نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۹۹
۱۷-۳۶
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:10.22069/ejcp.2020.15797.2175

تأثیر شدت و زمان حذف برگ بر صفات کمی و کیفی سویا (*Glycine max* L.) تحت شرایط مصرف آمینواسید (*Nutramin-WSP*)

حمید نجفی خان به‌بین[۱]، محمدرضا داداشی[۲*]، ابوالفضل فرجی[۳]، افشین سلطانی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

[۲]استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

[۳] استاد گروه زراعت و باغبانی، مرکز آموزش و تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان و سازمان تحقیق، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

[۴] استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۷/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: سویا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی به شمار می‌روند. در گیاهان دانه روغنی همچون سویا، برگ‌ها به‌عنوان اولین منبع تولید مواد فتوسنتزی مورد نیاز در پر کردن دانه‌ها می‌باشند و هر گونه کاهش یا عدم کارایی آن‌ها باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود. ترکیبات آمینواسید روی فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جذب و به‌کارگیری نیتروژن در گیاه تأثیر گذاشته و منجر به افزایش مقدار پروتئین در گیاه می‌شوند. هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش کنترلی محلول‌پاشی آمینواسید در شرایط قطع برگ در زمان‌های مختلف رشد گیاه سویا و تأثیر آن بر عملکرد کمی و کیفی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر زمان و شدت حذف برگ تحت شرایط مصرف آمینواسید، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شهرستان علی‌آباد کتول استان گلستان در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتور اول شامل شدت حذف برگ سویا در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد، عامل دوم شامل زمان حذف برگ در پنج سطح (V1، V3، V5، V7 و R1) و عامل سوم مصرف و عدم مصرف آمینواسید بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر آمینواسید، زمان و شدت حذف برگ و همچنین، اثر متقابل زمان حذف برگ در شدت حذف برگ بر عملکرد روغن معنی‌دار بود. کاربرد آمینواسید منجر به افزایش ۱۰/۹۸ درصدی عملکرد روغن در مقایسه با تیمار عدم کاربرد گردید. بیشترین عملکرد روغن در حذف ۵۰ درصد برگ در مرحله V1 با میانگین ۸۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۱۰/۵ درصدی داشت. در مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و شدت حذف برگ، بیشترین عملکرد پروتئین دانه در حذف ۵۰ درصد برگ در مرحله V5 با میانگین ۱۲۹۶/۷ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۱۷/۰۳ درصدی داشت. حذف ۱۰۰ درصد برگ منجر به ایجاد پایین‌ترین وزن ۱۰۰ دانه شد و عدم حذف برگ و همچنین، حذف ۵۰ درصد برگ دارای بالاترین میانگین این صفت بودند. کاربرد آمینواسید باعث افزایش ۱۲/۲۴ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. در اثر متقابل زمان در شدت حذف برگ بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار حذف ۵۰ درصد برگ در

*نویسنده مسئول: mdadashi730@yahoo.com

مراحل V1 و V5 به‌ترتیب با میانگین ۳۶۸۱/۹ و ۳۶۹۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب افزایش ۲/۴۶ و ۲/۸۴ درصدی داشتند.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی حذف برگ در مراحل انتهایی رشد رویشی و ابتدای رشد زایشی با شدت ۱۰۰ درصد موجب کاهش صفات کمی (عملکرد و اجزای عملکرد) و صفات کیفی (محتوای روغن و پروتئین دانه) گردید. ولی حذف ۵۰ درصدی برگ با افزایش سهم انتقال مجدد در گیاه، منجر به افزایش اکثر صفات مورد مطالعه گردید. نتایج نشان داد که کاربرد آمینواسید باعث بهبود رشد و تولید گیاه شد که با افزایش میانگین اکثر صفات مورد مطالعه موجب تعدیل اثر تنش برگ‌زدایی شد که می‌تواند به‌عنوان راهکاری در شرایط مواجه با این تنش پیشنهاد گردد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، روابط منبع و مخزن، روغن دانه، عملکرد دانه، محلول‌پاشی.

مقدمه

سویا با نام علمی *Glycine max* L. یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی به شمار می‌رود (۱۴). علاوه بر این با توجه به نیاز روزافزون کشور به دانه‌های روغنی که در حال حاضر بیشتر از طریق واردات تأمین می‌شود، توسعه کشت دانه‌های روغنی و افزایش عملکرد کمی و کیفی آن از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (۴۰). از ویژگی‌های مهم این گیاه دانه روغنی برخورداری از اسیدهای چرب غیراشباع، قابلیت هضم زیاد روغن، محتوای بالای پروتئین دانه (بالای ۴۰ درصد) و افزایش حاصلخیزی خاک نسبت به سایر گیاهان دانه روغنی را می‌توان نام برد (۴۴).

یکی از مشکلات کشت دانه‌های روغنی و اکثر گیاهان، قطع برگ از طریق عوامل طبیعی مانند باد و طوفان و یا قطع تصادفی برگ‌ها بر اثر کاربرد علف‌کش و غیره می‌باشد (۲۰). در گیاهان دانه روغنی همچون سویا، برگ‌ها به‌عنوان اولین منبع تولید مواد فتوسنتزی مورد نیاز در پر کردن دانه‌ها می‌باشند و هر گونه کاهش یا عدم کارایی آن‌ها باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (۳۸). شناخت اثرات کاهش سطح برگ در مراحل مختلف رشد گیاهی می‌تواند به ارزیابی خسارت ناشی از کاهش سطح برگ کمک کند. خسارت در قسمت‌هایی از برگ، می‌تواند باعث افزایش فتوسنتز در سایر برگ‌های باقی‌مانده و جبران فتوسنتز برگ‌های از دست رفته آفتابگردان شود (۴۴). حذف برگ در بخش‌های مختلف ساقه آفتابگردان موجب اختلاف معنی‌داری در ارتفاع بوته، قطر طبق، درصد پوکی، شاخص برداشت، درصد مغز به دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه‌های پر، عملکرد دانه و عملکرد روغن شد (۴۲). در مطالعه برگ‌زدایی گیاه سویا، شاخص سطح برگ در تیمار حذف یک سوم برگ‌ها در مرحله میانی پر شدن دانه، ۴۱ درصد و در تیمار دو سوم حذف برگ ۵۶ درصد کاهش یافت (۹). قطع برگ در مرحله گلدهی به دلیل کاهش توانایی منبع در پر کردن دانه‌ها درصد دانه‌های پوک را افزایش می‌دهد (۲۸). اثر حذف برگ بر عملکرد و کیفیت گیاه بستگی به عواملی نظیر زمان حذف برگ، شدت حذف و محل قرار گرفتن برگ روی ساقه دارد (۲ و ۲۷).

مصرف بلند مدت و غیراصولی کودهای شیمیایی باعث تخریب تدریجی کیفیت خاک، کاهش ارزش کیفی محصول، به‌هم زدن تعادل طبیعی اکوسیستم و گسترش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود (۲۴). استفاده از کودهای آلی و مصرف آن‌ها هنگام نیاز گیاه

در مراحل مختلف رشد می‌تواند به رفع این مشکلات کمک کند. گیاهان قادرند از آمینو اسید به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند (۱۸). در مناطق سرد و یا دارای فقر نیتروژن، آمینو اسیدها به‌عنوان منبع مهمی از نیتروژن مطرح هستند (۲۵). تأثیر کاربرد اسیدهای آمینه به‌عنوان تنظیم کننده‌های رشد در گیاهان توسط پژوهشگران مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است و در بیشتر موارد تأثیر مثبت محلول‌پاشی با آمینو اسیدها بر مقدار عملکرد گزارش شده است (۲۵ و ۳۰). ترکیبات آمینو اسید روی فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جذب و به‌کارگیری نیتروژن در گیاه تأثیر گذاشته و منجر به افزایش مقدار پروتئین در گیاه می‌شوند (۲۴).

یکی از مسائل اساسی در فیزیولوژی عملکرد، ظرفیت تولید مواد فتوسنتزی در مبدأ می‌باشد و برگ‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین مبدأ تولید دارای نقش اساسی در عملکرد نهایی گیاه هستند که افزایش مدت زمان دوام برگ روی ساقه منجر به افزایش رشد و عملکرد خواهد شد. از طرف دیگر قطع برگ چه از طریق روش‌های طبیعی مانند باد و طوفان و چه به‌صورت غیرمستقیم (تصادفی) علف‌کش و غیره، عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. چرا که خسارات برگی باعث کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش عملکرد و زیست‌توده گیاهی می‌گردد و میزان کاهش بستگی به مقدار برگ حذف شده و مرحله حذف دارد (۲۰). کاربرد اسید آمینه در زمان تنش وارد شده می‌تواند به‌عنوان یک راهکار برای تعدیل اثرات ناشی از تنش مورد آزمایش قرار گیرد. بر همین اساس، هدف از پژوهش حاضر بررسی نقش کنترلی محلول‌پاشی آمینو اسید در شرایط قطع برگ در زمان‌های مختلف رشد گیاه سویا و تأثیر آن بر عملکرد کمی و کیفی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر شدت و زمان حذف برگ بر صفات کمی و کیفی سویا تحت شرایط مصرف آمینو اسید، آزمایش فاکتوریل سه عاملی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در روستای مازیاران از توابع بخش فندرسک و در ۸ کیلومتری شهرستان علی‌آباد کتول استان گلستان با عرض جغرافیایی ۳۶/۵۴ درجه و طول جغرافیایی ۵۴/۵۶ درجه و ارتفاع ۱۴۲ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. عامل اول شامل شدت حذف برگ (Defoliation intensity: DI) سویا در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد، عامل دوم شامل زمان حذف برگ (Defoliation time: DT) در پنج سطح (V1، V3، V5، V7 و R1) و عامل سوم مصرف و عدم مصرف آمینواسید (Amino acid: A) بود.

عملیات زراعی طبق عرف منطقه انجام شد. زمین مورد آزمایش زیر کشت گندم بوده است. به‌منظور تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک یک نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد و مقدار کود مصرفی بر اساس توصیه آزمایشگاه صورت گرفت (جدول ۱). بعد از برداشت گندم، جهت خرد کردن بقایا، دو دیسک عمود بر هم زده شده و سپس آبیاری صورت گرفت. زمانی که مزرعه به حالت گاورو درآمد با استفاده از دیسک زمین آماده شده و پس از کودپاشی با ردیف‌کار مرسوم کشت سویا معروف به ردیف‌کار فتاحی کشت رقم کتول صورت گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری.

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil at 0 to 30 cm depth.

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته کل اشباع	مواد خنثی شونده (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (میلی‌گرم برکیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم)	رس (درصد)	لای (درصد)	ماسه (درصد)	بافت خاک
EC (dS/m)	pH	Neutralized matter (%)	Organic carbon (%)	N total (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Soil texture
2.4	7.4	12.5	1.46	0.15	8.8	261	28	50	22	لوم رسی (Clay loam)

در شرایط مصرف آمینواسید، محلول‌پاشی با دز توصیه شده یک کیلوگرم در هزار لیتر آب (۲۵۰ گرم در هکتار) در مراحل رشدی V3، V5، V7 و R1 انجام شد. آمینواسید مورد استفاده با نام تجاری Nutramin-WSP محصولی از شرکت Biomega که حاوی ۱۵-۱۴ درصد نیتروژن، ۰/۷-۰/۳ درصد کلسیم، ۱/۲-۰/۴ درصد فسفات، ۱/۵-۱/۱ درصد پتاسیم و ۰/۶-۰/۳ درصد آمونیوم و ۹۰ درصد آمینواسید می‌باشد. اعمال تیمارهای زمان قطع برگ و شدت آن نیز براساس تقسیم‌بندی مراحل مورفولوژی گیاه سویا صورت گرفت. بدین منظور در مرحله مورد نظر، شدت‌های صفر (عدم حذف برگ)، ۵۰ درصد (حذف ۵۰ درصد برگ‌های در کرت مورد نظر در هر بوته) و ۱۰۰ درصد (حذف تمامی برگ‌های بوته‌های در داخل کرت) انجام شد.

برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژی و عملکردی در مرحله R7 نمونه‌گیری از هر کرت آزمایشی به تعداد پنج بوته (با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای) انجام و صفات ارتفاع بوته، ارتفاع تا اولین غلاف، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه پس از حذف اثرات حاشیه، دو ردیف وسط برداشت شد تا پس از محاسبه عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت (از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک) نیز تعیین گردید (۱۵).

برای اندازه‌گیری درصد روغن و پروتئین دانه پس از پودر نمودن آن، درصد روغن با روش سوکسله (SOX406 Fat Analyzer, Hanon Instruments) و درصد پروتئین نیز با روش کجلدال (PGU-500; PECO) اندازه‌گیری شد (۱۵). برای محاسبه عملکرد روغن و عملکرد پروتئین، به ترتیب درصد روغن و درصد پروتئین در عملکرد دانه ضرب شد. در نهایت داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ تجزیه شد و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد و عملکرد روغن دانه: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر آمینواسید، زمان و شدت حذف برگ و همچنین، اثر متقابل زمان حذف برگ در شدت حذف برگ بر عملکرد روغن معنی‌دار به دست آمد، ولی اثر هیچ یک از عوامل مورد بررسی بر درصد روغن معنی‌دار نبود (جدول ۲). کاربرد آمینواسید منجر به افزایش ۱۰/۹۸ درصدی عملکرد روغن در مقایسه با تیمار عدم کاربرد گردید (جدول ۳). در

مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و شدت حذف برگ، بیشترین عملکرد روغن در حذف ۵۰ درصد برگ در مرحله V1 با میانگین ۸۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۱۰/۵ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در حذف ۱۰۰ درصد برگ در مرحله R1 با میانگین ۴۲۹/۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱). تأثیر برگ‌چینی در مراحل مختلف رشد با شدت‌های مختلف بر عملکرد کمی و کیفی سایر گیاهان مثل آفتابگردان نیز ارزیابی شده و گزارش شده است که در صورت بروز هر نوع خسارت به برگ‌های آفتابگردان در مراحل ستاره‌ای شکل شدن طبق و گرده‌افشانی، به‌ویژه با حذف کامل برگ‌ها، به دلیل اقتصادی نبودن محصول بهتر است از ادامه فعالیت در آن مزرعه صرف‌نظر شده و نسبت به انجام کشت جایگزین اقدام شود (۲۷). محمدیان (۲۰۱۵) بیان داشت که حذف برگ در مراحل میانی و اواخر رشد در مقایسه با تیمار شاهد باعث کاهش معنی‌دار صفات کمی و کیفی چغندرقند گردید (۳۷).

در پژوهش حاضر تیمارهای مورد آزمایش اثر معنی‌داری بر درصد روغن نداشتند. در همین راستا، پژوهشگران گزارش کردند که از آنجایی که سنتز روغن بعد از مرحله گلدهی و در حدود سه روز پس از تلقیح آغاز شده و تا زمانی که برگ‌ها فعالیت فتوسنتزی انجام می‌دهند، ادامه می‌یابد، حذف برگ‌ها در این مراحل بیشترین تأثیر را بر درصد روغن دانه می‌گذارد (۲). ولی از آنجایی که عملکرد روغن تحت تأثیر دو مؤلفه درصد روغن و عملکرد دانه قرار می‌گیرد، بنابراین عملکرد روغن تغییر معنی‌داری داشت. در سال‌های اخیر، محلول‌پاشی با مواد کاهش‌دهنده تنش از جمله آمینواسیدهایی مثل پرولین، آرژنین و تریپتوفان برای کاهش اثر تنش‌های محیطی توصیه شده است (۵۰). گزارش شده است که مصرف فرآورده‌های آمینواسیدی می‌تواند بر افزایش شاخص‌های کمی و کیفی گیاهان زراعی مؤثر باشد (۲۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس میزان روغن و پروتئین دانه سویا تحت تأثیر مصرف آمینواسید و حذف برگ.

Table 2- Results of variance analysis of seed oil and protein contents affected by application of amino acid and defoliation.

منابع تغییر S.O.V	میانگین مربعات (MS)				
	درجه آزادی df	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield
تکرار Replication	2	11.29^{ns}	50237.8*	4.62^{ns}	17000.3^{ns}
آمینواسید Amino acid (A)	1	3.92^{ns}	160009.4**	12.99^{ns}	648938.2**
زمان حذف برگ Defoliation Time (DT)	4	1.61^{ns}	58628.0*	27.11*	69932.1*
شدت حذف برگ Defoliation Intensity (DI)	2	2.57^{ns}	224759.8**	35.67*	433515.5**
A × DT	4	1.03^{ns}	9161.4^{ns}	0.28^{ns}	11883.6ns
A × DI	2	0.46^{ns}	904.3^{ns}	0.06^{ns}	6297.2^{ns}
DT × DI	8	1.08^{ns}	35780.1*	3.74^{ns}	69212.8*
A × DT × DI	8	0.61^{ns}	9642.7^{ns}	0.56^{ns}	15472.1^{ns}
اشتباه آزمایشی Error	58	4.86	16994.6	7.93	31759.0
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	9.86	17.94	8.36	16.38

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

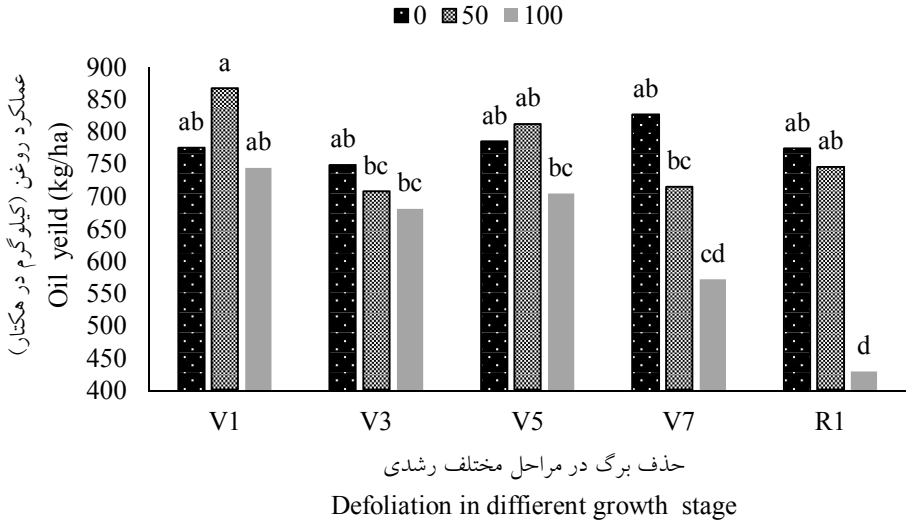
ns ,*, and ** not significant at 1% and 5% level, respectively

کاربرد آمینواسید با افزایش نسخه‌برداری mRNA، با فعال‌سازی فرآیندهای تشکیل اسیدهای چرب، افزایش جذب، انتقال عناصر، افزایش رشد زایشی و افزایش میزان روغن در گیاهان موجب بهبود ویژگی‌های کیفی (روغن و پروتئین دانه) می‌گردد (۴۷). افزایش عملکرد دانه بر اثر محلول‌پاشی کادوستیم (آمینواسید) با تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی موجب افزایش عملکرد روغن گردید. به نظر می‌رسد که با محلول‌پاشی آمینواسید به‌واسطه افزایش اجزای عملکرد سویا، اندام‌های زایشی بیشتری ساخته می‌شود و سهم دریافتی مواد پرورده آن‌ها نیز بالا می‌رود، در نتیجه ضمن افزایش عملکرد دانه، محتوی روغن دانه، عملکرد روغن افزوده می‌شود (۴۸).

جدول ۳- اثر زمان و شدت حذف برگ بر درصد پروتئین دانه سویا.

Table 3- The effect of time and intensity of defoliation on seed protein percentage of soybean.

سطوح تیماری Treatment levels	درصد پروتئین Protein percent
زمان حذف برگ (Defoliation Time)	
V1	31.98
V3	32.82
V5	34.07
V7	34.45
R1	34.97
LSD ($p\leq0.05$)	1.87
شدت حذف برگ (Defoliation Intensity)	
0	32.4
50	34.1
100	34.4
LSD ($p\leq0.05$)	1.45

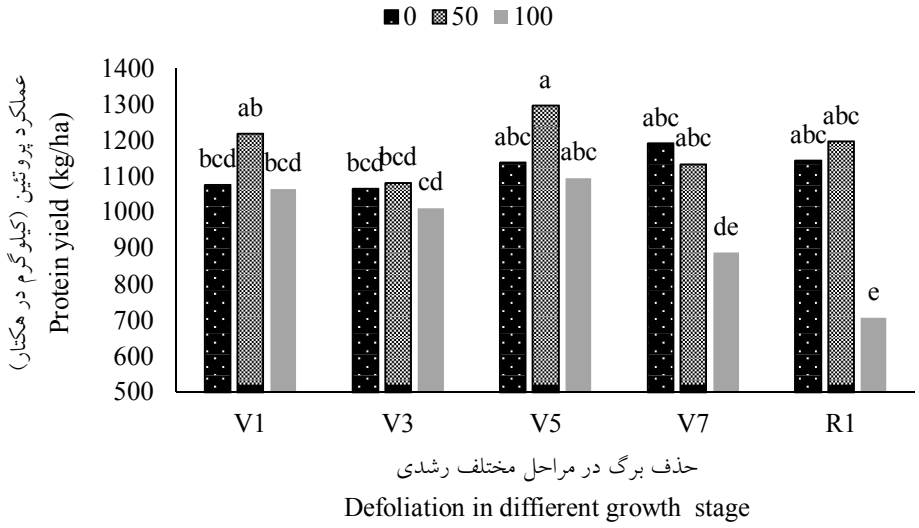


شکل ۱- اثر متقابل بین شدت و زمان حذف برگ بر عملکرد روغن دانه سویا.

Figure 1- The interaction between intensity and time of defoliation on seed oil yield of soybean.

درصد و عملکرد پروتئین دانه: نتایج به‌دست آمده نشان داد که اثر زمان و شدت حذف برگ بر درصد و عملکرد پروتئین دانه معنی‌دار بودند. همچنین، اثر آمینواسید و اثر متقابل زمان و شدت حذف برگ بر عملکرد پروتئین معنی‌دار بودند (جدول ۲). در مقایسه میانگین زمان حذف برگ، بیشترین درصد پروتئین در حذف برگ در مرحله R1 با میانگین ۳۴/۹۷ درصد مشاهده شد و کمترین درصد پروتئین در زمان V1 با میانگین ۳۱/۹۸ درصد بود (جدول ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و شدت حذف برگ، بیشترین عملکرد پروتئین دانه در حذف ۵۰ درصد برگ در مرحله V5 با میانگین ۱۲۹۶/۷ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۱۷/۰۳ درصدی داشت. کمترین میانگین این صفت در حذف ۱۰۰ درصد برگ در مرحله R1 با میانگین ۷۰۶/۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۲). پروتئین دانه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین صفات کیفی دانه سویا مطرح می‌باشد که تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (۱۱). سایر پژوهشگران گزارش کردند که محتوای پروتئین دو لاین سویا تحت تأثیر برگ‌زدایی تغییر معنی‌داری داشت، به‌طوری که در لاین با پروتئین بالا، باعث افزایش و در لاین با پروتئین متوسط افزایش جزئی غیرمعنی‌دار با شاهد داشت (۱۰). نتایج حاصل از تحقیق طوسی و همکاران (۲۰۱۴) مؤید این مطلب است که کاربرد آمینواسید کادوستیم باعث افزایش عملکرد پروتئین و روغن گیاه سویا نسبت به شاهد و سایر مواد محلول‌پاشی بود (۴۸). این افزایش عملکرد پروتئین را می‌توان به غلظت مناسب آمینواسیدها و وجود عناصر غذایی موجود در آن نسبت داد که سبب تحریک متابولیسم گیاه شد. آمینواسیدهای مصرف شده از طریق روزنه‌ها جذب می‌شوند و به مقدار کمتر از طریق اپیدرم سطحی نفوذ می‌کنند (۲۲ و۴۷). آمینواسید به کار رفته ممکن است با افزایش نسخه‌برداری mRNA، در فعال‌سازی فرآیندهای تشکیل اسیدهای چرب، افزایش جذب، انتقال عناصر و افزایش میزان روغن در گیاهان موجب بهبود ویژگی‌های کیفی شده باشند (۴۶ و ۴۷). نقش مؤثر آمینواسید آزاد در ساخت زنجیره پروتئینی و زمان مصرف مناسب آن نیز می‌تواند تأثیر چشمگیری در افزایش مقدار پروتئین دانه داشته باشد (۲۴). تفسیر تأثیر آمینواسیدها در افزایش مقدار پروتئین در میان پژوهشگران متفاوت می‌باشد. عده‌ای معتقدند که آمینواسیدها به شکل نیتروژن احیا شده در جذب توسط گیاهان نسبت به نیترات ترجیح داده می‌شوند و با این عمل انرژی کمتری برای ساخت پروتئین مصرف می‌شود، ولی برخی دیگر نقش اصلی تأثیر آمینواسید در جذب نیتروژن و ساخت پروتئین را به دلیل تأثیر آن بر آنزیم‌های مؤثر در متابولیسم نیترات می‌دانند که در آن کاربرد آمینواسید باعث افزایش غلظت آنزیم‌های نیترات ردوکتاز و گلوتامین سنتتاز می‌شود (۳۱ و ۳۶).

تعداد غلاف در ساقه اصلی و بوته: اثر زمان و شدت حذف برگ و همچنین، اثر متقابل این دو بر تعداد غلاف در ساقه اصلی معنی‌دار بودند. همچنین، اثر آمینواسید و زمان حذف برگ بر تعداد کل غلاف در بوته معنی‌دار شد (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و شدت حذف برگ، بیشترین تعداد غلاف در ساقه اصلی در حذف ۵۰ درصد برگ در مراحل V3، V5 و R1 بود. همچنین، عدم حذف و حذف ۱۰۰ درصد برگ در مرحله V1 نیز بیشترین میانگین این صفت را داشتند. کمترین میانگین این صفت (۲۳/۷۸ عدد) در حذف ۱۰۰ درصد برگ در مرحله R1 مشاهده شد (شکل ۶). تعداد کل غلاف در بوته در شرایط مصرف آمینواسید در مقایسه با عدم مصرف افزایش ۱۷/۱۱ درصدی داشت (جدول ۵). حذف برگ در مرحله V3، بیشترین تعداد غلاف در بوته (۷۷/۰۸ عدد) را داشت و حذف در مرحله R1 کمترین میانگین (۵۹/۳۳ عدد) را نشان داد (جدول ۵).



شکل ۲- اثر متقابل بین شدت و زمان حذف برگ بر عملکرد پروتئین دانه سویا.

Figure 2- The interaction between intensity and time of defoliation on seed protein yield of soybean.

قطع برگ اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و عملکرد دانه داشت (۳۴). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی آمینواسید به‌واسطه افزایش رشد سبزینه‌ای، بهبود کلروفیل‌سازی گیاه، افزایش ظرفیت و فرآیند فتوسنتزی، اندام زایشی بیشتری ساخته شده و سهم دریافتی مواد پرورده آن‌ها نیز افزایش می‌یابد (۴۸). در نتیجه ضمن افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین افزوده می‌شود (۳۸). میزان فتوسنتز قبل از مرحله گرده‌افشانی نقش اساسی در پر کردن دانه‌های گیاهان روغنی ایفا می‌کند و احتمالاً قبل از مرحله گرده‌افشانی و در شرایط محدودیت فتوسنتز، بین رشد ساقه و تولید گلچه‌ها از لحاظ جذب مواد فتوسنتزی رقابت وجود دارد. همچنین، با توجه به اینکه ساقه اصلی‌ترین منبع ذخیره مواد غذایی بوده و این ذخایر در پر شدن دانه‌ها تأثیر می‌گذارند، چنین محدودیتی کاهش در هر دو جز عملکرد یعنی تعداد دانه و وزن دانه را می‌تواند به دنبال داشته باشد و حذف برگ‌ها در مراحل رشد رویشی ذخیره مواد فتوسنتزی را در ساقه‌ها کاهش داده و در نتیجه انتقال مجدد مواد به دانه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۲).

آمینواسید فرم آلی نیتروژن است و محصولات با پایه آمینواسید در دهه گذشته به‌وسیله پرورش‌دهندگان استفاده می‌شده است و باعث بهبود عملکرد و رشد گیاهان مختلف می‌گردد (۱۳). مزایای استفاده از آمینواسید با محتوای نیتروژن آلی در ارتباط با تعامل مثبت و سازنده با در دسترس بودن برخی مواد معدنی و مغذی است (۱۳). گیاهان قادرند از آمینواسیدها به‌عنوان منبع نیتروژن استفاده کنند (۱۸). آمینواسیدها روی جذب نیتروژن اثر گذاشته و باعث افزایش آن شده و به‌تبع آن رشد رویشی را افزایش می‌دهند (۳۹).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر کاربرد آمینواسید و حذف برگ.

Table 4- Results of variance analysis of yield and yield components of soybean affected by application of amino acid and defoliation.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)						
		تعداد کل غلاف Total no. pods	تعداد غلاف بی‌دانه No. pods seedless	تعداد دانه در بوته No. seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه 100-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	3	496.8^{ns}	1.40^{ns}	550.6^{ns}	0.48^{ns}	7818076.4**	462901.8*	8.18^{ns}
آمینواسید Amino acid (A)	1	4884.5**	141.2**	10145.7**	10.26**	1948102.0**	5489101.8**	67.67**
زمان حذف برگ Defoliation Time (DT)	4	1272.3*	11.52^{ns}	4415.4*	0.85*	8624760.4**	1331285.7**	10.78^{ns}
شدت حذف برگ Defoliation Intensity (DI)	2	143.1^{ns}	12.70^{ns}	5054.4*	1.90**	51006062.5**	6930593.1**	14.01^{ns}
A × DT	4	803.8^{ns}	18.10*	1720.4^{ns}	0.45^{ns}	1938885.4^{ns}	102699.2^{ns}	14.57^{ns}
A × DI	2	694.7^{ns}	18.0*	1534.2^{ns}	0.03^{ns}	1194770.8^{ns}	4073.1^{ns}	12.85^{ns}
DT × DI	8	761.2^{ns}	6.05^{ns}	3394.8*	0.30^{ns}	5048119.8**	803736.3**	25.13*
A × DT × DI	8	655.3^{ns}	10.22^{ns}	1945.3^{ns}	0.56^{ns}	1398338.5^{ns}	153134.5^{ns}	7.13^{ns}
اشتباه آزمایشی (Error)	87	490.2	5.72	1431.3	0.36	1282013.2	131573.2	9.39
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	22.46	20.68	25.29	3.03	11.44	11.05	9.23

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

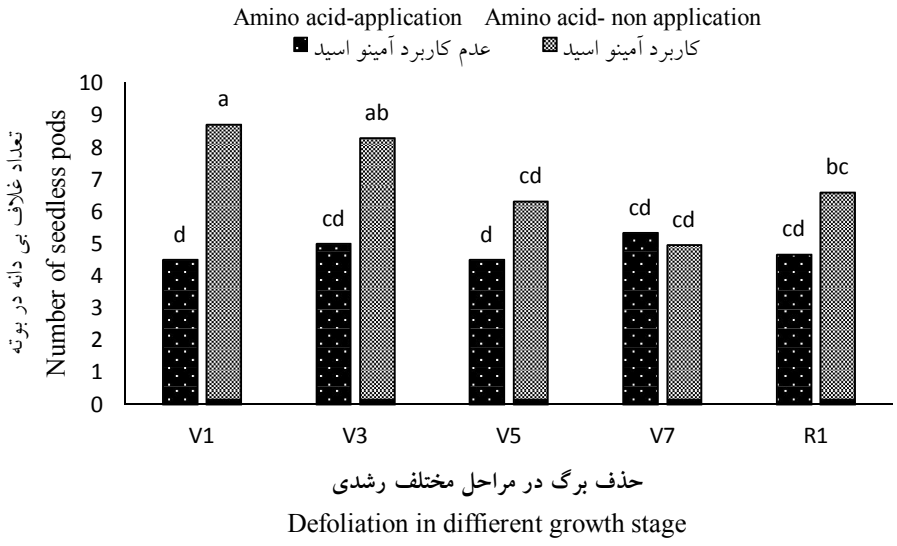
ns ,*, and ** not significant at 1% and 5% level ,respectively; Defoliation Time: DT; Defoliation Intensity: DI; Amino acid: A

جدول ٥- اثر آمینواسید بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد سویا.

Table 5- The effect of amino acid on yield and yield components of soybean.

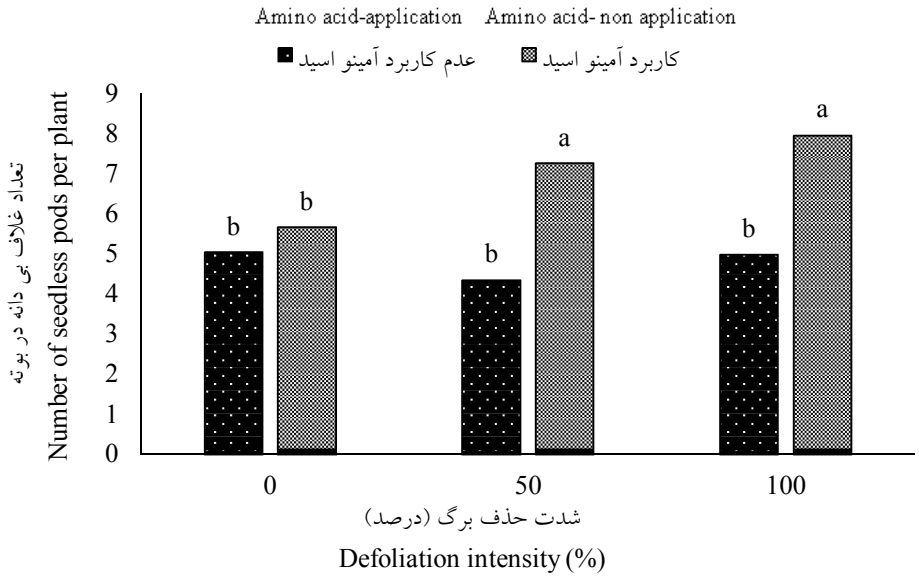
آمینواسید Amino acid	تعداد کل غلاف Total no. pods	تعداد دانه در بوته No. seeds per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
عدم کاربرد (Non-application)	61.81	140.3	20.27	9488.3	3067.2	32.45
کاربرد (Application)	74.57	158.74	19.69	10294.2	3495.0	33.95
LSD (p=0.05)	8.03	13.7	0.22	410.8	131.6	1.11

تعداد غلاف بی‌دانه: نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر متقابل آمینواسید در زمان حذف برگ و آمینواسید در شدت حذف برگ بر تعداد غلاف بی‌دانه معنی‌دار بودند (جدول ۴). در مقایسه میانگین اثر متقابل آمینواسید در زمان حذف برگ، بیشترین تعداد غلاف بی‌دانه در کاربرد آمینواسید و حذف برگ در مرحله V1 با میانگین ۸/۶۹ عدد بود و کمترین میانگین این صفت مربوط به عدم کاربرد آمینواسید و حذف برگ در مراحل V1 و V5 بود (شکل ۳). در مقایسه میانگین اثر متقابل شدت حذف برگ در آمینواسید، بیشترین میانگین این صفت در کاربرد آمینواسید در شدت‌های حذف ۵۰ و ۱۰۰ درصد بود و سایر ترکیبات تیماری دارای کمترین میانگین این صفت بودند (شکل ۴). کاهش تعداد دانه در تیمارهای محدودیت منابع فتوسنتزی، به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده و در نتیجه کاهش مقدار مواد فتوسنتزی مورد نیاز دانه‌ها باشد. در این شرایط، ممکن است تعدادی از دانه‌ها پر نشوند یا در مرحله رسیدگی به حدی کوچک باشند که در محاسبات تعداد دانه به‌حساب نیایند و در نتیجه موجب کاهش تعداد دانه گردد و به‌تبع آن عملکرد دانه در واحد سطح نیز کاهش می‌یابد (۴۳). گزارش شده است که آمینواسیدها در تعدیل سنبله‌دهی و بهبود کیفیت آن نقش قابل‌توجهی دارند، به‌نحوی که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شوند (۲۴). محلول‌پاشی با مخلوط آمینواسیدها احتمالاً با نوعی مکانیسم خودتنظیمی منفی و تعدیل جذب نیتروژن از تشکیل تعداد پنجه‌های زیاد و ضعیف جلوگیری کرده است (۸).



شکل ۳- اثر متقابل بین زمان حذف برگ و آمینواسید بر تعداد غلاف بی‌دانه در گیاه سویا.

Figure 3- The interaction between defoliation times and amino acid on the number of seedless pods of soybean.

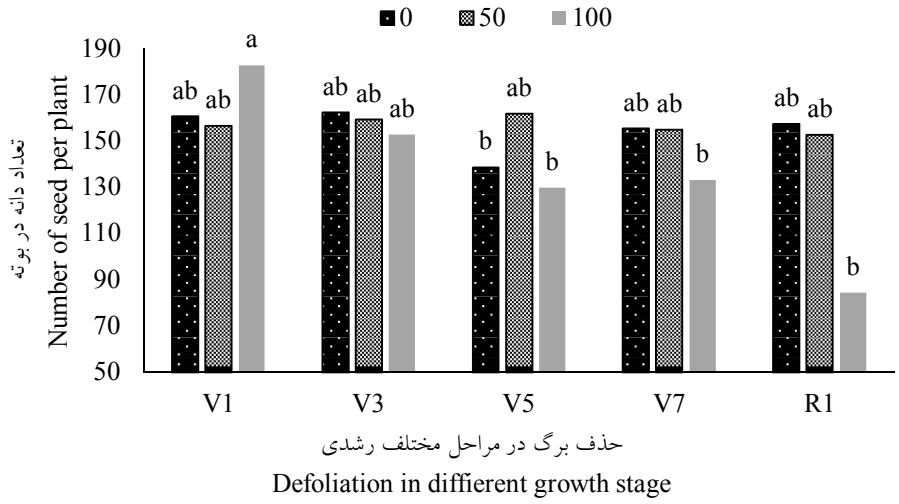


شکل ٤- اثر متقابل بین شدت حذف برگ و آمینواسید بر تعداد غلاف بی‌دانه در گیاه سویا.

Figure 4- The interaction between defoliation intensity and amino acid on the number of seedless pods of soybean.

تعداد دانه در بوته: نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر آمینواسید، زمان حذف برگ، شدت حذف برگ، و اثر متقابل زمان در شدت حذف برگ بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار بودند (جدول ۴). کاربرد آمینواسید باعث افزایش ۱۱/۶ درصدی تعداد دانه در بوته در مقایسه با عدم مصرف آن شد (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل زمان و شدت حذف برگ بیشترین میانگین این صفت در حذف ۱۰۰ درصد برگ در مرحله V1 با میانگین ۱۸۲/۷ عدد مشاهده شد که در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۱۲/۰۱ درصدی داشت (شکل ۵). به دلیل ظرفیت زیاد فتوسنتزی دانه و غلاف در سویا، ساقه می‌تواند منبع ذخیره‌ای مازاد تولید مواد پرورده و مبدأ انتقال این مواد در دوره پس از گلدهی باشد و نقش مهمی در پر کردن دانه‌ها ایفا نماید (۲۹). این ذخایر روند روزانه پر شدن دانه را در برابر نوسانات کوتاه‌مدت فتوسنتز ثابت نگه می‌دارند (۳۳). در پژوهش حاضر حذف ۱۰۰ درصد برگ در مراحل انتهایی رشد موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه شد. در همین راستا، کارکوا و همکاران (۲۰۰۳) و مهرآیین و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که بیشترین تعداد دانه از تیمار شاهد (عدم حذف برگ) و کمترین تعداد آن از حذف ۱۰۰ درصد برگ‌ها به دست آمد (۱۲ و ۳۳). به نظر می‌رسد استفاده مناسب برگ‌ها از تابش خورشید و افزایش تولید مواد فتوسنتزی از جمله دلایل اصلی افزایش تعداد دانه در بوته می‌تواند باشد (۳۳).

وزن ۱۰۰ دانه: نتایج نشان داد که در شرایط کاربرد آمینواسید، زمان حذف برگ و شدت حذف برگ بر وزن ۱۰۰ دانه معنی‌دار بودند (جدول ۴). عدم کاربرد آمینواسید منجر به ایجاد بالاترین وزن ۱۰۰ دانه گردید. حذف برگ در مرحله V5 بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۲۰/۲۶ گرم) را داشت و حذف در مراحل V7 و R1 کمترین میانگین این صفت را داشتند. حذف ۱۰۰ درصد برگ منجر به ایجاد پایین‌ترین وزن ۱۰۰ دانه شد و عدم حذف برگ و همچنین، حذف ۵۰ درصد برگ دارای بالاترین میانگین این صفت بودند (جدول ۵).



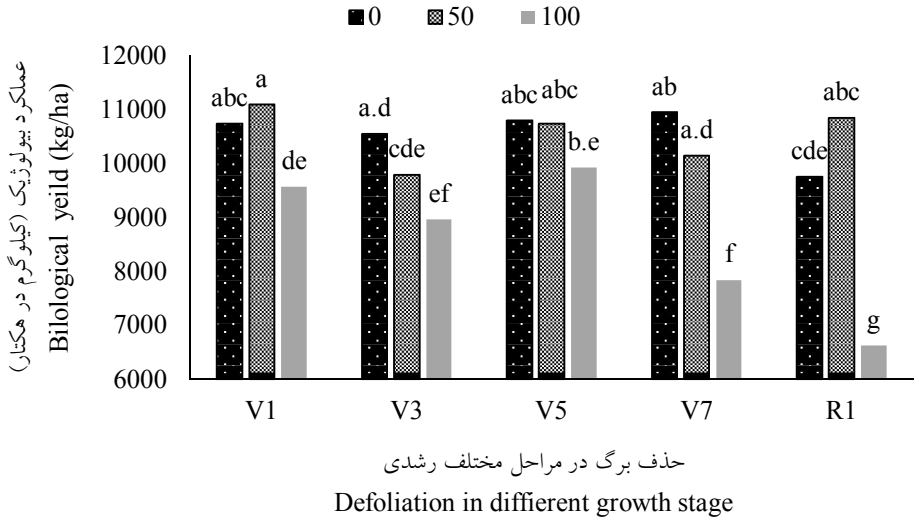
شکل ۵- اثر متقابل بین زمان و شدت حذف برگ بر تعداد دانه در بوته در گیاه سویا.

Figure 5- The interaction between intensity and time of defoliation on the number of seed per soybean plant.

طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه میانگین وزن دانه‌ها تحت تأثیر نسبت بین در دسترس بودن مواد فتوسنتزی (منبع) و ظرفیت بالقوه دانه در استفاده از مواد فتوسنتزی در دسترس (مخزن) در دوره پر شدن دانه می‌باشد (۶). در همین راستا پژوهشگران گزارش کردند که تیمارهای برگ‌زدایی دیرتر، تأثیر مثبتی بر میانگین وزن دانه ذرت داشته و پس از برگ‌زدایی مقدار هیدرات‌های کربن محلول ساقه به‌سرعت کاهش پیدا کرد (۳۳). این موضوع حاکی از تسریع مصرف هیدرات‌های کربن محلول ساقه در رشد دانه‌ها می‌باشد. در همین رابطه آفرینش (۲۰۰۵) نیز گزارش کرد که بیشترین وزن هزار دانه از تیمار قطع برگ‌ها، ۳۰ روز پس از پایان گرده‌افشانی ذرت به دست آمد که نتایج حاصل از پژوهش حاضر را تائید می‌نماید (۳). ایچارت و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که وزن دانه با سرعت رشد دانه در ارتباط است (۱۶). انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه ممکن است در حفظ سرعت رشد دانه در بوته‌های برگ‌زدایی شده گندم مشارکت داشته باشد (۶). احسانی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که محدودیت منبع و مخزن در کلزا باعث کاهش وزن هزار دانه گردید (۱۷). وزن دانه یکی از مؤلفه‌های تعیین‌کننده‌ی عملکرد نهایی است و اندازه دانه در واقع قابلیت ذخیره‌سازی دانه را مشخص می‌نماید. چنانچه با حذف ۱۰۰ درصد برگ‌ها میزان مواد فتوسنتزی به‌شدت کاسته شده و ذخیره در بذرها کاهش یافت و در نتیجه وزن بذر کاسته می‌شود (۳۴). همچنین، به نظر می‌رسد با حذف بیش‌تر مخزن و کاهش منبع ذخیره، مواد اندوخته بیشتری به منابع باقی‌مانده می‌روند و بذرها مواد ذخیره‌ای بیشتری را در خود ذخیره می‌کنند که سبب افزایش وزن هزار دانه می‌شود. نتایج به دست آمده نشان داد که کاربرد آمینواسید منجر به کاهش وزن ۱۰۰ دانه گردید. وزن ۱۰۰ دانه با تعداد دانه در بوته در شرایط تنش در رقابت می‌باشند و همچنین، آخرین جزء از عملکرد می‌باشد که شکل می‌گیرد (۲۰)، به نظر می‌رسد که در شرایط استفاده از آمینواسید، بیشتر مواد فتوسنتزی به سمت تولید تعداد دانه بیشتر در غلاف در مقایسه با وزن دانه در بوته سوق داده شد. پژوهشگران گزارش کردند که صفت وزن هزار دانه بیشتر تحت تأثیر

عوامل ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (۳۴).

عملکرد بیولوژیک: نتایج به دست آمده نشان داد که در شرایط کاربرد آمینواسید، زمان حذف برگ، شدت حذف برگ و اثر متقابل زمان در شدت حذف برگ بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بودند (جدول ۴). کاربرد آمینواسید منجر به افزایش ۷/۸۲ درصدی در مقایسه با عدم کاربرد آن گردید (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل زمان در شدت حذف برگ، بیشترین عملکرد بیولوژیک در حذف ۵۰ درصد برگ در مرحله V1 با میانگین ۱۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. کمترین میانگین این صفت در حذف ۱۰۰ درصد برگ در مرحله R1 مشاهده شد (شکل ۶). مشخص شده است که گیاهان زراعی در مرحله زایشی نسبت به مرحله رویشی به قطع برگ حساس‌تر هستند (۴۹). بنابراین، چون محصول اقتصادی گیاه سویا مربوط به مرحله زایشی است، میزان خسارت اقتصادی ناشی از حذف برگ در این مرحله بیشتر می‌باشد. محلول‌پاشی آمینواسیدها با افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف باعث افزایش رشد و عملکرد ذرت گردیده است و از این طریق موجب افزایش عملکرد بیولوژیک شد (۳۹). تحقیقات پژوهشگران نشان داد محلول‌پاشی به‌وسیله آمینواسیدها باعث افزایش پروتئین در نخودفرنگی شده و در نتیجه عملکرد را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (۱). در همین راستا سایر محققان نیز اثر آمینواسیدها بر افزایش عملکرد بیولوژیک را معنی‌دار گزارش کردند که نتایج حاصل از پژوهش حاضر را تائید می‌نماید (۲۲). با توجه به روابط فیزیولوژیک موجود میان مبدأ و مقصد، هر چه تجمع ماده خشک در مرحله قبل از گلدهی بیشتر باشد، انتقال مجدد ماده خشک به دانه افزایش پیدا می‌کند (۴۸). پژوهشگران گزارش کردند که اعمال نسبت‌های تیمار منبع – مخزن به‌صورت مؤثری تعادل در کاربرد و تقاضای مواد فتوسنتزی را تغییر می‌دهد (۳۳). در همین زمینه امام و همکاران (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که بیوماس گیاهی در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار حذف برگ‌ها مشاهده شد (۱۹).



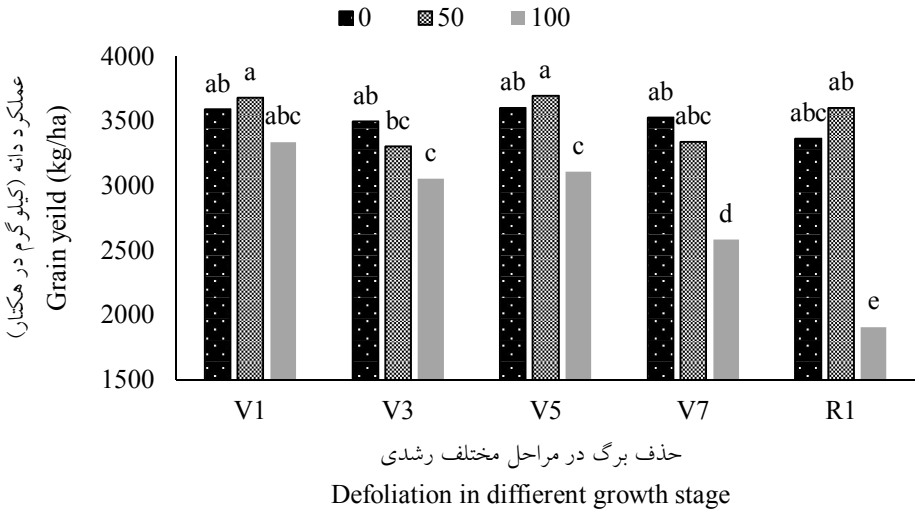
شکل ٦- اثر متقابل بین زمان و شدت حذف برگ بر عملکرد بیولوژیک در گیاه سویا.

Figure 6- The interaction between intensity and time of defoliation on soybean biological yield.

عملکرد دانه: زمان حذف برگ، شدت حذف برگ، و اثر متقابل زمان در شدت برگ بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی آمینواسید نشان داد که کاربرد آن باعث افزایش ۱۲/۲۴ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل زمان در شدت حذف برگ، بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار حذف ۵۰ درصد برگ در مراحل V1 و V5 به‌ترتیب با میانگین ۳۶۸۱/۹ و ۳۶۹۶/۳ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب افزایش ۲/۴۶ و ۲/۸۴ درصدی نشان داد. کمترین میانگین این صفت در حذف ۱۰۰ درصد برگ در مرحله R1 با میانگین ۱۹۱۰ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۷). در گیاهان برگ‌ها اصلی‌ترین محل دریافت تابش خورشیدی و تولید مواد فتوسنتزی هستند. از این‌رو، هر گونه کاهش سطح برگ‌ها یا پایین بودن کارایی آن‌ها عامل اصلی تقلیل توانایی گیاه در جذب و تحلیل دی‌اکسید کربن به‌شمار می‌رود (۷) و باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های ذخیره‌ای و یا رویشی و نقصان عملکرد گیاه می‌شود (۲۶). در همین راستا، در برخی پژوهش‌ها نیز کاهش عملکرد دانه گیاهان زراعی از جمله ذرت و سویا در اثر برگ‌زدایی گزارش شده است (۲۹ و ۳۲). نتایج نشان داد که ابتدای رشد زایشی (R1) و انتهای رشد رویشی (V7) از حساس‌ترین مراحل رشدی سویا در شرایط تنش حذف برگ بودند، بنابراین حذف برگ در این مراحل و با شدت ۱۰۰ درصدی کمترین عملکرد دانه را نشان داد که از دلایل آن می‌توان به افت تعداد دانه در بوته، تعداد کل غلاف و وزن ۱۰۰ دانه اشاره داشت.

ارتباط مستقیم بین عوامل روزنه‌ای، سرعت فتوسنتز و عملکرد وجود دارد، به‌طوری که حذف منابع فتوسنتزی (برگ) سبب افزایش سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای در برگ‌های باقی‌مانده شد (۴۳). اثر حذف برگ‌های بالایی در افزایش سرعت تبادلات گازی برگ‌های باقی‌مانده احتمالاً به اثر جبرانی مربوط است. در این شرایط، گیاه با افزایش سرعت تبادلات برگ‌های باقی‌مانده اثر خسارت وارد شده در اثر حذف برگ را به حداقل می‌رساند. کاهش سطح برگ به منزله افزایش نیاز مخزن به برگ‌های باقی‌مانده و معادل افزایش قدرت مخزن است (۴۳). قدرت مخزن، یکی از عوامل تأثیرگذار بر سرعت فتوسنتز برگ‌ها (منبع جاری گیاه) است. هر چقدر قدرت مخزن بیشتر باشد، ساکارز بیشتری را جذب می‌کند و شیب غلظت ساکارز بین منبع و مخزن افزایش خواهد یافت و در نهایت به علت افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سینتتاز سرعت فتوسنتز منبع (سایر برگ‌های باقی‌مانده) نیز افزایش پیدا می‌کند (۴۰). به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد در شرایط حذف ۵۰ درصدی برگ‌ها به دلیل نفوذ بهتر نور به لایه‌های پایینی سایه‌انداز و در پی آن بهبود کارایی استفاده از تابش در برگ‌های نزدیک غلاف بوده است (۴۶). به نظر می‌رسد که تأخیر در حذف برگ‌ها از شدت تأثیر منفی آن بر عملکرد دانه کاشته شده است، به علاوه انتقال مجدد مواد ذخیره شده به سمت دانه، تأثیر افت مساحت برگ‌های فتوسنتز کننده را جبران کرده است. از نتایج این پژوهش می‌توان استنباط نمود که در شرایط مشابه این آزمایش، چنانچه برگ چینی در زمان مناسب و با شدت مناسبی اجرا شود، می‌تواند از طریق کارایی برگ‌ها در استفاده از تابش ورودی و انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده در ساقه و همچنین افزایش دوره پر شدن دانه‌ها، موجب افزایش عملکرد دانه گردد. در پژوهش حاضر حذف برگ در مراحل رویشی با شدت ۵۰ درصد اثر کاهنده‌ای بر عملکرد دانه نشان نداد. پژوهشگران نتیجه‌گیری نمودند که افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های

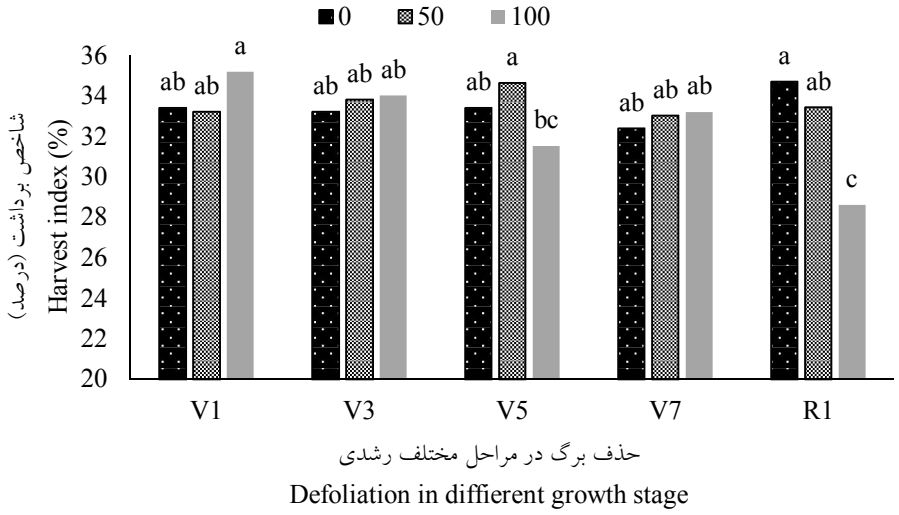
محیطی تحت تأثیر آمینواسیدها احتمالاً یکی دیگر از دلایل افزایش عملکرد می‌باشد (۲۴). از نقش تأثیر آمینواسیدها می‌توان به مواردی همچون تنظیم انتقال یون‌ها، تنظیم باز شدن روزنه‌ها، و کاهش سمیت فلزات سنگین اشاره کرد (۵).



شکل ۷- اثر متقابل بین زمان و شدت حذف برگ بر عملکرد دانه در گیاه سویا.

Figure 7- The interaction between intensity and time of defoliation on soybean grain yield.

شاخص برداشت: نتایج به‌دست آمده نشان داد که اثر کاربرد آمینواسید و اثر متقابل زمان در شدت حذف برگ بر شاخص برداشت معنی‌دار بودند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد آمینواسید منجر به افزایش ۴/۴۱ درصدی شد (جدول ۵). در مقایسه میانگین اثر متقابل زمان در شدت حذف برگ، بیشترین شاخص برداشت در تیمار عدم حذف برگ در مرحله R1 با میانگین ۳۴/۷ درصد بود و کمترین میانگین حذف ۱۰۰ درصد برگ در مرحله R1 با میانگین ۲۸/۶ درصد بود (شکل ۸). امینی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که برگ‌زدایی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشت. کمترین شاخص برداشت از تیمار برگ‌زدایی کامل حاصل شد و با کاهش برگ‌زدایی، شاخص برداشت بین ۲۴ تا ۳۴ درصد افزایش یافت (۴) که همسو با نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌باشد. به نظر می‌رسد افزایش سرعت فتوسنتز در برگ‌های باقی‌مانده و احتمالاً افزایش انتقال مجدد از ساقه تا حدودی نسبت ماده خشک مخازن به کل ماده خشک گیاه را افزایش داده است. کاهش سطح برگ باعث کاهش مواد فتوسنتزی در دسترسی و جذب سریع‌تر ساکارز از برگ‌های باقی‌مانده توسط مخزن و افزایش شیب غلظت ساکارز بین منبع و مخزن می‌گردد. این امر باعث کاهش پس-خوری منفی ساکارز بر آنزیم‌های کلیدی ساکارز فسفات سنتتاز شده و سرعت فتوسنتز برگ‌های باقی‌مانده افزایش می‌یابد (۴۴).



شکل ۸- اثر متقابل بین زمان و شدت حذف برگ بر شاخص برداشت در گیاه سویا.

Figure 8- The interaction between intensity and time of defoliation on soybean harvest index.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به دست آمده نشان داد که شدت و مرحله حذف برگ اثر معنی‌داری بر صفات کیفی (محتوای روغن و پروتئین دانه) و صفات کمی (عملکرد و اجزای عملکرد) داشت. حذف برگ در مراحل ابتدایی رشد (رشد رویشی) تأثیر منفی بر عملکرد و اجزای عملکرد نداشت، ولی برگ‌زدایی در مراحل انتهایی رشد به‌خصوص در مرحله رشد زایشی، باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گردید. از طرف دیگر، شدت حذف برگ ۱۰۰ درصد در بسیاری از موارد مورد بررسی کمترین میانگین صفات را به خود اختصاص داد، ولی در برخی صفات شدت حذف ۵۰ درصد موجب تحریک و افزایش فتوسنتز برگ و بهبود صفات کمی و کیفی شد. کاربرد آمینواسید موجب افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد پروتئین و عملکرد روغن در مقایسه با تیمار عدم کاربرد شد. به‌طور کلی، کاربرد آمینواسید باعث افزایش میانگین در اکثر صفات اندازه‌گیری شده گردید، از طرف دیگر حذف ۱۰۰ درصدی برگ (به‌خصوص در مراحل انتهایی رشد رویشی و ابتدای زایشی) منجر به کاهش کیفیت و کمیت سویا گردید. بنابراین، در شرایط حذف ۵۰ درصدی برگ، کاربرد آمینواسید می‌توان یکی از راهکارهای تعدیل اثرات منفی ناشی از این تنش و افت شدید عملکرد کمی و کیفی گردد.

منابع

1. Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Bassioouny, A.M., Ghoname, A., and Abou-Hossein, S.D. 2011. Foliar application of amino acid and micro nureiants enhances the performance of green bean group under newly reclaimed land conditions. Aust J Basic Appl Sci. 5: 6. 51-55.
2. Abdi, S., Moghaddam, A., and Ghadimzadeh, M. 2007. Effect of defoliation intensity in the different reproductive stage of two sunflowers (*Helianthus annus* L.) cultivars on grain and oil yield. J Sci Technol Agric Nat Res. 11: 40. 245-255. (In Persian)
3. Afarinesh, A. 2005. Study of defoliation of intensity and time on grain corn yield in Khuzestan conditions. IR J Crop Sci. 7: 4. 337-345. (In Persian)

4. Amini, Z., Parsa, M., Nasiri Mahalati, M., and Banaiyan Aval, M. 2017. Effect of leaf removal on yield and yield components of chickpea under different levels of nitrogen and irrigation regimes. IR Cereals Res. 8: 1. 9-21. (In Persian)
5. Anjum, N.A., Gill, S.S., and Gill, R. 2014. Plant Adaptation to Environmental Change: Significance of Amino Acids and their Derivatives. Published by CABI, Oxfordshire, UK. 177p
6. Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., and Mariotti, M. 2006. Grain yield and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. Eur J Agron. 25: 4. 309-318.
7. Ashley, R.O., Eriksmoen, E.D., Whitney, M.B., and Rettinger, B. 2002. Sunflower date of planting study in Western North Dakota. Annual Report, Dickinson Research Extension. 48p.
8. Aslam, M., Travis, R.L., and Rains, D.W. 2001. Differential effect of amino acids on nitrate uptake and reduction systems in barley roots. Plant Sci. 160: 2. 219-228.
9. Board, J.E. 2004. Soybean cultivar differences light interception and leaf area index during seed filling. Agron J. 96: 1. 305-310.
10. Burton, J.W., Israel, D.W., Wilson, R.F., and Carter, T.E. 1995. Effects of defoliation on seed protein concentration in normal and high protein lines of soybean. Plant and Soil. 172: 1. 131-139.
11. Burton, J.W. 1989. Breeding soybeans for increased seed protein percentage. In World Soybean Research Conference IV: Proceedings. VolII. Ed. A J Pascal. Pp: 1079-1085. Orientaci 6n Grafica Editora S R L, Buenos Aires, Argentina
12. Carcova, J., Andrieu, B., and Otegui, M.E. 2003. Silk elongation in maize: relationship with flower development and pollination. Crop Sci. 43: 3. 914-920.
13. Cerdana, M., Sanchez, A., Oliver, M., Jurez, M., and Sanchez-Andreu, J.J. 2009. Effect of foliar and root applications of amino acids on iron uptake by tomato plants. Acta Hortic. 830: 68. 481-488.
14. Demirtas, C., Yazgan, S., Candogan, B.N., Sincik, M., Buyukcangaz, H., and Gksoy, A.T. 2010. Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L.) to drought stress in the sub-humid environment. Afr J Biotechnol. 9: 41. 6873-6881.
15. Divsalar, M., Tahmasebi Sarvestani, Z., Modares Sanavi, S.A.M., and Hamidi, A. 2015. Effect of drought stress on protein, oil, and soybean fatty acid composition. Plant Ecophysiol. 27: 1. 44-55. (In Persian)
16. Echarte, L., Andrade, F.H., Sadras, V.O., and Abbate, P. 2006. Kernel weight and its response to the source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. Field Crops Res. 96: 2. 307-312.
17. Ehsani, A., Dadnia, M.R., and Bohrani, A. 2012. Effect of planting date and source and reservoir constraints on grain yield and yield components of rapeseed in Ramhormoz. Pp: 2750-2761. Nonprofit Defense Conference in Agriculture. Qeshm Island (In Persian).
18. El-Naggar, A., El-Araby, N.A., and Høgh-Jensen, H. 2009. Simultaneous uptake of multiple amino acids by wheat. J Plant Nutr. 32: 5. 725-740.
19. Emam, Y., Maghsoudi, K., and Bahrani, H. 2012. Effect of defoliation on assimilates partitioning in maize (*Zea mays* L.) hybrid SC704. J Agric Sci Tech. 10: 1. 13-21.
20. Erbas, S., and Baydar, H. 2007. Defoliation effects on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed yield and oil quality. Turk J Biol. 31: 2. 115-118.
21. Fanaei, H., Kakha, G., Davatlab, N., and Sarananie, F. 2014. Evaluation of seed yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) genotypes in response to delay planting. Agron J. (Pajohesh and Sazandegi). 28: 108. 65-73. (In Persian)
22. Faten, S.A., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A., and Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield, and characteristics of Squash. Res J agric biol sci. 6: 3. 583-588.

23. Gawronaka, H. 2008. Biostimulators in modern agriculture (general aspects). Arysta Life Science. Published by the editorial House Wies Jutra, Limited. Warsaw. 7: 25. 89 Pp
24. Hasani, A., Amiri, M.R. 2015. Effect of amino acids solubility on nitrogen fertilizer yield, barley grain yield, and quality. Agric J. 29: 3. 76-86. (In Persian)
25. Hassanpanah, D., Gurbanov, E., Gadimov, A., and Shahriari, R. 2008. Shortening transplantation periods of potato plantlets by use of potassium humate and kadostim and their effects on mini-tuber productions. Pakistan J Biol Sci. 11: 10. 1370-1374.
26. Jadidi, T., Hejam, S., Kamali, Q., Fotohi, K., and Abdolahiyan Noghabi, M. 2009. The effect of leaf strain removal in different stages of growth on root yield and sugar beet quality. IR J Agric Sci. 12: 3. 252-264. (In Persian)
27. Jamshidi, E., Agha Alikhani, M., and Ghalavand. A. 2009. Effect of defoliation intensity at different reproductive stages on seed and oil yields in sunflower (*Helianthus annus* L.). IR J Crop Sci. 10: 4. 349-361.
28. Khan, N.A., Khan, M., and Ansari, H.R. 2002. Auxin and defoliation effects on photosynthesis and ethylene evolution in mustard. Sci Hort. 96: 1-4. 43-51.
29. Lauer, G.J., Roth, G.W., and Bertram, M.G. 2004. Impact of defoliation on corn forage yield. Agron J. 96: 5.1459-1463.
30. Liu, C.W., Sung, Y., Chen, B., and Lai, H. 2014. Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). Int J Environ Res Public Health. 11: 4. 4427-4440.
31. Liu, X.Q., Ko, K.Y., Kim, S.H., and Lee, K.S. 2008. Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. Commun Soil Sci Plant Anal. 39: 1. 269-281.
32. Mangen, T.F., Thomison, P.R., and Strachan, S.D. 2005. Early season defoliation effects on to pcross high oil corn production. Agron J. 97: 3. 823-831.
33. Mehraein, S., Maghsodi, K., and Emam, Y. 2012. Effect of removal of high and low leaves on grain yield and yield components of hybrid 704. IR J. Crop Sci. 15: 2. 152-165. (In Persian)
34. Memari, M., Faraji, A., Arabi, Z., and Mosnei, H. 2015. Effect of source constraints on physiological traits, yield and yield components of rapeseed under wet weather conditions. J Crop Physiol. 30: 8. 53-67. (In Persian)
35. Mirzaei, M., Dashti, SH., Absalan, M., Siadat, A., and Fathi, Gh. 2010. Study the effect of planting dates on the yield, yield components and oil content of canola cultivars (*Brassica napus* L.) in Dehloran rejoin. Elect J Crop Prod. 3: 2. 159-176 (in Persian).
36. Mobini, M., Khoshgoftarmanesh, A.H., and Ghasemi, S. 2014. The effect of partial replacement of nitrate with arginine, histidine, and a mixture of amino acids extracted from blood powder on yield and nitrate accumulation in onion bulb. Sci Hort. 176: 16. 232-237
37. Mohammadiyan, R. 2015. Effect of planting time and leaf removal severity on sugar beet root yield and quality. IR J Agric Sci. 18: 2. 88-103. (In Persian)
38. Muro, J., Irigoyen, I., Militino, A.F., and Lamsfus, C. 2001. Defoliation effects on sunflower yield reduction. Agron J. 93: 3. 634-637.
39. Poryusef Miyandoab, M., and Sharavan, N. 2014. The effect of soluble amino acids at different times on yield and yield components of corn. J Crop Physiol. 23: 6. 21-32. (In Persian)
40. Praba, M.L., Cairns, J.E., Babu, R.C., and Lafitte, H.R. 2009. Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. J Agron Crop Sci. 195: 1. 30-46.
41. Rostami Ajirlo, A.A., and Amiri, A. 2017. Soybean reaction to different levels of potassium nano-fertilizer under limit irrigated conditions in Moghan plain. Agric Crop., 20: 2. 503-516. (In Persian)
42. Sadeghi, F., Kazemaini, S.A., and Emam, Y. 2014. Effect of origin and destination manipulation on photosynthetic rate and sunflower seed yield. Oil Prod. 2: 1. 85-97. (In Persian)
43. Saeidi, M., and Ajand, M. 2014. The effect of photosynthetic and

photosynthetic sources and post-pollination stress on grain yield and gas exchange of different barley varieties. Agric Crop. 16: 4. 839-856. (In Persian)
44. Seiosemarde, A., Ranjbar, H., Sohrabi, Y., Bahramnejad, B. 2011. Effect of drought stress and source and reservoir restrictions on gas exchanges and sunflower performance. J IR Crop Sci. 42: 3. 585-596. (In Persian)
45. Seyyed Sharifi, R. 2014. The Effect of zinc application and biological fertilizers on seed, performance, and some soybean growth characteristics. Crops Improv. 17: 1. 109-130. (In Persian)
46. Thomas, H., and Sadras, V.O. 2001. The capture and gratuitous disposal of the resource by plants. Funct Ecol. 15: 1. 3-12.
47. Thomas, J., Mandal, A., Raj Kumar, R., and Chordia, A. 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of tea (*Camellia* sp.). Int J Agric Res. 4: 7. 228 -236.
48. Tosi, P., Tajbksh, M., and Esfehani, M. 2014. The effect of spraying products containing asyamine and organic fertilizers on the amount of protein and photosynthesis of soy at different times. Res Crop Ecosyst. 1: 3. 1-12. (In Persian)
49. Tsialtas, J.T., Soulioti, E., Mslaris, N., and Papakosta, D.K. 2011. Effect of defoliation on leaf physiology of sugar beet cultivars subjected to water stress and re-watering. Int J Plant Prod. 5: 3. 207-220.
50. Wu, X., Zhu, W., Zhang, H., Ding, H., and Zhang, H.J. 2011. Exogenous nitric oxide protects against salt-induced oxidative stress in the leaves from two genotypes of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Acta Physiol Plant. 33: 4. 1199-1209.