

تأثیر تاج درخت بنه (*Pistacia atlantica*) بر پراکنش مکانی خصوصیات شیمیایی خاک (مطالعه موردی: منطقه سروآباد کردستان)

وحید حسینی^{۱*}، رضا اخوان^۲ و مریم طهماسبی^۳

^۱استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

^۲استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه کردستان

(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۵، تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۲)

چکیده

در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک، تک‌درختان تأثیر مهمی بر خصوصیات خاک داشته و تعیین‌کننده ساختار جوامع میکروبی و علفی خاک در زیر تاج درخت بوده که عملکرد این نوع اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر تاج درخت بنه (*Pistacia atlantica* Desf. var. *Kurdica*) بر ویژگی‌های عناصر غذایی خاک (کربن آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم)، لیتیم و سدیم است. در این تحقیق، نمونه‌های خاک در زیر و اطراف یک درخت بنه در منطقه سروآباد کردستان برداشت شد. نمونه‌ها در یک محدوده ۲۰×۲۰ متری به فواصل ۲ متر و سپس در ۵ محدوده ۲×۲ متری به فواصل ۵۰ سانتی‌متر در زیر و اطراف یک درخت بنه و از ۵ سانتی‌متر اول خاک برداشت شدند. به‌منظور تجزیه و تحلیل پراکنش و تغییرات مکانی متغیرهای خاک از روش زمین‌آمار استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار کربن آلی و نیتروژن خاک در زیر تاج درخت نسبت به نواحی اطراف بیشتر است. مقدار فسفر نیز در زیر تاج درخت بیشتر از نواحی اطراف بود و سطحی فراتر از تاج درخت را پوشش می‌داد. پتاسیم با افزایش فاصله از پایه درخت کاهش یافت. سدیم الگوی پراکنش متوسطی در ارتباط با تاج درخت داشت، در حالی که لیتیم الگوی مکانی پراکنده‌ای را نشان داد. به‌نظر می‌رسد که پراکنش لیتیم مستقل از موقعیت درخت باشد. نتایج به‌دست‌آمده این فرضیه را تأیید می‌کند که تفاوت در خصوصیات شیمیایی عناصر غذایی خاک، منجر به پراکنش‌های مکانی متفاوتی در زیر تاج درخت و با توجه به نوع گونه درختی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تاج درخت، خصوصیات شیمیایی خاک، پراکنش مکانی، زمین‌آمار، بنه.

مقدمه و هدف

تک‌درختان نقش مهمی در تعیین خصوصیات خاک دارند، همچنین نوع گونه بر روی خصوصیات خاک تأثیر می‌گذارد (Amiotti *et al.*, 2000). گیاهان عناصر غذایی را از خاک جذب می‌کنند و به قسمت‌های هوایی خود انتقال می‌دهند. پس از ریزش برگ‌ها و شاخه‌ها به سطح خاک و پوسیده شدن آنها، مواد آلی به وجود می‌آیند و در اثر تجزیه این مواد، عناصر غذایی موجود در آنها آزاد می‌شوند (محمودی و حکیمیان، ۱۳۷۷). Petersen *et al.* (2002) طی بررسی‌های خود در زمینه تأثیر درختان *Quercus macrocarpa* بر خاک اطرافشان به این نتیجه رسیدند که خاک زیر تاج پوشش، کربن بیشتری نسبت به بیرون تاج دارد. همچنین Jackson *et al.* (1990) طی بررسی‌هایی که انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که در نواحی مدیترانه‌ای کالیفرنیا، خاک‌های زیر تاج درختان بلوط آبی در مقایسه با خاک‌های نواحی علفزار باز اطرافشان دوره بازگشت نیتروژن و دسترسی نیتروژن آلی بیشتری دارند. پتاسیم عنصری است که به شکل تبادل، قابل استفاده برای گیاه است و مقدار قابل استفاده آن در خاک تابعی از درجهٔ هوادیدگی کانی‌ها و مقدار آب‌شویی آنها از خاک است که به صورت کاتیون‌های تبادل جذب خاک می‌شود (محمودی و حکیمیان، ۱۳۷۷). این عنصر به‌هیچ وجه وارد ترکیبات آلی نمی‌شود و در بین عناصری که از خاک تخلیه می‌شوند، بعد از نیتروژن دومین رتبه را داراست (نوربخش و کریمیان اقبال، ۱۳۷۶). Sollins *et al.* (1980) طی بررسی‌های خود در تودهٔ *Pseudotsuga menziesii* در غرب ایالت اورگان، پی‌بردند که تاج درختان، ترکیب شیمیایی بارانی را که از طریق تاج به زمین می‌ریزد، تغییر داده و غلظت عناصر غذایی مانند پتاسیم را تغییر می‌دهد. لیتیم نیز جزء عناصری است که در فرایندهای ژئوشیمیایی شرکت دارد. Gallardo (2003) با تحقیقی در زمینه تأثیر تاج درخت بلوط همیشه‌سبز (*Quercus ilex*) بر پراکنش مکانی عناصر غذایی خاک در سیستم‌های بیشه‌زراعی مناطق مدیترانه‌ای اسپانیا، به این نتیجه رسید که اختلاف بین مقادیر لیتیم و سدیم در زیر تاج و اطراف آن قابل توجه نیست و مقدار این دو عنصر در خاک با تاج درخت ارتباطی ندارد.

با توجه به اینکه در غرب کشور از زمین‌هایی که در بین و زیر درختان هستند برای زراعت دیم استفاده می‌شود و نوعی سیستم بیشه‌زراعی در این مناطق وجود دارد، با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان تأثیر حضور تک‌درختان در حاصل‌خیزی خاک را مدنظر قرار داد و بهره‌برداران محلی و افراد بومی ذینفع در زراعت در این مناطق را تشویق به حفظ و نگهداری این تک‌درختان کرد. بنابراین هدف این تحقیق عبارتند از: ۱- بررسی تأثیر تاج درخت بنه بر ویژگی‌های شیمیایی خاک و ۲- بررسی پراکنش مکانی عناصر غذایی خاک در زیر تاج درخت بنه و تهیه نقشهٔ پراکنش مکانی آنها.

مواد و روش‌ها

- گونهٔ مورد تحقیق و منطقهٔ مورد بررسی

با توجه به اینکه لازمهٔ این بررسی وجود تک‌درختان در یک منطقه است، یعنی مکانی که در آن تک‌درخت حضور داشته و فضای زیر تاج درخت تحت تأثیر درختان دیگر نباشد و از طرفی درخت موردنظر دارای تاجی به‌نسبت وسیع باشد، جنگل‌های شهرستان سروآباد واقع در استان کردستان به‌عنوان محل اجرای تحقیق انتخاب شد. با توجه به اینکه حضور تک‌درختان در منطقهٔ مورد نظر بیشتر از گونهٔ بنه (*Pistacia atlantica* Desf. var. *Kurdica*) است، بنه به‌عنوان گونهٔ مورد بررسی در نظر گرفته شد. بنه (پسته وحشی) از معدود گونه‌هایی است که در سخت‌ترین شرایط اکولوژیکی و محیطی مستقر می‌شود و مناطق وسیعی از ایران به‌جز اقلیم‌های مرطوب خزری، کویرها، بیابان‌ها و مناطق پست خلیج‌عمانی را به‌خود اختصاص می‌دهد. این گونه در بیشتر اقلیم‌های خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب کشور به‌صورت‌های مختلف (تک‌درخت، گروهی و همراه با دیگر گونه‌های جنگلی) پراکنش دارد و در بیشتر مناطق همراه با چند گونهٔ مهم دیگر مانند بلوط، افرا، بادام و ارس تشکیل تپه‌های جنگلی مختلفی می‌دهد و گاهی در برخی نقاط تشکیل توده‌های خالص نیز می‌دهد (فتاحی، ۱۳۷۴). منطقهٔ مورد بررسی در عرض ۱۹° ۳۵' شمالی و طول ۲۲° ۴۶' شرقی واقع شده است. مقدار متوسط بارندگی سالیانه آن ۶۰۰ میلی‌متر است که حداکثر نزولات آسمانی در

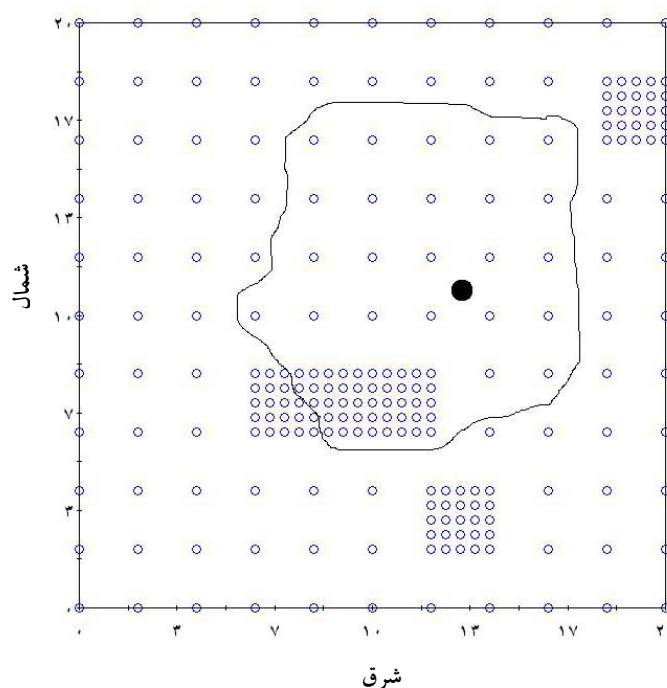
کوچک‌تر دو محور به صورت تصادفی انتخاب و محل تلاقی آنها به عنوان موقعیت درخت در نظر گرفته شد. سپس شبکه طراحی شده در اطراف درخت انتخابی در طبیعت پیاده شد. در مرحله بعد با آزیموت 180° درجه و فاصله ۱۱ متر از درخت حرکت کرده و اولین نقطه به نام Y_1 نامگذاری شد. از این نقطه به ترتیب با آزیموت 270° درجه و فاصله ۱۳ متر و آزیموت 90° درجه و فاصله ۷ متر، نقطه‌های بعدی به نام‌های X_1 و X_2 ثبت شدند. سپس از نقطه‌های X_1 و X_2 با آزیموت صفر و فاصله ۲۰ متر حرکت کرده و نقطه‌های X_3 و X_4 پیاده شدند. در شکل ۱، موقعیت درخت در داخل شبکه و در نقطه $X=13$ و $Y=11$ نشان داده شده است. نمونه‌های خاک به صورت منظم- تصادفی (سیستماتیک) از ۵ سانتی‌متر اول خاک به فواصل ۲ متری و سپس در داخل ۵ آشیانه 2×2 متری با فواصل ۵۰ سانتی‌متری برداشت شدند. علت انتخاب عمق ۵ سانتی‌متر این بود که عمق سطحی خاک بیشتر از اعماق دیگر تحت تأثیر عوامل بیولوژیک از جمله لاشبرگ درخت قرار می‌گیرد و بیشترین تغییرات در سطح خاک مشاهده می‌شود. در مجموع، ۲۲۰ نمونه خاک شامل ۶۸ نمونه از زیر تاج درخت و ۱۵۲ نمونه از محدوده خارج از تاج درخت بنه برداشت شد (شکل ۱). موقعیت مکانی تمامی نمونه‌های برداشت شده نیز همزمان به وسیله قطب‌نما و متر اندازه‌گیری و یادداشت شد.

ماه‌های آبان تا اردیبهشت رخ می‌دهد. دوره خشکی در منطقه مورد بررسی حدود ۵ ماه است که از اواسط اردیبهشت شروع می‌شود و تا اواسط مهر به مدت ۱۰۰ روز ادامه دارد. ضریب خشکی منطقه به روش دومارتن ۲۲ است و از نظر اقلیمی جزء مناطق مدیترانه‌ای به حساب می‌آید. نزولات جوی در این منطقه به صورت برف و باران است که از پراکنش نامناسبی برخوردار است. حداکثر درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال $36/2^\circ$ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت سردترین ماه سال $6/5-$ درجه سانتی‌گراد است. طول دوره یخبندان $3/5$ ماه و از اوایل آذر تا اواسط اسفند است (منوچهری، ۱۳۸۷). نوع خاک در محدوده شهرستان سروآباد، لیتوسل آهکی است (بی‌نام، ۱۳۸۵).

معیاری که بر اساس آن درخت مورد نظر انتخاب شد، قطر تاج درخت بود که تک‌درخت بنه مورد مطالعه دارای قطر تاج حدود ۱۰ متر بود.

- نمونه برداری زمینی

روش نمونه‌برداری به صورت آشیانه‌ای بود. به این صورت که ابتدا محدوده‌ای به ابعاد 20×20 متر در اطراف درخت بنه مورد مطالعه ایجاد شد. سپس یک شبکه نمونه‌برداری به صورت تصادفی در اطراف درخت انتخابی ترسیم شد. به این منظور محدوده‌ای به ابعاد 20×20 سانتی‌متر بر روی کاغذ شطرنجی ترسیم و در داخل این محدوده شبکه کوچک‌تری به ابعاد 10×10 سانتی‌متر ایجاد شد. در داخل شبکه



شکل ۱- وضعیت نقاط نمونه‌برداری (دوایر توخالی) در اطراف درخت (دایره توپر) به همراه گستره تاج درخت (خط مشکی)

نقطه‌ای^۵ استفاده شد. همچنین درون‌یابی‌های کریجینگ با استفاده از دو آماره میانگین خطا^۶ و جذر میانگین مربعات خطا^۷ ارزیابی شد. در حالتی که برآوردها صحیح و بدون اشتباه باشند، مقدار این دو آماره باید برابر صفر شود که به‌صورت رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه می‌شوند (Webster & Oliver, 2000). روابط ۳ و ۴ نیز مقادیر نسبی میانگین خطا و جذر میانگین مربعات خطا را نشان می‌دهند.

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(x_i) - \hat{z}(x_i)] \quad 1$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(x_i) - \hat{z}(x_i)]^2} \quad 2$$

$$MEr = \frac{ME}{\bar{z}(x_i)} \times 100 \quad 3$$

$$RMSEr = \frac{RMSE}{\bar{z}(x_i)} \times 100 \quad 4$$

به‌طوری که $\hat{z}(x_i)$ برآورد مقدار متغیر ناحیه‌ای x در نقطه i ، N تعداد نمونه‌ها و $\bar{z}(x_i)$ میانگین نمونه‌های اندازه‌گیری شده متغیر مورد بررسی است. به‌منظور ارزیابی بهتر نتایج برآوردها، نمودار ارزیابی متقابل متغیرهای مورد بررسی نیز در بخش نتایج ارائه شده است.

در این تحقیق برای انجام تجزیه و تحلیل‌های مکانی از نرم‌افزار GS+ نسخه ۹ (Gamma Design Software, LLC, Plain well, MI) و برای مقایسه تفاوت بین میانگین‌های متغیرهای مورد بررسی در زیر و خارج از تاج درخت، از آزمون t مستقل در نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج

جدول ۱ مشخصات کمی متغیرهای مورد بررسی را به‌تفکیک کل نمونه‌ها، نمونه‌های واقع در زیر تاج و نمونه‌های خارج از تاج درخت بنه نشان می‌دهد. براساس جدول ۱، بیشترین مقدار ضریب تغییرات برای لیتیم و کمترین مقدار آن برای سدیم مشاهده می‌شود. شکل ۲ واریوگرام‌های تجربی محاسبه‌شده برای شش متغیر مورد بررسی و مدل‌های برازش‌شده بر آنها را نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی

تمام نمونه‌های خاک پس از برداشت به آزمایشگاه منتقل شده و پس از الک شدن با الک ۲ میلی‌متری برای انجام آزمایش و اندازه‌گیری نیتروژن کل، کربن آلی، فسفر، پتاسیم، سدیم و لیتیم آماده شدند. نیتروژن کل از روش کج‌لدال با استفاده از دستگاه اتوکجلیتیک، کربن آلی با استفاده از روش والکی - بلاک، فسفر با استفاده از محلول سدیم بی‌کربنات و از روش اسپکتروفتومتری و پتاسیم، سدیم و لیتیم از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و به کمک دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل زمین‌آمار

همبستگی مکانی نمونه‌ها با استفاده از روش زمین‌آمار تجزیه و تحلیل شد. واریوگرام یکی از ابزار مطالعات زمین‌آمار است که شدت تغییرات متغیر ناحیه‌ای^۱ را بررسی می‌کند. واریوگرام نشان‌دهنده میانگین تغییرات موجود در بین نمونه‌هایی است که با فاصله مشخص (lag یا گام) از یکدیگر قرار گرفته‌اند.

کریجینگ شیوه درون‌یابی در روش زمین‌آمار است که نقشه‌های خروجی آن ابزار بسیار خوبی برای به تصویر کشیدن نحوه پراکنش متغیرهای مورد بررسی در عرصه تحقیق هستند (Ettema & Wardle, 2002). لازمه انجام کریجینگ، برازش مدلی بر روی واریوگرام تجربی است.

بررسی داده‌های مربوط به متغیرهای خاک در این پژوهش نشان داد که این داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند (جدول ۱)، بنابراین داده‌های این تحقیق با استفاده از روش‌های تبدیل لگاریتمی و ریشه دوم، نرمال شده و سپس در تجزیه و تحلیل‌ها به کار گرفته شدند. در محاسبه واریوگرام‌های متغیرهای مورد بررسی، هیچ‌گونه علائمی از ناهمسانگردی (هندسی یا منطقه‌ای) مشاهده نشد. در نتیجه کلیه واریوگرام‌ها به‌صورت چندجهته^۲ در نظر گرفته شدند و با استفاده از مدل‌های گروهی^۳ و نمایی^۴ برازش داده شدند. کریجینگ را می‌توان هم به‌صورت نقطه‌ای و هم به‌صورت بلوکی انجام داد. در این بررسی با توجه به عدم وجود قطعه نمونه، از کریجینگ معمولی به‌صورت

1- Regionalized variable

2- Omni-directional

3- Spherical

4- Exponential

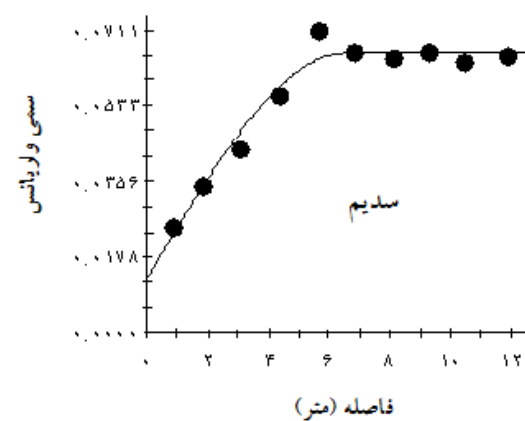
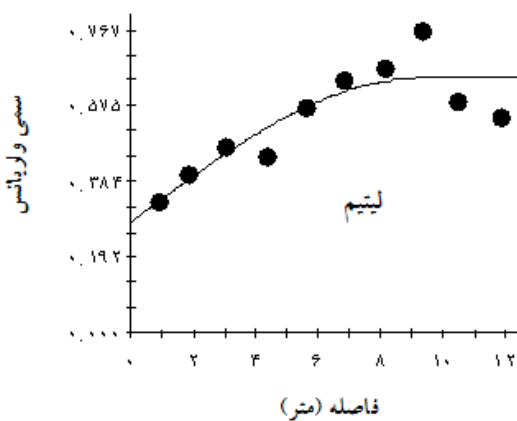
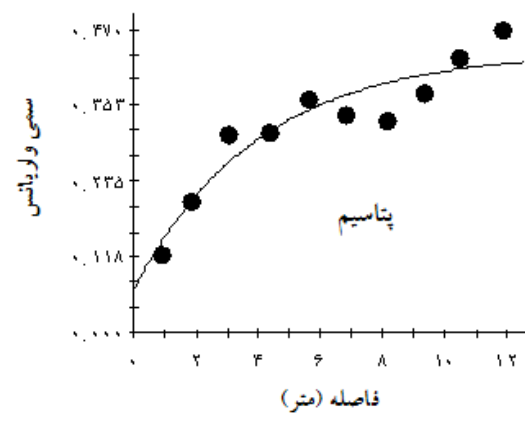
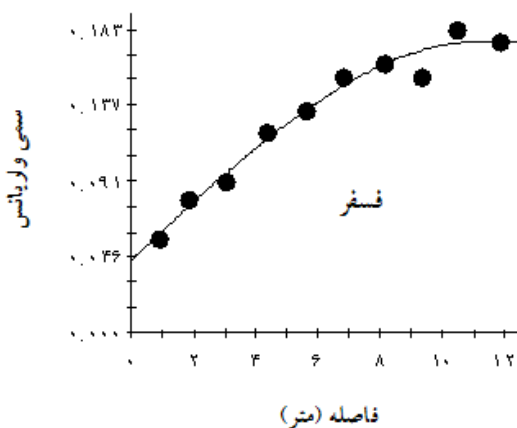
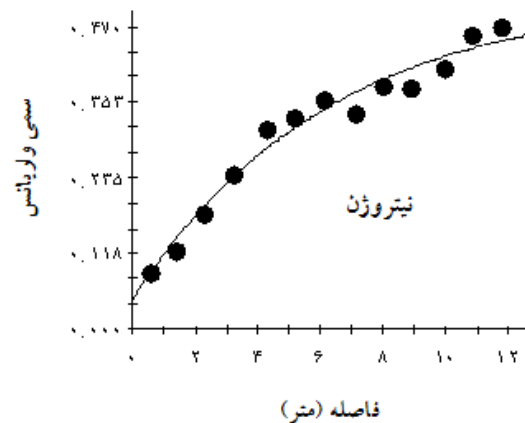
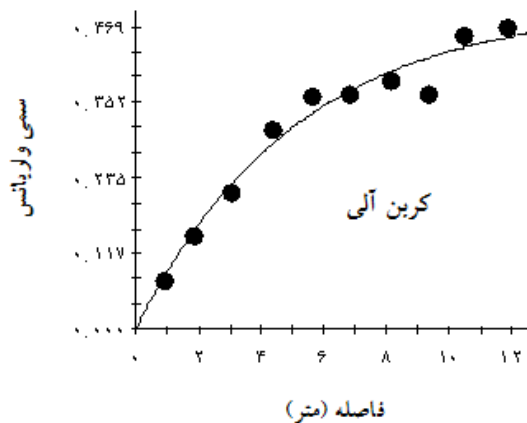
5- Ordinary point kriging

7- Mean Error; ME

8- Root Mean Square Error; RMSE

جدول ۱- مشخصات کمی متغیرهای مورد بررسی به تفکیک کل نمونه‌ها، نمونه‌های واقع در زیر تاج و خارج از تاج درخت بانه

متغیر خاک	زیر تاج درخت			خارج از تاج درخت			کل		
	میانگین	ضریب تغییرات	تعداد نمونه	میانگین	ضریب تغییرات	تعداد نمونه	میانگین	ضریب تغییرات	تعداد نمونه
کربن آلی (درصد)	۸/۰۹	٪۲۰/۵	۶۸	۴/۸۳	٪۵۷/۱	۱۵۲	۰/۵۷	٪۵۷/۱	۲۲۰
نیتروژن (درصد)	۰/۷۶	٪۲۸/۷	۶۸	۰/۴۸	٪۵۴/۶	۱۵۲	۰/۸۷	٪۵۴/۶	۲۲۰
فسفر (ppm)	۷/۰۷	٪۲۵/۶	۶۸	۶/۱۶	٪۲۶/۱	۱۵۲	۰/۹۷	٪۲۶/۱	۲۲۰
پتاسیم (ppm)	۵۳۸/۳۰	٪۳۹/۲	۶۸	۳۶۵/۴	٪۶۶/۴	۱۵۲	۱/۹۳	٪۶۶/۴	۲۲۰
لیتیم (ppb)	۱/۸۰	٪۲۱۶/۱	۶۸	۱/۸۱	٪۱۱۳/۲	۱۵۲	۲/۳۲	٪۱۱۳/۲	۲۲۰
سدیم (ppm)	۱۰۲/۳۴	٪۱۳/۳	۶۸	۸۸/۸۱	٪۱۸/۰	۱۵۲	۰/۶۵	٪۱۸/۰	۲۲۰



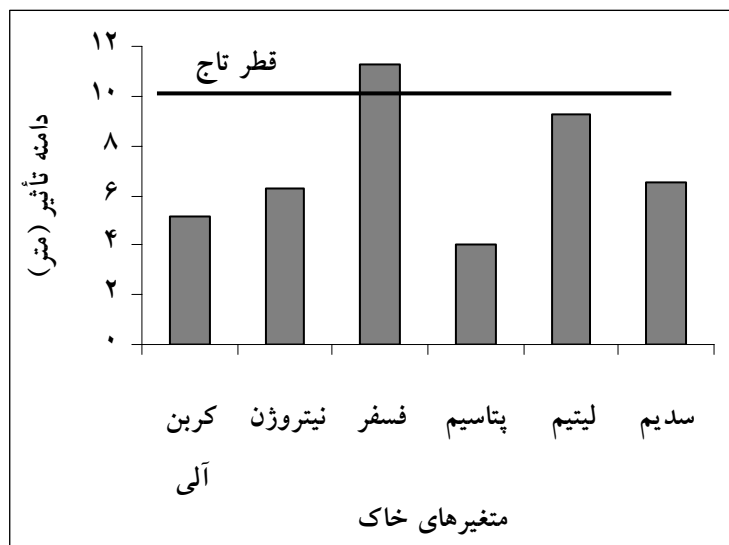
شکل ۲- واریوگرام متغیرهای مورد بررسی و مدل‌های برازش شده بر آنها

مشخصه‌های واریوگرام‌ها (اثر قطعه‌ای، سقف و دامنه تأثیر) و نوع مدل برازش شده بر آنها در جدول ۲ ارائه شده‌اند. همان‌طور که از شکل ۲ و جدول ۲ مشخص است، متغیرهای کربن آلی و نیتروژن دارای واریوگرام‌های مشابهی بوده و دامنه‌های تأثیر نزدیک به هم (به ترتیب

کربن آلی (درصد) ۹۹/۸٪، نیتروژن (درصد) ۹۱/۰٪، فسفر (ppm) ۷۵/۱٪، پتاسیم (ppm) ۸۴/۶٪، لیتیم (ppb) ۵۶/۵٪، سدیم (ppm) ۸۰/۴٪، اثر مکانی ۰/۰۰۱، ۰/۰۴۷، ۰/۰۴۴، ۰/۰۶۷، ۰/۲۸، ۰/۰۱۳، سقف ۰/۵۰، ۰/۵۲، ۰/۱۷، ۰/۴۳، ۰/۶۴، ۰/۰۶، دامنه تأثیر (متر) ۵/۱۵، ۶/۳۰، ۱۱/۳۰، ۴/۰۰، ۹/۲۳، ۶/۵۰، ضریب همبستگی ۰/۹۶، ۰/۹۷، ۰/۹۷، ۰/۸۸، ۰/۷۷، ۰/۹۷، مدل واریوگرام نمایی، نمایی، کروی، نمایی، کروی، کروی

جدول ۲- مشخصه‌های واریوگرام‌ها و مدل‌های برازش داده شده بر آنها

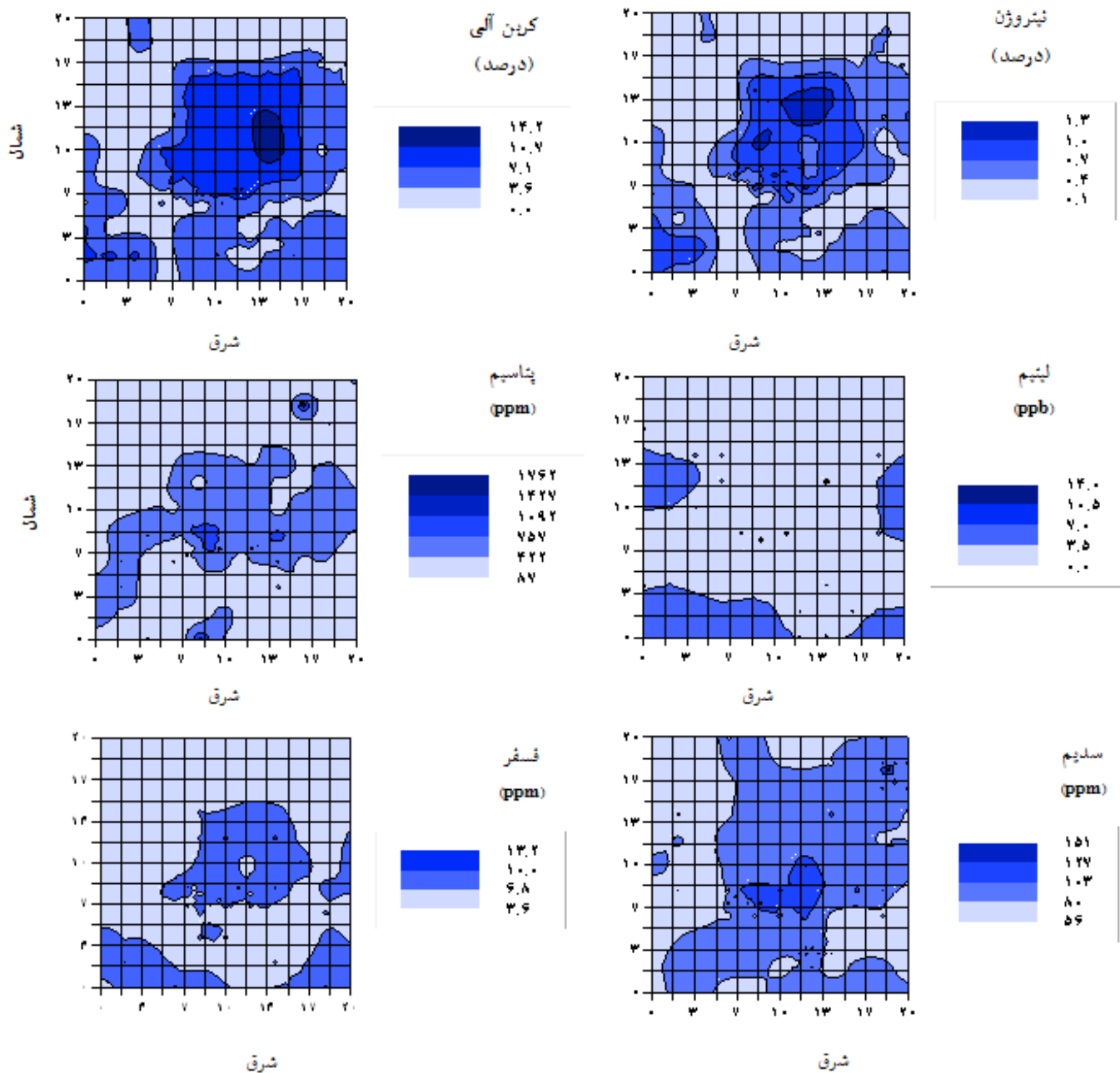
متغیر خاک	ساختار مکانی	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تأثیر (متر)	ضریب همبستگی	مدل واریوگرام
کربن آلی (درصد)	۹۹/۸٪	۰/۰۰۱	۰/۵۰	۵/۱۵	۰/۹۶	نمایی
نیتروژن (درصد)	۹۱/۰٪	۰/۰۴۷	۰/۵۲	۶/۳۰	۰/۹۷	نمایی
فسفر (ppm)	۷۵/۱٪	۰/۰۴۴	۰/۱۷	۱۱/۳۰	۰/۹۷	کروی
پتاسیم (ppm)	۸۴/۶٪	۰/۰۶۷	۰/۴۳	۴/۰۰	۰/۸۸	نمایی
لیتیم (ppb)	۵۶/۵٪	۰/۲۸	۰/۶۴	۹/۲۳	۰/۷۷	کروی
سدیم (ppm)	۸۰/۴٪	۰/۰۱۳	۰/۰۶	۶/۵۰	۰/۹۷	کروی



شکل ۳- دامنه تأثیر متغیرهای مورد بررسی (خط افقی قطر تاج درخت را نشان می‌دهد)

کربن آلی و نیتروژن دارد، به طوری که با افزایش فاصله از درخت مقدار این دو متغیر در خاک کاهش می‌یابد، ولی بر متغیرهای سدیم، فسفر و پتاسیم تأثیر متوسطی دارد. اما بر نحوه پراکنش متغیر لیتیم تأثیری نداشته، به طوری که الگوی پراکنش مشخصی برای این متغیر تحت تأثیر تاج درخت بنه در شکل ۴ مشاهده نمی‌شود و براساس جدول ۳، مقادیر این متغیر در زیر و خارج از تاج درخت تفاوت معنی‌داری ندارند.

درصد ساختار مکانی متغیرهای مورد بررسی متفاوت بود. به جز لیتیم که کمترین مقدار ساختار مکانی را دارا بود (۵۶/۵ درصد)، متغیرهای دیگر ساختار مکانی قوی (بیش از ۷۵ درصد) داشتند (جدول ۲). با استفاده از درون‌یابی کریجینگ، نقشه پراکنش مکانی متغیرهای مورد بررسی در زیر و اطراف درخت به دست آمد (شکل ۴). همان‌طور که از شکل ۴ مشخص است، تاج درخت بنه تأثیر زیادی بر نحوه پراکنش مکانی متغیرهای



شکل ۴- نقشه پراکنش مکانی حاصل از کریجینگ متغیرهای مورد بررسی در اطراف درخت بنه (مختصات درخت بنه: ۱۳ شرقی و ۱۱ شمالی)

جدول ۳- نتایج آزمون t برای مقایسه متغیرهای مورد بررسی در زیر تاج و خارج از تاج درخت بنه

متغیر خاک	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره t	معنی داری
کربن آلی (درصد)	۲۱۸	۴/۷۱	۱۹/۱۱	۰/۰۰۰**
نیتروژن (درصد)	۲۱۸	۰/۴۱۰	۱۵/۴۵	۰/۰۰۰**
فسفر (ppm)	۲۱۸	۱/۳۰	۵/۹۸	۰/۰۰۰**
پتاسیم (ppm)	۲۱۸	۲۵۰/۲۲	۸/۰۲	۰/۰۰۰**
لیتیم (ppb)	۲۱۸	۰/۹۰۹	۳/۰۹	۰/۰۰۹ ^{ns}
سدیم (ppm)	۲۱۸	۱۹/۵۷	۱۰/۱۶	۰/۰۰۰**

** معنی دار در سطح ۱ درصد، ns: معنی دار نیست

جدول ۳ نتایج مقایسه‌های آماری تفاوت بین نمونه‌های برداشت شده در زیر و خارج از تاج درخت بنه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشخص است، بین میانگین‌های به‌دست‌آمده در زیر و خارج از تاج درخت بنه برای همه متغیرهای مورد بررسی خاک (به‌جز لیتیم)، تفاوت معنی‌داری به احتمال ۹۹ درصد وجود دارد.

جدول ۴- نتایج ارزیابی صحت درون‌یابی‌ها برای متغیرهای مورد

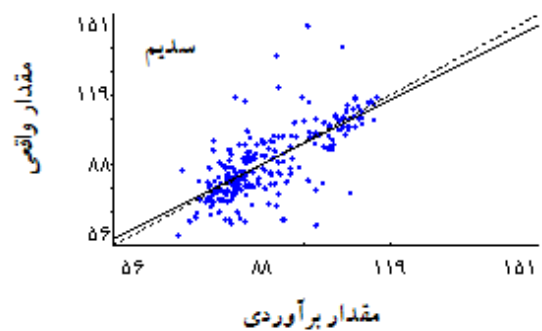
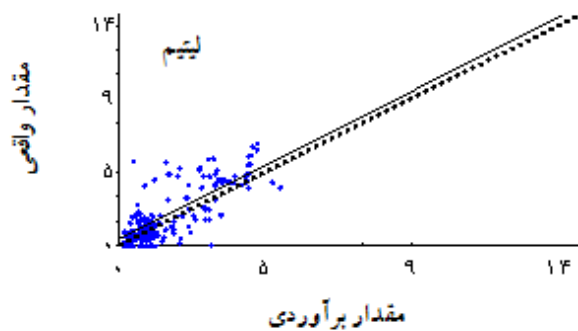
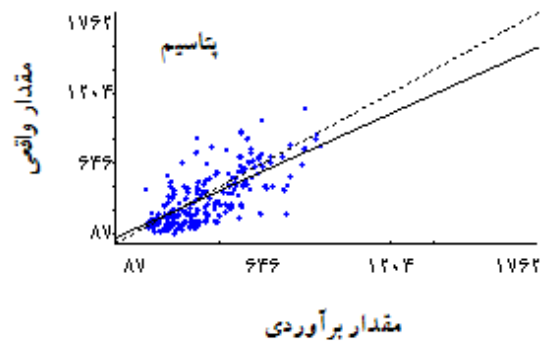
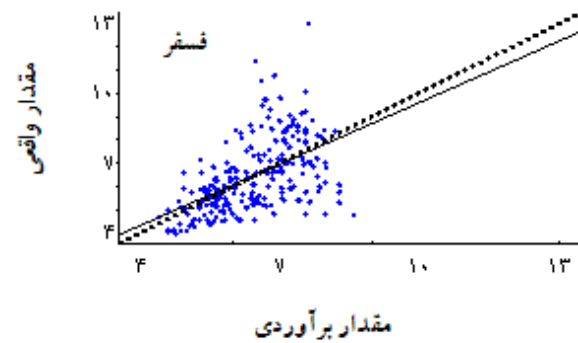
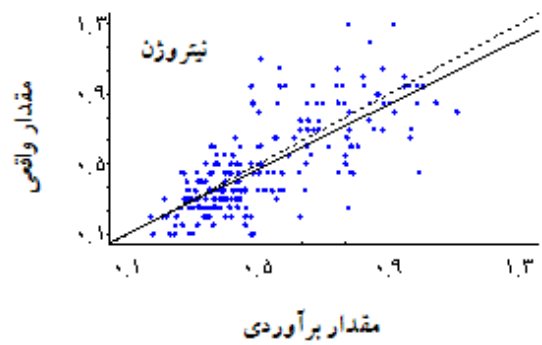
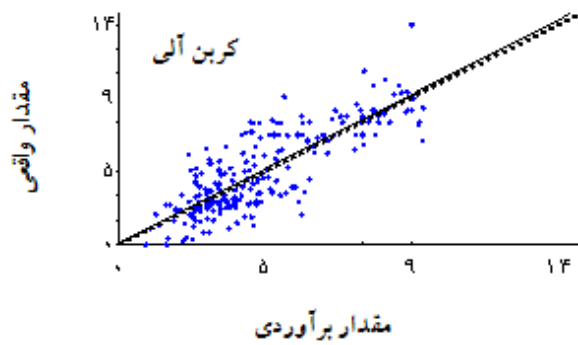
بررسی				متغیر خاک
<i>RMSEr</i>	<i>MEr</i>	<i>RMSE</i>	<i>ME</i>	
٪۳۱/۸۸	٪۲/۶۲	۱/۵۴	۰/۱۲۷	کربن آلی (درصد)
٪۳۵/۶	٪۵/۶۶	۰/۱۱۷	۰/۰۲۷	نیترژن (درصد)
٪۲۲/۱	٪۰/۶۵	۱/۳۷	۰/۰۴	فسفر (ppm)
٪۵۴/۴	٪۵/۸۶	۱۹۸/۹۹	۲۱/۴۴	پتاسیم (ppm)
٪۶۲/۲	٪۲۰/۵۵	۱/۱۲	۰/۳۷	لیتیم (ppb)
٪۱۲/۹۸	٪۰/۲۲	۱۱/۵۳	۰/۲۰۲	سدیم (ppm)

ME = میانگین خطا؛ *RMSE* = جذر میانگین مربعات خطا؛ *MEr* = میانگین

خطای نسبی؛ *RMSEr* = جذر میانگین مربعات خطای نسبی

به‌منظور ارزیابی صحت برآوردهای کریجینگ، مقادیر مطلق و نسبی میانگین خطا و جذر میانگین مربعات خطا برای متغیرهای مورد بررسی محاسبه شدند که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. براساس این جدول، بیشترین صحت برآورد مربوط به متغیرهای سدیم و فسفر و کمترین آن مربوط به متغیر لیتیم است.

شکل ۵ نمودارهای ارزیابی متقابل را برای متغیرهای مورد بررسی نشان می‌دهد. در این شکل‌ها مقادیر واقعی در برابر مقادیر برآورد شده تقابل داده شده‌اند. شایان ذکر است که هرچه انطباق خط ممتد بر خط‌چین (با زاویه ۴۵ درجه) بیشتر باشد، برآوردها ناریب‌تر و صحت آنها بیشتر است.



شکل ۵- نمودار ارزیابی متقابل برای متغیرهای مورد بررسی

بحث

براساس نتایج این تحقیق، تجمع زیاد کربن آلی و عناصر غذایی ضروری گیاه (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به همراه سدیم در زیر محدوده تاج درخت بنه در مقایسه با نواحی خارج از تأثیر تاج درخت مشاهده شد. اما همه آنها تغییرات مکانی متفاوتی نسبت به هم نشان دادند، در واقع گونه بنه به دلیل افزودن لاشبرگ به خاک سبب افزایش ماده آلی در زیر تاج خود شده است. (Sebastia et al., 2008) با بررسی مقدار مواد آلی در علفزارهای توگو در غرب آفریقا، مقدار مواد آلی را در جنگل بیشتر از اراضی مرتعی اعلام کردند. (Gallardo 2003) نیز در تحقیق خود در اسپانیا نشان داد که تک‌درختان بلوط سبب تجمع بیشتر کربن آلی و نیتروژن در زیر تاج درخت نسبت به نواحی خارج از آن می‌شوند.

نیتروژن تنها عنصر غذایی مورد نیاز گیاه بود که نحوه پراکنش آن با نحوه پراکنش مکانی کربن آلی تطابق زیادی نشان داد (شکل ۴) و همانند کربن آلی از ساختار مکانی قوی و مقادیر زیاد در زیر تاج درخت بنه برخوردار بود. قسمت عمده نیتروژن خاک، بخشی از مولکول‌های ماده آلی خاک محسوب می‌شود. ماده آلی خاک شامل ۳ درصد نیتروژن است، بنابراین توزیع نیتروژن خاک در ارتباط نزدیک با ماده آلی خاک است (شاهویی، ۱۳۸۵).

(Gindaba et al., 2005) با بررسی اثر دو گونه درختی *Cordia Africana* و *Croton macrostachvus* بر حاصل‌خیزی خاک در ایتوپیا به این نتیجه رسیدند که خاک سطحی و زیر سطحی در زیر تاج درختان به ترتیب دارای ۲۶-۲۲ درصد و ۱۷-۱۲ درصد نیتروژن بیشتر در مقایسه با خاک مناطق دور از تاج هستند.

تجمع نیتروژن در خاک به تعادل بین نسبت معدنی شدن نیتروژن و جذب آن به وسیله ریشه و میکروارگانیسم‌های خاک وابسته است و تطابق پراکنش مکانی آن با کربن آلی نشان‌دهنده این است که اصولاً به وسیله فرایند معدنی‌شدن، کنترل می‌شود. فسفر نیز ساختار مکانی به نسبت خوبی در مقیاس نمونه‌برداری به کاررفته نشان داد، به طوری که دامنه تأثیر آن بیشتر از قطر تاج درخت بنه بود (شکل ۳) که این نتیجه همانند نتیجه تحقیق (Gallardo 2003) در مورد گونه *Quercus ilex* است. دامنه تأثیر بزرگ‌تر از قطر تاج

درخت برای فسفر، احتمالاً به دلیل آبشویی سطحی است، در نتیجه مقادیر زیاد فسفر در محدوده‌ای فراتر از سطح تاج درخت هم دیده می‌شود (شکل ۴). نتایج نشان‌دهنده افزایش مقدار فسفر در زیر تاج درخت بنه است. ریزش برگ درختان و لاشریزه گیاهی، فسفر را در شکل‌های آلی با توان معدنی شدن به خاک بر می‌گرداند. بازگشت لاشبرگ و دیگر پس‌مانده‌های آلی قابل تجزیه به خاک می‌تواند مقدار فسفر قابل استفاده برای گیاه را افزایش دهد (شاهویی، ۱۳۸۵). همانند نیتروژن، تجمع فسفر در خاک به تعادل بین معدنی شدن فسفر آلی و جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه و میکروارگانیسم‌ها وابسته است، اما بیش از آن، به ترکیب عناصر و کلئیدهای رسی خاک وابسته است که می‌تواند مقادیر زیادی از فسفات را در شکل غیر قابل دسترس آن نگه دارد. به علاوه ریشه‌ها و میکوریزها نقش فعالی در معدنی شدن فسفر از ماده آلی طی تولید آنزیم فسفاتاز و نیز در تجزیه فسفر معدنی از طریق تولید اکسالات‌ها بازی می‌کنند (Jurniak et al., 1986). از سوی دیگر شواهدی وجود دارد که ریشه‌ها و میکوریزها به طور مستقیم در معدنی شدن نیتروژن دخالت می‌کنند. بنابراین از نظر مکانی، تجمع فسفر قابل جذب در خاک می‌تواند با شستشوی محیطی مواد مرتبط باشد تا تجمع نیتروژن (Gallardo, 2003). پتاسیم بعد از لیتیم متغیرترین (از نظر مقدار ضریب تغییرات) عنصر مورد بررسی این تحقیق بود (جدول ۱)، اما ساختار مکانی آن ضعیف‌تر از نیتروژن بود (جدول ۲) که احتمالاً به دلیل تغییرات این متغیر در فواصلی کمتر از حداقل فاصله نمونه‌برداری (۵۰ سانتی‌متر) است. برخلاف نیتروژن و فسفر، پتاسیم به راحتی از برگ‌ها و بافت‌های گیاهی آبشویی می‌شود (Aber & Melillo, 2001). پراکنش مکانی این عنصر، تقریباً تجمع زیادتری را در اطراف تنه درخت بنه نشان داد (شکل ۴) که می‌تواند ناشی از فرایند ساقاب^۱ باشد. همچنین تاج‌بارش^۲ نیز می‌تواند عامل افزایش پتاسیم در محدوده زیر تاج درخت باشد. پتاسیم به وسیله آبشویی و فرسایش از دسترس خارج و در اثر هوازدگی کنی‌های اولیه و شکل‌های غیر قابل تبادل در پروفیل خاک،

1- Stemflow
2- Throughfall

منابع

- جبران و به‌کمک پوشش گیاهی به سطح خاک آورده می‌شود (شاهویی، ۱۳۸۵).
- Isicheia & Muoghalu (1992) با بررسی تأثیر تاج درختان پهن‌برگ بر حاصل‌خیزی خاک در ساوانای نیجریه پی‌بردند که خاک زیر تاج درختان، به‌طور چشم‌گیری، پتاسیم بیشتری نسبت به علفزارهای باز دارد. همچنین Muoghalu & Awokunle (1994) طی بررسی‌هایی که بر روی نحوه پراکنش ویژگی‌های خاک در زیر تاج درخت دو گونه *Blighia sapida* و *Aubrevillea kerstingii* در جنگل‌های بارانی نیجریه انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که مقدار پتاسیم با افزایش فاصله از درخت کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، هرچه مقدار کربن آلی در زیر تاج درخت بیشتر باشد، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر می‌شود که تجمع مقادیر زیادی از پتاسیم را توجیه می‌کند. البته اثر ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد که به‌وسیله کربن آلی فراهم می‌شود، باید در تجمع دیگر کاتیون‌ها مانند سدیم و لیتیم هم دیده شود؛ اما هیچ کدام از آنها به‌ویژه لیتیم، الگوی پراکنش مشخصی مرتبط با حضور درخت بنه نشان ندادند؛ در عوض پراکنش مکانی آنها تنها می‌تواند منعکس‌کننده تغییرات زمین‌شناسی باشد که حاصل تفاوت در ترکیب شیمیایی مواد معدنی و مقدار هوادیدگی آنهاست. Gallardo (2003) نیز در بررسی تأثیر تاج درخت *Q. ilex* بر پراکنش مکانی عناصر غذایی خاک در سیستم‌های آگروفارستری مناطق مدیترانه‌ای اسپانیا، به این نتیجه رسید که اختلاف بین مقدار لیتیم در زیر تاج و اطراف آن قابل توجه نبوده و مقدار آن در خاک با تاج درخت ارتباطی ندارد که مشابه نتایج این تحقیق است.
- به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده مؤید این مطلب است که عناصر غذایی ضروری (کربن آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم) نسبت به سدیم و لیتیم، تجمع بیشتری در زیر تاج درخت دارند. بنابراین لازم است تا بهره‌برداران محلی را تشویق به حفظ این تک‌درختان کرد. همچنین عناصر غذایی ضروری از ساختار مکانی قوی‌تری برخوردار بودند. نتایج به‌دست‌آمده این فرضیه را تأیید می‌کند که تفاوت در خصوصیات شیمیایی عناصر غذایی خاک، منجر به پراکنش‌های مکانی متفاوتی در زیر تاج درخت و با توجه به نوع گونه درختی می‌شود.
- بی‌نام، ۱۳۸۵. فرهنگ جغرافیایی آبادی‌های استان کردستان، شهرستان‌های بانه، کامیاران و سروآباد. انتشارات سازمان جغرافیایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، ۳۸۹ ص.
- شاهویی، صابر، ۱۳۸۵. سرشت و خصوصیات خاک‌ها (ترجمه). تألیف ویل و برادی، انتشارات دانشگاه کردستان، ۹۰۰ ص.
- فتاحی، محمد، ۱۳۷۴. اکولوژی پسته وحشی، مجموعه مقالات اولین سمینار ملی بنه. مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان ایلام، وزارت جهاد سازندگی، معاونت آموزش و تحقیقات، ۴۰-۳۲.
- محمودی، شهلا و مسعود حکیمیان، ۱۳۷۷. مبانی خاکشناسی (ترجمه). تألیف هنری دفورت، انتشارات دانشگاه تهران، ۷۰۱ ص.
- منوچهری، اسماعیل، ۱۳۸۷. طرح مدیریت جامع مراتع شهرستان سروآباد. اداره منابع طبیعی شهرستان سروآباد، ۶۵ ص.
- نوربخش، فرشید و مصطفی کریمیان اقبال، ۱۳۷۶. حاصلخیزی خاک. انتشارات غزل، ۳۲۸ ص.
- Aber, J.A. & J.M. Melillo, 2001. Terrestrial ecosystems. 2nd edition, Saunders College publisher, New York.
- Amiotti, N.M., P. Zalba, L.F. Sanchez & N. Peinemann, 2000. The impact of single tree on properties of loss-derived grassland soils in Argentina, *Ecological society of America*, 81(12): 3283- 3290.
- Ettema, C.H. & D.A. Wardle, 2002. Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 17: 177-183.
- Gallardo, A., 2003. Effect of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrients in a Mediterranean Dehesa, *Pedobiologia*, 47: 117-125.
- Gindaba, J., A. Rozanov & L. Negash, 2005. Tree on farms and their contribution to soil fertility parameters in Badessa, eastern Ethiopia, *Biology and Fertility of Soils*, 42: 66-71.
- Isicheia, I. & J.I. Muoghalu, 1992. The effect of tree canopy cover on soil fertility in Nigerian savanna, *Journal of Tropical Ecology*, 8 (3): 329-338.

Jackson, L.E., R.B. Strauss, M.K. Firestone & J.W. Bartolome, 1990. Influence of tree canopies on grassland productivity and nitrogen dynamics in deciduous oak savanna, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 32: 89-105.

Jurinak, J.J., L.M. Dudley, M.F. Allen & W.G. Knight, 1986. The role of calcium oxalate in the availability of phosphorus in soil of semiarid regions: a thermodynamic study, *Soil science*, 142: 255-261.

Muoghalu, J.I. & H.O. Awokunle, 1994. Spatial patterns of soil properties under tree canopy in Nigerian rain forest region, *Tropical ecology*, 35: 219-228.

Petersen, A., N. Larson & D. Neufeld, 2002. *Quercus macrocarpa* has no significant effect on surrounding soil in restored savannas. Biology department, Grinnell college, Grinnell, IA50112, USA.

Sebastia, M.T., E. Marks & R.M. Poch, 2008. Soil carbon and plant diversity distribution at the farm level in the savanna region of Northern Togo (West Africa), *Biogeosciences discuss*, 5: 4107- 4127.

Sollins, P., C.C. Grier, F.M. McCorison, K. Cromack, Jr.R. Fogel & R.L. Fredriksen, 1980. The internal element cycles of an old-growth Douglas-fir ecosystem in western Oregon, *Ecological Monographs*, 50: 261-285.

Webster, R. & M.A. Oliver, 2000. Geostatistics for environmental scientists, Wiley press, 271 pp.

Effect of Pistachio (*Pistacia atlantica*) canopy on the spatial distribution of soil chemical characteristics (Case study: Sarvabad, Kurdistan)

V. Hosseini^{*1}, R. Akhavan² and M. Tahmasebi³

¹Assistant Prof., Faculty of natural resources, University of Kurdistan, Sanandaj, I. R. Iran

²Assistant Prof., Forest research division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, I. R. Iran

³M.Sc. student of forestry, University of Kurdistan, Sanandaj, I. R. Iran

(Received: 25 November 2010, Accepted: 2 September 2011)

Abstract

In arid and semi-arid ecosystems, isolated trees have an important effect on soil properties and could determine the structure of the soil fauna communities and herbaceous species under the tree which could influence these types of ecosystems. The aim of this study was to find out the effect of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrients (OC, N, P, K, Na and Li) with varied chemical characteristics. In this research, soil samples were taken under and around a pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.var.*Kurdica*) tree in Sarvabad region, West of Iran. The samples were taken every 2 m and then at 50 cm intervals in a regular grid of 20 m × 20 m around the tree for analyzing the spatial properties using geostatistical techniques. Total nitrogen (N) content similarly to soil organic carbon (OC) was higher under the tree. Phosphorus (P) content also was higher under the tree canopy. Potassium (K) decreased with distance from the tree base. Sodium (Na) had a medium spatial distribution related to tree canopy, while Lithium (Li) showed a sparse spatial pattern and its distribution seems to be independent of the tree position. These results support the hypothesis that the presence of a tree affects differently the spatial distribution of the various nutrients depending on their chemical characteristics.

Key words: Tree canopy, Chemical characteristics, Spatial distribution, Geostatistics, Pistachio.