

تأثیر کود پتاسیم بر رشد و عملکرد ارقام سویا در خراسان شمالی

حمید حاتمی^{□*}، امیر آینه بند^۲، مهدی عزیزی^۳، افشین سلطانی^۴ و علیرضا دادخواه^۵

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز؛ hamhatami@yahoo.com

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، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان

چکیده

به منظور بررسی اثر کود پتاسیم بر عملکرد و رشد ارقام سویا آزمایشی در دو محیط (سال ۱۳۸۵ در دانشکده کشاورزی شیروان و سال ۱۳۸۶ در مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان شمالی) بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل رقم در سه سطح (هابیت، سپیده و ویلیامز از گروه رسیدگی ۳) و کود پتاسیم در سه سطح (صفر، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار) بود. نتایج تجزیه مرکب داده ها نشان داد که عملکرد دانه بطور معنی داری تحت تأثیر رقم و کود پتاسیم قرار گرفت، به طوری که رقم ویلیامز بیشترین عملکرد را نسبت به دو رقم دیگر نشان داد. همچنین با افزایش مصرف کود پتاسیم بر عملکرد دانه افزوده شد. در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در گره تحت تأثیر هر دو فاکتور آزمایش قرار گرفت اما تعداد گره در ساقه، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد شاخه های فرعی فقط تحت تأثیر فاکتور رقم قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل رشد نشان داد که مصرف کود پتاسیم باعث بهبود روند تغییرات کلیه پارامترهای رشد گیاه اعم از وزن خشک (DM)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت رشد محصول (CGR)، شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت جذب خالص (NAR) در همه ارقام سویا شد. همچنین ارقام ویلیامز و سپیده به لحاظ روند تغییرات شاخص های فوق نسبت به رقم هابیت برتری نشان دادند.

واژه های کلیدی: ارقام سویا، کود پتاسیم، عملکرد دانه، شاخص های رشد.

مقدمه

غذایی خاص از جمله پتاسیم می شود. محصولاتی همچون سویا که محتوی پروتئین بالایی هستند (به خاطر دخالت یون پتاسیم در انتقال و تجمع نیترژن) در مقایسه با سایر محصولات دانه ای، پتاسیم بیشتری از خاک برداشت می کنند (Scharder and Briskin, 1989). در تحقیقی معلوم شد که با کاربرد ۹۰ کیلوگرم در هکتار

شواهد زیادی حکایت از پاسخ مناسب سویا به حاصلخیزی خاک و مصرف کود دارند (Gething, 1986). هنوز بسیاری از کشاورزان دنیا، مستقیماً به زراعت سویا کود نمی دهند و گیاه از بقایای مواد غذایی یا کاه و کلش تجزیه شده محصول قبلی استفاده می نماید که این به نوبه خود باعث عدم کفایت و فراهمی برخی از عناصر

۱- آدرس نویسنده مسئول: اهواز، بلوار پاسداران، سه راهی فرودگاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت.

* دریافت: ۸۹/۱/۱۸ و پذیرش: ۸۹/۵/۳

اکسید پتاسیم، عملکرد دانه سویا افزایش یافت (Singh, Deshmuka et al., 1994) با کاربرد مقادیر ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم، گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه سویا، با افزودن ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم، بدست آمد. Mahler و همکاران (۱۹۸۵) مشاهده کردند که، میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم، عملکرد و وزن صد دانه سویا را به طور معنی دار افزایش داد. این اثرات مستلزم کاربرد آب کافی در مرحله گلدهی گیاه بود. Rehm (۱۹۹۵) در یک آزمایش مزرعه ای روی سویا مقادیر ۰، ۳۷، ۷۴ و ۱۴۸ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم را بصورت نواری بکار برد و نتیجه گرفت، اثر کاربرد پتاسیم بر عملکرد سویا، معنی دار بود. Mallarino و Borges (۲۰۰۰) روشهای کاربرد کودهای پتاسیم و فسفر را در زراعت بدون شخم سویا مورد ارزیابی قرار داده و اعلام کردند که، عملکرد گیاه در اثر کاربرد پتاسیم، بطور معنی دار افزایش یافت. عزیزی (۱۳۷۷) با کاربرد مقادیر ۰، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم در سویای رقم هایت، نتیجه گرفت با افزایش مصرف کود پتاسیم، اثر منفی تنش آب تعدیل شده و عملکرد دانه افزایش یافت. ایشان اعلام کرد، اگر سویا در معرض تنش رطوبتی قرار گیرد، ولی دسترسی بیشتری به پتاسیم موجود در خاک داشته باشد، ممکن است با افزایش میزان وزن دانه در شاخه های فرعی تا حدی کاهش عملکرد ناشی از تنش را، جبران نماید. نتایج حبیب زاده طبری (۱۳۸۲) نشان داد که، اثر اصلی سطوح مختلف کود پتاسیم از نظر آماری بر عملکرد، تعداد غلاف در گیاه و وزن هزار دانه معنی دار است. بیک نژاد (۱۳۸۶) مقادیر ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم را در سه ژنوتیپ بکار برد و نتیجه گرفت با افزایش مصرف پتاسیم، عملکرد دانه و تعداد دانه در غلاف اصلی بطور معنی داری، افزایش یافت. در آزمایشی مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه سویا در اثر مصرف کود سولوپتاس بدست آمد. مصرف سولوپتاس، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه فرعی و وزن دانه را نیز افزایش داد

(سروری، ۱۳۸۷). شناخت و بررسی شاخص های رشد، در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزاء آن از اهمیت زیادی برخوردار است و ثبات آن، تعیین کننده مقدار ماده خشک تولیدی است و کل ماده خشک تولیدی، معیاری از پتانسیل عملکرد است (Gardner et al., 1985). Peaslee و همکاران (۱۹۸۵) با کاربرد سطوح مختلف کود پتاسیم در سه رقم سویا، نتیجه گرفتند که بالاترین غلظت پتاسیم بکار رفته، به طور معنی داری سبب افزایش سطح برگ در مرحله گلدهی می گردد و عملکرد را به میزان ۲/۵ درصد افزایش می دهد. عزیزی (۱۳۷۷) گزارش کرد که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاسیم، باعث بهبود روند تغییرات کلیه پارامترهای رشد گیاه اعم از سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت جذب خالص (NAR) در همه رژیم های آبیاری گردید. در تحقیق بیک نژاد (۱۳۸۶) مشخص شد که، مصرف کود پتاسیم اثر معنی داری بر شاخص های رشد از جمله CGR و RGR داشت، به طوری که بیشترین میزان CGR و RGR سویا در بین سطوح مختلف پتاسیم، در مقدار ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بدست آمد. با توجه به عدم سابقه کشت سویا در استان خراسان شمالی تصمیم گرفته شد، آزمایشی به منظور بررسی پاسخ رقم های مختلف سویا به کاربرد کود پتاسیم انجام گیرد تا رقم مناسب سویا جهت کاشت در مزارع استان و همچنین میزان مطلوب مصرف کود پتاسیم در منطقه مشخص گردد.

مواد و روش ها

آزمایش در دو محیط (سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی شیروان با بافت خاک نیمه سنگین رسی سیلتی و سال ۱۳۸۶ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی واقع در چهار کیلومتری بجنورد با بافت خاک سیلتی-رسی-لوم) بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوکهای کامل

(NAR) که همگی بر اساس درجه روز رشد (GDD) بودند. GDD تجمعی از فرمول زیر محاسبه شد (Karimi and Siddique, 1991):

$$H_i = \sum [((T_{max} + T_{min})/2) - T_b]$$

که در آن، H_i شاخص حرارتی روزانه بر حسب درجه روز رشد، T_{max} حداکثر دمای روزانه با حد بالایی ۳۰ درجه سانتی گراد، T_{min} حداقل دمای روزانه با حد پائینی ۱۰ درجه سانتی گراد و T_b ، درجه حرارت پایه گیاه می باشد، که برای سویا ۱۰ درجه سانتی گراد تعیین گردیده است (عزیزی، ۱۳۷۷). CGR، RGR و NAR از روابط زیر بدست آمد (Russell et al., 1984):

$$CGR = d(DM)/dH \times 1/G$$

$$RGR = d(DM)/dH \times 1/(DM)$$

$$NAR = 1/LA \times d(DM)/dH$$

که در آن $d(DM)$ تغییرات وزن خشک اندام هوایی (گرم)، LA تغییرات سطح برگ (سانتی متر مربع)، dH تغییرات درجه روز رشد (درجه سانتی گراد در روز) و G واحد سطح مزرعه (مترمربع) می باشد. برای تعیین تغییرات لحظه ای شاخص های رشد، شناخت بهترین رابطه ای که وزن خشک (DM) و سطح برگ (LA) گیاه را نسبت به شاخص حرارتی (GDD) توضیح دهد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برای تعیین بهترین رابطه وجود از برنامه کامپیوتری Curve Expert استفاده شد و در بین معادلات ارائه شده، بهترین معادله برای توضیح ماده خشک و سطح برگ در طول فصل رشد، بر اساس بهترین ضریب تشخیص (R^2)، انتخاب گردید و سپس منحنی های رشد با کمک نرم افزار Excel ترسیم شدند.

در پایان فصل رشد از دو خط میانی هر کرت مساحتی معادل شش متر مربع جهت اندازه گیری عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی برداشت شد. همچنین از هر کرت پنج بوته بطور

تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل رقم (هابیت، ویلیمز و سپیده از گروه رسیدگی سه) و کود پتاسیم (۰، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار) بود. مقادیر کود با توجه به آزمایش خاک، نیاز گیاه و بررسی منابع انتخاب شدند. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی متر 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 دو سال، پانزدهم اردیبهشت بصورت دستی در وسط پشته ها با فاصله ۵ سانتی متر در روی ردیف صورت گرفت. بذور سویا قبل از کاشت با باکتری *Bradyrhizobium japonicum* تلقیح شدند. کود سولفات پتاسیم همزمان با کاشت به خاک اضافه شد. آبیاری در طی فصل رشد بصورت نشتی انجام گرفت و آب مورد استفاده دارای هدایت الکتریکی ۲۰۴۰ میکرو موس بر سانتی متر و غلظت یونهای کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، بیکربنات، کلر و سولفات آن به ترتیب ۶/۵، ۱۰، ۴، ۰/۱، ۶/۷، ۵ و ۸/۸ میلی اکی والان گرم بر لیتر و اسیدیته ۷/۳۵ بود. برای مطالعه روند رشد و نمو سویا، هر دو هفته یکبار از مرحله سبز شدن تا رسیدگی گیاه، از کلیه کرتها نمونه برداری صورت گرفت (خطوط دوم و پنجم هر کرت). در هر بار نمونه برداری نیم متر طولی بطور تصادفی از ردیف کاشت، برداشت شد. مراحل نمو گیاهان برداشت شده با روش ارایه شده توسط Fehr و Caviness (۱۹۸۰) تعیین گردید. پس از آن نمونه ها سریعاً به آزمایشگاه منتقل شده و در آنجا، سطح برگ گیاهان توسط دستگاه سطح برگ سنج اندازه گیری شدند. آن گاه نمونه ها درون پاکت کاغذی قرار گرفته و در آن تهویه دار در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس نمونه های خشک شده با ترازوی حساس تا دقت یکصدم گرم، توزین شدند. شاخص های رشد محاسبه شده عبارت بودند از: سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، شاخص سطح برگ (LAI) و سرعت جذب خالص

کاشت می باشد. کاربرد پتاسیم باعث افزایش وزن خشک اندامهای هوایی در مقایسه با تیمار شاهد شد (شکل ۲). مقایسه روند تغییرات تجمع ماده خشک در طول فصل رشد در ارقام مورد آزمایش (شکل ۳) نشان می دهد که تا مرحله R₅ هر سه رقم از الگوی یکسانی پیروی کرده اند، اما از این زمان به بعد اختلاف محسوسی در تجمع ماده خشک بین رقم هایبیت و دو رقم دیگر دیده می شود. در این تحقیق، سرعت رشد نسبی به صورت گرم بر گرم بر ۱۰ درجه روز رشد تعریف شده است. سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد با استفاده از فرمول محاسبه گردید.

$$RGR=b+2cH$$

روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد در ارقام سویا با یکدیگر تفاوت داشت (شکل ۵). به طوری که در ابتدای فصل رشد رقم هایبیت دارای RGR بالاتری از ویلیامز و سپیده بوده اما در انتهای فصل رشد بطور محسوسی کمترین RGR متعلق به این رقم بوده و رقم ویلیامز بیشترین RGR را دارا می باشد. سرعت رشد محصول در این مطالعه بر اساس ماده خشک تجمعی (گرم) در واحد سطح مزرعه (مترمربع) و در ۱۰ درجه روز رشد تعریف شده است. به منظور محاسبه روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول فصل رشد از رابطه زیر استفاده شد.

$$CGR= DM \times RGR$$

رقم هایبیت کمترین سرعت رشد محصول و ارقام ویلیامز و سپیده با اختلاف بسیار ناچیزی با هم بیشترین CGR را نشان دادند (شکل ۷). از میان معادلات موجود، بهترین رابطه ای که توانست تغییرات سطح برگ گیاه را در تیمارهای مختلف طی فصل رشد توضیح دهد، معادله زیر بود، که در آن LA سطح برگ اندامهای هوایی، EXP لگاریتم در پایه طبیعی و H میزان GDD تجمعی پس از کاشت می باشد.

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 شاخه های فرعی اندازه گیری شدند. داده های آزمایش توسط نرم افزار SAS تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن صورت گرفت.

نتایج

تجزیه مرکب داده های آزمایش نشان داد که تأثیر محیط بر عملکرد دانه سویا معنی دار نمی باشد، اما سایر عوامل آزمایشی اثر معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) بر این صفت داشتند (جدول ۲). در بین ارقام، رقم ویلیامز نسبت به رقم های سپیده و هایبیت به ترتیب ۲۵٪ و ۷٪ برتری عملکرد نشان داد (جدول ۳). مصرف ۱۶۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار در مقایسه با عدم مصرف کود سولفات پتاسیم، عملکرد دانه سویا را ۱۱٪ افزایش داد (جدول ۳). در رابطه با اجزای عملکرد دانه، سطوح کود پتاسیم تأثیر بسیار معنی داری (در سطح احتمال ۱٪) را در مورد تعداد غلاف در گره نشان داد (جدول ۲). جهت بررسی روند تغییرات ماده خشک گیاه در طول فصل رشد از معادلات ریاضی متعددی استفاده گردید. در این فرمول ها از درجه روز رشد تجمعی به جای تقویم زمانی پس از کاشت بهره گیری شد. نهایتاً معادله ای که از نظر آماری معنی دار بوده و به خوبی پراکنش نقاط واقعی رادر اطراف منحنی، بطور منطقی و از دیدگاه فیزیولوژیکی توجیه می کرد، انتخاب شد. از میان معادلات موجود، بهترین رابطه ای که توانست وزن خشک گیاه را در تیمارهای مختلف در طول فصل رشد توضیح دهد، عبارت بود از:

$$DM=EXP(a+bH+cH^2)$$

که در آن، DM وزن خشک اندامهای هوایی، EXP لگاریتم در پایه طبیعی و H میزان GDD تجمعی پس از

بسیار معنی داری را میان محتوی پتاسیم تاج گیاه و عملکرد دانه ذرت گزارش کردند. این رابطه خطی به وضوح نشان داد که غلظت یون پتاسیم در داخل گیاه، عاملی برای کنترل عملکرد بوده و در عین حال خود نیز از شرایط فراهمی پتاسیم در خاک تأثیر می گیرد. این فراهمی تحت تأثیر میزان یون پتاسیم تبدالی 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 می کند (عزیزی، ۱۳۷۷). در تحقیق دیگری مشخص شد که مصرف کود پتاسیم علاوه بر اثری که بر افزایش عملکرد دانه دارد، موجب افزایش معنی داری در غلظت یون پتاسیم K^+ برگ سویا نیز می شود. در این رابطه به نظر می آید که فراهمی پتاسیم در خاک عامل مؤثر بر افزایش عملکرد و K^+ برگ باشد (Grove et al., 1987). شکل ۱ همبستگی مثبت و معنی داری را میان درصد پتاسیم برگ و عملکرد دانه نشان می دهد. با توجه به اینکه عملکردهای بالاتر با مصرف مقادیر بیشتر کود پتاسیم بدست آمده اند، می توان افزایش بیشتر K^+ تبدالی در فاز محلول خاک را عامل افزایش غلظت پتاسیم موجود در برگ دانست. اختلاف در فراهمی K^+ برای گیاه سویا در غلظت این یون در اندامهای گیاهی منعکس می شود. به طوری که می توان با آنالیز بافت های گیاهی به ارزیابی سطح فراهمی K^+ برای گیاه پرداخت. در این مورد تأیید شده است که غلظت K^+ در بالاترین برگهای روی بوته که رشد خود را کامل کرده باشند، در پیش از مرحله نمو شروع غلاف بندی R_3 همبستگی نزدیکی با عملکرد دانه سویا نشان می دهد (Sartain et al., 1979). در این مرحله از رشد و در چنین برگهایی سطح کفایت K^+ حدود ۱۷ تا ۲۰ گرم پتاسیم به ازای کیلوگرم (۱/۷ تا ۲/۰٪) گزارش شده است. برگهایی که کمتر از ۱۵ گرم پتاسیم به ازای کیلوگرم (۱/۵٪) داشته باشند، علائم مشخصی از کمبود را نشان می دهند (عزیزی، ۱۳۷۷). افزایش تعداد غلاف ناشی از مصرف پتاسیم قبلاً

$$LA = \text{EXP} (a' + b'H + c'H^2)$$

چنین رابطه ای پیش از این توسط محققین دیگر نیز استفاده شده بود. شکل ۸ نشان می دهد که سطوح بالای پتاسیم مصرفی در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود) به لحاظ شاخص سطح برگ، برتری نشان می دهد و این برتری عمدتاً از مراحل زایشی گیاه شروع شده و تا انتهای فصل رشد ادامه می یابد. شکل ۹، روند تغییرات سطح برگ را در ارقام سویا نشان می دهد. مطابق شکل بیشترین شاخص سطح برگ را رقم ویلیامز به خود اختصاص داده و ارقام سپیده و هایت در رتبه های بعدی قرار گرفته اند. البته اختلاف بین ارقام در LAI تا مرحله R_2 ناچیز است و از آن به بعد به طور محسوسی افزایش یافته است. مبنای واحد حرارتی در محاسبه این شاخص نیز 10GDD می باشد. به منظور محاسبه روند تغییرات سرعت جذب خالص در طول فصل رشد از معادله زیر استفاده شد (عزیزی، ۱۳۷۷).

$$NAR = CGR/LA$$

روند کلی تغییرات NAR نزولی است. شیب کاهش تا نیمه مرحله دانه بندی R_5 نسبتاً ملایم بوده و پس از آن شدت می گیرد. شاخص NAR نیز همانند بقیه شاخص های رشد به مصرف کود پتاسیم پاسخ نشان داد (شکل ۱۰). شکل ۱۱، عکس العمل ارقام مختلف آزمایش را در رابطه با شاخص NAR نشان می دهد. مطابق شکل رقم ویلیامز در اینجا نیز، برتری خود را به ارقام سپیده و هایت نشان داد.

بحث

عزیزی (۱۳۷۷) و بیک نژاد (۱۳۸۶) گزارش کردند که، افزایش کاربرد اکسید پتاسیم در سویا با افزایش عملکرد دانه همراه بود. محققین دیگری به نتایج مشابه در سایر محصولات زراعی رسیدند. همچنین همبستگی خطی

خشک گیاهی با افزایش مقدار پتاسیم زیادتر می شود تا اینکه کمبود برطرف شود. هنگامی که به نقطه کفایت عنصر نزدیک می شویم، واکنش گیاه هم از بین می رود، پس از این نقطه کاربرد کود بیشتر نه تنها سود آشکاری برای گیاه ندارد، بلکه در مواردی ممکن است به آن آسیب وارد سازد یا باعث کاهش اجزای رشد گیاه گردد (حق نیا و ریاضی، ۱۳۶۸). عدم دسترسی به منبع فراهمی از پتاسیم خاک بویژه در مراحل حساس رشد زایشی سویا (از جمله دانه بندی) منجر به تولید و انتقال ماده فتوسنتزی کمتر و در نتیجه وزن خشک اندک در سطح صفر پتاسیم شده است. عزیززی (۱۳۷۷) نیز به نتیجه مشابهی رسیده بود. به طوری که رقم هایبیت وزن خشک کمتری در مقایسه با ویلیامز و سپیده نشان می دهد که این امر ناشی از عادت رشد محدود بودن هایبیت می باشد. در صورتی که ویلیامز و سپیده دارای عادت رشدی نامحدود بوده و بعلاوه ادامه رشد رویشی پس از شروع گلدهی، توانستند ماده خشک بیشتری را در اندامهای هوایی شان جمع کنند. بطور کلی سرعت رشد نسبی با افزایش تجمع GDD، کاهش یافته و در پایان فصل حتی منفی هم می شود. این کاهش عمدتاً مربوط به افزایش سایه اندازی گیاه می باشد. چنین نتیجه ای توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Raper and Kramer, 1987). شکل ۴ نشان می دهد که کاربرد پتاسیم باعث افزایش RGR در مقایسه با شاهد شده است. سروری (۱۳۸۷) گزارش کرد مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم نسبت به تیمار شاهد، سرعت رشد نسبی بیشتری را برای سویا موجب شد. عزیززی (۱۳۷۷) اعلام کرد در سطوح بالای پتاسیم در انتهای فصل رشد سویا، چون بوته ها برگهای خود را به مدت بیشتری نسبت به شاهد و اولین سطح پتاسیم حفظ می کنند، دارای RGR بیشتری هم هستند یا شیب افت RGR در آنها ملایم تر است. اسدی (۱۳۷۸) گزارش کرد که در بین سه رقم سویای مورد آزمایش در مرحله رشدی R₁ تا R₅، بیشترین سرعت رشد نسبی را رقم هایبیت و کمترین را رقم ویلیامز به خود اختصاص داده بود. وی بیان داشت چون دوره

توسط مظفری (۱۳۷۳) و عزیززی (۱۳۷۷) گزارش شده بود. البته ایشان افزایش عملکرد دانه شاخه های فرعی را نیز تحت تأثیر کود پتاسیم مشاهده کرده بودند. کمبود پتاسیم در گیاه ریزش زودرس برگها را به دنبال دارد و این آهنگ در زمان پرشدن دانه شتاب بیشتری گرفته و سبب زردی برگها و پیری زودرس گیاه می شود. این پدیده به سبب اختلال در انتقال مواد به دانه در حال پرشدن، باعث کاهش وزن دانه می شود. پوکی غلاف یا پرشدن ناقص غلاف نیز از پیامدهای دیگر کمبود پتاسیم است (عزیززی، ۱۳۷۷). در توجیه اثرات منفی نقصان یا کمبود پتاسیم در خاک به روی اجزای عملکرد سویا، باید به نقش مهم یون پتاسیم در انتقال کربوهیدراتها در اندامهای گیاهی اشاره کرد. به نظر می رسد که اثر K⁺ روی انتقال مواد ساخته شده در فرآیند فتوسنتز یک اثر مستقیم و به احتمال زیاد مربوط به فرآیندهای فتوفسفوریلاسیون است. هرگاه مقدار K⁺ در گیاه زیاد باشد، احتمالاً تولید ATP که برای بارگیری آوندهای آبکش با مواد فتوسنتزی ضرورت دارد، افزایش می یابد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷). کمبود پتاسیم موجود در خاک در مرحله دانه بندی، سبب کاهش غلظت این عنصر در برگها به کمتر از ۱۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی می شود که ریزش غلاف، کاهش تعداد دانه و وزن صد دانه گیاه را به دنبال دارد (Hanway and Johnson, 1985). با پیشرفت زمان و افزایش GDD جمعی، وزن خشک کل اندامهای هوایی شروع به افزایش سریع می کند. رشد گیاه تا حدود 500GDD از زمان کاشت، بطئی بوده و افزایش از این زمان آغاز می شود. حداکثر تجمع وزن خشک حدوداً در انتهای پرشدن دانه ها (مرحله R₆) رخ می دهد. گیاه زمانی وارد مرحله R₅ شده است که حدود 1000GDD دریافت داشته است. حداکثر وزن خشک با حدود 1250GDD تطابق دارد. در هر صورت پس از این مرحله روند تجمع وزن خشک رو به کاهش می گذارد. علت کاهش وزن خشک کل اندام هوایی در اواخر فصل رشد به دلیل شروع ریزش برگ و دمبرگ گیاه می باشد. در حالت ایده آل، عملکرد و ماده

برتری بارزی را نسبت به سایر سطوح پتاسیم بویژه شاهد (عدم مصرف کود پتاسیم) نشان داد. وی خاطر نشان کرد که سطوح پایین پتاسیم (صفر و ۴۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار) شاخص سطح برگ کمتری را داشتند. کمبود پتاسیم چه ناشی از کمبود مطلق این عنصر در خاک و چه به خاطر کاهش قابلیت دسترسی به آن در اثر تنش خشکی باشد، باعث توقف گسترش سطح برگ می شود و سرعت تبادل کربن را بسیار کاهش می دهد. در سویا به دنبال کمبود پتاسیم برگ، کل سطح فتوسنتزکننده کاهش می یابد، ولی سرعت تشکیل برگ بی تأثیر از این کمبود حفظ می شود (Ozgun et al., 1965).

اسدی (۱۳۷۸) نیز گزارش کرد رقم ویلیامز حداکثر شاخص سطح برگ را در مرحله R_1 تا R_5 در بین سه رقم مورد آزمایش به خود اختصاص داد. عزیزی (۱۳۷۷) گزارش کرد مقادیر بالای پتاسیم در خاک بالاترین NAR را در فاصله زمانی گلدهی تا دانه بندی نشان می دهند. به نظر می رسد که این مورد به خاطر تحریک تشکیل و فعالیت فتوسنتزی مخازن جدیدی باشد که به خاطر فراهمی بیشتر پتاسیم، در این بازه زمانی به وجود می آیند. Egli و Zhen-wen (۱۹۹۱) با تأکید بر این که ۴۰ تا ۸۰ درصد گلهای سویا قبل از بلوغ یا تشکیل غلاف می ریزند، توضیح داده اند که پتانسیل تعداد میوه ودانه در سویا، معمولاً بسیار بیشتر از تعداد واقعی تولید شده در جامعه گیاهی است. تعداد مخازن زایشی متقاضی مواد فتوسنتزی نیز در فاصله R_1 تا R_5 افزایش چشمگیری پیدا می کند (Jiang and Egli, 1995) و در مقابل در سطوح پایین پتاسیم به خاطر بهره وری کمتر این مخازن از منابع فراهم این عنصر، ریزش و افت راندمان فتوسنتزی مشهود است، بنابراین با افزایش تقاضا در این بازه، فتوسنتز گیاهی افزایش می یابد و پیامد آن زیاد شدن تعداد غلاف و دانه های ماندگار بر روی گیاه خواهد بود. به طور کلی نتیجه گیری می شود که مصرف متعادل کود پتاسیم باعث بهبود روند تغییرات شاخص های رشد سویا شده و از این طریق

رشد هابیت نسبت به ویلیامز و سپیده کوتاوتر است (به خاطر رشد محدود بودن)، لذا مراحل رشدش طی فاصله زمانی کوتاوتری نسبت به دو رقم دیگر کامل شده و این امر به خاطر سرعت رشد نسبی بالای آن می باشد. سرعت رشد محصول (CGR) با پیشرفت زمان افزایش یافته و پس از رسیدن به حد نهایی خود شروع به کاهش نموده و در پایان فصل رشد حتی ممکن است منفی شود. کاهش شدید CGR پس از مرحله دانه بندی به خاطر اختصاص و متراکم شدن مواد فتوسنتزی در دانه، پیر شدن بخش رویشی گیاه و ریزش برگها صورت می گیرد (عزیزی، ۱۳۷۷). شکل ۶ گویای این واقعیت است که ارقام سویا عکس العمل مثبتی به مصرف کود پتاسیم نشان دادند. به عبارتی مصرف پتاسیم موجب افزایش سرعت رشد محصول در مقایسه با عدم مصرف (شاهد) شده است که با نتایج عزیزی (۱۳۷۷) مطابقت دارد. وی گزارش کرد که مصرف پتاسیم باعث برتری CGR نسبت به شاهد شده و این برتری در بخش اعظم مراحل رشد زایشی یعنی R_1 تا R_6 حفظ شد.

Egli و همکاران (۱۹۸۵) بیان داشتند که تولید مخازن جدید زایشی در بخش اعظم مراحل گلدهی تا غلاف بندی ادامه داشته، لذا با افزایش CGR، به خاطر تخصیص بهتر منابع فتوسنتزی به آنها، عملکرد افزایش می یابد. اسدی (۱۳۷۸) گزارش کرد که بین سه رقم فوق در مرحله رشدی R_1 تا R_5 به لحاظ CGR اختلافی وجود نداشت. با دقت در شکل ۷ مشخص می گردد که اختلاف رقم هابیت با ارقام دیگر آزمایش بعد از مرحله R_5 ایجاد شده است که به نظر می رسد به دلیل رشد محدود بودن این رقم باشد. با پیشرفت زمان و افزایش GDD تجمعی، شاخص سطح برگ شروع به افزایش سریع می کند و کمی پس از ورود گیاه به مرحله R_5 به حداکثر خود رسیده و از انتهای دانه بندی شروع به کاهش می نماید. این کاهش عمدتاً به خاطر زرد شدن برگها و ریزش آنها است. عزیزی (۱۳۷۷) با کاربرد مقادیر مختلف اکسید پتاسیم در سویا اعلام کرد که سطح ۱۲۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار به لحاظ LAI،

منجر به افزایش عملکرد دانه آن شده است. همچنین رقم مناسب برای کاشت در منطقه، ویلیامز می باشد.

جدول ۱- مشخصات خاک محل های اجرای آزمایش

محل آزمایش	عمق (cm)	هدایت الکتریکی (mmhos/cm)	pH (گل اشباع)	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (PPM)	پتاسیم قابل جذب (PPM)	رس (%)	لوم (%)	ماسه (%)
شیروان	۰-۳۰	۴/۶	۷/۹۷	۰/۰۷۱	۱۸/۱۰	۲۴۰	۴۲	۴۲	۱۶
بجنورد	۰-۳۰	۴/۴	۷/۱۵	۰/۰۶۵	۱۷/۹۵	۲۲۵	۴۰	۴۳	۱۷

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد، اجزای عملکرد و سایر صفات زراعی سویا

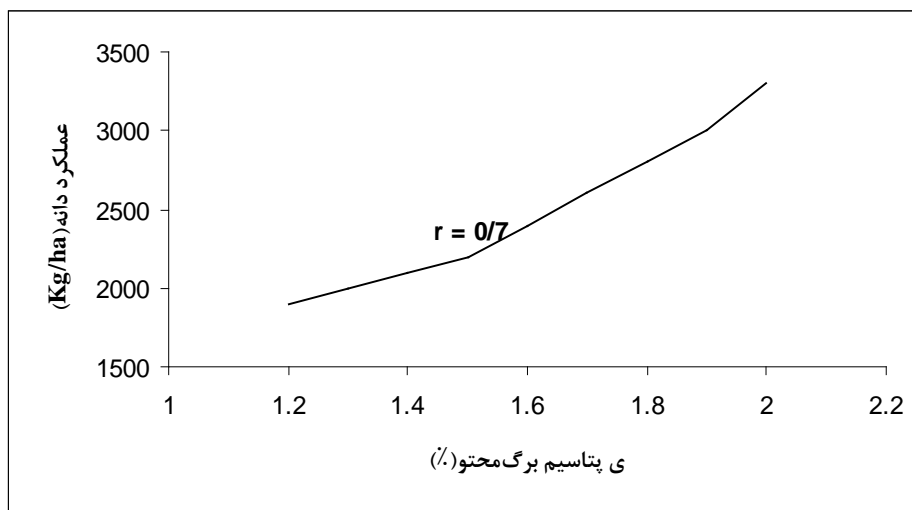
منابع تغییرات	درجه آزادی	مقادیر F								
		عملکرد دانه	تعداد گره در ساقه	تعداد غلاف در گره	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد شاخه های فرعی	عملکرد شاخص بیولوژیکی	شاخص برداشت شاخه های فرعی	تعداد غلاف در شاخه های فرعی
محیط (E)	۱	ns ^۱ /۹۶	* ^۸ /۹۲	ns ^۰ /۹۵	* ^{۱۳} /۵	* ^{۲۰} /۲	** ^{۶۹} /۴	ns ^۵ /۵	* ^{۱۰} /۸۱	* ^{۱۳} /۱۸
خطا	۴									
رقم (V)	۲	** ^{۲۷۳} /۳	** ^{۴۰۳} /۱	** ^{۴۱۳} /۶	** ^{۹۸} /۳	** ^{۵۵} /۴۹	** ^{۲۲} /۳۹	** ^{۱۰} /۷۱	ns ^۱	* ^۳ /۲۵
E×V	۲	۰/۱۱	* ^۳ /۲۵	۰/۰۸	۱/۱	۲/۳۶	۱/۵	۲/۳۶	۳/۱۹	۲/۳۹
کود پتاسیم (K)	۲	** ^{۴۱} /۵۱	ns ^۰ /۶۵	** ^{۵۴} /۶	ns ^۰ /۱	ns ^۰ /۱	ns ^۲ /۱	ns ^۰ /۴	ns ^۰ /۹	ns ^۰ /۱۴
E×K	۲	۰/۱۱	۲/۱۲	۰/۰۸	۰/۴	۰/۸	۱/۹	۱/۱	۰/۲۵	۰/۵
V×K	۴	۰/۳۸	۰/۶	* ^۲ /۵	۰/۶	۰/۳	۲/۶	۴/۳	۰/۵	۱/۱
E×V×K	۴	۰/۱۱	۱/۶	۰/۱	۰/۹	۱/۶	۲/۵	۱/۸	۰/۱	۱/۱
خطا	۳۲									
ضریب تغییرات (%)		۷/۷۹	۱۰/۹۲	۶/۲۱	۱۴/۳	۱۲/۹	۲۵/۲	۲۶	۱۴/۹	۲۴/۸

* و ** به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪؛ ns عدم معنی دار بودن

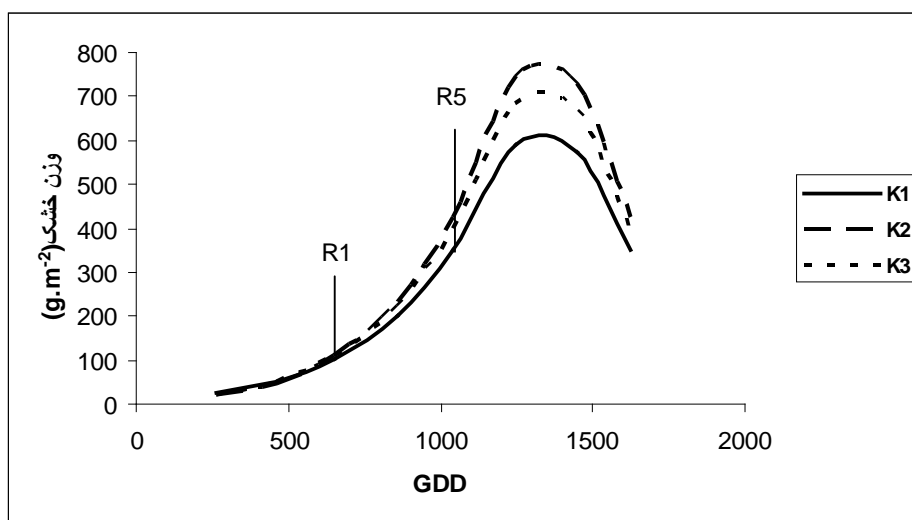
جدول ۳ - مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام سویا در سطوح مختلف کود پتاسیم (تجزیه مرکب)

منابع تغییرات	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 اکسید 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

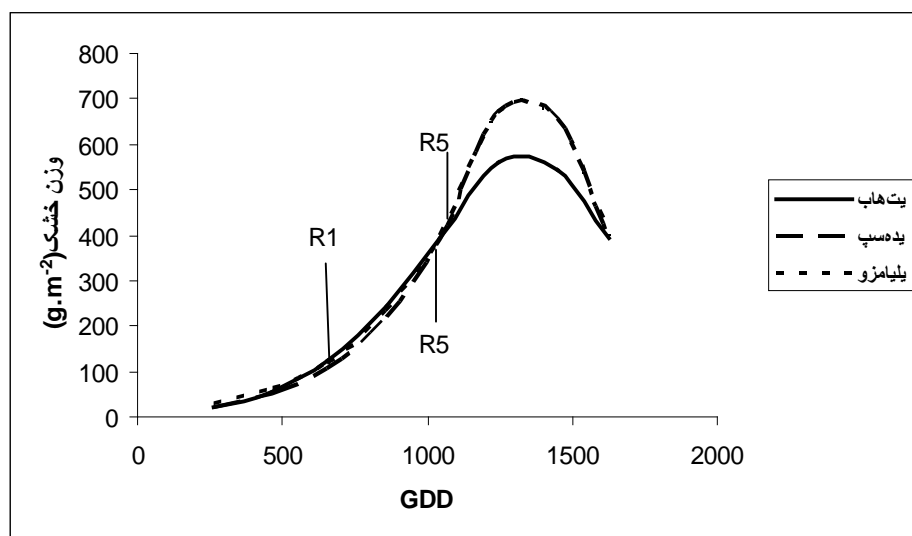
میانگین هایی که دارای حروف مشابه می باشند از لحاظ آزمون دانکن دارای اختلاف معنی دار نمی باشند.



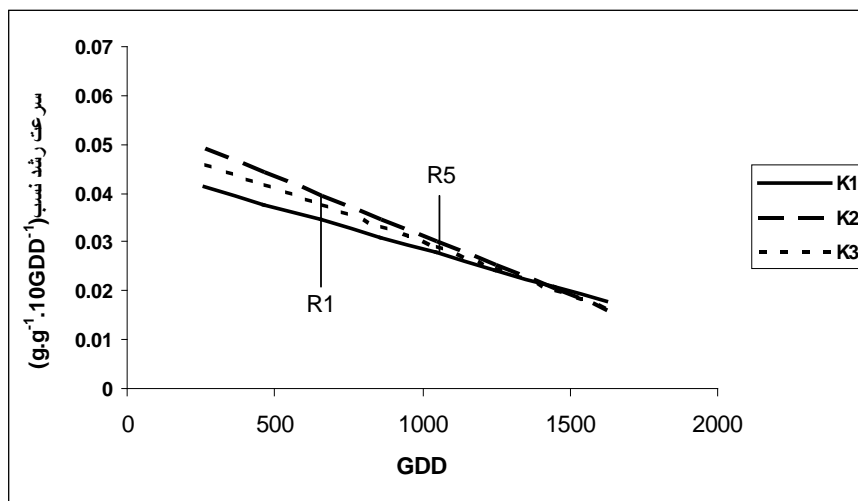
شکل ۱- رابطه میان محتوی پتاسیم و عملکرد دانه سویا



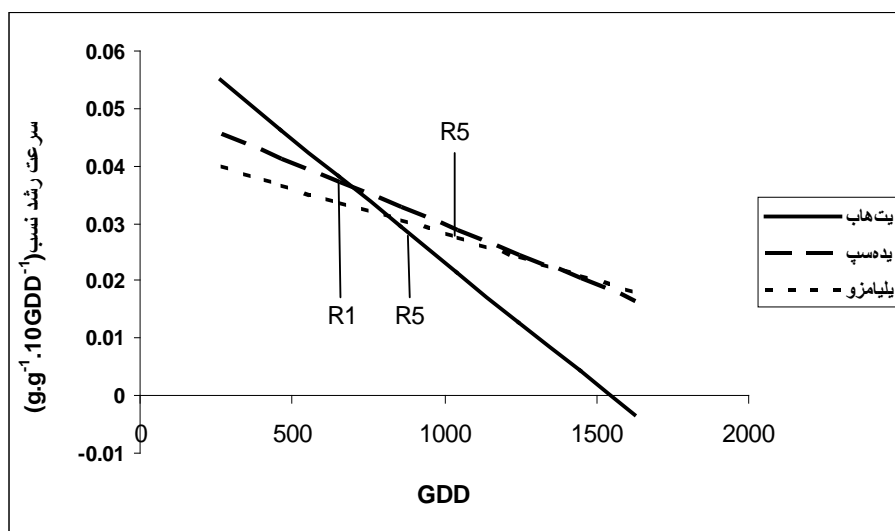
شکل ۲- مقایسه روند تغییرات تجمع ماده خشک در طول فصل رشد در سطوح پتاسیم مصرفی



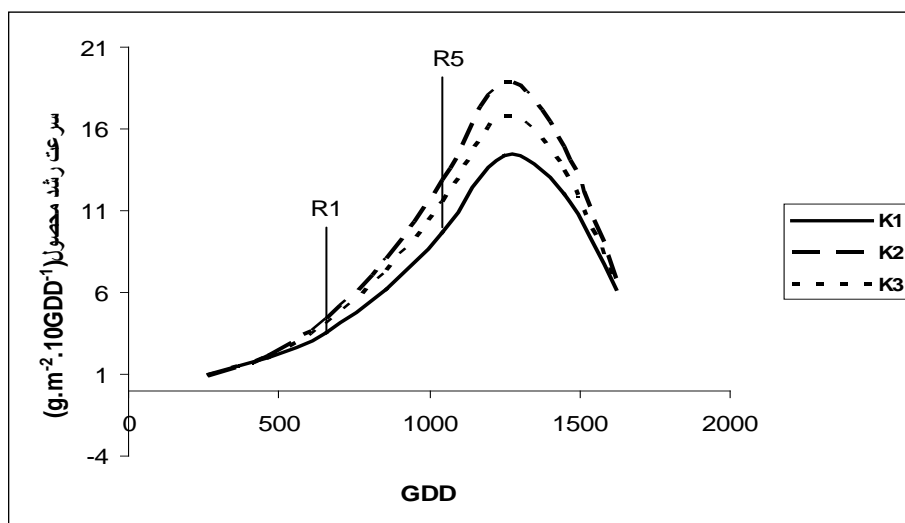
شکل ۳- مقایسه روند تغییرات تجمع ماده خشک در طول فصل رشد در ارقام مختلف سویا



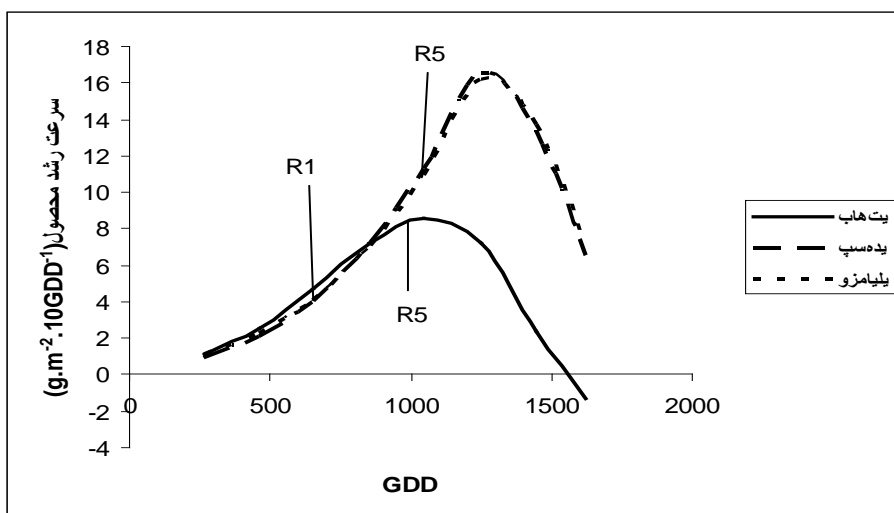
شکل ۴- مقایسه تغییرات سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد سویا در سطوح پتاسیم مصرفی



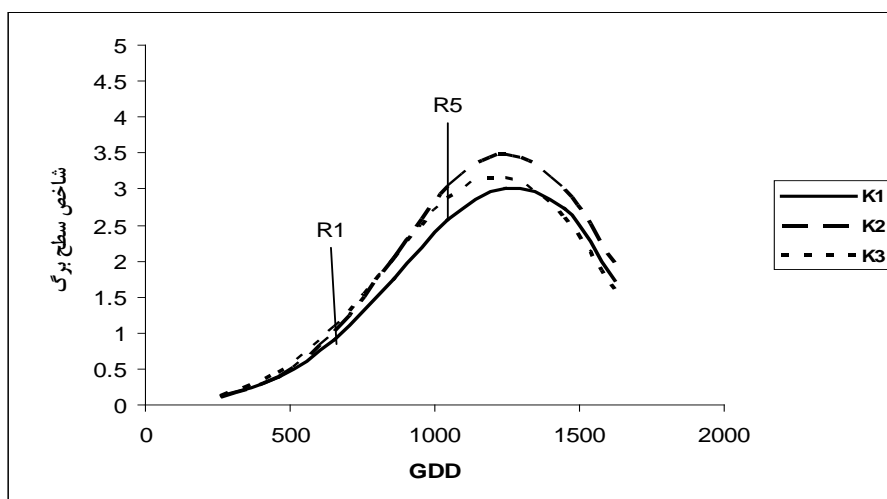
شکل ۵- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد در ارقام مختلف سویا



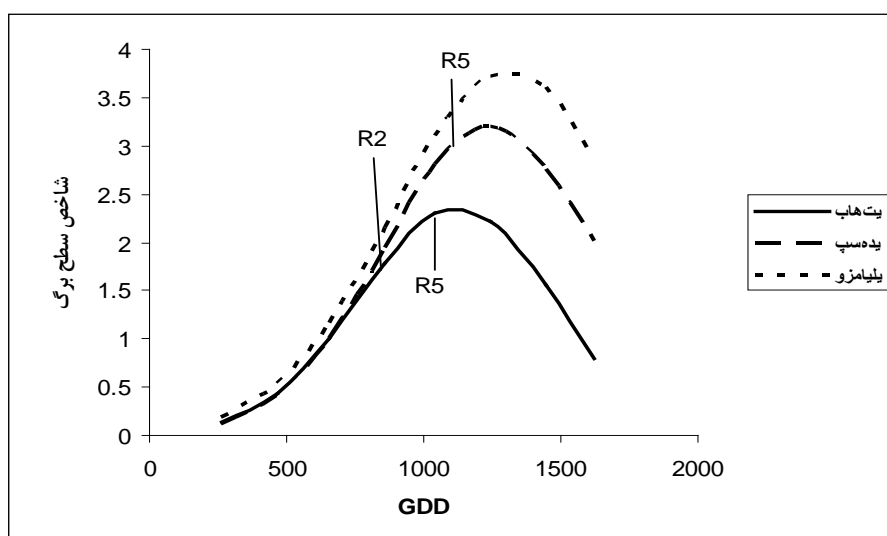
شکل ۶- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول فصل رشد سویا در سطوح پتاسیم مصرفی



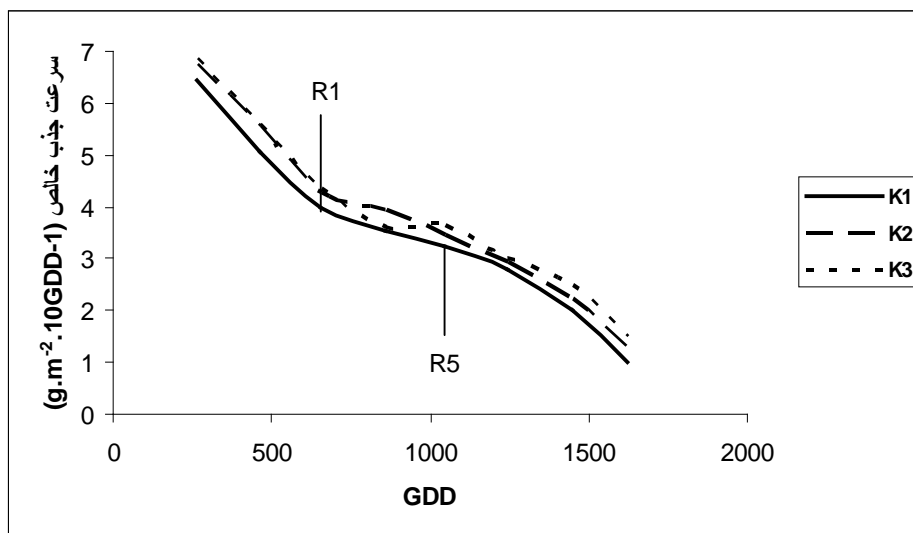
شکل ۷- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول فصل رشد در ارقام مختلف سویا



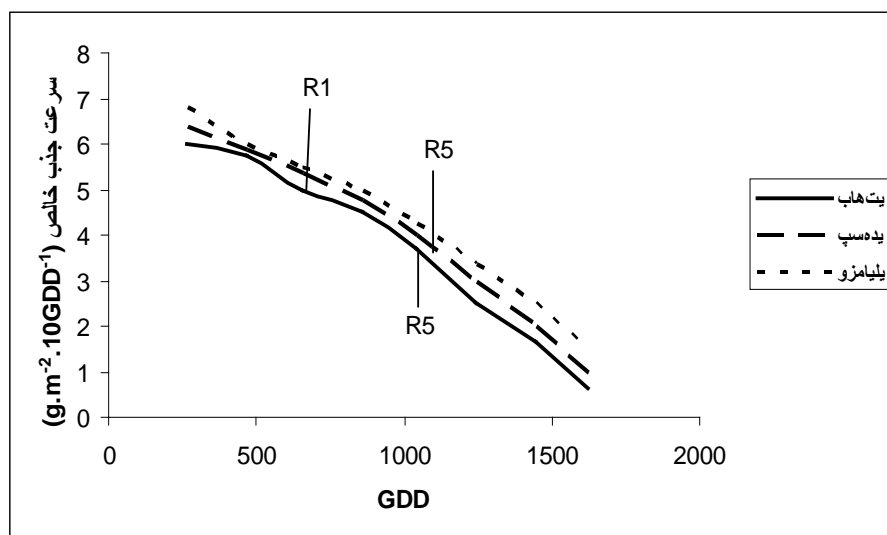
شکل ۸- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد سویا در سطوح پتاسیم مصرفی



شکل ۹- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد در ارقام مختلف سویا



شکل ۱۰- مقایسه روند تغییرات سرعت جذب خالص در طول فصل رشد سویادر سطوح پتاسیم مصرفی



شکل ۱۱- مقایسه روند تغییرات سرعت جذب خالص در طول فصل رشد در ارقام مختلف سویا

فهرست منابع:

۱. اسدی، م.، ۱۳۸۷. اثر تراکم بوته بر خصوصیات زراعی و عملکرد ارقام سویا در منطقه بجنورد. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۶۲ صفحه.
۲. بیگ نژاد، ص.، ۱۳۸۶. بررسی مصرف مقادیر مختلف پتاسیم و منیزیم بر صفات زراعی ژنوتیپهای سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۷۸ صفحه.
۳. حبیب زاده طبری، ف.، ۱۳۸۲. بررسی تاثیر مصرف مقادیر مختلف پتاسیم و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه سویا در منطقه مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه مازندران، ۸۲ صفحه.
۴. حق نیا، غ. و ریاضی همدانی، ع.، ۱۳۶۸. اصول و دیدگاههای تغذیه معدنی گیاهان. مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۴۱۷ صفحه.

۵. سالاردینی، ع. و مجتهدی، م.، ۱۳۶۷. اصول تغذیه گیاه (جلد دوم). مرکز نشر دانشگاهی تهران. ۳۱۵ صفحه.
۶. سروری، د.، ۱۳۸۷. اثر عناصر پتاسیم، روی و منگنز بر صفات کمی و کیفی سویا در منطقه بجنورد. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ۷۵ صفحه.
۷. عزیزی، م.، ۱۳۷۷. اثر رژیمهای مختلف آبیاری و کود پتاسیم بر خصوصیات زراعی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سویا. پایان نامه دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۴۳ صفحه.
۸. کامرانی، ر.، ۱۳۶۷. ارزیابی عملکرد و شاخصهای رشد دو رقم سویا در دو منطقه لورک نجف آباد و چهار تخته شهرکرد. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه اصفهان، ۱۱۷ صفحه.
۹. مظفری، و.، ۱۳۷۳. تشخیص نیاز غذایی سویا به روش دریس. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۸۸ صفحه.
10. Borges, R. and Mallarino, A. P., 2000. Grain yield, early growth, and nutrient uptake of no-till soybean as affected by phosphorus and potassium placement. *Agron. J*, 92: 380-388.
11. Buttery, B. R., 1969. Analysis of the growth of soybean as affected by population and fertilizer. *Can. J. Plant Sci*, 49: 675-684.
12. Deshmuka, V. N., Charaya, R. P., Rewatkar, S. and Solunke, B. V., 1994. Response of soybean to phosphorus and potassium application in vertisols. *Journal of Potassium Research*, 10: 332-337.
13. Egli, D. B., and Y. Zhen-wen. 1991. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. *Crop. Sci*. 31:439-442.
14. Egli, D. B., Guffy, R. G. and Leggett, J. E., 1985. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean. *Agron. J*, 77: 917-922.
15. Fehr, W. R. and Caviness, C. E., 1980. Stages of soybean development. *Iowa Agric. Exp. Stn. SR-80*.
16. Gardner, F., Pearce, R. and Mitchell, R. L., 1985. *Physiology of crop plants*. Iowa state university Press. Ames. USA.
17. Gething, P. A., 1986. Improving returns from nitrogen fertilizer. The potassium-nitrogen partnership. IPI Research Topics. No 13. Switzerland. 49 pp.
18. 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 Sci. Soc. Am. J*, 51: 1231-1238.
19. Hanway, J. J. and Johnson, J. W., 1985. Potassium nutrition of soybeans. In: *Potassium in agriculture* (Ed R.D. Munson). ASA-CSSA-SSSA. Pp: 753-764.
20. Jiang, H. and Egli, D. B., 1995. Soybean seed number and crop growth rate during flowering. *Agron. J*, 87: 264-267.
21. Karimi, M. M. and Siddique, H. M., 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res*, 42: 13-20.
22. Mahler, R. J., Sabbe, W., Mapples, R. L. and Hornby, Q. R., 1985. Effect on soybean yield of late soil potassium fertilizer application. *Arkansas Farm Research*, 34: 1-11.
23. Marschner, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. Second Edition USA.
24. Ozbun, J. L., Volk, R. J. and Jackson, W. A., 1965. Effect of potassium deficiency on photosynthesis, respiration, and the utilization of photosynthetic reductant by mature bean leaves. *Crop Sci*, 5: 497-500.
25. Peaslee, D. E., Hicks, B. F. and Egli, V. D., 1985. Soil test levels of potassium, yields, and seed size in soybean cultivars. *Communications in soil science and plant analysis*. 16: 899-907.

26. Raper, C. D. and Kramer, P. J., 1987. Stress physiology. In: Soybean- improvement, production and uses (ed. J. R. Wilcox). ASA-CSSA-SSSA. PP.589-642.
27. Rehm, G. W., 1995. Impact of banded potassium for corn and soybean production in a ridge-till planting system. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 26: 2725-2738.
28. Russell, M. P., Wilhelm, W. W., Olson, R. A. and Power, J. F., 1984. Growth analysis based on degree-days. Crop Sci, 24: 28-32.
29. Sartain. J. B., Forbes, R. B. and Usherwood, N. R., 1979. Yield response of soybean to P and K fertilization as correlated with soil extractable and nutritional level. Commun. Soil Sci. Plant Anal, 19: 1219-1232.
30. Scharder, L. E. and Briskin, P., 1989. Mineral nutrition of soybeans. University of Illinois. Urbana. USA.
31. Singh, D. and Singh, V., 1995. Effect of potassium, zinc and sulphur on growth characters, yield attributes and yield of soybean. Indian Journal of Agronomy, 40: 223-227.