واکنش عملکردهای دانه، روغن و کارایی زراعی فسفر گیاه سویا به مصرف نواری نیتروژن با فسفر تحت تنش رطوبت

فراست صادقی[۱] و محمدعلی ابوطالبیان[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۱)

چکیده

به‌منظور مطالعه عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی زراعی فسفر در گیاه سویا تحت تأثیر مصرف نواری نیتروژن با فسفر در شرایط تنش رطوبتی، آزمایشی در سال ۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول تنش رطوبتی شامل سه سطح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر بود که در کرت‌های اصلی قرار داده شد و در کرت‌های فرعی نیز دو عامل نیتروژن (در دو سطح مصرف نواری و مصرف پخش) و فسفر (در دو سطح مصرف نواری و عدم مصرف) به‌صورت فاکتوریل قرار گرفتند. نتایج نشان داد با مصرف نواری نیتروژن تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف به‌ترتیب ۸ و ۱۶/۲۱ درصد افزایش یافت. مصرف نواری نیتروژن با فسفر عملکرد دانه را نسبت به مصرف پخش نیتروژن با فسفر ۱۱/۴ درصد افزایش و به ۳۸۵۵/۸ کیلوگرم در هکتار رسانید. مصرف نواری نیتروژن در سطوح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، کارایی زراعی فسفر را به‌ترتیب ۱۴/۳، ۲۷/۶ و ۳۵/۴ درصد افزایش داد. عملکرد روغن نیز در مصرف همزمان نیتروژن با فسفر نسبت به مصرف فسفر به‌تنهایی در سطح آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر افزایش معنی‌داری به‌میزان ۱۹/۷ درصد نشان داد. به‌طور کلی مصرف نواری نیتروژن و فسفر در تمامی سطوح آبیاری عملکرد دانه و روغن را افزایش داد و سبب کاهش اثر منفی تنش رطوبتی بر سویا شد.

واژه‌های کلیدی: دانه در غلاف، درصد روغن، غلاف در بوته

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: aboutalebian@yahoo.com

مقدمه

گیاه سویا (*Glycine max* L.) با دارا بودن ۲۵-۱۸ درصد روغن، ۵۰ -۳۰ درصد پروتئین، تولید کنجاله مرغوب، دارا بودن انواع ویتامین و همچنین به‌دلیل قابلیت بالای هضم روغن آن و وجود اسیدهای چرب غیر اشباع، از اهمیت ویژه‌ای در تغذیه انسان، دام، طیور و مصارف متعدد صنعتی برخوردار است (۲۵). بر اساس آمار سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد سطح زیر کشت سویا در ایران طی سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵معادل ۸۳ هزار هکتار با تولید حدود ۲۰۰ هزار تن بوده است (۷).

بیش از ۸۲ درصد زمین‌های زراعی کشور ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع است و لذا کمبود رطوبت در این نواحی مهم‌ترین عامل کاهنده عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شود (۲۴). تنش رطوبت در هر یک از مراحل مختلف رشد گیاهان موجب کاهش جذب آب، عناصر غذایی، کاهش نقل و انتقال عناصر در گیاه و درنهایت کاهش عملکرد دانه یا محصول نهایی می‌شود (۲۹). در مطالعه‌ای که در مورد اثر تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد سویا انجام شد، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که افزایش شدت تنش به‌ویژه در مراحل زایشی، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن شد (۶). در پژوهش دیگری نیز گزارش شد که آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد دانه سویا را به‌ترتیب ۲۸ و ۵۴ درصد کاهش داد (۱). تنش خشکی، علاوه بر اثرات منفی بر رشد و عملکرد گیاه، بر فراهمی عناصر غذایی در خاک نیز مؤثر است، به‌ویژه فسفر که انتشار آن در خاک، وابستگی زیادی به رطوبت خاک دارد (۳۵). در این بین شیوه صحیح استفاده از عناصر غذایی خود می‌تواند در بهبود جذب عناصر غذایی گیاهان تحت تنش رطوبت کمک کند (۴۰). در شرایط کمبود رطوبت خاک، کاهش دسترسی به عناصر غذایی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودیت رشد گیاه به‌شمار می‌آید (۲۶). از طرفی در سال‌های اخیر افزایش روز افزون قیمت کودهای شیمیایی در جهان، آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک در اثر مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، ضرورت بازنگری در نحوه مصرف این دسته از نهاده‌های شیمیایی را ایجاب کرده است، به‌طوری که امروزه استفاده از روش‌های صحیح کوددهی، به‌عنوان راهکاری مؤثر در کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی مطرح شده است (۲۰). در روش‌های مرسوم، کودهای پایه نیتروژن و فسفر را در سطح مزرعه پخش و با عمل دیسک‌زنی با خاک مخلوط می‌کنند. با توجه به آهکی و قلیایی بودن اغلب خاک‌های ایران، این روش کارایی مصرف کودها را به‌شدت کاهش می‌دهد. بنابراین یکی از روش‌های کاهش هدرروی کودها این است که آنها را به‌صورت نواری مصرف کرد (۲۰). پژوهش‌ها نشان داده است که با کاهش سطح تماس ذرات کودها با خاک، تثبیت آن درون خاک کاهش یافته و کارایی آن افزایش می‌یابد که این موضوع به‌ویژه در مصرف کودهای فسفره اهمیت بالایی دارد (۴). در یک پژوهش گزارش شد که کاربرد نواری فسفر، در تنش رطوبتی خفیف و شدید (آبیاری پس از ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) عملکرد دانه ذرت را هفت درصد افزایش داد (۲). از آنجا که فسفر عنصری مهم و پرمصرف در گیاهان است و تحرک آن به‌ویژه در خاک‌های آهکی بسیار کم است، کاهش اسیدیته خاک می‌تواند سبب افزایش جذب آن شود (۳۸). در پژوهش‌های متعدد به توانایی کودهای نیتروژنی در کاهش اسیدیته خاک در محدوده مصرف آنها در خاک، اشاره شده است (۱۵). در پژوهشی گزارش شد که کاربرد نواری سولفات آمونیوم و سوپرفسفات تریپل نسبت به پخش سطحی، علاوه‌بر افزایش ۱۴ درصدی عملکرد گیاه ذرت، باعث افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن و روی شد. این پژوهشگران بیان داشتند که سولفات آمونیوم با آزادسازی H^+ منجر به اسیدی شدن ریزوسفر شده و از این طریق باعث افزایش جذب فسفر و عناصر غذایی شده است (۱۹).

جای‌گذاری کودهای مختلف در عمق مناسب، سبب جذب بهتر عناصر غذایی، افزایش کارایی و کاهش مصرف کودها، کاهش رشد علف‌های هرز و افزایش عملکرد نهایی گیاه می‌شود (۲۳). این روش در مورد نیتروژن نیز حائز اهمیت

است؛ زیرا گیاه سویا برای برقراری رابطه همزیستی با باکتری‌های ریزوبیوم در ابتدای فصل رشد به نیتروژن آغازگر نیاز دارد (۳۳) و هرچقدر در مراحل اولیه رشد، دسترسی گیاه به نیتروژن آغازگر بیشتر باشد نتیجه بهتری خواهد داشت (۳۷). در بررسی اثر کود آغازگر نیتروژن بر عملکرد سویا گزارش شد که مصرف ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن تحت کاربرد ریزوبیوم، نسبت به مصرف منفرد کود ریزوبیوم، وزن هزار دانه و عملکرد دانه سویا را افزایش داد (۳۲). در پژوهشی دوساله نیز گزارش شد که کاربرد نواری نیتروژن و فسفر نسبت به کاربرد پخش آنها، علاوه‌بر افزایش جذب این عناصر، عملکرد دانه ذرت را در سال اول و دوم پژوهش، به‌ترتیب ۱۴ و ۲۵ درصد افزایش داد (۱۹). با توجه به اینکه در شرایط تنش رطوبتی دسترسی گیاه به عناصر غذایی به‌ویژه فسفر مختل می‌شود و مصرف نیتروژن آغازگر نیز در سویا ضروری است، در پژوهش حاضر اثر کاربرد همزمان کودهای نیتروژن و فسفر به‌صورت نواری، تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی، بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، عملکرد روغن و کارایی زراعی فسفر گیاه سویا ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا، با اقلیمی نیمه‌خشک و سرد، میانگین بارش سالیانه ۳۳۳ میلی‌متر و متوسط دمای ۲۴ درجه سلسیوس در گرم‌ترین ماه سال) به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول تنش رطوبتی شامل سه سطح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A (به‌ترتیب حدود ۳۰، ۵۰ و ۷۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک محل آزمایش) که در کرت‌های اصلی اعمال شد (۱ و ۲). در کرت‌های فرعی نیز دو عامل نیتروژن (در دو سطح مصرف نواری و مصرف پخش) و کود فسفر (در دو سطح مصرف نواری و عدم مصرف) به‌صورت فاکتوریل قرار گرفتند. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری) در (جدول ۱) ذکر شده است.

هر واحد آزمایشی شامل شش خط کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و طول پنج متر و تراکم کشت ۴۰ بوته در مترمربع بود. کشت بذرها در دهم خرداد انجام شد. اعمال تیمارهای مربوط به تنش رطوبتی از مرحله چهار تا شش برگی آغاز شد. برای محاسبه مقدار آب لازم در هر آبیاری از رابطه ۱ استفاده شد (۲۱) و با کنتور حجمی اعمال شد.

$$d = (Fc-P0)/100 \times AS \times D \qquad (1)$$

d= ارتفاع آب آبیاری (سانتی‌متر)

FC= درصد رطوبت وزنی خاک در مرحله ظرفیت زراعی (۲۸/۵ درصد)

P0= درصد رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری

AS= وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۴۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب)

D= عمق توسعه یا گسترش ریشه (۴۰ سانتی‌متر)

با ضرب کردن ارتفاع (d) در عدد ۱۰۰، حجم آب مورد نیاز برحسب مترمکعب در هکتار مشخص شد. دفعات آبیاری در تیمارهای ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب ۱۲، ۱۰ و ۷ بار بود.

کود نیتروژن به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره استفاد شد که در تیمارهای مصرف نواری نیتروژن، ۲۰ کیلوگرم آن به‌صورت نواری در کنار کود فسفات به‌کار رفت و مابقی به‌صورت پخش بلافاصله بعد از کاشت در کرت‌ها مصرف شد. در تیمارهایی که مصرف نواری کودها وجود داشت کودهای فسفات و نیتروژن در هنگام کاشت به فاصله سه سانتی‌متر زیر و سه سانتی‌متر کنار بذرها، توسط بیلچه قرار گرفتند. کود فسفات مطابق نتایج آزمون خاک به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل تأمین شد. رقم سویای مورد کاشت M9 بود. این رقم زودرس و از گروه رسیدگی دو، رشد

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

رس	سیلت	شن	نیتروژن کل	کربن آلی	بافت خاک	فسفر	پتاسیم	اسیدیته	هدایت الکتریکی
(٪)						(mg/kg)			(dS/m)
۱۴	۲۵	۶۰	۰/۰۱	۰/۷۲	لوم شنی	۶/۱	۱۶۰	۷/۹	۰/۴۰۹

نامحدود و چند شاخه است که از مرکز تحقیقات دانه‌های روغنی همدان تهیه شد. در این پژوهش از مایه تلقیح حاوی باکتری *Bradyrhizobium japonicum* استفاده و قبل از کاشت با بذرها تلقیح شد. این کود که نیز از مرکز تحقیقات دانه‌های روغنی همدان تهیه شد، به شکل مایع بوده و در هر میلی‌لیتر آن ۱۰۱۱ × ۸/۵ سلول زنده و فعال باکتری وجود داشت. در طول فصل رشد، طی دو مرحله (۱۵ و ۳۰ روز پس از کاشت) مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد و آفت یا بیماری خاصی مزرعه را تهدید نکرد. برای اندازه‌گیری عملکرد زیستی و عملکرد دانه، برداشت از سطح سه مترمربع از هر کرت در ۲۰ مهر انجام شد. برداشت بوته‌ها زمانی صورت گرفت که رنگ آنها کاملاً زرد شده و پس از قطع کامل آبیاری، رطوبت دانه‌ها به‌طور میانگین به حدود ۱۵ درصد رسیده بودند. برای اندازه‌گیری صفاتی نظیر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه از متوسط اعداد به‌دست آمده از ۱۰ بوته در هر کرت استفاده شد. برای اندازه‌گیری درصد روغن، از هر واحد آزمایشی تعداد ۱۰۰ دانه نمونه‌برداری شد و پس از انتقال به آزمایشگاه، درصد روغن آنها توسط سوکسله اندازه‌گیری شد. عملکرد روغن نیز از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست آمد. برای محاسبه کارایی زراعی فسفر (kg/kg) نیز از فرمول زیر استفاده شد

(۱)

$$\text{کارایی زراعی فسفر} = \frac{\text{عملکرد دانه در تیمار شاهد} - \text{عملکرد دانه در تیمار کودی}}{\text{میزان کود مصرفی فسفات}}$$

استفاده شد (۳۰). تجزیه و تحلیل داده‌ها بعد از اطمینان از نرمال بودن باقیمانده داده‌ها، بر اساس مدل آماری طرح، با نرم‌افزار SAS Ver. 9/1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد صورت گرفت. رسم شکل‌ها نیز به کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تعداد غلاف در بوته سویا در سطح پنج درصد تحت تأثیر تنش رطوبتی و در سطح یک درصد تحت تأثیر مصرف نواری نیتروژن و مصرف فسفر قرار گرفت (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های تعداد غلاف در بوته نشان داد که تنش رطوبتی اثر منفی بر این صفت دارد، به‌طوری که با افزایش تنش وارده بر بوته‌ها از ۶۰ به ۹۰ و از ۹۰ به ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، تعداد غلاف‌ها در هر بوته به‌ترتیب ۷/۳۷ و ۵/۶ درصد کاهش یافت و کمترین مقدار این صفت از دور آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد (جدول ۳). با افزایش شدت تنش خشکی، رشد و فتوسنتز گیاه کاهش یافته و در پی آن رشد زایشی گیاه نیز تحت تأثیر قرار گرفته و تعداد غلاف‌های سویا کاهش یافته است. همچنین در شرایط تنش خشکی، کمبود آب در مرحله زایشی با کاهش قدرت مقصد در جذب مواد نورساختی، موجب کاهش شمار گلچه‌های بارور می‌شود (۱۶). نتایج یک پژوهش نشان داد که با افزایش شدت تنش رطوبتی بر گیاه سویا (زمانی که ۷۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک تخلیه شود)، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت (۱۷). نتایج حاکی از آن بود که بیشترین تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر اثرات اصلی تیمارهای کودی، از مصرف نواری فسفر و نیتروژن حاصل شد (جدول ۳). به‌طوری که مصرف نواری نیتروژن و فسفر نسبت

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با عملکرد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	درصد روغن	عملکرد روغن
بلوک	۲	۲۴/۵۲**	۱/۶۵**	۷۰۱/۸۷**	۷۰۹۷/۳۰^{ns}	۱۲۱۵۲۸**	۵/۲۸^{ns}	۳۵۴/۳۴**
تنش خشکی(خ)	۲	۱۷/۶۹*	۰/۸۶**	۳۱۹/۶*	۳۷۸۶۳/۶۹**	۲۸۲۸۲۲**	۲/۷۹^{ns}	۱۰۶۴/۲۳**
خطای اصلی	۴	۱/۱۹	۰/۰۳	۳۵/۹۳	۱۷۸۸/۲۶	۳۹۹۰	۱/۸۷	۲۱/۳۴
نیتروژن (ن)	۱	۳۰/۲۵**	۱/۱۵**	۳۹۹/۷۳**	۳۶۲۰۷/۷۴**	۵۳۱۲۲**	۳۵/۴۴**	۳۳۳۰/۳۴**
فسفر (ف)	۱	۲۶/۶۹**	۰/۳۹*	۱۸۶۵/۹۵**	۳۳۲۲۴/۷۸**	۵۴۷۰۸**	۷۱/۴۴**	۴۵۵۲/۴۵**
خ × ن	۲	۰/۵۸^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۸/۹۶^{ns}	۲۳۶۴/۸۵**	۹۲۹۴*	۰/۶۷^{ns}	۱۲۳/۶۳**
خ× ف	۲	۰/۳۶^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۲۵۱/۲۱*	۵۱۳۳/۷۲**	۳۹۶۵^{ns}	۴/۸۵^{ns}	۳۶۶/۳۴**
ن × ف	۱	۱/۳۶ ^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۷۶/۶۷^{ns}	۱۵۹۲/۵۷*	۱۱۶۳۹*	۲/۲۶^{ns}	۲۱۴/۱۹**
خ × ن × ف	۲	۱/۶۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۳۰۴/۹۳*	۵۵۸/۲۲^{ns}	۱۰۴۳۲*	۶/۸۹*	۴۹/۲۱*
خطای فرعی	۱۸	۰/۵۶	۰/۰۷۳	۸۵/۳	۳۸۵/۰۱	۲۰۶۸	۱/۹۳	۹/۵۹
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۱۸	۱۱/۲۴	۴/۴۳	۵/۸۴	۴/۴۵	۷/۲۵	۴/۱۵

*، ** و ns به‌ترتیب، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی سویا تحت تأثیر تنش رطوبتی، نیتروژن و فسفر

فاکتورهای مورد بررسی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف
تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر)		
۶۰	۱۹/۲۵^{a}	۲/۶۶^{a}
۹۰	۱۷/۸۳^{b}	۲/۴۳^{a}
۱۲۰	۱۶/۸۳^{c}	۲/۱۲^{b}
نیتروژن		
مصرف نواری	۱۸/۸۸^{a}	۲/۵۸^{a}
مصرف پخش	۱۷/۰۵^{b}	۲/۲۲^{b}
فسفر		
مصرف نواری	۱۸/۸۳^{a}	۲/۵۱^{a}
عدم مصرف	۱۷/۱۱^{b}	۲/۰۳^{b}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح پنج درصد هستند.

به عدم مصرف آنها، تعداد غلاف در هر بوته را به‌ترتیب ۸ و ۱۰ درصد افزایش دادند. برخی پژوهشگران معتقدند که جای‌گذاری کودها از جمله فسفر و نیتروژن در زیر بذرها، موجب تغییر ساختار و مورفولوژی ریشه‌ها می‌شود، به‌طور مثال طول ریشه و محل تجمع ریشه‌های مویین در محل مصرف نواری کود، تغییر یافته تا گیاه بتواند عناصر بیشتری جذب کند. در واقع رشد ریشه، بیشتر در محل جای‌گذاری فسفر متمرکز می‌شود تا گیاه بتواند به‌خوبی از منابع غذایی موجود، استفاده کند (۱۲). به‌نظر می‌رسد مصرف نواری نیتروژن از طریق کاهش میزان آبشویی نیتروژن سبب جذب بیشتر این عنصر در گیاه شده باشد (۱۸).

با وجود اینکه در پژوهش حاضر برهم‌کنشی بین شیوه مصرف نیتروژن و تنش رطوبت بر تعداد غلاف در بوته وجود نداشت (جدول ۲)، اما در یک پژوهش گزارش شده است که افزایش مصرف کود نیتروژن در گیاه کلزا از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تحت شرایط تنش خشکی (قطع آبیاری در مراحل گل‌دهی، تشکیل غلاف و پر شدن دانه)، تعداد غلاف در بوته و تعداد بذر در غلاف را افزایش داد و بیشترین تعداد غلاف در بوته از مصرف کود نیتروژن و عدم تنش خشکی (آبیاری کامل) حاصل شد (۳).

عنصر غذایی فسفر، علاوه‌بر نقش در فرایندهای انرژی‌خواه در گیاه، نقش مهمی در مرحله زایشی گیاهان ایفا می‌کند؛ به‌طوری که این عنصر، با افزایش تعداد گل‌های بارور در گیاه، تعداد دانه و میوه را در گیاهان افزایش می‌دهد. (۲۰). در یک پژوهش گزارش شد که افزایش مصرف کود فسفر (سطوح صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، باعث افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف سویا شد (۳۱).

تعداد دانه در غلاف

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تعداد دانه در غلاف در سطح یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی تنش رطوبتی و مصرف نواری نیتروژن و در سطح پنج درصد تحت تأثیر مصرف نواری فسفر قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تعداد دانه تحت تأثیر تنش رطوبتی نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف سویا از آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد که البته تفاوت معنی‌داری با آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر نشان نداد. کمترین تعداد دانه در غلاف نیز از آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد که نسبت به آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر، تعداد دانه در غلاف را حدود ۲۰ درصد کاهش داد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های این صفت تحت تأثیر مصرف کودها نیز نشان داد که تعداد دانه در غلاف با مصرف نواری نیتروژن و کاربرد فسفر به‌ترتیب ۱۶/۲ و ۲۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). با توجه به اینکه تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر کارایی گرده‌افشانی قرار دارد (۵)، به‌نظر می‌رسد که مصرف نواری نیتروژن منجر به جذب بهتر فسفر(۱۹)، بهبود همزیستی گیاه با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و افزایش کارایی گرده‌افشانی شده است (۲۸).

برخی از پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که کاربرد نواری کودها، جذب عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهد (۱۲). در پژوهشی روی ذرت گزارش شده است که در شرایط تنش شدید رطوبت (آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) کاربرد نواری فسفر نسبت به پخش سطحی آن، تعداد دانه در بلال را افزایش داد (۲). در بررسی تأثیر عنصر غذایی فسفر و نوع روش کاربرد کودهای فسفره در کاهش اثرات منفی تنش خشکی، گزارش شد که مصرف کودهای فسفره با افزایش رشد ریشه و افزایش فتوسنتز گیاه تحت شرایط تنش خشکی، وزن دانه، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه باقلا را افزایش داد. همچنین روش کاربرد نواری کود نسبت به پخش سطحی آن، تأثیر بیشتری بر بهبود این صفات داشت؛ به‌طوری که کاربرد ۵۲ کیلوگرم در هکتار کود فسفات به‌روش نواری، بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد (۳۵).

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس‌ها نشان داد که وزن هزار دانه سویا، در سطح یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی و در سطح پنج درصد تحت تأثیر برهم‌کنش دوگانه تنش رطوبتی × فسفر و برهم‌کنش سه‌گانه تنش رطوبت × شیوه مصرف نیتروژن × فسفر قرار

جدول ۴. مقایسه میانگین وزن هزار دانه، عملکرد زیستی، درصد و عملکرد روغن تحت تأثیر برهم‌کنش تنش رطوبتی و مصرف نواری نیتروژن با فسفر

تیمارها	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
S۱N۱P۱	۱۹۸/۲۴^{a}	۱۲۷۹۶/۵۲^{a}	۲۲/۳۷^{b}	۹۹۶/۶^{a}
S۱N۱P۲	۱۹۰/۰۸^{ab}	۱۲۲۴۵/۱۸^{b}	۲۱/۷۹^{b}	۹۳۸/۲^{ab}
S۱N۲P۱	۱۸۷/۸۵^{b}	۱۲۲۵۶/۸۰^{b}	۱۹/۴۸^{c}	۸۳۲/۳^{b}
S۱N۲P۲	۱۷۳/۶۰^{c}	۹۹۸۵/۶۸^{de}	۱۷/۲۴^{d}	۵۱۲/۲^{de}
S۲N۱P۱	۱۸۵/۵^{b}	۱۰۶۳۸/۱۴^{c}	۲۳/۱۰^{ab}	۹۰۶/۹^{ab}
S۲N۱P۲	۱۷۹/۵۲^{bc}	۹۹۳۶/۸۶^{e}	۲۱/۶۰^{b}	۶۹۰^{c}
S۲N۲P۱	۱۸۱/۸۴^{b}	۱۰۱۴۱/۸۰^{d}	۲۱/۰۹^{bc}	۷۸۳/۶^{bc}
S۲N۲P۲	۱۵۸/۰۱^{d}	۹۳۱۹/۲۵^{f}	۱۹/۳۸^{cd}	۵۶۰^{d}
S۳N۱P۱	۱۷۲/۱۹^{c}	۹۱۷۰/۸۶^{f}	۲۴/۶۶^{a}	۷۸۷/۵^{bc}
S۳N۱P۲	۱۶۴/۲۶^{d}	۸۷۱۴/۲۱^{g}	۲۱/۷۹^{b}	۶۴۵/۷^{cd}
S۳N۲P۱	۱۶۸/۵۶^{d}	۸۵۳۱/۸۱^{g}	۲۰/۱۳^{c}	۷۲۹/۹^{c}
S۳N۲P۲	۱۴۵/۲۲^{e}	۷۹۹۰/۰۹^{h}	۱۸/۶۶^{d}	۴۰۴/۸^{e}

S۱، S۲ و S۳ به‌ترتیب آبیاری بعد از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، N۱: مصرف نواری نیتروژن، N۲: مصرف پخش نیتروژن و P۱: مصرف نواری فسفر و P۲: عدم مصرف فسفر. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند.

گرفت (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه از مصرف نواری نیتروژن با فسفر و آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد و کمترین مقدار این صفت مربوط به تیمار مصرف پخش نیتروژن و عدم کاربرد فسفر در آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر بود. در سطوح آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، مصرف نواری نیتروژن با فسفر (صورت همزمان)، نسبت به مصرف فسفر به‌تنهایی وزن هزار دانه را به‌ترتیب ۵/۵ و ۲/۱ درصد افزایش داد (جدول ۴). این نتیجه می‌تواند بیانگر دو موضوع باشد اول اینکه مصرف نواری این دو عنصر می‌تواند اثر هم‌افزایی داشته باشد و دوم اینکه مصرف این کودها به‌صورت نواری، از شدت اثرات منفی تنش رطوبتی بر رشد گیاه، کاسته است. نتایج یک پژوهش نشان داد که بین میزان جذب فسفر در ریشه و محتوی نیتروژن اندام هوایی رابطه مستقیمی وجود دارد. بنابراین با افزایش مصرف کودهای فسفری، جذب نیتروژن بهبود یافته است (۱۴).

گزارش شده است که بیشترین وزن صد دانه ذرت از کاربرد نواری فسفر و دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد و کاربرد نواری فسفر، در تنش رطوبتی خفیف و شدید (آبیاری پس از ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) وزن صد دانه را افزایش داد. همچنین در پژوهش مورد اشاره گزارش شد که تنش رطوبتی باعث کاهش وزن صد دانه شد (۲). به‌نظر می‌رسد تنش خشکی روی انتقال جاری و دوباره مواد نورساختی به دانه‌ها تأثیر منفی داشته است و همین امر منجر به چروکیدگی و کاهش وزن دانه‌ها می‌شود (۲۷). در پژوهشی دوساله، بیشترین وزن هزار دانه کلزا از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و آبیاری کامل و کمترین وزن هزار دانه از عدم مصرف کود نیتروژن و قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه‌ها حاصل شد (۳). در پژوهش حاضر نیز به‌نظر می‌رسد که مصرف نواری کودهای نیتروژنی و فسفری، از

طریق کاهش pH ناحیه رایزوسفر سبب جذب بهتر فسفر و سایر عناصر غذایی کم‌تحرک توسط ریشه شده (۱۹) و اثرات منفی تنش خشکی را بر جذب عناصر غذایی کاهش داده است.

عملکرد دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی تنش رطوبتی و مصرف نواری نیتروژن و فسفر در سطح یک درصد بر عملکرد دانه سویا معنی‌دار شد. همچنین برهم‌کنش تنش رطوبتی × مصرف نواری نیتروژن و تنش رطوبتی × مصرف فسفر در سطح یک درصد و برهم‌کنش مصرف نواری نیتروژن × مصرف فسفر در سطح پنج درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه تحت تأثیر برهم‌کنش تنش رطوبت و نیتروژن نشان داد در تمامی سطوح تنش رطوبتی، مصرف نواری نیتروژن، عملکرد دانه سویا را افزایش داد. به‌طوری که در سطوح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، مصرف نواری نیتروژن نسبت به مصرف پخش آن عملکرد دانه را به‌ترتیب ۲۸، ۱۳/۸ و ۲۰ درصد زیاد کرد (جدول ۵). از آنجا که گیاهان خانواده بقولات از جمله سویا، توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را دارا هستند، به‌نظر می‌رسد با مصرف نواری نیتروژن همزیستی ریشه سویا با باکتری‌های برادی‌ریزوبیوم به‌خوبی شکل گرفته است (۹ و ۱۴). در مطالعات دیگری مصرف نیتروژن به‌عنوان کود آغازگر در ابتدای فصل ضروری گزارش شده است (۴۱).

در گندم دیم نیز گزارش شده است که کاربرد نواری کود نیتروژن و فسفر در کنار بذر تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد داشت (۱۳). با توجه به اینکه در شرایط کمبود رطوبت به‌دلیل کاهش گستردگی ریشه، سطح جذب عناصر غذایی از خاک کاهش می‌یابد (۸)، در یک پژوهش اظهار شده است که مصرف نواری کودها در نزدیکی بذر، جذب عناصر غذایی را افزایش داد. این پژوهشگران بیان داشتند که گیاهان این کار را از طریق تغییر ساختار ریشه خود انجام می‌دهند، به‌گونه‌ای که با تنظیم ترشح هورمون اکسین در ریشه، رشد ریشه را به سمت تجمع کود (محل مصرف کود در روش نواری) هدایت می‌کنند و با توجه به نزدیک بودن ریشه به محل کود، کارایی این روش افزایش می‌یابد (۱۰).

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه سویا تحت تأثیر برهم‌کنش تنش و فسفر نیز نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد دانه سویا از تیمار آبیاری ۶۰ میلی‌متر و مصرف نواری فسفر به‌دست آمد (جدول ۵). عنصر غذایی فسفر، نقش مهمی در نقل و انتقالات انرژی و فرآیندهای متابولیسمی گیاه دارد. همچنین این عنصر به بهبود رشد ریشه‌ها کمک می‌کند (۳۴). با توجه به جدول ۵، مصرف نواری فسفر در سطوح آبیاری ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب سبب افزایش ۹، ۲۳ و ۱۶/۸ درصدی عملکرد شد. از آنجا که تحرک فسفر در خاک بسیار کم است (۴) و در شرایط کمبود رطوبت به‌دلیل ضعف انتشار تشدید می‌شود (۱۴) بنابراین درصد افزایش عملکرد با مصرف نواری فسفر در شرایط کمبود رطوبت افزایش بیشتری نشان داد (جدول ۵). بنابراین به‌نظر می‌رسد مصرف نواری کاهش جذب این عنصر را در شرایط کمبود رطوبت تا حد قابل توجهی جبران می کند (۲۰). بر همین اساس در یک آزمایش گلخانه‌ای گزارش شده است که مصرف کود فسفات به میزان ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، تحمل دو رقم سویای مورد بررسی به تنش خشکی را بهبود بخشید و عملکرد دانه آنها را افزایش داد (۱۴). در پژوهشی دوساله روی گندم اظهار شد که کاربرد نواری کودهای فسفاته علاوه‌بر افزایش جذب فسفر از طریق کاهش زیست‌توده گونه‌های مختلف علف‌های هرز به‌میزان ۶۰ تا ۹۰ درصد سبب افزایش عملکرد دانه شد (۲۲).

مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه سویا تحت تأثیر برهم‌کنش نیتروژن و فسفر نیز نشان داد که مصرف نواری همزمان این عناصر غذایی تأثیر مثبتی در افزایش عملکرد دانه داشت و نسبت به مصرف نیتروژن به تنهایی ۱۰/۵ درصد و فسفر به تنهایی ۱۱/۴ درصد عملکرد دانه را افزایش داد (جدول ۶). در واقع کاربرد نواری کودهای فسفاته و نیتروژنی با تحریک رشد ریشه و بهبود میزان همزیستی ریشه سویا با باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن،

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر برهم‌کنش‌های تنش رطوبتی و مصرف نواری نیتروژن (S×N) و تنش رطوبتی و مصرف نواری فسفر (S×P)

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
S۱N۱	۴۳۷۷/۵[a]	S۱P۱	۴۱۶۱/۵[a]
S۱N۲	۳۴۲۱/۶[b]	S۱P۲	۳۸۲۰/۱[b]
S۲N۱	۳۶۰۵[b]	S۲P۱	۳۶۳۷/۶[b]
S۲N۲	۳۱۶۷/۱[c]	S۲P۲	۲۹۵۲[c]
S۳N۱	۳۰۳۲[c]	S۳P۱	۲۹۹۲/۸[c]
S۳N۲	۲۵۲۲/۹[d]	S۳P۲	۲۵۶۲/۱[d]

در هر ستون تیمارهایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، تفاوت معنی‌داری با آزمون LSD در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارد.S۱ ، S۲ و S۳ به‌ترتیب تنش رطوبتی ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، N۱ و N۲ به‌ترتیب مصرف نواری و مصرف پخش کود نیتروژن، P۱ و P۲ به‌ترتیب مصرف نواری کود فسفر و عدم مصرف آن.

جدول ۶. مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر برهم‌کنش مصرف نواری نیتروژن و فسفر

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
N۱P۱	۳۸۵۵/۸[a]
N۱P۲	۳۴۸۷/۱[b]
N۲P۱	۳۴۶۰/۴[b]
N۲P۲	۲۶۱۴[c]

N۱: مصرف نواری نیتروژن، N۲: مصرف پخش نیتروژن و P۱: مصرف نواری فسفر و P۲: عدم مصرف فسفر. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند.

جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد. از طرف دیگر کودهای نیتروژنی با آزادسازی H^+ منجر به اسیدی شدن ناحیه ریزوسفر شده و از این طریق نیز باعث افزایش جذب فسفر و عناصر ریز مغذی روی و آهن می‌شوند (۱۹).

عملکرد زیستی

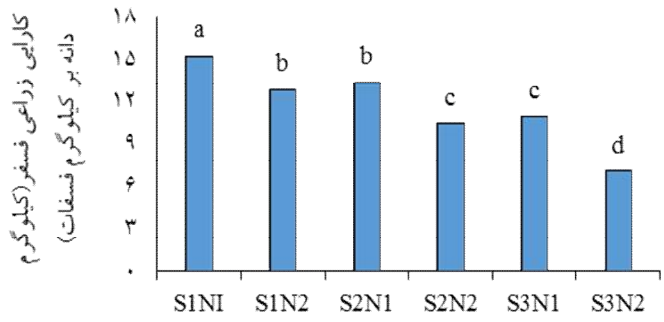
عملکرد زیستی سویا به‌طور معنی‌داری تحت همه اثرات به‌جز برهم‌کنش تنش رطوبت × فسفر قرار گرفت (جدول ۲). در بررسی برهم‌کنش سه گانه تنش رطوبت × شیوه مصرف نیتروژن × فسفر، بیشترین عملکرد زیستی سویا از آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف نواری نیتروژن و فسفر به‌دست آمد. مصرف نواری نیتروژن با فسفر در سطوح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد زیستی سویا را نسبت به مصرف فسفر به‌تنهایی، به‌ترتیب ۴/۴، ۴/۹ و ۷/۵ درصد افزایش یافت (جدول ۴).

بر اساس نتایج یک پژوهش، تنش خشکی، زیست‌توده ارقام مختلف سویا را کاهش داد اما با مصرف کود فسفات به‌میزان ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، اثر منفی تنش کاهش یافته و وزن خشک ساقه، ریشه و زیست‌توده بیشتری تولید شد (۱۴). در یک پژوهش دوساله نیز گزارش شده است که تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد کلزا، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته و عملکرد زیستی کلزا را کاهش داد، اما مصرف کود نیتروژنی (در سطوح ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار)، اثر منفی تنش را کاهش داد و بیشترین وزن خشک گیاه از مصرف ۲۲۵ کیلوگرم

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس کارایی زراعی فسفر

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
بلوک	۲	۳۶۵۷۹۱/۳۴**
تنش خشکی	۲	۴۳۵۴۶۹/۶۵*
خطای اصلی	۴	۴۲۶۱۹/۲۱
نیتروژن	۱	۴۸۸۶۷۵/۷۳**
تنش خشکی × نیتروژن	۲	۳۴۸۹۵/۰۲ *
خطای فرعی	۶	۵۴۴۴/۸۶
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۴۸

*، ** و ns به‌ترتیب، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی‌دار



شکل ۱. کارایی زراعی فسفر تحت تأثیر برهم‌کنش تنش رطوبتی و نیتروژن. S1، S2 و S3 به‌ترتیب آبیاری بعد از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، N1: مصرف نواری نیتروژن و N2: مصرف پخش نیتروژن است. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد هستند.

در هکتار کود نیتروژن و آبیاری نرمال به‌دست آمد (۳).

گزارش شده است کاربرد نواری فسفر با نیترات آمونیوم با افزایش جذب فسفر و نیتروژن از طریق هم‌افزایی باعث افزایش محتوای کلروفیل و سطح برگ گیاه ذرت شد. طبق نتایج پژوهش مذکور، جای‌گذاری این کودها در کنار بذرهای ذرت، افزایش طول ریشه، سرعت رشد برگ‌ها، سرعت رشد محصول و در نهایت افزایش وزن خشک ساقه و ریشه را در پی داشت (۱۵). از سوی دیگر، برتری روش نواری در سطوح مختلف آبیاری را می‌توان به کاهش تثبیت فسفر به‌دلیل تماس کمتر با ذرات خاک و در نتیجه بالا رفتن توان گیاه در جذب این عنصر مهم غذایی دانست (۲۳).

کارایی زراعی فسفر

تنش رطوبتی در سطح پنج درصد و مصرف نواری نیتروژن در سطح یک درصد و همچنین اثرات دوگانه این عامل‌ها در سطح پنج درصد، تأثیر معنی‌داری بر کارایی زراعی فسفر در گیاه سویا داشتند (جدول ۷). مقایسه میانگین‌های کارایی زراعی فسفر تحت تأثیر برهم‌کنش دوگانه تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار کارایی زراعی فسفر از تیمار آبیاری ۶۰ میلی‌متر و مصرف نواری نیتروژن به‌دست آمد. کمترین مقدار کارایی زراعی فسفر نیز مربوط به تیمار آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف پخش نیتروژن بود که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر این نکته است که مصرف نواری کود نیتروژن در سطوح مختلف آبیاری، تأثیر معنی‌داری در افزایش کارایی فسفر داشت به‌طوری که در سطوح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب سبب افزایش ۱۴/۳، ۲۷/۶ و ۳۵/۴

درصد نسبت به مصرف پخش نیتروژن شد (شکل ۱). گزارش شده است که افزایش مصرف کود فسفاته منجر به افزایش کارایی زراعی فسفر در سویا شده است (۳۰)، بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که در پژوهش حاضر مصرف نواری نیتروژن در هر یک از سطوح تنش رطوبتی، توانسته است جذب فسفر را نسبت به شرایط مصرف پخش نیتروژن افزایش دهد که در نهایت منجر به افزایش کارایی زراعی فسفر شده است (شکل ۱). مطالعه میزان جذب و کارایی زراعی فسفر در گیاه عدس متأثر از سطوح مختلف نیتروژن نشان داد که سطوح مختلف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر کارایی زراعی فسفر داشت؛ به‌طوری که با مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌عنوان آغازگر کارایی زراعی گیاه عدس افزایش یافت (۳۶). در پژوهش دیگری نیز گزارش شد که تنش خشکی در ارقام مختلف سویا بر کارایی زراعی فسفر معنی‌دار بوده است و بیشترین عملکرد دانه و بیشترین کارایی زراعی فسفر از آبیاری نرمال به‌دست آمد (۱۴).

درصد و عملکرد روغن

درصد و عملکرد روغن سویا تحت تأثیر اثرات اصلی در سطح یک درصد و برهم‌کنش سه گانه تنش رطوبتی × مصرف نواری نیتروژن × فسفر در سطح پنج درصد قرار گرفتند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد روغن از تیمار آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف نواری نیتروژن و فسفر (۲۴/۶۶ درصد) به‌دست آمد که با تیمار آبیاری ۹۰ میلی‌متر و مصرف نواری نیتروژن و فسفر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در تمامی سطوح آبیاری مصرف همزمان و یا منفرد نیتروژن نواری و فسفر نسبت به عدم مصرف آنها (تیمار شاهد) تأثیر معنی‌داری بر افزایش درصد روغن داشتند. در سطوح آبیاری پس از ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، مصرف نواری نیتروژن و فسفر به‌صورت همزمان نسبت به مصرف فسفر به‌تنهایی، درصد روغن دانه‌ها را به‌ترتیب ۱۴/۸ و ۲۲/۵ درصد افزایش داد. تنش خشکی با کاهش وزن دانه سبب می‌شود که حجم بیشتری از دانه به روغن یا پروتئین اختصاص یابد (۱۴). کمترین درصد روغن (۱۷/۲۴ درصد) نیز از تیمار آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر و عدم مصرف نواری نیتروژن و فسفر به‌دست آمد.

نتایج مقایسه میانگین‌های عملکرد روغن با درصد روغن متفاوت بود؛ بیشترین عملکرد روغن (۹۹۶/۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری ۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف همزمان نیتروژن نواری و فسفر حاصل شد (جدول ۴). با در نظر گرفتن اینکه عملکرد روغن حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن آن است، می‌توان اظهار داشت که علت اصلی بالا بودن عملکرد روغن در ترکیب تیماری یاد شده، بالا بودن عملکرد دانه آن است. کمترین عملکرد روغن (۴۰۴/۸ کیلوگرم در هکتار) نیز مربوط به تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف پخش نیتروژن و عدم کاربرد فسفر بود (جدول ۴) که نشان‌دهنده این است که عدم شرایط مناسب تغذیه‌ای نه تنها درصد روغن دانه‌ها را کاهش داده است؛ بلکه با کاهش عملکرد دانه، عملکرد روغن نیز کاهش یافته است. بر اساس نتایج یک پژوهش، عملکرد روغن کلزا تحت تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن قرار گرفت و با افزایش مصرف نیتروژن از ۷۵ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، درصد و عملکرد روغن افزایش یافت؛ اما مصرف بیشتر نیتروژن (۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) درصد روغن دانه‌ها را کاهش داد (۳). در پژوهش حاضر عملکرد روغن در حالت مصرف نواری نیتروژن با فسفر نسبت به مصرف فسفر به‌تنهایی فقط در سطح آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر افزایش معنی‌داری نشان داد، البته آنچه مسلم است اینکه مصرف نواری و همزمان دو کود نیتروژنی و فسفره سبب شد که عملکرد روغن در هر دو سطح تنش رطوبتی (آبیاری پس از ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر) در حد عملکرد روغن در تیمار عدم تنش رطوبت (آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر) در حالت مصرف هر کدام از کودها، حفظ شود (جدول ۴). نیتروژن نقش مهمی در فرایندهای گیاهی داشته و مصرف متعادل آن می‌تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه و به تبع آن عملکرد روغن داشته باشد به‌ویژه در مورد لگوم‌ها که می‌تواند به‌عنوان آغازگر سبب شکل‌گیری همزیستی مطلوب

باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن با ریشه گیاه باشد. نتایج یک پژوهش نشان داد که مصرف ۴۵ کیلوگرم نیتروژن نسبت به عدم مصرف آن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد روغن دانه‌های سویا داشت (۹). همچنین گزارش شده است که عنصر فسفر نقش ضروری و معنی‌داری در تولید و افزایش روغن در رقم‌های مختلف سویا دارد (۱۱ و ۳۹).

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اغلب صفات مورد بررسی تحت تأثیر برهم‌کنش سه گانه تنش رطوبتی × مصرف نواری نیتروژن × فسفر قرار گرفت. مصرف نواری نیتروژن با فسفر در سطوح مختلف آبیاری، افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی سویا را در پی داشت. بیشترین عملکرد روغن نیز از آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف نواری کودها حاصل شد. بنابراین می‌توان اظهار داشت که مصرف نواری نیتروژن با فسفر، با اثر هم‌افزایی، اثر منفی تنش رطوبتی را کاهش داد و منجر به افزایش عملکرد دانه و روغن سویا شد.

منابع مورد استفاده

1. Aboutalebian, M. A. and M. Khalili. 2014. Effect of arbuscular mycorrhiza and *Bradyrhizobium japonicum* on soybean yield and yield components under water stress. *Iranian Journal of Field Crop Science* 45(2): 169-181. (In Farsi).
2. Aboutalebian, M. A. and N. Fakhimi Paydar. 2016. Response of yield and yield components of corn to phosphate and zinc sulfate fertilizers application methods under water stress. *Iranian Journal of Field Crop Science* 47(1): 53-65. (In Farsi).
3. Ahmadi, M. and M. J. Bahrani. 2009. Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 5: 755-761.
4. Arai, Y. and D. L. Sparks. 2007 Phosphate reaction dynamics in soils and soil minerals: A multiscale approach. *Advanced Agronomy* 94: 135–179.
5. Dafni, A., P. G. Kevan and B. C. Husband. 2005. Practical Pollination Biology. Enviroquest, Ltd., Cambridge, Ontario, Canada.
6. Demirtas, Ç., S. Yazgan, B. N. Candogan, M. Sincik, H. Buyukcangaz and A. T. Goksoy. 2010. Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L. Merrill) to drought stress in sub–humid environment. *African Journal of Biotechnology* 9(41): 6873-6881.
7. Food and Agriculture Organization. 2019. Faostat. www.fao.org/faostat.
8. Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S. M. A. Basra. 2009. Sustainable agriculture. pp. 153-188. *In:* E. Lichtfouse, M. Navarrete, P. Debaeke, S. Véronique, C. Alberola (Ed.), Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. Springer, Dordrecht.
9. Ferreira, A. S., A. A. Balbinot Junior, F. Werner, C. Zucareli, J. C. Franchini and H. Debiasi. 2016. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. *Bragantia* 75(3): 362-370.
10. Giehl, R. F., J. E. Lima and N. Von Wiren. 2012. Localized iron supply triggers lateral root elongation in Arabidopsis by altering the AUX1-mediated auxin distribution. *Plant Cell* 24(1): 33-49.
11. Haq, M. U. and A. P. Mallarino. 2005. Response of soybean grain oil and protein concentrations to foliar and soil fertilization. *Agronomy Journal* 97(3): 910-918.
12. He, Y., H. Liao and X. Yan. 2003. Localized supply of phosphorus induces root morphological and architectural changes of rice in split and stratified soil cultures. *Plant and Soil* 248(1-2): 247-256.
13. Ihsan, M., A. Mahmood, M. A. Mian and N. M. Cheema. 2007. Effect of different method of fertilizer application to wheat after germination under rainfed conditions. *Journal of Agriculture Research* 45(4): 277-281.
14. Jin, J., G. Wang, X. Liu, X. Pan, S. J. Herbert and C. Tang. 2006. Interaction between phosphorus nutrition and drought on grain yield, and assimilation of phosphorus and nitrogen in two soybean cultivars differing in protein concentration in grains. *Journal of Plant Nutrition* 29(8): 1433-1449.
15. Jing, J., Y. Rui, F. Zhang, Z. Rengel and J. Shen. 2010. Localized application of phosphorus and ammonium improves growth of maize seedlings by stimulating root proliferation and rhizosphere acidification. *Field Crops Research* 119(2-3): 355-364.
16. Kafi, M. E., B. Zand, H. Kamkar, R. Sharifi and M. Goldani. 2000. Plant Physiology. Jihad-e Daneshgahi of

Mashhad Publisher, Mashhad. (In Farsi).
17. Khan, M. S. A., J. A. Chowdhury, M. A. Razzaque, M. Z. Ali, S. K. Paul and M. A. Aziz. 2017. Dry matter production and seed yield of soybean as affected by post-flowering salinity and water stress. *Bangladesh Agronomy Journal* 19(2): 21-27.
18. Lemke, R. L., S. P. Mooleki, S. S. Malhi, G. Lafond, S. Brandt, J. J. Shoenau, S. S. Wang, D. Thavarajah, G. Hultgreen and W. E. May. 2009. Effect of fertilizer nitrogen management and phosphorus placement on canola production under varied conditions in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* 89(1): 29-48.
19. Ma, Q., X. Wang, H. Li, H. Li, L. Cheng, F. Zhang and J. Shen. 2014. Localized application of NH_4^+-N plus P enhances zinc and iron accumulation in maize via modifying root traits and rhizosphere processes. *Field Crops Research* 164: 107-116.
20. Malakouti, M. J. 2014. Recommended Fertilizer for Agricultural Products in Iran. Mobaleghan Press, Iran. (In Farsi).
21. Mazaheri, D. and N. Majnoon Hoseini. 2001. Fundamental of Agronomy. Tehran University Press, Tehran. (In Farsi).
22. Melander, B., A. Cirujeda and M. H. Jorgensen. 2003. Effects of inter-row hoeing and fertilizer placement on weed growth and yield of winter wheat. *Weed Research* 43(6): 428-438.
23. Mirza Shahi, K. 2011. Effect of phosphorus fertilizer application on yield and P uptake in the northern Khozestan. *Journal of Crop Physiology* 4(13): 99-114. (In Farsi).
24. Mobini Dehkordi, A. A. 2003. Water supply and water management, appropriate solutions for crisis and water challenges in Future. *Journal of Agricultural Engineering* 2: 54-60.
25. Mohammadi, K., Y. Sohrabi, G. Heidari, S. Khalesro and M. Majidi. 2012. Effective factors on biological nitrogen fixation. *African Journal of Agricultural Research* 7(12): 1782-1788.
26. Nayyar, H. and D. Gupta, 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. *Environmental and Experimental Botany* 58: 106-113.
27. Roshdi, M., H. Heydari Sharifabad, M. Karimi, G. Noor Mohammadi and F. A. Darvish. 2006. Survey on the impact of water deficiency over the seed yield of sunflower and its components. *Journal of Agricultural Sciences* 12(1): 110-120. (In Farsi).
28. Salvagiotti, F., K. G. Cassman, J. E. Specht, D. T. Walters, A. Weiss and A. Dobermann. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. *Field Crops Research* 108(1): 1-13.
29. Sanchez, F. J., E. F. De Ander, J. L. Tenorio and L. Ayerbe. 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (*Pisum sativum* L.) subjected to water stress. *Field Crops Research* 86: 81-90.
30. Shah, P., K. M. Kakar and K. Zada. 2001. Plant nutrition. Pp: 670-671. *In:* W. J. Horst et al. (Ed), Phosphorus use-Efficiency of Soybean as Affected by Phosphorus Application and Inoculation, Springer, Dordrecht.
31. Shahid, M. Q., M. F. Saleem, H. Z. Khan and S. A. Anjum. 2009. Performance of soybean (*Glycine max* L.) under different phosphorus levels and inoculation. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 46(4): 237-241.
32. Shiri Jnagrd, M. and Y. Raei. 2014. Effect of growth-promoting bacteria on soybean nodulation and oil and protein yields. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 24(1): 69-82. (In Farsi).
33. Syverud, T. D., L. M. Walsh, E. S. Oplinger and K. A. Kelling. 1980. Foliar fertilization of soybean (*Glycine max* L.). *Communication Soil Science and Plant Nutrition* 11: 637-651.
34. Tariq, M., G. Rozina, M. Fazal, J. Fazal, H. Zahid, N. Nadia, Kh. Hamayoon and Kh. Hayatullah. 2011. Effect of different phosphorus levels on the yield and yield components of maize. *Sarhad Journal Agriculture* 27: 165-170.
35. Turk, M. A. and A. R. M. Tawaha. 2002. Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* L. minor) in the absence of moisture stress. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 6(3): 171-178.
36. Vatandoust, H., A. Tobeh, H. Barmaki and H. Mostafaei. 2013. Study of the absorption and agronomic response of phosphorus by using different levels of nitrogen, phosphorus and potassium in lentil. *Journal of Agricultural Sciences* 12(1): 110-120. (In Farsi).
37. Walley, F. L., S. K. Boahen, G. Hnatowich and C. Stevenson. 2005. Nitrogen and phosphorus fertility management for desi and kabuli chickpea. *Canadian Journal of Plant Science* 85: 73-79.
38. Walworth, J. L., D. E. Carling and R. G. Gavlak. 1994. Rates and methods of application of nitrogen and phosphorus for commercial field production of head lettuce in Southcentral Alaska. Retrieved August 27, 2018, University of Alaska Fairbanks, from https://www.uaf.edu/files/snre/B100.pdf.
39. Win, M., S. Nakasathien and E. Sarobol. 2010. Effects of phosphorus on seed oil and protein contents and phosphorus use efficiency in some soybean varieties. *Kasetsart Journal, Natural Sciences* 44: 1-9.
40. Wu, F. Z., W. K. Bao, F. L. Li and N. Wu. 2008. Effects of water stress and nitrogen supply on leaf gas exchange and fluorescence parameters of Sophora davidii seedlings. *Photosynthetica* 46(1): 40-48.
41. Zimmer, S., M. Messmer, Th. Haasec, H. P. Piepho, A. Mindermann, H. Schulz, A. Habekub, F. Ordon, K. P. Wilbois and J. Heb. 2016. Effects of soybean variety and Bradyrhizobium strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany. *European Journal of Agronomy* 72: 38–46.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 3, Fall 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Response of Seed and Oil Yields and Phosphorus Agronomic Efficiency of Soybean to Simultaneous Placement of Nitrogen with Phosphorus under Drought Stress

F. Sadeghi[1] and M. A. Aboutalebian[2*]

(Received: December 10-2018; Accepted: February 10-2019)

Abstract

In order to study yield, yield components and agronomic efficiency of phosphorus in soybean affected by simultaneous placement of nitrogen with phosphorus, an experiment was carried out under moisture stress conditions, at Agricultural Research Station of Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran in 2017 in a factorial split plot based on randomized complete block design with three replications. The first factor of moisture stress which was placed in the main plots included three levels of irrigation after 60, 90 and 120 mm evaporation, and two factors of nitrogen (in two levels of placement and no placement) and phosphorus (in two levels of placement and no-application) were appointed to sub plots. The results showed that with nitrogen placement the number of pods per plant and the number of seeds per pod were increased by 8 and 16.21%, respectively. Nitrogen placement with phosphorus increased grain yield by 11.4% compared to non-placement of nitrogen with phosphorus and yielded 3855 kg/ha. Nitrogen placement at irrigation after 60, 90 and 120 mm evaporation increased phosphorus agronomic efficiency by 14.3, 27.6 and 35.4%, respectively. Oil yield was increased by placing nitrogen with phosphorus at irrigation after 60 mm evaporation, by 19.7%, compared to phosphorus alone treatment. In general, nitrogen placing with phosphorus at all irrigation levels increased grain and oil yields and reduced the negative effect of moisture stress on soybeans.

Keywords: Oil percent, Pods per plant, Seeds per pod

1, 2. MSc. Student and Associate Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran.
*: Corresponding Author, Email: aboutalebian@yahoo.com