Archi

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۹۷
۶۳-۷۶
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI:

پیش‌بینی اجزای عملکرد سویا تحت اثر کود نیتروژن و تراکم بوته با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

*محسن آزادبخت[1] و احسان قجرجزی[2]

[1]دانشیار، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[2]دانشجوی دکتری گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۹

چکیده

سابقه و هدف: فاکتورهای زیادی از جمله شرایط آب‌وهوایی، تاریخ کاشت، آرایش کاشت، جمعیت گیاهی و تغذیه از طریق تأثیر بر گیاه می‌توانند باعث تنوع عملکرد گردند. همچنین از آنجا که ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است، مقدار مواد آلی خاک‌های آن پایین بوده و در نتیجه دارای سطوح پایین نیتروژن می‌باشند. اغلب گیاهان در این مناطق دچار کمبود نیتروژن بوده و تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی و آلی ضروری است، در نتیجه بررسی میزان آن برای هر محصولی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. همچنین، افزایش تقاضای محصولات کشاورزی و مشکلات دستیابی به داده‌های میدانی، ضرورت استفاده از مدل‌های مناسب برای پیش‌بینی عملکرد محصولات کشاورزی را نمایان می‌سازد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر مقادیر کود نیتروژن و تراکم برعملکرد و اجزای عملکرد سویا (رقم گرگان ۳) و همچنین پیش‌بینی این پارامترها با استفاده از شبکه عصبی است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در گرگان اجرا شد. فاکتور اول مقدار کود نیتروژن در سه سطح (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کاشت در سه سطح (۱۰۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰ بوته بر هکتار) بود. به‌منظور پیش‌بینی عملکرد سویا و اجزای عملکرد در شبکه عصبی مصنوعی از الگوریتم لونبرگ- مارکوارت برای آموزش شبکه استفاده شد. برای توسعه مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، تراکم کشت و مقدار کود مصرفی به‌عنوان ورودی و عملکرد و اجزای عملکرد سویا به‌عنوان خروجی در نظر گرفته‌شد.

یافته‌ها: با افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی و افزایش تراکم کاشت. ارتفاع ساقه افزایش یافت. با افزایش مصرف نیتروژن و کاهش تراکم کاشت تعداد غلاف افزایش پیدا کرد. همچنین، با کاهش تراکم بوته وزن غلاف‌های بوته افزایش یافت. افزایش کود نیتروژن مصرفی و کاهش تراکم موجب افزایش وزن بوته شد. با افزایش کود نیتروژن مصرفی و کاهش تراکم تعداد شاخه افزایش یافت. با افزایش کود نیتروژن مصرفی و کاهش تراکم کاشت سویا قطر ساقه پیدا کرد. شبکه عصبی با توپولوژی ۷-۲۰-۲ قادر است پارامترهای موردنظر را با ضریب تبیین ۰/۹۹۹۹۸۷ و MSE ۰/۲۴۹۷ پیش‌بینی کند.

*مسئول مکاتبه: Azadbakht39@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: در تراکم ۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار، وزن غلاف از نظر آماری تفاوت نداشت، این در حالی است که در تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار این مقدار به شکل قابل توجهی بالاتر بود. عملکرد سویا به مقدار زیادی تحت تأثیر وزن و تعداد غلاف است، هرچند که وزن غلاف در تراکم کم بسیار بیشتر بود، اما ممکن است در تراکم بالا به‌دلیل بیشتر بودن تعداد بوته، مشکل کم بودن وزن غلاف در تراکم پایین رفع شود. قطر ساقه در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نظر آماری تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. از آنجایی تعداد غلاف و قطر ساقه در مقادیر کود ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت چندانی ندارند، برای انتخاب بین این دو مقدار، ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای پایین آوردن هزینه و استفاده کمتر از کود مناسب‌تر است. همچنین شبکه عصبی با توپولوژی ۷-۲۰-۲، بیشترین بازده را برای پیش‌بینی عملکرد سویا و کمترین بازده را برای پیش‌بینی تعداد شاخه داشت.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم لونبرگ- مارکوارت، اجزای عملکرد، عملکرد سویا، گرگان ۳

مقدمه

سویا (Soybean) با نام علمی *Glycine max* L. گیاهی است دیپلوئید و یک ساله از تیره نخود (*Fabaceae*) که به‌صورت بوته‌ای استوار و نسبتا پر شاخ و برگ رشد می‌کند. دانه سویا دارای ۱۸ تا ۲۵ درصد روغن و ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین می‌باشد (۱٤). فاکتورهای زیادی از جمله شرایط آب و هوایی، تاریخ کاشت، آرایش کاشت، جمعیت گیاهی و تغذیه از طریق تأثیر بر روی گیاه می‌توانند باعث تنوع عملکرد گردند. در شرایط و محیط مناسب زراعی افزایش تراکم بوته برای بهره‌گیری از امکانات بالقوه و دستیابی به حداکثرعملکرد ضروری است. افزایش تعداد گیاه در واحد سطح به‌علت سایه‌اندازی بیشتر موجب کاهش نور قابل استفاده برای هرگیاه خواهد شد و از این‌رو باعث کاهش عملکرد بوته می‌گردد، درصورتی‌که افزایش تعداد بوته در واحد سطح (تا حد مطلوب) کاهش عملکرد تک بوته را جبران و عملکرد در واحد سطح را افزایش می‌دهد. حد متعادل تراکم گیاهی به تاریخ کاشت نیز بستگی دارد (۱۳). از آنجا که ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است، مقدار مواد آلی خاک‌های آن پایین بوده و در نتیجه دارای سطوح پایین نیتروژن می‌باشند. اغلب گیاهان دراین مناطق دچار کمبود نیتروژن بوده و تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی و آلی ضروری است. از آنجایی که کودهای شیمیایی نیتروژن نقش مهمی را در تولیدات گیاهی ایفا می‌کنند، بررسی میزان کاربرد آن برای هر محصول گیاهی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (۲۰).

مومنی فیلی و همکاران (۲۰۱٤) 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، ۱٦/٦، ۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع) را بر عملکرد سویا در کشت دوم (تابستانه) بررسی و گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه کاهش یافت، به‌طوری‌که تراکم ۵۰ بوته در مترمربع، بیشترین عملکرد دانه (۲۳۰۲ کیلوگرم در هکتار) و تراکم ۱۲/۵ بوته در مترمربع، کمترین عملکرد دانه (۱٦۲۸ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد (۱۵). آنجفی و فرنیا (۲۰۰۸) در بررسی تأثیر تراکم بوته بر

www.SID.ir

Archive of SID

خصوصیات مرفولوژیکی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در استان مرکزی، اثر چهار سطح تراکم (۱۶، ۲۲، ۲۸ و ۳٤ بوته در مترمربع) و دو سطح رقم (ویلیامز و لاین جدید) را بر تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه و عملکرد دانه بررسی کردند (۱). در تحقیقی واکنش عملکرد دانه ارقام سویا به فاصله‌های مختلف ردیف کاشت در کشت دوم در منطقه مغان، اثرات فواصل ردیف‌های کاشت در سه سطح (۳۰، ٤۰ و ۵۰ سانتی‌متر) و چهار سطح رقم سویا (ویلیامز، سحر، JK و ۰۳۳) بر تعداد شاخه فرعی، تعـداد گره، قطـر ساقه، ارتفاع بوته، فاصله اولین غلاف از سطح زمین، تعداد غلاف در شاخه فرعی، ساقه اصلی و تعداد دانه در غلاف ۱۰ بوته و وزن صد دانه بررسی شد (۲۱). در تحقیق دیگری اثر نیتروژن در ٤ سطح کودی (شاهد، ۳۰، ٦۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و متانول در ٤ سطح (شاهد، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ درصد حجمی متانول) بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در شرایط آب و هوایی گیلان بررسی گردید (۱۰). همچنین در مطالعه‌ای اثر تراکم گیاه در ٤ سطح (٤، ۸ ۱٦ و ۳۲ بوته بر مترمربع) و کوددهی بر رشد و عملکرد سویا بررسی شد (٤).

افزایش روزافزون تقاضای محصولات کشاورزی و مشکلات دستیابی به داده‌های میدانی، ضرورت استفاده از مدل‌های مناسب برای پیش‌بینی عملکرد محصولات کشاورزی را نمایان می‌سازد. در این میان مدل‌های کامپیوتری امکان بررسی استراتژی‌های مختلف مدیریتی را فراهم آورده‌اند (۳). امروزه از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی و مدل‌سازی فرآیندها در علوم مختلف می‌توان استفاده کرد (۱۹). محققان بسیاری برای تعیین عملکرد محصولات کشاورزی از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرده‌اند. در تحقیقی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی عملکرد ذرت و سویا تحت شرایط آب و هوایی معمول در مرینلند آمریکا بررسی و قابلیت‌های پیش‌بینی مدل‌ها در سطح ایالتی، منطقه‌ای و محلی مقایسه شدند. عملکرد مدل شبکه عصبی نسبت به تغییرات پارامترهای رشد ارزیابی شدند (۱۲). در تحقیقی دیگر پاسخ عملکرد آفتابگردان به رطوبت خاک و میزان شوری با شبکه عصبی مصنوعی بررسی شد. مدل‌های شبکه عصبی و رگرسیون چندگانه با ۱۰ و ٦ ورودی متغیر، شامل رطوبت و شوری خاک در مراحل مختلف رشد گیاه، به‌منظور مدل‌سازی عملکرد آفتاب گردان توسعه یافتند (۵). محققین، عملکرد ذرت علوفه‌ای را با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی کردند. در پژوهش آن‌ها حداقل پارامترهای ورودی موردنیاز برای تعیین عملکرد ذرت علوفه‌ای به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی و نیز کاربرد این نوع از شبکه‌ها برای پیش‌بینی عملکرد ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف آب و کود، نیتروژنی تعیین شد. بدین منظور داده‌های آزمایشی مزرعه‌ای ذرت علوفه‌ای در چهار سطح آبیاری (۰/۷، ۰/۸۵، ۱ و ۱/۱۳ ETC) و سه سطح کودی (صفر، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مورد استفاده قرار گرفت (۳). در تحقیقی کاربرد شبکه‌های عصبی و رگرسیون چند متغیره در برآورد عملکرد گندم دیم منطقه قروه استان کردستان بررسی شد. در این تحقیق داده‌های هواشناسی شامل میانگین حداقل دما و حداکثر دما، میانگین درجه حرارت در نقطه شبنم، رطوبت نسبی، بارش ماهیانه وسالیانه، میانگین دمای سالانه، سرعت باد، تعداد روزهای یخبندان، بارانی و ابری، بیشترین میزان بارندگی روزانه و برخی داده‌های دیگر مد نظر قرار گرفت. نتایج نشان داد که در میزان تولید گندم، مقدار و نحوه پراکنش بارش و میانگین دمای حداکثر روزانه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بود (۹).

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه با سخت بودن و هزینه بر بودن عملیات میدانی و به‌منظور رسیدن به عملکرد بالای سویا و بهترین اجزای عملکرد و کاهش هزینه، پیش‌بینی با شبکه عصبی مصنوعی بهینه و دانستن بهترین تراکم بوته و بهترین مقدار نیتروژن ضروری است. از این‌رو هدف از این تحقیق بررسی تأثیر مقادیر کود نیتروژن و تراکم (فاصله بین بذرها بر روی ردیف) برعملکرد و اجزای عملکرد سویا و همچنین پیش‌بینی این پارامترها با استفاده از شبکه عصبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با کاشت سویا رقم گرگان ۳ در سال زراعی ۹۳ در مزرعه ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان واقع در ۵ کیلومتری غرب گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی به اجرا درآمد. بافت خاک در آزمایشگاه تجزیه شد و نتایج آنالیز فیزیکی و شیمیایی آن طبق جدول (۱) است.

جدول ۱- نتایج آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاک زراعی.

Table 1. Physical and chemical analysis of farm soil.

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	ماده آلی (درصد) OM (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)	ظرفیت تبادل کاتیونی (مول کاتیون در کیلوگرم) CEC (Cmol/Kg)
36±0.22	46±0.19	18±0.08	Silty-clay loam	8.2±0.087	1.8±0.02	0.88±0.007	20.6±0.205

این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول مقدار کود نیتروژن است که در سه سطح (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فاکتور دوم تراکم کاشت در سه سطح (۱۰۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار) بود. هر پلات شامل ۸ ردیف کاشت با طول ۲۰ متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر بود. عملیات خاک‌ورزی زمین در عمق ۲۰-۲۵ سانتی‌متر انجام شد. ابتدا بذور از نظر قوه‌ی نامیه با روش کیسه‌ای در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفتند. بذرها در عمق ۲-۱ سانتی‌متری خاک کشت شدند. مقدار مصرف بذر برای اطمینان از رسیدن به تراکم‌های هدف در زمان کاشت، حداقل سه برابر در نظر گرفته شد (برای ۱۰۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار به‌ترتیب حداقل ۵۴، ۸۱ و ۱۰۸ کیلوگرم در هکتار) و پس از سبز شدن در مرحله‌ای که ارتفاع بوته‌ها ۵ سانتی‌متر رسید، اقدام به تنک بوته‌های اضافی شد. تمام عملیات زراعی نظیر آبیاری، وجین، مبارزه با آفات برای همه تیمارها یکسان صورت گرفت. کاشت در تاریخ ۱۵ خرداد ماه و به‌صورت دستی انجام گردید. برای اندازه‌گیری صفات موردنظر از قبیل: ارتفاع بوته، تعداد غلاف‌های بوته، وزن غلاف‌های بوته، وزن بوته، تعداد شاخه و قطر ساقه تعداد ده بوته به‌طور تصادفی در هر کرت از ردیف وسط انتخاب شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد و رسم نمودارها به‌وسیله نرم‌افزار اکسل انجام شد.

شبکه عصبی: شبکه عصبی مصنوعی (پرسپترون چند لایه) با دو نرون لایه ورودی (تراکم کشت و مقدار کود مصرفی) و هفت نرون لایه خروجی (عملکرد سویا، ارتفاع بوته، تعداد غلاف، وزن غلاف، وزن

www.SID.ir

Archive of SID

بوته، تعداد شاخه و قطر ساقه) طراحی شد (شکل ۱). از نرم‌افزار MATLAB R2016a در این تحقیق استفاده گردید. فرایند آموزش توسط شبکه فوق فرایندی تکراری است که شامل تغییر وزن‌های بین لایه‌های مختلف و در طی آموزش به تدریج به سمت ثبات این وزن‌ها پیش می‌رود. به‌طوری‌که خطای بین مقادیر واقعی و پیشبینی شده به حداقل برسد (۱۹). حدود ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد برای اعتبارسنجی و ۱۵ درصد برای آزمون مورد استفاده قرار گرفت (۱۷). برای پیدا کردن شبکه‌ای با توپولوژی مناسب به کمک الگوریتم آموزشی لونبرگ- مارکوارت، از ضریب تبیین و معیار میانگین مربع خطا استفاده گردید که طبق رابطه ۱ تعریف می‌شود (۱۹):

رابطه (۱) $$MSE = \frac{\sum_{p=1}^{M}\sum_{i=1}^{N}(S_{ip}-T_{ip})^2}{NP}$$

در رابطه (۱) MSE میانگین مربع خطا، S_{ip} خروجی شبکه در نرون i ام و الگوی P ام، T_{ip} خروجی مطلوب در نرون i ام و الگوی P ام، N تعداد نرون‌های خروجی و M تعداد الگوهای آموزشی است.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس اثر تغییرات مقدار کود نیتروژن و تراکم کاشت بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف، وزن غلاف، وزن بوته، تعداد شاخه و قطر ساقه در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲- نتایج آنالیز واریانس اجزای عملکرد سویا.

Table 2. Analysis of variance of the Yield components of soybean.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Height of plant	تعداد غلاف Number pod	وزن غلاف Weight of pod	وزن بوته Weight of plant	تعداد شاخه Number branch	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد دانه grain yield
نیتروژن Nitrogen	2	34.13**	154.48**	394.85ns	961.17*	4.33*	4.78**	63956.5**
تراکم Density	2	580.68**	3485.03**	5694.69**	5521.53**	72.33**	43.78**	1981315.14**
تراکم × نیتروژن Nitrogen × Density	4	2.5*	27.25ns	112.3ns	147.72ns	0.16ns	0.88ns	161.48ns
خطا Error	18	0.74	10.7	124.3	199.72	0.92	0.33	210.33

** و * به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns عدم اختلاف معنی‌دار.

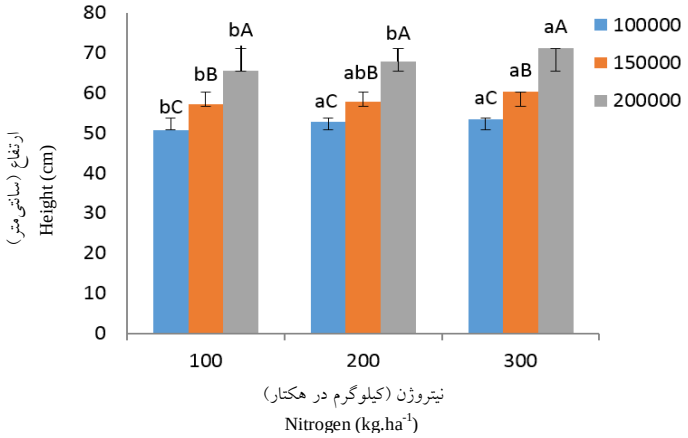
**,* significant difference at 1 and 5% level respectively, ns not significant difference.

ارتفاع بوته: براساس نتایج تجزیه واریانس، 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 بوته مؤثر بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع بوته برابر بود با ۷۱/۲۳ سانتی‌متر و ۵۰/۷۳ سانتی‌متر که به‌ترتیب در تراکم ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار و ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار و در کود نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. با افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی ارتفاع ساقه افزایش یافت. همچنین، با افزایش تراکم کشت، ارتفاع بوته افزایش پیدا کرد (شکل ۱). با افزایش تراکم بوته و ایجاد رقابت بین

www.SID.ir

Archive of SID

بوته‌ها، رشد مریستم انتهایی تحریک شده و به‌دلیل جذب و انتقال مواد فتوسنتزی به مریستم انتهایی، به ارتفاع گیاه افزوده می‌شود. همچنین؛ به‌نظر می‌رسد که افزایش تعداد بوته و افزایش رقابت بین بوته‌ها برای دریافت نور خورشید از دلایل اصلی افزایش ارتفاع بوته در مقدار تراکم‌های بالا می‌باشد (۷). نتایج مشاهده شده با نتایج خادم حمزه و همکاران (۲۰۰٤)، کشفی و همکاران (۲۰۱۱) و دانشمند و همکاران (۲۰۱۲) مشابه بود (۷، ۱۰، ۱۲).



شکل ۱- اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم کاشت بر ارتفاع بوته.[۱]

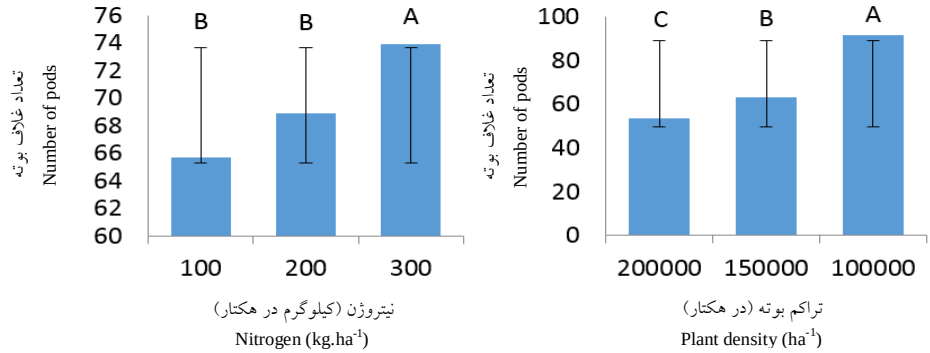
Figure 1. Interaction effect of nitrogen and density on height of plant.

تعداد غلاف بوته: تعداد غلاف در بوته تعیین‌کننده عملکرد است، چون غلاف‌ها از یک طرف در برگیرنده دانه‌ها بوده و از طرف دیگر تأمین کننده مواد فتوسنتزی موردنیاز دانه‌ها و تعیین‌کننده وزن آن‌ها هستند (۱۵). براساس نتایج به‌دست آمده، تغییرات تراکم و نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد غلاف مؤثر بود، اما اثر متقابل این دو فاکتور اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف نداشت (جدول ۲). با افزایش مصرف نیتروژن، تعداد غلاف افزایش یافت (شکل ۲). به‌این دلیل که مقدار نیتروژن می‌تواند تا حدی باعث تولید و تشکیل غلاف بشود. تعداد غلاف بوته در مصرف کود ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم از نظر آماری تفاوت چندانی نداشت. نتایج به‌دست آمده با نتایج سروش و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تأثیر محلول‌پاشی روی و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا، و با نتایج مظلوم و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثرات نیتروژن و تراکم گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کلزا مشابه بوده است (۱۵، ۲۰). همچنین طبق شکل ۲ با کاهش تراکم کاشت سویا، تعداد غلاف در بوته افزایش یافت. کاهش تعداد غلاف در هر گره ممکن است حاصل رقابت برون گیاهی منتج از افزایش تراکم باشد (۱۳). یعنی با کاهش تراکم، رقابت بر سر فضای رشدی کم شده و منابع رشدی مثل آب، نور و مواد غذایی بیشتری در اختیار بوته قرار گرفته که این امر باعث افزایش تعداد غلاف در بوته در این آزمایش‌ها گردید (۱٦). نتایج به‌دست آمده با نتایج خادم حمزه و همکاران (۲۰۰٤)، مؤمنی‌فیلی و همکاران (۲۰۱٤) و آنجفی و فرنیا (۲۰۰۸) مشابه بود (۱، ۱۲، ۱۵).

۱- حروف کوچک متفاوت نشان معنی‌داری برای سطوح مختلف نیتروژن و حروف بزرگ متفاوت نشان معنی‌داری برای سطوح مختلف تراکم

www.SID.ir

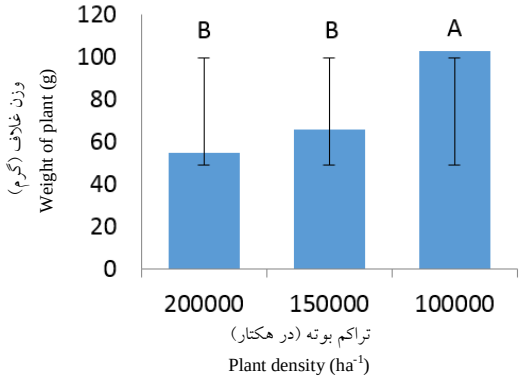
Archive of SID



شکل ۲- اثر کود نیتروژن و تراکم بوته بر تعداد غلاف.

Figure 2. Effect of nitrogen and density on number of pod.

وزن غلاف: مطابق جدول ۲ تغییرات تراکم در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن غلاف اثر معنی‌دار نشان داد. اما تغییرات کود نیتروژن و اثر متقابل نیتروژن و تراکم اثر معنی‌داری بر وزن غلاف نداشت. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، با کاهش تراکم بوته وزن غلاف‌های بوته افزایش یافته است. با کاهش تراکم، رقابت بین بوته‌ها کم شده و مواد غذایی بیشتری در اختیار بوته قرار گرفته است، که این باعث افزایش وزن غلاف‌ها و افزایش تعداد غلاف در بوته گردید. همچنین مشاهده می‌شود که در تراکم ۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار، وزن غلاف از نظر آماری تفاوت نداشت، در حالی‌که در تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار این مقدار به شکل قابل توجهی بالاتر است. تراکم کشت پایین، فتوسنتز بالایی را فراهم می‌کند (۱۹).



شکل ۳- اثر تراکم بر وزن غلاف.

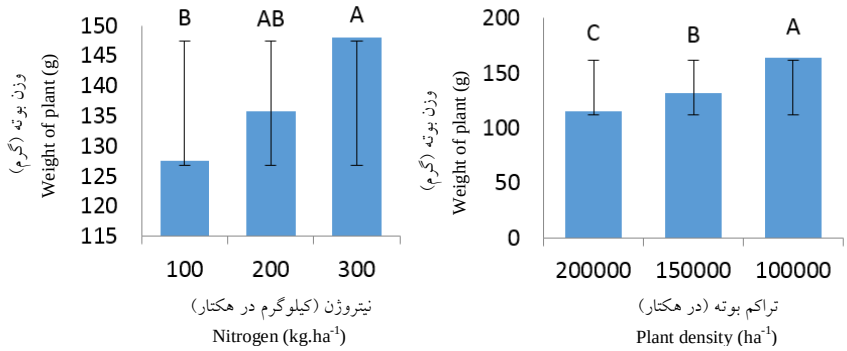
Figure 3. Effect of density on weight of pods.

وزن بوته: افزایش وزن بوته، نشان‌دهنده موفقیت بیشتر گیاه در فتوسنتز به‌دلیل فراهم بودن شرایط رشدی مناسب‌تر است. تغییرات نیتروژن در سطح احتمال ۵ درصد و تغییرات تراکم کشت در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن بوته اثر معنی‌دار داشت. اما اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم بوته بر وزن بوته معنی‌دار نشد (جدول ۲). با افزایش کود نیتروژن مصرفی، وزن بوته افزایش یافت (شکل ٤). افزایش نیتروژن سبب بهبود نیتروژن برگ و افزایش سرعت فتوسنتز گیاه شده و در نتیجه سبب سرعت رشد

www.SID.ir

Archive of SID

چشم‌گیر گیاه شد (۱۸). نتایج به‌دست‌آمده با نتایج رضوانی مقدم و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد در تراکم‌های کشت مختلف مشابه بود (۱۷). با افزایش تراکم، وزن بوته سویا به‌طور محسوسی کاهش یافت (شکل ٤). افزایش تراکم منجر به تغییر در رشد و عملکرد اندام‌های هوایی می‌شود. با افزایش تراکم بوته، سهم هر بوته از نظر آب، نور و مواد غذایی کاهش یافته، که این کاهش منابع در نهایت باعث رشد و وزن گیاه می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج رضوانی مقدم و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کنجد در تراکم‌های کشت مختلف مشابه بود (۱۷).



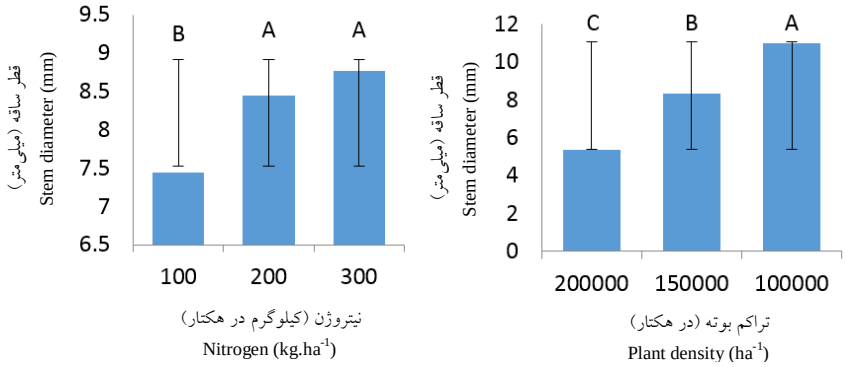
شکل ٤- اثر کود نیتروژن و تراکم بر وزن بوته.

Figure 4. Effect of nitrogen and density on weight of plant.

تعداد شاخه: تغییرات نیتروژن در سطح احتمال ۵ و تغییرات تراکم کشت در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد شاخه اثر معنی‌دار داشت. اثر متقابل تراکم و نیتروژن بر عملکرد سویا معنی‌دار نبود (جدول ۲). با افزایش کود نیتروژن مصرفی تعداد شاخه افزایش یافت (شکل ۵). مصرف نیتروژن موجب تحریک رشد رویشی گیاه شده، طول مدت گل‌دهی را افزایش داده و از طریق سطح فتوسنتزی میزان آسیمیلات‌هایی را که در اختیار جوانه‌های جانبی قرار می‌گیرد، افزایش می‌دهد. این عامل موجب تحریک رشد جوانه‌های جانبی و به‌وجود آمدن شاخه‌های بیشتر می‌شود (۷). تعداد شاخه در تیمار کوددهی ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری تفاوت نداشت، اما تعداد شاخه در ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری کمتر از دو سطح دیگر کود بود. نتایج به‌دست آمده با نتایج دانشمند و همکاران (۲۰۱۲) و دانش شهرکی و همکاران (۲۰۰۸) مشابه بود (٦، ۷). با افزایش تراکم بوته تعداد شاخه فرعی نیز، کاهش یافت (شکل ۵). این کاهش را به کاهش نفوذ نور به بخش پایینی سایه‌انداز گیاهی نسبت می‌دهند. افزایش تراکم بوته و افزایش رقابت درون گونه‌ای و عدم استفاده کافی از عوامل محیطی، سبب تحریک مریستم انتهایی شده و باعث افزایش ارتفاع گیاه جهت حصول نور بیشتر می‌گردد. از سویی افزایش رشد طولی ساقه موجب کاهش تحریک‌پذیری مریستم جانبی توسط هورمون‌های تحریک‌کننده رشد می‌گردد و در نهایت مجموع این عوامل سبب می‌گردد که گیاه رشد عرضی کمتری یافته و تعداد ساقه فرعی کمتری تولید نماید (۷). نتایج به‌دست آمده با نتایج دانشمند و همکاران (۲۰۱۲) و دانش شهرکی و همکاران (۲۰۰۸) مشابه بود (٦، ۷).

www.SID.ir

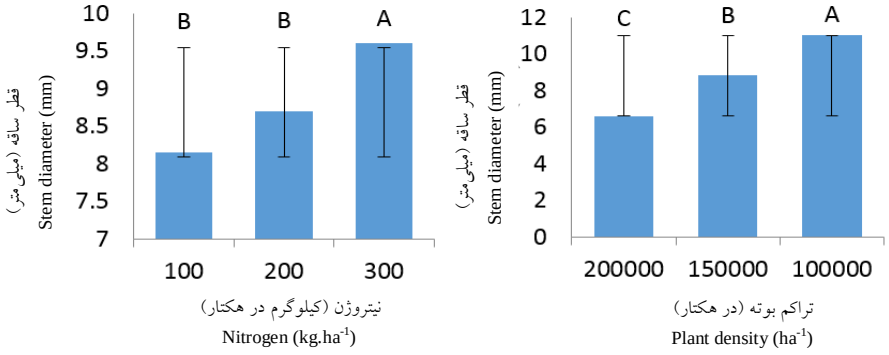
Archive of SID



شکل ۵- اثر کود نیتروژن و تراکم بر تعداد شاخه.

Figure 5. Effect of nitrogen and density on amount of branch.

قطر ساقه: مقدار نیتروژن مصرفی و تراکم کشت در سطح احتمال ۱ درصد بر قطر ساقه تأثیر داشتند. اثر متقابل مصرف نیتروژن و تراکم کشت بر قطر ساقه معنی‌دار نبود. طبق شکل ٦، با افزایش کود نیتروژن مصرفی قطر ساقه افزایش یافت. طبق شکل مقدار نیتروژن دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند و در یک سطح قرار گرفتند، اما قطر ساقه درسطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار از دو سطح دیگر به شکل معنی‌داری بیشتر بود (شکل ٦). این نتایج با بابایی اقدم و همکاران (۲۰۰۹) و دانشمند و همکاران (۲۰۱۲) مشابه بود (۲، ۷). همچنین، با افزایش تراکم کشت، قطر ساقه کاهش یافت (شکل ٦). 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 با بابایی اقدم و همکاران (۲۰۰۹) و دانشمند و همکاران (۲۰۱۲) مشابه بود (۲، ۷).



شکل ٦- اثر کود نیتروژن و تراکم بر قطر ساقه.

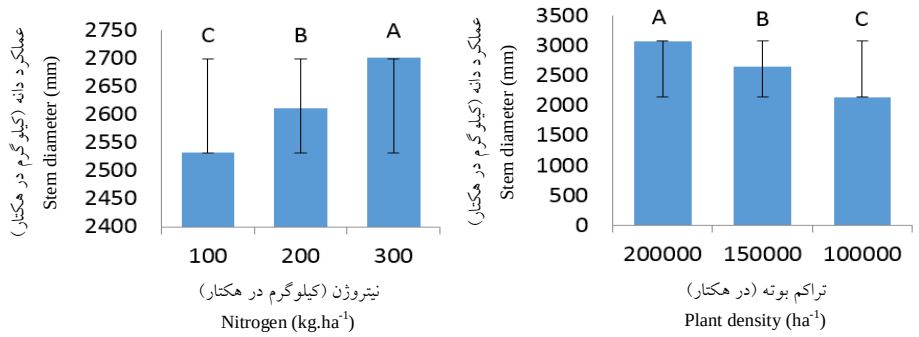
Figure 6. Effect of nitrogen and density on stem diameter.

عملکرد دانه: مقدار نیتروژن مصرفی و تراکم کشت در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد دانه تأثیر داشتند. اثر متقابل مصرف نیتروژن و تراکم کشت بر قطر ساقه معنی‌دار نبود (جدول ۲). با افزایش کود نیتروژن مصرفی عملکرد دانه افزایش یافت (شکل ۷). با افزایش مصرف نیتروژن درصد ریزش گل‌ها کاهش یافته، و تعداد خورجین در واحد سطح افزایش می‌یابد. در نتیجه موجب افزایش عملکرد دانه شده است (۷). با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه افزایش یافت (شکل ۷). در تراکم‌های بالاتر هر چند که از

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد غلاف‌ها کاسته می‌شود اما در نهایت به‌علت تعداد بیشتر بوته در واحد سطح و در نتیجه استفاده بهتر بوته‌ها از نهاده‌ها و منابع موجود بالاخص تشعشع خورشیدی عملکرد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد (۱۶).



شکل ۷- اثر کود نیتروژن و تراکم بر عملکرد دانه.

Figure 6. Effect of nitrogen and density on grain yield.

شبکه عصبی: در (جدول ۳) مقدار ضریب تبیین و خطای شبیه‌سازی به روش شبکه عصبی مصنوعی، با تعداد نرون‌های مختلف لایه پنهان نشان داده شده است. هنگامی که از لایه پنهان با ۲۰ نرون استفاده شد (مدل ۱۹)، بیشترین مقدار ضریب تبیین و کمترین مقدار خطا به‌دست آمد (جدول ۳) در نتیجه با این تعداد نرون لایه پنهان و توپولوژی ۷-۲۰-۲ و الگوریتم آموزش لونبرگ- مارکوارت بهترین پیش‌بینی ارائه گردید.

جدول ۳- تغییرات ضریب تبیین و MSE برای توپولوژی‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی.

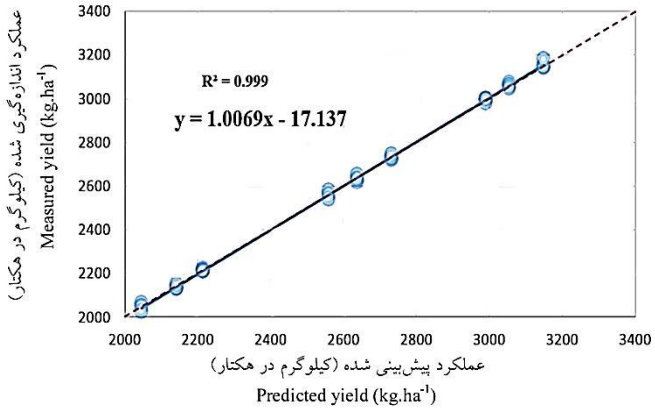
Table 3. Variation of MSE and R^2 for different Topology of the artificial neural network (ANN).

مدل Model	توپولوژی Topology	نرون لایه پنهان Neurons of hidden layer	MSE	R^2
1	2-2-7	2	0.38099	0.999975
2	2-3-7	3	0.43001	0.999972
3	2-4-7	4	0.65968	0.999967
4	2-5-7	5	0.37810	0.999978
5	2-6-7	6	0.41295	0.999982
6	2-7-7	7	0.334705	0.999983
7	2-8-7	8	0.59605	0.999963
8	2-9-7	9	0.34217	0.999984
9	2-10-7	10	0.47084	0.999978
10	2-11-7	11	0.38551	0.999976
11	2-12-7	12	0.28661	0.999983
12	2-13-7	13	0.37583	0.999978
13	2-14-7	14	0.43501	0.999972
14	2-15-7	15	0.35754	0.999979
15	2-16-7	16	0.48985	0.999963
16	2-17-7	17	0.34509	0.999972
17	2-18-7	18	0.54788	0.999973
18	2-19-7	19	0.25161	0.999981
19	2-20-7	20	0.24976	0.999987
20	2-21-7	21	0.43638	0.999976
21	2-22-7	22	0.46551	0.999979
22	2-23-7	23	0.25342	0.999984
23	2-24-7	24	0.359704	0.999984
24	2-25-7	25	0.33483	0.999983

www.SID.ir

Archive of SID

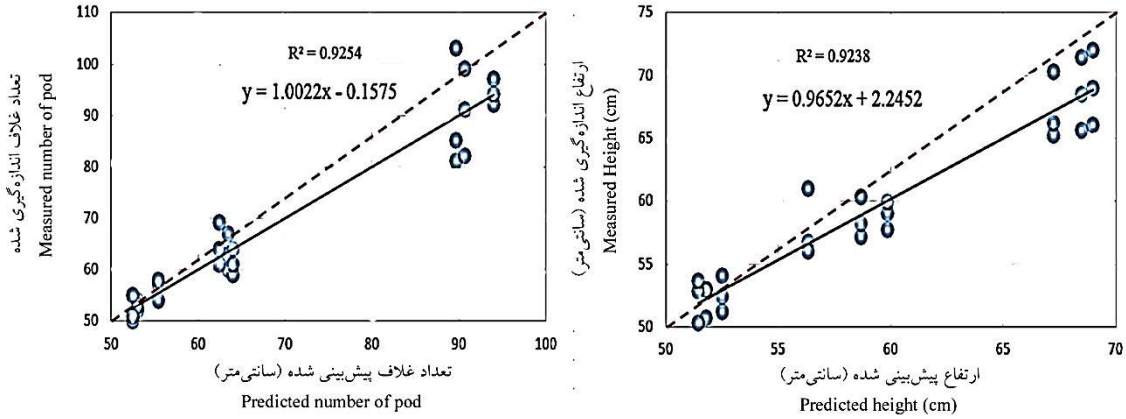
در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ رابطه رگرسیونی مقادیر پیش‌بینی شده، عملکرد و اجزای عملکرد رابا مقادیر اندازه‌گیری شده نشان می‌دهند. مطابق شکل ۸ بهترین پیش‌بینی به‌دست آمده از شبکه عصبی مصنوعی برای عملکرد سویا بود که با ضریب ۰/۹۹۹ داده‌های پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری همبستگی داشتند.



شکل ۸- بررسی همبستگی عملکرد پیش‌بینی شده (در مرحله آزمون شبکه) و اندازه‌گیری شده.

Figure 8. Correlation between predicted (for test) and measured yield.

مطابق شکل ۹ ضریب همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده واندازه‌گیری شده، برای ارتفاع بوته و تعداد غلاف به‌ترتیب برابر با ۰/۹۲۳۸ و ۰/۹۲۵٤ بود و می‌توان گفت شبکه نتایج قابل قبولی را برای این مقادیر پیش‌بینی کرده است.



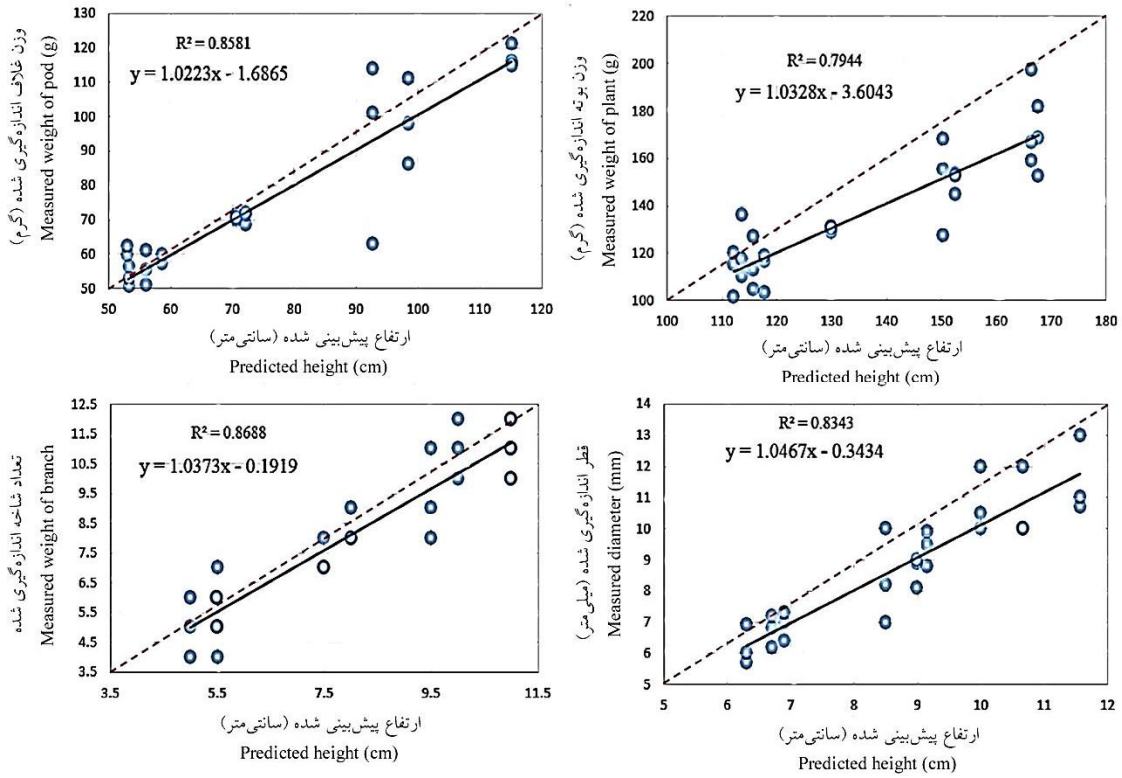
شکل ۹- بررسی همبستگی ارتفاع و تعداد غلاف پیش‌بینی شده (در مرحله آزمون شبکه) و اندازه‌گیری شده.

Figure 9. Correlation between predicted (for test) and measured height and amount of pods.

نتایج ضریب همبستگی وزن غلاف، وزن بوته، تعداد شاخه و قطر ساقه به‌ترتیب برابر با ۰/۸۵۸۱، ۰/۷۹٤٤، ۰/۸٦۸۸ و ۰/۸۳٤۳ بود. کمترین مقدار ضریب همبستگی برای وزن بوته بود. در واقع می‌توان گفت شبکه عصبی مصنوعی مدل مناسبی را برای پیش‌بینی وزن بوته ارائه نکرده است (شکل ۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰- بررسی همبستگی وزن غلاف، وزن بوته، تعداد شاخه و قطر ساقه پیش‌بینی شده (در مرحله آزمون) و اندازه‌گیری شده.

Figure 10. Correlation between predicted (for test) and measured weight of pod, weight of bush, amount of branch and stem diameter.

نتیجه‌گیری

با افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی و افزایش تراکم کشت ارتفاع ساقه افزایش یافت. با افزایش مصرف نیتروژن و کاهش تراکم کشت تعداد غلاف افزایش یافته است. با کاهش تراکم بوته وزن غلاف‌های بوته افزایش یافته است. با افزایش کود نیتروژن مصرفی و کاهش تراکم وزن بوته افزایش یافت. با افزایش کود نیتروژن مصرفی و کاهش تراکم تعداد شاخه افزایش یافت. با افزایش کود نیتروژن مصرفی و کاهش تراکم کشت سویا قطر ساقه افزایش یافت. تعداد غلاف بوته در مصرف کود ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم از نظر آماری تفاوت چندانی نداشت. در تراکم ۱۵۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار، وزن غلاف از نظر آماری تفاوت نداشت، این در حالی است که در تراکم ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار این مقدار به شکل قابل توجهی بالاتر بود. عملکرد سویا به مقدار زیادی تحت تأثیر وزن و تعداد غلاف است، هرچند که وزن غلاف در تراکم کم بسیار بیشتر بود، اما ممکن است در تراکم بالا به‌دلیل بیشتر بودن تعداد بوته، مشکل کم بودن وزن غلاف در تراکم پایین رفع شود. قطر ساقه در نیتروژن دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از نظر آماری تفاوت چندانی نداشتند. از آنجایی که در تعداد غلاف و قطر ساقه مقدار کود ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار چندان تفاوتی ندارد، برای انتخاب بین این دو مقدار، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای پایین آوردن هزینه و استفاده کمتر از کود مناسب‌تر است. با افزایش کود نیتروژن مصرفی عملکرد دانه افزایش یافت و با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه افزایش یافته است. هرچند در تراکم های بالا اجزای عملکرد دچار کاهش می‌شوند، اما تعداد بالاتر بوته در

www.SID.ir

Archive of SID

تراکم‌های بالا این نقصان را جبران کرده و عملکرد دانه را افزایش خواهد داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت شبکه عصبی با توپولوژی ۷-۲۰-۲ دارای بیشترین ضریب تبیین و کمترین مقدار خطا بود. شبکه بیشترین بازده را برای پیش‌بینی عملکرد سویا و کمترین بازده را برای تعداد شاخه پیش‌بینی کرد. بنابراین بدون انجام عملیات زراعی و صرف هزینه و وقت فراوان با شبکه عصبی پیش‌بینی لازم در خصوص عملکرد سویا انجام می‌شود.

منابع

1. Anajafi, M., and Farnia, A. 2008. Effect of plant densities on morphological characteristics and seed yield of soybean genotypes in markazi province. New Fin. In. Agri., 2(2): 107-115. (In Persian)
2. Babaei Aghdam, J., Abdi, M., Seyfzadeh, S., and Khiavi, M. 2009. The effect of nitrogen fertilizer and bush density on seed yield and yield components of azargol sunflower cultivar in Takestan region, Iran. Agro. J. (J. new. Agric. Sci.)., 4(14): 1-12. (In Persian)
3. Bagheri, S., Gheysari, M., Ayoubi, S., and Lavaee, N. 2012. Silage maize yield prediction using artificial neural networks. J. Pla. Prod. (J. Agric. Sci. Nat. Res.)., 19(4): 77-95.
4. Buttery, B.R. 1969. Effects of plant population and fertilizer on the growth and yield of soybeans. Can. J. Plant Sci., 49(6): 659-673.
5. Dai, X., Huo, Z., and Wang, H. 2011. Simulation for response of crop yield to soil moisture and salinity with artificial neural network. Fied. Crop. Res., 121: 441-449.
6. Danesh Shahraki, A.A.R., Kashani, A., Mesgarbashi, M., Nabipour, M., and Kouhi Dehkordi, M. 2008. The effect of plant densities and time of nitrogen application on some agronomic characteristic of rapeseed. Agron. J. Pajohesh and Sazandegi., 21(2): 10-17. (In Persian)
7. Daneshmand, A.R., Nickhah Kuchaksarayy, H., Goldoust Khorshidi, M., and Moradpoor, S. 2012. Study of the quantitative and qualitative yield of rapeseed (*Brassica napus* l. var hyola 401) in different rates of nitrogen and plant density conditions. J. Res. Crop. Sci., 4(16): 103-116. (In Persian)
8. Hosseini, S.M.T., Sioseh Mardeh, A., Fathi, P., and Sioseh Mardeh, M. 2007. Application of artificial neural network (ANN) and multiple regressions for estimating assessing the performance of dry farming wheat yield in ghorveh region, kurdistan province. Agric. Res., 7(1): 41-54.
9. Janbazi Roudsari, A., Ashouri, M., and Amiri, E. 2015. Effect of foliar application of methanol and nitrogen on yield and yield components of soybean in Guilan weather conditions. J. Plant Ecophysiol., 7(20): 1-14. (In Persian)
10. Kashfi, S.M.H., Majnoun Hosseini, N., and Zeinali Khaneghah, H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. Iran J. Pul. Res., 1(2): 11-20. (In Persian)
11. Kaul, M., Hill, R.L., and Walthall, C. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. Agric. Syst., 85: 1-18.
12. Khademhamzeh, H.R., Karimie, M., Rezaie, A., and Ahmadie, M. 2004. Effect of plant density and planting date on agronomic characteristics, yield and yield components in soybean. Iran. J. Agric. Sci., 35(2): 357-367. (In Persian)
13. Khaje pour, M.R. 2004. Industrial Plants. University Jihad of Isfahan, Pp: 93-123.
14. Mazloom, P., Sam Daliri, M., and Khodabandeh, N. 2009. Effects of nitrogen and plant density on yield and yield components of different rape seed

www.SID.ir

Archive of SID

(*Brassica napus*) cultivars. Iran. J. Agr. Plant Breed., 5(1): 85-97. (In Persian)

15. Momeni Fili, P., Khoorgami, A., and Sayyah Far, M. 2014. Effect of vermicompost biofertilizer and plant density on the yield and yield components soybean in khorramabad. Crop Physiol. J., 6(23): 113-127. (In Persian)
16. Peyman, L., Mahmoudi, A., Abdollahpor, S., Moghaddam, M., and Ranabonab, B. 2012. Controlling spray particle size using artificial neural networks. J. Sust. Agric. Prod. Sci., 21(4): 75-84.
17. Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., and Moradi, R. 2010. The effect of application of chemical and organic fertilizers on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* l.) in different plant densities. J. Agr., 2(2): 256-262. (In Persian)
18. Sharifi, M., Rafiei, S., Keyhani, A., and Omid, M. 2010. Kinetic model simulation of thin-layer drying of orange fruit (var. thompson) using artificial neural network. Ira J. Food. Sci. Technol., 7(1): 39-49.
19. Soroush, M., Ashori, M., and Amiri, A. 2015. Effect of foliar application of nitrogen and zinc on the yield and yield components of soybeans. J. Plant Ecophysiol., 6(19): 18-29. (in Persian)
20. Tavakoli, A., Ansary, M.H., Khorshidi Benam, M.B., and Asadi Rahmani, H. 2012. Yield response of soybean (*Glysin max* .l) cultivars to plant population in Bilehsavar region. First National Conference Modern Topic in Agriculture. Saveh, Iran. (In Persian)

www.SID.ir