پاسخ چند رقم سویا به کاربرد نیتروژن و پتاسیم در خراسان شمالی

حمید حاتمی[1]، امیر آینه بند[2]، مهدی عزیزی[3]، افشین سلطانی[4] و علیرضا دادخواه[5]

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات کودهای نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد رقم‌های سویا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل رقم در سه سطح (هایبت، سپیده و ویلیامز از گروه رسیدگی ۳)، کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) و کود پتاسیم در سه سطح (۰، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) بود. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم، کود نیتروژن و کود پتاسیم قرار گرفت، به‌طوری‌که رقم ویلیامز بیشترین عملکرد را نسبت به دو رقم دیگر نشان داد. هم‌چنین با افزایش مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد دانه افزوده شد. در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در گره تحت تأثیر تمام فاکتورهای آزمایش قرار گرفت، اما تعداد گره در ساقه، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد شاخه‌های فرعی فقط تحت تأثیر فاکتور رقم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: رقم، کود نیتروژن، کود پتاسیم، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، سویا.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱/۲۴

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز

۲- عضو هیأت علمی گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز

۳- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

۴- عضو هیأت علمی گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۵- عضو هیأت علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شیروان

مقدمه و بررسی منابع

سویا یکی از محصولات عمده زراعی دنیاست که در تهیه روغن نباتی و تأمین پروتئین برای انسان و دام نقش ویژه‌ای دارد (۵). شواهد زیادی حکایت از پاسخ مناسب سویا به حاصل‌خیزی خاک و مصرف بهینه کود دارند (۱٦، ۱۹). علی‌رغم این هنوز برخی از کشاورزان دنیا مستقیماً به سویا کود نمی‌دهند و گیاه از بقایای مواد غذایی یا کاه و کلش تجزیه شده محصول قبلی استفاده می‌نماید که این امر به نوبه خود باعث عدم کفایت و فراهمی برخی از عناصر غذایی می‌شود (۲۷). سویا نیازمند مقدار زیادی نیتروژن برای نمو دانه می‌باشد. چن[1] و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که سویا بخش زیادی از نیتروژن مورد نیازش را از طریق تثبیت بیولوژیک نیتروژن فراهم می‌سازد (۱۳). آنان معتقدند که کوددهی سویا اثرات نامطلوبی بر روند تثبیت نیتروژن (از جمله گره‌بندی) دارد. وارکو[2] (۱۹۹۹) به این نتیجه رسید که ۲۵ تا ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز سویا از طریق تثبیت تأمین می‌شود (۳٤). برخی تحقیقات نشان می‌دهد که تثبیت N_2 نمی‌تواند نیتروژن کافی برای عملکرد مناسب سویا فراهم سازد (۳۵، ۳٦). هم‌چنین سیورد[3] و همکاران (۱۹۸۰) کاهش غلظت نیتروژن در دانه سویا را طی فصل زراعی خشک گزارش کرده‌اند (۳۱). این تحقیقات ثابت می‌کند که فرایند تثبیت نیتروژن ممکن است در فراهم ساختن نیتروژن مورد نیاز سویا در طی فصل خشک کافی نباشد. بنابراین نیتروژن مکمل از طریق مصرف کودهای شیمیایی جهت دستیابی به پتانسیل عملکرد سویا ضروری به نظر می‌رسد. بیرد و هوور[1] (۱۹۷۱) مشاهده کردند که تعداد گره در گیاه بر اثر مصرف سولفات آمونیوم قبل از کاشت کاهش یافت، اما تحت تأثیر کاربرد در زمان گل‌دهی قرار نگرفت. به‌علاوه زمانی که کود قبل از کاشت و در زمان آغاز گل‌دهی مصرف شد، عملکرد سویا بیشتر بود (۹). تایلور[2] و همکاران (۲۰۰۵) مشاهده کردند که کاربرد کود نیتروژن در کشت دیرهنگام سویا باعث بهبود عملکرد شد (۳۲). به گزارش رای[3] و همکاران (۲۰۰۵) با کاربرد مقادیر ۲۹۰، ۳۱۰ و ۳٦۰ کیلوگرم در هکتار نیترات آمونیوم عملکرد دانه سویا در شرایط زراعت آبی و غیرآبی به ترتیب ۷/۷ و ۱۵/۵ درصد افزایش یافت (۲٦). اوسبورن و ریدل[4] (۲۰۰٦) اعلام کردند افزودن کود نیتروژن به صورت آغازگر، رشد اولیه سویا را افزایش داده و منجر به افزایش عملکرد و کیفیت آن می‌گردد (۲٤). در تحقیق کالیسکان[5] و همکاران (۲۰۰۸) بیشترین عملکرد دانه سویا با مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (۱۲).

محصولاتی همچون سویا که محتوی پروتئین بالایی هستند، در مقایسه با سایر محصولات دانه‌ای پتاسیم بیشتری از خاک برداشت می‌کنند (۲۷). گراو[6] و همکاران (۱۹۸۷) رابطه مستقیم و مثبتی را میان مصرف پتاسیم در مرحله گل‌دهی و عملکرد دانه سویا پیدا کردند (۱۷). اگر سویا با کمبود پتاسیم مواجه باشد، رسیدگی بذر با مخاطره همراه شده و کیفیت دانه نزول می‌کند و احتمال بروز بیماری‌ها و

1. Chen
2. Varco
3. Syverud

1. Beard and Hoover
2. Taylor
3. Ray
4. Osborne and Riedell
5. Caliskan
6. Grove

مرگ و میر بوته‌ها افزایش می‌یابد (۱۰). عزیزی (۱۳۷۷) گزارش کرد که با افزایش مصرف کود پتاسیم اثر منفی تنش آب تعدیل شده و عملکرد دانه سویا افزایش یافت (٤). وی هم‌چنین بیان داشت که مصرف متعادل کود پتاسیم باعث ارتقای کیفیت روغن سویا حتی در شرایط تنش آب می‌شود. در تحقیق دیگری مشاهده شد که کاربرد پتاسیم در کشت زودهنگام سویا میزان پروتئین دانه را افزایش داد (٦). بیک‌نژاد (۱۳۸٦) گزارش کرد که مصرف ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار باعث افزایش ۳۵ درصدی عملکرد دانه سویا در مقایسه با عدم مصرف پتاسیم شد (۱). سروری (۱۳۸۷) نشان داد که مصرف کود سولوپتاس (نوعی کود ریز مغذی حاوی پتاسیم و گوگرد) در گیاه سویا عملکرد دانه را افزایش داد که این امر در نتیجه افزایش تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه فرعی در بوته و وزن دانه بود (۳).

در بررسی تغییرات زراعی و فیزیولوژیک ارقام زودرس سویا طی هشت سال بهبود ژنتیکی با کشت ١٤ رقم مشخص شد که افزایش عملکرد دانه سویا به موازات سال آزادسازی رقم بطور معنی‌داری با افزایش شاخص برداشت، فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای و کاهش شاخص سطح برگ همبستگی داشت. هم‌چنین ارقام جدیدتر کارایی بیشتری در استقرار و پرکردن دانه‌ها در مقایسه با ارقام قدیمی داشتند (۲۱، ۲۲). نوهارا[1] و همکاران (۲۰۰۵) در مقایسه ارقام ژاپنی و آمریکایی گزارش کردند که ارقام ژاپنی توانایی بیشتری جهت تشکیل گره در شرایط نیترات زیاد خاک دارند (۲۳). در حالی که گزارش رائو[2] و همکاران (۲۰۰۲) حاکی از برتری عملکرد ژنوتیپ آمریکایی نسبت به ژنوتیپ ژاپنی بود (۲۵).

با توجه به عدم سابقه کشت سویا در استان خراسان شمالی تصمیم گرفته شد آزمایشی به منظور بررسی پاسخ رقم‌های مختلف سویا به کاربرد کودهای نیتروژن و پتاسیم انجام گیرد تا رقم مناسب سویا جهت کاشت در مزارع استان و هم‌چنین میزان مطلوب مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم در منطقه مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی شیروان با بافت خاک نیمه‌سنگین رسی سیلتی و در سال ۱۳۸٦ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی واقع در چهار کیلومتری بجنورد با بافت خاک سلیتی- رسی- لوم به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل رقم در سه سطح (هایبت، ویلیامز و سپیده از گروه رسیدگی سه)، کود نیتروژن در چهار سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) و کود پتاسیم در سه سطح (۰، ۸۰ و ۱٦۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) بود. مقادیر کود با توجه به آزمایش خاک، نیاز گیاه و بررسی منابع انتخاب شدند (۵، ٤، ۳، ۱۲).

هر کرت شامل شش ردیف کاشت به فاصلهٔ ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به طول شش متر بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق پاییزه به همراه مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات، دیسک بهاره، تسطیح و ایجاد فاروها بود. کشت سویا در هر

1. Nohara
2. Rao

دو سال، پانزدهم اردیبهشت به‌صورت دستی در وسط پشته‌ها با فاصله ۵ سانتی‌متر در روی ردیف صورت گرفت. بذور سویا قبل از کاشت با باکتری *Bradyrhizobium japonicum* تلقیح شدند. نیمی ازکود اوره به‌علاوه تمام کود سولفات پتاسیم در عمق ۵ سانتی‌متری دامنه پشته‌ها اضافه شده و مابقی کود اوره به‌صورت سرک در مرحله پایان گل‌دهی سویا به‌صورت پخش در سطح خاک بعد از آبیاری، استفاده شد.

آبیاری در طی فصل رشد به‌صورت نشتی و به منظور تنظیم میزان آب ورودی به کرت‌ها با کمک سیفون انجام گرفت. آب مورد استفاده دارای هدایت الکتریکی ۲۰۴۰ میکرو موس بر سانتی‌متر و غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، بیکربنات، کلرید و سولفات آن به ترتیب ۶/۵، ۱۰، ٤، ۰/۱، ۶/۷، ۵ و ۸/۸ میلی‌اکی والان گرم بر لیتر و pH آن ۷/۳۵ بود.

در پایان فصل رشد از دو خط میانی هر کرت مساحتی معادل شش متر مربع جهت اندازه‌گیری عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی برداشت شد. هم‌چنین از هر کرت پنج بوته بطور تصادفی انتخاب شده و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد غلاف در گره، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد شاخه‌های فرعی اندازه‌گیری شدند. داده‌های آزمایش توسط نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه مرکب داده‌های آزمایش نشان داد که تأثیر محیط بر عملکرد دانه سویا معنی‌دار نمی‌باشد اما سایر عوامل آزمایشی در سطح احتمال ۱٪ اثر معنی‌داری بر این صفت داشتند (جدول۲). در بین ارقام، رقم ویلیامز نسبت به رقم‌های سپیده و هابیت به ترتیب ۲۵٪ و ۷٪ برتری عملکرد نشان داد (جدول۳).

مصرف کود نیتروژن به‌طور بسیار معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه شد (جدول۱)، به‌طوری‌که کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود اوره) منجر به افزایش ۲۸ درصدی عملکرد دانه شد (جدول۳). استارلینگ و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کرده‌اند که کاربرد کود نیتروژن تجمع ماده خشک را در مرحله شروع گل‌دهی سویا در لاین‌های رشد محدود و رشد نامحدود تا ۲۵٪ و عملکرد دانه همه ژنوتیپ‌ها را حداقل ۸٪ افزایش داده است (۳۰). مطالعات گلخانه‌ای افزایش رشد اولیه سویا را بر اثر کاربرد نیتروژن نشان داده است (۱۵)، در حالی که مطالعات مزرعه‌ای نتایج متفاوتی از اثر کاربرد نیتروژن بر عملکرد سویا نشان داده است. بسیاری از مطالعات افزایش عملکرد ناشی از کاربرد نیتروژن را در ارتباط با تجمع ماده خشک عنوان کرده‌اند (۷، ۸، ۱۷، ۳۳، ۳۷). در حالی که بریویدان[1] و همکاران (۱۹۷۸) افزایش عملکرد را نتیجه افزایش تعداد دانه در گیاه بر اثر افزایش تعداد گره در ساقه و کاهش ریزش گل و غلاف گزارش کرده‌اند (۱۱). سورن سن و پیناس[2] (۱۹۷۸) افزایش اندازه بذر را علت افزایش عملکرد سویا اعلام کردند (۲۹).

کود پتاسیم نیز اثر بسیار معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول۲) و مصرف ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار

1. Brevedan
2. Sorensen and Penas

پتاسیم در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود سولفات پتاسیم) عملکرد دانه را ۱۱٪ افزایش داد (جدول۳). عزیزی (۱۳۷۷) و بیک نژاد (۱۳۸٦) نیز گزارش کردند که افزایش کاربرد پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) در سویا با افزایش عملکرد دانه همراه بود (۱، ٤). منگل و برانچ ویج[1] (۱۹۷۲) همبستگی خطی بسیار معنی‌داری را میان محتوی پتاسیم تاج گیاه و عملکرد دانه ذرت گزارش کردند. این رابطه خطی به وضوح نشان می‌دهد که غلظت K^+ در داخل گیاه عاملی برای کنترل عملکرد بوده و در عین حال خود نیز از شرایط فراهمی پتاسیم در خاک تأثیر می‌گیرد. این فراهمی تحت تأثیر میزان K^+ تبادلی و غلظت آن در محلول خاک و رطوبت خاک است. از طرف دیگر پتاسیم با تحریک تولید کربوهیدرات‌ها، به متابولیسم نیتروژن جذب شده توسط گیاه و تبدیل آن به اسیدهای آمینه و پروتئین و تجمع آن در دانه کمک می‌کند (٤).

با توجه به جدول ۲ اثر متقابل رقم و کود نیتروژن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید. در این آزمایش بیشترین عملکرد دانه در سطوح بالای نیتروژن و در ارقام ویلیامز و هابیت مشاهده گردید (جدول٤). در رابطه با اجزای عملکرد دانه سویا تأثیر رقم بر صفات تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد غلاف در گره، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد شاخه‌های فرعی بسیار معنی‌دار شد (جدول۲). تعداد گره در ساقه اصلی ارقام سپیده و ویلیامز بیشتر از رقم هابیت بود که با توجه به رشد نامحدود بودن این دو رقم و رشد محدود بودن رقم هابیت دور از انتظار نبود. رقم سپیده بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشت و در مجموع برآیند اجزای عملکرد باعث شد که از لحاظ عملکرد دانه ارقام آزمایش به ترتیب ویلیامز، هابیت و سپیده بیشترین عملکرد را نشان دهند (جدول۳).

در بین اجزای عملکرد، تأثیر کود نیتروژن و کود پتاسیم بر تعداد غلاف در گره بسیار معنی‌دار شد و بر سایر اجزای اثر معنی‌داری دیده نشد (جدول۲). همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود با افزایش مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم بر تعداد غلاف در هر گره ساقه اصلی افزوده شده است که با نتیجه عزیزی (۱۳۷۷) مطابقت دارد (٤). هم‌چنین اثرات متقابل رقم و کود نیتروژن بسیار معنی‌دار و رقم و کود پتاسیم معنی‌دار شد، به‌طوری‌که در هر رقم با افزایش مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم تعداد غلاف در گره نیز افزایش یافت (جداول ۵ و ٦).

بنابراین، تمامی ارقام آزمایش به مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم پاسخ مثبت نشان دادند. چون تثبیت فعال نیتروژن تا مرحله V_2 و V_3 سویا شروع نمی‌شود، وجود نیتروژن به‌عنوان آغازگر باعث تقویت رشد رویشی آن شده و گیاه با آمادگی بیشتر به مرحله زایشی وارد شده و عملکرد دانه افزایش می‌یابد (١٤، ۳۰). شمیت[1] و همکاران (۲۰۰۰) عنوان داشتند که با وجود ریزوبیوم‌های کافی در خاک، مصرف نیتروژن در دوره زایشی به ویژه اواخر گل‌دهی و زمان تشکیل غلاف و دانه‌بندی سویا باعث افزایش عملکرد می‌شود (۲۸). بهادری (۱۳۸۵) گزارش کرد که مصرف ۳۰ درصد نیتروژن در مرحله قبل از کاشت و ۷۰ درصد در مرحله R_5 بیشترین عملکرد دانه را نشان داد (۲). جذب زیاد پتاسیم توسط محصولات غنی از پروتئین به خاطر دخالت K^+ در انتقال و تجمع نیتروژن می‌باشد، زیرا غلظت نیتروژن

1. Mengel and Braunchweig

1. Schmidte

در دانه‌های سویا حدود پنج برابر بیشتر از غلظت آن در دانه‌های ذرت است (۲۷).

نتیجه‌گیری کلی

به طورکلی نتیجه‌گیری می‌شود که علی‌رغم وجود قابلیت تثبیت بیولوژیک نیتروژن در سویا، از آن‌جایی که میزان تثبیت نیتروژن در مراحل ابتدایی رویش گیاه ناکافی است، لذا افزودن کود نیتروژن به‌عنوان آغازگر می‌تواند نقش مهمی در تقویت سبزینه گیاه داشته باشد، به ویژه pH بالا در مناطق دارای بنیان‌های آهکی مثل دشت شیروان و بجنورد می‌تواند مانع از گره‌بندی سویا شود و مصرف کودهای نیتروژن در چنین شرایطی منجر به حصول عملکرد بالاتر در این گیاه روغنی می‌گردد. کالیسکان و همکاران (۲۰۰۸) نیز نتیجه گرفتند که کاربرد کود آغازگر و سرک نیتروژن می‌تواند در بهبود رشد اولیه و عملکرد نهایی سویای تلقیح شده در خاک‌های مناطق مدیترانه‌ای (دارای بیکربنات و pH بالا) مفید باشد (۱۲). به‌علاوه کاربرد کودهای پتاسیم نیز می‌تواند در بالا بردن عملکرد دانه نقش مکمل کودهای نیتروژن را داشته باشد. هم‌چنین ویلیامز به عنوان رقم مناسب برای کاشت در منطقه، قابل توصیه می‌باشد.

تحقیقات آینده باید در راستای تعیین دقیق سهم نیتروژن خاک، تثبیت بیولوژیک نیتروژن و کود نیتروژن در رشد و عملکرد سویا در طی مراحل مهم رشد آن باشد. استفاده از تکنیک‌هایی مانند جای‌گذاری عمیق کود نیتروژن با خاصیت رهاسازی آهسته به منظور تأمین نیتروژن مورد نیاز سویا، بدون تأثیر منفی بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن یا اثر انواع و زمان مصرف کودهای پتاسیم و نیتروژن در شرایط آبی و دیم بر عملکرد دانه سویا از پیشنهادات دیگر این تحقیق می‌باشد.

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانم از اساتید گرانقدر آقایان دکتر آینه‌بند، دکتر عزیزی، دکتر سلطانی و دکتر دادخواه تشکر و قدردانی نمایم. این تحقیق با همکاری دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، دانشکده کشاورزی شیروان و مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان شمالی انجام گرفت، لذا مراتب سپاس و قدردانی از آنان به عمل می‌آید.

جدول ۱- مشخصات خاک محل های اجرای آزمایش(توسط آزمایشگاه آنالیز آب- خاک-گیاه شرکت خاک پویان پارسیان بجنورد به شماره ثبت ۲٤۳۵۰).

محل آزمایش	عمق (cm)	هدایت الکتریکی (mmhos/cm)	pH (گل اشباع)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	بافت خاک
شیروان	۳۰-۰	٤/٦	۷/۹۷	۰/۰۷۱	۱۸/۱۰	۲٤۰	نیمه سنگین رسی - سیلتی
بجنورد	۳۰-۰	٤/٤	۷/۱۵	۰/۰٦۵	۱۷/۹۵	۲۲۵	نسبتاً سنگین سیلتی- رس

جدول۲ - نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی سویا.

منابع تغییر	درجات آزادی	مقادیر F								
		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد گره در ساقه	تعداد غلاف در گره	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد شاخه‌های فرعی (گرم در بوته)	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	تعداد غلاف در شاخه‌های فرعی
محیط (E)	۱	۱/۹۶ ns	۸/۹۲*	۰/۹۵ ns	۱۳/۵*	۲۰/۲*	٦۹/٤**	۵/۵ ns	۱۰/۸۱*	۱۳/۱۸*
خطای a (بلوک در محیط)	٤									
رقم (V)	۲	۲۷۳/۳**	٤۰۳/۱**	٤۱۳/٦**	۹۸/۳**	۵۵/٤۹**	۲۲/۳۹**	۱۰/۷۱**	۱ ns	۳/۲۵*
E×V	۲	۰/۱۱	۳/۲۵*	۰/۰۸	۱/۱	۲/۳٦	۱/۵	۲/۳٦	۳/۱۹	۲/۳۹
کود نیتروژن (N)	۳	۱۷۰/۱**	۰/۳۱ ns	۱۲۰/۹**	۱/۵ ns	۱/۸ ns	۰/۷ ns	۱/۱ ns	۰/٦ ns	۰/٤ ns
E×N	۳	۰/۱۱	۱/۲۲	۰/۱۱	۰/۱۵	۲/۲	۱/۸	۲/۵	۰/۸	۱/۱
V×N	٦	۵/۱۹**	۰/٤۷	۳/۹٤**	۰/٦	۰/۳	۰/٦	۰/۸	۰/۵	۰/۳
E×V×N	٦	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۰۹	۰/۸	۰/٦	۰/۷	۰/٦	۰/۷	۱/٤
کود پتاسیم (K)	۲	٤۱/۵۱**	۰/٦۵ ns	۵٤/٦**	۰/۱ ns	۰/۱ ns	۲/۱ ns	۰/٤ ns	۰/۹ ns	۰/۱٤ ns
E×K	۲	۰/۱۱	۲/۱۲	۰/۰۸	۰/٤	۰/۸	۱/۹	۱/۱	۰/۲۵	۰/۵
V×K	٤	۰/۳۸	۰/٦	۲/۵*	۰/٦	۰/۳	۲/٦	٤/۳	۰/۵	۱/۱
E×V×K	٤	۰/۱۱	۱/٦	۰/۱	۰/۹	۱/٦	۲/۵	۱/۸	۰/۱	۱/۱
N×K	٦	۱/۹۲	۱/۵۵	۰/٦	۰/۸	۰/۳	۱/٦	۰/٦	۲/۲	۱
E×N×K	٦	۰/۱۱	۰/۲۹	۰/۰۹	۰/۵	۰/٤	۰/٤	۱/٤	۱/٤	۱/۲
V×N×K	۱۲	۰/٤	۰/۸۹	۰/۷	۰/۷	۰/۹	۱/۳	۱	۰/۹	۱/٦
E×V×N×K	۱۲	۰/۱۱	۰/٤	۰/۱	۱/۵	۱/۱	۰/۹	۰/٤	۱/۹	۰/۹۹
خطای b	۱٤۰									
ضریب تغییرات (٪)		۷/۷۹	۱۰/۹۲	٦/۲۱	۱٤/۳	۱۲/۹	۲۵/۲	۲٦	۱٤/۹	

* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ ؛ ns غیر معنی‌دار

جدول ۳ – مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا در سطوح مختلف کودهای نیتروژن و پتاسیم (تجزیه مرکب).

منابع تغییر	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تعداد گره (در ساقه اصلی)	تعداد غلاف (در هر گره)	تعداد دانه (در هر غلاف)	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد شاخه های فرعی (گرم در بوته)
محیط آزمایش:						
شیروان(۱۳۸۵)	۲۶۵۹a	۱۶/۹۵a	۳/۲۳a	۲/۵۴b	۹/۶۵b	۱۱/۸۹a
بجنورد(۱۳۸۶)	۲۵۴۹a	۱۴/۸۵b	۳/۱۲a	۲/۷۹a	۱۰/۷۵a	۵/۳۱b
ارقام سویا:						
هابیت	۲۷۱۶b	۱۱/۱۴b	۳/۷۲a	۲/۴۹c	۱۰/۷۴a	۱۰/۵۴a
سپیده	۲۱۹۵c	۱۸/۳۴a	۲/۸۷b	۲/۸۵a	۸/۸۷b	۶/۶۸c
ویلیامز	۲۹۳۱a	۱۸/۱۵a	۲/۹۳b	۲/۶۵b	۱۰/۹۸a	۸/۵۸b
سطوح مختلف نیتروژن:						
صفر(شاهد)	۲۱۳۳d	۱۵/۸۱a	۲/۸۱d	۲/۶۷a	۹/۹۳a	۸/۱۹a
۵۰ کیلوگرم در هکتار	۲۵۳۸c	۱۵/۷۷a	۳/۰۸c	۲/۶۵a	۱۰/۰۶a	۸/۴۳a
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار	۲۷۷۵b	۱۵/۸۵a	۳/۳۳b	۲/۶۴a	۱۰/۳۳a	۸/۶۵a
۱۵۰ کیلو گرم در هکتار	۲۹۷۰a	۱۶/۰۷a	۳/۴۸a	۲/۷a	۱۰/۴۶a	۹/۱۳a
سطوح مختلف پتاسیم:						
صفر(شاهد)	۲۴۶۷c	۱۵/۷a	۳/۰۲c	۲/۶۵a	۱۰/۲۳a	۹/۰۹a
۸۰ کیلوگرم در هکتار	۲۵۷۳b	۱۶/۰۳a	۳/۱۴b	۲/۶۶a	۱۰/۱۳a	۷/۹۴a
۱۶۰ کیلوگرم در هکتار	۲۷۷۱a	۱۵/۹۰a	۳/۳۶a	۲/۶۷a	۱۰/۲۰a	۸/۷۷a

در هر ردیف، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از لحاظ آماری در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول٤- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و کود نیتروژن بر عملکرد دانه سویا

رقم	مقدار مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار			
	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
هایبت	۲۰۷۳f	۲۶۶۱d	۲۹۶۱bc	۳۱۶۷a
سپیده	۱۸۲۱g	۲۰۵۹f	۲۲۷٤e	۲۵۰٤d
ویلیامز	۲۵۰۵d	۲۸۹۲c	۳۰۸۸ab	۳۲۳۸a

جدول۵- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و کود نیتروژن بر تعداد غلاف در گره سویا

رقم	مقدار مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار			
	۰	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
هایبت	۳/۳۷c	۳/۶۸b	۳/۸۸a	۳/۹۷a
سپیده	۲/۶۱fg	۲/۷۶ef	۳/۰٤d	۳/۱d
ویلیامز	۲/٤۸g	۲/۷۹e	۳/۰۷d	۳/۳۷c

جدول٦- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و کود پتاسیم بر تعداد غلاف در گره سویا

رقم	مقدار مصرف پتاسیم بر حسب کیلوگرم در هکتار		
	۰	۸۰	۱۶۰
هایبت	۳/۵c	۳/۶۸b	۳/۹۷a
سپیده	۲/۷۷e	۲/۸۶e	۳d
ویلیامز	۲/۷۹e	۲/۸۸e	۳/۱d

منابع

۱- بیک نژاد، ص. ۱۳۸٦. بررسی مصرف مقادیر مختلف پتاسیم و منیزیم بر صفات زراعی ژنوتیپ‌های سویا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۷۸ص.

۲- بهادری، م. ۱۳۸۵. اثرات تاریخ کاشت، تقسیط نیتروژن و ریزوبیوم بر صفات زراعی سویا لاین۳۳. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۱۰۹ص.

۳- سروری، د. ۱۳۸۷. اثر عناصر پتاسیم، روی ومنگنز بر صفات کمی و کیفی سویا در منطقه بجنورد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۹۵ص.

٤- عزیزی، م. ۱۳۷۷. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا. پایان‌نامه دکتری زراعت دانشگاه فردوسی مشهد، ۱٤۳ص.

۵- لطیفی، ن. ۱۳۷۲. زراعت سویا: زراعت، فیزیولوژی و مصارف. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۱۰ ص.

6. Achakzai, A. K. K., and Kayani, S. A. 2002. Effect of fertilizer, inoculation and sowing time on the chemical composition of field grown soybean seeds. Asian Journal of Plant Science 6:618-621.
7. Afza, R., Hardarson, G., Zapata, F., and Danso, S. K. A. 1987. Effects of delayed soil and foliar N fertiliztion on yield and N_2 fixation of soybean. Plant Soil 97:361-368.
8. Al-Ithawi, B., Deibert, E. J., and Olson, R. A. 1980. Applied N and moisture level effects on yield, depth of root activity, and nutrient uptake by soybeans. Agronomy Journal 72:827-832.
9. Beard, B. H., and Hoover, R. M. 1971. Effect of nitrogen on nodulation and yield of irrigated soybeans. Agronomy Journal 63:815-816.
10. Borkert, C. M., and Sfredo, G. J. 1994. Fertilizing tropical soils for soybean. In: Tropical soybean, improvement and production. FAO Plant Production and Protection Series (FAO), no. 27 / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, Londrina (Brazil). Centro Nacional de Pesquisa de Soja, p. 175-200.
11. Brevedan, R. E., Egli, D. B., and Leggett, J. E. 1978. Influence of N nutrition on flower and pod abortion and yield of soybeans. Agronomy Journal. 70:81-84.
12. Caliskan, S., Ozkaya, I., 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 Research 108: 126-132.
13. Chen, Z., Mackenzie, A. F., and Famous, M. A. 1992. Soybean nodulation and grain yield as influenced by N-fertilizer rate, plant population density and cultivar in southern Quebec. Canadian Journal of Plant Science 72: 1049-1056.
14. Dibert, E. J., Bigercyo, M., and Olson, R. A. 1979. Utilization of N_{15} fertilizer by nodulating and nonnodulating soybean isolines. Agronomy Journal 71:715-723.
15. Eaglesham, A. R. J., Hassouna, S., and Seegers, R. 1983. Fertilizer-N effects on N_2 fixation by cowpea and soybean. Agronomy Journal 75:61-66.
16. Gething, P. A. 1986. Improving returns from nitrogen fertilizer, the potassium- nitrogen partnership. IPI Research Topics, No. 13. Switzerland.
17. Grove, J. H., Thom, W.O., Murdock, L. W., and Herbek, J. H. 1987. Soybean response to available potassium in three silt loam soils. Soil Science 51:1231-1238.
18. Ham, G. E., Liener, I. E., Evans, S. D., Frazier, R. D., and Nelson, W. W. 1975. Yield and composition of soybean seeds as affected by N and S fertilization. Agronomy Journal 67:293-297.
19. Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Second Edition. London.
20. Mengel, K., and Braunchweig, L. C. V. 1972. The effect of soil moisture on the availability of potassium and its influence on the growth of young maize plants. Soil Science 114:142-148.
21. Morrison, M. J., Voldeng, H. D., and Cober, E. R. 1999. Physiological changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars. Canadian Agronomy Journal 91:685-689.
22. Morrison, M. J., Voldeng, H. D., and Cober, E. R. 2000. Agronomic changes from 58 years of genetic improvement of short-season soybean cultivars. Canadian Agronomy Journal 92: 780-784.
23. Nohara, T., Nakayama, N., Takahashi, M., Maruyama, S., Shimada, S., and Arihara, J. 2005. Cultivar differences in dependence of nitrogen fixation of soybeans in the field with a high soil nitrate level determinated by the relative ureide abundance method. Japanese Journal of Crop Science 3:316-324.

24. Osborne, S. L., and Riedell, W. F. 2006. Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the northern great plains. Agronomy Journal 98:1569-1574.
25. Rao, M. S. S., Mullinix, B. G., Rangappa, M., Cebert, E., Bhagsari, A. S., Sapra, V. T., Joshi, J. M., and Dadson, R. B. 2002. Genotype - environment interactions and yield stability of food-grade soybean genotyps. Agronomy Journal 94:72-80.
26. Ray, J. D., Heatherly, L. G., and Fritschi, F. B. 2005. Influence of large amounts of nitrogen on nonirrigated and irrigated soybean. Crop Science 46:52-60.
27. Scharder, L. E., and Briskin, P. 1989. Mineral Nutrition of Soybeans. University of Illinois, Urbana, USA.
28. Schmidte, P. J., Michael, A., Randall, W., and Lamb, J. A. 2000. Swin manure application to nodulating and nonnodulating soybean. Agronomy Journal 92:987-992.
29. Sorensen, R. C., and Penas, E. J. 1978. Nitrogen fertilization of soybeans. Agronomy Journal. 70:213-216.
30. Starling, M. E., Wood, C. W., and Weaver, D. B. 1998. Starter nitrogen and growth habit effects on late-planted soybean. Agronomy Journal 90:658-662.
31. Syverud, T. D., Walsh, L. M., Oplinger, E. S., and Kelling, K. A. 1980. Foliar fertilization of soybean (*Glycine max L.*). Commun. Soil Science 11:637-651.
32. 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 Science 45:854-858.
33. Touchton, J. T., and Rickerl, D. H. 1986. Soybean growth and yield response to starter fertilizers. Soil Science 50:234-237.
34. Varco, J. J. 1999. Nutrition and fertility requirements. P. 53-70. In L.G. Heatherly and H.F. Hodges (eds.): Soybean Production in the Mid-south. CRC Press, Boca Raton, FL.
35. Weber, C. R. 1966. Nodulating and nonnodulating soybean isolines: II. Response to applied nitrogen and modified soil conditions. Agronomy Journal 58:46-49.
36. Wesley, T. L., Lamond, Martin, V. L., and Duncan, S. R. 1998. Effects of late-season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yied and composition. Journal of Productive Agriculture 11:331-336.
37. Wood, C. W., Torbert, H. A., and Weaver, D. B. 1993. Nitrogen fertilizer effects on soybean growth, yield, and composition. Journal of Productive Agriculture 6:354-360.