نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و دوم، شماره سوم، ۱۳۹٤
http://jopp.gau.ac.ir

تأثیر دوره غرقابی و نوع تغذیه نیتروژنی بر صفات کمی و کیفی سویا

*محمد خادم‌پیر[۱]، سرالله گالشی[۲]، افشین سلطانی[۲] و فرشید قادری‌فر[۳]
[۱]دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۹۳/۷/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱٦

چکیده

سابقه و هدف: تنش‌های محیطی همواره یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به‌شمار رفته و مقابله و یا کاهش اثر تنش‌ها به‌عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش کیفی و کمی عملکرد محصولات مدنظر بوده است. غرقاب به شرایطی گفته می‌شود که قسمتی از ساقه گیاه در زیر سطح آب باشد. تنش غرقابی محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی به‌خصوص در نواحی مرطوب می‌باشد و موجب تغییراتی در اجزای عملکرد، ظرفیت غلاف، عملکرد زیست‌توده و کاهش عملکرد دانه در گیاهان روغنی می‌شود. با توجه به این‌که سویا یکی از مهمترین گیاهان روغنی کشور می‌باشد شناخت مجموعه عواملی که باعث بروز تنش غرقاب و در نتیجه موجب کاهش عملکرد سویا می‌شوند، امری ضروری است.

مواد و روش‌ها: این آزمایش با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار به‌صورت گلدانی انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل: سطوح تغذیه‌ای در سه سطح (۱- تلقیح با باکتری *BradyRhizobium japonicum* ۲- عدم تلقیح با باکتری و مصرف کود نیتروژنه (اوره) ۳- عدم

*مسئول مکاتبه: m.khadempir87@yahoo.com

تلقیح با باکتری و عدم مصرف کود نیتروژنه) و فاکتور دوم دوره غرقاب در چهار سطح شـامل: صـفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز بود. دوره غرقاب در مرحله رشد زایشی (R2) اعمال گردید. در این آزمایش عملکرد و اجزای عملکرد، درصد روغن و پروتیین دانه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد درصد روغن و عملکرد دانه در تمام سطوح تغذیه‌ای، طی تنش غرقاب دارای روندی کاهشی، اما درصد پروتئین دارای روند افزایشی بود. تفاوت معنی‌داری (α=۰/۰۵) بین سطوح تغذیه‌ای از نظر عملکرد، درصد روغن و پروتئین دانه وجود داشت. بالاترین عملکرد دانه (۳۲/۳ گرم در بوته) و درصد روغن دانه (۲٦/۳ درصد) در تیمار عدم تلقیح با باکتری و تغذیه با کود در شرایط عدم اعمال تنش غرقابی به‌دست آمد و کمترین عملکرد دانه (۲/۱ گرم در بوته) و درصد روغن دانه (۱۱ درصد) در تیمار عدم تلقیح با باکتری و عدم مصرف کود در ۱۵ روز غرقابی حاصل گردید. بیشترین درصد پروتئین دانه (۳۹/۳۷ درصد) در تیمار مصرف کود و بدون تلقیح با باکتری در ۱۵ روز غرقابی و کمترین میزان آن (۱٦/۹۳ درصد) در تیمار عدم تلقیح و مصرف کود و عدم تنش غرقابی مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: با کاهش مقدار نیتروژن قابل دسترس گیاه و افزایش دوره غرقاب مشخص شد عملکرد دانه و درصد روغن بذر کاهش می‌یابد و نیز با افزایش مدت تنش غرقاب درصد پروتئین بذر افزایش پیدا کرد. نتایج این آزمایش همچنین نشان داد استفاده از کود اوره عملکرد دانه را نسبت به زمانی که گیاه سویا فقط با باکتری تلقیح می‌شود به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.

کلمات کلیدی: کود اوره، پروتئین، تلقیح با باکتری، روغن، عملکرد دانه

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. سویا (*Glycine max* (L.) Merr) یکی از گیاهان قدیمی و بومی شرق آسیا است که از ۲۸۰۰ سال قبل از میلاد در چین کشت و در حال حاضر به تنهایی تقریباً ۵۰ درصد تولید دانه‌های روغنی جهان را به خود اختصاص داده است. این گیاه حدود ٤٠ درصد پروتئین و ۲۰ درصد روغن دارد و تقریباً ٤٠ درصد فرآورده‌های پروتئینی و ۳۰ درصد روغن نباتی موردنیاز مردم دنیا از طریق کشت سویا تأمین می‌شود (۱۲).

تنش‌های محیطی همواره یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار رفته و مقابله و یا کاهش اثر تنش‌ها به‌عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد محصولات مدنظر بوده است. غرقاب شدن خاک از جمله تنش‌های محیطی است که در مناطق با بارندگی زیاد، به‌خصوص مناطق شمالی کشور و خاک‌های با زهکشی ضعیف بروز می‌کند (٦). طبق آخرین ارزیابی‌ها در مورد اراضی‌های غرقاب ایران و جهان حدود ۱۲ درصد از اراضی قابل کشت در دنیا با مشکل غرقابی مواجه هستند و این رقم برای ایران معادل یک میلیون هکتار از اراضی زیر کشت می‌باشد (۷). عوامل متعددی نظیر بارندگی‌های شدید، طغیان رودخانه‌ها، آبیاری زیاد، نفوذپذیری کم، وجود لایه‌های غیر قابل نفوذ در خاک، عدم وجود زهکش مناسب و سیلاب‌های بهاره سبب غرقاب شدن زمین‌های زراعی می‌شوند (٤).

تنش غرقابی محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی به‌خصوص در نواحی مرطوب می‌باشد و موجب تغییراتی در اجزای عملکرد، ظرفیت غلاف، عملکرد زیستی و کاهش عملکرد دانه در گیاهان روغنی می‌شود (۱۹). زو و لین (۱۹۹۵) اثر تنش غرقاب را در کلزا بررسی نمودند و دریافتند که غرقابی تعداد برگ‌ها و سطح برگ را ۹/۷ درصد کاهش داد، سطح برگ در مرحله گیاهچه‌ای ۳۹/۱ درصد و در مرحله ظهور جوانه گل ۲۲/۲ درصد و در مرحله گل‌دهی کامل ۲۸/۱ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. بیشترین تأثیر تنش غرقاب در مرحله گیاهچه‌ای و ظهور جوانه گل بود. در این دو مرحله تعداد خورجین در هر گلدان ۵/۸ درصد و ۲۲/۳ درصد و تعداد دانه در هر خورجین ۸/۲ درصد و ۱۳/۹ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (۲۳). در گیاهانی که تثبیت زیستی نیتروژن دارند، باکتری‌های موجود در گره‌های تثبیت کننده نیتروژن برای فعالیت نیاز به اکسیژن دارند. در حالت غرقاب میزان اکسیژن فراهم شده برای این گره‌ها به شدت کاهش پیدا می‌کند. همچنین با توجه به این‌که تنش غرقاب باعث کاهش فتوسنتز و متعاقب آن باعث کاهش مواد فتوسنتزی می‌شود، این امرخود مواد فتوسنتزی در دسترس گره‌ها را کاهش می‌دهد، که این باعث می‌شود با افزایش مدت تنش غرقاب گره‌ها ریزش پیدا کنند.

به‌طور کلی اثر غرقابی یا دیگر عوامل تنش‌زا در مرحله رشد رویشی کمتر است، زیرا گیاه بعد از تنش زمان لازم برای برگشتن به شرایط طبیعی رشد را دارد و در این مرحله تنش کمتر باعث کاهش سطح برگ و عملکرد گیاه می‌شود. اما در مرحله رشد زایشی بروز تنش باعث کاهش گل‌ها، تعداد غلاف‌ها، کاهش وزن هزار دانه و عملکرد کل در گیاه سویا می‌شود، بنابراین مرحله زایشی در مقایسه با مرحله رویشی نسبت به تنش غرقاب به مراتب حساس‌تر است (۱۱). مسگریو و دینگ (۲۰۰۲) در مطالعه‌ی گندم تحت شرایط تنش غرقابی بیان نمودند که غرقابی منجر به کاهش سطح برگ، سرعت رشد آن و کاهش عملکرد دانه می‌گردد (۱۷). قبادی و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که دوره‌های مختلف تنش غرقابی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) در سه مرحله رشدی یک‌برگی، سه برگی و شروع ساقه رفتن در گندم، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت را کاهش داد (۷). مطالعه تنش غرقاب بر شبدر زیرزمینی در منطقه گرگان نشان داد که غرقابی موجب کاهش ۱٦۰۸ کیلوگرم در هکتار ماده ٤ خشک و ٦۳/۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت شده در بافت گیاه گردید (٦). بنگ و همکاران (۲۰۰٤) در پنبه گزارش نمودند که تنش غرقابی تعداد غوزه‌ها را کاهش داده و در نهایت سبب کاهش عملکرد گردید. کاهش در تعداد غوزه‌ها متناسب با کاهش در سطح برگ، دریافت نور و تولید ماده خشک در گیاه بود (۲). پالتا و همکاران (۲۰۱۰) در نخود گزارش نمودند که تنش غرقابی وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف را کاهش داد (۱۸).

یکی از نشانه‌های تنش غرقاب بازداشتن رشد اندام هوایی است که بلافاصله پس از بروز تنش غرقابی رخ می‌دهد. رشد برگ و طویل شدن ساقه به‌شدت به وسیله فقدان اکسیژن ریشه در کوتاه‌مدت متوقف می‌شود که نتیجه فقدان نیتروژن یا یک ماده غذایی اصلی و یا اثر بازدارندگی اتیلن است. در درازمدت سرعت‌های پایین رشد ممکن است در نتیجه تجمع سموم متابولیکی یا فقدان آب و مواد غذایی باشد. تحت شرایط غرقاب کاهش در میزان نیتروژن با آغاز پیری زودرس برگ‌ها در نوک اولین برگ همراه است (۲۲). کافی و همکاران (۲۰۰۹) به نقل از تروت و درو (۱۹۸۰) اظهار داشتند که غرقابی به‌طور مستقیم از طریق توقف رشد و تنفس ریشه و در نتیجه کاهش جذب و جابه‌جایی مواد غذایی و به‌طور غیرمستقیم از طریق سمیت در ناحیه ریشه و محدودیت در جذب مواد مغذی موجب کاهش رشد و توسعه گیاه می‌گردد (۱۰).

میلری و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر تنش غرقابی بر روی پنبه گزارش نمودند که سطوح نیتروژن و پتاسیم در هر دو سال مورد مطالعه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و تیمار شاهد (عدم وجود تنش غرقابی) از میزان تجمع ماده خشک بیشتری برخوردار بود (۱۵). رسولی و همکاران (۲۰۱۱) در

تحقیقی بر روی کلزا گزارش کردند درصد روغن بذر در اثر تنش غرقاب کاهش پیدا کرد (۱۹). با توجه به این‌که سویا یکی از مهمترین گیاهان روغنی کشور می‌باشد شناخت مجموعه عواملی که باعث بروز تنش غرقاب و در نتیجه موجب کاهش عملکرد سویا می‌شوند، امری ضروری است، همچنین هدف از این پژوهش مشخص کردن این امر بود که آیا تلقیح با باکتری به تنهایی می‌تواند تمام نیاز گیاه (از لحاظ نیتروژن) را برای رسیدن به حداکثر عملکرد تأمین کند یا نه؟ و آیا برای رسیدن به حداکثر عملکرد حتماً به یک منبع نیتروژن کمکی (کود نیتروژن) نیاز است یا نه؟

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، در سه تکرار به‌صورت گلدانی (برای هر تیمار ۳ گلدان وجود داشت که که هر گلدان به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد) و در هوای آزاد انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل: سطوح تغذیه‌ای در سه سطح (۱- تلقیح با باکتری *Brady Rhizobium japonicum* ۲- عدم تلقیح با باکتری و مصرف کود نیتروژنه (اوره) ۳- عدم تلقیح با باکتری و عدم مصرف کود نیتروژنه) و فاکتور دوم دوره غرقاب در چهار سطح شامل: صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز بود. دوره غرقاب در مرحله رشد زایشی (R2) اعمال گردید.

گلدان‌های مورد استفاده از جنس پلاستیک، به قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۷ سانتی‌متر و دارای زهکش مناسب بودند. خاک گلدان‌ها دارای بافت شنی رس لوم (۵۰ درصد شن، ۳۰ درصد رس و ۲۰ درصد سیلت) بود. در قسمت کف گلدان سوراخ‌هایی برای تخلیه آب مازاد (زهکشی) ایجاد گردید. به‌این منظور رقم کتول سویا که به‌عنوان رایج‌ترین رقم مورد استفاده کشاورزان منطقه می‌باشد، استفاده گردید. بذر موردنیاز از شرکت کشت و توسعه دانه‌های روغنی گرگان تهیه گردید که دارای قدرت جوانه‌زنی بالای ۹۰ درصد بود.

در تاریخ ۱۸ اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۱ نسبت به کشت بذور موردنظر در گلدان اقدام گردید و در ۲۹ اردیبهشت‌ماه پس از استقرار کامل بوته‌ها تعداد آن‌ها با حذف بوته‌های اضافی به ۳ بوته در هر گلدان کاهش داده شد.

در سطح اول (تلقیح بذور با باکتری) علاوه‌بر تلقیح بذور قبل از کاشت، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌عنوان آغازگر به خاک گلدان‌ها اضافه شد و در سطح دوم (تغذیه با کود نیتروژنه) کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در ۳ مرحله (۱- در زمان کاشت ۲- شش برگی ۳- اول گلدهی) در هر مرحله ۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شد و در سطح سوم تیمار تغذیه نیتروژنی (عدم مصرف کود و

باکتری) از کود نیتروژنه و باکتری تثبیت‌کننده استفاده نگردید (لازم بذکر است برای محاسبه میزان کود در هکتار برای هر گلدان، عمق خاک مزرعه تا ۳۰ سانتی‌متر و وزن مخصوص حقیقی خاک ۲/٦ فرض شد و سپس میزان کود اوره برای هر گلدان محاسبه شد).

به‌منظور اعمال تیمارهای غرقابی، گلدان‌های هر تیمار درون تشت‌های بزرگ که قبلاً تعبیه شده بود قرار داده شدند، به‌طوری که تا ارتفاع ۲ سانتی‌متر از ساقه بوته‌ها را آب فرا گرفت (در هر تیمار تعداد ۳ گلدان وجود داشت که هر گلدان به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد). بعد از طی دوره‌های مختلف غرقاب (۵، ۱۰ و ۱۵ روز) گلدان‌ها (۳ عدد) از درون آب خارج شده و گلدان‌ها تا پایان دوره رشدی خود در شرایط مطلوب برای رشد قرار گرفتند و در انتها برای اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد مورد استفاده قرار گرفتند. در انتهای دوره رشدی سویا تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه، عملکرد نهایی، شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده، درصد روغن و پروتئین اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری شاخص برداشت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۵ بوته از هر تیمار برداشت شد (تمام برگ‌های ریخته شده بوته‌ها نیز برداشت شد) و بعد از خشک کردن و توزین شاخص برداشت محاسبه شد.

۱۰۰ × (عملکرد زیست‌توده (گرم در بوته) / وزن دانه (گرم در بوته)) = شاخص برداشت (درصد)

برای تعیین درصد روغن از دستگاه سوکسله (مدل Behr E2 100) استفاده گردید.

جهت تعیین درصد نیتروژن از دستگاه کجلدال (مدل Behr – D – 40599 Duss eld orf) و روش شومان و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد (۲۰). ابتدا مقدار نیتروژن هر نمونه توسط دستگاه تعیین و سپس توسط روابط زیر اندازه‌گیری گردید (۹).

رابطه (۱) ۱۰۰× (وزن خشک دانه در زمان برداشت/ نیتروژن دانه) = غلظت نیتروژن دانه

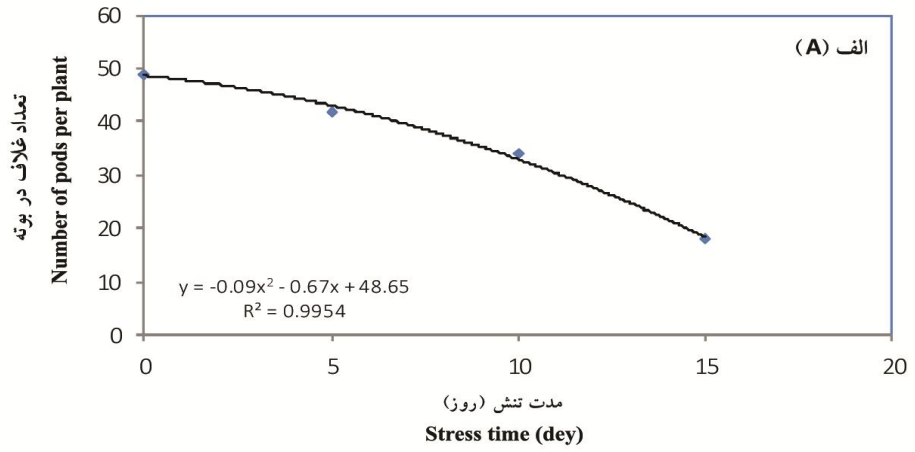
رابطه (۲) ۵/۷۵ × غلظت نیتروژن دانه = پروتئین دانه (AOAC, ۱۹۹۹)

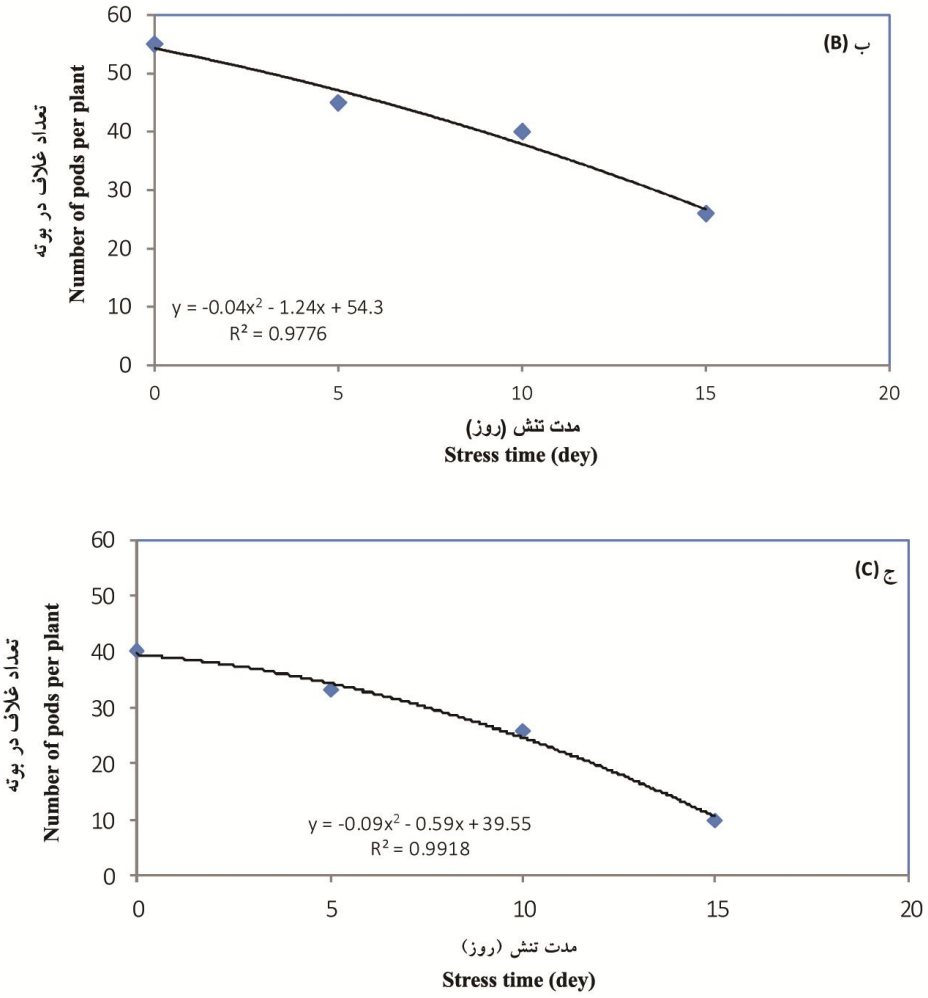
داده‌های به‌دست آمده از آزمایش به کمک نرم‌افزار SAS (۲۱) تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد، برای مقایسه بین سطوح تغذیه‌ای (معادلات) در طی تنش غرقاب از حدود اطمینان استفاده شد و رسم نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته: برای بیان روند تغییرات تعداد غلاف در بوته از معادله درجه دو استفاده شد، با روندی کاهشی در تمام سطوح تغذیه‌ای، مقدار اولیه تعداد غلاف در بوته در آغاز تنش غرقاب در

تیمار عدم تلقیح به اضافه کود، تلقیح بدون کود و عدم تلقیح بدون کود به‌ترتیب ۵۵، ٤۹، ٤۰ و در انتهای تنش تعداد غلاف در بوته برابر ۲٦، ۱۸ و ۱۰ بود (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بین سطوح تغذیه‌ای از نظر تعداد غلاف در بوته در طی تنش غرقاب وجود داشت (شکل ۲). در این میان همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، تیمار عدم تلقیح به‌اضافه کود بیشترین تعداد غلاف در بوته را دارا می‌باشد. به‌نظر می‌رسد دلیل این امر بخش هوایی قوی بود که تولید زیاد غلاف در گیاه را حمایت کرد. از طرف دیگر کمترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار عدم تلقیح بدون کود بود که به‌دلیل داشتن بخش هوایی ضعیف نتوانست تعداد زیادی غلاف تولید کند. تعداد غلاف در بوته طی تنش غرقاب روندی کاهشی داشت. دلیل کاهش تعداد غلاف در بوته در وهله اول می‌تواند عدم تشکیل غلاف در گیاه به‌دلیل وقوع تنش در مرحله گلدهی باشد که منجربه ریزش گل‌ها می‌شود. دلیل دیگر کاهش تعداد غلاف در بوته می‌تواند ریزش غلاف‌های تازه تشکیل شده به‌دلیل عدم دسترسی بوته به مواد فتوسنتزی در طی تنش باشد. تعداد غلاف‌ها را می‌توان یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده عملکرد برشمرد، چون در برگیرنده تعداد دانه‌ها و نیز تولیدکننده مواد پرورده موردنیاز برای افزایش وزن دانه‌ها می‌باشند و در مراحل اولیه پرشدن دانه از طریق فتوسنتز، در رشد و تکامل دانه مشارکت می‌کنند (۱۹). زو و لین (۱۹۹۵) در گیاه کلزا، لکتیان و همکاران (۱۹۹۲) در گیاه لوبیا سبز و تورانی و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه سویا نشان دادند که در طی تنش غرقاب تعداد غلاف در گیاه کاهش می‌یابد (۲۳، ۱۳ و ۲۲). وقتی گیاه با باکتری تلقیح می‌شود می‌تواند تا حدودی نیاز خود را به نیتروژن برطرف کند که این باعث می‌شود گیاه کمتر تحت تأثیر تنش قرار بگیرد (۱۱).



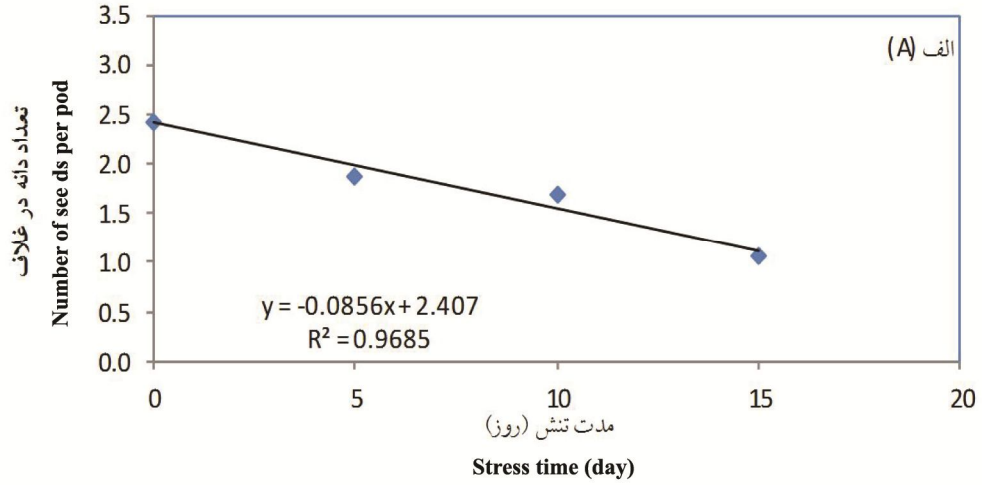


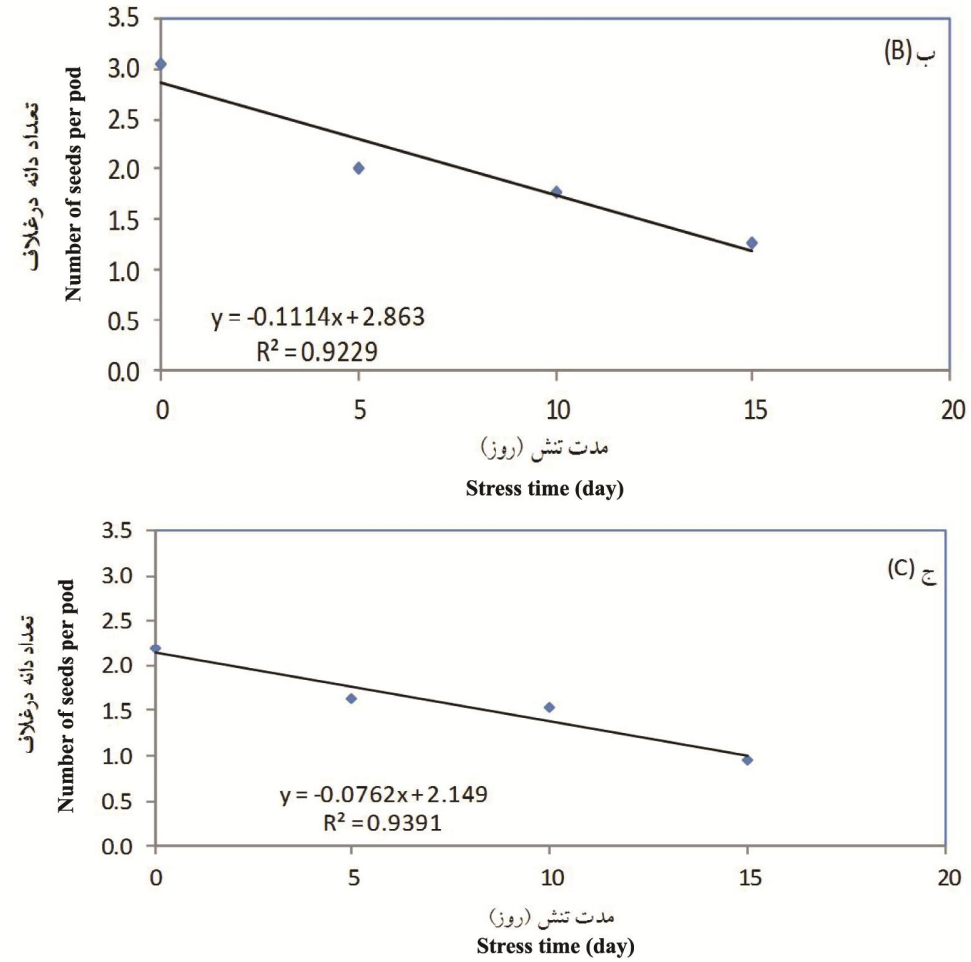
شکل ۱- تعداد غلاف در گیاه سویا طی تنش غرقاب. (الف: عدم تلقیح به‌اضافه کود ب: تلقیح بدون کود ج: عدم تلقیح بدون کود).

Figure 1. The number of pods per soybean plant during of flooding (A: non-inoculated of plus fertilizer. B: inoculation without fertilizer. C: non-inoculated without fertilizer)

تعداد دانه در غلاف: تغییرات تعداد دانه در غلاف از معادله‌ای خطی تبعیت کرد. در این معادله مقدار x مدت زمان غرقاب و y تعداد دانه در غلاف را نشان می‌دهد (شکل ۲). مقدار اولیه تعداد دانه در غلاف در زمان آغاز تنش در تیمار عدم تلقیح به اضافه کود، تلقیح بدون کود و عدم تلقیح بدون کود به‌ترتیب برابر ۳/۰۵، ۲/٤۳ و ۲/۲ و در انتهای تنش برابر ۱/۲۷، ۱/۰۷ و ۰/۹٦ دانه در غلاف بود، که

روندی کاهشی را طی تنش نشان می‌دهد (شکل ۲). با توجه به مقایسه ضرایب معادلات تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌داری بین سطوح تغذیه‌ای طی تنش از نظر تعداد دانه در غلاف وجود داشت (جدول ۲). بالاترین تعداد دانه در غلاف در تیمار صفر روز غرقاب و عدم تلقیح به اضافه کود اوره (۳/۰۵) و کمترین نیز در تیمار ۱۵ روز تنش و عدم تلقیح و بدون کود اوره (۰/۹٦) به‌دست آمد (شکل ۲). حساسیت بالای مرحله گلدهی به تنش غرقاب به جهت تعیین تعداد دانه در این مرحله می‌باشد، که تنش در این مرحله سبب ریزش و کاهش تعداد دانه می‌شود. تعداد دانه در غلاف یکی از صفات تعیین‌کننده عملکرد محسوب می‌شود. هر چه تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد مخزن بزرگتری برای ذخیره مواد فتوسنتزی ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (۱۹). نتایج تحقیقات مختلف حاکی از آن است که دوره گرده‌افشانی و یک هفته بعد از آن، مرحله بحرانی برای تعیین تعداد دانه در غلاف می‌باشد و نامناسب بودن شرایط محیطی در این زمان باعث عقیم شدن گرده‌ها و سقط گلچه‌ها شده و در نتیجه تعداد بذر در غلاف را تحت تأثیر قرار می‌دهد (١٤). تورانی و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای روی سویا رقم DPX (کتول) گزارش کردند که تنش غرقاب در مرحله رشد رویشی باعث کاهش تعداد دانه در غلاف در طی تنش غرقابی شد (۲۲).



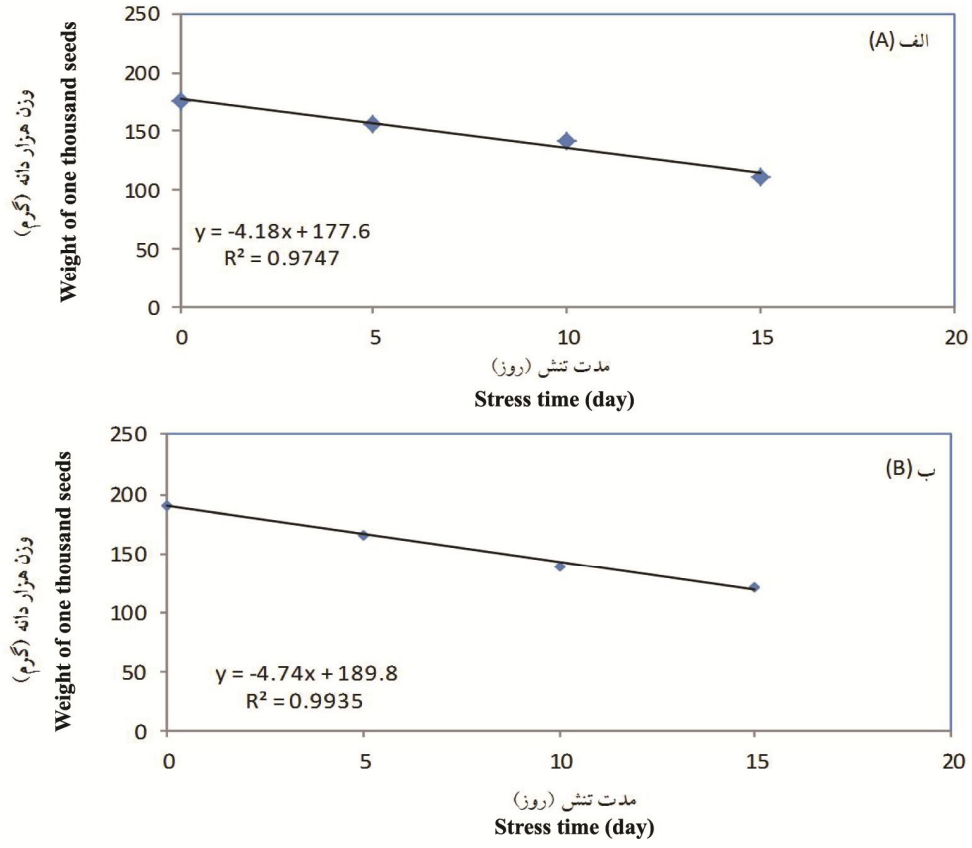


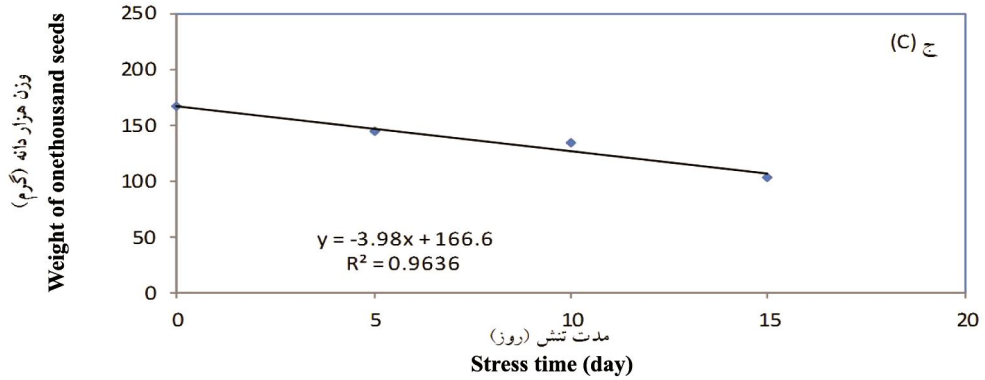
شکل ۲- تعداد دانه در غلاف در گیاه سویا طی تنش غرقاب. (الف: عدم تلقیح به‌اضافه کود ب: تلقیح بدون کود ج: عدم تلقیح بدون کود).

Figure 2. The number of seeds per pod soybean during of flooding (A: non-inoculated of plus fertilizer. B: inoculation without fertilizer. C: non-inoculated without fertilizer).

وزن هزار دانه: برای بیان تغییرات وزن هزار دانه از معادله خطی استفاده گردید. مقدار وزن هزار دانه در آغاز تنش غرقابی در تیمار عدم تلقیح به اضافه کود، تلقیح بدون کود و عدم تلقیح بدون کود به ترتیب برابر ۱۹۱، ۱۷٦، ۱٦٦ و در انتهای تنش (۱۵ روز) برابر ۱۲۱، ۱۱۱ و ۱۰۳ گرم بود (شکل ۳). بین سطوح تغذیه‌ای از نظر وزن دانه در طی تنش غرقاب تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

مشاهده شد (جدول ۲). کاهش وزن هزار دانه طی تنش رابطه‌ای مستقیم دارد با مدت زمان پر شدن دانه‌ها به‌طوری که هر چه مدت زمان پر شدن دانه در اثر تنش غرقاب کاهش یابد، وزن هزار دانه نیز کاهش می‌یابد. در واقع با توجه به این‌که تنش غرقابی باعث کاهش زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک می‌شود میزان وزن هزار دانه با افزایش مدت تنش غرقاب کاهش پیدا می‌کند (۲۲). بالا بودن شیب کاهش وزن هزار دانه در مرحله گلدهی نیز می‌تواند به‌دلیل کاهش بیشتر سطح برگ و کلروفیل، باشد که این امر باعث کاهش مواد فتوسنتزی قابل دسترس گیاه برای پر کردن دانه‌ها شود. وزن هزار دانه آخرین جزء از اجزای عملکرد است که در انتهای مرحله رشد گیاه تعیین می‌شود و تنها جزئی است که به شرایط محیطی دوره پر شدن دانه بستگی دارد. رسولی و همکاران (۲۰۱۱) و تورانی و همکاران (۲۰۱۳) کاهش وزن هزار دانه در طی تنش غرقاب را گزارش کردند (۱۹، ۲۲).



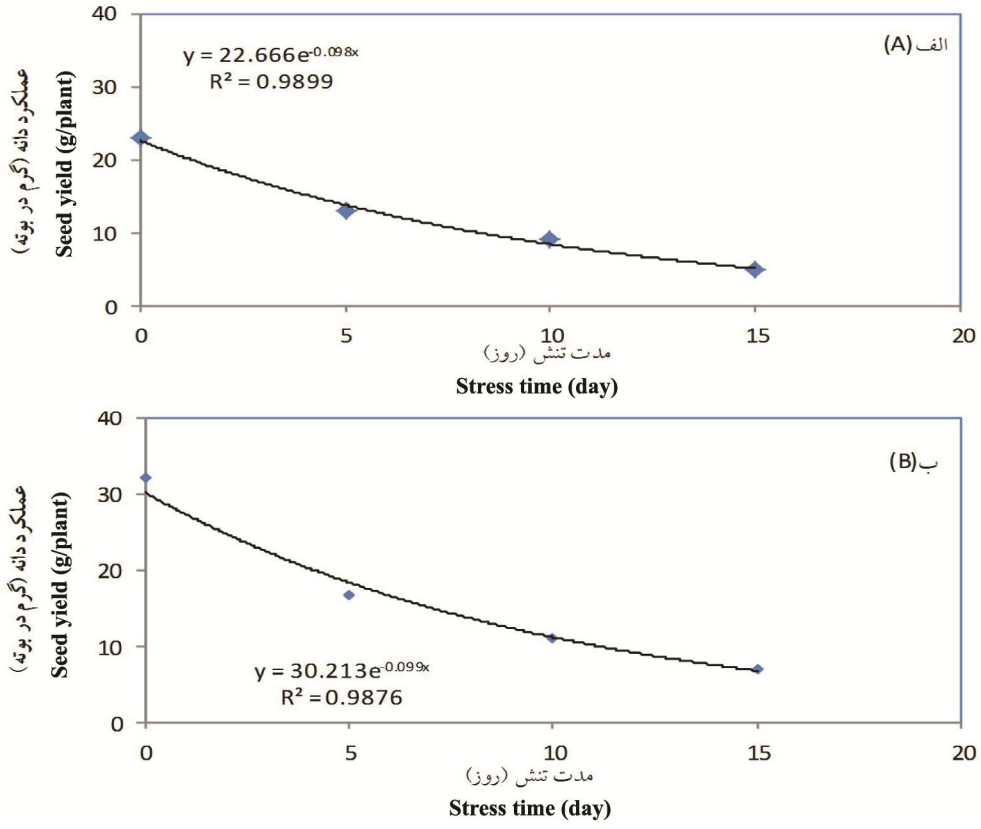


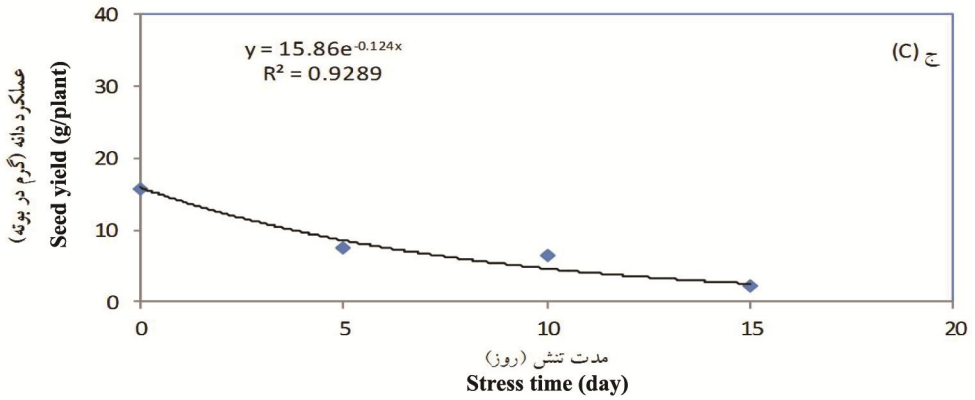
شکل ۳- وزن هزار دانه در گیاه سویا طی تنش غرقاب. (الف: عدم تلقیح به‌اضافه کود ب: تلقیح بدون کود ج: عدم تلقیح بدون کود).

Figure 3. the weight of one thousand seeds in soybean plant during of flooding (A: non-inoculated of plus fertilizer. B: inoculation without fertilizer. C: non-inoculated without fertilizer)

عملکرد دانه: تغییرات عملکرد دانه در طی تنش غرقاب از معادله نمایی تبعیت کرد (شکل ٤). در این معادله a و b ضرایب معادله هستند که a نشان‌دهنده عملکرد اولیه در زمان شروع تنش غرقابی و b نشان‌دهنده سرعت نسبی کاهش عملکرد طی تنش غرقابی است. x و y هم به‌ترتیب نشان‌دهنده مدت تنش غرقاب و مقدار عملکرد در بوته به گرم هستند. میزان عملکرد دانه در تیمار عدم تنش غرقاب در تیمار عدم تلقیح به‌اضافه کود، تلقیح بدون کود و عدم تلقیح بدون کود به‌ترتیب برابر ۳۲/۳۰، ۲۳ و ۱۵/۷۰ گرم در بوته و در انتهای تیمار ۱۵ روز تنش غرقابی برابر با ۷/۱۰، ۵ و ۲/۱۰ گرم در بوته بود (شکل ٤). بر اساس اطلاعات جدول ۲ تفاوت معنی‌داری بین سطوح تغذیه‌ای برای عملکرد در طی تنش غرقاب وجود داشت. بیشترین میزان عملکرد در صفر روز تنش غرقاب در تیمار عدم تلقیح به اضافه کود (۳۲/۳۰ گرم در بوته) و کمترین میزان عملکرد در تیمار ۱۵ روز غرقاب عدم تلقیح بدون کود (۲/۱۰ گرم در بوته) به‌دست آمد. میزان کاهش عملکرد طی تنش غرقاب در تیمار تلقیح به اضافه کود کمتر از دو تیمار دیگر بود که نشان‌دهنده این امرست گه گیاه هرچه با بنیه‌ای قوی‌تر با تنش روبرو شود کمتر از تنش خسارت می‌بیند. از طرف دیگر میزان عملکرد در بوته در سطح تغذیه‌ای عدم تلقیح به‌اضافه کود به مراتب بیشتر از دو سطح تغذیه‌ای دیگر (تلقیح بدون کود و عدم تلقیح بدون کود) در عدم تنش غرقاب (شاهد) بود که این نشان دهنده دو امر مهم است، اول زمانی‌که نیتروژن به‌صورت کودی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، گیاه انرژی کمتری را صرف اسیمیلاسیون نیتروژن کرده و انرژی اضافی را صرف افزایش عملکرد می‌کند، دوم این‌که بالا بودن عملکرد در تیمار عدم تلقیح به‌اضافه کود نسبت به

تیمار تلقیح بدون کود نشان دهنده این است که تثبیت زیستی نیتروژن به تنهایی نمی‌تواند تأمین کننده نیازهای گیاه برای رسیدن به حداکثر عملکرد باشد. از طرف دیگر غرقابی در تمام تیمارها از طریق تأثیر بر تعداد غلاف (شکل ۱)، تعداد دانه در غلاف (شکل ۲)، وزن هزار دانه (شکل ۳) و مدت پر شدن دانه (تسریع در زوال برگ‌ها و غلاف‌ها) باعث کاهش عملکرد سویا گردید، شدت این کاهش در مرحله گلدهی به‌دلیل سقط شدن و ریزش گل و ریزش و تسریع در زوال غلاف‌ها و کاهش مدت پر شدن دانه‌ها تحت تأثیر تنش غرقاب بیشتر است. دانشیان (۱۹۹۵) اظهار داشتند، تنش در زمان گل‌دهی و پرشدن دانه سبب کاهش تعداد غلاف‌های بارور و موجب اختلال در حرکت مواد پرورده به دانه، در نتیجه کاهش وزن هزار دانه و افزایش غلاف‌های پوک و در نهایت کاهش عملکرد گردید. کاهش عملکرد در بوته با افزایش دوره غرقابی توسط محققان دیگری گزارش شده است (۲۲، ۱۷، ۲، ۱۸، ۱۳، ۸ و ۲۳).

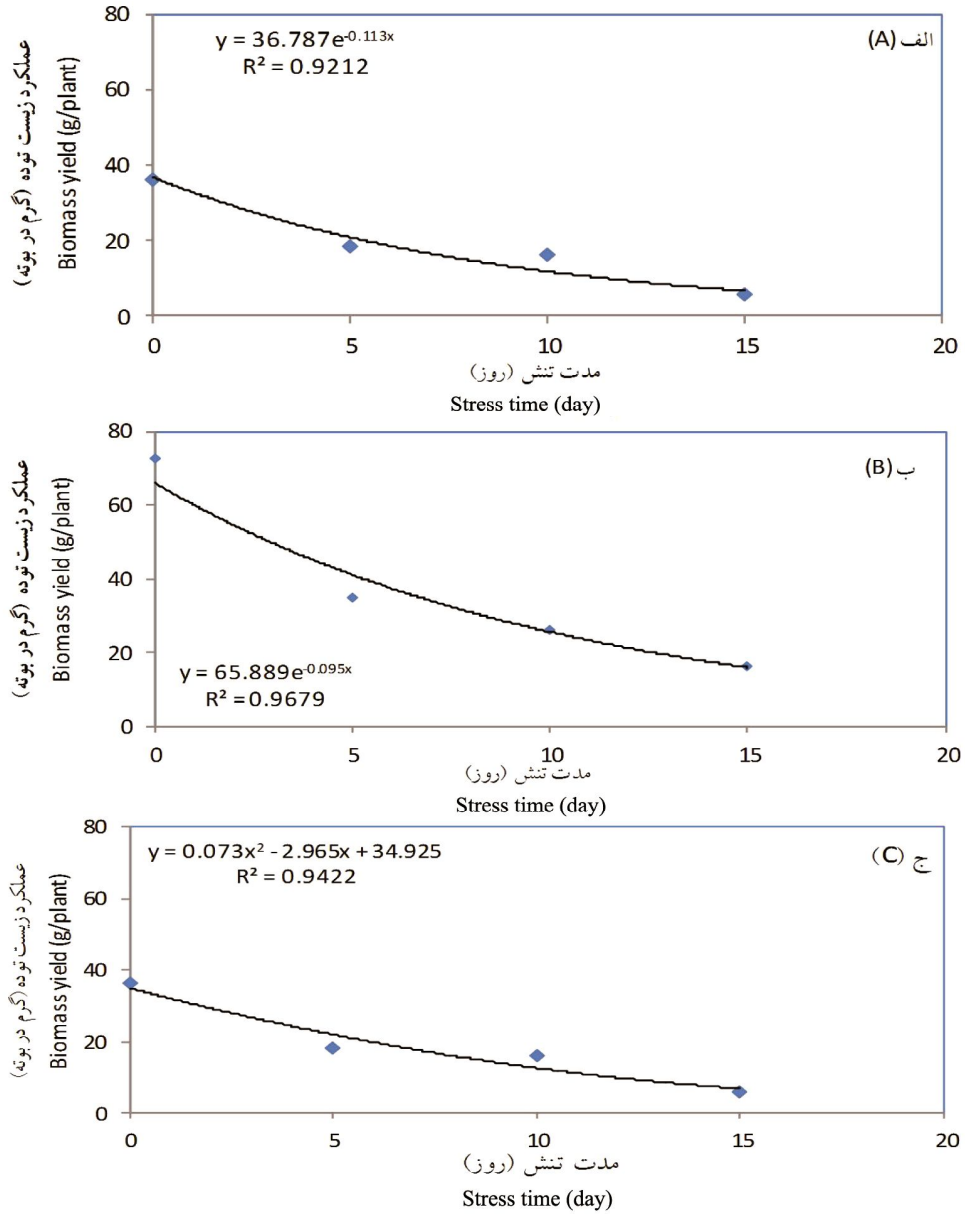




شکل ٤- عملکرد دانه در گیاه سویا طی تنش غرقاب. (الف: عدم تلقیح به اضافه کود ب: تلقیح بدون کود ج: عدم تلقیح بدون کود).

Figure 4. Grain Seed yield in soybean during of flooding (A: non-inoculated of plus fertilizer. B: inoculation without fertilizer. C: non-inoculated without fertilizer).

عملکرد زیست‌توده: اولین آزمایش روند تغییرات عملکرد زیست‌توده از معادله نمایی تبعیت کرد (شکل ٥). مقدار اولیه عملکرد زیست‌توده در شروع تنش غرقاب عدم تلقیح به اضافه کود، تلقیح بدون کود و عدم تلقیح بدون کود به‌ترتیب ۷۲/٦۰، ٤۹/٦۰ و ۳٦/۱۰ گرم در بوته و در انتهای تنش غرقابی عملکرد زیست‌توده به‌ترتیب برابر ۱٦/٤۰، ۱۱/۲۰ و ٥/۷۰ گرم در بوته بود، که روندی کاهشی متناسب با افزایش مدت تنش نشان داد (شکل ٥). بر اساس ضرایب جدول ۲ عملکرد زیست‌توده بین سطوح مختلف تغذیه‌ای در طی تنش غرقاب در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت معنی‌داری بود. عملکرد زیست‌توده حاصل جمع وزن خشک اندام هوایی گیاه است، با توجه به این‌که در این پژوهش در تمام سطوح تغذیه‌ای وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، وزن خشک غلاف‌ها و عملکرد دانه در بوته (شکل ٤) تحت اثر تنش غرقاب کاهش یافت، این امر کاهش عملکرد زیست‌توده را در پی داشت. از طرف دیگر چون مرحله گلدهی نسبت به تنش غرقاب بسیار حساس است، این امر سبب شد که کاهش عملکرد زیست‌توده در تمام سطوح تغذیه‌ای بسیار مشهود باشد. محققان دیگری از جمله تورانی و همکاران (۲۰۱۳)، رسولی و همکاران (۲۰۱۱)، هنشاو و همکاران (۲۰۰۷) نیز به نتایج مشابه‌ای دست یافتند (۲۲، ۱۹ و ۸).



شکل ۵- عملکرد زیست‌توده در گیاه سویا طی تنش غرقاب. (الف: عدم تلقیح به‌اضافه کود ب: تلقیح بدون کود ج: عدم تلقیح بدون کود).

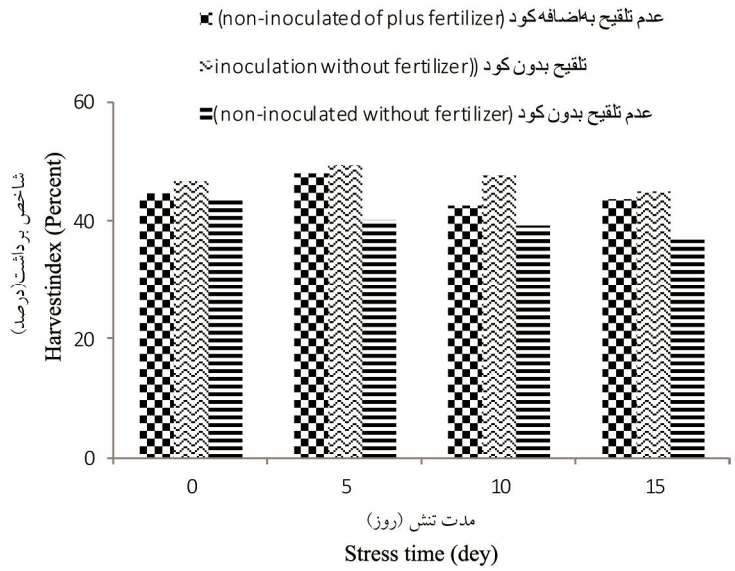
Figure 5. Biomass yield of soybean plant during of flooding (A: non-inoculated of plus fertilizer. B: inoculation without fertilizer. C: non-inoculated without fertilizer).

جدول ۱- پارآمترهای برآورد شده (a, b) با حدود اطمینان و ضریب تبیین (R^2) در معادلات برازش داده شده برای تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک.

Table 1. Estimated parameters (a, b, c) with the confidence and the coefficient of determination (R^2) in equations fitted for number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of one thousand seeds, seed yield and biomass yield.

R^2	c ± SE	b ± SE	a ± SE	منبع تغییرات (S.O.V)
				تعداد غلاف در بوته
				Number of pods per plant
.98	54.3±3.05	-1.24±.98	-.04±.06	عدم تلقیح به‌اضافه کود
				Non-inoculated of plus fertilizer
.92	48.65±1.52	-.67±.49	-.09±.03	تلقیح بدون کود
				Inoculation without fertilizer
.99	39.55±1.96	-.59±.63	-.09±.04	عدم تلقیح بدون کود
				Non-inoculated without fertilizer
				تعداد دانه در غلاف
				Number of seeds per pod plant
.98	-	2.86±.21	-.11±.02	عدم تلقیح به‌اضافه کود
				Non-inoculated of plus fertilizer
.96	-	-.85±.01	2.4±.1	تلقیح بدون کود
				Inoculation without fertilizer
.93	-	2.14±.12	-.07±.01	عدم تلقیح بدون کود
				Non-inoculated without fertilizer
				وزن هزار دانه
				weight of one thousand seeds
.99	-	189.8±2.5	-4.7±.27	عدم تلقیح به‌اضافه کود
				Non-inoculated of plus fertilizer
.97	-	177.6±4.45	-4.1±.47	تلقیح بدون کود
				Inoculation without fertilizer
.96	-	166.6±5.11	-3.98±.54	عدم تلقیح بدون کود
				Non-inoculated without fertilizer
				عملکرد دانه
				Seed yield
.99	-	73.31±1.41	.1±1.01	عدم تلقیح به‌اضافه کود
				Non-inoculated of plus fertilizer
.99	-	.09±.007	15.41±1.37	تلقیح بدون کود
				Inoculation without fertilizer
.98	-	.17±.02	22.75±.7	عدم تلقیح بدون کود
				Non-inoculated without fertilizer
				عملکرد زیست‌توده
				Biomass yield
.99	-	-.1 ±.01	70.62±4.9	عدم تلقیح به‌اضافه کود
				Non-inoculated of plus fertilizer
.99	-	-.1 ±.01	48.67 ±2.37	تلقیح بدون کود
				Inoculation without fertilizer
.98	-	-.1±.02	35.5±3.27	عدم تلقیح بدون کود
				Non-inoculated without fertilizer

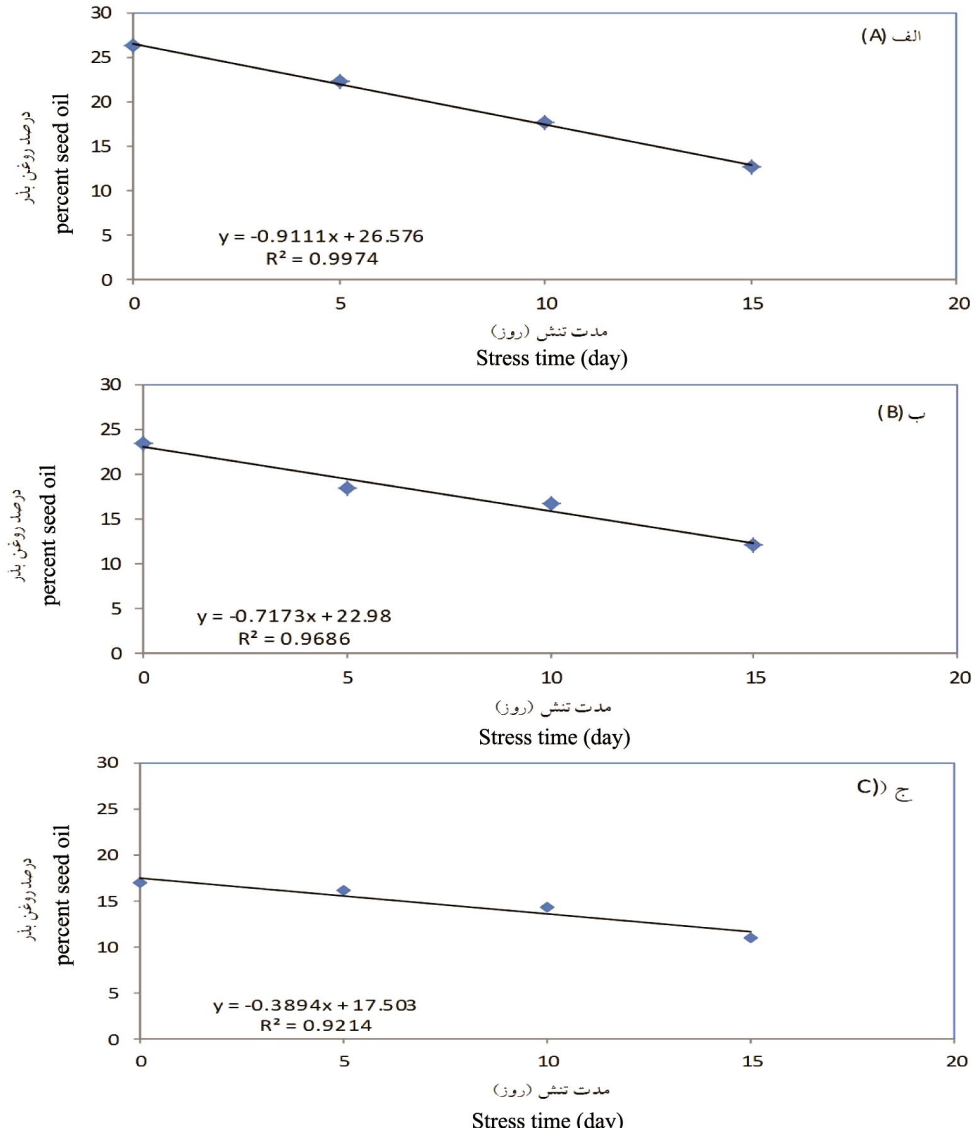
شاخص برداشت: میزان شاخص برداشت در طی تنش غرقاب در شکل ٦ نشان داده شده است. بیشترین شاخص برداشت در تیمار تلقیح بدون کود در ٥ روز تنش غرقابی (٤٩ درصد) به‌دست آمد و کمترین میزان شاخص برداشت در تیمار عدم تلقیح بدون کود در ١٥ روز تنش غرقابی (٣٧ درصد) به‌دست آمد. میزان شاخص برداشت در طی تنش غرقاب در تمام سطوح تغذیه‌ای تفاوت معنی‌داری نداشت، که دلیل این امر می‌تواند کاهش هم‌زمان عملکرد اقتصادی و عملکرد زیست‌توده در طی تنش غرقاب در تمام سطوح تغذیه‌ای باشد. حساسیت بالای شاخص برداشت در ١٥ روز غرقاب می‌تواند به‌دلیل کاهش زیاد عملکرد اقتصادی باشد. شاخص برداشت رابطه عکسی با عملکرد زیست‌توده و رابطه مستقیم با عملکرد دانه دارد و از آنجا که عملکرد زیست و عملکرد دانه هم‌زمان طی تنش غرقاب کاهش پیدا می‌کند، شاخص برداشت طی تنش غرقاب تغییر زیادی نمی‌کند. رسولی و همکاران (٢٠١١) و تورانی و همکاران (٢٠١٣) کاهش شاخص برداشت در طی تنش غرقاب را گزارش نمودند (١٩، ٢٢).



شکل ٦- تغییرات شاخص برداشت در طی تنش غرقاب در گیاه سویا.

Figure 6. Changes in harvest index during of flooding in soy bean.

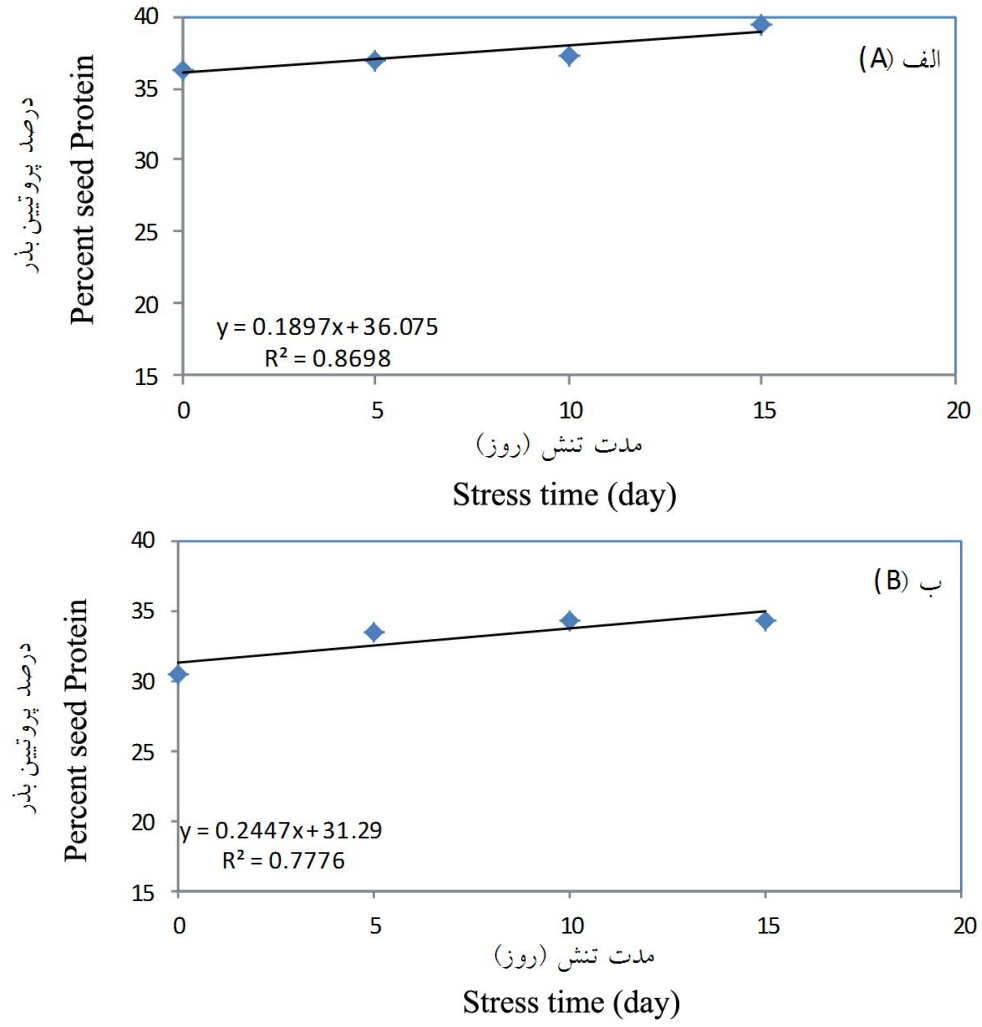
درصد روغن دانه: همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد، با اعمال تنش غرقابی در تمام سطوح تغذیه‌ای درصد روغن دانه روندی نزولی داشت. درصد روغن بین تیمارهای مختلف تغذیه‌ای طی تنش غرقاب دارای اختلاف معنی‌درای در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). بالاترین درصد روغن بذر (۲٦/۳ درصد)، در تیمار عدم تلقیح بذور با باکتری و به‌اضافه کود نیتروژنه عدم تنش غرقابی به‌دست آمد و کمترین درصد روغن (۱۱ درصد) در تیمار عدم تلقیح بدون کود نیتروژنه در ۱۵ روز تنش به‌دست آمد (شکل ۷). روند تغییر درصد روغن بذر در این پژوهش نشان دهنده آن است که با کاهش میزان نیتروژن قابل دسترس گیاه و افزایش زمان غرقابی درصد روغن در بذر کاهش می‌یابد. از آن‌جا که انرژی لازم برای ساختن روغن بسیار بیشتر از انرژی لازم برای ساختن کربوهیدرات‌ها می‌باشد، گیاه در هنگام کاهش مواد فتوسنتزی میزان کمتری از این مواد را به ساختن روغن اختصاص می‌دهد و باعث کاهش شدید درصد روغن در بذر می‌شود. همچنین دلیلی دیگر در بالا بودن میزان روغن در تیمار عدم تلقیح به‌اضافه کود اوره نسبت به دو تیمار دیگر این است که در این تیمار نسبت به تیمار تلقیح بدون کود و تیمار عدم تلقیح و عدم مصرف کود اوره انرژی کمتری صرف اسیمیلاسیون نیتروژن می‌شود و گیاه این انرژی مازاد را صرف ساختن اسیدهای چرب می‌کند. در تیمار تلقیح بدون کود گیاه مجبور است، برای تأمین نیتروژن موردنیاز خود مقداری از محصولات فتوسنتزی را در اختیار گره‌ها قرار دهد تا نیتروژن موردنظر خود را تأمین کند، که این باعث کاهش مواد فتوسنتزی می‌شود که در ساختن مواد دیگر از جمله روغن‌ها و پروتئین‌ها بکار می‌روند. یکی دیگر از دلایل کاهش میزان روغن کاهش تولید زیست‌توده تحت اثر تنش غرقابی بود، زیرا غرقابی سبب کاهش سطح برگ و کلروفیل و تسریع در ریزش برگ‌ها و در نتیجه کاهش تولید مواد فتوسنتزی گردید. بیوماس تولید شده موجود صرف تولید کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای ازجمله نشاسته گردید که به آسانی متابوله می‌شوند و منبع انرژی بسیار خوبی هستند (۱۹). چون ساخته شدن روغن در مقایسه با نشاسته و پروتئین نیاز به مصرف انرژی بیشتری (تقریباً ۲/۲۵ تا ۲/۵ برابر انرژی در واحد وزن نسبت به نشاسته) دارد، بنابراین سبب کاهش تولید روغن گردید (۱۹). تورانی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که اعمال تنش در مرحله گیاهچه‌ای در سویا به دلیل ادامه رشد رویشی بعد از تنش، گیاه توانست اثرات تنش را تقلیل داده و اندازه و وزن دانه آن نیز کمتر نقصان یابد و درصد روغن تحت تنش نیز کاهش کمتری یابد (۲۲). چون بین وزن هزار دانه و درصد روغن همبستگی بالا گزارش شده است (۱٦).

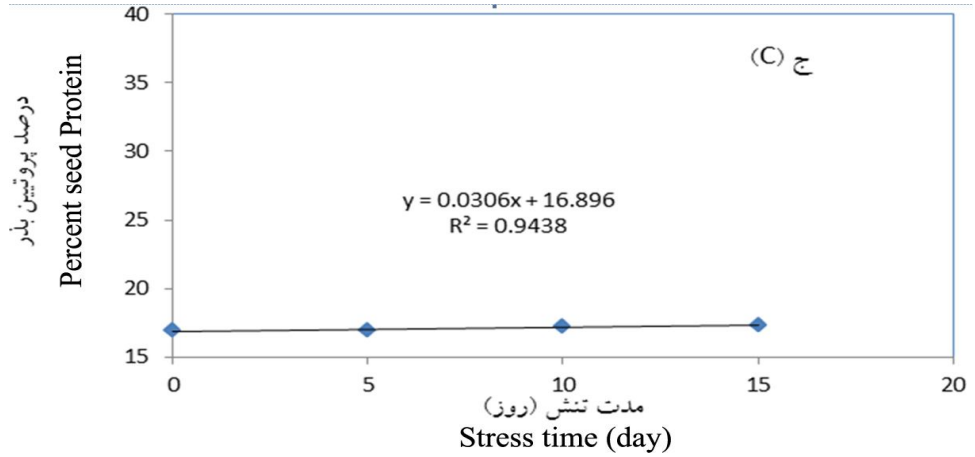


شکل ۷- اثر سطوح مختلف تغذیه‌ای طی ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ روز تنش غرقاب بر درصد روغن گیاه سویا. (الف: عدم تلقیح به‌اضافه کود ب: تلقیح بدون کود ج: عدم تلقیح بدون کود).

Figure 7. Effect of different nutrition levels during 0, 5, 10, 15 days of flooding stress on seed oil soybean plant (A: non-inoculated of plus fertilizer. B: inoculation without fertilizer. C: non-inoculated without fertilizer).

درصد پروتئین دانه: همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌گردد، با اعمال تنش غرقابی در تمام سطوح تغذیه‌ای درصد پروتئین دانه روندی افزایشی را نشان داد. بالاترین درصد پروتئین دانه (۳۹/۳۷ درصد)، در تیمار عدم تلقیح بذور با باکتری و تغذیه با کود نیتروژنه در ۱۵ روز غرقاب به‌دست آمد و کمترین درصد پروتئین (۱٦/۹۳ درصد) در تیمار عدم تلقیح بدون کود نیتروژن در عدم تنش غرقاب بدست آمد. بر اساس ضرایب مربوط (جدول ۲)، درصد پروتئین دانه در سطوح مختلف تغذیه‌ای در طی تنش غرقاب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود.





شکل ۸- اثر مدت‌های مختلف تنش غرقابی (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ روز) در سطوح مختلف تغذیه‌ای بر درصد پروتئین گیاه سویا (الف: عدم تلقیح به‌اضافه کود ب: تلقیح بدون کود ج: عدم تلقیح بدون کود).

Figure 8. Effect of different levels nutrition during 0, 5, 10, 15 days of flooding stress on seed protein soybean plant (A: non-inoculated of plus fertilizer. B: inoculation without fertilizer. C: non-inoculated without fertilizer).

جدول ۲- پارامترهای براورد شده (a, b) با حدود اطمینان و ضریب تبیین (R^2) در معادلات برازش داده شده برای درصد روغن و درصد پروتئین.

Table 2. Estimated parameters (a, b) with the confidence and the coefficient of determination (R^2) in equations fitted for precent seed oil and precent seed protein.

R^2	b ± SE	a ± SE	منبع تغییرات (S.O.V)
			درصد روغن دانه Precent of seed oil
.99	26.57±.3	-.91±.03	عدم تلقیح به‌اضافه کود Non-inoculated of plus fertilizer
.77	31.29±.86	.24±.09	تلقیح بدون کود Inoculation without fertilizer
.94	16.89±.04	.03±.005	عدم تلقیح بدون کود Non-inoculated without fertilizer
			درصد پروتیین دانه Precent of seed protein
.86	36.07±.48	.18±.05	عدم تلقیح به‌اضافه کود Non-inoculated of plus fertilizer
.96	22.98±.85	-.71±.09	تلقیح بدون کود Inoculation without fertilizer
.92	17.50±.75	-.38±.08	عدم تلقیح بدون کود Non-inoculated without fertilizer

به‌نظر می‌رسد افزایش درصد پروتئین با افزایش مدت تنش غرقاب در مرحله گلدهی کامل (R2) در بذر سویا به‌این دلیل باشد که چون پروتئین اولین جزء ذخیره شونده در بذر است (۲۲)، گیاه ابتدا مقدار زیادی از پروتئین را در بذر ذخیره می‌کند و بعد در زمان ذخیره کردن کربوهیدرات‌ها و مواجه شدن با تنش و کاهش مقدار فتوسنتز، مقدار کمتری مواد فتوسنتزی در بذر ذخیره می‌شود. همچنین از دلایل دیگر افزایش درصد پروتئین بذر طی تنش غرقاب می‌توان به کاهش روز تا رسیدگی با افزایش میزان مدت تنش اشاره کرد، چون هر چه زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک کاهش پیدا می‌کند، بذر زمان لازم برای تجمع حداکثر کربوهیدرات در خود را ندارد و با کاهش درصد کربوهیدرات‌ها و درصد روغن بذر درصد پروتئین در بذر در طی تنش غرقاب افزایش پیدا می‌کند. در تیمار عدم تلقیح به اضافه کود چون نیتروژن به‌صورت کودی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و همچنین مقدار بخش هوایی (ساقه و برگ) بوته‌ها نسبت به دو تیمار دیگر بیشتر است، مقدار نیتروژن بذر افزایش پیدا می‌کند. در تیمار تلقیح بدون کود مقداری از محصولات فتوسنتزی که می‌تواند صرف تولید پروتئین و روغن شود به گره‌ها اختصاص پیدا می‌کند که باعث کاهش میزان پروتئین بذر در این تیمار نسبت به تیمار عدم تلقیح به‌اضافه کود می‌شود (۱۹).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد تنش غرقابی در مرحله زایشی (R2) می‌تواند، اجزای عملکرد سویا را به‌شدت کاهش دهد و در نهایت باعث کاهش بسیار زیاد عملکرد گردد. تنش غرقابی در مرحله رشد زایشی در ابتدا باعث ریزش گل‌ها شده و سپس ریزش غلاف‌ها را در پی دارد و در نهایت باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود که مقدار آن بستگی به شدت تنش و نوع گیاه دارد. این آزمایش نشان داد زمانی‌که نیتروژن به‌صورت کودی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، میزان خسارت تنش غرقاب به آن کمتر است نسبت به زمانی‌که گیاه نیتروژنی در دسترس نداشته باشد، یا نیتروژن موردنیاز خود را از طریق تثبیت به‌دست آورد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش مدت تنش درصد روغن دانه کاهش و درصد پروتئین آن افزایش پیدا می‌کند.

منابع

1.AOAC. 1999. Official Methods of Analysis. Method 988/05. CH. 4, P: 13.

2.Bange, M.P., Milroy, S.P., Thongbai, P. 2004. Growth and yield of cotton in response to waterlogging. Field Crops Res. 88: 129-142.

3.Daneshian, J. 1995. Effects of soybean seed inoculated with bacteria *B. japonicum* on qualitative and quantitative characteristics of soybean varieties. M.Sc. Thesis University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran. (In Persian)

4.Dennis, E.S., Doferus, R., Ellis, M., Rahman, M., Wu, Y., Hoeren. F.U., Grover, A., Ismond, K.P., Good, A.G., and Peacock, W.J. 2000. Mollecular strategies for improving water logging tolerance in plants. Exp Bot. 51: 89-97.

5.Galeshi, S., Modarressanavi, A., Hidari Sharifabad, Z., and Tahmasbi, A. 2000. Flooding effects on growth and biological nitrogen fixation in subterranean clover (*Trifolum subterraneum*). J. Agric. Natur. Resour. 4: 107-112. (In Persian)

6.Galeshi, S., Torabi, B., Resam, GH., Rahemi Karizaki, A., and Barzegar, A. 2009. Stress Management in Plants. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press. 307p. (In Persian)

7.Ghobadi, M.A., Nadian, H., Bakhshande, A., Fathi, Gh., Gharine, M.H., and Ghobadi, M. 2006. Investigate of root growth, biological yield and grain yield in flooded conditions at different growth stages of wheat. Seed Plant J. 22: 4, 513-525. (In Persian)

8.Henshaw, T.L., Gilbert, R.A., Scholberg, J.M.S., and Sinclair, T.R. 2007. Soy bean (*Glycine max* L. Merr.) genotype response to early-season flooding: II. Aboveground growth and biomass. J. Agron Crop Sci. 193: 189-197.

9.Huggins, D.R., and Pan, W.L. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Agron. J. 85: 8998-905.

10.Kafi, M., Borzuii, A., Kamandi, A., and Nabati, J. 2009. Environmental Stress Physiology in Plants. JMD Press, Mashhad, Iran. 235p. (In Persian)

11.Khadempir, M., Galeshi, S., Soltani, A., and Ghaderifar, F. 2013. Investigating the effects of flooding during the reproductive growth stages on some physiological and anatomical characteristics and yield and yield components of soybean. M.Sc. Thesis Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)

12.Khajepour, M. 2007. Industrial production plants. Esfehan University Press. 186p. (In Persian)

13.Lichtenthaler, H.K., Burkart, S., Schlinder, C., and Stober, F. 1992. Changes in photosynthetic pigment and in vivo chlorophyll fluorescence parameters under photoinhibitory growth conditions. Photosynth. 27: 343-353.

14.Mandham, N.J., Shipway, P.A., and Scott, R.K. 1981. The effect of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci Camb. 96: 389–416.

15. Milroy, S., Bang, M., and Thongbai, P. 2009. Cotton leaf nutrient concentrations in response to waterlogging under field conditions. Field Crops Res. 113: 246-255.
16. Mozafari, D., Pirdashti, H., Esmaili, M., Ramase, V., Hidarzade, A., and Mostavfian, R. 2010. Effect of planting date and source and sink limitations on yield and yield components of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.). Iranian J. Crop Sci. 12: 4. 482-498. (In Persian)
17. Musgrave, M.E., and Ding, N. 2002. Evaluation wheat cultivars for waterlogging tolerance. Crop Sci. 38: 90-97.
18. Palta, J.A., Ganjeali, A., Turner, N.C., and Siddique, K.H.M. 2010. Effects of transient subsurface waterlogging on root growth, biomass and yield of chickpea. A.W. Manag. 97: 1469-1476.
19. Rasoli, F. 2011. Investigate effects of flooding stress on physiological characteristics, yield and yield components in rapeseed (*Brassica napuse*). M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
20. Schuman, G.E., Stanley, A.M., and Kunden, D. 1973. Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. SSSA Spec. Publ. 37: 480-481
21. Soltani, A. 2007. The SAS statistical analysis software Application. JMD Press, Mashhad, Iran. 182p. (In Persian)
22. Toorani, M., Galeshi, S., Zeinali, E., and Ghaderifar, F. 2013. Investigating effect of flooding stress on anti-oxidant enzymes activities in vegetative growth stage of soybean. Second National Conference on Agriculture for Sustainable Development and Healthy Environment. September 12, 2013. Hamedan. (In Persian)
23. Zhou, W., and Lin, X. 1995. Effects of waterlogging at different growth stages on physiological characteristics and seed yield of winter rape (*Brassica napus* L.). Field Crops. Res. 44: 103-110.