

تأثیر رژیم‌های مختلف رطوبت خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی دو رقم سویا

نیلوفر آقایی پور^۱، محسن زواره^{۱*}، محمد رضا خالدیان^۲ و غلامرضا محسن‌آبادی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۲/۱۶)

چکیده

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۹ در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش پنج رژیم رطوبتی ۴۵، ۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی در کرت‌های اصلی و دو رقم ویلیامز و گرگان ۳ در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهمکنش رژیم رطوبتی و رقم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و درصد روغن داشته است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش تخلیه آب از خاک، از تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه هر دو رقم کاسته شد. بیشترین (۱۶۶۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه (۳۸۴ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب مربوط به رقم گرگان ۳ در تیمار ۴۵ درصد ظرفیت زراعی و ویلیامز در تیمار ۶۵ درصد ظرفیت زراعی بود. با این حال، بیشترین درصد روغن مربوط به رقم ویلیامز در تیمار ۷۵ درصد و کمترین آن مربوط به رقم گرگان ۳ در تیمار ۵۵ درصد ظرفیت زراعی بود. درصد پروتئین دانه تنها تحت تأثیر معنی‌دار رژیم‌های رطوبتی خاک قرار گرفت. بیشترین (۲۲/۴۹) و کمترین (۲۲/۰۴) درصد پروتئین دانه به ترتیب در تیمار ۵۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد. در این آزمایش، رقم ویلیامز دارای شاخص حساسیت پایین و شاخص تحمل بالا به خشکی و رقم گرگان ۳ دارای میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین حسابی بهره‌وری بالاتری بود. در کل، اگرچه رقم گرگان ۳ در همه تیمارها عملکرد دانه بیشتری داشت ولی درصد کاهش عملکرد آن نسبت به رقم ویلیامز در تیمارهای خشکی بیشتر بود که نشان می‌دهد رقم رشد نامحدود ویلیامز در مقایسه با رقم رشد محدود گرگان ۳ در رژیم‌های رطوبتی متفاوت، ثبات عملکرد دانه بیشتری داشته است.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، سویا، شاخص حساسیت، عملکرد

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mzavareh@guilan.ac.ir

مقدمه

خشکی و تنش ناشی از آن، عامل زیانبخش مهم و یکی از اساسی‌ترین چالش‌ها برای متخصصان کشاورزی است که فشاری دائمی بر تولید کشاورزی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه وارد کرده و عامل اتلاف و یا کاهش تولید در کشورهای توسعه یافته به‌شمار می‌آید و می‌تواند گاهی قحطی و مرگ و میر را هم به‌دنبال داشته باشد (۱۲).

کم‌آبی اولین عامل محدودکننده تولید سویا در مناطق نیمه خشک است (۲۱) که سبب می‌شود فرآیندهای رویشی و به‌ویژه فرآیندهای زایشی آن از قبیل تشکیل گل‌ها، غلاف‌ها، دانه‌ها و در نتیجه عملکرد دانه تحت تأثیر قرار گیرد. با این حال، میزان کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی به نوع ژنوتیپ، مرحله نمو گیاه، شدت کمبود آب و طول مدت کمبود آب بستگی دارد (۲۰ و ۲۸).

آزمایش اگلی و یو (۱۱) و بوآرد و تان (۲) نشان داد که ایجاد تنش در طول مدت گلدهی و اوایل نمو غلاف، تعداد غلاف را کاهش داده است. در آزمایش‌های دیگر دیده شده که ایجاد تنش در طول مدت پر شدن دانه، اندازه دانه‌ها را کاهش داده ولی بر تعداد غلاف‌ها تأثیری نداشته است (۱۹ و ۲۸). این کاهش اندازه دانه‌ها نتیجه کوتاه شدن دوره پر شدن دانه‌ها بوده است (۲۲). پژوهش‌های سیونیت و کرامر (۲۸)، آشلی و اتریچ (۱) و کورتی و همکاران (۲۱) نشان داده که کمبود آب در طول مدت گلدهی (مرحله R2) تأثیر کمی بر عملکرد دانه داشته در حالی که وقوع کمبود آب در مرحله تشکیل غلاف (مرحله R3) و آغاز تشکیل دانه (مرحله R5) آثار مشخص و معنی‌داری بر عملکرد ایجاد کرده است. براون و همکاران (۳) نشان دادند که کمبود آب، هم در مرحله R2 و هم در مرحله R3، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داده است. علاوه بر تأثیر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک گیاه، تأثیرات منفی یا مثبتی بر صفات فیزیولوژیک گیاه مانند درصد روغن و پروتئین دانه دارد. کارگر و همکاران (۲۰) بیان نمودند که در سویا مقدار روغن و پروتئین دانه با تشدید تنش افزایش یافت.

شاهمرادی و همکاران (۲۷) پژوهش خود مشاهده کردند که تنش خشکی در طول دوره رشد رویشی، با کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، سبب کاهش معنی‌دار تعداد و وزن غلاف‌ها در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه‌ها شده است. نتایج پژوهش دانشیان و همکاران (۷) نشان داد که کم‌آبی با تأثیر معنی‌دار بر وزن هزار دانه، تعداد و وزن غلاف، تعداد دانه در هر بوته و وزن خشک ساقه‌ها، موجب کاهش عملکرد دانه شده است. فرنیا و همکاران (۱۳) هم نشان دادند که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط بهنیه و تنش تفاوت معنی‌دارند، آنها تفاوت معنی‌دار این دو ویژگی را در سطح سطوح مختلف تنش هم گزارش کردند.

تعیین میزان تحمل و حساسیت ارقام و لاین‌ها به تنش با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش انجام می‌شود (۱۴). واکنش بسیاری از ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی در مراحل مختلف نمو گیاهان متفاوت بوده و تاکنون به‌طور کامل شناخته نشده است (۲۷). بنابراین، شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار و مراحل نمو حساس هر ژنوتیپ به تنش خشکی اهمیت زیادی دارد. زارع و همکاران (۳۴) در تحقیقی بر سویا به این نتیجه دست یافتند که شاخص‌های میانگین هارمونیک، تحمل به تنش، میانگین هندسی بهره‌وری و میانگین حسابی بهره‌وری دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش دارد و نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های مقاومت به خشکی و ترسیم بای پلات نشان داد که رقم ویلیامز مقاوم‌ترین رقم در بین ارقام مورد مطالعه به خشکی است. شاهمرادی و همکاران (۲۷) در بررسی آثار تنش خشکی در ارقام و لاین‌های سویا با این نتیجه دست یافتند که شاخص تحمل به تنش و میانگین هندسی عملکرد به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص برای مقایسه ارقام بودند که رقم ویلیامز و Wisconsin و لاین M4 متحمل به تنش معرفی نمودند. فرناندز (۱۴) با استفاده از نتایج همبستگی بین شاخص‌های تحمل (TOL)، میانگین حسابی عملکرد (MP)، حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (STI) با عملکرد در شرایط تنش (Ys) و عملکرد پتانسیل در

معادل ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره)، ۸۷/۵ کیلوگرم فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) و ۵۰ کیلوگرم پتاسیم (از منبع اکسید پتاس) در هکتار به زمین اضافه شد. علف‌های هرز در کل دوره رشد به صورت دستی و در پنج مرحله (در مرحله سبز شدن، مرحله دو برگ، مرحله شروع گلدهی، مرحله گلدهی کامل و چند روز قبل از شروع غلاف‌دهی) وجین شدند.

تیمارها پیش از شروع رشد زایشی اعمال شدند. از بلوک‌های گچی کالیبره شده و منحنی رطوبتی خاک مزرعه آزمایشی برای اندازه‌گیری رطوبت خاک، تعیین زمان دقیق آبیاری و مقدار آب مورد نیاز استفاده شد. بلوک‌ها در ردیف‌های کاشت مربوط به ارزیابی‌های فنولوژیک گیاه در دو عمق ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متری کف جوی‌ها قرار داده شد. به طوری که بلوک‌ها متمایل به ردیف‌های کاشت قرار گیرند. مقدار آب آبیاری از طریق کنتور و با دقت ۰/۱ لیتر اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز در هر نوبت آبیاری از رابطه ۱ استفاده شد.

$$I = D \times \rho_b \times A \times (FC - P_m) \quad [1]$$

که در آن، I : حجم آب مصرفی در هر مرحله آبیاری (لیتر)، D : عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر)، ρ_b : وزن مخصوص ظاهری خاک مزرعه مورد آزمایش (گرم بر سانتی‌مترمکعب)، A : مساحت کرت اصلی (سانتی‌متر)، FC : متوسط وزنی رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (درصد) و P_m : متوسط وزنی رطوبت خاک در هر تیمار برحسب درصد است. برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد دانه، بوته‌های یک متر از ردیف میانی هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای برداشت شده (در تاریخ ۸۹/۷/۲۵ در رقم ویلیامز و ۸۹/۸/۳ در رقم گرگان ۳) و تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف آنها شمارش شد. عملکرد دانه‌ها براساس ۱۰ درصد رطوبت گزارش شد. شاخص‌های مقاومت و حساسیت به تنش با استفاده از روابط ۲ تا ۵ محاسبه شدند. میانگین حسابی و هندسی عملکرد با استفاده از روابط ۶ و ۷ به دست آمدند.

شرایط تنش (Yp) نتیجه گرفت که STI، شاخص عملکرد بالقوه و تحمل به تنش بوده و می‌تواند ژنوتیپ‌های برتر در هر دو محیط تنش و غیر تنش را از ژنوتیپ‌های گروه‌های دیگر جدا کند

این آزمایش با هدف بررسی اثر رژیم‌های مختلف رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن، درصد پروتئین و تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی در دو رقم رشد محدود و نامحدود سویا در شرایط رشت طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

برای رسیدن به اهداف مورد نظر، آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان (با عرض ۳۷ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و طول ۴۹ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی با ارتفاع آن از سطح دریا ۲۸ متر از دریای آزاد) و در سال ۱۳۸۹ انجام شد. بافت خاک محل آزمایش لوم رسی شامل ۳۲ درصد شن، ۲۹ درصد رس، ۳۹ درصد سیلت با وزن مخصوص ظاهری ۱/۳۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب و رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی مزرعه ۲۹/۲۲ درصد وزنی بود.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. پنج رژیم رطوبتی خاک (۴۵، ۵۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی) در کرت‌های اصلی و دو رقم ویلیامز (رشد نامحدود، زودرس و با گروه رسیدگی سه (طول دوره رویش ۱۲۰ روز) و گرگان ۳ (رشد محدود و پرشاخ و برگ، دیررس و با گروه رسیدگی پنج (طول دوره رویش ۱۵۰ روز) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. کشت بذور در تاریخ ۸۹/۳/۱۸ به صورت دستی و با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بود. طول خطوط کاشت سه متر و فاصله بوته‌ها روی هر خط ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در هر نقطه کاشت، سه عدد بذر سالم کاشته شد. در تاریخ ۸۹/۳/۳۰ با عملیات تنک یک بوته در هر نقطه حفظ شد. برای تأمین نیاز اولیه بوته‌های جوان به مواد غذایی، در هنگام کاشت

جدول ۱. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و درصد پروتئین گیاه در پایان فصل رشد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن ۱۰۰ دانه	عملکرد دانه	درصد روغن پروتئین
تکرار	۲	۱۱۱۵ ^{ns}	۰/۰۷*	۰/۰۱ ^{ns}	۸۰/۳ ^{ns}	۲/۳۱ ^{ns}
رژیم رطوبتی	۴	۱۶۴۱ ^{ns}	۰/۱۷***	۰/۵۳ ^{ns}	۶۹۷***	۱/۷۷*
اشتباه الف	۸	۷۵۸	۰/۰۱	۰/۸۷	۴۸/۲	۰/۹۳
رقم	۱	۳۳۷۲***	۱/۴***	۱۵/۱***	۳۸۲۰***	۱۳۹/۲***
رقم × رژیم رطوبتی	۴	۱۴/۰۶**	۰/۱۳***	۰/۹ ^{ns}	۷۱۶***	۱۰/۴*
اشتباه	۱۰	۱۹۶	۰/۰۰۳	۱/۳۶	۲۳/۵	۲/۳۹
ضرب تغییرات		۱۰/۵	۳/۱	۶/۳	۱۳	۳/۹

ns، *، ** و ***: به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار با احتمال پنج، یک و ۰/۱ درصد

غلاف در بوته هر دو رقم کاهش می‌یابد؛ این کاهش در رقم گرگان ۳ بیشتر از رقم ویلیامز بود (شکل ۱). تعداد غلاف گرگان ۳ و ویلیامز به ترتیب از ۱۵۶ و ۱۶۱ در سطح ۴۵ درصد ظرفیت زراعی به ۱۱۱ و ۱۳۲ در ۸۵ درصد ظرفیت زراعی کاهش یافت (شکل ۱). نتایج برش‌دهی برهمکنش رژیم رطوبتی و رقم نشان داد که دو رژیم ۶۵ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در هر دو رقم تفاوت معنی دار داشته‌اند (جدول ۲). شاهمرادی و همکاران (۲۷)، یحیایی (۳۳)، دانشیان و همکاران (۷)، چاوز و همکاران (۵) و رامسور و همکاران (۲۶) هم به تأثیر معنی دار رژیم‌های رطوبتی بر تعداد غلاف بوته‌ها اشاره کرده‌اند که با یافته‌های این آزمایش همخوانی دارد. ویبولد و همکاران (۳۱) و دبینگ و همکاران (۱۰) بیان نموده‌اند که گیاه سویا قادر به تولید تعداد زیادی جوانه گل است که تعداد زیادی از آنها پیش از رسیدن به مرحله رسیدگی غلاف، سقط می‌شوند. ریزش گل‌ها و غلاف‌های جوان در حدود ۴۰ تا ۸۰ درصد بوده که به دنبال گلدهی گیاه شروع شده که پس از گرده افشانی و لقاح به بیشترین مقدار خود می‌رسد (۴ و ۳۱). تنش‌های محیطی از قبیل تنش خشکی می‌توانند با توجه به زمان اعمال تنش، سرعت سقط شدن غلاف‌ها را افزایش می‌دهند. در سویا، تنش خشکی در طول مدت گلدهی و اوایل نمو غلاف دلیل اصلی سقط

$$[2] \quad (SI) \quad \text{شدت تنش} = 1 - (Y_s / Y_p)$$

$$[3] \quad (SSI) \quad \text{شاخص حساسیت به تنش} = [1 - (Y_s / Y_p)] / SI$$

$$[4] \quad (STI) \quad \text{شاخص تحمل به تنش} = (Y_s \times Y_p) / (Y_p)^2$$

$$[5] \quad (TOL) \quad \text{تحمل} = (Y_p - Y_s)$$

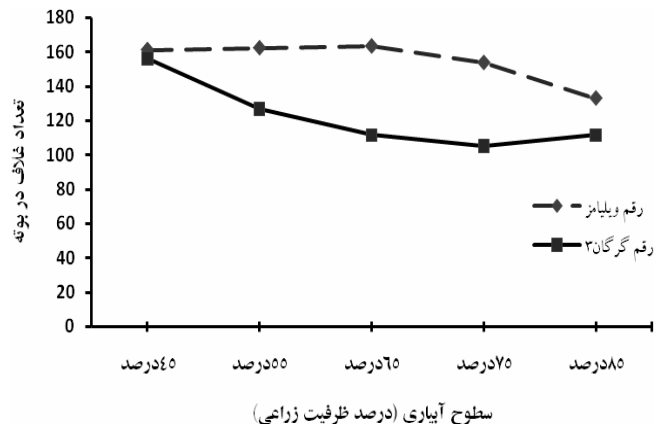
$$[6] \quad (MP) \quad \text{میانگین حسابی عملکرد} = (Y_p + Y_s)$$

$$[7] \quad (GMP) \quad \text{میانگین هندسی عملکرد} = (Y_s \times Y_p)^{1/2}$$

در این روابط، Y_p : عملکرد پتانسیل در شرایط تنش، Y_s : عملکرد در شرایط تنش، Y_p : میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش، Y_s : میانگین عملکرد در شرایط تنش می‌باشد (۱۴ و ۲۷). تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شده و میانگین‌ها با آزمون LSD مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که رقم و برهمکنش رژیم رطوبتی در رقم تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشته است. مقایسه میانگین داده‌های این ویژگی نشان داد که با کاهش آب خاک و افزایش سطح تنش خشکی تعداد



شکل ۱. تأثیر برهمکنش رژیم رطوبتی خاک و رقم بر تعداد غلاف در بوته

جدول ۲. نتایج برش‌دهی برهمکنش دو رقم آزمایشی در رژیم‌های مختلف آبیاری برای صفات مختلف سویا

درصد روغن	عملکرد دانه	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته	درجه آزادی	درصد
۴۲/۵ ^{***}	۵۲۰۴ ^{***}	۰/۰,۱۸۱۸ ^{ns}	۳۸/۰۷ ^{ns}	۱	۴۵ درصد
۰/۲۳ ^{ns}	۷۰۵ ^{***}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۶۶۶ ^{ns}	۱	۵۵ درصد
۵۰/۶ ^{***}	۶۷۹ ^{***}	۰/۲۷ ^{***}	۴۰۴۳ ^{***}	۱	۶۵ درصد
۴۵/۸ ^{***}	۲۳/۳ ^{ns}	۰/۶۰ ^{***}	۳۵۶۱ ^{***}	۱	۷۵ درصد
۴۱/۶ ^{***}	۷۳/۸ ^{ns}	۰/۸۷ ^{***}	۶۹۰ ^{ns}	۱	۸۵ درصد

ns، *، ** و ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار با احتمال پنج، یک و ۰/۱ درصد

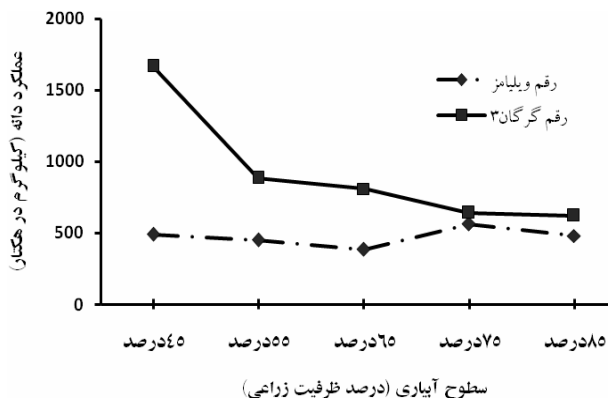
پژوهش با نتایج هسرلی و همکاران (۱۸) و پالمرو و همکاران (۲۴) مطابقت دارد؛ آنها بیان کردند که در شرایط کم‌آبی کاهش قابل توجهی در تعداد دانه در غلاف دیده می‌شود و با افزایش آبیاری تعداد دانه‌های پر شده در غلاف افزایش می‌یابد.

یک رابطه خطی بین سرعت ذخیره مواد پروره و تعداد دانه یا میوه در واحد سطح گونه‌های مختلف گیاهان زراعی از جمله سویا وجود دارد که تنش بر سرعت این انتقال تأثیر می‌گذارد (۱۸).

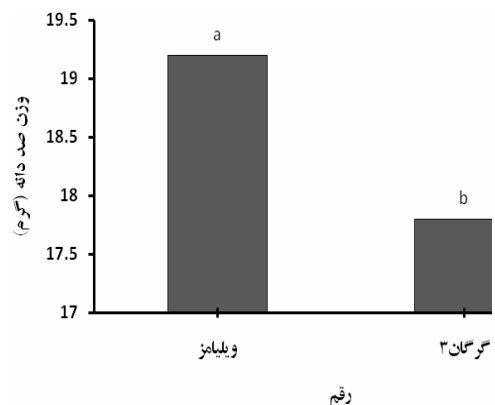
در این آزمایش وزن صد دانه تنها تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفت (جدول ۱). به بیان دیگر، رقم ویلیامز بیشترین وزن صد دانه (۱۹/۲۳ گرم) و رقم گرگان ۳ کمترین وزن صد دانه (۱۷/۸۰ گرم) داشتند (شکل ۳). یحیایی (۳۳) هم در آزمایش خود به عدم تأثیر معنی‌داری رژیم‌های آبیاری بر وزن صد دانه

غلاف‌ها گزارش شده است (۳۰). با این حال، فیتوهورمون‌ها و ذخیره کربوهیدرات‌ها در بوته در تنظیم تشکیل غلاف در ابتدای نمو زایشی، نقش مهمی ایفا می‌کنند (۴ و ۱۰).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده رژیم رطوبتی و رقم و هم‌چنین، برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در غلاف داشته است (جدول ۱) که نشان می‌دهد واکنش ارقام به تیمارهای رطوبت خاک متفاوت بوده است (شکل ۳). یافته‌های این آزمایش نشان می‌دهند که با افزایش شدت تنش خشکی، تعداد دانه در غلاف هر دو رقم کاهش یافته ولی این کاهش در رقم ویلیامز بیشتر و در حدود ۳۱ درصد و در رقم گرگان ۳ در حدود ۷ درصد بوده است؛ تفاوت دو رقم از نظر این ویژگی در سطوح ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که در تیمار ۸۵ درصد بارزتر بود (شکل ۲ و جدول ۲). یافته‌های این



شکل ۴. تأثیر برهمکنش رژیم رطوبتی خاک و رقم بر عملکرد دانه



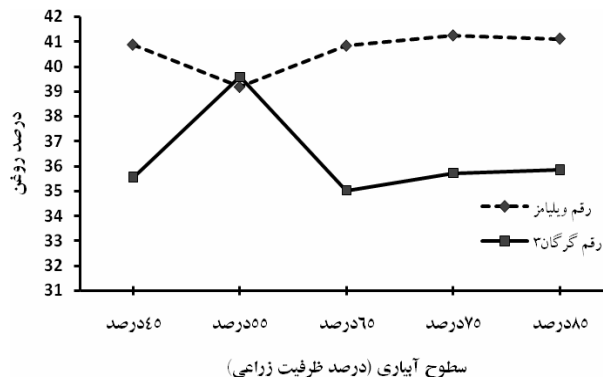
شکل ۳. وزن صد دانه ارقام مورد مطالعه (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند)

زراعی باعث معنی‌دار شدن این برهمکنش شده است (جدول ۲). در آزمایش پانندی و همکاران (۲۵) عملکرد دانه سویا به صورت خطی تحت تأثیر مقدار مصرف آب قرار گرفت به طوری که عملکرد دانه سویا در تنش شدید در مقایسه با تیمار بیشترین مصرف آب، کاهش ۳۴ درصدی را نشان داد. یحیایی (۳۳) بیان نمود که تغییرات تعداد غلاف در بوته دلیل اصلی تغییرات عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبیاری بوده است و دو جزء دیگر عملکرد دانه (تعداد دانه در غلاف و وزن دانه) در تیمارهای مختلف آزمایش تأثیر نداشته و بسیار ثابت بوده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. البته در این تحقیق تعداد دانه در غلاف هم تحت تأثیر کم آبی قرار گرفت. در بررسی اجزای عملکرد ارقام روشن شد که اگرچه رقم ویلیامز تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه بیشتری در مقایسه با گرگان ۳ داشته ولی، نسبت به این ژنوتیپ طول دوره رشد کوتاه‌تری هم داشته است که در کاهش عملکرد آن نقش معنی‌داری ایفا کرده است. رقم ویلیامز تعداد دانه در غلاف کمتری هم داشته است که ناشی از عدم دانه‌بندی مناسب بوده است.

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که رقم، رژیم رطوبتی و برهمکنش آنها تأثیر معنی‌داری در درصد روغن داشته است. درصد روغن رقم ویلیامز (حدود ۴۰ درصد) بیشتر از رقم گرگان ۳ (حدود ۳۶ درصد) است. نتایج برش‌دهی

اشاره نموده است. با این حال، یافته‌های شاهمرادی و همکاران (۲۷) هسرلی و همکاران (۱۸) و پالمر و همکاران (۲۴) نشان دادند که آبیاری تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه‌های سویا داشته و با کاهش مقدار آب از وزن آنها کاسته شده است. دسکلکس و همکاران (۹) بیان نمودند که وزن دانه توسط دو عامل سرعت پر شدن دانه و طول مدت پر شدن دانه تعیین می‌شود. بنابراین، کاهش وزن دانه‌ها در شرایط تنش می‌تواند ناشی از یک یا هر دوی این عوامل باشد. در این تحقیق مشاهده شد که طول مدت پر شدن دانه در رقم ویلیامز بیشتر از رقم گرگان ۳ است که در نتیجه موجب شده است که رقم گرگان ۳ وزن صد دانه بیشتری در مقایسه با ویلیامز داشته باشد.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که رقم، رژیم رطوبتی و برهمکنش آنها تأثیر بسیار معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته است. برهمکنش رژیم رطوبتی در رقم نشان داد که افزایش تنش خشکی از عملکرد دانه هر دو رقم ویلیامز (از ۴۸۹ به ۴۸۲ کیلوگرم در هکتار) و گرگان ۳ (از ۱۶۶۷ به ۶۲۲ کیلوگرم در هکتار) کاسته که این کاهش در رقم گرگان ۳ مشهودتر و در حدود ۶۳ درصد در مقایسه با کاهش دو درصدی رقم ویلیامز بوده است (شکل ۴). نتایج برش‌دهی بر همکنش رژیم رطوبتی و رقم نشان داد که تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه ارقام در سطوح ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درصد ظرفیت



شکل ۵. تأثیر برهمکنش رژیم رطوبتی خاک و رقم بر درصد روغن

درصد پروتئین دانه‌ها کاسته شده است. به طوری که بیشترین و کمترین درصد پروتئین به ترتیب برابر با ۲۲/۴۹ درصد در تیمار ۵۵ درصد ظرفیت زراعی و ۲۲/۰۴۵ درصد در تیمار ۸۵ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۷). دانشیان و همکاران (۷) گزارش نمودند که در سویا با تشدید تنش، درصد پروتئین دانه کاهش یافته است که با یافته‌های این پژوهش هماهنگی دارد. محسن بیگی و همکاران (۲۳) هم نشان دادند که میزان پروتئین دانه با افزایش تنش خشکی به طور معنی‌دار کاهش یافت که یافته‌های این پژوهش را تأیید می‌کند.

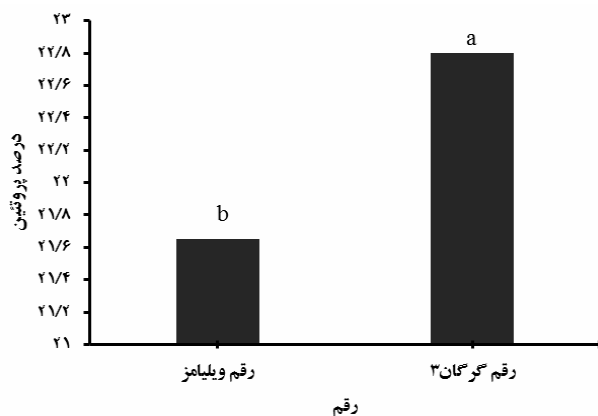
بر اساس شاخص TOL که هرچه مقدار عددی آن برای یک ژنوتیپ کوچک‌تر باشد، آن ژنوتیپ متحمل‌تر است، و با توجه به مقدار عددی شاخص‌های به دست آمده از این آزمایش (جدول ۳)، به نظر می‌رسد که رقم ویلیامز در مقایسه با گرگان ۳ تحمل بیشتری به کم آبی دارد (۳۴).

به طور کلی ارقام دارای شاخص حساسیت (SSI) بیشتر از یک، حساس قلمداد می‌شوند (۱۵). انتخاب بر اساس این شاخص SSI باعث گزینش ارقامی با عملکرد نسبتاً پایین در شرایط عادی و عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی می‌گردد (۱۵). در این آزمایش و بر پایه شاخص SSI هم رقم گرگان ۳ با شاخص حساسیت بالاتر از یک (در حدود ۱/۵۶)، به عنوان رقمی حساس شناخته شد (جدول ۳).

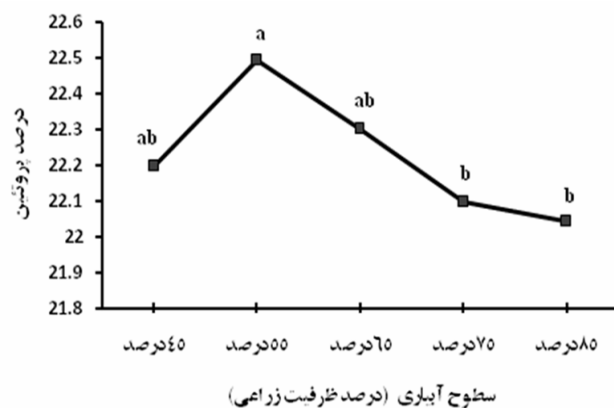
با توجه به این که مقادیر بالای شاخص‌های تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و میانگین حسابی

برهمکنش رژیم رطوبتی و رقم در مورد این ویژگی نشان داد که رقم‌های مورد استفاده در سطوح ۴۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی، دارای تفاوت معنی‌دار بوده‌اند (جدول ۲)؛ بیشترین درصد روغن در رقم ویلیامز و گرگان ۳ به ترتیب در تیمار ۷۵ و ۵۵ درصد ظرفیت زراعی دیده شد و تیمارهای ۴۵، ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی اختلاف چندانی با یکدیگر نداشته و در یک حد بودند (شکل ۵). دمیرتاس و همکاران (۸) و ژبوینگ و همکاران (۳۲) به اثر معنی‌دار تنش خشکی بر درصد روغن خام اشاره کرده‌اند. شاهمرادی و همکاران (۲۷) بیان کردند که تنش خشکی بدون توجه به زمان وقوع آن، درصد روغن دانه‌های سویا را کاهش داده است. معنی‌داری درصد روغن تحت سطوح مختلف تنش هماهنگ با نتایج کارگر و همکاران (۲۰)، دانشیان و همکاران (۷) و محسن بیگی و همکاران (۲۳) هم می‌باشد، این پژوهشگران افزایش درصد روغن دانه سویا با تشدید تنش را ناشی از کوچک شدن اندازه دانه در شرایط تنش و اختصاص یافتن سهم بیشتری از فضای دانه به روغن دانسته‌اند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که آبیاری و رقم به طور مجزا بر درصد پروتئین دانه اثر معنی‌دار داشته‌اند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد پروتئین رقم گرگان ۳ (حدود ۳۹ درصد) بیشتر از رقم ویلیامز (حدود ۳۷ درصد) است (شکل ۶). مقایسه میانگین داده‌های مربوط به سطوح آبیاری، نشان داد که با کاهش فراهمی آب برای گیاهان، از



شکل ۷. درصد پروتئین در ارقام مورد مطالعه (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند).



شکل ۶. درصد پروتئین در رژیم‌های مختلف رطوبت خاک (میانگین‌های با حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند).

جدول ۳. مقدار عددی شاخص‌های حساسیت به تنش، تحمل، تحمل به تنش، میانگین هندسی و حسابی عملکرد به دست آمده برای ارقام آزمایشی

شاخص					رقم
MP	GMP	STI	TOL	SSI	
۲۴/۲۸	۲۴/۲۷	۰/۹۹	۵/۱۳	۰/۰۳۶	ویلیامز
۵۷/۲۴	۵۰/۹۳	۰/۷۹	۵۲/۲۴	۱/۵۶	گرگان ۳

توجهی برای استفاده از ارقام رشد نامحدود و سازگار با منطقه در شرایط نامساعد باشد. رقم ویلیامز در کل دوره رشد تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه بیشتری در مقایسه با گرگان ۳ داشت. با توجه به ویژگی ارقام در تحمل نسبی خشکی و با توجه به نتایج این آزمایش رقم ویلیامز دارای شاخص حساسیت پایین و تحمل بالا به خشکی و رقم گرگان ۳ دارای میانگین هندسی عملکرد و میانگین حسابی عملکرد بالاتری بود. در کل با توجه به شاخص‌های حساسیت به تنش به نظر می‌رسد که رقم ویلیامز در مقایسه با گرگان ۳ تحمل بیشتری به خشکی داشته باشد. رقم ویلیامز در شمال ایران (در استان‌های مازندران و گلستان) و رقم گرگان ۳ در استان گلستان کشت می‌شود.

عملکرد یا میانگین بهره‌وری (MP) نشان‌دهنده تحمل بیشتر رقم به تنش می‌باشد (۳۴). شاخص بهره‌وری (MP) نشان‌دهنده میزان اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی است. ارقامی که از شاخص بهره‌وری بیشتری برخوردار باشند، سهم بیشتری از مواد پرورده را در اختیار غلاف‌ها قرار می‌دهند (۶). در این پژوهش رقم گرگان ۳ دارای شاخص تحمل به تنش، میانگین هندسی و حسابی عملکرد بیشتری بود (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

رقم رشد نامحدود ویلیامز در مقایسه با گرگان ۳ در رژیم‌های رطوبتی متفاوت، ثبات عملکرد دانه بیشتری داشت که می‌تواند

منابع مورد استفاده

- Ashley, D. A. and W. J. Ethridge. 1978. Irrigation effect on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. *Agronomy Journal* 70:467-471.

2. Board, J. E. and Q. Tan. 1995. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. *Crop Science* 35: 846–851.
3. Brown, E. A., C. E. Cavines and D. A. Brown. 1985. Response of selected soybean cultivars to soil moisture deficit. *Agronomy Journal* 77: 274-278.
4. Brun, W. A. and K. J. Betts. 1984. Source/sink relations of abscising and non abscising soybean flowers. *Plant Physiology* 75: 187–191.
5. Chaves, M. M., J. S. Pereira, J. Maroco, M. L. Rodrigues, C. P. P. Ricardo, M. L. Osorio, I. Carvalho, T. Faria and C. Pinheiro. 2002. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and Growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.
6. Daneshian, J., E. Majidi- Hervean and P. Jonoubi. 2002. Evaluation of drought stress and potassium application on quantitative and qualitative soybean characteristic. *Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University* 8: 95-108. (In Farsi).
7. Daneshian, J., P. Jonoubi and D. B. Tari. 2011. Investigation of water deficit stress on agronomical traits of soybean cultivars in temperate climate. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 75: 778-785.
8. Demirtas, C., S. Yazgan, B. N. Candogan, M. Sincik, H. Buyukcangaz and A. T. Goksoy. 2010. Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L. Merrill) to drought stress in sub-humid environment. *African Journal of Biotechnology* 9(41): 6873-6881.
9. Desclaux, D., T. T. Huynh and P. Roumet. 2000. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. *Crop Science* 40: 716–722.
10. Dybing, C. D., H. Ghiasi and C. Paech. 1986. Biochemical characterization of soybean ovary growth from anthesis to abscission of aborting ovaries. *Plant Physiology* 81: 1069–1074.
11. Egli, D. B. and Z. W. Yu. 1991. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. *Crop Science* 31: 439–442.
12. Emam, Y. and M. Zavareh. 2005. Drought Tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis (Translated). Iran University Press. 126 pages. (In Farsi).
13. Farnia, A., G. Noormohammadai, A. Naderi, F. Darvish and I. Majidi Hervean. 2006. Effect of drought stress and strains of *Bradyrhizobium japonicum* on grain yield and associated characteristics in soybean (cv. Clark) in Borujerd. *Iranian Journal of Crop Sciences* 8(3): 201-214. (In Farsi).
14. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. PP. 257-270. In: Proc. the Intl. Symp. on "Adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress. AVRDC Pub., Tainan. Taiwan.
15. Fernandez, R. J. and J. F. Reynolds. 2000. Potential growth and drought tolerance of eight desert grasses. *Journal Ecologia* 123: 90-98.
16. Fisher, R. A. and J. T. Wood. 1976. Drought resistance in spring wheat cultivars III, yield association with morpho-physiological traits. *Australian Journal Agricultural Research* 30: 1061-1020.
17. Guillioni, L., J. Wery and J. Lecoecur. 2003. High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate. *Functional Plant Biology* 30: 1151–1164.
18. Heatherly, L. G., W. J. Russell and T. M. Hinckley. 1997. Water relations and growth of soybeans in drying soil. *Crop Science* 17: 381-386.
19. Kadhemi, F. A., J. E. Specht and J. H. Williams. 1985b. Soybean irrigation serially timed during states R1 to R6: II. Yield component responses. *Agronomy Journal* 77: 299–304.
20. Karegar, S. M. A., M. R. Ghannadha, R. Bozorgi-pour, A. A. Khanje Ahmad Attari and H. R. Babaei. 2004. An Investigation of Drought Tolerance Indices in Some Soybean Genotypes under Restricted Irrigation Conditions. *Iranian Journal of Agriculture Science* 35(1): 129-142. (In Farsi).
21. Korte, L. L., J. H. Williams, J. E. Specht and R.C. Sorensen. 1983. Irrigation of soybean genotypes during reproductive ontogeny. II. Component responses. *Crop Science* 23:528-533.
22. Meckel, L., D. B. Egli, R. E. Phillips, D. Radcliffe and J. E. Leggett. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. *Agronomy Journal* 76:647–650.
23. Mohsenbeigi, A.H., M. Nasri, M. Oveisi and M. Tarigh-Aleslami. 2010. Effects of drought stress and foliar application of iron fertilizer at flowering stage on grain yield, protein and oil in soybean seed. 26-27 may 2010, Bojnourd, Iran. 6 pages.
24. Palmer, J., E. J. Dunphy and P. Reese. 1995. Managing drought-stressed soybeans in the southeast. [http://www.Ces.Ncsu.Edu/drought/dro-24. Html](http://www.Ces.Ncsu.Edu/drought/dro-24.Html). Accessed 5 December 2011.
25. Pandey, R. K., W. A. T. Herrera, A. N. Villegas and J. W. Pendleton. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: III. Plant growth. *Agronomy Journal* 76: 557-560.
26. Ramseur, E. L., V. L. Quinsenberry, S. U. Wallace and J. H. Palmer. 1984. Yield and yield components of 'Braxton' soybeans as influenced by irrigation and intra- row spacing. *Agronomy Journal* 76: 442-446.

27. Shahmoradi, SH., H. Zeinali Khanghah, J. Daneshian, N. Khodabandeh and A. Ahmadi. 2009. An evaluation of Water Deficit stress effect on soybean lines and cultivars Based on stress Indices. *Iranian Journal of Field Crop Science* 40(3): 9-22. (In Farsi).
28. Sionit, N. and P. J. Kramer. 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. *Agronomy Journal* 69: 274-278.
29. Spaeth, S.C., H.C. Randau, T.R. Sinclair and J.S. Vendeland. 1984. Stability of soybean harvest. *Agronomy Journal* 76(3): 482-486.
30. Westgate, M.E. and C. M. Peterson. 1993. Flower and pod development in water-deficient soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Journal of Experimental Botany* 44: 109-117.
31. Wiebold, W. J., D. A. Ashley and H. R. Boerma. 1981. Reproductive abscission levels and patterns for 11 determinate soybean cultivars. *Agronomy Journal* 73: 43-46.
32. Xiaobing, L., S. J. Herbert, J. Jin, Q. Zhang and G. Wang. 2004. Responses of photosynthetic rates and yield/quality of main crops to irrigation and manure application in the black soil area of Northeast China. *Plant and Soil* 261(1/2): 55-60.
33. Yahyaei, GH. R. 2008. The effect of irrigation regimes on seed yield and yield components of determinate and indeterminate soybean cultivars. *Journal of Agricultural Science* 14(5): 124-134. (In Farsi)
34. Zare, M., H. Zeinali Khaneghah and J. Daneshian. 2004. An Evaluation of Tolerance of Some Soybean Genotypes to Drought Stress. *Iranian Journal of Agricultural Science* 35(4): 859-867. (In Farsi).