نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۱۸۸-۱۸۰

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar-Apr 2010, p. 180-188

کارایی جذب فسفر در ذرت، چغندرقند و بادام زمینی

رضا خراسانی[۱]

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۷
تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۲۶

چکیده

توانایی گیاهان مختلف در رشد و نمو در خاک هایی با فسفر قابل استفاده کم، متفاوت می‌باشد. به عبارت دیگر گیاهان از نظر کارایی استفاده از فسفر در این‌گونه خاکها با هم اختلاف دارند. این توانایی می‌تواند از طریق مقایسه «کارایی جذب فسفر» از خاک توسط گیاه و بررسی عوامل مؤثر در آن مورد ارزیابی قرار گیرد. در این پژوهش کارایی جذب فسفر توسط سه گیاه ذرت، چغندر قند و بادام زمینی با سه سطح فسفر کم، متوسط و زیاد و سه برداشت (دو دوره رشد) در یک طرح کاملاً تصادفی بصورت کشت گلدانی در خاکی با فسفر قابل استفاده کم در اتاق رشد مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. نتایج عملکرد نسبی رویشی نشان داد که گیاه چغندر قند نسبت به دو گیاه دیگر کارایی بیشتری در استفاده از فسفر دارد. این توانایی چغندر قند مربوط به کارایی زیاد جذب فسفر بود بطوریکه مقدار جذب فسفر در چغندر قند در تیمار کم فسفر در برداشت سوم ۲۹ میلیگرم فسفر بر گیاه بود که این مقادیر برای ذرت و بادام زمینی به ترتیب ۱۹ و ۸/ ۰ میلی‌گرم فسفر بر گیاه بود. کارایی جذب فسفر زیاد چغندر قند در مقایسه با دو گیاه دیگربیشتر مربوط به زیاد بودن جریان به درون یا اینفلاکس فسفر درخاک بود. مقدار جریان به درون فسفر در گیاه چغندر قند در تیمار کم فسفر در دوره اولیه رشد حدود ۴ و ۲۲ بار بیشتر از آن به ترتیب برای ذرت و بادام زمینی بود. بعنوان یک نتیجه گیری کلی می‌توان گفت که رشد و نمو خوب گیاه چغندر قند در تیمار کم فسفر به علت زیاد بودن کارایی جذب فسفر توسط این گیاه بود و این کارایی جذب فسفر زیاد با زیاد بودن جریان به درون فسفر قابل توجیه است.

واژه‌های کلیدی: کارایی جذب فسفر، جریان به درون فسفر، چغندرقندر، ذرت، بادام زمینی

مقدمه

قابلیت استفاده کم فسفر در اکثر خاکهای کود داده نشده یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان محسوب می‌شود (۹). این بدان معنی نیست که مقدار فسفر کل خاک کم است بلکه آن قسمت از فسفر که می‌تواند جذب گیاه شود به دلیل واکنش‌های پیچیده فسفر در خاک که منجر به ابقاء و نگهداری آن در خاک می‌گردد، محدود می‌باشد. در خاکهای حاوی فسفر قابل استفاده کم گیاهان مختلف و حتی واریته‌های یک گونه گیاهی دارای توانایی‌های متفاوت در رشد و نمو می‌باشند (۱۴و ۵). یا به عبارت دیگر آنها دارای «کارایی استفاده فسفر»[۲] متفاوت هستند. کارایی استفاده از فسفر در خاک به دو عامل بستگی دارد (۱۰): ۱- «کارایی مصرف»[۳] که همانا توانایی گیاه در تبدیل مقادیر کم عنصر غذایی جذب شده به عملکرد نسبتاً زیاد است. ۲- «کارایی جذب»[۴] که در حقیقت توانایی گیاه در استخراج عناصر از خاک در شرایط کمبود عنصر در خاک می‌باشد.

برای اکثر گیاهان زراعی کارایی جذب فسفر در رشد و نمو گیاه ازاهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۶ و ۷). کارایی جذب فسفر از خاک عمدتا به دو عامل «اندازه سیستم ریشه» و « جریان به درون»[۵] بستگی دارد (۲ و ۳). جریان به درون فسفر که در حقیقت حرکت فسفر به داخل ریشه گیاه است، بر مبنای مول بر واحد سطح یا طول ریشه و در واحد زمان بیان می‌شود. جریان به درون فسفر از یک طرف به توانایی گیاه در جذب و از طرف دیگر به محدودیت‌های حرکت فسفر در خاک مربوط است (۵). کنیتیک جذب فسفر، حرکت فسفر در خاک، تراوشات ریشه گیاه و اثر مایکوریزا در جذب فسفر از عوامل مؤثر در جریان به درون فسفر محسوب می‌شوند که می‌توانند از طریق روابط موجود بین ریشه و خاک، و مکانیسم جذب فسفر مورد

۱- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: khorasani@um.ac.ir)

2- Use efficiency
3- Utilization efficiency
4- Uptake efficiency
5-Influx

بررسی قرار گیرند.

سئوال اینجاست که توانایی زیاد یک گیاه در رشد و نمو در خاکهایی با فسفر کم چگونه قابل بررسی است. نخست باید گیاهان کارا در استفاده از فسفر در خاکهایی با فسفر کم شناسایی شود، (قطعاً این مورد برای گیاهان زراعی که کود دریافت می‌کنند، بیشتر نمود پیدا می‌کنند) و سپس چگونگی توانایی زیاد آنها در استفاده از فسفر کم خاک مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این منظور شناختن عوامل مؤثر بر کارایی فسفر در گیاهان کارا، بر اساس روابط خاک و گیاه ضروری بنظر می‌رسد. اگر گیاهی قادر به رشد و نمو قابل قبول در خاکی با فسفر کم است، دادن مقادیر زیاد کود باعث تلف کردن سرمایه و همچنین کاهش کیفیت خاک و ایجاد آلودگی بیشتر است. توجه به این موارد کمک شایانی به جلوگیری از مصرف بی‌رویه کود فسفر و صرفه‌جویی اقتصادی می‌کند.

هدف از این تحقیق بعنوان قدم اول مقایسه توانایی استفاده از فسفر در خاکی با فسفر قابل استفاده کم برای گیاهان چغندر قند، ذرت و بادام زمینی که هر سه بعنوان گیاهان کارا برای عنصر فسفر محسوب می‌شوند، و همچنین بررسی علل توانایی زیاد در جذب فسفر توسط گیاه کاراتر می‌باشد. در مراحل دیگر طی مقاله بعدی مکانیسم این عوامل مورد بررسی قرار خواهد گرفت. از آنجائیکه اینگونه تحقیقات در مورد بررسی کارایی جذب عناصر غذایی و بالاخص عوامل مؤثر بر آن و همچنین مکانیسم آنها از دیدگاه علم تغذیه گیاه در کشور ما تا جایی که بنده مطلع هستم کم صورت گرفته است، لذا نیاز به اینگونه بحث ها در رابطه با بررسی عوامل مؤثر برکارایی عناصر در گیاهان مختلف با در نظر گرفتن روابط حاکم بین خاک و ریشه احساس می‌شود.

مواد و روش ها

این تحقیق به صورت یک آزمایش گلدانی در دانشگاه گوتینگن آلمان انجام شد. خاک مورد استفاده یک خاک فسیلی اکسی سول با pH اسیدی که تثبیت شدید فسفردر آن بیشتر تحت تاثیر آهن و آلومینیم بود. این تحقیق با سه گونه گیاهی ذرت (*Zea mays* L. cv. Lacta)، چغندر قند (*Beta vulgaris* L. cv. Monza) و بادام زمینی (*Archis hypogace* L. cv. Klinic) که همگی کارایی نسبتا زیاد در جذب فسفر دارند در سه سطح فسفر فراهم شده از $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$ و سه برداشت و سه تکرار در یک طرح کاملا تصادفی با ۸۱ گلدان و سه شاهد (بدون گیاه) برای هر تیمار اجرا شد. این تحقیق در شرایط کنترل شده چرخه ۱۶-۸ ساعت روشنی- تاریکی در طول شبانه روز، دمای ۱۶-۲۵ درجه سانتیگراد شب- روز و رطوبت نسبی ۸۰-۷۰ درصد در روز-شب در اتاق رشد انجام شد. سه سطح ۳۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلیگرم بر کیلو گرم به ترتیب بیانگر سطوح کم، متوسط و زیاد فسفر در خاک بودند. با توجه به ظرفیت تثبیت خیلی زیاد خاک و اینکه کوددهی به خاک قبلاً انجام نشده بود عموماً سطوح کودی زیاد در نظر گرفته شد. در مورد تیمار زیاد فسفر mg (kg^{-1} ۱۰۰۰) باید گفت چون در مطالعات بعدی که مربوط به کینتیک جذب فسفر بود، رسیدن به I_{max} (جریان به درون ماکزیمم) جزو اهداف بود لذا باید از مقادیر زیاد فسفر استفاده می‌شد تا I_{max} برای گیاه تأمین شود. عناصر N, K, Mg, B, Mo بر اساس آنالیز خاک و احتیاجات گیاه، به مقدار لازم به همه تیمار ها اضافه شد. در طول رشد گیاهان آبیاری با آب مقطر تا سطح ۲۶تا ۲۸ درصد (وزنی/وزنی) انجام شد. زمان برداشت برای چغندر ۲۷، ۴۱، ۵۴ روز و برای ذرت ۲۱، ۳۵ و ۵۳ روز و برای بادام زمینی ۲۶، ۴۱ و ۵۹ روز پس از کشت بود. بافت خاک توسط روش هیدرومتر اندازه گیری شد. فسفر محلول خاک با روش تغییر یافته جایگزنی ستونی (۱) و فسفر قابل استفاده خاک با روش « CAL»[1] (۱۲) تعیین شد. فسفر گیاه با استفاده از روش هضم تر با آون میکرو ویو، بطور مجزا در ریشه، اندام‌های هوایی و بذر اندازه گیری شد. طول ریشه پس از جدا کردن و شستن دقیق از خاک توسط روش تننت (Tennent) اندازه گیری شد (۱۳). مقدار جریان به درون (In) توسط فرمول ویلیامز(Williams) محاسبه شد (۱۱):

$$I_n = \frac{U_2 - U_1}{RL_2 - RL_1} \times \frac{\ln(RL_2 / RL_1)}{t_2 - t_1} \qquad (۱)$$

در معادله بالا داریم:

I_n : جریان به درون خالص ($\mu mol\ cm^{-1}s^{-1}$) ، U: جذب توسط گیاه ($\mu mol\ plant^{-1}$) ، RL: طول ریشه (cm) ، t: زمان (s) ،اندیس ۱ و۲ نشان دهنده دو برداشت متوالی

آنالیز آماری با استفاده از روش «تجزیه واریانس سه طرفه»[2] برای یافتن تفاوتهای معنی دار بین ۳ فاکتور گونه های گیاه، تیمارهای فسفروبرداشت با Tukey`s test توسط نرم افزار Sigmastat انجام شد. گرافها توسط نرم افزارSigmaplot رسم شد.

نتایج و بحث

برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. این خاک یک خاک اسیدی و سنگین بوده که فسفر محلول و قابل استفاده آن به علت تثبیت توسط آهن و آلومینیم کم بود. به علت داشتن کربن آلی کم، سهم فسفر آلی نیز در این خاک کم است. عمدتا بحث کارایی جذب در خاکهایی با مقادیر کم فسفر قابل استفاده ضرورت پیدا می‌کند.

1-Calcium Acetate Lactate

2- Three ways analysis of variance

عملکرد مطلق و نسبی اندام های هوایی بر اساس ماده خشک

مطابق جدول ۲ تقریباً می‌توان گفت که رشد اندام های هوایی گیاهان در تیمارها و برداشتهای مختلف، متفاوت است. در برداشت اول و دوم هر سه گیاه به مقدار فسفر زیاد عکس العمل مثبت نشان دادند، در برداشت سوم چغندرقند بر خلاف ذرت و بادام زمینی به مقادیر فسفر هیچگونه عکس العمل مثبتی نشان نداد یعنی تفاوت عملکرد ها در سطوح مختلف کود فسفر برای چغندرقند معنی دار نشد.

این موضوع را می‌توان در بررسی عملکرد نسبی اندام های هوایی بر اساس شکل ۱ مورد ارزیابی قرار داد، به طوری که در برداشت سوم (انتهای آزمایش) برای گیاه چغندرقند علاوه بر اینکه تفاوتی بین تیمار کم و متوسط فسفر مشاهده نشد، مقدار عملکرد نسبی در تیمار کم فسفر حدود ۸۳ درصد بود که با توجه به اینکه این تفاوت‌ها فقط مربوط به سطح فسفر می‌باشد، در نتیجه حاکی از کارایی زیاد استفاده فسفر گیاه چغندرقند نسبت به ذرت و بادام زمینی در مقادیر کم فسفر خاک می‌باشد که عملکرد نسبی آنها در برداشت سوم و در تیمار کم به ترتیب حدود ۴۰ و ۲۵ درصد بود.

در تحقیقی مشابه بهادوریا و همکاران (۳) نشان دادند که چغندرقند نسبت به گندم در استفاده از فسفر کاراتر می‌باشد. پژوهشی دیگر نشان داد در واریته های مختلف گیاه آفتابگردان آنهایی که کارایی بیشتری در استفاده از فسفر دارند دارای درصد عملکرد رویشی نسبی زیادتری می‌باشند (۸).

در برداشت اول زیاد بودن درصد عملکرد نسبی ذرت و بادام زمینی نسبت به چغندرقند مربوط به انتقال فسفر از بذور آنها به اندام‌های رویشی بود که باعث رشد رویشی آنها شد؛ مطابق شکل ۲ مقایسه ای که بین فسفر بذر و فسفر گیاه (میانگین ریشه و اندام هوایی) در هر سه گیاه انجام شد نشان می‌دهد مقدار فسفری که از بذر به گیاه منتقل شده برای ذرت و بادام زمینی به ترتیب حدود ۷۵ و ۷۷ درصد بود درحالیکه این مقدار برای چغندرقند فقط ۲ درصد بود. لذا در برداشت اول به واسطه ذخیره زیاد فسفر در بذور ذرت و بادام زمینی و انتقال آن به گیاه عملکرد نسبی زیاد آنها نسبت به چغندرقند قابل توجیه است. به عبارت دیگر زیاد بودن عملکرد نسبی ذرت و بادام زمینی در برداشت اول مربوط به توانایی آنها در جذب فسفر از خاک نبوده است.

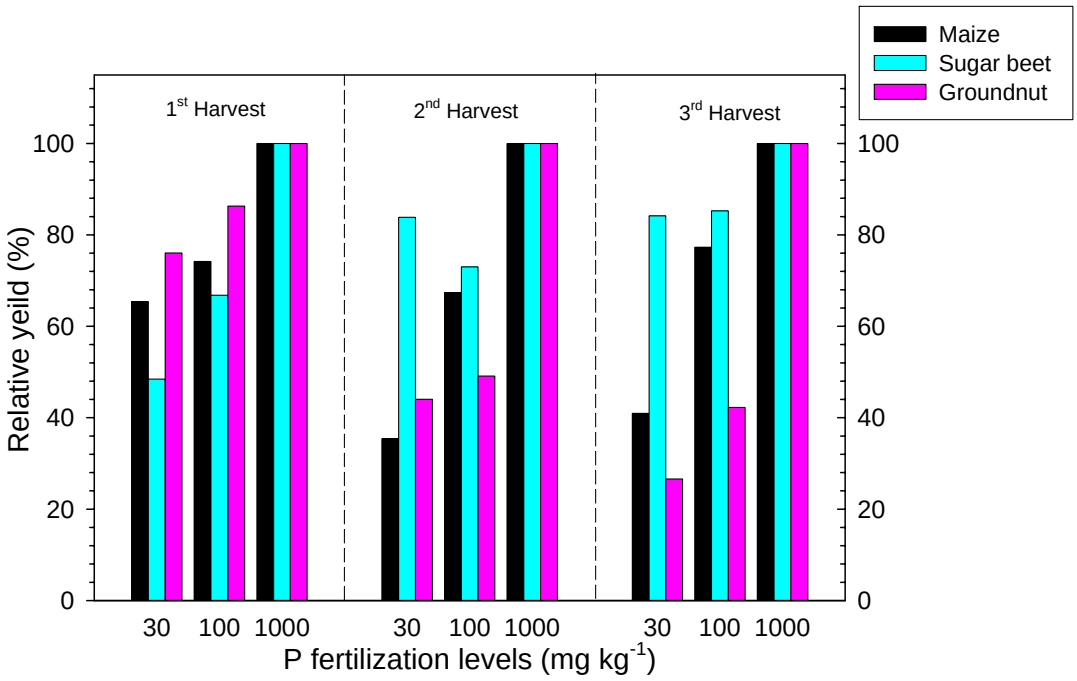
(جدول ۱)- برخی خصوصیات خاک

رس	سیلت	شن	OC	بافت	pH	فسفر محلول	فسفر قابل استفاده
درصد						$\mu g\ L^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$
۵۰	۳۱	۱۹	۰/۳	Clay	۵/۶	۵/۳	۴/۳

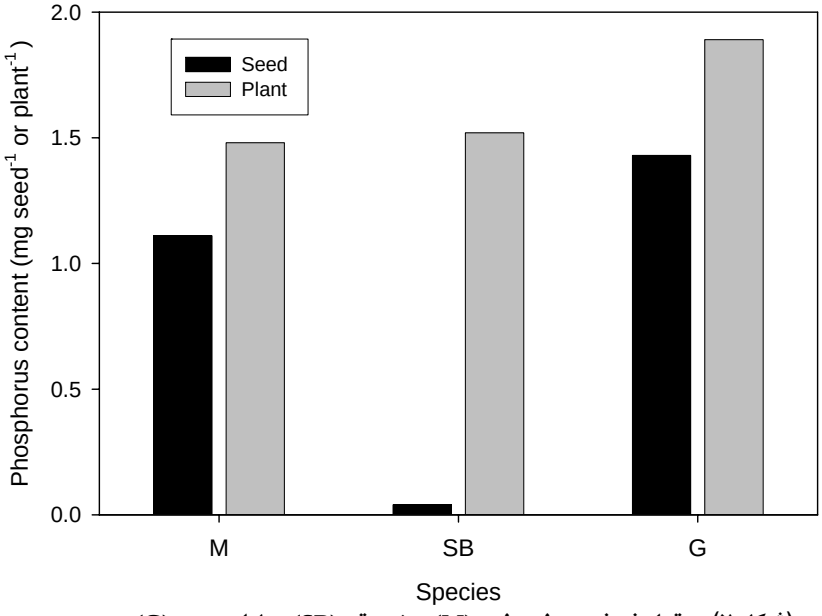
(جدول ۲)- وزن ماده خشک اندام‌های هوایی ذرت، چغندرقند و بادام زمینی در ۳ تیمار کودی و ۳ برداشت

تیمار فسفر	ذرت	چغندر قند	بادام زمینی
$mg\ kg^{-1}$		$g\ plant^{-1}$	
	برداشت اول		
۳۰	۰/۴۵ $^{Aa\alpha}$	۰/۲۹ $^{Aa\beta}$	۰/۶۷ $^{Aa\gamma}$
۱۰۰	۰/ ۵۱ $^{Ab\alpha}$	۰/۴۰ $^{Ab\beta}$	۰/۷۶ $^{Ab\gamma}$
۱۰۰۰	۰/۶۹ $^{Ac\alpha}$	۰/۶۰ $^{Ac\beta}$	۰/۸۸ $^{Ac\gamma}$
	برداشت دوم		
۳۰	۴/۴۵ $^{Ba\alpha}$	۴/۳۰ $^{Bab\alpha}$	۱/۳۸ $^{Ba\beta}$
۱۰۰	۸/۴۶ $^{Bb\alpha}$	۳/۷۴ $^{Ba\beta}$	۱/۵۴ $^{Ba\gamma}$
۱۰۰۰	۱۲/۵۶ $^{Bc\alpha}$	۵/۱۳ $^{Bb\beta}$	۳/۱۴ $^{Bb\gamma}$
	برداشت سوم		
۳۰	۲۰/۸۶ $^{Ca\alpha}$	۸/۴۳ $^{Ca\beta}$	۱/۹۶ $^{Ca\gamma}$
۱۰۰	۳۹/۳۵ $^{Cb\alpha}$	۸/۵۴ $^{Ca\beta}$	۳/۱۱ $^{Cb\gamma}$
۱۰۰۰	۵۰/۹۱ $^{Cc\alpha}$	۱۰/۰۲ $^{Ca\beta}$	۷/۳۶ $^{Cc\gamma}$

حروف بزرگ، کوچک ویونانی نشانگر تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد در وزن ماده خشک اندام‌های هوایی به ترتیب بین ۳ فاکتور برداشت، تیمار فسفر و گونه گیاهی هستند



(شکل ۱)- عملکرد رویشی نسبی ذرت، چغندرقند و بادام زمینی در ۳ تیمار کودی و ۳ برداشت



(شکل ۲)- مقدار فسفر در بذور ذرت(M)، چغندرقند(SB) و بادام زمینی(G)

مقدار فسفر در گیاه و جذب گیاه

مقدار فسفر در اندام‌های هوایی گیاه اندازه گیری شد(جدول ۳)، مقدار فسفر در چغندر قند در هر تیمار و در هر برداشت همواره بیشتر از فسفر در ذرت و بادام زمینی بود. اگر در تیمار کم فسفر که بحث کارایی فسفر مطرح است، مقادیر فسفر را در سه گیا ه بررسی شود، مشاهده می‌گردد که در برداشتهای مختلف، میزان فسفر در چغندرقند بیش از دو بار از ذرت و بادام زمینی بیشتر است. روند نزولی فسفر در گیاه با افزایش سن گیاه که در ذرت و بادام زمینی به وضوح مشاهده می‌شود در چغندرقند وجود ندارد. شاید همه این مشاهدات حاکی از

کارایی جذب فسفر زیاد چغندرقند باشد ولی مقدار فسفر در هر گرم گیاه به تنهایی نمی‌تواند دلیلی بر این ادعا باشد. برای این منظور باید مقدار جذب توسط گیاه که همانا مقدار عنصر در کل گیاه می‌باشد، مورد بررسی قرار گیرد (جدول ۴). همانطور که قبلا گفته شد در برداشت اول گیاهان ذرت و بادام زمینی به خاطر داشتن بذور بزرگتر در مراحل اولیه رشد، بیشتر از فسفر ذخیره استفاده کرده‌اند که با توجه به مقدار فسفر در بذر مقدار جذب فسفر برای آنها تصحیح شد. همانطور که در جدول ۴ مشخص است مقدار جذب فسفر برای کلیه تیمارها در هر برداشت در چغندرقند بیشتر از دو گیاه دیگر است. بعنوان مثال مقدار جذب در تیمار کم فسفر در برداشت سوم برای چغندرقند حدود ۲۹ میلی گرم بر گیاه بود، ولی این مقدار برای ذرت و بادام زمینی به ترتیب حدود ۱۹ و ۱ میلی گرم بر گیاه بود. با توجه به نتایج ارائه شده می‌توان گفت در فسفر کم خاک، چغندرقند نسبت به ذرت و بادام زمینی کارایی زیادتری در جذب فسفر از خاک دارد. در یک مطالعه مشابه در مقایسه هفت گونه گیاهی مشخص شد اسفناج بیشترین کارایی جذب را در مقایسه با گیاهانی مثل گندم و گوجه فرنگی دارد (۶). کارایی زیاد جذب فسفر به دو عامل بستگی دارد یکی اندازه ریشه و دیگری جریان به درون است (۳ و ۶).

(جدول ۳)-غلظت فسفر در اندام‌های هوایی ذرت، چغندرقند و بادام زمینی در ۳ تیمار کودی و ۳ برداشت

تیمار فسفر	ذرت	چغندر قند	بادام زمینی
mg kg^{-1}	mg g^{-1}		
	برداشت اول		
۳۰	۱/۹ Aaα	۴/۲ Aaβ	۱/۹ Aaα
۱۰۰	۲/۴ Abα	۵/۹ Abβ	۱/۹ Aaα
۱۰۰۰	۶/۲ Acα	۱۵/۴ Acβ	۵/۹ Abα
	برداشت دوم		
۳۰	۱/۵ Baα	۵/۳ Baβ	۱/۳ Baα
۱۰۰	۱/۶ Baα	۷/۲ Bbβ	۱/۴ Baα
۱۰۰۰	۳/۶ Bbα	۲۵/۱ Bcβ	۴/۶ Bbα
	برداشت سوم		
۳۰	۱/۰ Caα	۳/۴ Caβ	۰/۸ Caγ
۱۰۰	۰/۹ Caα	۶/۵ Cbβ	۱/۰ Cbα
۱۰۰۰	۲/۳ Cbα	۲۸/۷ BCcβ	۴/۳ Bcγ

حروف بزرگ، کوچک ویونانی نشانگر تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد در غلظت فسفر در اندام‌های هوایی به ترتیب بین ۳ فاکتور برداشت، تیمار فسفر و گونه گیاهی هستند

(جدول ٤)- مقدار جذب فسفر در اندام‌های هوایی ذرت، چغندرقند و بادام زمینی در ۳ تیمار کودی و ۳ برداشت

تیمار فسفر	ذرت	چغندر قند	بادام زمینی
mg kg^{-1}	mg plant^{-1}		
	برداشت اول		
۳۰	٭ ۰/۰ Aaα	۱/۲ Aaβ	٭ ۰/۵ Aaγ
۱۰۰	٭ ۰/۴ Abα	۲/۴ Aaγ	٭ ۰/۷ Aaγ
۱۰۰۰	٭ ۳/۸ Acα	۹/۳ Abα	٭ ۴/۶ Abα
	برداشت دوم		
۳۰	۶/۲ Baα	۲۲/۵ Baβ	۰/۹ Aaγ
۱۰۰	۱۳/۳ Baα	۲۶/۷ Baβ	۱/۵ Aaγ
۱۰۰۰	۴۵/۰ Bbα	۱۲۸/۷ Bbβ	۱۳/۸ Bbγ
	برداشت سوم		
۳۰	۱۹/۳ Baα	۲۸/۹ Baα	۰/۸ Aaβ
۱۰۰	۳۵/۸ Bbα	۵۵/۹ Bbα	۲/۵ Abβ
۱۰۰۰	۱۱۵/۸ Ccβ	۲۹۲/۲ Ccα	۳۰/۹ Ccγ

حروف بزرگ، کوچک ویونانی نشانگر تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد در مقدار جذب فسفر در اندام‌های هوایی به ترتیب بین ۳ فاکتور برداشت، تیمار فسفر و گونه گیاهی هستند. علامت (٭) نشانگر تصحیح در مقدار جذب فسفر در اندام‌های هوایی بر اساس مقدار فسفر در بذر

طول ریشه

افزایش اندازه (طول) ریشه باعث افزایش سطح تماس ریشه با خاک می‌شود. از آنجائیکه حرکت فسفر در خاک بسیار محدود است و غالبا به صورت پخشیدگی می‌باشد، لذا افزایش سطح تماس ریشه می‌تواند تاثیر مثبت بر روی جذب فسفر خاک بگذارد. جدول ۵ طول ریشه را برای گیاهان ذرت ، چغندر قند و بادام زمینی را نشان می‌دهد. عمدتاً افزایش فسفر اثر معنی داری بر روی طول ریشه گیاهان نداشت، ولی تفاوتهای کاملا معنی داری در طول ریشه در گونه های گیاهی وجود داشت و همچنین افزایش طول ریشه در برداشت دوم و سوم مشهود بود. سؤالی که در مورد کارایی جذب مطرح است این است که آیا زیاد بودن کارایی جذب فسفر در چغندرقند با طول ریشه آن قابل توجیه است یا نه؟ در برداشت اول علیرغم طویل بودن ریشه بادام زمینی در همه تیمارهای کودی نسبت به چغندرقند میزان جذب فسفر در آن کمتر بود. این امر در مورد ذرت در برداشت دوم و سوم در همه تیمار های کودی نسبت به چغندرقند صادق است، یعنی ذرت علیرغم داشتن اندازه ریشه طویل تر، دارای جذب فسفر کمتری نسبت به چغندرقند بود. بعنوان نمونه در برداشت سوم (انتهای آزمایش) در تیمار کم فسفر علیرغم داشتن جذب بیشتر فسفر توسط چغندرقند نسبت به ذرت (حدود ۱/۵ برابر)، طول ریشه آن در حدود ۶۳۰ متر است که در مقایسه با طول ریشه ذرت که حدود ۱۶۶۰ متر است، به مراتب کمتر است. در مقایسه گونه های مختلف گیاهی در رشد اندام‌های هوایی برخی محققین به جای طول ریشه از نسبت طول ریشه به وزن خشک اندام‌های هوایی بر اساس واحد متر بر گرم استفاده می‌کنند. این نسبت نشان می‌دهد چه مقدار از اندام های هوایی به ازای یک واحد طول ریشه تغذیه می‌شود. نتایج مربوط به نسبت طول ریشه به وزن خشک اندام های هوایی نیز کم و بیش بیانگر همان روند مربوط به طول ریشه بود، لذا با توجه به تعدد جداول به صورت مجزا نشان داده نشده است.

در برخی گیاهان که کارایی جذب فسفر آنها خیلی زیاد نیست، زیاد بودن نسبت طول ریشه به وزن خشک اندام‌های هوایی عامل مهمی در کارایی جذب فسفر محسوب می‌شود، در صورتیکه در گیاهانی با کارایی جذب فسفر زیاد اینطور نیست (۶ و ۷).

جریان به درون فسفر (اینفلاکس فسفر)

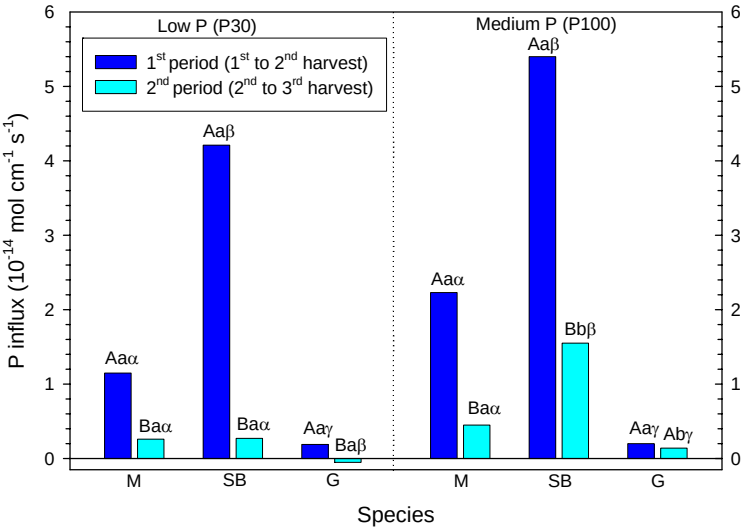
جریان به درون عناصر عامل موثر دیگری در توصیف کارایی جذب زیاد عناصر توسط گیاه می‌باشد. جریان به درون فسفر از یک طرف به توانایی گیاه در جذب و از طرف دیگر به محدودیت‌های حرکت فسفر در خاک مربوط است (۵). مقدار فسفری که در واحد طول ریشه در واحد زمان وارد گیاه می‌شود، را می‌توان توسط جریان به درون خالص فسفر (I_n) نشان داد. شکل ۳ مقدار جریان به درون را در دو دوره زمانی بین برداشت ۱ و ۲ و برداشت ۲ و ۳ برای هر سه گیاه نشان می‌دهد (برای تیمار کم و متوسط). در هر دو تیمار مشاهده شد که جریان به درون فسفر در دوره زمانی اول در گیاه چغندرقند بطور معنی داری بیشتر از آن در ذرت و بادام زمینی است. مقادیر جریان به درون برای چغندر قند، ذرت و بادام زمینی به ترتیب برابر $۰/۲ \times ۱۰^{-۱۴}$ ، $۱/۲ \times ۱۰^{-۱۴}$ و $۴/۲ \times ۱۰^{-۱۴}$ ($\mu mol\ cm^{-1}\ s^{-1}$) بود. همین تفاوت زیاد باعث جذب بیشتر فسفر توسط گیاه چغندرقند در طول دوره رشد بود؛ به عبارت دیگر زیاد بودن کارایی جذب فسفر توسط چغندر قند مربوط به زیاد بودن جریان به درون فسفر می‌باشد، یعنی مقدار فسفری که از واحد طول ریشه (سانتیمتر) گیاه چغندر قند در واحد زمان (ثانیه) می‌گذرد بیشتر از مقدارفسفری است که از یک سانتیمتر طول ریشه گیاهان ذرت و بادام زمینی در یک ثانیه می‌گذرد. فوزه و همکاران (۶) نیز نشان دادند جریان به درون عامل اصلی کارا بودن گیاه اسفناج در جذب فسفر بود. همچنین مطالعات نشان می‌دهد که گیاهانی که دارای کارایی زیاد در جذب فسفر هستند عامل جریان به درون نسبت به اندازه سیستم ریشه سهم بیشتری در زیاد بودن این کارایی دارد در صورتیکه در گیاهانی با کارایی جذب فسفر متوسط مانند گندم اندازه سیستم ریشه و سطح تماس با خاک مهمتر است (۶ و ۷). در گیاهانی مثل گوجه فرنگی که دارای کارایی جذب فسفر کم است هر دو عامل جریان به درون و اندازه سیستم ریشه تقریبا به یک اندازه در جذب فسفر نقش دارند(۶). با توجه به این تقسیم بندی شاید بتوان گفت در این تحقیق ذرت که دارای کارایی جذب متوسط بود، سیستم گسترده ریشه آن عامل اصلی در کارایی جذب فسفر محسوب می‌شود و برای بادام زمینی نیز با کارایی جذب فسفر کم هر دو عامل جریان به درون و اندازه سیستم ریشه نقش دارند.

در هر سه گیاه در دوره دوم رشد کاهش جریان به درون نسبت به دوره اول مشاهده شد که این کاهش در تیمار کم فسفر بیشتر از تیمار متوسط است که علت اصلی آن کم بودن فسفر در خاک است. با توجه به برداشت گیاه در دوره اول میزان فسفر قابل استفاده در خاک در دوره دوم به حداقل خود رسیده است، لذا تفاوت‌های جریان به درون بین گونه‌های مختلف گیاهی نیز به همین دلیل کم شده است. در گیاه بادام زمینی در تیمار کم فسفر و در دوره دوم رشد می‌توان گفت هیچ جریان به درون خالص معنی داری مشاهده نشد، ولی باید گفت نسبت به دوره اول رشد مقدار آن به طور معنی داری کاهش پیدا کرد.

(جدول ۵)- طول ریشه ذرت، چغندرقند و بادام زمینی در ۳ تیمار کودی و ۳ برداشت

تیمار فسفر	ذرت	چغندر قند	بادام زمینی
mg kg^{-1}	m plant^{-1}		
برداشت اول			
۳۰	۱۰ Aaα	۲۶ Aaβ	۵۰ Aaγ
۱۰۰	۱۰ Aaα	۳۰ Aaβ	۵۱ Aaγ
۱۰۰۰	۱۰ Aaα	۳۳ Aaβ	۵۲ Aaγ
برداشت دوم			
۳۰	۵۳۶ Baα	۳۵۸ Baβ	۱۰۶ Baγ
۱۰۰	۶۲۳ Baα	۲۹۲ Baβ	۱۱۲ Baγ
۱۰۰۰	۶۷۸ Baα	۳۱۱ Baβ	۱۹۲ Bbγ
برداشت سوم			
۳۰	۱۶۵۷ Caα	۶۲۹ Caβ	۱۳۱ Baγ
۱۰۰	۱۹۱۷ Caα	۵۱۰ Caβ	۱۶۲ Caγ
۱۰۰۰	۱۸۲۲ Caα	۴۴۶ Caβ	۲۸۴ Cbγ

حروف بزرگ، کوچک ویونانی نشانگر تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد در طول ریشه به ترتیب بین ۳ فاکتور برداشت، تیمار فسفر و گونه گیاهی هستند



(شکل ۳)- جریان به درون فسفر در ذرت(M)، چغندرقند(SB) و بادام زمینی(G) در تیمارهای کودی کم و متوسط در ۲ دوره رشد

حروف بزرگ، کوچک ویونانی نشانگر تفاوت معنی دار در سطح ۱ درصد در طول ریشه به ترتیب بین ۳ فاکتور دوره رشد، تیمار فسفر و گونه گیاهی هستند

بعنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که بین سه گونه گیاهی ذرت، چغندر قند و بادام زمینی، گیاه چغندر قند با داشتن عملکرد نسبی رویشی زیاد دارای کارایی استفاده فسفر بیشتری بود که این توانایی مربوط به زیادتر بودن کارایی جذب فسفر از خاک بود. با بررسی عوامل مؤثر در کارایی جذب فسفر، زیاد بودن این کارایی در گیاه چغندر قند بیشتر به زیاد بودن جریان به درون فسفر نسبت داده شد.

منابع

1- Adams F. 1974. Soil solution. In: Carson E. W. (eds) The Plant Root and its Environment. University of Virginia Chalottesville. pp 441-481.
2- Bhadoria P.B.S., Singh S. and Claassen N. 2001. Phosphorus efficiency of wheat, maize and groundnut grown in

low phosphorus supplying soil. In: Horst et al. (eds) Plant nutrition – food security and sustainability of agro-ecosystems Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp 530-531.
3- Bhadoria P.B.S., Steingrobe B., Claassen N. and Leibersbach H. 2002. Phosphorus efficiency of wheat and sugar beet seedlings grown in soils with mainly calcium, or iron and aluminium phosphate. Plant Soil, 264:41-52.
4- Bhadoria P.B.S., Dessougi H.E., Liebersbach H. and Claassen N. 2004. Phosphorus Uptake Kinetics, Size of Root System and Growth of Maize and Groundnut in Solution Culture, Plant Soil, 262: 327–336.
5- Claassen N., Meyer D. and Jungk A. 1990. Phosphorus acquisition of field grown sugar beet and its evaluation with asimmulation model. In: Scaife A (eds) Proceedings- First congress European Soc. Agronomy, Colmar France, section 3 p O7.
6- Föhse D., Claassen N. and Jungk A. 1988. Phosphorus efficiency of plants I. External and internal P requirement and P uptake efficiency of different plant species. Plant Soil, 110: 101-109.
7- Föhse D., Claassen N. and Jungk A. 1991. Phosphorus efficiency of plants. II. Significance of root radius and cation–anion balance for phosphorus influx in seven plant species. Plant Soil, 132:261–272.
8- Gunes A. and Inal A. 2009. Phosphorus Efficiency in Sunflower Cultivars and Its Relationships with Phosphorus, Calcium, Iron, Zinc and Manganese Nutrition. J. Plant Nut., 32:1201-1218.
9- Hinsinger P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. Plant soil, 237:173-195.
10- Moll R.H., Kamprath E.J. and Jackson W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron. J., 74:562-564.
11- Nye P.H., and Tinker P.B. 1977. Solute movement in the soil-root system. Blackwell, Oxford, UK.
12- Schüller H. 1971. Die CAL Methode, eine neue Methode zurBestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphats im Boden. J. plant Nutr. Soil Sci., 123:48-63.
13- Tennent D. 1975. A test of a modified line intercepts method of estimating root length J. Eco. 63:995-1001.
14- Wang Q.R., Li J.Y., Li Z.S., and Christie P. 2005. Screening Chinese wheat germplasm for phosphorus efficiency in calcareous soils. J. Plant Nut. 28: 489–505.

Journal of Water and Soil
Vol. 24, No. 1, Mar-Apr 2010, p. 180-188

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۱، فروردین - اردیبهشت ۱۳۸۹، ص. ۱۸۸-۱۸۰

Phosphorus uptake efficiency in corn, sugar beet and groundnut

R. Khorassani[1]

Abstract

Plant species differ in their ability to grow at low available P soils in other words, plant species differ in P use efficiency at low P supply. This ability can be investigated by comparing P uptake efficiency of plants and relative effective factors. A pot experiment was carried out in the growth chamber and sugar beet, maize and groundnut were grown in a low available P soil in a completely randomized design with three P fertilizer levels of low, medium and high. Three harvests were performed at two different growth periods. The results showed that at low P supply, sugar beet was the most efficient plant among three species as it showed the highest relative yield. The higher P use efficiency of sugar beet was due to a higher P uptake efficiency. Phosphorus uptake for sugar beet was 29 mg P $plant^{-1}$ while those for maize and groundnut were 19 and 0.8 mg P $plant^{-1}$, respectively. The main reason for higher P uptake efficiency of sugar beet was its higher P influx as compared to maize and groundnut. Under low P supply during the first growing period, P influx of sugar beet was higher than that of maize and groundnut by factor 4 and 22, respectively. Finally, the higher P use efficiency of sugar beet was due to a higher P uptake efficiency which in turn was due to a high P influx.

Keywords: Phosphorus efficiency, Phosphorus influx, Sugar beet, Corn, Groundnut

1- A contribution from Soil Science Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (Email: khorasani@um.ac.ir)