



مطالعه توان تثبیت نیتروژن مولکولی سه رقم اصلی سویای کشور در همزیستی با باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم به روش رقت ایزوتوپی نیتروژن-۱۵ در ایران

نجات پیرولی بیرانوند^{۱*}، ناهید صالح راستین^۲، میر احمد موسوی شلمانی^۱

۱. مرکز تحقیقات کشاورزی و پزشکی هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۳۱۴۸۵-۴۹۸، کرج - ایران
۲. گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، صندوق پستی: ۱۱۱۶۷-۳۱۵۸۷، کرج - ایران

چکیده: مطالعه گلدانی حاضر با هدف مقایسه توان همزیستی سه رقم اصلی سویای کشور؛ سحر، ویلیامز و کلارک ۶۳ در همزیستی با یک سویه کاملاً مؤثر باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم در قالب بلوکهای کامل تصادفی، در خاک فاقد باکتری بومی همزیست و دارای نیتروژن کم در شرایط مناسب اتاق رشد با چهار تکرار انجام گرفت. در هر گلدان به میزان ۳/۵ کیلوگرم خاک یکنواخت شده توزیع و هر بذر با یک میلی‌لیتر از مایه تلقیح سویه کاملاً مؤثر گلدکت با غلظت 10^8 باکتری در میلی‌لیتر تلقیح شد. به منظور بررسی مقادیر نیتروژن مولکولی تثبیت شده به روش ایزوتوپی نیتروژن-۱۵ به گیاهان تثبیت کننده و مرجع، به ترتیب سولفات آمونیوم نشاندار با غنای ۹/۶۱۶ و ۲/۰۸۶ درصد اتم نیتروژن ۱۵ اضافی در مقادیر ۶/۶۷ و ۳۰/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم داده شد. رطوبت گلدان‌ها با آب مقطر در حدود ۸۰ درصد ظرفیت رطوبی مزرعه نگه داشته شد. عملیات برداشت گیاهان به صورت سبز، در مرحله دانه‌بندی کامل سویا صورت گرفت. بر اساس نتایج حاصل، رقم سحر نسبت به دو رقم ویلیامز و کلارک-۶۳، در اکثر شاخص‌های معتبر از جمله مقدار نیتروژن حاصل از هوا در گیاه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک غده‌های ریشه‌ای و کل وزن خشک گیاه، برتری معنی‌داری نشان داد. در هر سه رقم سویا بالغ بر ۹۰ درصد نیاز نیتروژن از طریق همزیستی تأمین شد. تفاوت ارقام سویا بر خلاف شاخص «درصد نیتروژن حاصل از هوا در گیاه» در شاخص «مقدار نیتروژن جذب شده از هوا در گیاه» معنی‌دار و معلوم شد.

واژه‌های کلیدی: نیتروژن-۱۵، رقت ایزوتوپی، ارقام سویا، تثبیت بیولوژیک نیتروژن، برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم

N₂- Fixation Ability of Three Main Soybean Cultivars in Symbiosis with Bradyrhizobium Japonicum Using N-15 Isotope Dilution Method in Iran

N. Piervali-Bieranvand^{*1}, N. Saleh- Rastin², M.A. Mousavi-Shalmani¹

1. Nuclear Center for Agriculture and Medicine, AEOL, P.O. Box: 31485-498, Karaj - Iran
2. Department of Soil Science, College of Agriculture, Tehran University, P.O. Box: 31587-11167, Karaj - Iran

Abstract: The present pot study was carried out for comparison of N₂ fixation ability for three main soybean cultivars in Iran i.e. Sahar, Williams and Clark 63. The experiment was conducted under the proper growth chamber condition, with a randomized complete block design on a soil with no indigenous rhizobia and low nitrogen content. Each treatment was replicated four times. Each pot contained 3.5-kg air dried homogenized soil, and at the time of planting each seedling was inoculated with 1 ml of inoculum containing approximately 9×10^8 cells per ml. For quantifying the fixed nitrogen, using A-value (N-15) method, two solutions of N-15 enriched ammonium sulfate containing 9.616 and 2.086% N-15 atom excess were applied in amount of 6.67 and 33.33 mg/kg N at the stage V2 for the fixing, and for the stages V2, R2 and R5 as reference pots. During 4 months of growth, the plants were irrigated with distilled water to maintain the soil moisture approximately 0.8 of the field capacity. The plants were harvested at the plant developmental stage reproductive 6 (R6) and a number of growth parameters were measured. According to the results, Sahar cultivar which is more lateness, showed a higher results in the most measured characteristics, including nitrogen derived from air, shoot dry matter, nodule dry matter and the whole dry matter of plant, significantly. All the three cultivars could supply more than 90 % of nitrogen demand through symbiosis. The cultivars were different significantly in amount of nitrogen derived from air, despite of the percent of nitrogen derived from air.

Keywords: N-15 Stable Isotope, Isotope Dilution, Soybean Cultivars, Biological Nitrogen Fixation, Bradyrhizobium Japonicum

*email: npievali@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۴/۳/۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۴/۹/۲۴



۱- مقدمه

تثبیت نیتروژن و تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه سویا به ترتیب تا ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار و ۹۵ درصد مورد نیاز گیاه گزارش شده است [۶، ۷ و ۸]. گزارشهای موجود در کشور، بیانگر استفاده سالانه از مقادیر متناهی کود نیتروژنه در زراعت بُشن‌ها، به ویژه سویا می‌باشد که تداوم آن، به سبب عدم مطابقت با اصول کشاورزی پایدار، لازم است با بالا بردن کارایی سیستم همزیستی مذکور از طریق شناخت و رفع تنگناهای آن متوقف گردد. این کار تحقیقی در همین راستا، با هدف تعیین و مقایسه توان همزیستی سه رقم سویا که کشت آنها در ایران دارای بیشترین سطح است در همزیستی با یک سویه کاملاً مؤثر باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم به روش رقیق کردن ایزوتوپی دقیق نیتروژن-۱۵ انجام گرفته است.

۲- روش کار

به منظور انجام این تحقیق، مقداری کافی از خاک فاقد باکتری بومی همزیست و دارای نیتروژن کم (نیتروژن معدنی کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک، جدول ۱) تا عمق ۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد. سپس مقدار ۳/۵ کیلوگرم از نمونه این خاک به صورت مخلوط همگون در گلدانهای مناسب ریخته شد. قبل از کشت، تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک، با در نظر گرفتن توصیه‌های کودی لازم، صورت گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی (RCBD)^(۲) در ۴ تکرار با تیمار ارقام سحر، ویلیامز و کلارک ۶۳ به انجام رسید. ۷ دانه بذر سویای جوانه‌دار بر روی سطح آب آگار استریل شده به فواصل مساوی در هر یک از گلدانهای محتوی خاک، در شرایط مناسب اتاق رشد (درجه دماهای حداکثر روزانه ۲۸ و حداقل شبانه ۱۸ درجه سانتی‌گراد، با شدت تقریبی نور ۳۰۰۰۰ لوکس و طول روز ۱۲ الی ۱۶ ساعت)، در عمق ۲ سانتی‌متری از سطح خاک کشت شد. عملیات تلقیح بذرهای کشت شده برای هر بذر به

مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهند که پتانسیل تثبیت نیتروژن مولکولی در گیاهان خانواده بُشن‌ها (لگوم‌ها) از جمله سویا، علاوه بر عوامل محیطی مانند ویژگی‌های خاک، اقلیم و مدیریت زراعی به مقداری زیاد تحت تأثیر دو عامل سویه باکتری و رقم گیاه قرار دارد. چنانچه این دو عامل مهم به گونه‌ای مناسب انتخاب شده و بکار روند، سیستم همزیستی سویا- برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم^(۱)، توان زیادی برای تثبیت نیتروژن مورد نیاز گیاه و تأمین آن خواهد داشت [۱ تا ۵]. اثرهای متفاوت زادمون‌های (ژنوتیپ‌های) مختلف گیاه و سویه باکتری بر صفات مرتبط با تثبیت زیست‌شناختی (بیولوژیک) نیتروژن، مانند تعداد و وزن گره‌های ریشه‌ای و فعالیت احیای استیلن برای بقولات، از جمله نخود معمولی، بادام زمینی (نامبیر و همکاران، ۱۹۸۸) سویا (واسک و بریل، ۱۹۷۶)، لویا (گراهام و روساز، ۱۹۷۷) و لویاسبز (زاری و همکاران، ۱۹۷۸) تا قبل از دهه هشتاد معلوم شده است. با وجود این، اختلافهای بیان شده میان ارقام سویا، بعد از گزارشهای رنی و همکاران، (۱۹۸۲)، و همچنین هاردارسون و همکاران (۱۹۸۹) به روش ایزوتوپی نیتروژن-۱۵ به خوبی نشان داده شده است [۶]. گیاه سویا مانند دیگر بُشن‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی، نیتروژن مورد نیاز سوخت و ساز خود را از دو منبع خاک و همزیستی تأمین می‌کند. علاوه بر این از جمله گیاهانی است که برای تولید محصول احتیاج به مقدار زیادی نیتروژن دارد بطوریکه برای هر تن محصول در حدود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نیاز دارد. بنا بر عقاید اسکات و آلدريج (۱۹۸۳)، همچنین منگل و همکاران (۱۹۸۷) در صورتی که سیستم همزیستی در این گیاه دارای کارایی بالایی باشد، گیاه سویا از جمله بُشن‌هایی است که به کود نیتروژنه پاسخ مثبت نمی‌دهد. به عبارت دیگر این توانایی را دارد که تمام نیتروژن مورد نیاز خود را از راه تثبیت زیست‌شناختی نیتروژن مولکولی هوا تأمین کند [۷]. در برخی مطالعات، توانایی این همزیستی در

جدول ۱- برخی ویژگیهای فیزیکی- شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش.

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	pH عصاره گل اشباع شده	درصد ماده آلی	درصد ازت کل خاک	فسفر قابل جذب			پتاسیوم قابل جذب	باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم (تعداد در گرم خاک)
					ازت نیتراژنه	ازت آمونیومی	میلی‌گرم در کیلوگرم		
۰-۳۰	لوم رسی	۷/۹۷	۰/۶۷	۰/۰۵۳	۹/۵	۳/۱	۱۹/۲۶	۱۷۵/۲	۰



و کل نیتروژن اندام هوایی، تعداد و وزن خشک غده‌های ریشه‌ای تعیین شد و با برنامه MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت. همچنین به منظور بررسی چگونگی ارتباط میان شاخص‌های ایزوتوپی، برآورد تثبیت زیست‌شناختی نیتروژن و دیگر پارامترهای مهم مرتبط، همبستگی ساده میان آنها حساب شد.

۳- بحث و نتیجه‌گیری

بطوری که در جدولهای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های ارقام به روش دانکن نشان داده شده است (جدولهای ۲ و ۳)، نتایج آزمایش حکایت از برتری عملکرد رقم سحر نسبت به دو رقم ویلیامز و کلارک ۶۳ دارد. در اکثر شاخص‌های معتبر، از جمله مقدار نیتروژن حاصل از هوا در گیاه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک غده‌های ریشه‌ای و کل وزن خشک گیاه این برتری معنی‌دار شده است. برتری رقم سحر ممکن است تا حدودی مربوط به دیررس بودن آن (نسبت به دو رقم دیگر) باشد که در نتیجه زمان بیشتری برای انجام فعالیت‌های سوخت و ساز (متابولیک) و تثبیت نیتروژن مولکولی لازم داشته است. علاوه بر این احتمال دارا بودن ویژگی‌های ژنتیکی مطلوب‌تر در جهت سازگاری بهتر با باکتری همزیست و استفاده بیشتر و بهتر از شرایط محیطی نیز ممکن است در توجیه بالاتر بودن عملکرد شاخص‌های رشدی آن مد نظر قرار گیرد. اختلاف بین دو رقم دیگر، هر چند به لحاظ آماری معنی‌دار نشده است لیکن مقدار

میزان یک میلی‌لیتر از مایه تلقیح سویه کاملاً مؤثر گلدکت (Goldcoat) باکتری برادی ریزویوم ژاپونیکوم با غلظت $10^{11} \times 9\%$ باکتری صورت گرفت [۹]. برای هر رقم، گیاه شاهدی از همان رقم (ولی تلقیح نشده با باکتری) در ۴ تکرار در نظر گرفته شد. یک هفته پس از استقرار کامل گیاهان، تعداد آنها در هر گلدان به ۴ عدد تقلیل داده شد. کوددهی ایزوتوپی با محلول کود سولفات آمونیوم نشاندار شده با درصد اتم نیتروژن ۱۵ اضافی ($9/616\% \text{ atom } N_{15} \text{ excess}$) و $2/086$ به ترتیب برای گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی (در مرحله V_2)^(۳) و مرجع (در سه نوبت در مراحل R_2 ، V_1 و R_5) در مقادیر $6/67$ و $30/33$ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک صورت گرفت [۱۰ و ۱۱]. در مدت ۱۲۰ روز رشد گیاهان، مراقبت‌های لازم اعم از آبیاری با آب مقطر برای حفظ رطوبت گلدانها در حدود ۸۰ درصد رطوبت زراعی، مبارزه با آفات و علفهای هرز احتمالی و جمع‌آوری برگهای خشک شده جداگانه صورت می‌گرفت. عملیات برداشت گیاهان به صورت سبز و در مرحله دانه‌دهی کامل (R_6)^(۴) صورت پذیرفت [۱۲ و ۱۳]. تجزیه نیتروژن معمولی و ایزوتوپی به کمک دستگاههای کج‌دال و امیشن اسپکترومتر مدل JASCO N-150 انجام پذیرفت. در پایان، علاوه بر محاسبه درصد و مقدار نیتروژن جذب شده از هوا در گیاه ($^{15}Ndfa$ و $^{14}Ndfa$)، درصد نیتروژن جذب شده از کود در گیاه ($^{15}Ndff$) و درصد نیتروژن جذب شده از خاک در گیاه ($^{15}Ndfs$)^(۵) به روش ایزوتوپی A-Value [۱۰ و ۱۱]؛ وزنه‌های خشک اندام هوایی، ریشه و کل گیاه، درصد

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری شده در آزمایش.

MS-VALUE											درجه آزادی	منابع تغییرات
درصد نیتروژن اندام هوایی (%)	کل وزن خشک گیاه (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک غده (گرم در گلدان)	تعداد غده‌های ریشه‌ای (تعداد در گلدان)	مقدار کل نیتروژن اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	درصد نیتروژن حاصل از خاک در گیاه (%)	درصد نیتروژن حاصل از کود در گیاه (%)	نیتروژن حاصل از هوا در گیاه (گرم در گلدان)	درصد نیتروژن حاصل از هوا در گیاه (%)		
۰/۲۴۴**	۲۲/۱۰ ^{NS}	۰/۲۵۲ ^{NS}	۰/۰۳۳ ^{NS}	۶۶۴۰/۳۰۶ ^H	۰/۰۰۳ ^{NS}	۲۵/۳۳۳ ^{NS}	۰/۹۸۲ ^{NS}	۰/۰۹ ^{NS}	۲۴/۸۰۱ ^{NS}	۱/۵۶۶ ^{NS}	۳	بلوک
۰/۳۷۵**	۳۶۰/۶۴۸* ⁹	۷/۱۹۳**	۰/۱۹۹*	۴۳۲/۵۸۳ ^{NS}	۰/۰۳۸ ^{NS}	۲۵۴/۹۱۳**	۲/۰۸۸ ^{NS}	۰/۲۲۴ ^{NS}	۲۳۶/۲۶۸**	۳/۷۴۷ ^{NS}	۲	رقم سویا
۰/۰۱۷	۱۴/۱۰۴	۰/۵۶۶	۰/۰۲۱	۵۴۱۳/۴۷۲	۰/۰۲	۱۳/۰۷۷	۲/۵۷۶	۰/۲۴۵	۱۴/۷۰۳	۴/۳۳۹	۶	خطا
۴/۶۶	۹/۰۴	۱۷/۶۶	۱۱/۴۲	۱۷/۷۱	۱۴/۳۸	۱۰/۰۵	۲۷/۳۹	۲۶/۴۳	۱۱/۵۱	۲/۲۶		ضریب تغییرات

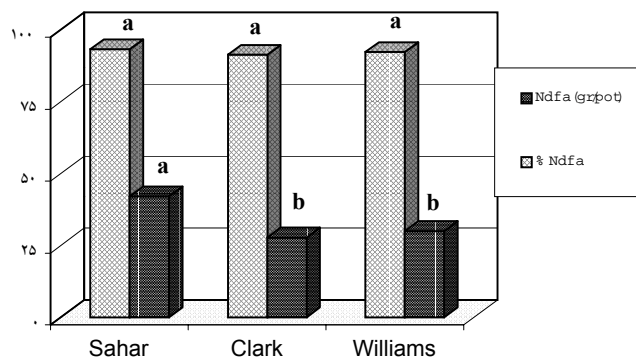
** معنی‌دار در سطح ۱٪ * معنی‌دار در سطح ۵٪ NS غیر معنی‌دار



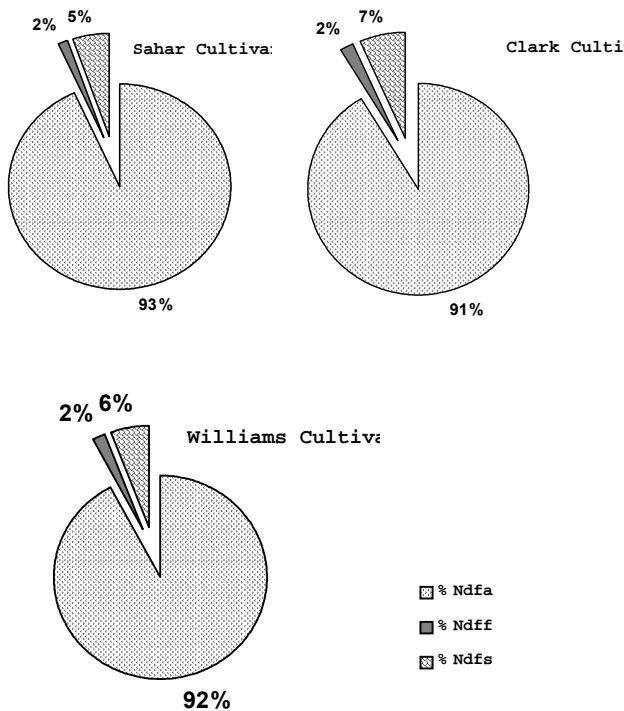
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ارقام سویا بر شاخص‌های بررسی شده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن.

درصد نیتروژن اندام هوایی (%)	کل وزن خشک گیاه (گرم در گلدان)	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان)	وزن خشک غده (گرم در گلدان)	تعداد غده های ریشه ای (تعداد در گلدان)	مقدار کل نیتروژن اندام هوایی (گرم در گلدان)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	درصد نیتروژن حاصل از خاک در گیاه (%)	درصد نیتروژن حاصل از کود در گیاه (%)	نیتروژن حاصل از هوا در گیاه (گرم در گلدان)	درصد نیتروژن حاصل از هوا در گیاه (%)	رقم سویا
۲/۴۴۵ b	۵۲/۴۴۸ a	۵/۸۰۱ a	۱/۵۱۲ a	۴۵۵/۷۵ a	۱/۰۹۵ a	۴۵/۱۳۵ a	۵/۱۹۴ a	۱/۶۰۹ a	۴۲/۰۸ a	۹۳/۲۳۷ a	سحر
۲/۹۷۸ a	۳۵/۲۳۱ b	۳/۵۹۶ b	۱/۲۴ b	۴۰۷ a	۰/۹۰۷ a	۳۰/۳۹۴ b	۶/۶۲۸ a	۲/۰۶۷ a	۲۷/۷۶۹ b	۹۱/۳۰۱ a	کلارک
۲/۹۷۲ a	۳۶/۸۹۹ b	۳/۳۷۶ b	۱/۰۷ b	۲۸۳/۵ a	۰/۹۵۷ a	۳۲/۴۵۳ b	۵/۷۵۸ a	۱/۹۴۳ a	۳۰/۰۶۹ b	۹۲/۲۷۱ a	ویلیامز

حروف مشابه در مقابل میانگین‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین آنها است.



شکل ۱- مقایسه درصد و مقدار ازت حاصل از تثبیت ازت مولکولی در سه رقم اصلی سویا کشور به کمک ایزوتوپ ازت-۱۵.



شکل ۲- تعیین درصد نیتروژن حاصل از منابع مختلف در سه رقم اصلی سویا کشور به روش رقت ایزوتوپی نیتروژن-۱۵.

شاخص‌های بررسی شده در بیشتر موارد احتمالاً به علت ویژگی‌های ذاتی رقم ویلیامز در جهت استفاده از شرایط فراهم شده، از شاخص‌های رقم کلارک ۶۳ بیشتر شده است. در این مورد، در تعدادی از گزارش‌های موجود، به تأثیر رقم بُشن بر شاخص‌های رشدی اشاره شده است [۱۴ تا ۱۷]. پترسون و لارو (۱۹۸۳) در بررسی تثبیت نیتروژن ۲۱ رقم سویا در ۵ گروه رشدی مختلف نتیجه‌گیری کرده‌اند که مقدار تثبیت نیتروژن سویا با گروه رشدی آن مرتبط است به طوری که در ارقام دیررس‌تر (یعنی با گروه رشدی بالاتر) به دلیل لزوم مدت طولانی‌تر برای احیای نیتروژن، تثبیت مقدار نیتروژن بیشتر شده است. علاوه بر این، محققین اختلاف میان ارقام با گروه رشدی یکسان را اندک و غیرمعنی‌دار ارزیابی کرده‌اند [۱۸]. در بررسی‌های مشابه، دانسو و همکاران گزارش کرده‌اند که وارته‌های با عملکرد بیشتر، نیتروژن بیشتری از طریق همزیستی تثبیت می‌نمایند [۱۲]. نکته قابل توجه دیگر در این آزمایش، بطوری که شکل‌های ۱ و ۲ و جدول مقایسه‌های میانگین ۳ نشان می‌دهند، توان بسیار بالای این همزیستی در جهت تأمین نیاز نیتروژنه گیاه است، بطوری که هر سه رقم آزمایش شده بالغ بر ۹۰ درصد نیاز نیتروژنه خود را از این طریق تأمین کرده‌اند، و این خود می‌تواند بیانگر اهمیت زیاد این همزیستی در فراهم آوردن نیتروژن مورد نیاز گیاه سویا، و همچنین لزوم توجه و مطالعه هر چه بیشتر این پدیده مهم زیستی در ارتباط با گیاه سویا باشد. برخی گزارش‌ها توانایی این همزیستی را در تأمین نیاز نیتروژن سویا تا ۹۵ درصد نیز گزارش داده‌اند [۵]. جدول ۴ همبستگی ساده میان پارامترهای بررسی شده حاکی از آن است که بالاترین همبستگی معنی‌دار شاخص هسته‌ای بررسی تثبیت نیتروژن یعنی مقدار نیتروژن



جدول ۴- ضرایب همبستگی خطی میان برخی شاخص‌های بررسی شده در آزمایش.

صفات	درصد نیتروژن حاصل از هوا در گیاه (%)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	مقدار کل نیتروژن اندام هوایی (گرم در گلدان)	تعداد غده‌های ریشه‌ای (تعداد در گلدان)	وزن خشک غده (گرم در گلدان)	نیتروژن حاصل از هوا در گیاه (گرم در گلدان)
درصد نیتروژن حاصل از هوا در گیاه (%)	۱					
وزن خشک اندام هوایی (گرم در گلدان)	*۰/۷۰۱	۱				
مقدار کل نیتروژن اندام هوایی (گرم در گلدان)	**۰/۸۴۵		۱			
تعداد غده‌های ریشه‌ای (تعداد در گلدان)	**۰/۰۶۹		**۰/۰۲۴	۱		
وزن خشک غده (گرم در گلدان)	*۰/۵۹۵		**۰/۷۴۸	**۰/۴۵	۱	
نیتروژن حاصل از هوا در گیاه (گرم در گلدان)	**۰/۷۳۶		**۰/۹۹۹	**۰/۷۳۴	**۰/۷۵	۱

NS غیر معنی‌دار

* معنی‌دار در سطح ۵٪

** معنی‌دار در سطح ۱٪

اینگونه مطالعات و بررسی نحوه و درجه تغییر و تبدیل آنها نسبت به هم باشد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله بر خود لازم دانسته که مراتب تقدیر و تشکر خود را از IAEA و موسسه تحقیقات خاک و آب به خاطر کمک در تجزیه ایزوتوپی نمونه‌های گیاهی و فراهم نمودن باکتری همزیست ریزوبیوم اعلام نمائیم.

پی‌نوشت‌ها:

- ۱- Bradyrhizobium Japonicum
- ۲- Randomized Complete Block Design
- ۳- Vegetative
- ۴- Reproductive
- ۵- Nitrogen Drived from Air
- ۶- Percent of Nitrogen Drived from Fertiliser
- ۷- Percent of Nitrogen Drived from Soil

حاصل از هوا در گیاه (Ndfa) به ترتیب با شاخص‌های وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک غده و کل نیتروژن جذب شده در اندام‌های هوایی حاصل شده است و این در حالی است که با شاخص تعداد غده‌ها در گیاه، همبستگی مذکور معنی‌دار نشده است. این موضوع ممکن است علاوه بر اشاره به نامناسب بودن شاخص تعداد غده‌ها در گیاه، برای این مطالعه و احتمالاً مطالعات مشابه، لزوم دقت در انتخاب شاخص‌های لازم جهت بررسی‌های توان تثبیت نیتروژن مولکولی بُشن‌ها را مورد توجه قرار دهد. نکته مهم دیگر که از این آزمایش حاصل شده است، بطوری که در جدول ۳، همچنین در شکل ۱ نشان داده شده است، ارقام سویا هر چند از لحاظ پارامتر درصد نیتروژن حاصل از هوا (در اثر وجود همزیستی) تفاوت معنی‌داری نشان نداده‌اند، لیکن در مقدار نیتروژن حاصل از هوا تفاوت معنی‌داری داشته‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد در مطالعات مشابه به کمک ایزوتوپ نیتروژن ۱۵ لازم است که به این مسأله توجه داشت و از پارامتر اخیر «مقدار نیتروژن جذب شده از هوا در گیاه» به عنوان معیار ارزیابی و انتخاب همزیست (میکرو یا ماکرو) برتر و کارایی بیشتر استفاده کرد. البته بطوری که در جدول ۴ ضرایب همبستگی خطی ساده میان برخی شاخص‌های مطالعه نشان داده شده است، با اینکه همبستگی ساده خطی میان ایندو پارامتر در سطح یک درصد مثبت و معنی‌دار شده است. لیکن همبستگی ساده خطی میان هریک از آنها با دیگر شاخص‌ها کاملاً مشابه حاصل نشده است و این موضوع ممکن است بیانگر لزوم مطالعه بیشتر و توأم آنها در



References:

1. ن. پیرولی بیرانوند، "بررسی اثرات متقابل رقم گیاه و سویه باکتری روی توان تثبیت نیتروژن سویا در خاکهای مختلف،" پایان نامه کارشناس ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. صفحه ۱۵۴ (۱۳۷۸).
2. FAO, "Legume inoculation and their use," Rome, 110p (1984).
3. G. Hardarson, F.A. Blis, M.R. Cigales-Rivero, R.A. Henson, J.A. Kipe-Nolt, L. Longeri, A. Manrique, J.J. Pena-Cabriaes, P.A.A. Pereira, C.A. Sanabria, S.M. Tsai, "Genotypic variation in biological nitrogen fixation by common bean," *Plant & Soil*, **152(1)**, 59-70 (1993).
4. G. Hardarson, M. Golbs, S.K.A. Danso, "Nitrogen fixation in soybean as affected by nodulation pattern," *Soil Biol. Biochem*, **21**, 783-7 (1989).
5. M.B. Peoples, D.F. Herridge, J.K. Ladha, "Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production," *Plant & Soil*, **174**, 3-28 (1995).
6. S.P. Wani, O.P. Ruple, K.K. Lee, "Sustainable agriculture in the semi- arid tropics through biological nitrogen fixation in grain legumes," *Plant & Soil*, **174**, 29-49 (1995).
7. H.H. Keyser and F.Li, "Potential for increasing biological nitrogen fixation in soybean," *Plant and Soil*, **141**, 119- 35 (1992).
8. D.F. Herridge and S.K.A. Danso, "Enhancing crop logume N₂ fixation through selection and breeding," *Plant & Soil*, **174**, 51-82 (1995).
9. P. Somaseagran and H.J. Hoben, "Handbook for Rhizobia, Methods in legume rhizobium technology, laboratory manual," Springer-Verlag New York, Inc. 450 P (1994).
10. D.P. Beck, L.A. Materon, F. Afandi, "Practical Rhizobium- Legume Technology," Manual No 19 ICARDA, 340p (1993).
11. G. Hardarson, "Use of nuclear techniques in studies of soil- plant relation- ships," Training course series No. 2 publishing IAEA, Vienna, Austria, 223p (1990).
12. S.K.A. Danso, C. Hera, C. Douka, "Nitrogen fixation in soybean as in fluenced by cultivar and Rhizobium strain," *Plant & Soil*, **99**, 163-74 (1987).
13. W.R. Fehr, C.E. Caviness, D.T. Burmood, J.S. Pennington, "State of development descriptions for soybeans," *Crop Sci*, **11**, 929-31 (1971).
14. N. Burias and C. Plachon, "Increasing soybean productivity through selection for nitrogen fixation," *Agron. J*, **82**, 1031- 34 (1990).
15. K.E. Giller, P.T.C. Nambiar, B. Strinivasa Rao, P.J. Dart, J.M. Day, "A comparison of nitrogen fixation in genotypes of groundnut using ¹⁵N- isotope dilution," *Biol. Fertil. Soils*, **5**, 23-25 (1987).
16. R.D. Guffy, R.M. Varden Heuvel, B.L. Valsilas, R.L. Nelson, M.A. Frobish, J.D. Hesketh, "Evaluation of the N₂- fixation capacity of four soybean genotypes by several methods," *Plant & Soil*, **21(3)**, 339-42 (1989).
17. R. Senaratne, C. Amornpimol, G. Hardarson, "Effect of combined nitrogen on nitrogen fixation of soybean as affected by cultivar and rhizobial strain," *Plant & Soil*, **103**, 45-50 (1987).
18. T.G. Patterson and T.A. Larue, "Nitrogen fixation by soybeans: seasonal and cultivar effects and comparison estimates," *Crop Sci*, **23**, 488-92 (1985).