

اثر کود نیتروژن و تراکم کاشت بر خواص فیزیکی و انرژی برشی ساقه سویا

احسان قجر جزی^۱، محسن آزادبخت^{۲*} و علی کیاپی^۳

چکیده

برای بررسی اثر کود نیتروژن و تراکم بوته بر برخی خواص فیزیکی و انرژی برشی ساقه سویا رقم گرگان ۳، آزمایشی در سال ۹۳-۹۲ دانشکده کشاورزی دانشگاه گرگان اجرا شد. این پژوهش دارای دو فاکتور اصلی بود، فاکتور اول مقدار کود نیتروژن بود که در سه سطح (۱۰۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به خاک اضافه شد و فاکتور دوم تراکم کاشت بود که در سه سطح (۱۰۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰ بوته بر هکتار) انجام شد. پارامترهای ارتفاع بوته، قطر ساقه و انرژی برشی اندازه‌گیری شد. تست برش، با سیستم پاندول انجام و رابطه بین انرژی برشی و قطر ساقه بررسی شد. آزمایش‌ها در قالب آزمایش فاکتوریل در طرح بلوک کاملاً تصادفی انجام شد. بر اساس نتایج این پژوهش بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع ساقه ۷۱/۲۳ سانتی‌متر و ۵۰/۷۳ سانتی‌متر به ترتیب در تراکم ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار و ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار و در کود نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. با افزایش کود نیتروژن مصرفی قطر ساقه از ۸/۱۵ به ۹/۶ میلی‌متر افزایش و با افزایش تراکم کشت، قطر ساقه از ۱۱/۰۲ به ۶/۶۱ میلی‌متر کاهش یافت. همچنین با افزایش مقدار کود نیتروژن، انرژی برشی از ۲/۴۹ به ۲/۸۸ ژول افزایش یافت. با افزایش تراکم کشت انرژی برشی از ۳/۳۱ به ۲/۰۲۲ ژول کاهش یافت. انرژی برشی با ضریب ۰/۲۸ با قطر ساقه رابطه مستقیم دارد.

واژه‌های کلیدی: انرژی برشی ساقه سویا، خواص فیزیکی ساقه، سویا، گرگان ۳.

ارجاع: قجر جزی ا.، آزادبخت م و کیاپی ع. ۱۳۹۵. اثر کود نیتروژن و تراکم کاشت بر خواص فیزیکی و انرژی برشی ساقه سویا. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۵ (۱): ۱۹-۲۶.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه تهران.

* نویسنده مسئول: azadbakht@gu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۰۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷

مقدمه

سویا (Soybean) با نام علمی گلیسین ماکس (Glycine max (L.) Merrill گیاهی است دیپلوئید و یک ساله از تیره نخود (Leguminosae) که به صورت بوته‌ای استوار و به نسبت پر شاخ و برگ رشد می‌کند. در دهه دوم قرن اخیر شیمی سویا به ایران آورده شد. سطح زیر کشت سویا در ایران در سال ۱۳۷۸، حدود ۹۰۰۰ هکتار بوده است. استان‌های مازندران، گلستان و گیلان مهم‌ترین تولید کنندگان سویا در ایران هستند. دانه سویا دارای ۱۸ تا ۲۵ درصد روغن و ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین است. درصد این دو تحت تأثیر شرایط محیطی رشد، عملکرد و میزان تثبیت نیتروژن هوا یا مقدار نیتروژن خاک قرار دارد (خواجه‌پور، ۱۳۸۶).

بازدهی انرژی نورانی در فتوسنتز به توزیع نور در داخل جامعه گیاهی بستگی دارد. افزایش تعداد گیاه در واحد سطح به دلیل سایه‌اندازی بیشتر سبب کاهش نور قابل استفاده برای هر گیاه خواهد شد و از این رو باعث کاهش عملکرد بوته می‌شود (خادم حمزه و همکاران، ۱۳۸۳). از آنجایی که کودهای شیمیایی نیتروژن نقش مهمی را در تولیدات گیاهی دارند، بررسی میزان کاربرد آن برای هر محصول گیاهی مهم است (سروش و همکاران، ۱۳۹۳). از این جهت که تراکم کشت و مقدار مصرف کود نیتروژن اثر مهمی بر عملکرد گیاه دارد، پژوهشگران بسیاری این اثرات را بررسی کردند که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره خواهد شد.

مؤمنی‌فیلی و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی اثر کود زیستی و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در خرم‌آباد، اثر چهار سطح کود زیستی (شاهد، ۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و چهار سطح تراکم بوته (۱۲/۵، ۱۶/۶، ۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع) را بر عملکرد سویا در کشت دوم (تابستانه) بررسی و مشاهده کردند که با افزایش تراکم بوته عملکرد دانه کاهش یافت، به طوری که تراکم ۵۰ بوته در مترمربع، بیشترین عملکرد دانه ۲۳۰۲ (کیلوگرم در هکتار) و ۱۲ بوته در مترمربع، کمترین عملکرد دانه ۱۶۲۸ (کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد.

آنجنفی و فرنی (۱۳۸۶) در بررسی تأثیر تراکم بوته بر خصوصیات مرفولوژیکی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در استان مرکزی، اثر چهار سطح تراکم (۱۶، ۲۲، ۲۸ و ۳۴ بوته در مترمربع) و دو سطح رقم (ویلیامز و لاین

جدید) را بررسی و مشاهده کردند که اثر تراکم بر تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. باتری (۱۹۶۹) اثر تراکم گیاه در ۴ سطح (۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ بوته بر مترمربع) و کود دهی را بر رشد و عملکرد سویا بررسی و مشاهده کرد که تراکم بالا نسبت تشکیل گل به غلاف بالغ را کاهش داد در حالیکه کاربرد کود سبب افزایش آن شد. دانشمند و همکاران (۱۳۹۱) اثر سه سطح تراکم بوته (۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع) و چهار سطح نیتروژن (صفر، ۳۴/۵، ۶۹ و ۱۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار) را بر عملکرد کمی و کیفی کلزا رقم هایولا ۴۰۱ بررسی و مشاهده کردند که افزایش تراکم بوته سبب کاهش تعداد ساقه فرعی، قطر ساقه و درصد پرتئین دانه شد. همچنین افزایش سطح کود سبب افزایش همه صفات عملکردی جز درصد روغن شد.

تراکم کشت و مقدار کود نیتروژن با توجه به تأثیری که بر خواص فیزیکی ساقه دارند، بر پارامترهای خواص برشی ساق نیز مؤثرند. پارامترهای مقاومت برشی و انرژی برشی در واحد سطح ساقه گیاهان، در طراحی و توسعه مکانیزم‌های برش کاربرد دارد. خواص فیزیکی ساقه تأثیر زیادی روی نیروی برشی ساقه دارد، به طوری که افزایش رطوبت ساقه سبب کاهش نیروی برشی و افزایش سطح مقطع عرضی و جرم واحد طول موجب افزایش نیروی برشی ساقه می‌شود (طباطبایی و همکاران، ۱۳۸۳). علیزاده و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند هنگامی که ضخامت ساقه زیاد شود، انرژی برشی نیز زیاد خواهد شد. همچنین اسحاق بیگی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که گیاهان بلندتر، قطر ساقه کمتر دارند و به این ترتیب انرژی برشی کاهش خواهد یافت. نیروی برشی ساقه همچنین تحت تأثیر عواملی چون رقم، سرعت و نوع تیغه قرار می‌گیرد. افزایش سرعت برش از ۲۰ به ۲۰۰ میلی‌متر بر دقیقه، انرژی مصرفی برای برش به ازاء واحد سطح ساقه زعفران را کاهش می‌دهد، در حالیکه با افزایش بیشتر سرعت، انرژی مصرفی کاهش نمی‌یابد (واله قوژدی و همکاران، ۱۳۸۹). خزائی و همکاران (۱۳۸۱) اثر زاویه تیزی، زاویه مایل، سرعت برش و نوع تیغه (لبه صاف و لبه مضرس) را بر انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه گل پیرتروم بررسی کردند. زاویه مایل نیز تأثیر معنی‌داری بر مقاومت برشی و انرژی مصرفی در واحد سطح ساقه

این پژوهش دارای دو فاکتور اصلی بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول مقدار کود نیتروژن بود که در سه سطح (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به خاک اضافه شد و فاکتور دوم تراکم کاشت بود که در سه سطح (۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ بوته بر هکتار) انجام شد. هر پلات شامل ۸ ردیف کشت با طول ۲۰ متر و عرض ۵۰ سانتی متر بود. عملیات خاکورزی زمین در عمق ۲۰-۲۵ سانتی‌متر انجام شد. ابتدا بذور از نظر قوه نامیه در آزمایشگاه بررسی شدند. بذرها در عمق ۱-۲ سانتی‌متری خاک کشت شدند. مقدار مصرف بذر برای اطمینان از رسیدن به تراکم‌های هدف در زمان کاشت، حداقل سه برابر در نظر گرفته شد و پس از سبز شدن در مرحله‌ای که ارتفاع بوته‌ها به ۵ سانتی‌متر رسید، اقدام به تنک بوته‌های اضافی شد. تمام عملیات زراعی مانند آبیاری، وجین، مبارزه با آفات برای همه تیمارها یکسان انجام شد. کاشت در تاریخ ۱۵ خرداد ماه و به صورت دستی انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر از قبیل ارتفاع ساقه، قطر ساقه و انرژی برشی تعداد ده بوته به طور تصادفی در هر کرت از ردیف وسط انتخاب و اندازه‌گیری‌ها در یک روز انجام شد. مقدار رطوبت ساقه در زمان نمونه‌برداری ۱۴/۴ درصد بر پایه تر بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS و آزمون LSD در قالب آزمایش فاکتوریل در طرح بلوک کاملاً تصادفی انجام شد.

پیرتروم دارند. چنسلور (۱۹۶۵) تأثیر تعداد ساقه‌ها و نوع تیغه را روی نیروی برش ساقه‌های برنج بررسی کرد. ساقه رقم‌های مختلف سویا دارای خواص برشی مختلفی است، و رقم گرگان ۳ دارای سطح زیر کشت بالایی است. از طرفی تاکنون این خواص برای سویا رقم گرگان ۳ اندازه‌گیری نشده است. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر مقدار کود نیتروژن و تراکم (فاصله بین بذرها بر روی ردیف) بر خواص فیزیکی ساقه سویا و انرژی لازم برای برش در واحد سطح ساقه سویا بوده است. برای طراحی ماشین‌های برداشت مناسب برای هر محصول، دانستن انرژی مصرفی ضرورت دارد و با تفاوت خواص فیزیکی محصول از جمله قطر که در شرایط مختلف کاشت تغییر کند، نیرو و انرژی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد. برای رسیدن به میزان تأثیر این عوامل بر انرژی مصرفی، رابطه ریاضی بین انرژی برش و قطر ساقه سویا در این پژوهش بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه شماره ۱ دانشگاه کشاورزی گرگان در ۵ کیلومتری غرب گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی اجرا شد. بافت خاک در آزمایشگاه تجزیه شد و نتایج آنالیز فیزیکی و شیمیایی آن مطابق جدول ۱ بود.

جدول ۱- نتایج آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاک

CEC (Cmol/Kg)	EC (ds/m)	OM (%)	pH	بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)
۲۰/۶۰	۰/۸۸	۱/۸	۸/۲	سیلتی-لومی رسی	۱۸	۴۶	۳۶



شکل ۱- دستگاه آزمایش ضربه برش برای مدل‌سازی شانه برش

کمباین

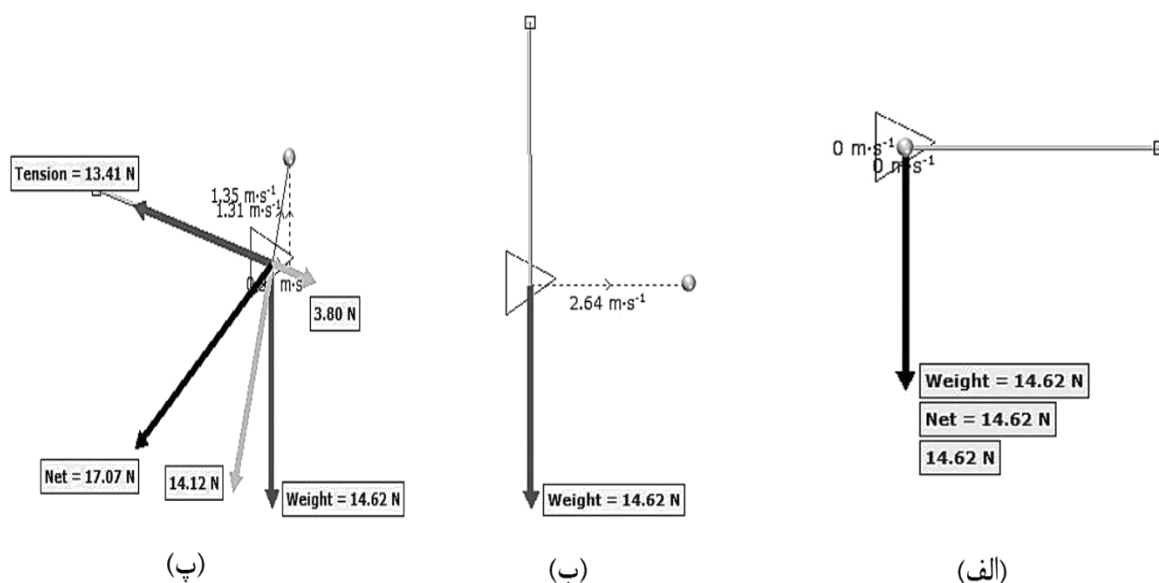
ساخت دستگاه

برای تست برش، یک سیستم پاندول طراحی شد و بر پایه (آزادبخت و همکاران، ۲۰۱۵) ساخته شد (شکل ۱).

اندازه‌گیری سرعت تیغه

تیغه هنگامی که با زاویه ۹۰ درجه رها می‌شود دارای سرعت اولیه صفر است ولی زمانی که به ساقه می‌رسد در لحظه برش بر اساس قوانین فیزیک دارای بیشترین سرعت است. تیغه با استفاده از نرم‌افزار (Crocodile Physics-

V605) مدل‌سازی شد و سرعت در هر لحظه به دست آمد. در شکل ۲ قسمت الف، ب و پ به ترتیب رها کردن (آزاد کردن) تیغه، حالت اعمال نیرو و نمودار آزاد نیرو و سرعت تیغه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- الف: حالت آزاد کردن، ب: حالت اعمال نیرو، پ: مدل‌سازی نیروی برش و نمودار آزاد نیرو و سرعت تیغه

ابزار اندازه‌گیری دقیق

یک دستگاه آزمایشگاهی با یک تیغه تجاری کمباین متصل به بازوی نوسانی و انگشتی تجاری متصل به قاب آن، با هدف مدل‌سازی شانه برش در انواع کمباین‌های برداشت غلات و علوفه، طراحی و ساخته شده است. این دستگاه متشکل از: قاب یا شاسی، بازوی با توانایی نوسان، تیغه برش کمباین، وزنه‌ها، نگهدارنده‌های ساقه (انگشتی)، شاخص اندازه‌گیر است (آزادبخت و همکاران، ۲۰۱۵).

مدل‌سازی شانه برش

برای مدل‌سازی شانه برش کمباین، در قسمت برش دستگاه یک تیغه برش کمباین و یک انگشتی طوری قرار داده شده است که تیغه متصل به بازو می‌تواند نوسان کرده و از شکاف بین انگشتی عبور کند (شکل ۳). برداشت سویا با کمباین انجام می‌شود، به این دلیل از تیغه برش کمباین استفاده شد تا شرایط آزمایش به شرایط مزرعه نزدیک‌تر باشد و نتایج قابل تعمیم به برداشت به وسیله کمباین باشد.



شکل ۳- دستگاه آزمایش ضربه برش

اصول عملیات

دستگاه بر پایه اصول حفظ انرژی که از سوی دیگر پژوهشگران به کار گرفته شد، کار می‌کند (آزادبخت و همکاران، ۲۰۱۵ و یلچپ و محمد، ۲۰۰۵).

$$E = \Delta_{1-2} = \Delta_{v_g} = Mg[h_1 - h_3] = \quad (2)$$

$$Mg[h_1 - (h_1 - h_2)] = Mgh_2$$

$$h_2 = R \cos \alpha_2 \quad (3)$$

که در آن E برابر است با انرژی لازم برای برش ساقه (J)، h_1 ارتفاع تیغه قبل از برش است، h_3 ارتفاع تیغه بعد از برش است، h_2 برابر است با اختلاف بین h_1 و h_3 ، α_1 برابر است با بیشترین زاویه جابه‌جایی قبل از برش، α_2 برابر است با بیشترین زاویه جابه‌جایی پس از برش.

در طول آزمایش، تلاش بر این بوده است که دستگاه مدل درستی از دستگاه برش متداول باشد. بدین منظور دستگاه طوری طراحی شده است که بتواند در مزرعه ساقه را بین انگشتی خود گرفته و تیغه با عبور از میان دوانگشتی ساقه را برش بزند. سپس بازوی نوسانی از زاویه اولیه α_1 رها شده و مسیر خود را می‌پیماید تا به بیشترین سرعت در لحظه عبور از میان انگشتی برسد و در نتیجه بعد از برش ساقه تا زاویه α_2 در سمت دیگر بالا می‌آید.

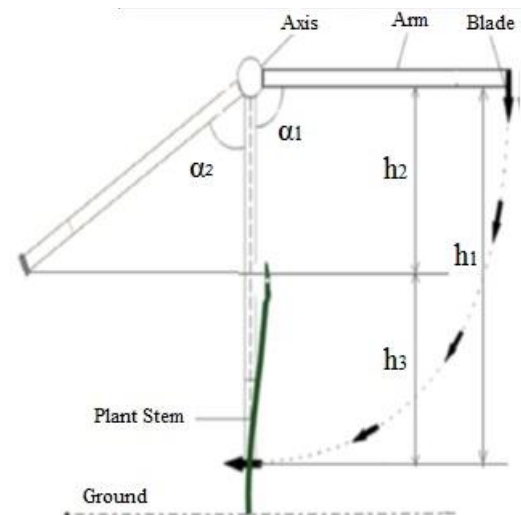
نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس اثر تغییرات مقدار کود نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) و تراکم کاشت (بوته در هکتار) بر ارتفاع ساقه، قطر ساقه و انرژی مصرفی برش ساقه در جدول ۲ آمده است.

بر اساس شکل ۴، و اصل کار و انرژی، مقدار کار بین نقطه ۱ و ۲ برابرست با مجموع تغییر انرژی پتانسیل و جنبشی (آزادبخت و همکاران، ۲۰۱۵).

$$\Delta_{1-2} = \Delta(T + V_g) \quad (1)$$

که در آن Δ_{1-2} مقدار کار بین نقطه ۱ و ۲، T انرژی جنبشی و V_g انرژی پتانسیل است.



شکل ۴- زاویه ضربه و پس از ضربه

پس از ضربه، با توجه با اصطکاک تیغه در موقعیت ۲، انرژی جنبشی در نقطه ۱ و ۲ صفر است، بنابراین مقدار کار پس از ضربه برابر است با:

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس اثر کود نیتروژن و تراکم بر عملکرد سویا

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	قطر ساقه	انرژی برش
نیتروژن	۲	۳۴/۱۳**	۴/۷۸**	۰/۳۴**
تراکم	۲	۵۸۰/۶۸**	۴۳/۷۸**	۳/۷۷**
تراکم × نیتروژن	۴	۲/۵*	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۰۴۵ ^{ns}
خطا	۱۸	۰/۷۴	۰/۳۳	۰/۰۲۵

** و * به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد (LSD) و ns عدم اختلاف معنی‌دار

ارتفاع ساقه

و کمترین مقدار ارتفاع ساقه برابر است با ۷۱/۲۳ سانتی‌متر و ۵۰/۷۳ سانتی‌متر که به ترتیب در تراکم ۲۰۰۰۰ بوته در هکتار و ۱۰۰۰۰ بوته در هکتار و در کود نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است.

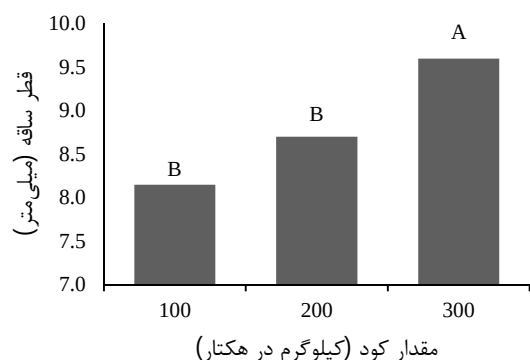
بر اساس جدول ۲ مقدار کود نیتروژن و تراکم بوته در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تراکم و مقدار کود در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع ساقه مؤثر بوده است. بنابراین اقدام به مقایسه میانگین با آزمون LSD شد و نتایج در جدول ۳ آمده است. بر اساس جدول ۳، بیشترین

جدول ۳- اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم کاشت بر ارتفاع ساقه سویا

تراکم کاشت (بوته در هکتار)	کود نیتروژن مصرفی (kg/ha)		
	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰
۱۰۰۰۰۰	۵۳/۵ ^{aC}	۵۲/۷۳ ^{aC}	۵۰/۷۳ ^{bC}
۱۵۰۰۰۰	۶۰/۴ ^{aB}	۵۷/۷۳ ^{abB}	۵۷/۱۶ ^{bB}
۲۰۰۰۰۰	۷۱/۲۳ ^{aA}	۶۷/۹ ^{bA}	۶۵/۶ ^{bA}

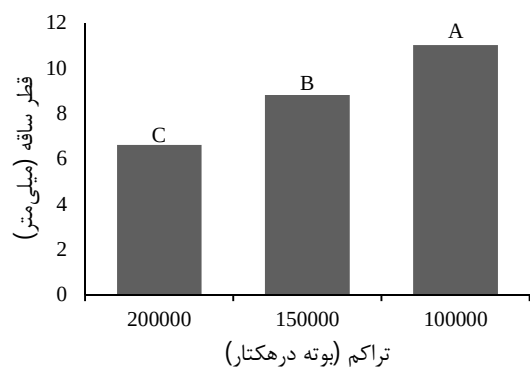
حروف کوچک مشابه در هر سطر و حروف بزرگ مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار

گرفتند، اما قطر ساقه در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از دو سطح دیگر به شکل معنی داری بیشتر بود. این نتایج با بابایی اقدام و همکاران (۱۳۸۸) و دانشمند و همکاران (۱۳۹۱) مشابه بود.



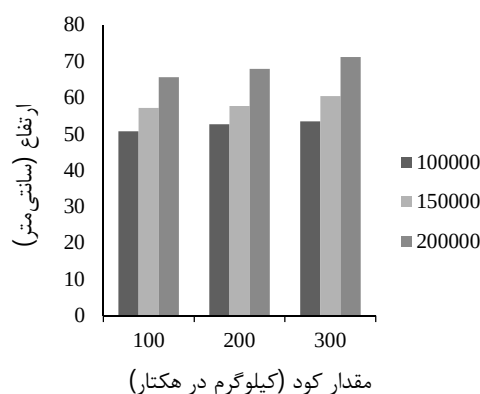
شکل ۶- اثر کود نیتروژن مصرفی بر قطر ساقه

طبق شکل ۷ با افزایش تراکم کاشت، قطر ساقه کاهش یافت. با افزایش تراکم بوته، رقابت گیاه برای جذب نور، مواد غذایی، آب و عناصر مواد غذایی بیشتر شده و در اثر کمبود مواد غذایی و نور، ارتفاع بوته افزایش یافته و در نتیجه قطر ساقه کاهش می‌یابد. این نتایج نیز با بابایی اقدام و همکاران (۱۳۸۸) و دانشمند و همکاران (۱۳۹۱) مشابه بود.



شکل ۷- اثر تراکم کاشت بر قطر ساقه

بر اساس شکل ۵ با افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی ارتفاع ساقه افزایش یافت. همچنین با افزایش تراکم کاشت، ارتفاع ساقه افزایش پیدا کرد. با افزایش تراکم بوته و ایجاد رقابت بین بوته‌ها، رشد مریستم انتهایی تحریک شده و به دلیل جذب و انتقال مواد فتوسنتزی به مریستم انتهایی، به ارتفاع گیاه افزوده می‌شود. همچنین به نظر می‌رسد، که افزایش تعداد بوته و افزایش رقابت بین بوته‌ها برای دریافت نور خورشید از دلایل اصلی افزایش ارتفاع ساقه در مقدار تراکم‌های بالا است (دانشمند و همکاران، ۱۳۹۱). نتایج مشاهده شده با نتایج خادم حمزه و همکاران (۱۳۸۳) و دانشمند و همکاران (۱۳۹۱) مشابه بود.



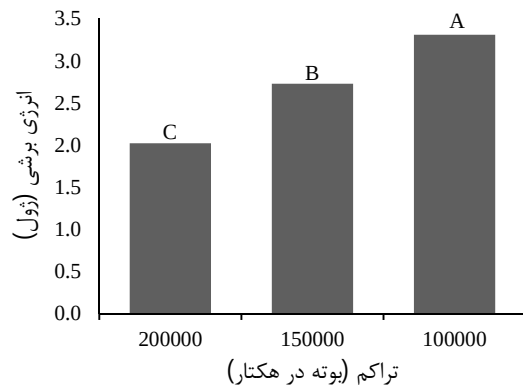
شکل ۵- اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم کاشت بر ارتفاع بوته سویا

قطر ساقه

بر اساس جدول ۲ مقدار نیتروژن مصرفی و تراکم کاشت در سطح احتمال ۱ درصد بر قطر ساقه تأثیر داشتند. اثر متقابل مصرف نیتروژن و تراکم کاشت بر قطر ساقه اثر معنی داری نداشت. بر اساس شکل ۶، با افزایش کود نیتروژن مصرفی قطر ساقه افزایش یافت. بر اساس شکل مقدار نیتروژن دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری تفاوت چندانی نداشتند و در یک سطح قرار

انرژی برشی مصرفی هر ساقه

بر اساس جدول ۲، تغییرات مقدار نیتروژن مصرفی و تراکم کشت در سطح احتمال ۱ درصد بر انرژی مصرفی برش هر ساقه اثر داشت. اما اثر متقابل مقدار نیتروژن و تراکم بر انرژی اثر معنی‌داری نداشت. بر اساس شکل ۸، با افزایش کود مصرفی مقدار انرژی مصرفی برش هر ساقه افزایش پیدا کرد. انرژی برشی با قطر ساقه رابطه مستقیم دارد، از آنجایی که با افزایش مقدار کود نیتروژن قطر ساقه افزایش پیدا کرد، از این‌رو انرژی برشی نیز افزایش پیدا خواهد کرد (آزادبخت و همکاران، ۲۰۱۵). بیشترین مقدار انرژی جنبشی در مقدار کود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار برابر ۲/۸۸ ژول و در کمترین مقدار آن در تیمار کود ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برابر ۲/۴۹ ژول بود. مقدار انرژی مصرفی برش ساقه برای تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برابر ۲/۶۹ ژول بود که بین دو تیمار دیگر قرار داشت.



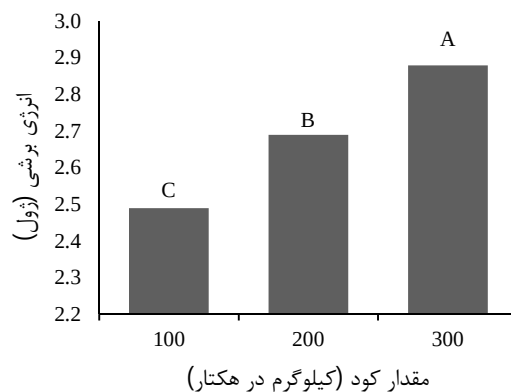
شکل ۹- اثر تراکم کاشت بر انرژی برشی

رابطه بین انرژی برشی و قطر ساقه

بر اساس جدول ۴ بین انرژی برشی هر ساقه و قطر ساقه رابطه معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد که از طریق آنالیز رگرسیون معادله (۴) به دست آمد. بر اساس معادله (۴) انرژی برشی با ضریب ۰/۲۸ با قطر ساقه رابطه مستقیم دارد.

$$E = 0.28 D + 0.217 \quad (4)$$

که در آن E انرژی مصرفی بر ساقه سویا (ژول)، D قطر ساقه سویا (میلی‌متر) است.



شکل ۸- اثر کود نیتروژن مصرفی بر انرژی برشی

بر اساس شکل ۹، با افزایش تراکم کشت، انرژی مصرفی برشی هر ساقه کاهش یافت. انرژی برشی با قطر ساقه رابطه مستقیم دارد، از آنجایی که با افزایش تراکم کشت

جدول ۴- نتایج آنالیز رگرسیون انرژی برشی و قطر ساقه

متغیر	درجه آزادی	تخمین پارامتر	خطای استاندارد	t
قطر ساقه	۱	۰/۲۸	۰/۰۱	۲۱/۳۳**
ثابت (عرض از مبدا)	۱	۰/۲۱۷	۰/۱۱	۱/۸۳

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ($R^2 = ۰/۹۴$)

نتیجه‌گیری

با افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی و افزایش تراکم کشت، ارتفاع ساقه افزایش یافت. با افزایش کود نیتروژن

مصرفی و کاهش تراکم کشت سویا قطر ساقه افزایش یافت. با افزایش کود مصرفی و کاهش تراکم انرژی مصرفی برش هر ساقه افزایش پیدا کرد. مقدار کود

نیتروژن در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری تأثیر چندانی بر قطر ساقه نداشتند. از آنجایی که مقدار کود نیتروژن ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار چندان تأثیری بر قطر ساقه ندارد، برای انتخاب بین این دو مقدار، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای پایین آوردن هزینه و استفاده کمتر از کود مناسبتر است. انرژی برشی هر ساقه با ضریب ۰/۲۸ با قطر ساقه رابطه مستقیم دارد، یعنی هرچه قطر ساقه سویا بیشتر باشد، با نسبت مشخص مقدار انرژی که برای برداشت آن باید صرف شود، بیشتر خواهد بود.

منابع

۱. آنجفی م. و فریا ا. ۱۳۸۶. بررسی تراکم بوته بر خصوصیات مرفولوژیکی و عملکرد دانه ژنوتیپهای سویا در استان مرکزی. یافته‌های نوین کشاورزی. ۲(۲): ۱۰۷-۱۱۵.
۲. بابایی‌ا قدم ج. عبدی م. سیف‌زاده س. و خیاوی م. ۱۳۸۸. اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد آفتابگردان رقم آذرگل در منطقه تاکستان. مجله دانش نوین کشاورزی. ۵(۱۴): ۱-۱۲.
۳. خادم‌حمزه ح. کریمی م. رضایی ع. و احمدی م. ۱۳۸۳. اثر تراکم بوته و تاریخ کاشت بر صفات زراعی، عملکرد و اجزاء عملکرد سویا. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵(۲): ۳۵۷-۳۶۷.
۴. خزائی ج. ربانی ح. و گلبابایی ف. ۱۳۸۱. تعیین مقاومت برشی و نیروی کندن گل پیرتروم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۳(۳): ۴۳۳-۴۴۴.
۵. خواجه‌پور م. ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۶۴ ص.
۶. دانشمند ع. نیکخواه کوچکسرای ج. گلدوست خورشیدی م. و مرادپور ص. ۱۳۹۱. بررسی عملکرد کمی و کیفی کلزا رقم هایولا ۴۰۱ در شرایط سطوح مختلف نیتروژن مصرفی و تراکم بوته. مجله پژوهش در علوم زراعی. ۴(۱۶): ۱۰۳-۱۱۶.
۷. سروش م. عاشوری م. و امیری ا. ۱۳۹۳. تأثیر محلول پاشی روی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا. مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی. ۶(۱۹): ۱۸-۲۹.
۸. طباطبایی کلور ر. برقی ع.م. علیمردانی ر. رجبی پور ع. و مبلی ح. ۱۳۸۴. بررسی عوامل مؤثر بر نیرو و مقاومت برشی ساقه برنج. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۱(۲): ۲۶۱-۲۷۷.
۹. مؤمنی‌فیلی پ. خورگامی ع. و سیاح‌فر م. ۱۳۹۳. اثر کود زیستی ورمی کمپوست و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در خرم‌آباد. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶(۲۳): ۱۱۳-۱۲۷.
۱۰. واله قوژدی ه. بیدگلی س. ر. سعیدی راد م. ح. و کیانمهر م. ح. ۱۳۸۹. تعیین مقاومت برشی ساقه و نیروی لازم برای کندن گل زعفران. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۱۱(۳): ۴۱-۵۴.
11. Alizadeh M. R. Rahimi Ajdadi F. and Dabbaghi A. 2011. Cutting energy of rice stem as influenced by internode position and mensional characteristics of different varieties. Australian journal of crop science. 5(6): 681-687.
12. Azadbakht M. Esmaeilzadeh E. and Esmaeili-Shayan M. 2015. Energy consumption during impact cutting of canola stalk as a function of moisture content and cutting height. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 14(2): 147-152.
13. Buttery B. R. 1969. Effects of plant population and fertilizer on the growth and yield of soybeans. Canadian Journal of Plant Science. 49(6): 659-673.
14. Chancellor W. J. 1965. An experiment on force and energy requirments for cutting paddy stalks. The Malaysian Agricultural Journal. 45(2): 200-205.
15. Eshaghbeygi A. Hoseinzadeh B. Khazaei M. and Masoumi A. A. 2009. Bending and shearing properties of wheat stem of Alvand variety. World Application Science Journal. 6(8): 1028-1032.
16. Yiljep Y. D. and Mohammed U. S. 2005. Effect of knife velocity on cutting energy and efficiency during impact cutting of sorghum stalk. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 7(1): 1-10.