

اثر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه لوبیا قرمز در شرایط اقلیمی ازنا در استان لرستان

حسین پورهادیان^{۱*}، نبی هداوند^۲ و حسن کاظم اصلانی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲)

چکیده

به منظور بررسی اثر آرایش کاشت بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه لوبیا قرمز رقم صیاد، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آرایش کرت‌های یک‌بار خردشده با ۴ تکرار در مرکز خدمات جهادکشاورزی شهرک المهدی شهرستان ازنا اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سه فواصل ردیف ۲۰، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر و فاکتور فرعی شامل سه تراکم ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع انتخاب شد. نتایج نشان داد با کاهش فاصله ردیف، پوشش گیاهی زودتر تکمیل شد، تجمع ماده خشک، LAI و CGR در دوره‌های مختلف رشد و عملکرد دانه افزایش یافت. اما تغییر فاصله ردیف کاشت تأثیر معنی‌داری بر RGR و NAR در دوره‌های مختلف نداشت. با افزایش تراکم بوته در مترمربع تجمع ماده خشک، LAI و CGR در دوره‌های مختلف رشد، RGR و NAR در دوره زایشی و عملکرد دانه افزایش یافت. اما تراکم بوته بر پوشش گیاهی، RGR و NAR در دوره رویشی و حداکثر آن و RGR دوره زایشی معنی‌دار نبود. اثر برهم‌کنش عوامل آزمایشی تنها بر وزن خشک طی دوره رویشی، CGR در دوره رویشی و حداکثر آن و RGR دوره زایشی معنی‌دار بود. روند تغییرات تمام شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شده مشابه بود. با توجه به افزایش اکثر صفات در فاصله ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۶۰ بوته در مترمربع، تحت شرایط مشابه این نوع آرایش کاشت قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: سرعت جذب خالص، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، ماده خشک

۱. استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

۲. کارشناس ارشد باغبانی، وزارت جهادکشاورزی، تهران، ایران

۳. کارشناس زراعت، سازمان جهادکشاورزی، قم، ایران

*مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: hpoorhadian@pnu.ac.ir

مقدمه

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از گیاهان زراعی بسیار مهم در جهان است که نقش ویژه‌ای در افزایش کیفیت زندگی انسان از طریق تأمین پروتئین و پایداری کشاورزی (تناوب زراعی و تثبیت بیولوژیک نیتروژن هوا) دارد (۱۵ و ۲۱). استان لرستان (با سطح زیر کشت ۱۸۰۶۰ هکتار که حدود ۳۰۰۰ هکتار از آن به شهرستان ازنا اختصاص دارد) بعد از استان فارس دومین منطقه تولید لوبیا است (۲). بنابراین شناخت آرایش کاشت مناسب با استفاده از شاخص‌های رشد می‌تواند کمک شایانی به تولید مطلوب لوبیا در این منطقه کند.

تجزیه و تحلیل رشد دیدگاه قابل‌توجهی در خصوص کارکرد گیاه، که تابعی از ژنوتیپ و محیط است، فراهم می‌سازد (۱۲). به دلیل کم بودن رشد گیاهان در مراحل اولیه، وزن خشک، شاخص سطح برگ (LAI) و در پی آن سرعت رشد محصول (CGR) نیز پایین است، اما با ادامه رشد رفته‌رفته پوشش گیاهی کامل شده و جذب نور بهتر صورت می‌گیرد، بنابراین بر مقدار تجمع وزن خشک و LAI افزوده می‌شود (۹ و ۲۲) و این موضوع باعث افزایش CGR می‌شود و این روند در اکثر گیاهان تقریباً تا اواسط دوره گل‌دهی ادامه دارد و ممکن است بعد از آن شروع به کاهش کند (۳ و ۱۰). ولی هنگامی که گیاهان کوچک بوده و اغلب برگ‌ها در معرض نور مستقیم خورشید قرار گرفته‌اند، فتوسنتز خالص (NAR) و سرعت رشد نسبی (RGR) در بالاترین سطح خود قرار دارند. هم‌زمان با رشد گیاه، برگ‌های بیشتری در سایه قرار می‌گیرند و این امر باعث کاهش NAR و RGR در طول فصل رویش می‌شود (۷ و ۱۸).

با کاهش فاصله ردیف کاشت پوشش گیاهی زودتر بسته شده (۱۱ و ۲۲) و تجمع ماده خشک، LAI و CGR (۱۹ و ۲۹) و NAR افزایش می‌یابد (۱۷ و ۲۲). اما اثر فاصله ردیف روی RGR ممکن است مؤثر (۶) یا بی‌اثر (۲۳) باشد. با افزایش تراکم بوته، وزن خشک، LAI و CGR افزایش (۱، ۳، ۸، ۲۶ و ۳۰) ولی NAR کاهش می‌یابد (۴ و ۲۸)، هر چند در بعضی

موارد تراکم بوته اثری بر NAR ندارد (۴ و ۱۷). اما معمولاً در اکثر موارد RGR تحت تأثیر تراکم بوته قرار نمی‌گیرد (۴ و ۲۳). با کاهش فاصله کاشت و افزایش تراکم بوته به دلیل مهیا شدن شرایط مناسب جهت استفاده بیشتر از عوامل محیطی چون نور، آب و مواد غذایی معمولاً عملکرد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد (۲۲ و ۲۳). در اکثر موارد این افزایش به وزن خشک، LAI و CGR نسبت داده شده است (۱۳ و ۲۲). هدف از این پژوهش بررسی اثر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد دانه و تعیین بهترین آرایش کاشت لوبیا قرمز در شرایط اقلیمی شهرستان ازنا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز خدمات کشاورزی شهرک المهدی شهرستان ازنا (طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۶ دقیقه و ۱۸۷۱ متر ارتفاع از سطح دریا) در سال ۱۳۸۷ اجرا شد. بر اساس تقسیمات اقلیمی، این شهرستان دارای اقلیمی نیمه مرطوب با تابستان معتدل و زمستان بسیار سرد است (۲۵). برخی ویژگی اقلیمی طی فصل رشد لوبیا در جدول ۱ ارائه شده است.

این آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در سال ۱۳۹۶ اجرا شد که در آن فواصل ردیف کاشت به عنوان فاکتور اصلی (شامل ۲۰، ۳۰ سانتی‌متر به صورت مسطح و ۴۵ سانتی‌متر به صورت جوی و پشته) و تراکم بوته به عنوان فاکتور فرعی (شامل ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع) انتخاب شد. طول هر کرت آزمایشی ۷ متر بود. تعداد ردیف‌های کاشت برای فاصله ردیف کاشت ۲۰ سانتی‌متر برابر ۱۱ (خطوط ۱، ۶ و ۱۱ به عنوان حاشیه)، برای فاصله ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر برابر ۹ (خطوط ۱، ۵ و ۹ به عنوان حاشیه) و برای فاصله ردیف کاشت ۴۵ سانتی‌متر برابر ۷ (خطوط ۱، ۴ و ۷ به عنوان حاشیه) بودند. بذور رقم صیاد (جدول ۲) پس از تهیه بستر (شخم، دیسک و تسطیح در بهار) در عمق ۵ سانتی‌متری به صورت خشکه کاری کشت

جدول ۱. برخی ویژگی‌های اقلیمی فصل رشد لوبیا و ویژگی‌های خاک محل آزمایش

ویژگی‌های اقلیمی	بارندگی (mm)	میانگین دمای حداقل (°C)	میانگین دمای حداکثر (°C)	میانگین دما (°C)
	۰	۱۴/۰۵	۳۳/۰۸	۲۳/۶۸
ویژگی‌های خاک	بافت	ماده آلی (%)	نیترژن (%)	پتاسیم (mg kg ⁻¹)
	لومی رسی	۰/۴۵	۰/۰۴	۳۰۵
				فسفر (mg kg ⁻¹)
				۶

جدول ۲. مشخصات رقم استفاده شده در پژوهش

نام رقم	مبدأ	فرم رویشی	رنگ بذر	درصد پروتئین	وزن صد دانه	متوسط عملکرد
صیاد	کلمبیا	ایستاده و رشد نامحدود	قرمز تیره	۲۰	۲۵ (gr)	۳۱۰۰ (kg/ha)

اندازه‌گیری سطح برگ، دو هفته پس از سبز شدن به عمل آمد و نمونه‌های بعدی به فاصله زمانی دو هفته یکبار برداشت شد. اندام‌های هوایی به تفکیک ساقه، برگ و گل‌آذین برای سه شبانه‌روز در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس با ترازو دقیق ۰/۰۱ گرم توزین شدند و ماده خشک در هر زمان به‌دست آمد و برای محاسبه شاخص‌های رشد دیگر بر اساس درجه-روز رشد از معادلات زیر استفاده شد (۶):

$$NAR = (1 / LAI)(dW / dT) \quad (۱)$$

$$CGR = LAI.NAR \quad (۲)$$

$$RGR = (1/W)(dW/dT) \quad (۳)$$

که در آنها W و T به ترتیب نشان‌دهنده مقدار وزن خشک و زمان نمونه‌گیری هستند.

برای محاسبه تجمع ماده خشک، CGR، NAR و RGR در طول دوره رویشی مقدار این صفات از ابتدای نمونه‌برداری تا شروع گل‌دهی با هم جمع شد و برای به‌دست آوردن مقدار آنها طی دوره زایشی از جمع نمونه‌های تهیه شده از شروع گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژی استفاده شد. به‌منظور تعیین عملکرد نهایی تیمارها، ۴ مترمربع با رعایت حاشیه از هر کرت برداشت و بعد از آن جداسازی دانه از کاه و کلش صورت گرفت و دانه‌های جدا شده توزین و عملکرد در واحد سطح محاسبه شد. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS 9.1 و رسم

شدند و بلافاصله آبیاری صورت گرفت و ۴ روز بعد آبیاری اول یک آبیاری سبک جهت سله‌شکنی و استقرار بهتر گیاه انجام شد و پس از آن بر اساس شرایط محیطی هر ۵ تا ۷ روز یکبار آبیاری صورت گرفت. عملیات کوددهی بر اساس آزمایش خاک انجام شد (جدول ۱) و مقدار پتاسیم خاک کافی تشخیص داده شد، اما ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در هنگام تهیه بستر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مرحله گل‌دهی در اختیار گیاه قرار داده شد (۲۴). مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها بر اساس توصیه‌های زراعی انجام گرفت.

درصد پوشش کنوپی با استفاده از خط‌کش که به‌طور افقی در بالای کنوپی نصب می‌شد، تعیین شد. برای این منظور سایه‌انداز ده بوته به‌صورت تصادفی در هر کرت در مرا حل ن‌موی غنچه‌دهی، ۵۰٪ مرحله گل‌دهی، پر شدن غلاف و رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری و سپس با میانگین‌گیری از اعداد به‌دست آمده درصد و زمان تکمیل شدن پوشش هر تیمار مشخص شد.

جهت اندازه‌گیری سطح برگ با رعایت حاشیه، هر بار ۶ بوته از هر کرت آزمایشی برداشت و پس از جدا کردن برگ‌ها از بوته، با استفاده خط‌کش طول و عرض برگ آن‌ها را اندازه گرفته از فرمول (عرض × طول) ۰/۵۸۳ + ۰/۶۲۴ = سطح برگ جهت تعیین LAI استفاده شد (۲۷). اولین نمونه‌برداری جهت

و حداکثر وزن خشک تفاوت معنی‌دار آهاری مشاهده نشد (جدول ۴). با کاهش فاصله ردیف کاشت فضای در اختیار گیاه به دلیل افزایش فاصله روی ردیف، افزایش یافته و گیاه از عوامل محیطی چون آب، مواد غذایی و نور بهتر استفاده کرده که این عوامل باعث افزایش این صفات شد. دیگر پژوهشگران (۱۹ و ۲۳) نیز چنین نتیجه‌ای را تأیید کردند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تراکم بوته بر وزن خشک طی دوره رشد رویشی، زایشی و حداکثر آن ($p < 0.01$) معنی‌دار بود. با افزایش تراکم بوته در مترمربع مقدار این صفات افزایش یافت (جدول ۳). به طوری که در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع نسبت به دو تراکم دیگر دارای بیشترین وزن خشک در مراحل یاد شده بود (جدول ۴). با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، رقابت بین بوته‌ها به دلیل کاهش فضای قابل دسترس گیاه تشدید شده و باعث کاهش مقدار وزن خشک گیاه می‌شود. اما افزایش تعداد بوته در مترمربع باعث جبران این کاهش شده و افزایش وزن خشک در واحد سطح را در پی دارد. افزایش مقدار وزن خشک در اثر افزایش تراکم بوته در گلرنگ (۲۲) و ماش (۹) نیز گزارش شد.

روند تغییرات عمومی وزن خشک در تمام فواصل ردیف و تراکم بوته مشابه بود. رشد خطی در هر دو فاکتور (فواصل ردیف و تراکم بوته) از همان ابتدای نمونه برداری (در مرحله تشکیل سومین برگ سه برگ‌چه‌ای، ۱۴ روز بعد کاشت) و تا زمان رسیدن به حداکثر مقدار خود (میانگین حداکثر آن به میزان ۷۴۹/۱۱ گرم در مترمربع) تقریباً ابتدای رسیدگی فیزیولوژیک ادامه داشت و بعد از آن، رشد کند شده و به دلیل ریزش برگ‌ها از مقدار وزن خشک کل تمام تیمارها کاسته شد (شکل ۱ و ۲). به نظر می‌رسد علت اتفاق افتادن این روند، فضای قابل دسترس بیشتر در آغاز فصل رشد بوده که به تدریج محدود شده و باعث کمبود عوامل محیطی و تشدید رقابت در گیاهان شده بود. نتایج مطالعات دیگر چنین روندی در اثر فاصله ردیف کاشت (۹ و ۲۳) و تراکم بوته (۸ و ۱۷) نشان داد. اثر برهم‌کنش فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته تنها بر تجمع ماده خشک کل در طی

نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. میانگین‌های هر صفت، در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی، در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD مورد مقایسه قرار گرفت.

نتیجه و بحث

اثر عوامل آزمایشی روی پوشش گیاهی

با کاهش فاصله ردیف کاشت، پوشش کنونی زودتر بسته شد. به طوری که پوشش گیاهی در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر تا مرحله غنچه‌دهی تکمیل شد. اما پوشش کانوپی در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر تا ۵۰٪ مرحله گل‌دهی کامل شد و گیاهان در فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر بعد از شروع پر شدن غلاف داغنه توانستند زمین مورد استفاده را پوشش دهند. هر چه فاصله ردیف کاشت افزایش یابد فضای قابل دسترس گیاه بیشتر به شکل مستطیل نزدیک می‌شود (به دلیل افزایش فاصله ردیف کاشت و کم شدن فاصله روی ردیف) و گیاه نمی‌تواند این فضا را زودتر پر کند. این نتیجه توسط دیگران در گلرنگ (۲۲)، لوبیا قرمز (۲۳) و کلزا (۱۱) نیز گزارش شد.

در هر سه تراکم ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع بعد از شروع غلاف‌دهی پوشش گیاهی تکمیل شد. به نظر می‌رسد تراکم‌های کم‌تر با شاخه‌دهی بیشتر نسبت به تراکم ۶۰ بوته در مترمربع توانسته‌اند اثر کم بودن تراکم را جبران کنند و همزمان با تراکم دیگر سطح زمین قابل دسترس را پوشش دهند. در پژوهش‌های دیگر (۲۲ و ۲۳) نیز چنین نتیجه‌ای حاصل شد.

اثر عوامل آزمایشی بر تجمع ماده خشک

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر فاصله ردیف کاشت بر تجمع وزن خشک در طی دوره رشد رویشی ($p < 0.01$)، زایشی ($p < 0.01$) و حداکثر آن ($p < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). با کاهش فاصله ردیف مقدار این صفات افزایش یافت. به طوری که فواصل ردیف ۲۰ و ۴۵ سانتی‌متر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن خشک در مراحل یاد شده بودند. اما بین اثر فاصله ردیف ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر بر وزن خشک در دوره زایشی و بین

جدول ۳. تجزیه واریانس وزن خشک، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد لوبیا قرمز در تیمارهای فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته

Yield	NARmax	NARrep	NARveg	RGRmax	RGRrep	RGRveg	CGRmax	CGRrep	CGRveg	LAImax	DMmax	DMrep	DMveg	درجه آزادی	منابع تغییر
۸۵/۷	۰/۷۹۹	۴/۴۵	۴/۴۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۲	۰/۷۱	۲۲/۲	۲/۳۸	۰/۰۲	۳۷/۹	۳۰۰۴۹	۱۰۱۹	۳	تکرار
۲۴۲۱۳*	۲۶/۰**	۰/۲۳	۳۳/۰**	۰/۰۰۱۲**	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۵**	۵۱/۳**	۸۹/۹*	۶۵/۳**	۱/۶۱**	۷۳۸۰۷**	۵۲۴۱۹۵**	۱۶۱۰۳**	۲	فاصله ردیف
۱۰۱۳	۰/۶۷	۲/۵۳*	۱/۳۵	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۱/۴۴	۱۹/۱	۲/۳۳	۰/۲۰	۴۴۲۵	۲۰۰۹۴	۸۰۲	۶	خطای a
۲۵۶۲۳**	۲۶/۱**	۲۰/۴**	۱۹/۴**	۰/۰۰۲۳**	۰/۰۰۰۱۸*	۰/۰۰۲۴**	۲۱۵**	۶۹۹**	۳۰۱**	۳/۶۸**	۲۸۵۸۱۵**	۲۲۶۷۲۹۱**	۷۸۵۹۲**	۲	تراکم بوته
۳۱۱۳	۲۲/۸**	۳/۱۱*	۴۲/۸**	۰/۰۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲	۲/۳۱	۱۲/۳	۱/۷۷	۰/۰۹۹	۲۴۵۹	۵۷۶۳۱	۵۲۹	۴	فاصله ردیف در تراکم بوته
۲۲۳۹	۲/۰۸	۱/۳۳	۲/۲۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۷۵	۶/۵۲	۰/۹۸	۰/۱۸	۲۵۵۴	۴۱۱۴	۳۵۲	۶	بلوک b*
۳۴۹۸	۰/۷۹	۰/۶۶	۲/۵۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲	۲/۱۲	۱۶/۲	۲/۸۳	۰/۱۱	۵۶۹۴	۲۲۲۶۴	۸۱۵	۱۲	خطای b
۱۶/۱	۸/۱۲	۱۱/۷	۷/۶۹	۴/۴۹	۱۱/۱	۱/۰۲	۶/۴۳	۱۵/۵	۶/۶۰	۹/۳۲	۱۰/۱	۷/۲۵	۷/۲۰		ضریب تغییرات

DMveg: وزن خشک دوره رویشی، DMrep: وزن خشک در دوره رویشی، DMmax: حداکثر وزن خشک کل، LAImax: حداکثر شاخص سطح برگ، CGRveg: سرعت رشد محصول در دوره رویشی، CGRrep: سرعت رشد محصول در دوره رویشی، CGRmax: سرعت رشد محصول در دوره رویشی، NARveg: فتوسنتز خالص در دوره رشد رویشی، NARrep: فتوسنتز خالص در دوره رشد رویشی، NARmax: حداکثر فتوسنتز خالص.

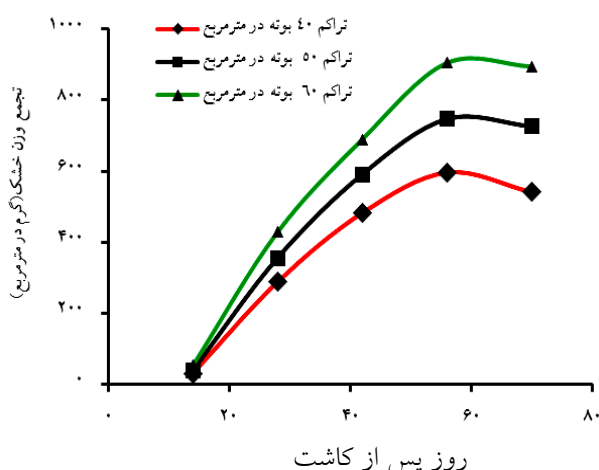
* و ** به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین وزن خشک، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد لوبیا قرمز در تیمارهای فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته

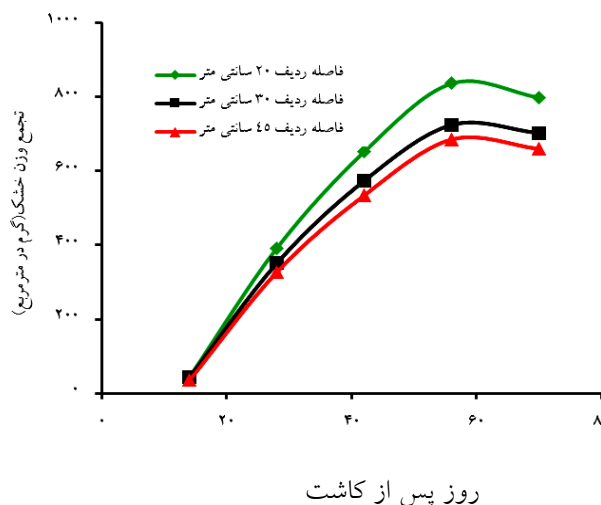
عامل آزمایشی	DMveg	DMrep	DMmax	LAlmax	CGRveg	(گرم در مترمربع)				عملکرد دانه
						CGRrep	CGRmax	RGRrep	RGRmax	
فاصله ردیف										
۲۰	۴۳۵ ^a	۲۲۸ ^a	۸۳۶ ^a	۴/۰۱ ^a	۲۷/۹ ^a	۲۹/۱ ^a	۲۲/۹ ^a	۰/۴۳ ^a	۰/۲۷ ^a	۴۰۷ ^a
۳۰	۳۹۳ ^b	۲۰۰ ^b	۷۲۵ ^b	۳/۵۶ ^b	۲۵/۱ ^b	۲۵/۱ ^b	۲۲/۱ ^b	۰/۴۲ ^b	۰/۲۷ ^a	۳۷۵ ^a
۴۵	۳۶۱ ^c	۱۸۸ ^b	۶۸۵ ^b	۳/۲۸ ^b	۲۳/۳ ^c	۲۳/۷ ^c	۲۰/۹ ^c	۰/۴۱ ^c	۰/۲۵ ^b	۳۱۸ ^b
تراکم بوته										
۴۰	۳۱۷ ^c	۱۶۱ ^a	۵۹۶ ^c	۳/۰۵ ^c	۲۰/۵ ^c	۱۸/۱ ^c	۱۸/۴ ^c	۰/۴۰ ^c	۰/۲۴ ^c	۳۲۲ ^b
۵۰	۳۹۳ ^b	۲۰۶ ^b	۷۴۶ ^b	۳/۶۶ ^b	۲۵/۳ ^b	۲۶/۵ ^b	۲۲/۶ ^b	۰/۴۲ ^b	۰/۲۶ ^b	۳۶۳ ^{ab}
۶۰	۴۷۹ ^a	۲۴۸ ^a	۹۰۴ ^a	۴/۱۶ ^a	۳۰/۵ ^a	۳۳/۳ ^a	۲۶/۸ ^a	۰/۴۳ ^a	۰/۲۸ ^a	۴۱۵ ^a

وزن خشک دوره رویشی، DMrep: وزن خشک در دوره زایشی، DMmax: حداکثر وزن خشک کل، LAlmax: حداکثر شاخص سطح برگ، CGRveg: سرعت رشد محصول در دوره رویشی، CGRrep: سرعت رشد نسبی در دوره زایشی، CGRmax: حداکثر سرعت رشد نسبی، محصول در دوره زایشی، GGRmax: حداکثر سرعت رشد محصول، RGRveg: سرعت رشد نسبی در دوره زایشی، RGRrep: سرعت رشد نسبی در دوره زایشی، RGRmax: حداکثر سرعت رشد نسبی، فتوسنتز خالص در دوره رشد رویشی، NARrep: فتوسنتز خالص در دوره رشد زایشی و NARmax: حداکثر فتوسنتز خالص.

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۲. اثر تراکم بوته بر روند تغییرات تجمع وزن خشک (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۱. اثر فواصل ردیف کاشت بر روند تغییرات تجمع وزن خشک (رنگی در نسخه الکترونیکی)

دوره رویشی، زایشی و حدکثر معنی‌دار نبود (جدول ۱).

اثر عوامل آزمایشی بر شاخص سطح برگ (LAI)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر فاصله ردیف کاشت بر حداکثر LAI ($p < 1\%$) معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش فاصله ردیف کاشت از مقدار این صفت کاسته شد. به‌طوری‌که فواصل ردیف ۲۰ و ۴۵ سانتی‌متر به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار این صفت بودند. اما بین فواصل ردیف کاشت ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد (جدول ۴). با توجه به تعیین فضای قابل دسترس هر بوته توسط فاصله بین ردیف و فاصله روی ردیف کاشت، افزایش در یکی از این دو عامل موجب کاهش دیگری شده و این موضوع باعث کاهش فضای قابل بهره‌برداری توسط گیاه شده و تشدید رقابت بین بوته‌ای و درون بوته‌ای ایجاد شده باعث کاهش تعداد و سطح برگ در گیاهان می‌شود.

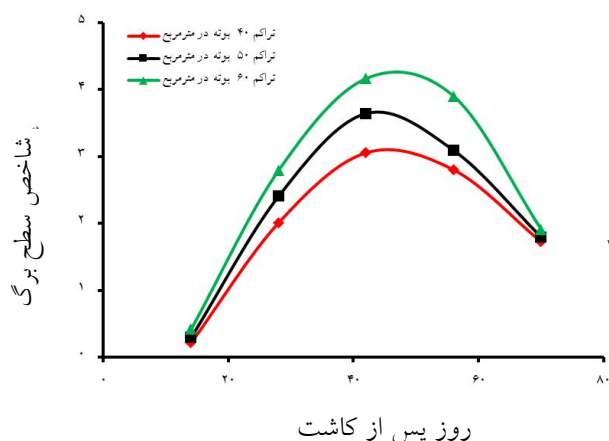
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تراکم بوته بر مقدار حداکثر LAI ($p < 1\%$) معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تراکم بوته، حداکثر LAI افزایش یافت. به‌طوری‌که تراکم ۶۰ و ۴۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار

این صفت بودند (جدول ۴). با افزایش تراکم بوته، با وجود ایجاد رقابت به‌دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد برگ در واحد سطح افزایش یافته و این امر منجر به افزایش LAI می‌شود. در گیاه باقلا (۱۴)، لوبیا چشم‌بلبلی (۸) و ذرت (۱) افزایش تراکم بوته نیز باعث افزایش LAI شد.

روند تغییرات عمومی LAI در تمام فواصل ردیف کاشت و تراکم بوته مشابه بود. رشد خطی LAI، ۱۴ روز بعد از کاشت (مرحله تشکیل سومین برگ سه برگچه‌ای) شروع شده و ۴۲ روز بعد از کاشت (تقریباً اوایل مرحله فنولوژیکی پرشدن غلاف، به حداکثر میانگین حداکثر آن به میزان ۳/۶۲ گرم در مترمربع) رسید و سپس شروع به کاهش کرد. با گذشت زمان، به‌دلیل سایه قرار گرفتن و ریزش سریع‌تر برگ‌ها در اثر عدم دریافت نور، LAI در تمام فواصل ردیف کاشت و تراکم بوته به هم نزدیک شدند (شکل ۳ و ۴). چنین روندی در گیاه گل‌رنگ (۲۲)، ماش (۹) و ذرت (۳۰) نیز گزارش شده است. اثر متقابل عوامل آزمایشی بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱).

اثر عوامل آزمایشی بر سرعت رشد محصول (CGR)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر فاصله ردیف کاشت

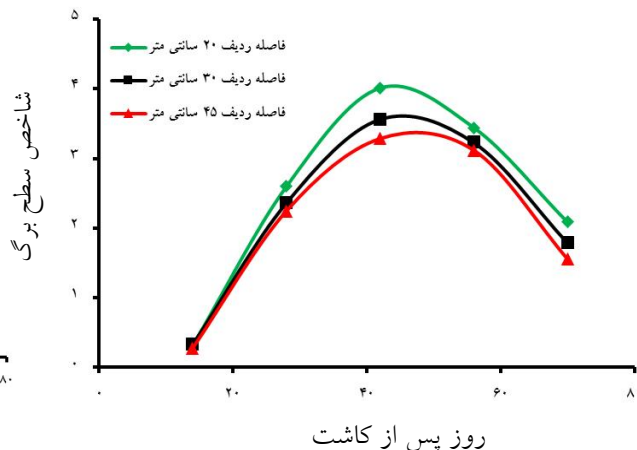


شکل ۴. اثر تراکم بوته بر تغییرات شاخص سطح برگ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

روند تغییرات سرعت رشد محصول در تمام فاکتورهای مورد بررسی مشابه بود. به طوری که افزایش خطی آن‌ها ۱۴ روز بعد از کاشت (مرحله فنولوژی تشکیل برگ‌های سه برگ‌چپه‌ای) شروع و ۴۲ روز بعد از کاشت (تقریباً اوایل مرحله فنولوژیکی پرشدن غلاف) به حداکثر خود (میانگین حداکثر سرعت رشد محصول به میزان ۲۲/۶۳ گرم در مترمربع در روز) رسید و سپس تا پایان فصل رشد روند کاهش آن شروع شد و در نهایت منفی شد. هر چند شیب کاهشی آن در تیمارهای مختلف متفاوت بود (شکل ۵ و ۶). با افزایش فاصله ردیف و تراکم بوته فضای قابل دسترس گیاه کاهش یافته، رقابت درون و برون تشدید شده و بوته‌ها بر روی همدیگر سایه‌اندازی می‌کنند، این امر باعث کاهش LAI و تجمع ماده خشک شده و در پی آن کاهش CGR می‌شود. چنین روندی در گیاهان مختلف (۳، ۵ و ۲۳) نیز گزارش شده است. اثر برهم‌کنش عوامل آزمایشی بر سرعت رشد محصول در طی دوره رشد روی‌شی، زایشی و حداکثر معنی‌دار نبود (جدول ۵).

اثر عوامل آزمایشی بر سرعت رشد نسبی (RGR)

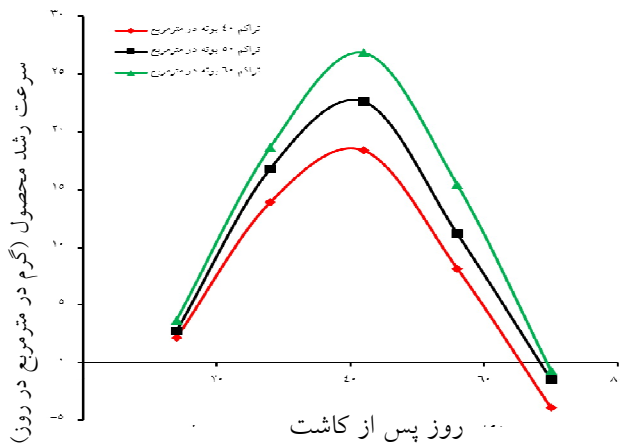
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر فاصله ردیف کاشت بر میزان سرعت رشد نسبی در طی دوره رشد روی‌شی ($p < 0.1$)



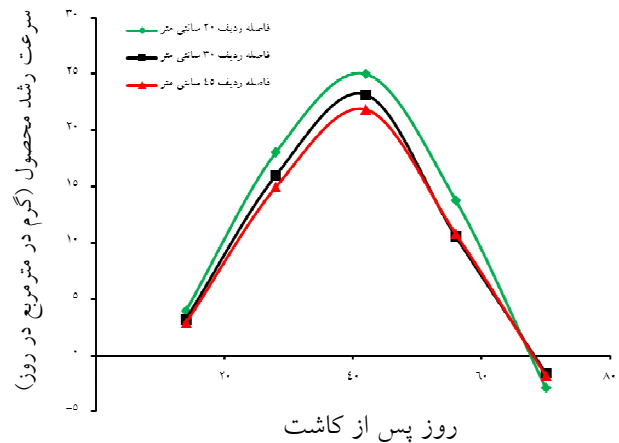
شکل ۳. اثر فواصل ردیف کاشت بر تغییرات شاخص سطح برگ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

بر CGR طی دوره رشد روی‌شی ($p < 0.1$)، زایشی ($p < 0.5$) و حداکثر آن ($p < 0.1$) معنی‌دار بود (جدول ۳). با کاهش فاصله ردیف کاشت مقدار این صفات افزایش یافت. به طوری که فواصل ردیف ۲۰ و ۴۵ سانتی‌متر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار این صفات بودند (جدول ۴). با کاهش فاصله ردیف کاشت شرایط برای استفاده بهینه از شرایط محیطی به خصوص نور به واسطه LAI مطلوب فراهم شده که این موضوع باعث افزایش CGR می‌شود. در پژوهش‌های دیگر (۹ و ۲۳) افزایش CGR در اثر کاهش فاصله ردیف نیز به تأیید رسیده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تراکم بوته بر CGR طی دوره رشد روی‌شی ($p < 0.1$)، زایشی ($p < 0.1$) و حداکثر آن ($p < 0.1$) معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تراکم بوته در واحد سطح CGR افزایش یافت. به طوری که تراکم ۶۰ بوته در هکتار مقدار CGR بیشتر از تراکم‌های ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد با افزایش تراکم بوته در مترمربع شرایط برای استفاده بهینه از شرایط محیطی مهیا شده که این موضوع موجب افزایش وزن خشک و شاخص سطح برگ شده و افزایش CGR را در تمام مراحل رشد را باعث شده است. در گلرنگ (۲۲) و در نخود (۲۸) نیز افزایش مقدار CGR در اثر افزایش تراکم بوته را به اثبات رسیده است.



شکل ۶. اثر تراکم بوته بر روند تغییرات سرعت رشد محصول (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۵. اثر فواصل ردیف کاشت بر روند تغییرات سرعت رشد محصول (رنگی در نسخه الکترونیکی)

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر برهم کنش فاصله ردیف و تراکم بوته بر فتوستتز خالص و سرعت رشد نسبی

NARrep	NARveg	NARmax	RGRmax	عوامل آزمایشی
(گرم بر مترمربع در روز)	(گرم بر مترمربع در روز)	(گرم بر مترمربع در روز)	(گرم بر گرم در روز)	
۵/۰۳ ^d	۲۰/۸ ^{cb}	۱۲/۶ ^{ab}	۰/۲۴ ^{cd}	۲۰-۴۰
۸/۱۴ ^a	۲۰/۱ ^{de}	۱۰/۸ ^c	۰/۲۷ ^{ab}	۲۰-۵۰
۸/۱۳ ^a	۲۵/۶ ^a	۱۴/۲ ^b	۰/۲۹ ^a	۲۰-۶۰
۴/۹۷ ^d	۲۱/۳ ^{ab}	۱۰/۷ ^{bcd}	۰/۲۵ ^{cd}	۳۰-۴۰
۷/۵۵ ^{ab}	۱۸/۷ ^{de}	۱۰/۱ ^d	۰/۲۷ ^{ab}	۳۰-۵۰
۸/۰۹ ^{ab}	۱۸/۵ ^{de}	۸/۶۹ ^{ac}	۰/۲۷ ^{ab}	۳۰-۶۰
۶/۴۵ ^c	۲۴/۱ ^a	۱۴/۸ ^a	۰/۲۳ ^d	۴۵-۴۰
۶/۳۰ ^d	۲۰/۲ ^{cd}	۸/۵۳ ^d	۰/۲۴ ^{cd}	۴۵-۵۰
۷/۸۰ ^{ab}	۱۶/۴ ^e	۸/۲۲ ^d	۰/۲۸ ^a	۴۵-۶۰

RGRmax: حداکثر سرعت رشد نسبی، NARmax: حداکثر فتوستتز خالص، NARveg: فتوستتز خالص در دوره رشد رویشی و NARrep: فتوستتز خالص در دوره رشد زایشی.

رقابت بین گیاهان برای جذب آب و مواد غذایی کاهش می‌یابد و شرایط برای تولید ماده خشک به شتر فراهم می‌شود. چنین نتیجه‌ای توسط دیگران (۲۲) نیز گزارش شده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تراکم بوته بر RGR طی دوره رشد رویشی ($p < 0.1$)، زیاده‌اش ($p < 0.5$) و حداکثر ($p < 0.1$) معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تراکم بوته در واحد سطح مقدار این صفات افزایش یافت. به‌طوری که تراکم ۶۰ و ۴۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب دارای بیشترین و

و حداکثر آن ($p < 0.1$) معنی‌دار اما طی دوره زیاده‌اش غیرمعنی‌دار بود (جدول ۳). با کاهش فاصله ردیف کاشت مقدار RGR طی دوره رویشی و حداکثر آن افزایش یافت. به‌طوری که به‌شترین مقدار این صفات در فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و کمترین آن در فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر به‌دست آمد. اما بین فواصل ردیف ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر از نظر مقدار حداکثر RGR تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). با کاهش فاصله ردیف و افزایش فاصله بین بوته‌ها فضای بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و

کمترین RGR بودند. اما بین تراکم ۵۰ و ۶۰ بوته از نظر مقدار RGR طی دوره زایشی تفاوت معنی‌داری نبود (جدول ۴). پورهادیان و همکاران (۲۳) نیز چنین نتیجه‌ای را گزارش کردند. روند تغییرات در تمام فواصل ردیف کاشت و تراکم بوته مشابه بود. به‌طوری که میانگین حداکثر مقدار این صفت در ۱۴ روز بعد از کاشت (مرحله فنولوژی تشکیل برگ‌های سه برگچه‌ای) به میزان ۰/۲۶ گرم بر گرم در روز حاصل شد و پس از آن تقریباً با شیب یکسانی شروع به کاهش کرد، اما پس از ۵۶ روز بعد از کاشت از مقدار شیب کاسته شد و در نهایت در پایان فصل رشد منفی شد (شکل ۷ و ۸). چون که با گذشت زمان میزان مقدار بافت‌های ساختاری افزوده می‌شود و همچنین با تکمیل شدن پوشش کانوپی، سایه‌اندازی بوته‌ها روی هم‌دیگر صورت گرفته و رقابت بین بوته‌ها ایجاد می‌شود و این امر باعث کاهش اضافه وزن جدید به وزن قبلی در گیاه شده تا جایی که رشد متوقف و RGR منفی می‌شود. این نتیجه با مطالعه‌های دیگر (۵، ۶ و ۲۹) مطابقت دارد. اثر برهم کنش عوامل آزمایشی تنها بر مقدار حداکثر سرعت رشد نسبی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. این موضوع احتمالاً ناشی از متفاوت فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر این صفت است (جدول ۵).

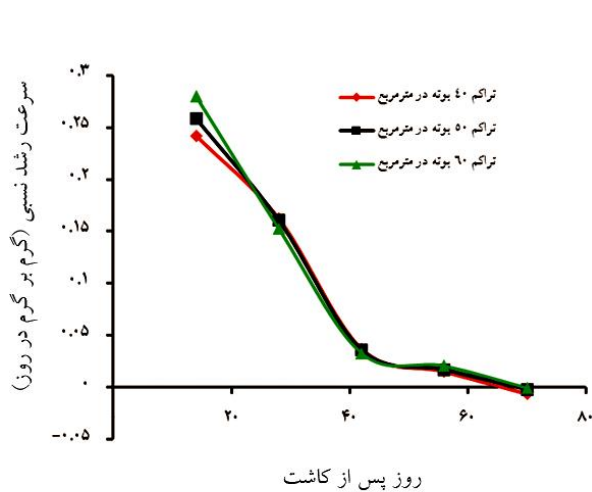
اثر عوامل آزمایشی بر سرعت جذب خالص (NAR)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر فاصله ردیف کاشت بر میزان سرعت جذب خالص در طی دوره رشد ریشی و حداکثر آن ($p < 0.01$) معنی‌دار اما مقدار آن طی دوره زایشی معنی‌دار نبود (جدول ۳). با افزایش فاصله ردیف مقدار این صفات کاهش یافت. به‌طوری که فاصله ردیف ۲۰ سانتی متر دارای بیشتر و فاصله ردیف ۴۵ سانتی متر دارای کمترین مقدار بود (جدول ۴). با افزایش فاصله ردیف، فاصله بین بوته‌ها کاهش یافته این موضوع موجب سایه‌اندازی بوته‌ها و ایجاد رقابت زودتر بین بوته‌ها می‌گردد و کاهش سرعت جذب خالص را در پی دارد. پورهادیان و خواه‌پور (۲۲) چنین نتیجه‌ای را در گلرنگ گزارش کردند.

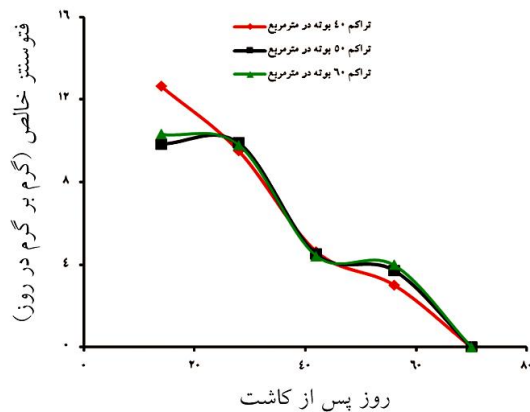
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تراکم بوته بر میزان NAR طی دوره ریشی ($p < 0.05$)، زایشی ($p < 0.01$) و حداکثر آن ($p < 0.01$) معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تراکم بوته در مترمربع مقدار این صفات کاهش یافت. به‌طوری که بیشترین مقدار این صفات تراکم ۴۰ و کمترین مقدار NAR طی دوره ریشی در تراکم ۵۰ بوته و طی دوره زایشی و حداکثر آن در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع حاصل شد. اما بین تراکم ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع تفاوت آماری معنی‌داری در این صفات مشاهده نشد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد چون از همان ابتدا رقابت در تراکم ۵۰ و ۶۰ در بین گیاهان ایجاد شده این موضوع سبب کاهش مقدار فتوسنتز خالص در این تراکم‌ها نسبت به تراکم کمتر شده است، اما با افزایش دوره ریشی رقابت بین گیاهان در تراکم ۴۰ بوته به دلیل تولید شاخ و برگ بیشتر، تشدید شده و شرایط را برای کاهش این صفت نسبت به دیگر تراکم‌ها فراهم کرده است. مطالعه‌هایی (۴ و ۱۷) حاکی از افزایش NAR در اثر افزایش تراکم و در بعضی موارد عدم تأثیر تراکم بر این صفت (۵) است.

روند تغییرات در تمام فواصل ردیف کاشت و تراکم بوته مشابه بود و حداکثر مقدار، ۱۴ روز بعد از کاشت و در مرحله فنولوژیکی تشکیل سومین برگ سه برگچه‌ای (میانگین حداکثر آن به میزان ۱۰/۹۵ گرم بر مترمربع در روز) حاصل شد و پس از آن شیب نزولی (۱ ماه آهسته) شروع و در ۵۶ روز بعد از کاشت (تقریباً در اوایل رسیدگی فیزیولوژیک) ادامه داشت و سپس روند کاهشی شدید شد و در پایان فصل رشد منفی شد. هر چند اختلاف شیب کاهشی آن بین تراکم‌های بوته نسبت به فواصل ردیف کاشت بیشتر بود (شکل ۹ و ۱۰). چون با افزایش فاصله ردیف کاشت، فاصله بین بوته کم شده و گیاهان روی هم سایه‌اندازی می‌کنند در نتیجه رقابت زودتر اتفاق می‌افتاد، بنابراین مقدار NAR کمتر می‌شود و با افزایش ریش برگ‌ها در آخر فصل رشد شیب کاهشی NAR شدیدتر می‌شود. چنین روندی در گیاهان (۲۲ و ۲۳) نیز گزارش شده است.

اثر برهم‌کنش عوامل آزمایشی بر مقدار سرعت جذب

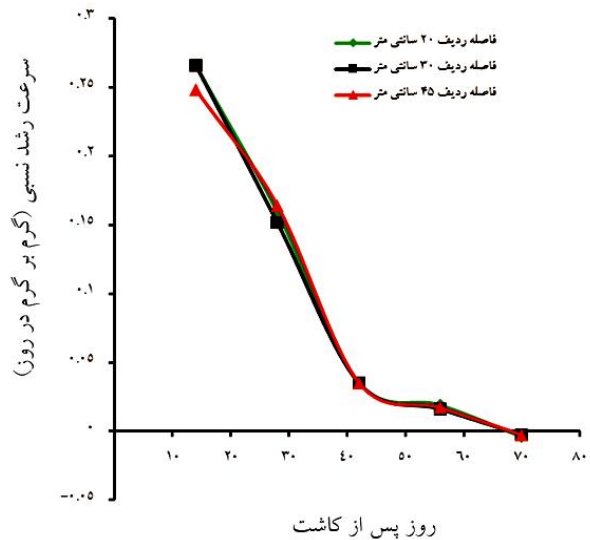


شکل ۸. اثر تراکم بوته بر سرعت رشد نسبی (رنگی در نسخه الکترونیکی)

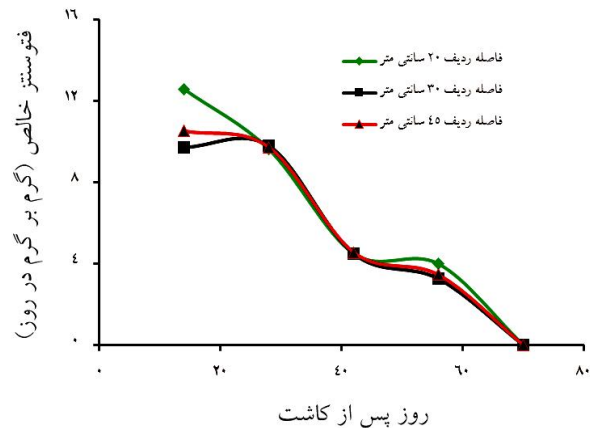


شکل ۱۰. اثر تراکم بوته بر سرعت جذب خالص (رنگی در نسخه الکترونیکی)

ردیف و افزایش تراکم بوته مقدار این صفت افزایش یافت. به طوری که فاصله ۲۰ سانتی متر و تراکم ۶۰ بوته در مترمربع دارای بیشترین و فاصله ردیف ۴۵ سانتی متر و تراکم ۴۰ در مترمربع دارای کمترین میزان این صفت بودند. اما بین فواصل ردیف ۲۰ و ۳۰ سانتی متر و تراکم های ۴۰ و ۵۰ و نیز ۵۰ و ۶۰ تفاوت معنی داری وجود نداشت (جدول ۴). افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش تراکم بوته در واحد سطح در گیاه باقلا (۱۴) و عدس (۱۶) نیز گزارش شده است. به نظر می رسد با کاهش فاصله ردیف آرایش کاشت



شکل ۷. اثر فواصل ردیف کاشت بر سرعت رشد نسبی (رنگی در نسخه الکترونیکی)



شکل ۹. اثر فواصل ردیف کاشت بر سرعت جذب خالص (رنگی در نسخه الکترونیکی)

خالص طی دوره رویشی ($p < 0.1$)، زایشی ($p < 0.5$) و حداکثر آن ($p < 0.15$) معنی دار بود (جدول ۴). این موضوع احتمالاً ناشی از متفاوت فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر این صفت است (جدول ۵).

عملکرد دانه در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد اثر فاصله ردیف و تراکم بوته روی عملکرد دانه در مترمربع به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱٪ معنی دار بود (جدول ۳). با کاهش فاصله

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش حاکی از معنی دار بودن تغییر فاصله ردیف کاشت بر وزن خشک، LAI و CGR در زمان‌های مختلف رشد گیاه بود و این شاخص‌ها در فاصله ردیف ۲۰ سانتی متر به دلیل در اختیار داشتن فضای مورد استفاده بیشتر، مقدار آن‌ها افزایش یافته بود که این موضوع موجب افزایش عملکرد دانه در این فاصله ردیف شد. همچنین افزایش تراکم بوته در مترمربع افزایش تجمع ماده خشک، LAI و CGR در دوره‌های مختلف رشد، RGR و NAR در دوره زایشی و عملکرد دانه در پی داشت، که ناشی از استفاده بهینه از عوامل محیطی به خصوص به کمک تعداد بوته بیشتر است. در نهایت با توجه به مباحث فوق فاصله ردیف کاشت ۲۰ سانتی متر و تراکم ۶۰ بوته در مترمربع، تحت شرایط مشابه این آزمایش قابل توصیه است.

به سمت آرایش مربع نزدیک تر می شود و باعث کاهش رقابت و بهره‌وری بیشتر از عوامل محیطی شده و باعث افزایش کارایی فتوسنتزی و در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه در واحد سطح (۲۰ و ۲۳) از طریق افزایش در تعداد دانه و زیاده در مترمربع می شود (۲۳). بررسی روابط همبستگی بین شاخص‌های رشد در دوره‌های مختلف با عملکرد دانه در واحد سطح نشان داد عملکرد دانه در واحد سطح با وزن خشک طی دوره زایشی ($R=0/34^*$)، فتوسنتز خالص طی دوره زایشی ($R=0/39^*$)، سرعت رشد محصول طی دوره زایشی ($R=0/45^{**}$)، حداکثر وزن خشک ($R=0/51^{**}$)، حداکثر شاخص سطح برگ ($R=0/53^{**}$) و حداکثر CGR ($R=0/55^{**}$) همبستگی مثبت دارد.

منابع مورد استفاده

1. Abuzar, M. R., G. U. Sadozai, M. S. Baloch, A. A. Baloch, I. H. Shah, T. Javaid and N. Hussain. 2011. Effect of plant population densities on yield of maize. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 21: 692-695.
2. Ahmadi, K., H. R. Ebadzadeh, F. Hatami, H. Abd Shah and A. Kazemian. 2020. Agricultural statistics of the Crop Year 2018-2019, Volume One: Crop Products. Deputy of Planning and Economics, Information and Communication Technology Center, Tehran. (In Farsi).
3. Baghdadi, A., R. Abd Halim, M. Majidian, W. N. Wan Daud and I. Ahmad. 2012. Forage corn yield and physiological indices under different plant densities and tillage systems. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10: 707-712.
4. Bednarz, C. W., D. C. Bridges and S. M. Brow. 2000. Analysis cotton yield stability across population densities. *Pakistan Agronomy Journal* 92: 128-135.
5. Biswas, D. K., M. M. Haque, A. Hamid, J. U. Ahmed and M. A. Rahman. 2002. Influence of plant population density on growth and yield of two blackgram varieties. *Pakistan Journal of Agronomy* 1: 83-85.
6. Bullock, D. G., R. L. Nielsen and W. E. Nyquist. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science* 28: 254-258.
7. Clawson, K. L., J. E. Specht and B. L. Blad. 1986. Growth analysis of soybean isolines differing in pubescence density. *Agronomy Journal* 78: 164-172.
8. Draini, F., H. Madani and M. H. Shirzadi. 2009. Compare changes of physiological indices of cowpea and bean local Tpry Jiroft in different plant densities. *New finding in Agriculture* 3: 105-120. (In Farsi).
9. Fallahi, H. A., A. Mirzaei, M. M. Siabidi, S. A. Siyadat and F. Fotuhi. 2010. Evaluation of mungo bean (*Vigna radiata*) growth indices as affected by various planting patterns. *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 85-100. (In Farsi).
10. Hashempur Baltork, F., M. Majidian, M. Esfahani and B. Rabiei. 2016. Effect of sowing date on yield and some physiological index six forage maize cultivars in Rasht region. *Plant Process Function* 4: 151-164. (In Farsi).
11. Johnson, B. L. and B. K. Hanson. 2003. Row- spacing interactions on spring canola performance in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 95: 703-708.
12. Koocheki, A., E. Zand, M. Bannayan, P. Rezavani Moghadam, A. Mahdavi Damghani, M. Jami Al-Ahmadi and S. R. Vesal. 2008. Plat Physiological Ecology (translation). Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Farsi).
13. Liu, X., J. Jin, S. J. Herbert, Q. Zhang and G. Wang. 2005. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybean in Northeast China. *Field Crops Research* 93: 85-93.
14. Lopez-Bellido, F. J., L. Lopez-Bellido and R. J. Lopez-Bellido. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy* 23: 359-378.

15. Majnoun Hosseini, N. 2015. Grain Legume Production (The new edition of legumes in Iran). University Jihad unit of Tehran, Tehran. (In Farsi).
16. Moosavi, S. Gh., M. J. Seghatoleslami and M. R. Delarami. 2014. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* cv. Sistan). *Annual Research & Review in Biology* 4: 296-305.
17. Morrison, M. J., P. B. E. McVetty and R. Scarth. 1990. Effect of altering plant density on growth characteristics of summer rape. *Canadian Journal of Plant Science* 70: 139-149.
18. Navabpour, S., N. Latifi, S. H. Hosseini and G. Kazemi. 2011. Evaluation of grain yield in relation to yield components and growth indices in wheat. *Journal of Crop Production* 4: 157-173. (In Farsi).
19. Parsa Mutlagh, B., P. Rezvani Moghaddam and Z. Azami Sardooi. 2018. The effect of sowing date and intra-row space on leaf area index, dry matter accumulation and physiological characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as medicinal plant. *Plant Process Function* 7: 171-184. (In Farsi).
20. Parvizi, S., R. Amirnia, I. Bernoosi, A. Hasanzadeh Gorttapeh, F. Feghnabi, M. Saber- Rezaie, F. Taheri Asbag, M. Eizadkhah and S. Rahimi. 2009. Evaluation of different plant densities effects on grain filling rate and duration, yield and its components in pinto bean varieties. *Research Journal of Biological Sciences* 4: 499-502.
21. Perez de la Vega, M., M. Santalla and F. Marsolais. 2017. The Common Bean Genome. Springer International Publishing, Cham.
22. Pourhadian, H. and M. R. Khajehpour. 2008. Effects of row spacing and planting density on growth indices and yield of safflower, local variety of Isfahan "Koseh" in summer planting. *Journal of Water and Soil Science* 11: 17-31. (In Farsi).
23. Pourhadian, H., N. Hadavand and H. Kazem Aslany. 2012. Effects of row spacing and plant density on characteristics of morphological, yield and yield components of red bean Variety Sayad in spring planing of Azna. Payam noor Lorestan Universit, Lorestan. (In Farsi).
24. Pourhadian H., N. Hadavand and H. Kazem Aslani. 2021. Interaction of nitrogen and rhizobium on photosynthetic and yield components of red beans (Sayad Cultivar) in Azna. *Journal of Crop Production and Processing* 11: 37-50. (In Farsi).
25. Rezaei banafsheh M., and Y. Kakoolvand. 2015. Zoning lorestan province by using of cluster analysis. *Physical Geography Quarterly* 7: 41-50. (In Farsi).
26. Saberi, A. R., D. Mazaheri and H. Heidari Sharif Abad. 2007. Effects of vary density planting arrangement physiological indices and dry meter trend of corn T.W.C. 647. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 13: 136-146.
27. Sarmadnia, G. and A. Koocheki. 2013. Physiology of Crop Plants (translation). Mashhad university jihad, Mashhad. (In Farsi).
28. Seyed Sharifi, R., P. Mohammadi Khanghah, Y. Raey. 2014. Effect of plant density on yield, yield components and some physiological indices of chickpea cultivars three. *Crop Physiology Journal* 20: 25-38. (In Farsi).
29. Torabi Jafroudi, A., A. Hasanzadeh, A. Fayaz Moghaddam. 2007. Effects of plant population on some of morph physiological characteristics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Pajouhsh & Sazandegi* 74: 63-71. (In Farsi).
30. Valadabadi, S. A. and H. Aliabadi Farahani. 2010. Effects of planting density and pattern on physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) under nitrogenous fertilizer application. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development* 2: 40-47.

Effect of Row Spacing and Plant Density on Growth Indices and Yield of Red Bean in Azna Climatic Conditions in Lorestan Province of Iran

H. Pourhadian^{1*}, N. Hadavand² and H. Kazem Aslani³

(Received: September 04-2021; Accepted: January 12-2022)

Abstract

In order to investigate the effect of planting arrangement on growth indices and grain yield of a red bean cultivar (Sayyad cultivar), The experiment was conducted in a split-plot randomized complete block design with 4 replications in Jihad Agricultural Services Center of Al-Mahdi town, Azna. The main factor consisted three row spacings including 20, 30 and 45 cm and the sub-factor consisted three densities including 40, 50, and 60 plants m⁻². The results showed that by reducing the row spacing dry matter accumulation, CGR and LAI at different periods of growth and grain yield increased. However, changing the row spacing did not have a significant effect on RGR and NAR. With increasing plant density, the dry matter accumulation, CGR and LAI over the course of plant development, RGR and NAR in reproductive stage and thus grain yield increased. Plant density had no significant effect on RGR and NAR in vegetative growth stage and maximum NAR. Considering the increase in most traits in the row spacing of 20 cm and a density of 60 plants m⁻², this type of planting arrangement might be suitable for cultivation of red bean under similar environmental conditions in Azna, Lorestan, Iran.

Keywords: Net assimilation rate, Crop growth rate, Leaf area index, Row spacing, Dry matter

1. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran.

2. Instructors of Ministry of Agriculture, Tehran, Iran.

3. Instructors of Ministry of Agriculture, Qom, Iran.

*: Corresponding Author, Email: hpoorhadian@pnu.ac.ir