نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره سوم، پاییز ۹۷
۹۳-۷۷
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2019.14792.2110

برهمکنش تلقیح ریزوبیوم و سطوح نیتروژن بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد ارقام سویا (*Glycine max* L.) در شرایط آب و هوایی کرمانشاه

مریم خاص‌امیری[۱]، *محمداقبال قبادی[۲]، مختار قبادی[۲] و غلامرضا محمدی[۲]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، زراعت، [۲]دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۶

چکیده

سابقه و هدف: گیاه سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) توانایی تثبیت نیتروژن هوا از طریق باکتری‌های همزیست *ریزوبیوم ژاپونیکوم* (*Rhizobium japonicum*) را دارد. مقدار نیتروژن تثبیت شده اگرچه نیاز گیاه را برای تولید حداکثر عملکرد تأمین نمی‌کند اما در شرایط مناسب ممکن است تا حدود ۸۰ درصد کل نیتروژن موردنیاز گیاه را تثبیت کند. استفاده از مکانیسم تثبیت زیستی نیتروژن باعث کاهش هزینه تولید، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حفظ ساختمان خاک خواهد شد. مقدار تثبیت نیتروژن در سویا به نحوه و شرایط تلقیح، نوع خاک، عکس‌العمل رقم و شرایط آب و هوایی منطقه بستگی دارد. با توجه به اهمیت سویا این مطالعه با هدف ارزیابی اثر تلقیح ریزوبیوم و سطوح مختلف کود نیتروژن بر برخی خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی و عملکرد ارقام سویا انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه در سال ۱۳۸۸ اجرا گردید. فاکتور اصلی میزان کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) از منبع اوره، فاکتور فرعی رقم سویا (ویلیامز و هابیت) و فاکتور فرعی فرعی تلقیح باکتری *ریزوبیوم ژاپونیکوم* (تلقیح وعدم تلقیح) بودند. صفات حداکثر شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، عملکرد کوانتومی، شاخص کارآیی فتوسنتز، دمای سایه‌انداز، هدایت روزنه‌ای و شاخص سبزینگی در مرحله اوایل گلدهی و عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، تعداد شاخه فرعی در بوته و درصد روغن دانه در مرحله رسیدگی بررسی شدند.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در مرحله اوایل گلدهی، شاخص سطح برگ برعکس هدایت روزنه‌ای با افزایش مصرف نیتروژن، زیاد شد ولی بیشترین کارآیی فتوسنتز در مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد. بیشترین عملکرد کوانتومی در شرایط تلقیح و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و در رقم ویلیامز به‌دست آمد. ارتفاع بوته در رقم هابیت برعکس رقم ویلیامز با افزایش مصرف نیتروژن از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت. در مرحله رسیدگی، اثر کود نیتروژن، ارقام سویا و تیمار تلقیح بذر بر صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه،

*مسئول مکاتبه: eghbalghobadi@yahoo.com

شاخص برداشت و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. عکس‌العمل عملکرد زیست‌توده در دو رقم به مصرف نیتروژن و تلقیح متفاوت بود. بیشترین مقدار عملکرد زیست‌توده در رقم ویلیامز با مصرف ۵۰ و در رقم هابیت در ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، به‌دست آمد. تلقیح ریزوبیوم عملکرد دانه را در رقم ویلیامز به میزان ۵۷۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۵٤۰۰ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تلقیح در رقم ویلیامز به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: در شرایط آب و هوایی شهرستان کرمانشاه هر دو رقم سویا (ویلیامز و هابیت) با مصرف کود نیتروژن به مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با تلقیح باکتری بیشترین عملکرد داشتند. رقم ویلیامز دارای عملکرد بیشتری نسبت به هابیت بود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کوانتومی، هدایت روزنه‌ای، کارآیی فتوسنتز، عملکرد و اجزای عملکرد

مقدمه

گیاه سویا (*Glycine max*(L.) Merr.) از خانواده لگومینوزه می‌باشد. دانه این محصول غنی از روغن (۱۸ تا ۲۵ درصد) و پروتئین (۳۰ تا ۵۰ درصد) بوده و به‌دلیل توان تثبیت نیتروژن اتمسفری به کمک باکتری‌های همزیست در ریشه در سیستم زراعی باعث بهبود خصوصیات خاک و در تناوب با دیگر محصولات، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرف دیگر، مصرف نیتروژن صنعتی را کاهش داده و به میزان زیادی آلودگی‌های زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد (۲٤).

اگرچه تلقیح با باکتری‌های همزیست برای تأمین نیتروژن روشی ارزان بوده و عاری از پیامدهای مخرب زیست‌محیطی مصرف کودهای شیمیایی است (۲۹)، اما تلقیح باکتری *ریزوبیوم* با میزان مصرف کود نیتروژن دارای اثرات متقابل بوده و مدیریت مناسب این دو منبع تأمین نیتروژن، باعث افزایش تولید دانه و میزان روغن خواهد شد (۲۲ و ۲٦). در واقع تأمین نیتروژن از طریق کود شیمیایی آسیبی بر رشد گیاه نمی‌رساند ولی راندمان تثبیت نیتروژن و بهره‌وری از باکتری اضافه شده به خاک را کاهش می‌دهد (۱۵). میزان تأثیر تلقیح باکتری و مصرف نیتروژن به رقم سویا، شرایط محیطی، فیزیکی و شیمیایی خاک، شرایط آب و هوایی در طول دوره رشد سویا، میزان مصرف نیتروژن و مراحل آن بستگی داشته و در پاره‌ای موارد میزان کود نیتروژن مصرفی و باکتری، اثرات غیرقابل پیش‌بینی، متناقض و اغلب غیرقابل توضیحی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ارقام سویا داشته است (۱۰ و ۲٤).

دیپ و همکاران (۲۰۰۲)، نشان دادند که برای سویا، با تلقیح *ریزوبیوم* بیشترین تأثیر را در مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن داشته است (۷). بر خلاف این نتیجه، حاتمی و همکاران (۲۰۱۰)، با بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در ارقام سویا بیان داشتند که با کاربرد نیتروژن صنعتی، میزان تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ سویا در مقایسه با تیمار بدون مصرف نیتروژن افزایش داشته است (۱۲). نتایج تحقیق دیگری بیان می‌دارد که با استفاده از تیمار کود نیتروژن و تلقیح ریزوبیوم عملکرد نسبت به شاهد تا ۷۵ درصد افزایش داشته است و در بین ارقام مطالعه شده، ویلیامز و سپیده در مقایسه با رقم هابیت دارای تجمع ماده خشک، سرعت رشد

محصول و شاخص سطح برگ بیشتری بوده است (۱۶).

اگرچه شواهدی وجود دارد که جهت تشکیل کامل گره‌های ریشه سویا بهتر است کود نیتروژن سرک در مراحل اولیه رشد مصرف نگردد (۱) اما، محققان دیگر در بررسی اثرات مصرف نیتروژن روی سویا به‌این نتیجه رسیدند که وزن خشک کل و صفات مرتبط با فتوسنتز (مانند عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، شاخص سطح برگ و تعداد روزنه) در سویا تحت تأثیر نیتروژن مصرف شده در سایر مراحل نیز قرار گرفته‌اند (۳۵).

سالواجیوتی و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تأثیر کود نیتروژن و تلقیح با باکتری *ریزوبیوم* بر ارقام مختلف سویا گزارش کردند که تلقیح، محتوای نیتروژن، ماده خشک دانه و اجزای رویشی و عملکرد دانه را افزایش داده است (۲٤). شریواستاوا و همکاران (۲۰۰۰) نیز در بررسی اثر تلقیح با باکتری *ریزوبیوم* برروی سویا گزارش کردند که تلقیح با تأثیر بر تعداد و وزن گره‌های فعال باعث افزایش معنی‌دار میزان تثبیت نیتروژن شد (۲۸).

با توجه به این‌که به‌طور طبیعی در خاک‌های ایران باکتری *ریزوبیوم ژاپونیکوم* وجود ندارد و بایستی همراه با بذر به خاک اضافه شود و از طرفی عکس‌العمل ارقام سویا در مناطق مختلف به مصرف نیتروژن و تلقیح باکتری متفاوت است. لذا ارزیابی آن با توجه به صفات زراعی اهمیت زیادی دارند. بنابراین این آزمایش، به‌منظور ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد، صفات زراعی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام سویا در شرایط تلقیح بذر با باکتری *ریزوبیوم‌ژاپونیکوم* و مصرف سطوح کود نیتروژن در شرایط آب و هوایی شهرستان کرمانشاه (منطقه معتدل تا سرد) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ اجرا گردید. مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات آب و هوایی در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در شرایط آب و هوایی کرمانشاه.

Table 1. Weather conditions during 2008-2009 under climatic conditions of Kermanshah, Iran.

ماه Month	مهر Oct	آبان Nov	آذر Dec	دی Jan	بهمن Feb	اسفند Mar	فروردین Apr	اردیبهشت May	خرداد Jun	تیر Jul	مرداد Aug	شهریور Sep
بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	14	54	58	68	58	76	69	40	0	0	0	0
دمای متوسط (درجه سانتی‌گراد) Average Temperature (°c)	1.3	9.3	3.7	21.2	2.7	6.9	11.6	16.6	21.2	25.9	25	20.4
دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد) Maximum Temperature (°c)	24.6	16.6	9.3	6.6	8.6	13.2	18.5	24.6	31.1	35.9	35.1	30.8
دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد) Minimum Temperature (°c)	5.7	2.0	-1.9	-4.0	-1.3	0.7	4.8	8.6	11.3	15.9	14.9	10.0

قبل از اجرای آزمایش و کشت سویا از خاک مزرعه از عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری و در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متر.

Table 2. Chemical and physical characteristics of soil in (depth 0-30 and 30-60 cm).

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) EC (mmhos cm^{-1})	فسفر قابل دسترس Available P	پتاسیم قابل دسترس Available K	نیتروژن کل N	ماده آلی OM	کربن آلی OC	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	بافت Texture
			(قسمت در میلیون) (ppm)		(درصد) (%)						
0-30	7.9	1.09	8.6	410	0.011	0.018	0.011	2.0	46.0	52.0	رس سیلتی Silt Clay
30-60	7.8	1.09	7.8	390	0.011	0.018	0.011	0.0	45.0	55.0	رس سیلتی Silt Clay

آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، شهرستان کرمانشاه در سال ۱۳۸۸ اجرا گردید. فاکتور اصلی میزان کود نیتروژن (صفر (عدم مصرف)، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به‌صورت سرک از منبع اوره، فاکتور فرعی رقم سویا (ویلیامز و هابیت) و فاکتور فرعی فرعی تلقیح باکتری *ریزوبیوم‌ژاپونیکوم* (تلقیح و بدون تلقیح) بودند. ارقام سویای ویلیامز و هابیت هر دو میان‌رس و به‌ترتیب رشد نامحدود و رشد محدود بوده و برای نواحی با زمستان‌های نیم سرد تا ملایم مناسب هستند.

هر واحد آزمایشی دارای شش خط کاشت به طول سه متر و به فواصل ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بودند. فاصله بین کرت‌های اصلی و همچنین کرت‌های فرعی به منظور جلوگیری از تداخل کود نیتروژن و رقم به‌ترتیب یک متر و نیم متر ولی بین کرت‌های فرعی فرعی فاصله‌ای ایجاد نشد. تاریخ کاشت در ۱۳۸۸/٤/۱۵ بود. باکتری مورد استفاده *ریزوبیوم ژاپونیکوم* از مرکز تحقیقات دانه‌های روغنی کرمانشاه تهیه و مطابق دستورالعمل روی بسته‌بندی به نسبت ۲ در هزار یک ساعت قبل از کاشت به‌صورت بذرمال و در سایه مورد استفاده قرار گرفت. کود نیتروژن آغازگر (استارتر اوره) به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار برای همه تیمارها بر اساس نیاز گیاه به‌کار رفت. مصرف کود اوره به‌صورت سرک در طول دوره رشد رویشی و در چند مرحله انجام گرفت. مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از علف‌کش ترفلان به میزان ۱/٦ لیتر در هکتار قبل از کاشت و در طول دوره رشد نیز به صورت دستی انجام گردید. دور آبیاری به‌صورت هفتگی و به روش نشتی بود. بررسی صفات در دو مرحله (الف) بررسی صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی از جمله شاخص سطح برگ[1]، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، شاخص کارایی فتوسنتز[2]، هدایت روزنه‌ای، دمای کانوپی و ارتفاع بوته در مرحله اوایل گلدهی و (ب) صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار

1- Leaf Area Meter
2- Performance Index

دانه، تعداد شاخه فرعی و درصد روغن در مرحله رسیدگی صورت گرفت.

در مرحله اوایل گلدهی سطح برگ با دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل CI 202/L) اندازه‌گیری و حداکثر شاخص سطح برگ از نسبت سطح برگ به سطح زمین محاسبه شد. برای سنجش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II مطابق با روش ذکر شده توسط پرسیوال و شریفس (۲۰۰۰) در مرحله گرده‌افشانی با انتخاب تصادفی پنج بوته از هر تیمار انجام (۲۳) و مطابق معادله (۱) اندازه‌گیری گردید (۲۵).

معادله (۱)

F_v / F_m= عملکرد کوانتومی فتوسیستم II

که در آن Fm بیشینه عملکرد فلورسانس کلروفیل و Fv تغییرات عملکرد فلورسانس را نشان می‌دهد. دمای سایه‌انداز با دماسنج ثبت گردید. شاخص کارآیی فتوسنتز (با دستگاه پرتابل Hansatech Handy- Photosynthesis Efficiency Analyzer مدل Norfolk) و هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه IRGA (مدل ADC BIOSENTETIC, LCA4) ساخت هادسون انگلستان اندازه‌گیری شد.

ارتفاع بوته با متر از سطح خاک تا رأس بلندترین ساقه اندازه‌گیری شد. در پایان رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد زیست‌توده از برداشت یک مترمربع از سطح خاک تعیین گردید. عملکرد دانه در واحد سطح (مترمربع) با برداشت محصول و جداسازی دانه‌ها از غلاف و سپس توزین آن بعد از خشک شدن دانه (رطوبت ١٤ درصد) اندازه‌گیری شد (۱۵). شاخص برداشت نیز از نسبت بین عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده محاسبه گردید. در زمان رسیدگی، پنج بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و میانگین تعداد غلاف‌ها وتعداد شاخه فرعی در بوته شمارش گردید. وزن هزاردانه از محاسبه چهار وزن صدتایی دانه خشک شده به‌دست آمد و در نهایت میانگین به‌دست آمده به وزن هزار دانه تبدیل گردید. برای اندازه‌گیری روغن دانه از روش تجزیه شیمیایی (AOAC, 1990) استفاده گردید (۲).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح پنج درصد مقایسه شدند. شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۲ رسم گردیدند.

نتایج و بحث

الف- صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در مرحله اوایل گلدهی: نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورفوفیزیولوژیک در مرحله اوایل گل‌دهی نشان داد که اثر کود نیتروژن بر حداکثر شاخص سطح برگ، شاخص کارآیی فتوسنتز، دمای سایه‌انداز، هدایت روزنه‌ای و شاخص سبزینگی معنی‌دار بود. اثر رقم نیز بر صفات حداکثر شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته معنی‌دار گردید. همچنین برهمکنش تلقیح و رقم بر عملکرد کوانتومی و مقدار مصرف نیتروژن و رقم بر صفات ارتفاع بوته و شاخص سبزینگی معنی‌دار شدند (جدول ۳).

حداکثر شاخص سطح برگ و هدایت روزنه‌ای: حداکثر شاخص سطح برگ با افزایش مصرف کود نیتروژن زیاد شد (شکل ۱a). بیشترین شاخص سطح برگ (۸/۲ درصد افزایش نسبت به شاهد) در مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد. برگ اندام سبز گیاه بوده و مولکول‌های کلروفیل در فتوسنتز این اندام نقش کلیدی دارند، به‌دلیل لزوم نیتروژن برای تشکیل کلروفیل و توسعه برگ (٣٤) احتمالاً وجود این عنصر سبب افزایش شاخص سطح برگ شده است. در این ارتباط حاتمی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند که کاربرد نیتروژن معدنی موجب افزایش شاخص سطح برگ سویا در مقایسه با شاهد شده که مطابق با نتیجه تحقیق حاضر است (۱۲). تحقیقات دیگری نیز به اثر افزاینده نیتروژن

معدنی و آلی بر شاخص سطح برگ سویا اشاره نموده‌اند (۱۱).

در این آزمایش، هدایت روزنه‌ای با مصرف نیتروژن کاهش نشان داد (شکل 1d). معمولاً افزایش کود نیتروژن باعث افزایش تعداد و اندازه روزنه‌ها می‌گردد که در نتیجه آن ممکن است هدایت روزنه‌ای نیز افزایش یابد، اما هدایت روزنه‌ای به عوامل دیگری مثل میزان تعرق و جریان هوای اطراف برگ نیز بستگی زیادی دارد (۳) و یا ممکن است به‌دلیل افزایش رشد برگ‌ها در اثر مصرف نیتروژن باعث تغییراتی مثل افزایش مقاومت لایه مرزی برگ شده (که بر میزان تعرق برگ اثر داشته) و در نهایت باعث کاهش هدایت روزنه‌ای شده است. از طرف دیگر، سویا معمولاً در شاخص سطح برگ ۴/۵-۳ حدود ۹۵ درصد نور را جذب می‌کند. در شاخص سطح برگ بالاتر از این مقدار (در مرحله اوایل گلدهی دارای حداکثر شاخص سطح برگ است)، به‌علت رقابت برای نور و کاهش NAR، کارآیی هر واحد سطح برگ کاهش می‌یابد و این عامل احتمالاً باعث کاهش هدایت روزنه‌ای خواهد شد (۱۰).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مرفوفیزیولوژیک ارقام سویا در مرحله اوایل گلدهی تحت تأثیر تلقیح بذر و کود نیتروژن (میانگین مربعات).

Table 3. Analysis of variance of morphophysiological traits of soybean cultivars in early-flowering stage the under effect of seed inoculation and nitrogen fertilizer (mean of squares).

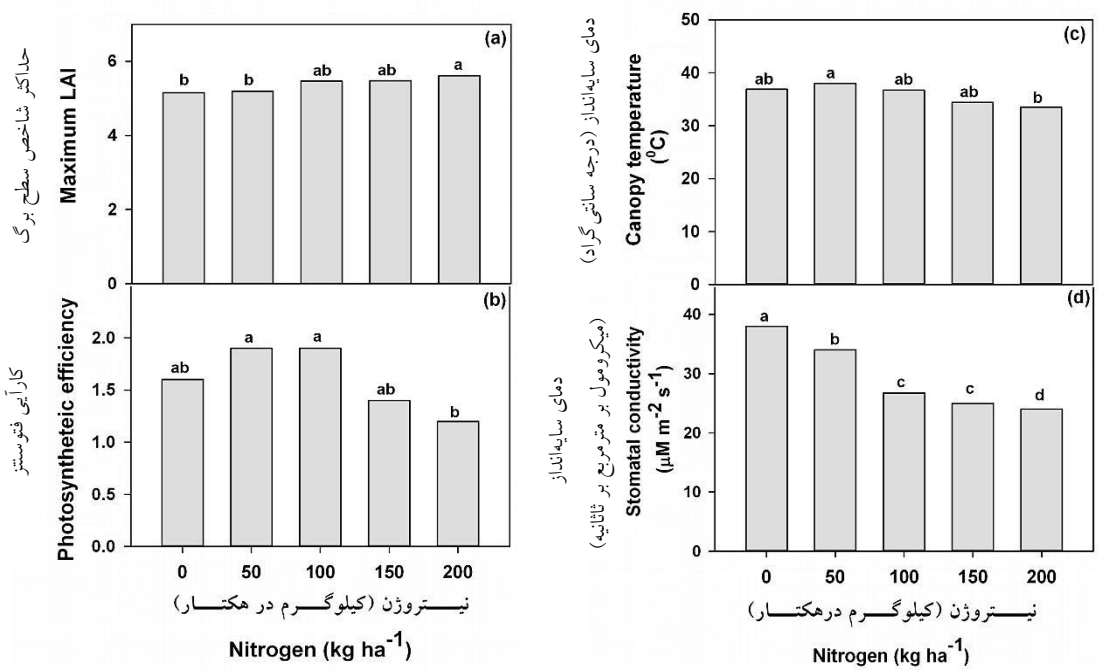
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص حداکثر سطح برگ Maximum of LAI	عملکرد کوانتومی Fv/Fm	شاخص کارایی فتوسنتز Photosynthetic efficiency	دمای سایه‌انداز Canopy temperature	ارتفاع بوته Plant height	هدایت روزنه‌ای Stomata conductance	شاخص سبزینگی Chlorophyll index
تکرار Replication	2	1.597^{ns}	0.401^{*}	1.23^{ns}	173.5^{*}	0.016^{ns}	0.009^{ns}	344.0^{ns}
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N)	4	3.025^{*}	0.013^{ns}	6.03^{*}	253.6^{*}	0.006^{ns}	1.006^{*}	1025.9^{**}
خطای اصلی (E_a)	8	1.993	0.110	1.77	126.7	0.005	0.200	128.5
تلقیح Inoculation (I)	1	2.579^{ns}	0.002^{ns}	0.11^{ns}	94.9^{ns}	0.003^{ns}	0.003^{ns}	985.6^{*}
کود نیتروژن × تلقیح N × I	4	1.870^{ns}	0.003^{ns}	0.84^{ns}	100.8^{ns}	0.002^{ns}	0.001^{ns}	126.1^{*}
خطای فرعی (E_b)	10	1.721	0.005	1.62	110.8	0.002	0.001	179.2
رقم Cultivar (C)	1	4.106^{*}	0.018^{ns}	0.16^{ns}	152.5^{ns}	0.001^{*}	0.365^{ns}	297.1^{ns}
کود نیتروژن × رقم N × C	4	2.419^{ns}	0.004^{ns}	1.06^{ns}	153.4^{ns}	2.002^{**}	0.047^{ns}	652.2^{*}
تلقیح × رقم I × C	1	2.377^{ns}	0.002^{ns}	0.16^{ns}	65.2^{ns}	1.002^{*}	0.001^{ns}	175.4^{ns}
کود نیتروژن × تلقیح × رقم N × I × C	4	2.241^{ns}	0.006^{*}	1.17^{ns}	69.6^{ns}	0.002^{ns}	0.005^{ns}	124.6^{ns}
خطای فرعی فرعی (E_c)	20	1.361	0.002	1.01	176.8	0.300	0.107	467.9
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	17.1	21.6	24.3	2.65	6.11	12.9	13.5

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

دمای سایه‌انداز و شاخص کارایی فتوسنتز: دمای سایه‌انداز با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و شاخص کارآیی فتوسنتزدر مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در بیشترین مقدار بودند (شکل‌های 1b و 1c). رشد رویشی و تشکیل کلروفیل و فتوسنتز ارتباط زیادی به میزان نیتروژن در دسترس دارد به همین دلیل شاخص سطح برگ با مصرف بیشتر کود نیتروژن افزایش قابل توجه داشته است که با افزایش سطح برگ و زیاد شدن پوشش، دمای سایه‌انداز کاهش یافته است و چون گیاه سویا رشد سریعی دارد، کارآیی فتوسنتز نیز کاهش نشان داده است که با نتایج ژو و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد (۳۵). در این آزمایش واکنش ارقام سویا به دمای سایه‌انداز و شاخص کارایی فتوسنتز معنی‌دار نبود (جدول ۳).

دمای سایه‌انداز کارکرد گیاه را نشان می‌دهد و به مقاومت لایه مرزی به انتقال حرارت و مقاومت سطح برگ به انتقال بخار آب بستگی دارد. در این آزمایش، در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها دارد احتمالاً به‌دلیل دریافت نیتروژن بیش از نیاز گیاه (که در دوره رشد رویشی مصرف شده)، تنش یونی ایجاد شده و روزنه‌ها به مقدار کمتری نسبت به سایر تیمارها باز شده و مقاومت لایه مرزی کاهش و میزان دمای سایه‌انداز تا حداکثر ٤/٥ درجه سانتی‌گراد کاهش داشته است.

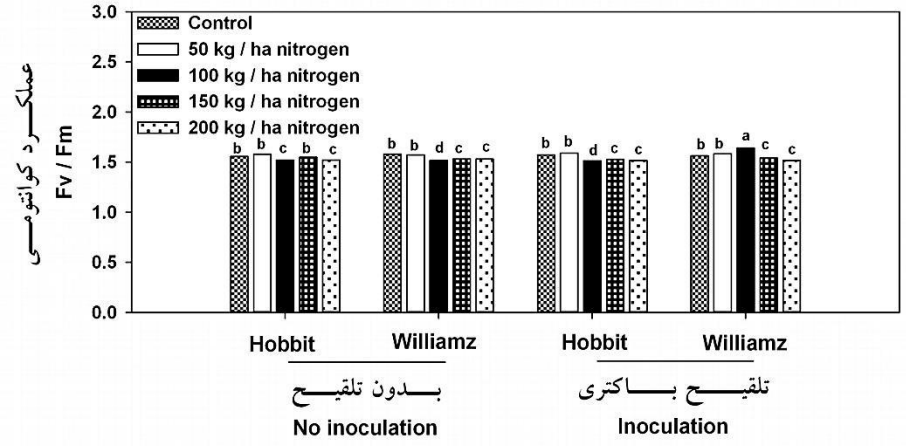


شکل ۱- مقایسه میانگین صفات حداکثر شاخص سطح برگ (a)، کارایی فتوسنتز (b)، دمای سایه‌انداز (c) و هدایت روزنه‌ای (d) تحت تأثیر مقدار مصرف نیتروژن در گیاه سویا.

Figure 1. Mean comparison of maximum of LAI (a), photosynthesis efficiency (b), canopy temperature (c) and stomatal conductance (d) affected as nitrogen levels on soybean.

عملکرد کوانتومی فتوسیستم II: در رقم ویلیامز با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تلقیح باکتری دارای حداکثر میزان عملکرد کوانتومی فتوسیستم II به مقدار ١/٦٤ بود. هرچند که در رقم هابیت در شرایط تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و رقم

ویلیامز بدون تلقیح بذر با باکتری و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌ترتیب ۱/۵۲ و ۱/۵۲ دارای کمترین میزان عملکرد کوانتومی فتوسیستم II بودند (شکل ۲). در این آزمایش، عملکرد کوانتومی فتوسیستم II تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفت و نیتروژن زیستی و معدنی باعث افزایش در این شاخص شدند که با نتایج تحقیقات جیانگ و همکاران (۲۰۰۵) و دروا لوسیت و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت داشت (۱٤ و ۸). نیتروژن جزء ساختار کلروفیل بوده که در صورت مصرف مناسب، فرآیند تثبیت زیستی و به تبع آن، تولید کلروفیل در گیاه تأمین می‌گردد (۳٤) و در کل، میزان آنزیم‌ها و پروتئین‌های شرکت‌کننده در چرخه فتوسنتزی و همچنین آنزیم ربیسکو در مقدار نیتروژن کافی، افزایش می‌یابد (۳۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین صفت عملکرد کوانتومی تحت تأثیر تلقیح بذر، رقم و نیتروژن.

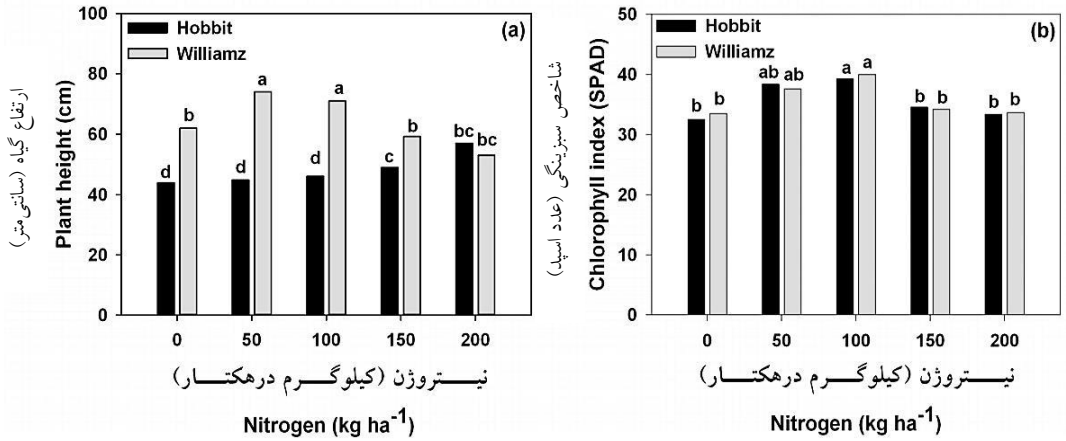
Figure 2. Mean comparison of quantum yield under effect of seed inoculation, variety and nitrogen.

ارتفاع بوته: صفت ارتفاع بوته در اوایل گلدهی در رقم ویلیامز در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن دارای بیشترین مقدار به‌ترتیب ۷٤ و ۷۱ سانتی‌متر بودند ولی در رقم هابیت با افزایش میزان نیتروژن ارتفاع نسبت به شاهد ۲۳/۱ درصد افزایش داشت (شکل ۳a). علت آن به‌نظر می‌رسد با مسأله تثبیت نیتروژن در سویا مرتبط باشد که با افزایش مقدار کود نیتروژن، رشد اولیه محصول تضمین گردیده ولی چنانچه در ادامه رشد همچنان مقادیر نیتروژن در خاک زیاد باشد باعث کُند شدن و اختلال در فعالیت تثبیت زیستی نیتروژن سویا شده و به همین دلیل تأمین و جذب نیتروژن کافی با مشکل روبرو شده و ارتفاع بوته کاهش پیدا می‌کند (۱۹). در آزمایشات دیگری نیز، افزایش ارتفاع بوته و وزن خشک کل را با افزایش مقدار مصرف نیتروژن در سویا به اثبات رسیده است (۱۹).

در رقم هابیت که رقمی رشد محدود است با افزایش مصرف نیتروژن در مرحله رشد رویشی باعث توسعه رشد رویشی، تأخیر در شروع رشد زایشی و در نهایت عملکرد شده است. اما، در رقم ویلیامز که رشد نامحدود است افزایش ارتفاع فقط در محدوده معینی از مصرف نیتروژن صورت گرفته است و در مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مرحله رشد رویشی ارتفاع بوته را در مرحله اوایل گلدهی افزایش نداده است.

شاخص سبزینگی: مقایسات میانگین نشان داد که مصرف کود نیتروژن به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در رقم ویلیامز و هابیت دارای بیشترین مقدار شاخص سبزینگی به‌ترتیب ۳۹/۳ و ٤۰/۰ بودند و با افزایش مقدار کود نیتروژن شاخص سبزینگی ارقام کاهش داشتند. در کل بین حداقل و حداکثر شاخص سبزینگی به میزان ۱۸/۷ درصد نوسان داشت (شکل ۳b). شاخص سبزینگی نشان‌دهنده میزان کلروفیل نسبی در برگ است. اثر تلقیح باکتریایی بر میزان کلروفیل و فتوسنتز برگ سویا نیز گزارش شده است (٤).

میزان نیتروژن اگر از میزان مشخصی تجاوز نماید اثر معکوس بر روند تثبیت بیولوژیک نیتروژن در سویا گذاشته و لذا ممکن است ارقام سویا به آن پاسخ مناسبی ندهند (۱۹) و شاخص سبزینگی ممکن است کاهش یابد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در این آزمایش به‌دلیل تغییر در میزان نیتروژن مصرفی، ممکن است در میزان شاخص سبزینگی نوسانات نامنظم مشاهده گردد. تعداد گرهک‌های روی ریشه و یا توان گرهک‌زایی و همچنین دمای محیط ریشه از عوامل تأثیرگذار بر تثبیت نیتروژن ریشه سویا گزارش شده است (۳۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته (a) و شاخص سبزینگی (b) ارقام سویا تحت تأثیر نیتروژن.

Figure 3. Mean comparison of plant height (a) and chlorophyll index (b) of soybeanvarieties under effect of nitrogen

ب- عملکرد و اجزای عملکرد: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل رقم، تلقیح باکتری و مصرف نیتروژن بر صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و تعداد شاخه فرعی معنی‌دار بود. تعداد دانه در غلاف فقط تحت تأثیر مقدار نیتروژن مصرفی معنی‌دار شد ولی درصد روغن دانه تحت تأثیر تیمارها معنی‌دار نگردید (جدول ٤).

عملکرد زیست‌توده: مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده نشان داد که رقم ویلیامز با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتارکود نیتروژن در شرایط بدون تلقیح (۱۲۷٦۰ کیلوگرم در هکتار) و همچنین رقم هابیت با مصرف ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با تلقیح*ریزوبیوم* به‌ترتیب دارای ۱۲۷۱۰ و ۱۲۷٤۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد زیست‌توده بودند. این در حالی است که، رقم ویلیامز با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شرایط تلقیح (۱۱۸۲۰ کیلوگرم در هکتار) کمترین میزان را به خود اختصاص دادند (شکل ٤a). در این آزمایش، تلقیح و مصرف کود نیتروژن باعث بهبود عملکرد زیست توده

شد. اما، واکنش ارقام به این تیمارها متفاوت و پیچیده بود. در مصرف به تنهایی نیتروژن و یا تلقیح، رقم ویلیامز به لحاظ عملکرد زیست‌توده برتری داشت ولی هرگاه نیتروژن و باکتری هر دو با هم به‌کار رفته است هر دو رقم هابیت و ویلیامز تفاوتی نشان ندادند. در هر صورت مشخص گردید که عملکرد زیست‌توده تأثیرپذیری مثبت و زیادی از مصرف نیتروژن نسبت به تلقیح داشته است که احتمالاً به‌دلیل نیاز اندام‌های هوایی به میزان زیاد نیتروژن قابل توجیه است و تیمار تلقیح اثر تکمیلی بر رفع نیاز نیتروژنی سویا داشت، که با نتایج آزمایش تیلور و همکاران (۲۰۰۵) و کالیسکانت و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد (۵ و ۳۱).

جدول ٤- تجزیه واریانس عملکرد و صفات زراعی ارقام سویا تحت تأثیر تلقیح بذر و نیتروژن (میانگین مربعات).

Table 4. Analysis of variance of yield and agronomic traits of soybean varieties under the effect of seed inoculation and nitrogen (mean of squares).

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد غلاف در بوته Pod numbers per plant	تعداد دانه در غلاف Seed numbers per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of sub-branches per plant	روغن دانه Seed oil
تکرار Replication	2	845369**	62914**	0.00516**	61.6**	0.52^{ns}	92.4**	0.043**	0.37 ns
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N)	4	985421**	236850**	0.02717**	357.4**	10.5**	4210.8**	8.795**	1.02 ns
خطای اول (E_a)	8	125654	52949	0.00037	4.12	0.31	9.35	0.003	1.13
تلقیح Inoculation (I)	1	452362**	196048**	0.02400**	326.7**	7.35^{ns}	1731.5**	6.375**	0.08 ns
کود نیتروژن × تلقیح N × I	4	856324**	405066**	0.00063**	13.1**	0.27^{ns}	230.4**	0.060^{ns}	0.24 ns
خطای دوم (E_b)	10	91236	31129	0.00009	0.42	0.58	3.78	0.001	1.18
رقم Cultivar (C)	1	711258**	138519**	0.01066**	141.1**	7.35^{ns}	1377.0**	3.192**	0.37 ns
کود نیتروژن × رقم N × C	4	619845**	220534**	0.00039**	4.35**	0.26^{ns}	102.8**	0.121**	1.22 ns
تلقیح × رقم I × C	1	824156**	166431**	0.00001^{ns}	1.66*	0.81^{ns}	33.9*	0.175**	0.06 ns
کود نیتروژن × تلقیح × رقم N × I × C	4	726036**	101364**	0.00012*	1.87*	0.15^{ns}	76.9**	0.023**	0.84 ns
خطای سوم (E_c)	20	86524	3370.9	0.00003	0.32	0.233	6.50	0.002	1.15
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	10.5	11.3	2.48	11.2	9.89	10.3	12.5	4.3

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

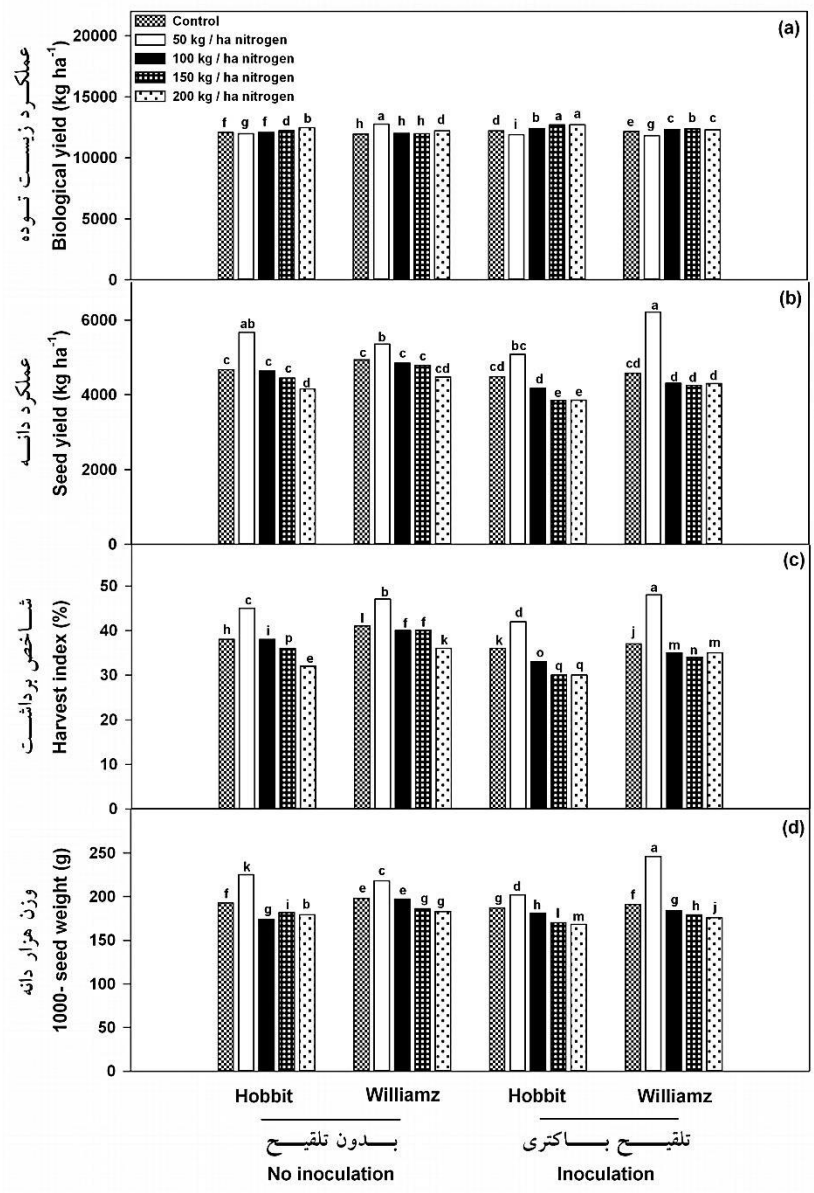
ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

عملکرد دانه: بر اساس برهمکنش سه‌گانه، بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، تلقیح ریزوبیوم و در رقم ویلیامز (۵۹۵۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل گردید. در حالی‌که کمترین عملکرد دانه متعلق به رقم هابیت در شرایط تلقیح بذر و کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ٤۳۰۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ٤b).

این نتایج نشان داد که برای حصول بیشترین عملکرد در سویا، تلقیح و مصرف کود نیتروژن به مقدار نیاز رقم سویا، ضروری است. مثلاً در رقم هابیت به مصرف نیتروژن بیشتر از تلقیح عکس‌العمل نشان داد و یا به مصرف کود نیتروژن بیش از حد، تأثیر منفی زیادی بر عملکرد دانه نداشت و با ۵۰ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین مقدار بود. این درحالی است که، مصرف کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای عملکرد مطلوب سویا در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است (٤). مصرف کود نیتروژن اضافی از طریق تنبل شدن باکتری‌ها باعث اختلال در روند تثبیت نیتروژن به‌وسیله باکتری‌های همزیست شده و در مقطعی از دوره رشد و نمو سویا که نیاز به نیتروژن بالاست، از مقدار این منبع نیتروژن کم می‌شود که تأثیر منفی روی عملکرد می‌گذارد (۱۹). نتایج گزارش دیگر حاکی از اثر معنی‌دار رقم و کود نیتروژن بر عملکرد دانه سویا می‌باشد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۱۲).

شاخص برداشت: از نظر شاخص برداشت، در رقم ویلیامز مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تلقیح *ریزوبیوم ژاپونیکوم* دارای بیشترین مقدار (٤۵ درصد) بود. درحالی‌که رقم هابیت در شرایط تلقیح و کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌ترتیب ۳۰ و ۳۰ درصد در کمترین میزان بودند (شکل ٤c).

از نتایج چنین استنباط می‌شود که کلیه عواملی که روی عملکرد زیست‌توده و به‌خصوص عملکرد دانه تأثیرگذار بودند روی شاخص برداشت نیز تقریباً به همان نحو اثر گذاشته‌اند. زیرا این شاخص حاصل نسبت دو عملکرد ذکر شده بوده و همبستگی مثبت و منفی آن به‌ترتیب با عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده در تحقیقات مختلف گزارش شده است (۲۲). شاخص برداشت در سویا از نظر گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد و اجزای عملکرد بالاتر برای دست‌یابی به عملکرد بالا مهم است (۱۸). محققانی نیز مطابق با نتایج حاضر به اثر افزاینده نیتروژن و تلقیح بر شاخص برداشت سویا اشاره نموده‌اند (۲۰). در تحقیقی نیز بیشترین شاخص برداشت سویا از مقدار ٦۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به‌دست آمده است که موید نتایج حاضر است (۲۷).



شکل ٤- مقایسه میانگین صفات زیست‌توده (a)، عملکرد دانه (b)، شاخص برداشت (c) و وزن هزار دانه (d) تحت تأثیر تلقیح، رقم سویا و نیتروژن.

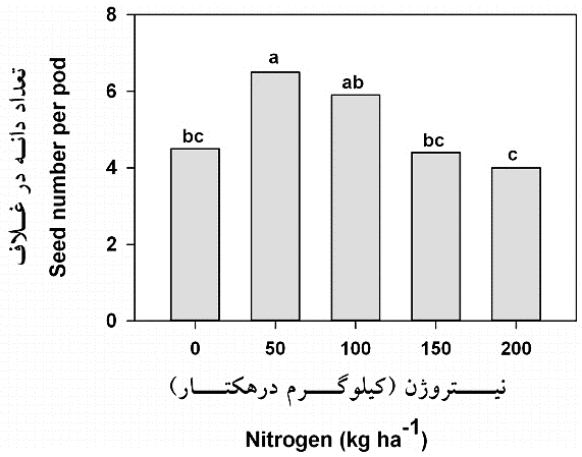
Figure 4. Mean comparison of biomass (a), seed yield (b), harvest index (c) and 1000-seed weight (d) of soybean under the effect of inoculation, varieties and nitrogen.

وزن هزار دانه: اثر برهمکنش هر سه تیمار بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد و رقم ویلیامز در شرایط مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تلقیح بذر از نظر وزن هزار دانه (۲٤٦ گرم) برتری معنی‌داری داشت. همچنین رقم هابیت در شرایط تلقیح و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار کمترین وزن هزار دانه (۱٦۸ گرم) را به خود اختصاص داد (شکل ٤d).

نتایج آزمایشی نشان داد که وزن هزار دانه سویا تحت تأثیر رقم و مقدار نیتروژن قرار گرفته است (۲۷)، که با نتایج حاضر منطبق است. وزن هزار دانه سویا حاصل تجمع مواد فتوسنتزی در دانه است و

مواد فتوسنتزی ارتباط مستقیم با میزان نیتروژن موجود در اندام‌های فتوسنتزی گیاه دارند. تیمارهایی که نیتروژن کافی و مداوم در کل دوره رشد گیاه سویا فراهم آورند دارای بیشترین اثر مثبت بروزن هزار دانه خواهند بود (۱۹). در این آزمایش مقادیر کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مصرف بیشترین تأثیر بر وزن هزار دانه داشتند. در این شرایط تعداد غلاف‌های کمتری تشکیل شد (شکل ٦a) و سهم هر دانه از مواد فتوسنتزی بیشتر و دانه‌های درشت‌تری نسبت به سایر تیمارها تولید گردید.

تعداد دانه در غلاف: نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مصرف ۵۰ و متعاقب آن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب ٦/۵ و ۵/۹ بودند (شکل ۵). افزایش در تعداد دانه در غلاف با مصرف نیتروژن در شرایط مطلوب صورت می‌گیرد و تنش‌هایی مثل کمبود آب این صفت را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد و مقدار آن را کاهش می‌دهد (۱۲ و ٦). تعداد دانه در غلاف با رشد و اندازه غلاف سویا هم در ارتباط است و ارقامی که غلاف‌های درشت‌تری داشته باشند، تعداد دانه بیشتری تولید خواهند کرد.



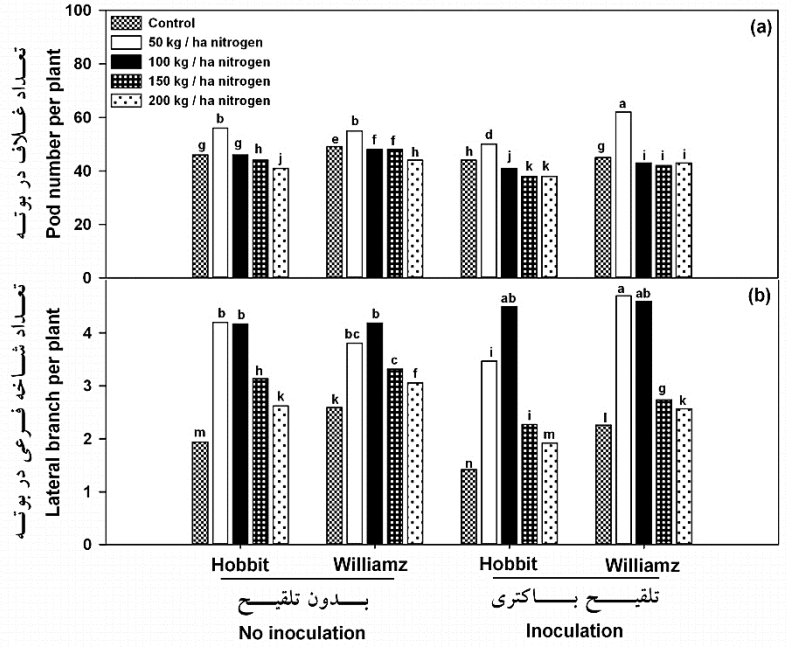
شکل ۵- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف ارقام سویا تحت تأثیر نیتروژن.

Figure 5. Mean comparison of the seed numbers per pod of soybean varieties under effect of nitrogen.

تعداد غلاف در بوته: رقم ویلیامز در شرایط تلقیح بذر و کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با ٦۲ غلاف در بوته، در بیشترین مقدار و رقم هابیت در شرایط تلقیح بذر و کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دارای ۳۷ و ۳۸ غلاف در بوته در کمترین مقدار بودند که این امر نشانگر واکنش متفاوت در بین تیمارهای مورد بررسی است (شکل ٦a). به‌نظر می‌رسد تعداد غلاف در بوته همزمان تحت تأثیر ژنوتیپ، کود نیتروژن و تلقیح *ریزوبیوم* قرار گرفته است. در این ارتباط حاتمی و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش نمودند که در بین اجزای عملکرد سویا، تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفته است (۱۲). همچنین فتحی (۲۰۱۰) نیز گزارش نمود که تلقیح سویا با باکتری‌های *برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم* توانسته است با افزایش در رشد و نمو گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه، سبب بالا رفتن اجزای عملکرد مثل تعداد غلاف در بوته شود (۹). در واقع گیاه سویا برای افزایش تعداد غلاف در بوته نیازمند مواد فتوسنتزی بیشتری است که با مصرف کود

نیتروژن و تلقیح باکتری محقق می‌شود. اما، اثر تلقیح در مقادیر بالای کود نیتروژن اثرات منفی به‌خصوص در مرحله زایشی و اجزا عملکرد دانه سویا خواهد داشت. احتمالاً در اواسط دوره رشد، ذخایر نیتروژن گرهک‌ها برای تشکیل و رشد غلاف‌ها و پر شدن دانه کاربرد بیشتری دارد و در صورت مصرف مقادیر بالای نیتروژن از تثبیت زیستی نیتروژن و کارآیی آن کاسته می‌شود (۲۰). همچنین مصرف زیاد نیتروژن، به‌جای رشد زایشی، رشد رویشی را نیز تحریک و در خیلی از موارد باعث حذف گل‌ها و غلاف‌های جدید نیز می‌گردد (۱۰).

تعداد شاخه فرعی در بوته: مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با تلقیح در رقم ویلیامز به‌ترتیب با ٤/۷ و ٤/٦ شاخه و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن با تلقیح در رقم هابیت با ٤/۵ شاخه، بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته حاصل شد. در حالی‌که، کمترین میزان در رقم هابیت در شرایط تلقیح و عدم کاربرد نیتروژن ۱/٤۲ شاخه فرعی به‌دست آمد (شکل ٦b). اثرات مصرف بیشتر نیتروژن بر تعداد شاخه در آزمایشات برومندان و همکاران (۲۰۰۹) نیز به اثبات رسیده است. تعداد شاخه در گیاه سویا علاوه بر میزان نیتروژن به مقدار رطوبت در دسترس گیاه نیز وابسته است (۱۷) و با تأمین رطوبت اثر نیتروژن هم افزایش می‌یابد. این مورد در آزمایش طاهرخانی و همکاران (۲۰۰۹) نیز اشاره شده است (۳۰). در این آزمایش، واکنش دو رقم سویا به مصرف نیتروژن بیشتر از تلقیح ریزوبیوم بود و همچنین در رقم هابیت که رقمی رشد محدود است، در تیمار بدون مصرف نیتروژن دارای کمترین تعداد شاخه فرعی بود که نشان از تفاوت بین ارقام در پاسخ به مصرف نیتروژن دارد.



شکل ٦- مقایسه میانگین تعداد غلاف در بوته (a) و تعداد شاخه فرعی در بوته (b) تحت تأثیر تلقیح، نیتروژن و رقم سویا.

Figure 6. Mean comparison of the average seed numbers per plant (a) and branch numbers per plant (b) affected by inoculation, nitrogen and soybean varieties.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج کلی این تحقیق نشان داد که اثر سطوح مختلف تلقیح، کود نیتروژن و ارقام سویا و همه اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین، بیانگر آن بود که مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و بدون تلقیح *ریزوبیوم* بیشترین عملکرد زیست‌توده را داشت که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت اما با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار بود. همچنین، بیشترین عملکرد دانه (۵٤۰۰ کیلوگرم در هکتار) در رقم ویلیامز و با تلقیح باکتری و با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌دست آمد. تلقیح *ریزوبیوم* در این رقم، به تنهایی باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۵۷۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد شد. بر اساس این آزمایش، در شرایط آب و هوایی کرمانشاه مصرف کود نیتروژن به مقدار ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با تلقیح باکتری *ریزوبیوم ژاپونیکوم*، به‌عنوان بهترین تیمار برای حصول بیشترین عملکرد در سویا رقم ویلیامز قابل توصیه است.

منابع

1. Aditya, J.P., Bhartiya P., and Bhartiya, A. 2011. Genetic variability, heritability and character association for yield and component characters in soybean (*Glycine max* Merrill). J. Central Europ. Agric., 12(1): 27-34.
2. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990. Official methods of analysis. 15th edition by Kenneth Helrich, Volatile Oil, 1001p.
3. Borowski, E., and Michałek, S. 2008. The effect of nitrogen form and air temperature during foliar fertilization on gas exchange, the yield and nutritive value of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Folia Hortic., 20(2): 17-27.
4. Broomandan, P., Khoramivafa, M., Haghi, Y., and Ebrahimi. A. 2009. The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean (*Glycine max* L. Merr.). Pakistan J. Biol. Sci., 12: 378-382.
5. Caliskan, S., Ozakaya, I., Caliskan, M.E., and Arslan, M. 2008. The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. Field Crops Res., 108: 126-132.
6. De Costa, W.A.J.M., and Shanmugathasan, K.N. 2002. Physiology of yield determination of soybean (*Glycine max* L. Merr.) under different irrigation regimes in the sub-humid zone of Sri Lanka. Field Crops Research., 75: 23-35.
7. Diep, C.N., Dang, V.H., Ngau, N.V., Son, M.T., and Duong, T.P. 2002. Effects of rhizobial inoculation and inorganic nitrogen fertiliser on vegetable soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivated on alluvial soil of Cantho province (Mekong Delta) using ^{15}N isotope dilution technique. Inoculants and Nitrogen Fixation of Legumes in Vietnam, ACIAR Proceedings 109: 81-85.
8. Druva-Lusite, L., Karlsons, A., Osvalde, A., Necajeva, J., and Ievinsh, G. 2008. Photosynthetic performance and mycorrhizal symbiosis of a coastal marsh plant, *Glaux maritima*, in conditions of fluctuating soil salinity. Acta Uni. Latviensis ser. Biol., 745: 155-164.
9. Fathi, A. 2010. Study on soybean yield and agronomic traits of symbiotic bacteria. The first national conference on sustainable agriculture and healthy crop production. 10-11 November, 2010. 1-3p. (In Persian)
10. Fathi, G. 2000. Growth and mineral Nutrition of Field Crops. Mashhad Jehad

Daneshgahi Publication., P: 375. (In Persian)

11. Govindan, K., and Thirumurugan, V. 2005. Synergistic association of *rhizobium* with phosphate-solubilizing bacteria under different sources of nutrient supply on productivity and soil fertility in soybean. Indian J. Agron., 50(3): 214-217.
12. Hatami, H., Adineh Band, A., Azizi, M. and Soltani, A. 2010. The effect of nitrogen fertilizer on growth and yield of soybean varieties in North Khorasan. National Conference on Advances in Plant Production Originating from Oil. 1-5 p. (In Persian)
13. Heatherly, L.G., and Spurlock, S.R. 1999. Yield and economics of traditional and early soybean production system seeding in the Mid Southern United States. Field Crops Res., 63: 35-45.
14. Jiang, C.D., Li, P.M., Gao, Zou, H.Y., Q. Jiang, G.M., and Li, L.H. 2005. Enhanced photoprotection at the early stages of leaf expansion in field-grown soybean plants. Plant Sci., 168: 911-919.
15. Khajeh poor, M.R. 2005. Industrial Crops. Isfahan Jehad Daneshgahi Publication. P: 564. (In Persian)
16. Kubota, A., Hoshiba, K., and Bordon, J. 2008. Effect of fertilizer-n application and seed coating with rhizobial inoculants on soybean yield in eastern Paraguay. Revista Brasileira de Ciência do Solo., 32: 1627-1633.
17. Maw, M., Nakasathien, S., and Sarobol, E. 2011. Responses of specific leaf weight, biomass and seed yield of soybean to nitrogen starter rate and plant density. Kasetsart J. Natural Sci., 45: 1-11.
18. Narjesi, V., Zeinal Khaneghah, H., and Zali, A. 2007. Evaluation of genetic relationship of some important agronomic traits with seed yield in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) by multivariate analysis methods. J. Crop Prod. Proc., 41: 11. 227-236. (In Persian)
19. Osborne, S., and Riede, W.E. 2006. Soybean growth response to low rates of nitrogen applied at planting in the Northern Great Plains. J. Plant Nutrition., 29: 985-1002.
20. Oz, M. 2008. Nitrogen rate and plant population effects on yield and yield components in soybean. African J. Biotechnol., 7(24): 4464-4470.
21. Palmar, K.M., and Young, P.W. 2000. Higher diversity of *Rhizobium leguminosarum* biovar Viciae populations in arable soils than in grass soils. App. Environ. Microbiol., 66: 2445-2450.
22. Pedersen, P., and Lauer, J.G. 2004. Response of soybean yield components to management system and planting date. Agron. J., 96: 1372-1381.
23. Percival, G.C., and Sheriffs, C.N. 2002. Identification of drought tolerant woody perennials using chlorophyll flourescence. J. Arboric., 28(5): 215-223.
24. Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht, J.E., Walters, D.T., Weiss, A., and Dobermann, A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crops Res., 108: 1-13.
25. Sayed, O.H. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal crop research. Photosynthetica., 41(3): 321-330.
26. Seguin, P., Sheaffer, C.C., Ehlke, N.J., Russelle, M.P., and Graham, P.H. 2001. Nitrogen fertilization and rhizobial inoculation effects on Kura clover growth. Agron. J., 93: 1262-1268.
27. Shafii, F., Ebadi, A., golloje, K.S., and Eshghi-Gharib, A. 2011. Soybean response to nitrogen fertilizer under water deficit conditions. African J. Biotechnol., 10(16): 3112-3120.
28. Shrivastava, U.K., Rajput, R.L., and Dwivedi, M.L. 2000. Response of soybean-mustard cropping system to sulfur and bio-fertilizers on farmer's field. Legume Res., 23: 277-278.
29. Son, T.T.N., Diep, C.N., Giang, T.T.M. and Thu, T.T.A. 2007. Effect of co-inoculants (bradyrhizobia and phosphate solubilizing bacteria) liquid on soybean under rice based cropping system in the mekong delta. Omonrice., 15: 135-143.

30. Taherkhani, M., Normohammadi, G., Mirhadi, M.J., Haydari Sharifabad, H. and Shirani Rad, A.H. 2009. Evaluation of different strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. phaseoli inoculation on ecophysiological nitrogen fixation ability of common bean, *Phaseolus vulgaris* L., cultivars. Agroecology J., 5(1): 3-36. (In Persian)
31. Taylor, R.S., Weaver, D.B., Wood, C.W., and Santen. E.V. 2005. Nitrogen application increases yield and early dry matter accumulation in late-planted soybean. Crop Sci., 45: 854-858.
32. Van den Berg, A.K., and Perkins, T.D. 2004. Evaluation of a portable chlorophyll meter to estimate chlorophyll and nitrogen contents in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) leaves. Forest Ecol. Manag., 200: 113-117.
33. Vollmann, J., Sato, T., Walter, H., Schweiger, P., and Wagentristl, H. 2011. Soybean di-nitrogen fixation affecting photosynthesis and seed quality characters. Soil, Plant Food Interact., 1: 496-502.
34. Yin, X.Y., Schapendonk, A.D.H., Kropff, M., Van Oijen, M.J., and Bindraban, P. 2000. A generic equation for nitrogen-limited leaf area index and its application in crop growth models for predicting leaf senescence. Ann. Bot., 85: 579-585.
35. Zhou, X.J., Liang, Y., Chen, H., Shen, S.H., and Jing, Y.X. 2010. Effects of rhizobia inoculation and nitrogen fertilization on photosynthetic physiology of soybean. Photosynthetica., 44: 4.530-535.