مقایسه کارایی جذب و مصرف کودهای شیمیایی فسفر توسط گوجه‌فرنگی در شرایط شور

سمیه قاسمی [۱]، نجمه عبادی‌فر [۲] اسماعیل پورجان‌آباد [۲]، سمانه میرحسینی [۲]
۱- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه یزد، ۲- دانشجوی کارشناسی گروه علوم خاک دانشگاه یزد

چکیده
در این پژوهش، به منظور بررسی کارایی مصرف فسفر از دو منبع فسفات‌آمونیوم و سوپرفسفات تریپل توسط گوجه‌فرنگی در شرایط شوری صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد و غلظت فسفر ریشه و شاخساره شد، اما این اثرات منفی شوری به‌طور معنی‌داری با کاربرد کودهای فسفر کاهش یافت. در هر سه سطح شوری مورد مطالعه، کارایی جذب و مصرف فسفر از کود سوپرفسفات‌تریپل به‌طور معنی‌داری بیشتر از کود فسفات‌آمونیوم بود.

واژه‌های کلیدی: فسفر، کارایی جذب و مصرف، شوری

مقدمه
فسفر یکی از مهمترین عناصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاهان می‌باشد که در ساختار اسیدهای نوکلئیک، غشای سلولی و ذخیره‌سازی و انتقال انرژی نقش دارد. با وجود اینکه غلظت فسفر کل در خاک‌های مختلف از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است، اما گیاهان می‌توانند این عنصر را فقط به صورت آنیون‌های یک ظرفیتی $H_2PO_4^{-1}$ یا دوظرفیتی HPO_4^{-2} جذب نمایند که در اغلب موارد غلظت آنها در خاک بسیار کم است (Marschner, ۱۹۹۵). از طرفی، یون‌های معدنی مانند آلومینیوم، آهن و کلسیم و یا اسیدهای آلی، فسفر را در خاك تثبیت میکنند که گیاه نمیتواند این فسفر تثبیت شده را جذب کند. کاهش فعالیت فسفر محلول به دلیل افزایش قدرت یونی محلول خاک و تشکیل کانی‌های کلسیم-فسفر از جمله دلایل کاهش جذب فسفر توسط گیاهان در شرایط شور است (Grattan and Grieve, ۱۹۹۲). بخش قابل توجهی از فسفر مصرف شده از طریق کودهای فسفاته شیمیایی نیز بدلیل تشکیل ترکیبات فوق در خاك، از دسترس گیاه خارج شده و تنها ۲۰ تا ۴۰ درصد آنها قابل جذب خواهند بود. این امر نه تنها موجب اتلاف شدید سرمایه‌های مالی و منابع می‌شود، بلکه مخاطرات زیست‌محیطی قابل ملاحظه‌ای نیز به همراه خواهد داشت. برخی مطالعات نیز نشان داده‌اند که به دلیل پیچیدگی ویژگی شیمیایی فسفر در خاك‌های آهکی و اسیدی، کمتر از ۲۰ درصد کود فسفره مصرفی توسط گیاه برداشت می‌شود و بقیه آن در خاک تثبیت و یا تغییر شکل یافته و به شکل غیر قابل جذب در می‌آید (Korkmaz et al., ۲۰۰۹). بنابراین، بررسی کارایی مصرف عناصر غذایی کودهای شیمیایی مختلف به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف غیر منطقی کودها و توسعه پایدار بخش کشاورزی ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها
این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی به صورت فاکتوریل با سه نوع کود فسفر (بدون کود، ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم از منبع فسفات‌آمونیوم و سوپرفسفات تریپل) در شرایط شوری صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم در سه تکرار، به صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد انجام شد. نمونه‌های خاک مورد استفاده در این مطالعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری منطقه قاسم آباد واقع در استان یزد تهیه گردید و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مطابق با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد. خاک مورد مطالعه دارای بافت سیلتی لومی، پ-هاش ۷/۷، هدایت الکتریکی ۸/۳ دسی‌زیمنس بر متر و ۳۸ درصد کربنات کلسیم بود. همچنین مقدار ماده آلی خاک مورد استفاده در این پژوهش، ۱/۱ درصد و غلظت فسفر قابل جذب آن ۸/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

به منظور کاشت گیاه، ابتدا بذرهای گوجه‌فرنگی رقم رانی (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cvs. Rani) توسط آب اکسیژنه یک درصد ضدعفونی شده و سپس در گلدان‌های حاوی سه کیلوگرم خاک تیمار شده با کودهای فسفر کشت شدند. پس از گذشت شش هفته از کشت گیاه، تیمارهای شوری در سه سطح صفر، ۴۰ و ۸۰ میلی‌مولار از منبع کلریدسدیم، نمک غالب در اراضی کشاورزی، به همراه آب آبیاری اعمال گردید. پس از گذشت شش هفته از اعمال تیمارهای شوری، ریشه و شاخساره به‌طور جداگانه برداشت و با آب‌مقطر شسته شدند. نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس در خشک‌کن قرار گرفته و پس از اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و شاخساره، توسط آسیاب پودر شدند.

به منظور اندازه‌گیری غلظت فسفر، نمونه‌های گیاهی پودر شده در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره خاکستر گردیده و پس از آن عصاره‌گیری با استفاده از اسیدکلریدریک دو مولار انجام شد. غلظت فسفر توسط دستگاه طیف‌سنج مدل ۲۱۰ analytic jena اندازه‌گیری شد. مقدار جذب فسفر، از حاصل‌ضرب عملکرد در غلظت فسفر، محاسبه گردید. کارایی جذب و مصرف فسفر نیز بر اساس روابط ۱ و ۲ محاسبه شد.

رابطه (۱) مقدار فسفر مصرفی/(جذب تیمار شاهد - جذب فسفر تیمار کوددهی شده)= کارایی جذب فسفر

رابطه (۲) مقدار فسفر مصرفی/(ماده خشک تیمار شاهد - ماده خشک تیمار کوددهی شده)= کارایی مصرف فسفر

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه و شاخساره

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر کود فسفر بر وزن خشک ریشه و شاخساره، در سطح آماری ۱/۰ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). کاربرد کود فسفر در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه شد (جدول ۲) تأثیر کود سوپرفسفات‌تریپل بر افزایش وزن خشک ریشه، به‌طور معنی‌داری بیشتر از فسفات‌آمونیوم بود اما درمورد وزن خشک شاخساره، اختلاف معنی‌داری بین دو منبع کود فسفر وجود نداشت. فسفر در استقرار اولیه گیاه، فعالیت مریستمی و تقسیم سلولی نقش بسیار مهمی دارد (Rodriguez and Fraga, ۱۹۹۹)، بنابراین استفاده از کودهای معدنی فسفر که در آب قابل حل می‌باشند، می‌توانند با در اختیار قرار دادن فسفر، به رشد رویشی و زایشی گیاه کمک کنند (Patidar, ۲۰۰۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر نوع کود فسفر و شوری بر عملکرد و غلظت فسفر ریشه و شاخساره گوجه‌فرنگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن خشک ریشه	وزن خشک شاخساره	فسفر ریشه	فسفر شاخساره
کود فسفر	۲	۵۵/۰***	۹۶/۰***	۴۱/۰***	۲۶/۰***
شوری	۲	۲۴/۰***	۵۸/۱***	۸۱/۰***	۲۰/۰***
کود فسفر × شوری	۴	۰۰۳/۰	۰۵/۰*	۰۷/۰**	۰۳/۰*
خطای آزمایش	۱۸	۰۰۶/۰	۰۱/۰	۰۱/۰	۰۱/۰

.به ترتیب بیانگر معنی‌دار بودن در سطح آماری ۰۵/۰، ۰۱/۰، ۰۰۱/۰ می‌باشند ns،*،،***

تأثیر شوری نیز بر وزن خشک ریشه و شاخساره در سطح آماری ۱/۰ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش سطح شوری، عملکرد گیاه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). به‌طوری که بیشترین و کمترین عملکرد ریشه و شاخساره به ترتیب مربوط به تیمارهای صفر و ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم بود. اثر منفی شوری بر رشد گیاه ممکن است به علت اختلال در فعالیت‌های متابولیکی ناشی از کاهش جذب آب باشد (Tunçtürk, ۲۰۱۱). رحمان و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که افزایش غلظت نمک در محیط ریشه از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و کاهش یا جلوگیری از جذب آب مورد نیاز برای تحرک عناصر غذایی ضروری برای رشد، باعث کاهش زیست توده ریشه و شاخساره ارقام مختلف گندم شد (Rahman et al., ۲۰۰۸). در مطالعات دیگر نیز به اثر تنش شوری برکاهش رشد بسیاری از گونه‌های گیاهی از قبیل سویا (Essa, ۲۰۰۲)، گوجه‌فرنگی (Cuartero and Ferna ndez-Mun oz, ۱۹۹۹) و گل جعفری (Eid et al., ۲۰۱۱) اشاره شده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر نوع کود فسفر و شوری بر عملکرد و غلظت فسفر ریشه و شاخساره گوجه‌فرنگی

نوع تیمار	سطح تیمار	وزن خشک ریشه	وزن‌خشک ریشه	فسفر ریشه	فسفر شاخساره
		(g pot^{-1})		(g kg^{-1})	
کود فسفر	شاهد	^{c}۵۹/۰	^{b}۴۱/۱	^{b}۸۴/۱	^{b}۰۱/۲
	فسفات‌آمونیوم	^{b}۷۷/۰	^{a}۹۸/۱	^{a}۲۳/۲	^{b}۰۴/۲
	سوپرفسفات‌تریپل	^{a}۰۸/۱	^{a}۹۷/۱	^{a}۲۰/۲	^{a}۳۲/۲
شوری (mM NaCl)	صفر	^{a}۹۷/۰	^{a}۲۱/۲	^{a}۴۴/۲	^{a}۲۴/۲
	۴۰	^{b}۸۳/۰	^{b}۷۷/۱	^{b}۹۳/۱	^{a}۱۷/۲
	۸۰	^{c}۶۴/۰	^{c}۳۷/۱	^{b}۹۰/۱	^{b}۹۶/۱

.نمی‌باشند LSD میانگین‌های با حروف یکسان در یک ستون برای هر تیمار، دارای تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد آزمون

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل نوع کود فسفر و شوری بر عملکرد شاخساره نیز نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک شاخساره مربوط به گیاهان کوددهی شده با سوپرفسفات‌تریپل و فسفات‌آمونیوم در شرایط غیر شور است (جدول ۳). کمترین عملکرد شاخساره نیز در تیمار بدون کود فسفر و شوری ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم مشاهده شد. گیبسون (۱۹۸۸) بیان داشت که فسفر نقش مهمی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد و نیاز به فسفر کافی در شرایط شور، مربوط به نقش این عنصر در تنظیم تجمع یون‌ها و کدبندی یون‌ها در داخل سلول است (Gibson, ۱۹۸۸). کایا و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که کاربرد فسفر در شرایط شور باعث بهبود رشد گیاه می‌شود (Kaya et al., ۲۰۰۱).

غلظت فسفر ریشه و شاخساره

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر کود فسفر، شوری و اثر متقابل آنها بر غلظت فسفر ریشه و شاخساره معنی‌دار است (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، کاربرد کود فسفر، صرف‌نظر از منبع آن، در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش معنی‌دار غلظت فسفر ریشه شد (جدول ۲). غلظت فسفر شاخساره نیز در حضور کود سوپرفسفات‌تریپل افزایش یافت، در حالی‌که کاربرد کود فسفات‌آمونیوم تأثیر معنی‌داری بر غلظت فسفر شاخساره نداشت. همچنین با افزایش سطح شوری غلظت فسفر ریشه و شاخساره کاهش یافت. بنابراین بیشترین غلظت فسفر ریشه و شاخساره مربوط به گیاهان کوددهی شده با فسفر در شرایط غیر شور بود (جدول ۳). کمترین غلظت فسفر ریشه و شاخساره گیاه نیز در شرایط بدون مصرف کود و شوری ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم مشاهده شد.

با توجه به اینکه فسفر یک عنصر غیر متحرک در خاک می‌باشد و در اثر شوری خاک رشد و گسترش ریشه گیاهان محدود می‌شود، در نتیجه میزان جذب فسفر توسط گیاه به شدت کاهش می‌یابد. کاهش فعالیت فسفر محلول به دلیل افزایش قدرت یونی محلول خاک و همچنین کاهش غلظت فسفر محلول به دلیل ایجاد رسوب فسفات‌کلسیم از جمله دلایل کاهش جذب فسفر توسط گیاهان در شرایط شور است (Grattan and Grieve, ۱۹۹۲). آواد و همکاران (۱۹۹۰) مشاهده کردند که شوری با کاهش رشد ریشه موجب کاهش جذب فسفر توسط گیاه می‌شود و افزودن فسفر در این شرایط باعث افزایش جذب فسفر و بهبود رشد گیاه می‌شود (Awad et al., ۱۹۹۰).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل نوع کود فسفر و شوری بر عملکرد و غلظت فسفر ریشه و شاخساره گوجه‌فرنگی

فسفر	شوری (mM NaCl)	وزن خشک شاخساره (g pot^{-1})	فسفر ریشه	فسفر شاخساره
			(g kg^{-1})	
صفر	صفر	^{b}۹۳/۱	^{b}۰۳/۲	^{de}۰۲/۲
	۴۰	^{c}۴۳/۱	^{cd}۸۳/۱	^{bcd}۱۵/۲
	۸۰	^{f}۸۶/۰	^{d}۶۷/۱	^{ef}۸۷/۱
فسفات‌آمونیوم	صفر	^{a}۴۰/۲	^{a}۶۱/۲	^{bc}۲۴/۲
	۴۰	^{b}۹۷/۱	^{b}۰۷/۲	^{cd}۰۷/۲
	۸۰	^{de}۵۷/۱	^{bc}۰۰/۲	^{f}۸۰/۱
سوپرفسفات‌تریپل	صفر	^{a}۳۰/۲	^{a}۶۷/۲	^{a}۴۶/۲
	۴۰	^{bc}۹۰/۱	^{bc}۹۰/۱	^{ab}۳۰/۲
	۸۰	^{cd}۷۰/۱	^{b}۰۳/۲	^{bc}۲۰/۲

.نمی‌باشند LSD میانگین‌های با حروف یکسان در یک ستون دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون

کارایی جذب و مصرف فسفر کل گیاه

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در هر سه سطح شوری مورد مطالعه، کارایی جذب و مصرف فسفر از کود سوپرفسفات‌تریپل به‌طور معنی‌داری بیشتر از کود فسفات‌آمونیوم است (جدول ۴). شوری ۴۰ میلی‌مولار کلریدسدیم باعث کاهش معنی‌دار کارایی جذب فسفر از دو منبع کود مورد استفاده شد، در حالی که شوری ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم در مقایسه با تیمار شاهد تأثیر معنی‌داری بر کارایی جذب فسفر نداشت. تأثیر شوری بر کارایی مصرف فسفر نیز بسته به منبع کود فسفر متفاوت بود. در حضور کود فسفات آمونیوم، شوری ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم باعث کاهش معنی‌دار کارایی مصرف فسفر شد، در حالی که در این سطح از شوری، کارایی مصرف فسفر از کود سوپرفسفات‌تریپل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. علت این امر می‌تواند ناشی از اختلاف قابل توجه بین وزن خشک گیاهان کوددهی شده و گیاهان بدون کود در شرایط شوری ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم باشد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در شوری ۸۰ میلی‌مولار کلریدسدیم، وزن خشک شاخساره گیاهان کوددهی شده با سوپرفسفات‌تریپل تقریباً دوبرابر گیاهان بدون کود است.

به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در خاک‌های شور می‌توان با استفاده از کودهای فسفره عملکرد گیاه را بهبود بخشید. فسفر از طریق توسعه ریشه و بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه (افزایش جذب فسفر) اثرات منفی شوری را کاهش و بنابراین تولید محصول را افزایش می‌دهد و در این ارتباط کارایی جذب و مصرف فسفر از کود سوپرفسفات‌تریپل بیشتر از کود فسفات‌آمونیوم بود.

جدول ۴- تأثیر شوری بر کارایی جذب و مصرف کودهای شیمیایی فسفر توسط گوجه‌فرنگی

کود فسفر	شوری (mM NaCl)	کارایی جذب فسفر	کارایی مصرف فسفر

	صفر	۰۴۶/۰ b	۰/۱۲ c
فسفات‌آمونیوم	۴۰	۰۲۹/۰ c	۰/۱۴ c
	۸۰	۰۳۶/۰ bc	۷/۱۸ b
	صفر	۰۶۸/۰ a	۸/۱۵ bc
سوپرفسفات‌تریپل	۴۰	۰۴۶/۰ b	۶/۱۹ b
	۸۰	۰۶۷/۰ a	۴/۲۷ a

میانگین‌های با حروف یکسان دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD نمی‌باشند.

منابع

Awad A.S., Edwards D.G. and Campell L.C. ۱۹۹۰. Phosphorous enhancement of salt tolerance of tomato. Crop Science, ۳۰ : ۱۲۳-۱۲۸.

Cuartero J. and Ferna ndez-Mun oz R. ۱۹۹۹. Tomato and salinity. Scientia Horticulturae, ۷۸ : ۸۳-۱۲۵.

Eid R.A., Taha L.S., Ibrahiem S.M.M. ۲۰۱۱. Alleviation of adverse effects of salinity on growth, and chemical constituents of marigold plants by using glutathione and ascorbate. Journal of Applied Science Research ۷ : ۷۱۴-۷۲۱.

Essa T.A, ۲۰۰۲. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science, ۱۸۸ : ۸۶-۹۳.

Gibson T.S. ۱۹۸۸. Carbohydrate metabolism and phosphorus salinity interaction in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant and Soil, ۱۱۱ : ۲۵-۳۵.

Grattan S.R. and Grieve C.M. ۱۹۹۲. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In : Pessarakli M. (ed). Handbook of Plant Cold Stress. pp. ۲۰۳-۲۲۶.

Kaya C., Higgs D. and Kirnak H. ۲۰۰۱. The effects of salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. Bulgarian journal of Plant Physiology, ۲۷ : ۴۷-۵۹.

Korkmaz K., Ibrikci H., Karnez E., Buyuk G., Ryan J., Ulger A.C. and Oguz, H. ۲۰۰۹. Phosphorus use efficiency of wheat genotypes grown in calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, ۳۲ : ۲۰۹۴-۲۱۰۶.

Marschner H. ۱۹۹۵. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London.

Patidar M. ۲۰۰۱. Integrated nutrient management in sorghum (*Sorghum bicolor*) and its residual effect on wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agriculture Science, ۷۱ : ۵۸۷-۵۹۰.

Rodriguez H. and Fraga R. ۱۹۹۹. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnology Advances, ۱۷ : ۳۱۹-۳۳۹.

Tunçtü rk M, Tunçtü rk R, Yildirim B and iftçi V. ۲۰۱۱. Effect of salinity stress on plant fresh weight and nutrient composition of some Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. African Journal of Biotechnology ۱۰ : ۱۸۲۷-۱۸۳۲.

Abstract

In this study, in order to investigate the use efficiency of phosphorus from two sources of ammonium phosphate and triple superphosphate by tomato in salinity of ۰, ۴۰ and ۸۰ mM NaCl, a pot experiment was set up in a completely randomized factorial design with three replicates. The results showed that salt stress caused significant reduction in root and shoot yield and phosphorus concentration, but these adverse effects of salt stress were significantly ameliorated by phosphorus fertilizers application. At all salinity levels, the uptake and use efficiency of phosphorus from triple superphosphate was significantly higher than ammonium phosphate.