Archive of SID

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره سوم، پاییز ۹۷
۷۷-۹۳
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

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 ۱٤ 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 1a). 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 (۳٤) 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

www.SID.ir

Archive of SID

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.

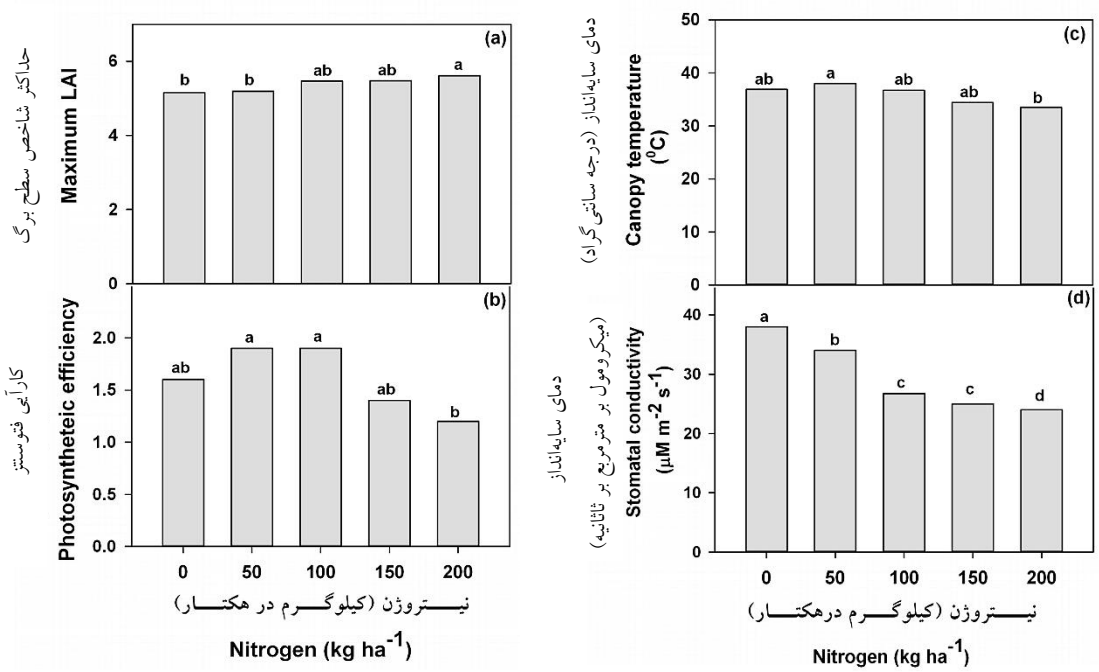
ns, * and **: non-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

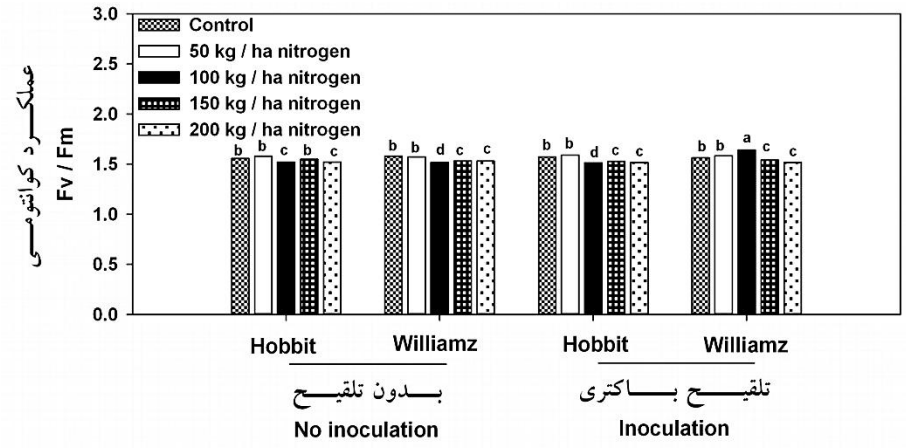
Figure 1. Mean comparison of maximum of LAI (a), photosynthesis efficiency (b), canopy temperature (c) and stomatal conductance (d) affected as nitrogen levels on soybean.

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

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir