌های برخی از محققین مبنی بر اینکه در افزایش نسبت برابری زمین در کشت مخلوط، سهم گیاه لگوم (سویا) کمتر از گیاه کاشته شده از خانواده‌ی غلات (ذرت) بود (شن و

همکاران ۲۰۲۳) مغایرت دارد. این محققین علت کاهش سهم سویا در نسبت برابری زمین را سایه‌اندازی ذرت بر روی سویا عنوان کردند که باعث کاهش تولید مواد پرورده توسط سویا و در نهایت عملکرد دانه‌ی این گیاه شد. در پژوهش حاضر نیز اگر چه در کشت مخلوط، جو ارتفاع بوته‌ی بیشتری از باقلا داشت (حدود ۱۰ سانتی‌متر) ولی واکنش باقلا به سایه نسبت به سویا متفاوت است. بر اساس گزارشات (نصراله‌زاده و همکاران ۲۰۱۸؛ اسکندری و کاظمی ۲۰۲۰) باقلا گیاهی است که از سایه در کشت مخلوط، منتفع می‌شود و عملکرد بهتری در سایه دارد. در تحقیق حاضر نیز هر چه تراکم جو در کشت مخلوط افزایش یافت (امکان سایه‌اندازی جو روی باقلا بیشتر شد)، عملکرد دانه‌ی بیشتری نیز از تک بوته‌ی باقلا نیز به دست آمد به طوری که از هر بوته‌ی باقلا در کشت‌های مخلوط با تراکم ۴۰ درصد، ۵۰ درصد و ۸۰ درصد جو به ترتیب ۷/۱۳، ۸/۲۹ و ۹/۱۵ گرم دانه به دست آمد (شکل ۳). بر این اساس، مغایرت یافته‌های این پژوهش با سایر پژوهش‌ها در مورد سهم لگوم در نسبت برابری زمین را می‌توان به تفاوت واکنش گونه‌های لگوم نسبت به سایه‌اندازی توسط گونه‌ی غلات مرتبط دانست.

شاخص اقتصادی مزیت مالی در هر سه الگوی کشت مخلوط مثبت به دست آمد که نشان‌دهنده‌ی مزیت عملکردی کشت مخلوط می‌باشد. با این حال، بیشترین مقدار شاخص مزیت مالی در کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو (بالاترین تراکم باقلا و کم‌ترین تراکم جو) به دست آمد که نشان می‌دهد این الگوی کشت، بیشترین مزیت اقتصادی را دارد. در واقع همان روندی که در نسبت برابری زمین مشاهده شد، در مورد مزیت مالی نیز دیده می‌شود به طوری که الگوی کشت مخلوطی که نسبت برابری زمین بیشتری داشت، مزیت مالی بالاتری را نیز به خود اختصاص داد. در این مورد محققین مختلفی (گوش ۲۰۰۴؛ دهیما و همکاران ۲۰۰۷؛ مجتبایی زمانی و نوروزی ۲۰۱۷) گزارش دادند که نسبت برابری زمین بالاتر با مزیت مالی بیشتر همراه بوده است که با نتایج تحقیق حاضر هماهنگی دارد.

نتیجه‌گیری

علی‌رغم کمتر بودن عملکرد دانه‌ی جو و باقلا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، کشت مخلوط از نظر بهره‌برداری از زمین و مزیت مالی برتر از کشت خالص بود چرا که نسبت برابری زمین برای هر سه الگوی کشت مخلوط بیشتر از یک و مزیت مالی نیز برای هر سه الگوی کشت مخلوط مثبت بود. در مجموع و بر اساس معیارهای ارزیابی، بهترین الگو، کشت مخلوط ۸۰ درصد باقلا و ۴۰ درصد جو (با نسبت برابری زمین ۱/۳۳) بود. با این حال، با توجه به اینکه سایه‌اندازی جو ، تاثیر مثبتی بر باقلا داشت نیاز است تحقیقات بیشتری انجام شود تا اثر سایه‌اندازی با تراکم‌های بالاتر جو، بر رشد و عملکرد دانه‌ی باقلا مورد ارزیابی دقیق‌تر قرار بگیرد.

سپاسگزاری

از آزمایشگاه مرکزی دانشگاه پیام نور مرکز شادگان جهت همکاری در اجرای پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

Abd-Rabboh AMK, Ghazy NA, Awad MM and Farahat GA. 2020. Effect of nitrogen fertilizer and foliar spraying with humic acid on productivity of maize, soybean and ear rot disease of maize. Journal of Plant Production, 11: 1045-1054. https://doi.org/ 10.21608/jpp.2020.122663

Agegnehu G, Ghizaw A abd Sinebo W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy, 25: 202-207. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.05.002

Ampong K, Thilakaranthna MS and Gorim LY .2022. Understanding the role of humic acids on crop

performance and soil health. Frontiers in Agronomy, 4:848621. https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621

Aslani S, Barzegar T, Nikbakht J. 2019. Effect of foliar application of humic acid on growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon pimpinellifolium* (L.) Mill) under deficit irrigation stress. Plant Process and Function, 8 (32): 69-84. (In Persian).

Dhima KV, Lithourgidis AS, Vasilakoglou, IB abd Doras CA. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research, 100:249-256. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.008

Eskandari H and Javanmard A. 2013. Evaluation of Forage Yield and Quality in Intercropping Patterns of Maize (Zea mays) and Cow pea (*Vigna sinensis*). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23(4): 101-110. (In Persian).

Eskandari H and Kazemi K. 2015. Ecological Role of Faba bean (*Vicia Faba*) in Agronomical Systems. Proceedings of the 1th national Conference on Research in Natural and Agricultural Ecosystems. Tehran, Iran. Pp. 1-6.

Eskandari H and Kazemi K. 2020. Response of grain yield and water use efficiency of wheat and faba bean to partial root-zone irrigation in intercropping. Environmental Stresses in Crop Sciences. 13(3): 777-792. https://doi.org/10.22077/escs.2020.2267.1579

Ghaderimokri L, Rezaei-Chiyaneh, E, Ghiyasi M, Gheshlaghi M, Battaglia ML and Siddique KHM. 2022. Application of humic acid and biofertilizers changes oil and phenolic compounds of fennel and fenugreek in intercropping systems. Scientific Reports. 12: 5946. https://doi.org/10.1038/s41598-022-09645-4

Ghosh PK. 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. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.015

Habibi Sharafabad Z, Abdipour M, Hosseinifarahi M, Kelidari A and Rashidi L. 2022. Integrated humic acid and vermicomposting changes essential oil quantity, and quality in field-grown *Lavandula angustifolia* L. intercropped with Brassica nigra L. Industrials Crop & Products. 178: 114635. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114635

Haji Ramezani F, Barmaki M, Dashti G and Dabagh Mohamadi Nasab A. 2023. Evaluate the Competitiveness and Usefulness of Potato and Local Faba Bean Intercropping in the Sarab City. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 1(33): 251-267. https://doi.org/10.22034/saps.2022.50023.2819s

Li Y, Fang F, Wei J, Wu X, Cui R, Li G, Zheng F and Tan D. 2019. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: A three-Year experiment. Scientific Report, 9: 12014. https://doi.org/10.1038/s41598-019-48620-4

Mojtabaie M and Norouzi SH. 2017. Evaluation of Different Intercropping Patterns of Barley (Hordeum vulgare L.) and Faba Bean (*Vicia faba* L.) through Competitive and Economic Indices. Journal of Crop Production and Processing. 7: 145-158. https://doi.org/ 10.29252/jcpp.7.3.145

Nasrollah-zadeh S, Ghassemi-Golezani K and Raey Y. 2011. Effect of shading on rate and duration of grain filling and yield of faba bean cultivars. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 3(21): 47-56. (In Persian)

Noroozisharaf A and Kaviani M. 2018. Effect of soil application of humic acid on nutrients uptake, essential oil and chemical compositions of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) under greenhouse conditions. Physiological and Molecular Biology of Plants, 24: 423-421.

Nouryani H. 2021. Evaluation of some eco-physiological properties of maize S.C 704 in additive intercropping with mungbean. Agricultural Science and Sustainable Production, 30: 45-58. https://www.doi.org/10.22034/saps.2020.12291

Nurgi N, Tana T, Dechassa N, Alemayehu Y AND Tesso B. 2023. Effects of planting density and variety on productivity of maize-faba bean intercropping system. Helyon, 9: 12967. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12967

Olaetxea M, Mora V, Baigorri R, Zamarreno AM and Garcia-Mina JM. 2020. The singular molecular conformation of humic acids in solution influences their ability to enhance root hydraulic conductivity and plant growth. Molecules, 26: 7–10. https://doi.org/10.3390/molecules26010003

Omrani B, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Shakiba MR, Amini R. 2022. Evaluation of Yield and Advantage in Intercropping of Millet (*Panicum miliaceum* L.) with Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Vetch (*Vicia villosa* L.) under Regular and Magnetic Water Irrigation. Agricultural Science and Sustainable Production, 3(32): 63-78. https://doi.org/ 10.22034/saps.2021.48830.2765

Roudgarnezhad S, Sam Deliri M, Mousavi Mirkalaie AA and Neshaee Moghaddam M. 2018. The effect of spraying humic acid on some morphological and physiological traits of bean (*Vicia faba* L.). Journal of Plant Environmental Physiology, 49:33-42. (In Persian).

Sarhadi J, Heidari S, and Sharif M. 2021. Effect of chemical fertilizers and plant biostimulants on yield and some characteristics of citrus sinensis, var.valencia leaves and fruits in the southern Kerman province. Agricultural Science and Sustainable Production, 4: 133-146. https://doi.org/ 10.22034/saps.2021.43971.2608

Senghor Y, Balde A, Manga GB, Affholder F, Lethourmy P, Bassene C, Kanfany G, Ndiave M, Couedel A, Leroux L and Falconnier GN. 2023. Intercropping millet with low-density cowpea improves millet productivity for low and medium N input in semi-arid central Senegal. Helyon, 9: 17680. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17680

Shen L, Wang X, Liu T, Wei W, Zhang S, Keyhani AB, Li L and Zhang W. 2023. Border row effects on the distribution of root and soil resources in maize–soybean strip intercropping systems. Soil & Tillage Research. 233: 150812. https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105812

Thabih V and Saeedipour S. 2022. Study of the effect of growing barley-faba bean on weed control and their yield. Iranian Journal of Pulses Research, 13: 79-90. https://doi.org/ 10.22067/ijpr.v13i2.2111-1015

Tourfi F and Shokuhfar A. 2019. Effect of humic acid on yield, yield components and physiological parameters of wheat in deficit irrigation conditions. Journal of Plant Production, 9: 121-132. (In Persian).

Wang Z, Zhao X, Wu P, Chen X. 2015. Effects of water limitation on yield advantage and water use in wheat (*Triticum aestivum* L.)/maize (*Zea mays* L.) strip intercropping. European Journal of Agronomy, 71: 149–159. https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.007

Xiong Q, Wang S, Lu X, Xu Y, Zhang L, Chen X, Xu G, Tian D, Zhang L, Jing J and Ye X. 2023. The effective combination of humic acid phosphate fertilizer regulating the form transformation of phosphorus and the chemical and microbial mechanism of its phosphorus availability. Agronomy, 13:1581. https://doi.org/10.3390/agronomy13061581

Zhang ZM, Yang W, Li Y, Zhao Q and Dong Y. 2023. Wheat–faba bean intercropping can control Fusarium wilt in faba bean under F. commune and ferulic acid stress as revealed by histopathological analysis. Physiological and Molecular Plant Pathology, 124: 101965. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.101965

Zhu L, He J, Tuan Y, Li X, Wang F, Qin K and Wang J. 2022. Intercropping Wolfberry with Gramineae plants improves productivity and soil quality. Scientia Horticulturae, 292: 110632. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110632