اثر تراکم بوته و تنش کم‌آبی بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* (L.) Merrill)

علیرضا مقدم خمسه[۱*]، جهانفر دانشیان[۲]، مجید امینی دهقی[۳]، حمید جباری[٤] و سید علی محمد مدرس ثانوی[٥]

۱ – دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد

۲ – دانشیار، پژوهش بخش تحقیقات دانه های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج

۳ – دانشیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد

٤ – دانشجوی دکتری زراعت، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

٥ – استاد، دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ وصول: ۸۹/۳/۱

تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۲۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تراکم بوته بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد لاین L_{-17} سویا در شرایط تنش کم آبی در سال۱۳۸۵، آزمایشی در مزرعهٔ پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، بخش تحقیقات دانههای روغنی کرج، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار اجرا شد. عامل تنش کم آبی در سه سطح در کرت‌های اصلی شامل آبیاری پس از ٥٠، ۱۰۰ و ۱٥٠ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و عامل تراکم در سه سطح در کرت‌های فرعی شامل ۲۰،۳۰ و ٤٠ بوته در مترمربع قرار گرفت. نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی اثر معنی داری بر تمامی صفات مورد بررسی داشت و باعث کاهش ارتفاع گیاه(۲۳٪)، تعداد غلاف در بوته(۳۷٪)، تعداد دانه در هر گیاه(٤۸٪)، وزن هزار دانه(۱٤٪) و عملکرد دانه(٥٦٪) گردید. همچنین در شرایط تنش کم آبی از درصد روغن کاسته و به میزان پروتئین افزوده شد. این در حالی بود که عامل تراکم بر صفات رویشی گیاه تأثیر نداشت و تنها بر برخی از صفات زایشی نظیر تعداد غلاف در بوته ($P<0.05$)، وزن غلاف در بوته، تعداد دانه در هر گیاه و عملکرد دانه مؤثر بود ($P<0.01$). بهترین تیمار برای بدست آوردن حداکثر محصول دانه و صفات مطلوب رویشی و زایشی در گیاه، آبیاری پس از ٥۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در هر دور آبیاری و تراکم ۲۰ گیاه در مترمربع بوده است.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، تراکم کاشت، سویا، اجزای عملکرد دانه، درصد روغن دانه

* نویسنده مسئول E-mail: Moghaddamkh@yahoo.com

مقدمه

سویا (لوبیای روغنی) [*Glycine max* (L.) Merrill] گیاهی است که از خانواده بقولات[1] که بالاترین سطح زیر کشت و تولید دانهٔ روغنی و پروتئینی را در جهان به خود اختصاص داده است. این گیاه از سال ۱۳٤٦ به عنوان دانهٔ روغنی در بخش های مهمی از کشور مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است(۹). تنش خشکی عامل اصلی کاهش رشد گیاهان در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. خسارت خشکی در این مناطق سالانه به میلیون‌ها دلار بالغ می‌گردد. ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد، بنابراین توجه به مسألهٔ تنش خشکی از اهمیت زیادی برخوردار است. عملکرد گیاه، به فراهمی آب در خاک بستگی دارد و تقاضا برای آب نیز به توانایی گیاه برای استفاده از آب محدودی که عرضه می‌شود وابسته است. تنش رطوبتی در هر مرحله از رشد سویا می‌تواند عملکرد را کاهش دهد. اما مقدار کاهش به مرحلهٔ نمو گیاه و شدت تنش بستگی دارد(۲۹). در بسیاری از نقاط ایران تمام نیاز رطوبتی گیاهان از جمله سویا در طول دوره رشد بایستی از طریق آبیاری تأمین گردد و بالاخص که در بسیاری از مناطق، طی مراحل بحرانی رشد یعنی مرحله گل دهی و پرشدن دانه، ممکن است هیچ گونه ریزش های آسمانی وجود نداشته باشد .در عین حال چون مراحل بحرانی رشد عموماً با شرایط آب و هوایی گرم و خشک تابستان مواجه بوده که نیاز آبی اغلب محصولات زراعی نیز در این دوره تحت چنین شرایطی بالا می باشد توجه به صرفه جویی در مصرف آب با اعمال کم آبیاری بسیار کارساز خواهد بود(۲ و ۳۱).

کمبود آب در بسیاری از مراحل نموی سویا، عملکرد را کاهش می‌دهد. به طوری که در مرحلهٔ رشد رویشی موجب کاهش میزان رشد گیاه می‌گردد(۲٤). کرم و همکاران (۲۰۰۵) از آزمایشات خود نتیجه گرفتند که کم‌آبیاری در مرحله گلدهی کامل سویا تنها سبب کاهش ٤ درصدی عملکرد دانه شد در حالی که کم‌آبیاری در مرحله رشد و توسعه دانه کاهش ۲۸ درصدی عملکرد دانه را در پی داشت.

عکس العمل سویا به کمبود آب خاک در مراحل مختلف رشد متفاوت است و در مرحله پرشدن دانه حساسیت آن به کمبود رطوبت خاک بیشتر است (٦). تنش رطوبتی در مرحله تشکیل غلاف عملکرد سویا را حدود ۵۰ درصد کاهش می دهد (۵). آنها گزارش دادند که با افزایش شدت تنش از تعداد گره و طول میانگره کاسته شد و منجر به کاهش ارتفاع گیاه گردید. بهاتیا و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی اثر محدودیت رطوبتی بر عملکرد دانه سویا در ۲۱ ناحیه مهم کشت این گیاه در هند گزارش دادند که محدودیت در رطوبت خاک سبب کاهش ۲۸ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با شرایط عدم محدودیت رطوبت بود. در فصل تابستان که مصادف با مرحله غلاف بندی و پر شدن دانه گیاه سویا می باشد، کاهش رطوبت خاک، سبب کاهش قابل توجه در عملکرد می گردد . وجود تنشهای مقطعی در اواسط مرحله نموی گیاه سبب تاثیر منفی در رشد گیاه خواهد شد ، اما گیاهانی که تحمل بیشتری نسبت به خشکی دارند و پس از رفع تنش قادر به بهبود و جبران صدمات باشند کمترین کاهش در عملکرد را نشان خواهند داد (٦). با افزایش شدت تنش سرعت تولید ماده خشک درگیاه کاهش می یابد، بنابراین ارقامی که توان فتوسنتزی خود را در شرایط تنش در مدت زمان بیشتری حفظ کنند از عملکرد بیشتری برخوردارند(۲۸).

اجزای عملکرد دانه شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه است(۱۰). در گیاه سویا٤۰ تا ۸۰ درصد گلها می ریزند (۱۷). اما تعداد غلافهای تولیدکننده دانه با تعداد گلهایی که به غلاف تبدیل می شوند متناسب است و عملکرد می تواند به تعداد گلهای تولید شده وابسته باشد به عبارت دیگر عملکرد رابطه معکوسی با مجموع ریزش غلافها یا گلها دارد. شیند و همکاران (۱۹۹٦) گزارش دادند که عملکرد دانه تک گیاه همبستگی مثبت و معنی داری را با ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف و همبستگی منفی با وزن ۱۰۰ دانه نشان داد. ایزانلو و

[1] Fabaceae

همکاران (١٣٨٤) ضمن بررسی صفات عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین برخی صفات مرفولوژی ارقام تجاری سویا در شرایط تنش رطوبتی در اواخر مرحلهٔ زایشی نشان دادند که با اعمال تنش آبی طول دورهٔ رشد، تعداد روزهای تا شروع گل دهی، تعداد روزهای تا شروع دانه بندی و ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد کاهش می یابد.

بهتری و همکاران (١٣٨٤) با بررسی اثرات محدودیت آب بر روند ذخیر هسازی روغن، پروتئین و عملکرد دانه در دو رقم سویا نشان دادند که با افزایش تنش آبی درصد روغن کاهش و درصد پروتئین دانه افزایش یافت. سبکدست و همکاران (١٣٨٧) ضمن ارتباط عملکرد دانه با مقدار روغن دانه برای ٢٠ رقم سویا نشان دادند که درصد روغن با صفات درصد پروتئین همبستگی منفی و معنی داری داشت. پور موسوی و همکاران(١٣٨٤) با بررسی اثر تنش خشکی و کود دامی بر ویژگی های کمی و کیفی گیاه سویا، اظهار داشتند که با افزایش شدت تنش آبی، درصد روغن دانه ها کاهش و درصد پروتئین دانه ها افزایش یافت .ارتفاع بوته، تعداد گره در بوته، تعداد شاخه در بوته در اثر تنش خشکی کاهش یافت.

گزارش های برخی از پژوهشگران بیانگر این موضوع است که با افزایش جمعیت گیاهی در واحد سطح، مرفولوژی گیاه، به علت رقابتی که بین گیاهان پیش می آید، تغییر می‌یابد(٣٢). عملکرد و اجزای عملکرد دانه اساساً به وسیلهٔ فرآیندهای فیزیولوژیک متعددی کنترل می شود و به وسیلهٔ منابع فیزیکی نظیر نور، آب و مواد غذایی خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد. عملیات زراعی نظیر تراکم گیاهی و دور آبیاری نیز بر میزان محصول گیاهان زراعی مؤثر می‌باشد. عملکرد دانهٔ سویا می‌تواند بوسیله تراکم‌های زیاد یا کم و یا تنش کم‌آبی محدود شود. شرایط محیطی در طول دورهٔ رشد، مخصوصاً شدت و کیفیت نور خورشید دریافتی توسط گیاه تعیین کننده‌های میزان فتوسنتز، مادهٔ خشک و عملکرد هستند. سایه‌اندازی (به میزان ٢٠ الی ٤٩ درصد) و جلوگیری از تابیدن نور باعث افزایش فاصلهٔ میانگره‌ها و ورس گیاه سویا می‌شود. فتوسنتز کانوپی در طول دورهٔ گلدهی و تشکیل غلاف در سویا یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین کنندهٔ میزان عملکرد است و طول مدت سایه‌اندازی بر آن بسیار مؤثر می‌باشد و اثرات سایه‌اندازی تحت تأثیر تراکم گیاهی قرار می‌گیرد(٢٩). سائورابه و همکاران (١٩٩٨) تعداد غلاف در گیاه، شاخص برداشت، و وزن مادهٔ خشک هر گیاه را به عنوان معیارهای انتخاب در بهبود عملکرد سویا پیشنهاد کردند.

با توجه به نتایج بدست آمده در مورد اثر تنش بر اجزای عملکرد دانه و نظر به اینکه کلیهٔ عوامل به‌زراعی برای هر لاین جدید بایستی قبل از معرفی آن لاین به کشاورزان شناخته و مورد بررسی قرار گرفته باشد لذا مطالعهٔ حاضر به منظور تعیین بهترین تراکم و میزان آب آبیاری در جهت استفادهٔ بهینه از امکانات محیطی و دستیابی به عملکرد بالاتر، و همچنین بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد لاین$_{17}$-L سویا و اثرات متقابل تنش کم آبی و تراکم و تعیین ترکیب مناسبی از این دو عامل اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات دانه های روغنی کرج در سال زراعی ١٣٨٥-١٣٨٤ انجام شد. عرض جغرافیایی محل آزمایش ٣٥ درجه و ٥٦ دقیقه شمالی و طول ٥٠ درجه و ٥٨ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ و ارتفاع ١٣٢١ متر از سطح دریا می‌باشد. بر اساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروترمیک، این منطقه با داشتن ١٨٠-١٥٠ روز گرم وخشک جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم خشک جزء رژیم رطوبتی نیمه خشک محسوب می شود. آمار دما و بارندگی ماهانه در سال ١٣٨٤ در جدول زیر آمده است.

آمار ماهانه بارندگی، رطوبت و دما درسال زراعی ۱۳۸٤ در کرج

تاریخ	حداقل دما(°C)	حداکثر دما(°C)	میزان بارش(mm)	حداقل رطوبت(٪)	حداکثر رطوبت(٪)
خرداد	۱۵/۷۸	۳۰/٦٦	۰/۳۹	۱٦/۰۳	٦۵/۹٤
تیر	۱۸/٤۷	۳٦/۲۲	۰	۱۳/۱۳	٦۲/۲۸
مرداد	۱۹/۷۷	۳۵/٤۷	۰/۱۳	۱۳/۰٦	۵۵/۰٦
شهریور	۱۵/۷۵	۳۲/۲۲	۰/۰۰۷	۱۸/۱۰	۷۱/٦۰
مهر	۱۲/٤۲	۲۷/۵۸	۰/۰۲۳	۱۸/٤٤	٦۷/۷٤
آبان	٤/۵۵	۱۵/۷٤	۰/۹۲	۳۹/۵۵	۸۰/۸٤

این آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار اجرا شد. عامل تنش کم آبی در سه سطح در کرت‌های اصلی شامل آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و عامل تراکم در سه سطح در کرت‌های فرعی شامل ۳۰،۲۰ و ٤۰ گیاه در مترمربع قرار گرفت. لازم به ذکر است که سطح آبیاری ۵۰ میلیمتر تبخیر به عنوان شاهد و سطوح آبیاری بعد از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر نیز به‌ترتیب تنش متوسط و شدید کم‌آبی در نظر گرفته شدند. زمان آبیاری کلیه کرت‌های آزمایشی به ترتیب بر اساس ۱۰۰ و ۱۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. میزان تبخیر با نصب تشتک تبخیر کلاس A در مزرعه به طور روزانه اندازه‌گیری شد و آبیاری هر تیمار، پس از رسیدن میزان تبخیر به مقدار مورد نظر صورت گرفت. مبداء زمانی تبخیر از زمان اتمام آبیاری بود. همچنین زمان اعمال محدودیت در آبیاری بر اساس زمان پیشنهادی چیمنتی و هال (۱۹۹۳) و چیمنتی و همکاران (۲۰۰۲) پس از استقرار گیاه در مرحله ۸-٦ برگی در کرت‌های آزمایشی بود(۱٤ و ۱۵).

اولین آبیاری یک روز پس از کاشت انجام شد. برای تعیین زمان آبیاری در کرت های شاهد و تنش از روش کسر رطوبتی اتمسفر استفاده گردید . به این جهت ازاستفاده گردید. در هر روز میزان A تشتک تبخیر کلاس تبخیر از تشتک تبخیر بر اساس آب اضافه شده به تشتک محاسبه و زمانی که تبخیر به ۵۰ میلی متر رسید، آبیاری تیمار شاهد انجام گر فت .آبیاری کلیه کر ت های مطابق شاهد انجام آزمایشی تا مرحله تشکیل۷-۵ گره شد و پس از آن تیمارهای کم آ بی اعمال شدند. بر این اساس زمان آبیاری آزمایش دوم و سوم به ترتیب پس از تبخیر ۱۰۰ تنش متوسط و ۱۵۰ تنش شدید میلی متر از تشتک تبخیر انجام شدند. در طول زمان انجام آزمایش بارش قابل توجهی وجود نداشت.

قبل از کاشت از خاک نقاط مختلف مزرعه در دو عمق ۳۰-۰ و ٦۰-۳۰ سانتی‌متر بطور تصادفی نمونه برداری صورت گرفت و نمونه‌های گرفته شده جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. بر اساس نتایج بدست آمده بافت خاک لومی شنی بوده، pH تقریباً خنثی و EC برابر ۱/۸ دسی زیمنس بود. همچنین بذور قبل از کاشت با باکتری برادی‌رایزوبیوم ژاپونیکم تلقیح شدند. تاریخ کاشت رقم مورد نظر ۱٤ تیر ماه سال بوده و اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت تا شرایط لازم جهت جوانه‌زنی بذور و بقای باکتری فراهم گردد. زمان برداشت در ۱٤ مهر صورت پذیرفت.

هر کرت آزمایشی دارای ٦ خط به طول ٦ متر با فاصلهٔ خطوط ٦۰ سانتی متر بود. بین هر دو کرت مجاور ۳ خط به صورت نکاشت در نظر گرفته شد و فاصله بین دو تکرار مجاور ٦ متر تعیین گردید. در زمان برداشت پس از رسیدگی فیزیولوژیک گیاهان، ۳ مترمربع از هر کرت جهت ارزیابی

عملکرد دانه برداشت گردید. برای ارزیابی اجزاء عملکرد از میانگین ۸ گیاه در هر کرت استفاده شد و تعداد و وزن دانه و غلاف برای هر یک از گره‌های اصلی و شاخه‌های فرعی محاسبه گردید. میزان روغن دانه نیز با استفاده از دستگاه NMR مدل BRUKER در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی کرج تعیین گردید. رقم مورد استفاده(L-17) از رقم-های در دست معرفی سویا بوده که جزء گروه رسیدگی III قرار می‌گیرد.

صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل ارتفاع گیاه، فاصله اولین غلاف از سطح زمین، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در گیاه، وزن غلاف، تعداد دانه در گیاه، وزن هزار دانه، وزن خشک ساقه، عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین دانه. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل، از برنامه‌های آماری SAS و جهت مقایسهٔ میانگین صفات مورد نظر از آزمون دانکن توسط نرم افزار Mstat-c استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تنش کم‌آبی بر ارتفاع گیاه در سطح ۵٪ اثر معنی‌داری داشته است(جدول ۱). در این آزمایش بیشترین و کمترین ارتفاع گیاه به ترتیب از تیمار آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر به میزان ۵۷/۰ سانتیمتر و تیمار آبیاری بعد از ۱۵۰ میلیمتر تبخیر به میزان ٤٣/٦ سانتیمتر حاصل شد (جدول ۲). کاهش ارتفاع گیاه به موازات افزایش تنش کم‌آبی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه نسبت داد. آزمایش‌های خواجوئی‌نژاد (۱۳۸۳) نشان داد که تنش کم‌آبی بر ارتفاع گیاه اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشته است. دانشیان و همکاران (۱۳۸۵) نیز در بررسی خصوصیات زراعی در ارقام تحت تنش سویا گزارش کردند که تنش کم‌آبی باعث کاهش ارتفاع ارقام سویا گردید(٤). همچنین در این آزمایش اعمال آبیاری بعد از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر نتوانست کاهش معنی‌داری در ارتفاع گیاه نسبت به تیمار شاهد بوجود آورد (جدول ۲) که می‌تواند نشان دهنده شدت تنش کم تا متوسط در تیمار آبیاری بعد از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر باشد. نتایج دانشیان و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که اعمال تنش بخصوص در اوائل گلدهی بر ارتفاع گیاه تاثیر گذاشت و باعث کاهش ارتفاع گردید. کادهم و همکاران(۱۹۸۵) نیز گزارش کردند که آبیاری در مراحل گلدهی تا اواسط نمو غلاف سبب افزایش ارتفاع گردید.

فاصله اولین غلاف از سطح زمین

فاصلهٔ اولین غلاف از سطح زمین در بین تیمارهای مورد بررسی تنها در سطح آماری ۵٪ تحت تاثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت(جدول۱). تیمار آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر با ۸/۸٤ سانتیمتر و تیمار آبیاری بعد از ۱۰۰ میلیمتر تبخیر با ۷/۰۳ سانتیمتر به ترتیب بیشترین و کمترین فاصلهٔ اولین غلاف از سطح زمین را دارا بودند (جدول ۲). دانشیان و همکاران (۱۳۸۵) نیز گزارش دادند که تنش کم‌آبی در ارقام سویا به سبب کاهش ارتفاع گیاه باعث کاهش فاصلهٔ اولین غلاف از سطح زمین نیز خواهد شد. شاهمرادی و همکاران (۱۳۸۸) نیز نتایج مشابهی را در این زمینه گزارش کرده‌اند. احتمالاً افزایش ارتفاع با افزایش تراکم به علت بیشتر شدن رقابت بین گیاهان کاشته شده و کاهش نفوذ نور به داخل کانوپی باعث بالا رفتن فاصله اولین غلاف از سطح زمین شده است. همچنین نتایج مشابهی منطبق بر روند افزایش فاصلهٔ اولین غلاف از سطح زمین بر اثر افزایش تراکم توسط محققان گزارش شده است (١٦ و ١٧).

وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت(جدول ۱). در آزمایش حاضر، آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر (شاهد) حداکثر وزن خشک ساقه را با میانگین ۳۲/۲۵ گرم دارا بود و تیمار آبیاری بعد از ۱۵۰ میلیمتر تبخیر سبب کاهش ۲۱ درصدی وزن خشک ساقه در مقایسه با تیمار آبیاری شاهد گردید (جدول ۲). براساس گزارشات خواجوئی‌نژاد (۱۳۸۳) وزن خشک ساقه ارقام سویا

تحت تاثیر تیمارهای آبیاری قرار گرفت. کرم و همکاران (۲۰۰۵) نیز اعمال محدودیت در آبیاری در مراحل گلدهی کامل و رشد و توسعه دانه گیاه سویا به ترتیب سبب کاهش ۱۶ و شش درصدی وزن خشک گیاه گردید.

اثر متقابل تنش و تراکم بر وزن خشک ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) و ارزیابی سطوح اثر متقابل نشان داد که حداکثر وزن ساقه از آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر و تراکم ۳۰ گیاه در متر مربع با میانگین ۴۰/۰ گرم حاصل شد (جدول ۲). احتمالاً در آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر با تراکم ۳۰ گیاه به‌دلیل وجود رطوبت کافی در خاک، عدم رقابت بین گیاهان در واحد سطح و وجود فضای کافی برای هر گیاه، حداکثر وزن ساقه حاصل شده است. حداقل وزن ساقه هم از آبیاری بعد از ۱۵۰ میلیمتر و تراکم ۴۰ گیاه در متر مربع با میانگین ۲۰ گرم حاصل شد (جدول ۲)، که به نظر می‌رسد علت آن عدم وجود رطوبت کافی در خاک و رقابت شدید بین گیاهان جهت دریافت آب و مواد غذایی باشد.

تعداد شاخه فرعی در گیاه

تنش کم‌آبی بر تعداد شاخه فرعی در سطح ۱٪ تأثیر معنی‌داری داشت(جدول ۱). حداکثر تعداد شاخه فرعی از آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر با میانگین ۳/۶۱ بدست آمد و با اعمال تیمارهای تنش متوسط و شدید کم‌آبی تعداد شاخه فرعی به‌ترتیب به میزان ۱۹ و ۳۳ درصد در مقایسه با تیمار آبیاری شاهد کاهش یافت (جدول ۲). قبلاً نیز کاهش تعداد شاخه فرعی گیاه در شرایط تنش کم‌آبی توسط برخی محققین گزارش شده است (۸).

با وجود معنی‌دار نبودن اثر متقابل تنش و تراکم بر تعداد شاخه فرعی در گیاه، بررسی مقایسه میانگین‌ها در جدول ۱ نشان می‌دهد که در تمامی سطوح آبیاری، هر چه تراکم گیاه بیشتر گردید تعداد شاخه فرعی به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان و تخلیه سریعتر رطوبت خاک کاهش یافت (جدول ۲). براتویت (۱۹۸۲) نیز مشاهده کرد که با افزایش تعداد گیاه در واحد سطح، از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته می‌شود. بر اساس گزارش او هر چه تراکم کمتر شود و فاصله گیاهان از یکدیگر زیادتر شود، تعداد شاخه فرعی زیادتر می‌شود.

تعداد غلاف در بوته

اثر تنش کم‌آبی و اثر تراکم بر تعداد غلاف در گیاه به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱) که با نتایج دانشیان و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد(۳). حداکثر تعداد غلاف در گیاه از آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر با میانگین ۳۰/۲۰ و حداقل آن از آبیاری بعد از ۱۵۰ میلیمتر تبخیر با میانگین ۱۸/۸۸ حاصل شد (جدول ۲). همچنین نتایج بیانگر این مطلب بود که با اعمال تنش کم‌آبی تعداد غلاف در گیاه به طور معنی‌داری کاهش یافت ولی از طرفی با افزایش شدت تنش در سطح بعدی افت تعداد غلاف در گیاه با شدت کمتری انجام شد. کاهش تعداد غلاف در گیاه در تیمار تنش شدید نسبت به تیمار تنش متوسط کم‌آبی ۱۵ درصد بود، درحالی‌که افت صفت نامبرده در تیمار تنش متوسط کم‌آبی نسبت به تیمار شاهد حدود ۲۶ درصد بود (جدول ۲). بر اساس گزارشات دانشیان و همکاران(۱۳۸۰) تعداد غلاف در گیاه یکی از مهمترین اجزاء عملکرد در گیاه می‌باشد و با افزایش شدت تنش از تعداد غلاف در گیاه کاسته می‌شود. همچنین اگلی (۱۹۹۹) گزارش دادند که به دلیل رقابت اندام‌های رویشی با زایشی در مرحله نمو زایشی گیاه، کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی طی این دوره، سبب کاهش تعداد غلاف یا دانه در واحد سطح می‌گردد (۱ و ۱۷). در همین رابطه شائوس و همکاران (۱۹۸۱) و مومن و همکاران (۱۹۷۹) نیز گزارش کردند که تعداد غلاف در سویا به شدت تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت.

در آزمایش حاضر حداکثر تعداد غلاف در گیاه در میان سطوح تراکم اعمال شده از تراکم ۲۰ گیاه در متر مربع با میانگین ۲۵/۸۳ بدست آمد و به طور نسبی هر چه تراکم بیشتر شد به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان تعداد غلاف در گیاه کاهش می‌یافت به طوری‌که حداقل تعداد غلاف در گیاه در تراکم ۴۰ گیاه در متر مربع با میانگین ۲۰/۸۰ حاصل شد (جدول ۲). با این حال بین تراکم‌های ۲۰ و ۳۰ بوته در متر مربع تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد غلاف در گیاه وجود

نداشت و هر دو در گروه آماری مشابهی قرار داشتند (جدول ٢). بوکت (١٩٩٠) نیز اعلام کرده است که افزایش تراکم تعداد غلاف در هر گیاه را کاهش می‌دهد ولی باعث افزایش تعداد غلاف در واحد سطح می‌شود.

وزن غلاف در هر گیاه

وزن غلاف در هر گیاه در سطح یک درصد تحت تاثیر تنش کم‌آبی و تراکم گیاهی قرار گرفت (جدول ١). حداکثر وزن غلاف در هر گیاه از آبیاری بعد از ٥٠ میلیمتر تبخیر با میانگین ١٠٤/٥٨ گرم حاصل شد و در تیمارهای آبیاری بعد از ١٠٠ و ١٥٠ میلیمتر تبخیر میانگین این صفات به‌ترتیب با ٣٧ و ٤٧ درصد کاهش به ٦٦/٠٨ و ٥٥/٨٣ گرم تقلیل یافت (جدول ٢). نتایج حاصل از تحقیقات محققین مختلف نشان داده است که وقوع تنش خشکی در زمان نمو غلاف سبب کاهش وزن غلاف و دانه می‌گردد (٢٩). شاهمرادی و همکاران (١٣٨٨) نیز نتایج مشابهی را در این زمینه گزارش کرده‌اند. در این آزمایش حداکثر وزن غلاف از تراکم ٢٠ گیاه در متر مربع با میانگین ٨٤/٠ گرم بدست آمد و حداقل آن متعلق به تراکم ٤٠ گیاه در متر مربع (٦٢/٥٠ گرم) بود (جدول ٢). ولی با این حال تفاوت معنی‌داری بین تراکم‌های ٢٠ و ٣٠ بوته در متر مربع از نظر وزن غلاف در هر گیاه وجود نداشت که نشان دهنده تحت تأثیر قرار نگرفتن صفت مذکور در تراکم ٣٠ بوته در متر مربع در مقایسه با تراکم ٢٠ بوته در متر مربع می‌باشد (جدول ٢). به طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش سطوح تراکم از ٢٠ به ٤٠ بوته در متر مربع وزن غلاف در گیاه کاهش پیدا می‌کرد که احتمالاً به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان، تخلیه رطوبتی هر چه سریعتر خاک بر اثر افزایش تقاضا و در نتیجه کاهش میزان آب قابل دسترس خاک در تراکم های بالای گیاه بوده است.

تعداد دانه در گیاه

تعداد دانه در گیاه یک جزء مهم عملکرد سویا محسوب می‌شود(١٦). تعداد دانه در گیاه در سطح یک درصد تحت تاثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت (جدول ١). دانشیان و همکاران (١٣٨٨) نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. حداکثر تعداد دانه در هر گیاه از آبیاری بعد از ٥٠ میلیمتر تبخیر با میانگین ٧٨/٠٤ دانه بدست آمد و با افزایش شدت تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌کرد، به طوری‌که حداقل تعداد دانه در گیاه از آبیاری بعد از ١٥٠ میلیمتر تبخیر با میانگین ٤٠/٥٧ دانه حاصل شد که نسبت به تیمار آبیاری شاهد ٤٨ درصد کاهش یافته بود (جدول ٢). کاهش تعداد دانه در هر گیاه در شرایط تنش کم آبی می‌تواند به دلیل افزایش پوکی غلاف باشد(٢٠). همچنین افزایش شدت تنش موجب کاهش فتوسنتز گیاه و در نتیجه کاهش تولید مواد آسیمیلاتی در گیاه شده، به طوری که در زمان گلدهی و نمو غلاف باعث کاهش تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه در غلاف گردید (٢٠). دانشیان و همکاران (١٣٨٥) در بررسی اثر تنش قطع آب در مرحله نمو غلاف بر عملکرد دانه و خصوصیات زراعی ارقام و لاین‌های سویا دریافتند که تعداد دانه در گیاه در شرایط تنش به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار آبیاری مناسب کاهش یافت. هترلی و همکاران (١٩٩٣) نیز در بررسی تنش خشکی در مرحله نمو زایشی سویا گزارش داد که تنش شدید تعداد و وزن دانه را در گیاه کاهش داد اما میزان کاهش تعداد دانه بیش از وزن دانه بود. همچنین اگلی و همکاران(١٩٩١) گزارش دادند که به دلیل رقابت اندام‌های رویشی با زایشی در مرحله نمو زایشی گیاه، کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی طی این دوره، سبب کاهش تعداد غلاف یا دانه در واحد سطح گردید. در آزمایش کرم و همکاران (٢٠٠٥) نیز اعمال محدودیت در آبیاری در مرحله رشد و توسعه دانه گیاه سویا به ترتیب سبب کاهش ٢٠ و ١٠ درصدی تعداد دانه و وزن دانه گردید.

اثر تراکم نیز بر تعداد دانه در گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ١)، به‌طوری‌که میانگین تعداد دانه در گیاه در تراکم ٤٠ گیاه در متر مربع با تراکم ٢٠ گیاه در متر مربع تفاوت معنی‌داری داشت (به ترتیب ٤٧/١٠ در برابر ٦٥/٩٩). این در حالی بود که در تراکم‌های ٢٠ و ٣٠ گیاه در متر مربع تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در گیاه مشاهده نشد (جدول ٢).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه در سطح پنج درصد تحت تاثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت(جدول ۱). در این آزمایش حداکثر میانگین وزن هزار دانه از آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر با میانگین ۱۲۵/۱۲ گرم بدست آمد و حداقل آن هم متعلق به آبیاری بعد از ۱۵۰ میلیمتر تبخیر با میانگین ۱۰۷/٦۷ گرم بود که نسبت به آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر ۱٤ درصد کاهش نشان می‌داد (جدول ۲). دانشیان و همکاران (۱۳۸۵) نیز در بررسی اثر تنش قطع آب در مرحله نمو غلاف بر عملکرد دانه و خصوصیات زراعی ارقام و لاین‌های سویا کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه را گزارش کرده‌اند. نتایج این آزمایش با گزارشات کرم و همکاران (۲۰۰۵) نیز مطابقت دارد.

در این آزمایش میانگین وزن هزار دانه در تراکم ۲۰ گیاه در متر مربع با میانگین وزن هزار دانه در تراکم‌های ۳۰ و ٤۰ گیاه در متر مربع تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲)، که نشان دهنده ثبات و عدم پاسخ گیاه گیاه به تراکم‌های مختلف گیاهی از نظر وزن هزار دانه می‌باشد که توسط وبر و همکاران (۱۹۹٦) نیز گزارش شده است. بنابراین نتایج حاصل می‌تواند دلیلی بر تراکم پذیری لاین مورد نظر باشد.

با وجود معنی‌دار نبودن اثرات متقابل بر وزن هزار دانه، بررسی مقایسات میانگین نشان داد که در شرایط تنش کم آبی لاین مورد نظر توانست در تراکم‌های بالای گیاهی وزن هزار دانه خود را در حد مطلوبی حفظ نماید (جدول ۲).

عملکرد دانه

اثر تنش کم‌آبی و اثر تراکم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). حداکثر عملکرد دانه از آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر با میانگین ۲۰٤۳/۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و با افزایش سطوح تنش کم‌آبی عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۲). در این آزمایش حداقل عملکرد دانه از آبیاری بعد از ۱۵۰ میلیمتر تبخیر با میانگین ۸۹٤/۹ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که نسبت به تیمار آبیاری شاهد ۵۷ درصد کاهش نشان می‌داد که ناشی از کاهش تعداد دانه در گیاه (٤۸٪) و وزن هزار دانه (۲۲٪) بود (جدول ۲). همچنین احتمالاً کمبود آب مورد نیاز گیاه در تیمارهای تنش کم‌آبی سبب ریزش تعداد زیادی از غلاف‌ها گردید که در نهایت به کاهش عملکرد دانه منجر شد (۲، ۵ و ۹). فرود و همکاران (۱۹۹۳) نیز در بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری مطلوب، تنش کم‌آبی و کم‌آبیاری بر عملکرد دانه سویا گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری مطلوب حاصل شد و تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه سویا گردید. کاهش عملکرد دانه سویا در شرایط تنش رطوبتی توسط شاهمرادی و همکاران (۱۳۸۸)، دانشیان و همکاران (۱۳۸۵)، و بهاتیا و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.

در این آزمایش با افزایش تراکم گیاهی در واحد سطح عملکرد دانه کاهش یافت به خصوص در تراکم ٤۰ گیاه در متر مربع که میانگین عملکرد دانه ۱۱۲۷/۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۲). همچنین بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۲۰ گیاه در متر مربع با میانگین ۱٦۰۳/۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که با عملکرد دانه در تراکم ۳۰ گیاه در متر مربع تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). خواجوئی نژاد (۱۳۸۳) اعلام کرده است افزایش تراکم تعداد غلاف را در هر گیاه کاهش می‌دهد ولی در واحد سطح افزایش می‌دهد. تراکم بالای گیاهی موجب رقابت شدید بین گیاهان می‌شود و همین امر موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها می‌گردد. به عبارت دیگر سهم هر دانه از مواد آسیمیلاتی کاهش می‌یابد و این امر موجب ریز ماندن دانه‌ها و کاهش وزن آنها و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می‌شود(۲).

درصد روغن دانه

میزان روغن استحصالی از دانه جزء صفات مهم کیفی در سویا محسوب می‌شود و سعی محققان همواره در بدست آوردن ارقام با درصد روغن بالا می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس در جدول ۱ نشان می‌دهد که در بین تیمارهای مورد بررسی تنها درصد روغن در سطح یک درصد تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفته است. در آزمایش حاضر بیشترین درصد روغن دانه از تیمار آبیاری بعد از ۵۰ میلیمتر تبخیر (شاهد) به میزان ۲۵/۱۵ بدست آمد درحالی‌که درصد روغن

دانه در تیمارهای تنش متوسط و شدید کم‌آبی به ترتیب با میانگین ۲۳/۳ و ۲۲/۷ درصد در حداقل میزان خود قرار داشت (جدول ۲) که مطابق با نتایج شاهمرادی و همکاران (۱۳۸۸) می‌باشد. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که در تیمار آبیاری شاهد با افزایش تراکم گیاهی درصد روغن دانه به طور غیر معنی‌داری کاهش یافت اما در تیمار تنش متوسط کم‌آبی با افزایش تراکم، درصد روغن دانه به میزان ناچیزی افزایش یافت (جدول ۲). این درحالی بود که در تیمار تنش شدید کم‌آبی با افزایش تراکم از ۲۰ به ٤٠ گیاه در متر مربع، درصد روغن دانه نیز افزایش معنی‌داری به میزان سه درصد یافت (جدول ۲).

درصد پروتئین دانه

میزان پروتئین دانه نیز از دیگر صفات مهم کیفی در سویا می‌باشد و اصولاً تنها صفتی است که در شرایط تنش کم‌آبی تقویت می‌شود (۸). نتایج حاکی از این آزمایش نشان داد که درصد پروتئین در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت (جدول ۱)، به طوری‌که بیشترین درصد پروتئین دانه از تیمارهای تنش شدید و متوسط کم‌آبی و کمترین میزان آن از تیمار آبیاری شاهد حاصل شد (جدول ۲). آزمایشات دانشیان و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که بیشترین درصد پروتئین از شرایط آبیاری کامل به دست آمد و تنش در مرحله گلدهی نیز کمترین درصد پروتئین دانه را تولید نمود. شاهمرادی و همکاران (۱۳۸۸) نیز در بررسی تنش خشکی در مراحل مختلف رشد ۲۰ رقم و لاین سویا دریافتند که تنش درصد روغن دانه را کاهش داد ولی باعث افزایش درصد پروتئین دانه گردید. همچنین تراکم‌های اعمال شده از نظر درصد پروتئین دانه در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۲). در مورد درصد پروتئین به عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم کیفیت دانه، نتایج بدست آمده از پژوهش‌های انجام شده تناقضاتی را نشان می‌دهند. بدین ترتیب که جنسن و همکاران (۱۹۹٦) عدم تاثیرپذیری میزان پروتئین در کلزا را گزارش کرده‌اند. لوپز پریرا و همکاران (۲۰۰۰) همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد پروتئین و درصد روغن دانه آفتابگردان و ویلکاکس (۱۹۹۸) نیز همبستگی منفی و معنی‌داری را بین درصد پروتئین و درصد روغن دانه سویا گزارش کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از این آزمایش می‌توان گفت که تنش کم‌آبی بیشتر از تراکم بر روی اکثر صفات مورد بررسی و عملکرد دانه تاثیر گذار بود و بیشترین عملکرد در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر و تراکم ۲۰ گیاه در متر مربع به میزان ۲۲٦۳/٦ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بنابراین در صورت فراهم کردن شرایط آبی برای رقم مورد استفاده می‌توان با افزایش تراکم میزان عملکرد دانه در واحد سطح را بالا برد. به منظور افزایش کارایی ارقام در استفاده بهتر از عوامل محیطی تحت تیمارهای آبیاری و ارزیابی دقیق‌تر آنها در کشت های تابستانه، کاشت ارقام در تراکم و فاصله بین گیاهی مطلوب بر اساس تیپ رشد پیشنهاد می‌شود.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین صفات مورد بررسی تحت تنش کم‌آبی و تراکم بوته در کشت دوم

تیمارها		ارتفاع گیاه	فاصلهٔ اولین غلاف	وزن خشک ساقه	تعداد شاخهٔ فرعی در گیاه	تعداد غلاف در گیاه	وزن غلاف در هر گیاه	تعداد دانه در هر گیاه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	درصد پروتئین
میزان تبخیر (mm)	تراکم گیاه (m^2)	cm	cm	g	--------	--------	g	--------	g	kg/ha	%	%
۵۰		۵۶/۹۹a	۸/۸۴a	۳۲/۲۵a	۳/۶۱a	۳۰/۲۰a	۱۰۴/۵۸a	۷۸/۰۴a	۱۲۵/۱۲a	۲۰۴۳/۵a	۲۵/۱۵ a	۲۷/۷۹ b
۱۰۰		۴۹/۶۵ab	۷/۰۳b	۲۶/۲۵b	۲/۹۱ab	۲۲/۲۷b	۶۶/۰۸b	۵۲/۷۵b	۱۱۹/۴۳ab	۱۲۱۳/۶b	۲۳/۳۴ b	۳۲/۵۳ a
۱۵۰		۴۳/۶۰b	۷/۵۴b	۲۵/۴۲b	۲/۴۲b	۱۸/۸۸c	۵۵/۸۳c	۴۰/۵۷c	۱۰۷/۶۷b	۸۹۴/۹b	۲۲/۷۳ b	۳۲/۸۱ a
	۲۰	۵۰/۷۴a	۷/۴۶a	۲۷/۲۵a	۳/۳۷a	۲۵/۸۳a	۸۴/۰۰a	۶۵/۹۹a	۱۲۱/۲۹a	۱۶۰۳/۸a	۲۳/۶۷ a	۳۱/۰۴ a
	۳۰	۵۰/۸۷a	۷/۸۷a	۲۹/۵۸a	۲/۸۷ab	۲۴/۷۲a	۸۰/۰۰a	۵۸/۲۷a	۱۱۳/۳۷a	۱۴۲۰/۲a	۲۳/۹۳ ab	۳۰/۸۶ a
	۴۰	۴۸/۶۳a	۸/۰۸a	۲۷/۰۸a	۲/۷۰b	۲۰/۸۰b	۶۲/۵۰b	۴۷/۱۰b	۱۱۷/۵۶a	۱۱۲۷/۹b	۲۳/۶۲ b	۳۱/۲۳ a
۵۰	۲۰	۵۵/۷۶abc	۸/۶۹ab	۲۶/۷۵cd	۴/۱۴a	۳۳/۷۵a	۱۱۶/۲۵a	۸۶/۵۰a	۱۳۰/۸۲a	۲۲۶۳/۶a	۲۵/۲۲ a	۲۷/۴۹ b
	۳۰	۵۸/۹۲a	۸/۵۴ab	۴۰a	۳/۶۴ab	۳۰/۵۸ab	۱۱۰/۰۰a	۷۸/۳۸ab	۱۲۱/۵۰ab	۲۲۱۶/۲a	۲۵/۱۸ a	۲۷/۹۶ b
	۴۰	۵۶/۲۹ab	۹/۳۰a	۳۰bc	۳/۰۷bc	۲۶/۲۸bc	۸۷/۵۰b	۶۹/۲۵bc	۱۲۳/۰۴ab	۱۶۵۰/۶b	۲۵/۰۵ a	۲۷/۹۱ b
۱۰۰	۲۰	۴۹/۹۷cd	۶/۸۵b	۲۱/۲۵d	۳/۱۴abc	۲۳/۷۷cd	۶۸/۲۵bc	۵۹/۲۵cd	۱۱۷/۶۵ab	۱۳۷۱/۱bc	۲۳/۲۶ b	۳۲/۳۹ a
	۳۰	۵۱/۴۰bcd	۷/۷۲ab	۲۶/۲۵cd	۲/۸۰bc	۲۲/۰۸cd	۶۸/۷bc	۵۳/۳۰d	۱۲۱/۹۰ab	۱۰۲۱/۹c	۲۳/۲۵ b	۳۲/۶۲ a
	۴۰	۴۷/۵۹de	۶/۵۲b	۳۱/۲۵bc	۲/۸۰bc	۲۰/۵cde	۶۱/۲۵c	۴۵/۷۱d	۱۱۸/۷۶ab	۱۲۴۷/۶bc	۲۳/۵۰ b	۳۲/۵۶ a
۱۵۰	۲۰	۴۶/۴۸de	۶/۸۵b	۳۳/۷۵b	۲/۸۶bc	۱۹/۹۸de	۶۷/۵۰bc	۵۲/۲۲d	۱۱۵/۴۰ab	۱۱۷۶/۶bc	۲۲/۵۳ c	۳۳/۲۴ a
	۳۰	۴۲/۳۰e	۷/۳۵ab	۲۲/۵۰d	۲/۱۷c	۲۱/۴۹cd	۶۱/۲۵c	۴۳/۱۷d	۹۶/۷۱b	۱۰۲۲/۵c	۲۲/۵۵ c	۳۳/۱۱ a
	۴۰	۴۲/۰۲e	۸/۴۳ab	۲۰d	۲/۲۴c	۱۵/۱۶e	۳۸/۷۵d	۲۶/۳۳e	۱۱۰/۸۷ab	۴۸۵/۵d	۲۳/۱۰ b	۳۲/۱۰ a

میانگین‌هایی که در هر بخش دارای حروف مشترک هستند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ در گروه آماری مشابهی قرار دارند.

منابع

١ -دکانی، م.، ج. دانشیان.، ع، اصلان و پ. جنوبی. ١٣٨٥. اثرتغییر زمان کاشت بر رشد و توسعه رویشی ارقام و لاینهای گیاه سویا. مقاله ارایه شده به نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات.

٢ -خواجوئی‌نژاد، غ. ١٣٨٣. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و تراکم کاشت بر ویژگیهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سویا در کشت دوم. مجله دانش کشاورزی، جلد ١٤شماره ٢.

٣ -ایزانلو ، ع.، زینالی خانقاه ، ح.، حسین زاده ، ع.، مجنون حسینی، ن.، و سبکدست، م .١٣٨٤ . بررسی عکس العمل ارقام ، تجاری سویا در شرایط تنش رطوبتی در اواخر مرحلهٔ زایشی .مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ٣٦. ١٠٢٣-١٠١١ ، شماره ٤.

٤ -بهتری، ب.، گلعذانی، ک.، دباغ محمدی نسب، ع.، زهتاب سلماسی، س.، و تورچی، م .١٣٨٤. اثرات محدودیت آب بر روند ذخیره سازی روغن، پروتئین و عملکرد دانه در دو رقم سویا، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تبریز، ص ٧٦.

٥ -پورموسوی، م.، گلوی، م.، دانشیان، ج.، قنبری، ا.، و بصیرانی، ن .١٣٨٤ . تأثیر کود دامی بر شاخص های رشد و ویژگی های زراعی و فیزیولوژیکی سویا در شرایط تنش رطوبتی، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت،دانشگاه زابل، ١٤٣ ص.

٦ -دانشیان، ج.، ح. هادی و پ. جنوبی. ١٣٨٨. بررسی تاثیر میزان آب خاک بر ویژگی های کمی و کیفی سویا. همایش ملی گیاهان دانه روغنی. ١ و ٢ مهرماه ١٣٨٨ دانشگاه صنعتی اصفهان.

٧ -دانشیان، ج.، س. غالبی و پ. جنوبی. ١٣٨٥. بررسی خصوصیات زراعی در ارقام تحت تنش سویا درسیستم آبیاری بارانی تک شاخه‌ای. مقاله ارایه شده به نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات.

٨ -دانشیان، ج.، ا. مجیدی هروان و پ. جنوبی. ١٣٨١. بررسی تنش خشکی و مقادیر مختلف پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی سویا. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. سال هشتم، شماره ١، صفحه ١٠٨-٩٥.

٩ -دانشیان ،ج. و س. غالبی . ١٣٨٠. بررسی تنش قطع آب در مرحله نمو غلاف در گزینش ارقام متحمل به خشکی سویا. گزارش نهایی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال وبذر . بخش تحقیقات دانه های روغنی.

١٠ -زارع، م. دانشیان، ج. و زینالی‌خانقاه، ح. ١٣٨٣. تنوع برای مقاومت به خشکی در سویا. مجلهٔ علمی کشاورزی. جلد ٢٧. شمارهٔ ١.

١١ -سبکدست، م.، زینالی خانقاه، ح.، و خیالپرست، ف .١٣٨٧ . بررسی ارتباط عملکرد و اجزای عملکرد با میزان روغن، مجله علوم گیاهان زراعی ایران، دوره ٣٩ ، شماره ١ ، (*Glycine max* L.) ترکیب اسیدهای چرب و پروتئین دانه سویا٢٢٠-٢١١.

١٢ -شاهمرادی، ش.، ح. زینالی خانقاه.، ج. دانشیان.، ن. خدابنده و ع. احمدی. ١٣٨٨. بررسی اثرات تنش خشکی در ارقام و لاین‌های پیشرفته سویا با تأکید بر شاخص‌های تحمل به تنش. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ٤٠، شماره ٣، (٢٢-٩).

١٣ -گنجعلی، ع. و مجیدی، ا. ١٣٧٨. اثر الگوی کاشت و تراکم گیاه بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات ظاهری سویا رقم ویلیامز در کرج. گزارش نهایی. موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر. بخش تحقیقات دانه های روغنی.

14- Andrew, J. 1999. Strategies for reaching future yield goals. CSIRO TropicalAgriculture. http://www.eknet.Iastate.Edu/pages/grain/test/soybean /00/00 Sbqual. Pdf.

15- Bhatia, V. S., P. Singh, S. P. Wani, G. S. Chauhan, A. V. R. Kesava Rao, A. K. Mishra and K. Srinivas. 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using cropgro-soybean model. Agricultural and Forest Meteorology, 148 (8-9): 1252-1265.

16- Boquet, D. J. 1990. Pant Population density and row spacing effects on soybean at post optimal planting date. Agron. J. 82:59-64.
17- Brathwaite, R. A. I. 1982. Bodie bean responses to changes in plant density. Agron. J., 74:593-596.
18- Chimenti, C. A. and A. J. Hall. 1993. Genetic variation and changes with ontogeny of osmotic adjustment in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Euphytica. 71: 201-210.
19- Chimenti C. A., J. Pearson and A. J. Hall. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crop Res., 75: 235-246.
20- De Souza, D. I., D. B. Egli and W. P. Braeming 1997. Water stress during seed filling and eaf senescence in soybean. Agron. J., 89: 807-812.
21- Egli, D. B. 1999. Variation in leaf starch and sink limitation during seed filling in soybean. Crop Science, 39:1361-1368.
22- Foroud, H., and H. Munde. 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield and field crop, research. 81: 195-209.
23- Grof, R. J. and G. G. Rowland. 1987. Effect of plant density on yield and components of yield of faba bean. Can. J. Plant Sci., 67: 1-10.
24- Heatherly, Larry. G., and Stan R. Spurlock. 1993. Timimg of furrow irrigation Termination for Determinate soybean on clay soil.
25- Jensen, C. R., Mogensen, V. O., Mortensen, G., Fieldsend, J. K., Milford, G. F. J., Andersen, M. N. and Thage, J. H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying evaporation demand. Field Crop Res. 47: 93-105.
26- Kadhem, F. A., Specht, J. E. and Williams, J. H. 1985. Soybean irrigation serially timed during stages R1 to R6. I. Agronomic response. Agron. J., 77: 291-298.
27- Karam. F., R. Masaad., T. Sfeir., O. Mounzer and Y. Rouphael. 2005. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management Volume 75, Issue 3, 25 July 2005, Pages 226-244.
28- Lazzcano, F. I. and C. J. Lovatt, 1999. Relationship between relative water as content, nitrogen pools, and growth of *Phaseolus volgaris* L. and *P.acutifolius* A. Gray during water deficit. Crop Sci., 39: 467-475.
29- López Pereira M., Trápani N, Sadras V. 2000. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. Part III. Dry matter partitioning and achene composition. Field Crops Res., 67: 215–221.
30- Marrel, J. N. and C. A. Beyrouty. 1992. Response of soybean growth to root and canopy competition. Crop Sci., 32: 797-801.
31- Martin S. K., Xie F. T., Zhang H. J., Wei. Z. and Song X. J. 2009. Epistasis for quantitative traits in crosses between soybean lines from China and the United States. Crop Sci. J., 49: 20-28.
32- Momen, N. N., R. E. Carlson, R. H. Show, and O. Argmand. 1979. Moisture stress effects on the yield components of two soybean cultivar. Agron. J., 71:86-90.
33- Orf, J. H., Chase, K., Alder, F. R. Mansur, L. M. and Lark, K. G., 1999. Genetics of soybean agronomic traits: IL. Interactions between yield quantative traits loci in soybean. Crop Science, 39: 1652-1656.
34- 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.
35- Saurabhs, A., S. Kamendra, and Pushpendra. 1998. Correlation and path coefficient analisis of yield and its component in soybean (*Glycine* max L. Merril). Soybean Genetic Newletters. 25: 67-70.
36- Shinde, A. K. Birari, S. P., Bhave, S. G., Joshi, R. M. 1996. Correlation and path coefficient analysis in soybean (*Glycine max*.). Annalysis of Agricultural Ressearch, 17:(1) 28.
37- Shouse, P., S. Dasberg. W. A. Jury and L. H. Stolzy. 1981. Water deficit effects on water potential, yield and water use of cowpeas. Agron. J., 73: 333-336.
38- Sholar, R., and K. Keim. 1998. Effect of drought on soybean.. Drought Information, Soybean.

39- Weber, C. R., R. M. Shibles, and D. E. Byth. 1996. Effect of plant population and row spacing on soybean development and production. Agron. J., 72:428-433.

40- Wilcox, J. R. 1998.Soybean genotypes resistant to Phytophthora sojae and compensation for yield losses of susceptible isolines. Plant Dis., 82:303–306.

.

Effect of Plant Density and Water Deficit on the Growth, Yield and Yield Component of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill)

A . Moghaddam Khamseh.[1 *], J. Daneshian[2], M. Amini Dehghi[3], H. Jabbari [4]and S.A.M. Modarres Sanavy[5]

1- M.Sc. student of Agronomy, faculty of Agriculture Shahed University

2- Research Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

3- Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahed University

4- Ph.D. Student of Agronomy, College of Abureihan, University of Tehran

5- Professor,Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University

Received: 05/22/2010

Accepted: 11/20/2011

Abstract

In order to evaluate effect of plant density and water deficit on the growth, yield and yield component of soybean, an experiment was carried out in split plot design based on RCBD with four replications at the research station of Seed and Plant Improvement Institute in Karaj-Iran in 2006. In this experiment, water deficit treatment in three levels was placed as main plot (water withholding at reproductive stage until 50, 100 and 150 mm evaporation from evaporation pan in each irrigation period) and plant density in three levels as sub plot in (20, 30, 40 plant/m^2). The results indicated that water deficit had significant effect on all studied traits and caused to reduce the plant height (23%), number of pod per plant (37%), number of grain per plant (48%), 1000-grain weight (14%) and grain yield (56%). Also in the water deficit condition, oil percentage was reduced and seed protein amount was increased. While plant density had not significant effect on the vegetative traits of plant and only had significant effect on some reproductive traits such as number of pod per plant ($P<0.05$), pod weight and grain number per plant and grain yield ($P<0.05$). Generally, the best treatment for obtaining the maximum yield and suitable vegetative and reproductive traits was water withholding until 50 mm evaporation from evaporation pan in each irrigation period and density of 20 plant/m^2.

Keywords: water deficit, plant density, soybean, yield component, oil seed percentage

∗ Corresponding author E-mail: Moghaddamkh@yahoo.com