نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۱، ص. ۱۴۹۱-۱۴۸۳

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 6, Jan.-Feb. 2013, p. 1483-1491

بررسی توانایی جذب فسفر در گیاهان دارویی کاکوتی، مریم‌گلی و بومادران در خاک حاوی فسفر کم

رضا خراسانی[1*]- مجید عزیزی[2]- حدیثه رحمانی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۳۰

چکیده

اکثر گیاهان دارویی قادرند در خاکهایی با فسفر قابل استفاده کم، بخوبی رشد کنند. برای بررسی مکانیسم توانایی این گیاهان، یک آزمایش گلخانه‌ای با گیاهان کاکوتی کوهی، بومادران و مریم گلی در خاکی با فسفر کم در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تیمار کم، متوسط و زیاد فسفر (۰، ۱۵و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در دو برداشت و سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد هر سه گونه گیاهی در انتهای آزمایش (برداشت دوم) در تیمار کم فسفر دارای وزن خشک نسبی بالای ۸۰ درصد بودند که حاکی از کارایی زیاد گیاهان در استفاده از فسفر بود. غلظت فسفر در گیاهان در تیمار کم فسفر و در برداشت اول بین ۰/۲۳ تا ۰/۲۹ درصد بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار زیاد فسفر نداشت. همچنین محتوای کل [4] فسفر در گیاهان تیمار کم فسفر نیز نسبتاً زیاد بود. با توجه به غلظت و محتوای کل فسفر می‌توان گفت این گیاهان دارای کارایی جذب فسفر زیادی در خاک بودند. اینفلاکس[5] (جریان به داخل) فسفر در کاکوتی به طور معنی‌داری بیشتر از دو گیاه دیگر بود. بررسی نسبت ریشه به اندام‌های هوایی نشان داد که در مریم گلی، زیاد بودن کارایی جذب در شرایط کمبود فسفر خاک بیشتر در ارتباط با گسترش زیادتر ریشه بود در حالیکه در کاکوتی بیشتر مربوط به اینفلاکس زیاد فسفر بود.

واژه‌های کلیدی: فسفر، کارایی جذب، اینفلاکس، گیاهان دارویی

مقدمه

در اکثر خاک‌ها قابلیت استفاده کم فسفر یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان محسوب می‌شود (۸). این در حالی است که مقدار فسفر کل خاک کم نیست بلکه به دلیل واکنش‌های پیچیده فسفر در خاک که منجر به تثبیت آن در خاک می‌گردد بخشی از فسفر که می‌تواند جذب گیاه شود، محدود می‌باشد. در خاک‌های حاوی فسفر قابل استفاده کم، گیاهان مختلف دارای توانایی‌های متفاوت در رشد و نمو می‌باشند (۵ و ۱۶). در بین گیاهان زراعی این تفاوت به وضوح مشاهده می‌شود و می‌توان آن‌ها را بر اساس توانایی استفاده از فسفر در خاک‌هایی با فسفر کم تقسیم‌بندی کرد (۶). برخی گیاهان مانند چغندرقند می‌توانند در خاک‌هایی با فسفر کم نسبتا خوب رشد کنند و کاهش عملکرد کمتری داشته باشند (۴). این گیاهان دارای توانایی ویژه‌ای در استفاده از فسفر در خاک‌های دارای فسفر کم هستند. این در حالی است که گیاهان زراعی ذاتاً وابستگی بیشتری به کود فسفر دارند و اکثر آن‌ها بدون کود نمی‌توانند به رشد مطلوب خود برسند. این توانایی ویژه در گیاهان غیر زراعی که به صورت وحشی در طبیعت رشد می‌کنند برای همه عناصر بخصوص فسفر قطعاً بیشتر است؛ آن‌ها قادرند بخوبی چرخه رشد ونمو خود را در خاک‌های با فسفر قابل استفاده کم، کامل کنند. بنابراین آن‌ها دارای مکانیسم‌های کارا و فعالتری در استفاده از فسفر خاک، نسبت به گیاهان زراعی هستند. گیاهان دارویی که در سال‌های اخیر در دنیا مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند، جزو گیاهان غیر زراعی با توانایی زیاد در استفاده از عناصر خاک محسوب می‌شوند که با گذشت زمان بصورت زراعی درآمده‌اند و تولید آن‌ها در شرایط زراعی نیز دارای توجیه اقتصادی می‌باشد. کاربرد صحیح و مناسب عناصر غذایی در طول دوره رشد گیاهان دارویی، نه تنها نقش عمده‌ای در افزایش

۱و۳- استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: khorasani@um.ac.ir)
۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

4-Total content
5-Influx

عملکرد دارد بلکه در کمیت و کیفیت مواد موثره آن‌ها نیز نقش مهمی را ایفا می‌نماید. قطعاً گیاهانی که از نظر تغذیه وضعیت مناسبی دارند و دارای رشد و نمو مطلوبی هستند، به همان نسبت قادر به تولید ماده موثره بهتری از حیث کمی وکیفی نیز می‌باشند. بارکر (۱) اظهار می‌دارد که بهترین و مناسب‌ترین میزان مصرف کود مقداری است که علاوه بر افزایش عملکرد منجر به کاهش میزان متابولیت‌های ثانویه نگردد. از آنجاکه فسفر به عنوان یکی از عناصر مهم در تولید ماده مؤثره در گیاهان دارویی محسوب می‌شود، لذا شناسایی و بررسی مکانیسم استفاده از فسفر در خاک‌هایی با فسفر قابل استفاده کم بعنوان یک توانایی ویژه در گیاهان دارویی، کمک شایانی در پاسخ به این سؤال است که "چگونه برخی گیاهان قادرند در خاک‌های حاوی فسفر کم به خوبی رشد کنند؟" عوامل گوناگونی همچون اندازه و نحوه پراکنش سیستم ریشه‌ای، کینتیک جذب فسفر توسط گیاه و تراوشات ریشه گیاه می‌توانند در بروز این توانایی ویژه در جذب فسفر از خاک نقش داشته باشند.

تاکنون مطالعات کمی پیرامون کارایی استفاده عناصر و تغذیه گیاهان دارویی صورت پذیرفته است. نتایج بدست آمده در مورد تأثیر عناصر غذایی بر گیاهان دارویی مختلف و حتی واریته‌های متفاوت، کم و بیش متناقض بوده‌اند (۷). هورنوک (۹) درتوضیح این تناقض بیان کرد که تامین عناصر غذایی برای گیاهان یک پدیده پیچیده بوده و شرایط موجود برای جذب و سوخت و ساز عناصر غذایی، تحت تاثیر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در خاک است. لذا توجه به مکانیسم جذب عناصر و کارایی استفاده عناصر توسط گیاهان دارویی می‌تواند ازپیچیدگی تامین عناصر غذایی برای گیاهان بکاهد.

فسفر یکی از عناصر مهم در افزایش ماده مؤثره و اسانس در گیاهان دارویی است. نیکولووا و همکاران (۱۱) در آزمایش‌های گلدانی با گیاه بابونه مشاهده کردند که فسفر، میزان اسانس گیاه را افزایش داد. برنات (۳) با تحقیق برروی نعناء به این نتیجه رسید که تاثیرکمبود فسفر بر میزان اسانس نعناء مهمتر از کمبود نیتروژن بوده و افزودن فسفر نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش اسانس نعناع می‌شود. در تحقیقی تاثیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر ریحان بیان شد که افزایش نیتروژن و فسفر میزان اسانس را افزایش می‌دهد در حالی که افزایش پتاسیم در بعضی شرایط منجر به افزایش و در بعضی شرایط منجر به کاهش میزان اسانس می‌گردد (۱۵).

با توجه به عدم وجود مطالعات دقیق و موردی پیرامون نقش عناصر غذایی، بخصوص فسفر در گیاهان دارویی، می‌توان با تمرکز بر جذب ریشه‌ای در خاک و عوامل مؤثر بر آن، همچنین بررسی پارامتر اینفلاکس فسفر و تعیین اثرات مقادیر مختلف فسفر بر عملکرد گیاه و تولید ماده مؤثره (که در مقاله‌ای دیگر ارائه خواهد شد)، بطور دقیق‌تر و شفافتر به تغذیه گیاهان دارویی پرداخت. با در نظر گرفتن شرایط طبیعی و پتانسیل زیاد تولید گیاهان دارویی در کشور و توجیه اقتصادی آن، توجه به تغذیه عناصر غذایی و نیاز گیاهان دارویی (باتوجه به شرایط رشد متفاوت آن‌ها با گیاهان زراعی) بسیار ضروری است؛ این توجه، مستلزم بررسی مکانیسم توانایی ویژه این گیاهان در جذب عناصر غذایی است. لذا این پژوهش با هدف مقایسه توانایی گونه‌های گیاهی دارویی با خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت در استفاده از فسفر در خاک‌هایی با فسفر قابل استفاده کم و بررسی مکانیسم این توانایی و همچنین عکس العمل این گیاهان به کود فسفر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش گلدانی در خاکی با فسفر قابل استفاده کم (۳/۹ پی پی ام)، کربنات کلسیم معادل ۸/۸ درصد، ۷/۴۸ =pH_S و EC_e= ۲/۱ dS m^{-1}، ۶۰/۳ درصد سیلت، ۲۳/۶ درصد شن و ۱۶/۱ درصد رس با سه گونه گیاهی مریم‌گلی *Salvia virgata*، بومادران *Achillea millefolium* و کاکوتی *Ziziphora clinopodioides Lam* در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. علت انتخاب این گیاهان توانایی زیاد آن‌ها به لحاظ رشد و نمو در خاک‌های حاوی فسفر کم بود. برای رشد بهتر گیاهان، خاک مورد استفاده با ۳۰ درصد ماسه شسته شده مخلوط شد (به منظور سبک شدن خاک). آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای سه گیاه و سه سطح غلظت فسفر فراهم شده از $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$، در دو برداشت و سه تکرار با آرایش فاکتوریل و در مجموع با ۵۴ گلدان اجرا شد. این تحقیق در شرایط کنترل شده دما (۲۵-۱۶ درجه سانتیگراد شب- روز) در گلخانه به اجرا در آمد. سه سطح غلظتی صفر، ۱۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر به ترتیب بیانگر سطوح کم، متوسط و زیاد فسفر در نظر گرفته شد. سطح زیاد فسفر به علت اطمینان از تأمین اینفلاکس حداکثر فسفر (I_{max}) برای گیاهان در نظر گرفته شد، به طوریکه باید شرایطی مهیا شود تا گیاه بتواند به مقدار ماکزیمم اینفلاکس برسد تا بتوان آن را با شرایط معمولی مقایسه کرد. عناصر N و K بر اساس آنالیز خاک و نیاز گیاه، به مقدار لازم و برابر، به همه تیمارها اضافه شد. آبیاری با آب مقطر در طول رشد گیاهان تا سطح ظرفیت زراعی حدود ۱۴ درصد (وزنی) انجام شد. سطح گلدان‌ها با ۲۰۰ گرم ماسه شسته شده جهت کاهش تبخیر و یکنواختی آبیاری پوشانده شد. زمان برداشت اول برای هر سه گیاه در تیمارهای مختلف ۱۱۰ روز پس از کشت بود (این مدت برای گیاه کاکوتی درتیمار فسفر کم به علت کشت مجدد ۱۲۰ روز بود). برداشت دوم برای همه گیاهان ۱۵۱ روز پس از کشت انجام شد. مقدار فسفر خاک توسط روش اولسن (۱۳) تعیین شد. پس از جدا کردن اندام هوایی از ریشه، وزن خشک اندام هوایی و فسفر گیاه با استفاده از روش هضم خشک بطور مجزا در ریشه و اندام‌های هوایی اندازه گیری شد. پس از جدا کردن ریشه‌ها از

خاک و شستن دقیق آن‌ها طی چند مرحله، طول ریشه‌ها با استفاده از اسکنر و نرم افزار ROOT EDGE اندازه‌گیری شد (۱۰). مقدار اینفلاکس (In) توسط فرمول ویلیامز(Williams) محاسبه شد (۱۲):

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

در معادله بالا داریم: I_n: اینفلاکس 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 دو طرفه»[1] برای یافتن تفاوت‌های معنی دار بین دو فاکتور گونه‌های گیاه و تیمارهای فسفر با آزمون چند دامنه‌ای دانکن توسط نرم افزار Sigmastat انجام شد. نمودارها توسط نرم افزار Sigmaplot رسم شدند.

نتایج و بحث

ماده خشک گیاهی

در تغذیه گیاه، میزان رشد رویشی گیاه می‌تواند معیار خوبی برای بررسی وضعیت عناصر غذایی در گیاه باشد. همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، در میزان ماده خشک تولیدی در هر سه گیاه، فقط در برداشت اول بین تیمار بدون کود یا فسفر کم (P0) و تیمارهای متوسط (P15) و زیاد (P150) فسفر تفاوت معنی‌دار وجود دارد که این امر حاکی از واکنش مثبت گیاهان به کود فسفر در تیمار کم فسفر در مراحل ابتدایی رشد است. اما در برداشت دوم تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای فسفر در هیچکدام از گیاهان مشاهده نشد (شکل ۲)؛ به عبارت دیگر، همه گونه‌های گیاهی پس از حدود ۵ ماه قادر به تولید میزان ماده خشک تقریباً برابر، در هر سه تیمار کودی اعمال شده بودند. با مقایسه بین برداشت ۱ و ۲ می‌توان گفت تاثیر کود فسفر در رشد و نمو در تیمار کم فسفر، بیشتر در مراحل اولیه رشد می‌باشد و در مراحل بعدی، این گیاهان قادر به رشد و نمو مناسب، تقریباً مشابه تیمار زیاد فسفر هستند. میزان ماده خشک گیاهی در گیاهان دارویی مهم است و می‌تواند بر میزان مواد مؤثره تأثیر داشته باشد. برنات یکی از راه‌های افزایش عملکرد متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی را افزایش وزن خشک محصول دانست. این مطلب در حقیقت به روش افزایش مواد موثره به طریق غیر مستقیم اشاره می‌نماید (۲). سینگ یک ارتباط مثبت بین کود نیتروژن و فسفر با عملکرد رویشی گل بابونه و یک ارتباط منفی بین پتاسیم زیاد و عملکرد رویشی این گل بدست آورد (۱۴).

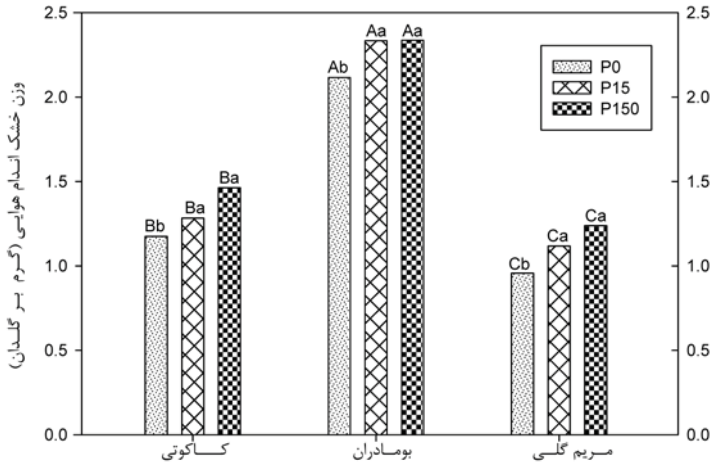
برای مقایسه گونه‌های گیاهی با یکدیگر، باید از عملکرد رویشی نسبی استفاده کرد. شکل ۳، وزن خشک نسبی اندام‌های هوایی را در تیمار کم فسفر (نسبت به تیمار حداکثر) در برداشت اول، جایی که واکنش مثبت فسفر مشاهده شد، نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است، بین گیاهان از نظر وزن خشک نسبی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. به عبارت دیگر، گیاهان مورد مطالعه ارجحیتی در تولید ماده خشک نسبت به هم نداشتند. نکته قابل تأمل در این مورد توانایی زیاد (حدود ۸۰ درصد مقدار حداکثر) هر سه گیاه در تولید ماده خشک بود. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای فسفر در هر سه گونه گیاهی در ماده خشک تولیدی (شکل ۲) نیز گویای مطلب فوق است. بطور کلی می‌توان گفت این گیاهان دارویی در استفاده از فسفر در خاک‌های با فسفر قابل استفاده کم، کارا[2] هستند. برای تفسیر این کارایی باید به این سؤال پاسخ داد که این گیاهان در تیمار کم فسفرتا چه حد قادر به جذب فسفر بودند. برای این منظور باید غلظت و محتوای کل فسفر گیاه را مورد بررسی قرار داد.

غلظت و محتوای کل فسفر گیاه

از آنجائی که دوره اولیه رشد نقش بسزایی در استخراج فسفر از خاک دارد، در این قسمت به بررسی تغییرات غلظت و محتوای کل فسفر گیاه در برداشت اول پرداخته می‌شود. بررسی غلظت فسفر گیاه در هر سه گونه گیاهی (شکل ۴) نشان دهنده این حقیقت است که تفاوت معنی‌داری بین تیمار کم و تیمار زیاد فسفر وجود نداشت. به عنوان مثال برای گیاه کاکوتی غلظت فسفر در شرایط (تیمار) فسفر زیاد، حدود ۰/۳ درصد بود. این مقدار در شرایط کم فسفر، حدود ۰/۲۹ درصد بود. به عبارت دیگر، غلظت فسفر در هر سه گونه گیاهی در تیمار کم فسفر جائیکه فسفر قابل استفاده خاک خیلی کم است (۳/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، نسبت به شرایطی که فسفر قابل استفاده خاک زیاد است، تقریباً برابر بوده که حاکی از توانایی خوب این گیاهان در استخراج فسفر از خاک توسط گیاه در شرایط فسفر قابل استفاده کم خاک است. برای روشن شدن بیشتر موضوع به مقایسه محتوای کل فسفر در اندام هوایی گیاه (شکل ۵) بین تیمار کم و زیاد فسفر در هر سه گیاه پرداخته می‌شود. محتوای کل فسفر در تیمار کم و زیاد فسفر برای گیاه کاکوتی به ترتیب ۳/۴ و ۴/۴ میلی‌گرم بر گیاه بود؛ این مقادیر برای بومادران ۴/۹ و ۵/۵ میلی‌گرم بر گیاه و برای مریم گلی ۲/۴ و ۲/ ۳ میلی‌گرم بر گیاه بود (شکل ۵). مشاهده می‌شود مقادیر محتوای کل فسفر در برداشت اول در تیمار کم فسفر نسبت به تیمار زیاد فسفر (حداکثر جذب) برای هر سه گونه گیاهی نسبتاً زیاد است. شاید بتوان علت زیاد بودن عملکرد رویشی نسبی گیاهان مورد مطالعه (حدود ۸۰ درصد) را زیاد بودن توانایی این گیاهان در جذب فسفر دانست (شکل ۳).

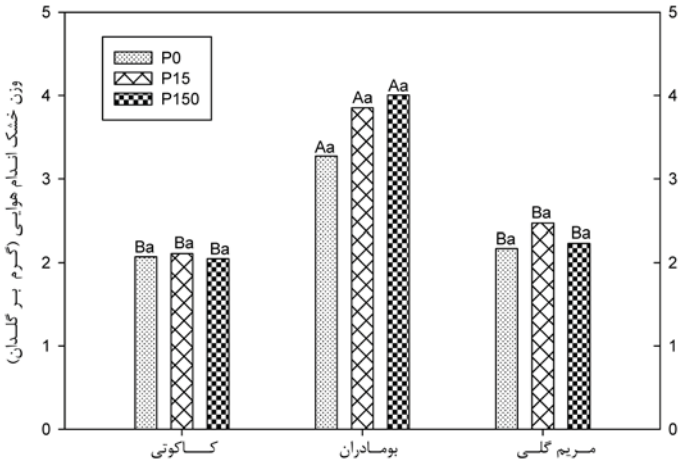
1- Two ways analysis of variance

2- Efficient



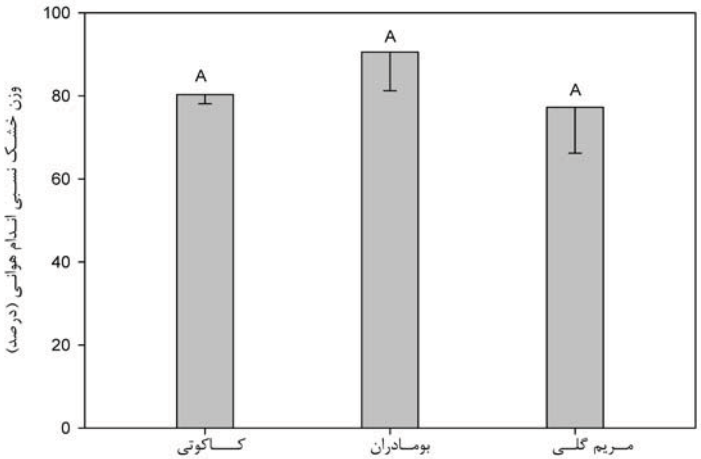
شکل ۱- وزن خشک اندام هوایی گیاهان در تیمارهای مختلف فسفر در برداشت اول

حروف بزرگ غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان و حروف کوچک غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار درسطح یک درصد بین تیمارهای فسفر است



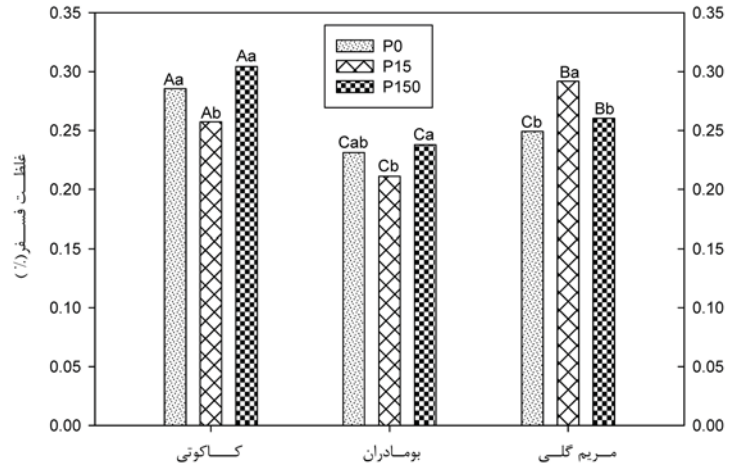
شکل ۲- وزن خشک اندام هوایی گیاهان در تیمارهای مختلف فسفر در برداشت دوم

حروف بزرگ غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان و حروف کوچک غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار درسطح یک درصد بین تیمارهای فسفر است



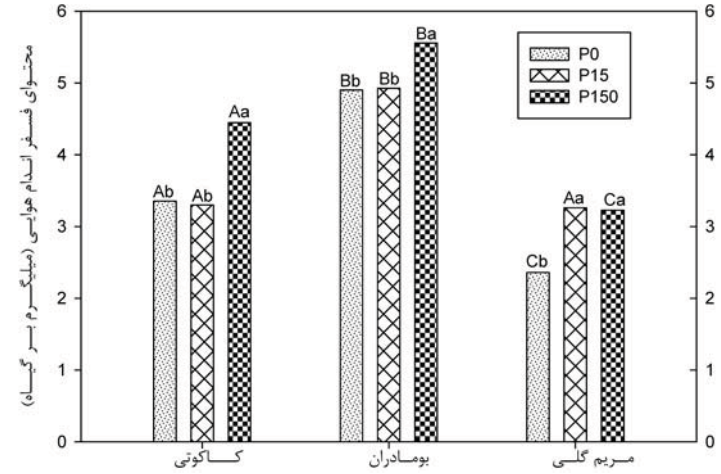
شکل ۳- عملکرد رویشی نسبی در تیمارهای مختلف فسفر در برداشت اول

حروف غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین گیاهان است



شکل ٤- غلظت فسفردر اندامهای هوایی گیاه در تیمارهای مختلف فسفر در برداشت اول

حروف بزرگ غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان و حروف کوچک غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد بین تیمارهای فسفر است



شکل ٥- محتوای کل فسفر در اندامهای هوایی گیاه در تیمارهای مختلف فسفر در برداشت اول

حروف بزرگ غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان و حروف کوچک غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بین تیمارهای فسفر است

به طور خلاصه این گیاهان دارای کارایی جذب[1] زیادی می‌باشند. افزایش کارایی جذب در گیاهان با گسترده بودن سیستم ریشه و یا زیاد بودن اینفلاکس فسفر امکان‌پذیر است.

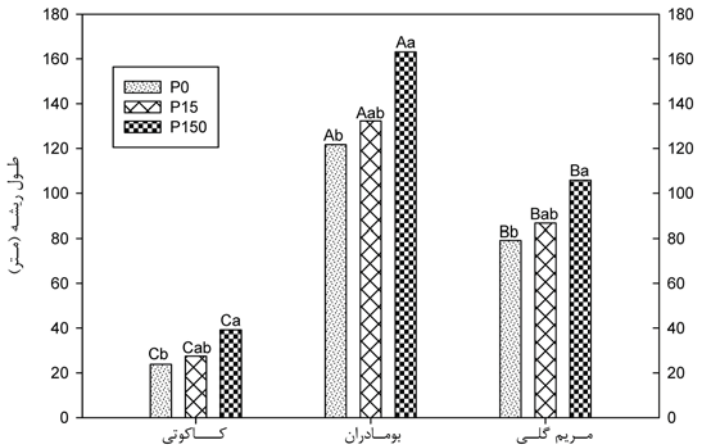
طول ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی

طول ریشه در گیاهان مختلف بسته به مکانیسم جذب عناصر غذایی و نوع گیاه، متفاوت است. به عنوان مثال در شرایط زیاد بودن فسفر در خاک، طول ریشه در بومادران حدود چهار برابر کاکوتی بود (شکل ۶). این مقدار در شرایط کم فسفر خاک به شش برابر هم رسید. همان طور که مشخص است، برای هر سه گونه گیاهی با افزایش مقدار فسفر، طول ریشه افزایش یافت و تفاوت معنی‌داری بین تیمار کم و زیاد فسفر مشاهده نشد. تیمار متوسط فسفر حالت بینابین داشت و تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کم و زیاد فسفر نداشت.

از آنجا که گسترش سیستم ریشه در گیاهان، متفاوت است لذا اندازه طول ریشه به تنهایی نمی‌تواند بیانگر مقدار جذب عناصر باشد. برای این منظور، از نسبت طول ریشه به وزن خشک اندام هوایی استفاده شد (شکل ۷). بین تیمارهای فسفر در هر سه گیاه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بدین ترتیب می‌توان گفت افزایش رشد ریشه و اندام‌های هوایی در اثر افزایش فسفردر گیاهان به یک نسبت بوده است.

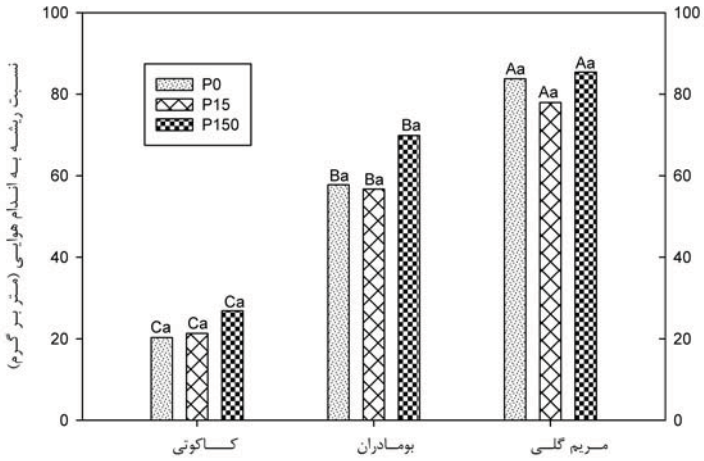
در حالی که این نسبت در همه تیمارهای فسفر، در کاکوتی کمتر از بومادران و در بومادران کمتر از مریم گلی بود. به طوری که در تیمار کم فسفر مقدار این نسبت برای کاکوتی، بومادران و مریم گلی به ترتیب برابر ۲۰، ۵۸ و ۸۴ بود. اگر جذب فسفر از خاک بر اساس نسبت طول ریشه به وزن خشک اندام هوایی صورت می‌پذیرفت، باید میزان جذب فسفر بر اساس الگوی فوق از کاکوتی به مریم گلی افزایش می‌یافت؛ ولی در عمل به این صورت نبود (شکل ۵). لذا باید عامل دیگری نیز در جذب فسفر دخیل باشد.

1-Uptake efficiency



شکل ٦- مقدار طول ریشه در تیمارهای مختلف فسفر در برداشت اول

حروف بزرگ غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان و حروف کوچک غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار درسطح یک درصد بین تیمارهای فسفر است



شکل ۷- نسبت ریشه به اندامهای هوایی گیاه در تیمارهای مختلف فسفر در برداشت اول

حروف بزرگ غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان و حروف کوچک غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار درسطح یک درصد بین تیمارهای فسفر است

اینفلاکس[1] یا جریان به داخل فسفر

اینفلاکس بیانگر میزان ورود فسفر از واحد طول ریشه در واحد زمان است. مقدار اینفلاکس در گیاه کاکوتی نسبت به دو گیاه دیگر، در همه تیمارهای فسفر بیش از دو برابر بود (شکل ۸). در کاکوتی و در تیمار کم فسفر، مقدار اینفلاکس فسفر $۳/۴\times۱۰^{-۱۴}$ مول بر سانتی متر بر ثانیه بود در صورتی که این مقدار برای بومادران و مریم گلی به ترتیب حدود $۱/۳\times۱۰^{-۱۴}$ و $۰/۹\times۱۰^{-۱۴}$ مول بر سانتی متر بر ثانیه بود. به عبارتی روند تغییرات اینفلاکس فسفر به تنهایی منطبق بر میزان جذب فسفر نبود. در واقع کارایی جذب زیاد این گیاهان در اثر مشارکت عوامل اندازه سیستم ریشه و اینفلاکس بود. ولی سهم عوامل فوق در این مشارکت در گیاهان مورد مطالعه متفاوت بود. به نحوی که در توجیه زیاد بودن کارایی جذب این گیاهان باید گفت در گیاه کاکوتی سهم اینفلاکس فسفر نسبت به سایر گیاهان بیشتر بود (شکل ۸) ولی در گیاه مریم گلی سهم اندازه سیستم ریشه نسبت به دو گیاه دیگر بیشتربود (شکل ۷).

یکی از عوامل مؤثر در زیاد بودن کارایی جذب در هر سه گونه گیاهی مورد مطالعه، در تیمار کم فسفر، زیاد بودن مقدار اینفلاکس فسفر است. شکل ۸ نشان می‌دهد که میزان اینفلاکس با افزایش فسفر در گیاه تغییر نمی‌کند. لذا در هر گیاه، افزایش جذب فسفر با افزایش مقدار فسفر از تیمار کم به تیمار زیاد، بیشتر مربوط به گسترش ریشه بوده تا افزایش اینفلاکس.

با توجه به نیاز نسبتاً زیاد این گیاهان به فسفر و مقدار کم فسفر قابل استفاده خاک، شاید این انتظار وجود داشته باشد که در تیمار کم فسفر، گیاه دچار کمبود شدید فسفر شود. اما از ارزیابی مقادیر

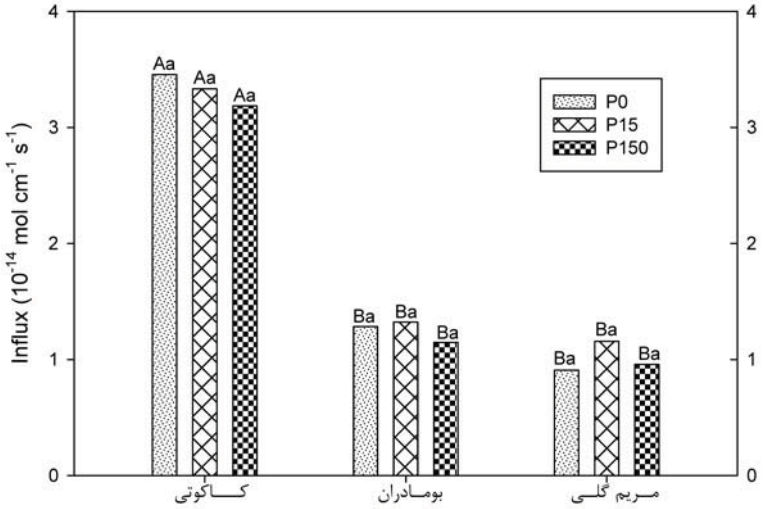
1-Influx

پارامترهای غلظت (شکل ۴) و محتوای کل فسفر (شکل ۵) گیاه در تیمار کم فسفر و مقایسه آن با تیمار زیاد فسفر و همچنین عملکرد رویشی نسبی گیاهان (شکل ۳)، می‌توان نتیجه گرفت که هیچ یک از این گیاهان، دچار کمبود شدید فسفر نیستند. دلیل این امر را می‌توان به زیاد بودن اینفلاکس فسفر در تیمار کم فسفر مرتبط دانست. همین امر می‌تواند باعث عدم وجود اختلاف معنی‌دار اینفلاکس در تیمار کم فسفر نسبت به تیمارهای زیادتر فسفر باشد (شکل ۸).

لازمه زیاد بودن اینفلاکس فسفر در هر خاکی، زیاد بودن غلظت فسفر در فاز محلول خاک است. حال سؤال اینجاست چه عاملی باعث افزایش غلظت فسفر محلول در تیمار کم فسفر شده است؟ باید علت این موضوع را در "متحرک شدن شیمیایی"[1] فسفر که همانا تبدیل شدن فرم غیر قابل استفاده فسفر به فرم قابل استفاده فسفر خاک توسط تراوشات ریشه است، جستجو کرد. به عبارت دیگر، زیاد بودن اینفلاکس فسفر در تیمار کم فسفر مربوط به افزایش غلظت فسفر محلول خاک توسط فرایند متحرک شدن شیمیایی می‌باشد. البته اثبات قطعی این موضوع و تعیین نوع ترکیبات تراوشات ریشه این گیاهان، احتیاج به مطالعات و آزمایشات مستقل آتی بر روی تراوشات ریشه این گیاهان دارد. لذا انتخاب گیاهان دارویی در مطالعات تراوشات ریشه (شناسایی ترکیبات جدید یا اندازه‌گیری ترکیبات شناخته شده) و اثرات آن بر قابلیت استفاده عناصر غذایی در خاک‌های فقیر، می‌تواند کمک شایان توجهی به بحث کارایی عناصر غذایی و تغذیه گیاه نماید. لذا در ادامه کار در بررسی متحرک شدن شیمیایی فسفر توسط تراوشات ریشه در خاک‌های دارای فسفر قابل استفاده کم، می‌توان گیاه کاکوتی را با اینفلاکس بیشتر فسفر انتخاب کرد.

نتیجه‌گیری

با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان به توجیه برخی از مکانیسم‌های توانایی گیاهان خاص در جذب فسفر، در خاک‌های فقیر پرداخت. در این پژوهش مشخص شد که هیچکدام از گیاهان دارویی مورد مطالعه، در انتهای آزمایش (برداشت دوم) به افزایش فسفر از نظر رویشی عکس العمل معنی‌دار نشان ندادند. از طرفی، زیاد بودن عملکرد رویشی نسبی (حدود ۸۰ درصد) در هر سه گونه گیاهی، بیانگر کارایی زیاد فسفر در شرایط فسفر قابل استفاده کم خاک بود. این توانایی مشترک گیاهان را می‌توان به زیاد بودن کارایی جذب فسفر آن‌ها نسبت داد. غلظت فسفر در این گیاهان در تیمار کم فسفر (بدون کود) مشابه تیمار زیاد فسفر بود (تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد). همچنین میزان جذب فسفر در تیمار کم فسفر زیاد بود. زیاد بودن کارایی جذب فسفر در شرایط کمبود فسفر خاک در مریم گلی بیشتر در ارتباط با گسترش زیادتر ریشه و در نتیجه افزایش سطح جذب بود در حالیکه در کاکوتی، بیشتر مربوط به اینفلاکس زیاد فسفر بود. افزایش اینفلاکس فسفر در تیمار کم فسفر را می‌توان به افزایش غلظت فسفر در محلول خاک، در اثر متحرک شدن شیمیایی فسفر نسبت داد.



شکل ۸- اینفلاکس فسفر در تیمارهای مختلف فسفر

حروف بزرگ غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار بین گیاهان و حروف کوچک غیر مشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار درسطح یک درصد بین تیمارهای فسفر است

1- Chemical mobilization

در قالب پیشنهادات این پژوهش، در همین زمینه می‌توان گیاه کاکوتی را برای مطالعات آتی در مورد تراوشات ریشه و اثرات آن در افزایش قابلیت استفاده و کارایی فسفر انتخاب کرد. از طرف دیگر، شاید نتایج این تحقیق را بتوان برای توجیه مکانیسم عدم نیاز گیاهان دارویی به کودهای شیمیایی برای عناصر دیگر نیز تعمیم داد. در مطالعات تراوشات ریشه، پس از شناسایی ترکیبات مؤثر بر متحرک شدن شیمیایی عناصر، در مراحل پیشرفته‌تر تحقیق می‌توان با بررسی ژن‌های عامل و انتقال آن‌ها به گیاهان زراعی، گام بلندی در عدم استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی برداشت. در بحث کارایی عناصر غذایی برای همه گیاهان، نخست باید گیاهان کارا شناخته و طبقه‌بندی شوند و سپس ضمن بررسی مکانیسم توانایی آن‌ها، به توصیه کودی دقیق‌تر پرداخت.

در این تحقیق همچنین اثر افزایش کود فسفر بر میزان و نوع ماده مؤثره گیاهان مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در مقاله‌ای دیگر آورده شده است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد برای تأمین مالی این طرح پژوهشی تشکر و تقدیر می شود.

منابع

1- Barker A.V. 1986 .Organic fertilizers for herbs. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants Digest, 3: 1-7.
2- Bernath J. 1986. Production ecology of secondary plant products. p. 185-234. In L.E. Craker., and J.E. Simon. (eds.) Herbs, spices and medicinal plants. recent advances in botany, horticulture and pharmacology. Phoenix, AZ: Oryx Press.
3- Bernath J. 1993. Wild and cultivated medicinal plants. Mezo, pub, Budapest.
4- 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 and Soil, 264: 41-52.
5- Claassen N., Meyer D., and Jungk A. 1990. Phosphorus acquisition of field grown sugar beet and its evaluation with a simmulation model. section 3 p O7.In A. Scaife. (ed.) Proceedings- First congress European Soc. Agronomy, Colmar France.
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 and Soil, 110: 101-109.
7- Franz C.H. 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plant. Acta Horticulturae, 132: 203-215.
8- Hinsinger P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. Plant and Soil, 237:173-195.
9- Hornok L. 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants. Akademiai kiado, Budapest.
10- Kaspar T.C., and Ewing R.P. 1997. ROOTEDGE: Software for measuring root length from desktop scanner images. Agronomy Journal, 89 :932–940.
11- Nikolova A., Kozhuharova K., Zheljazkov V.D., and L. Craker E. 1999. Mineral nutrition of chamomile (Cha re L.). Acta Horticulturae, 502: 203-208.
12- Nye P.H., and Tinker P.B. 1977. Solute movement in the soil-root system. Blackwell, Oxford, UK.
13- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture, Circular no. 939.
14- Singh A. 1977. Cultivation of Matricaria chamomilla. P. 350-352. In. C.K. Atal and B.M. Kapur. (eds.) Cultivation and utilization of medicinal and aromatic plants. Council of Scientific and Industrial Research, India.
15- Wahab A.S.A. 1982. Effects of N,P,K-supply on growth, yield and on the active principles of some medicinal plants. Kandidatusi. ertekezes, Budapest.
16- Wang Q.R., Li J.Y., Li Z.S., and Christie P. 2005. Screening Chinese wheat germplasm for phosphorus efficiency in calcareous soils. Plant Nutrition, 28: 489–505.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 6, Jan.-Feb. 2013, p. 1483-1491

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۱، ص. ۱۴۹۱-۱۴۸۳

Study of Phosphorus Acquisition Ability in Medicinal Plants of *Salvia virgata*, *Achillea millefolium* and *Ziziphora clinopodioides Lam* in Low Phosphorus Soils

R. Khorassani[1*]- M. Azizi[2]- H. Rahmani[3]

Received:14-3-2012
Accepted:21-10-2012

Abstract

Most of medicinal plants are able to grow in low P supply as well. In order to study the ability of some medicinal plant species, a greenhouse experiment was conducted with *Salvia virgata*, *Achillea millefolium* and *Ziziphora clinopodioides Lam* in a low P soil. The experiment was undertaken with three levels of P (0, 15, 150 mg kg^{-1}), two harvests and three replications as a randomized complete block design. In the second harvest and low P treatment, all species showed a high relative shoot dry matter (above 80%) which indicated a high P use efficiency of them. The range of shoot P concentration in low P treatment at the first harvest was between 0.23% and 0.29%. In this case, no significant difference was observed among different P treatments. In addition, the shoot P content of plants was almost high. As a result, all three plant species were P uptake efficient plants. The P influx in *Ziziphora clinopodioides Lam* was more than two other plant species. The results of the root- shoot ratio of plants at low P supplied was indicated that high P uptake efficiency of *Salvia virgata* was mostly due to its extensive root system, whilst, for *Ziziphora clinopodioides Lam* it was mostly due to its high P influx.

Keywords: Phosphorous, Uptake efficiency, Influx, Medicinal plants

1,3- Assistant Professor and MSc Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*-Corresponding Author Email: khorasani@um.ac.ir)
2- Associate Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad