

مکان‌یابی پهنه‌های مستعد کشت گل محمدی

(مطالعه موردی: ایستگاه تولید بذر گیاهان دارویی و صنعتی سراب)

مهلا رزمجو¹، فرزین شهبازی²، علی اصغر جعفرزاده³، محمد مقدم‌واحد⁴

تاریخ دریافت: 93/08/07 تاریخ پذیرش: 94/08/30

¹ کارشناس ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

² دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

³ استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

⁴ استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sr.mahla_1988@yahoo.com

چکیده

در عصر حاضر به دلیل افزایش جمعیت و تخریب اراضی کشاورزی، استفاده بهینه از این اراضی ضروری هست بنابراین استعداد اراضی قبل از تناسب اراضی بایستی مورد ارزیابی واقع شود. مدل‌ها در حالت کلی شکل ساده‌شده‌ای از واقعیت می‌باشند و می‌توانند برای تعیین پتانسیل تولید و مکان‌یابی پهنه‌های مستعد کشت گیاهان مورد استفاده قرار گیرند. برای تهیه نقشه‌های پیوسته مکانی خصوصیات خاک، نتایج زمین‌آمار با سامانه اطلاعات جغرافیایی تلفیق گردید. بدین منظور تعداد 56 نمونه خاک برای مدل‌سازی و تحلیل‌های زمین‌آماری و همچنین تعداد 15 نمونه دیگر برای بررسی صحت نقشه‌ها تهیه گردید. مدل‌های کروی و نمایی در این تحقیق به‌عنوان مناسب‌ترین مدل‌های برازش داده‌شده با توجه به ضریب تبیین بالا و مجموع مربعات باقی‌مانده پایین تعیین شدند. نتایج نشان داد که pH، فسفر قابل جذب، رس و کربنات کلسیم معادل در سطح وسیعی از منطقه، ولی قابلیت هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی فقط در بخشی از این اراضی به‌عنوان عوامل محدودکننده کشت گل محمدی تشخیص داده شدند. تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مناسب برای رفع برخی محدودیت‌های موقت در خاک مفید خواهد بود. به‌عنوان مثال اصلاح pH خاک در 22 هکتار از اراضی می‌تواند محدودیت ناشی از آن را رفع کند. همچنین شستشوی خاک در 3/49 هکتار از اراضی با صرف کمترین هزینه می‌تواند محدودیت شوری خاک را برای نیل به هدف تأمین کند. برخلاف سایر پارامترهای خاک، مقدار رس که در 15/83 هکتار از اراضی برای هدف موردنظر محدودیت ایجاد می‌کند به‌هیچ‌وجه قابل اصلاح نیست.

واژه‌های کلیدی: استعداد اراضی، تصمیم‌گیری، زمین‌آمار، سامانه اطلاعات جغرافیایی، گل محمدی

Site Speciation of Susceptible Strata for Damask Rose Cultivation (Case Study: Sarab Medicinal and Industrial Plants Seed Production Station)

M Razmjoo, F Shahbazi, AA Jafarzadeh, M Moghadam Vahed

Received: 29 October 2014

Accepted: 21 November 2015

1- M.Sc., Graduate, Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran

2- Assoc. Prof., Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran

3- Prof., Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran

4- Prof., Dept. of Cultivations and Plants Improvement, Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran

* Corresponding Author, Email: sr.mahla_1988@yahoo.com

Abstract

Nowadays, due to population increasing and agricultural land loosing, optimum usage is essential, so land susceptibility must be evaluated prior to land suitability. The models generally are the simplified facts of reality which can be applied for determining yield production and site speciation of suitable strata. Geostatistical observations were integrated with GIS to create continuous soil properties maps. Hereby, number of 56 and 15 samples were collected for modeling and geostatistical analysis, as well as testing the accuracy of maps, respectively. Spherical and exponential models were identified as the best fitted models due to higher R^2 and lower RMSE. The results revealed that pH, P_{abs} , clay and CCE in the vast area while EC and CEC in a part of studied area were recognized as limiting factors for Damask rose cultivation. Proper management decisions will be beneficial for improvement of some soil temporary limitations. Correcting of pH in an area of 22 ha (i.e.) may improve the land. Leaching the soil (3.459 ha) with high quality of water is also required to move the salinity with low cost to achieve the best suitable land for purpose. On the contrary of other parameters, clay has limiting impact on 15.83 ha which it is not possible to be corrected.

Keywords: Land susceptibility, Decision, Geographical Information System (GIS), Geostatistics, Damask rose

منابع گیاهی استفاده می‌کنند (فیلندریوس و همکاران 2006). در ایران نیز گیاهان دارویی تقریباً 13% فلور را تشکیل می‌دهند که شامل 850 تا 1100 گونه گیاهی هست (یزدانی و همکاران 1383).

گل محمدی گیاهی نورپسند است ولی نیاز ارقام و واریته‌های مختلف آن به نور متفاوت بوده و کمبود نور کافی از عوامل مهم بازدارنده رشد گیاه به‌خصوص در شرایط گلخانه‌ای محسوب می‌شود. pH مناسب خاک برای کشت گل محمدی حدود 6 تا 7/5 است. کشت ارقام مختلف در خاک‌های برخوردار از بافت سبک مانند خاک‌های شن‌لومی نتایج بهتری را به‌همراه دارد. خاک‌هایی که برای کشت گل محمدی در نظر گرفته

مقدمه

امروزه مصرف گیاهان دارویی با توسعه صنایع شیمیایی محدود شده است، ولی استفاده از آن‌ها رو به افزایش بوده و آثار درمانی آن‌ها نیز بارز است. تحقیقات علمی، اثربخشی تعدادی از روش‌های طب مکمل از جمله استفاده از گیاهان دارویی را در درمان برخی بیماری‌ها به اثبات رسانده است (رشیدی و همکاران 1390). در کل دنیا بیش از ده هزار گونه گیاهی در طب سنتی به‌منظور اهداف درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. سازمان بهداشت جهانی تخمین زده است که 80% مردم کشورهای در حال توسعه به‌منظور درمان خود از طب سنتی و از

در مزرعه می‌تواند بر توان خاک جهت جذب عناصر غذایی و رشد گیاه تأثیرگذار باشد (شوکلا و همکاران 2004) که این امر متعاقباً باعث تغییرپذیری مقدار عملکرد گیاه نیز می‌شود (جانسون و همکاران 2002). در کشاورزی دقیق، عدم وجود توازن بین خصوصیات خاک و نیاز گیاه نه‌تنها باعث کاهش بهره‌وری می‌شود بلکه تخریب محیط‌زیست و ناپایداری استفاده از منابع تولید کشاورزی به‌ویژه منابع آب‌و خاک را نیز به دنبال خواهد داشت (کاهن و همکاران 1994). مطالعات جینس و کولوین (1997)، کامبردلا و همکاران (1994) و کاکس و همکاران (2003) نشان داده است که پهنه‌بندی خاک‌ها به‌روش مرسوم فاقد دقت لازم برای کشاورزی دقیق هست، لذا استفاده از تکنیک‌های نوین مانند زمین‌آمار در شناخت روابط خصوصیات خاک و تولید، جایگاه ویژه‌ای دارد. مؤمنی (1374) در تحقیقی با مدل‌سازی ساختار مکانی متغیرهای حاصلخیزی و مواد آلی خاک به‌عنوان مبنایی برای اعمال کشاورزی دقیق در مرودشت نشان داد که تمام متغیرهای مورد مطالعه دارای دامنه همبستگی بزرگی بوده و می‌تواند مؤید تأثیر کشت درازمدت بر روی خواص پویای خاک باشد. بوما (1989) نشان داد که یکی از دلایل عدم موفقیت در مدل کردن عملکرد گیاهان زراعی و باغی فقدان اطلاعات در زمینه تغییرات مکانی خصوصیات خاک است. لذا تحقیق و مطالعه در زمینه تغییرات مکانی خصوصیات خاک می‌تواند این مشکل را برطرف کند. با توجه به توسعه کشت گیاهان دارویی و ارتباط نوع و تراکم پوشش گیاهی با توپوگرافی، اقلیم و خاک، بررسی مکان‌های مستعد برای کشت گل محمدی با استفاده از روش‌های مانند زمین‌آمار ضروری به‌نظر می‌رسد. ظرفیت کنونی اراضی با توجه به محدودیت‌های موجود نشان‌دهنده قابلیت اراضی بوده که در صورت انجام عملیات عمرانی یا بهبود اراضی و کاهش محدودیت‌ها می‌توان به استعداد اراضی برای کشت محصول خاص پی برد. بنابراین هدف ارزیابی استعداد

می‌شوند، باید غنی از مواد و عناصر غذایی و همچنین مواد آلی باشد. خاک‌های دارای بافت سنگین برای کشت این گیاه مناسب نیستند (پری 1997، راندهاوا و موخوپادیا 2004). بهترین EC برای رشد گیاه گل محمدی در خاک-هایی با EC کمتر از 2 دسی‌زیمنس بر متر است اما تا 4 دسی‌زیمنس بر متر را نیز می‌تواند تحمل کند. گل محمدی به آهک بالای 10 درصد نیز حساس است (نظری‌برسری و همکاران 1390).

مدل‌سازی به معنای استخراج روابط بین پدیده‌های مرتبط و ارائه یک سیستم پویا است تا امکان برآورد تغییرات پدیده‌ها را نسبت به زمان و مکان فراهم آورد. اگر مدلی بتواند عملکرد گیاه را در خاک برآورد کند، می‌تواند به مدیریت بهتر خاک‌ها کمک فراوانی کند. با استفاده از GIS می‌توان گام‌های مثبتی در راستای تولید نقشه‌های موضوعی و انجام مدیریت‌های دقیق برداشت (شرودر 2006). در مکان‌یابی برای پهنه‌های مستعد کشت انواع مختلف گیاهان باید خصوصیات مختلف زمین و نیازهای گیاهی شناخته شود و بهترین شرایط زمین و یا محدودیت‌های موجود در آن برای گیاه خاص مشخص گردد (ایوبی و جلالیان 1385). زمین‌آمار در ترکیب با GIS می‌تواند ابزار مناسبی برای تهیه نقشه خاک باشد. مزیت استفاده از زمین‌آمار آن است که برخلاف آمار کلاسیک علاوه بر مقدار عنصر مورد بررسی، موقعیت مکانی آن را نیز مورد تحلیل قرار داده و امکان محاسبه خطای تخمین را فراهم می‌آورد (حسنی‌پاک 1377). در مزارع کشاورزی، تغییرپذیری عملکرد تابع خصوصیات خاک، توپوگرافی مزرعه، اقلیم و عوامل بیولوژیکی و مدیریتی هست (جیانگ و تان 2004). گزارش‌های زیادی در رابطه با تأثیر قابل‌توجه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر میزان عملکرد وجود دارد و آگاهی از چگونگی تغییرات خصوصیات فوق برای افزایش سودآوری و مدیریت کشاورزی پایدار ضروری هست (میلر و همکاران 1988). تغییرپذیری خصوصیات خاک

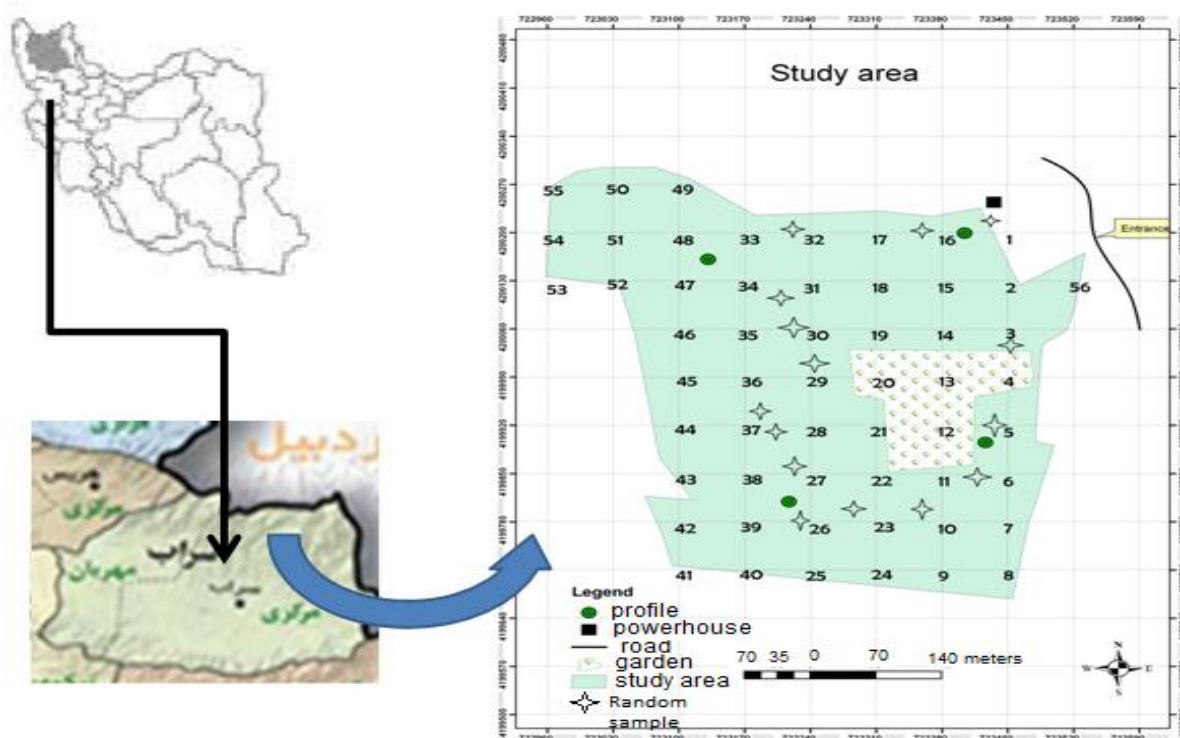
723520 و عرض جغرافیایی 4199660 تا 4200290 بر اساس سیستم UTM قرار دارد برداشت شد. شایان ذکر است که 2/21 هکتار از این اراضی زراعی نبوده و کاربری آن به صورت باغ است. از این ایستگاه تعداد 56 نمونه به صورت شبکه‌های منظم 70 متری تهیه گردید. از نمونه‌های مزبور برای تهیه نقشه‌های پیوسته خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک مورد مطالعه با استفاده از زمین‌آمار و GIS نیز استفاده گردید. همچنین تعداد 15 نمونه نیز به صورت تصادفی از منطقه برداشته شد تا برای تست مدل و بررسی صحت نقشه‌های تهیه شده مورد استفاده قرار گیرد (شکل 1).

اراضی در ایستگاه تولید بذر گیاهان دارویی سراب برای کشت گل محمدی هست که پس از تعیین تغییرات مکانی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک حاصل می‌شود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از خاک

نمونه‌برداری از خاک در دو مرحله به منظور مکان‌یابی و بررسی دقت و صحت نقشه‌ها از منطقه سراب انجام گرفت. نمونه‌ها از ایستگاه تولید بذر گیاهان دارویی و صنعتی سراب وابسته به سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان شرقی به مساحت 24/16 هکتار که تقریباً در محدوده طول جغرافیایی 722960 تا



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه و الگوی طراحی نمونه‌برداری.

تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های تهیه‌شده به آزمایشگاه منتقل گردید و تجزیه‌های شیمیایی خاک مانند pH در گل اشباع (ریچاردز 1954)، EC در عصاره گل اشباع (مکلین 1982)، کربن آلی با روش والکی و بلک اصلاح‌شده (نلسون و سامرز 1982)، ظرفیت تبادل کاتیونی با عصاره‌گیری با استات سدیم در pH=8/2 (باور 1952)، کربنات کلسیم معادل با روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراسیون با سود (آلیسون و مودی 1965)، بافت خاک به روش هیدرومتری (گی و بادر 1986) و فسفر قابل‌جذب به روش اولسن (اولسن و سامرز 1982) انجام شد. خصوصیات فوق به‌منظور تهیه نقشه‌های پیوسته مکانی با تلفیق نتایج مدل‌سازی زمین-آماري و GIS مورد استفاده قرار گرفتند.

تجزیه‌های آماری و زمین‌آماري

به‌منظور بررسی چگونگی توزیع فراوانی داده‌ها و دستیابی به خلاصه‌ای از اطلاعات آماری هر خصوصیت، توزیع فراوانی با کمک آماره‌های آن شامل میانگین، میانه، کمینه، بیشینه، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی توسط نرم‌افزار SPSS¹ مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی نرمال بودن توزیع فراوانی متغیرها، از آزمون کلموگروف اسمیرنوف² استفاده شد. ابزار بررسی آنالیز هم‌بستگی مکانی در شرایط صدق هم‌بستگی پایایی، تغییرنا³ است. تغییرنا به بررسی و شناخت ویژگی‌های ساختاری متغیر ناحیه‌ای می‌پردازد و چگونگی تغییرات آن را بیان می‌کند. با توجه به اینکه محاسبه نیم‌تغییرنا برای همه جامعه مورد مطالعه امکان‌پذیر نیست، لذا در یک فاصله تفکیک مشخص می‌شود که از رابطه زیر به دست می‌آید (بورگس و وبستر 1980).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad [1]$$

در رابطه فوق $\gamma(h)$: مقدار نیم‌تغییرنا برای جفت نقاطی که به فاصله h از هم قرار دارند (متر)، $Z(x_i+h)$: مقدار متغیر در نقطه‌ای به مختصات (x_i+h) ، $Z(x_i)$: مقدار متغیر در نقطه‌ای به مختصات x_i و $n(h)$: تعداد جفت نقاطی که به فاصله h از هم قرار دارند. پارامترهای نیم‌تغییرنا شامل اثر قطعه‌ای⁴، سقف⁵ و دامنه تأثیر⁶ است (یوتست و همکاران 2000). نسبت اثر قطعه‌ای به سقف به‌منظور ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها و همچنین تعیین وابستگی تغییرات ویژگی‌های موردنظر به عوامل ذاتی و یا مدیریتی به‌کار می‌رود. وقتی این نسبت بزرگ‌تر از 0/75 باشد، متغیر موردنظر دارای ساختار مکانی ضعیف و وابسته به عامل مدیریتی است. اگر این نسبت بین 0/75 تا 0/25 باشد، متغیر موردنظر دارای ساختار مکانی متوسطی است که می‌تواند به هر دو عامل ذاتی و مدیریتی وابسته باشد و در نهایت اگر نسبت مزبور کوچک‌تر از 0/25 باشد، بیان‌گر قوی بودن ساختار مکانی و وابستگی شدید تغییرات مکانی به عوامل ذاتی (نظیر فاکتورهای متأثر از مواد مادری خاک) هست (کامبردلا و همکاران 1994).

پس از مدل‌سازی زمین‌آماري، مدل‌های مختلف نمایی، گوسن، کروی و خطی مورد آزمون قرار گرفته و به مجموعه داده‌ها برازش داده شدند تا بهترین مدل بر اساس R^2 بالا و RMSE پایین انتخاب شوند. بر اساس نتایج پیش‌آزمایش‌ها مدل‌های کروی⁷ و نمایی⁸ دارای ضریب تبیین بالا و مجموع مربعات باقی‌مانده پایین‌تری نسبت به مدل‌های دیگر بودند که در روابط 2 و 3 نشان داده شده است.

⁴ Nugget effect

⁵ Sill

⁶ Range of influence

⁷ Spherical

⁸ Exponential

¹ Statistical Package for Social Sciences

² Kolmogorov-Smirnov

³ Variogram

(MAE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای مقایسه بین مقادیر مشاهده‌ای و برآورد شده استفاده شد (رابطه‌های 5، 6 و 7) (محمدی 1385).

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - z(x_i)]}{n} \quad [5]$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - z(x_i)|}{n} \quad [6]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - z(x_i)]^2} \quad [7]$$

در این روابط n تعداد نقاط مشاهده‌شده، $Z^*(x_i)$ مقدار برآورد شده برای نقطه نام $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌شده برای نقطه نام است. در روش دوم نقشه‌های پیوسته خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک در محیط GIS ترسیم‌شده و نمونه‌های تصادفی برداشت‌شده (15 نمونه) که مختصات آن‌ها معلوم هست روی نقشه تعیین و از طریق آزمون t زوجی مقایسه میانگین بین مقادیر واقعی حاصل از اندازه‌گیری و مقادیر تخمینی صورت گرفت. تلفیق نتایج حاصل از مدل‌سازی زمین‌آماري با GIS منجر به تهیه نقشه‌های پیوسته مکانی خصوصیات خاک می‌گردد. بنابراین تهیه نقشه‌های پیوسته از خصوصیات خاک از جمله رس، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی، pH، EC، فسفر قابل‌جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی در محیط GIS می‌تواند باعث تصمیم‌گیری بهتر در تعیین پهنه‌های مستعد کشت گیاهان و شناخت محدودیت‌های موجود باشد. به‌منظور ایجاد یکنواختی در کلاس‌بندی خصوصیات مختلف خاک از روش تفکیک طبیعی⁹ و دستی¹⁰ استفاده شد تا همه ویژگی‌ها در 5 کلاس طبقه‌بندی شوند.

$$\begin{cases} \gamma(h) = c \left[\frac{h}{a} - 0.5 \frac{h^3}{a^3} \right] + c_0 & h < a \\ \gamma(h) = c + c_0 & h > a \end{cases} \quad [2]$$

$$\gamma(h) = c \left[1 - e^{-\frac{h}{a}} \right] + c_0 \quad [3]$$

در روابط فوق C سقف واریوگرام، a دامنه تأثیر، C_0 اثر قطعه‌ای، $\gamma(h)$ مقدار نیم‌تغییرنما و h گام یا فاصله بین جفت نقاط هست.

در مرحله آخر تحلیل زمین‌آماري از برخی روش‌های مرسوم مانند کریجینگ رابطه 4 و یا وزندهی معکوس فاصله‌ها می‌توان استفاده نمود. با توجه به اینکه نمونه‌برداری به‌صورت شبکه‌های منظم بوده است و همچنین فاصله نمونه‌ها کمتر هست لذا در این تحقیق از روش کریجینگ که متداول‌تر است استفاده گردید (زیرمان و همکاران 1999).

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad [4]$$

که در رابطه فوق $Z^*(x)$ مقدار تخمین زده‌شده متغیر z در نقطه‌ای به مختصات x ، $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌شده متغیر z در نقطه‌ای به مختصات x_i ، λ_i وزن نسبت داده‌شده به متغیر z در نقطه x_i و n : تعداد مشاهدات هست.

اعتبارسنجی مدل‌ها و تهیه نقشه در محیط GIS

در این تحقیق از دو روش برای بررسی صحت نقشه‌های پیوسته حاصل از زمین‌آمار استفاده شده است. اولین روش، روش اعتبارسنجی جک‌نایف هست که بر اساس آن هر بار یکی از نقاط معلوم حذف‌شده و سپس برای آن نقطه از روی نقاط مجاور مقداری برآورد می‌گردد سپس مقدار واقعی به محل واقعی برگردانده شده و این عمل برای تمامی نقاط، تکرار می‌شود (حسنی‌پاک 1377). برای تعیین صحت تخمین‌گرها از شاخص‌های میانگین انحراف خطا (MBE)، میانگین خطای مطلق

⁹ Natural Breaks

¹⁰ Manual

جدول 1- پارامترهای آماری ویژگی‌های خاک برای مکان‌یابی (56 نمونه).

متغیر	pH	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	کربنات کلسیم معادل (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq 100g ⁻¹)	فسفر قابل جذب (mg kg ⁻¹)	رس (%)	کربن آلی (%)
میانگین	7/99	3/12	12/67	22/95	37/85	36/48	2/37
کمینه	7/15	0/47	1/42	9/31	8/61	12	0/64
بیشینه	8/69	26/2	34	32/45	98/98	57	5/42
انحراف معیار	0/33	4/38	9/32	6/02	18/49	13/15	1/05
ضریب تغییرات	4/13	140/38	73/55	26/23	48/85	36/04	44/3
چولگی	0/24	1/04	0/63	-0/28	0/97	-0/21	-0/24
کشیدگی	-0/27	1/81	0/4	-0/79	0/99	-1/06	-0/08
sig	0/09	0	0/051	0/2	0/058	0/1	0/01

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌های خاک برای مکان‌یابی

آماره‌های توصیفی 56 نمونه خاک واقع در ایستگاه تولید بذر گیاهان دارویی و صنعتی سراب در جدول 1 خلاصه شده است. از این نتایج در تهیه نقشه‌های پیوسته خصوصیات خاک استفاده گردید. نتایج آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها با روش کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که توزیع فراوانی بیشتر متغیرها به غیر از قابلیت هدایت الکتریکی و کربن آلی نرمال است. تبدیل لگاریتمی داده‌های غیر نرمال سبب نرمال بودن آن‌ها شد.

تبدیل لگاریتمی داده‌های غیر نرمال موجب کاهش چولگی و کشیدگی گردید که با نتایج کاسترینگانو و همکاران (2000) مطابقت دارد. از دلایل احتمالی برای نرمال نبودن توزیع فراوانی متغیر کربن آلی می‌توان به

اثرات مدیریتی و زمان اشاره کرد که با نتایج کامبردلا و همکاران (1994) مطابقت دارد.

تحلیل‌های زمین‌آماری

دامنه تأثیر هر مؤلفه نشان‌دهنده بیشترین فاصله‌ای است که یک متغیر دارای وابستگی مکانی بوده و در ورای آن، متغیر موردنظر مستقل می‌گردد و فاقد وابستگی مکانی است (بوهلینگ 2005). با توجه به جدول 2 دامنه تأثیر نیم‌تغییرنماها از 59/5 متر برای رس تا 1299 متر برای pH در نوسان است بنابراین در این تحقیق مطالعه پراکنش مکانی رس نیاز به تعداد نمونه بیشتری برای تحلیل‌های زمین‌آماری دارد (حسنی‌پاک 1377). پراکنش مکانی ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل و pH از مدل کروی و کربن آلی، قابلیت هدایت الکتریکی، رس و فسفر قابل جذب از مدل نمایی پیروی می‌کنند. مقدار نسبت اثر قطعه‌ای به سقف در

زمین‌شناسی نیز مؤید این مطلب هستند که مواد مادری منطقه مورد مطالعه عمدتاً رسوبی و مربوط به دوره کواترنری دوران سنوزوئیک هست (بی‌نام 1383). بر اساس نقشه خاک‌های ایران نیز منطقه مورد مطالعه دارای زیرگروه تیپیک‌کلسی‌زرپت هست (رزمجو 1390).

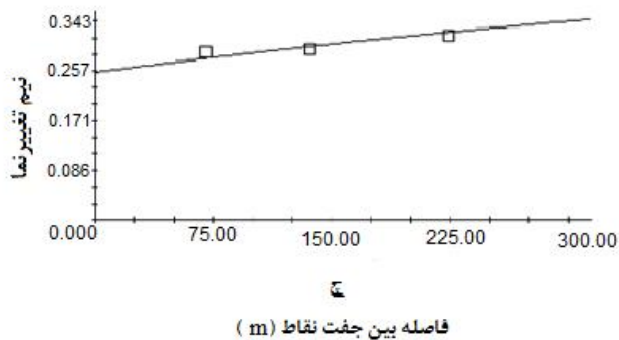
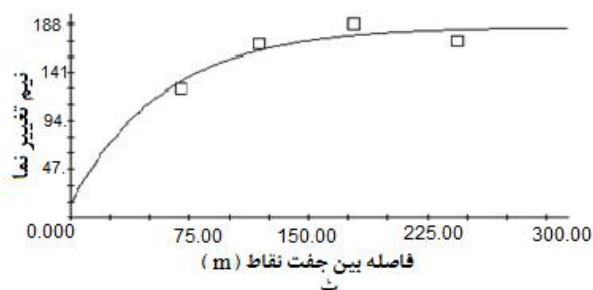
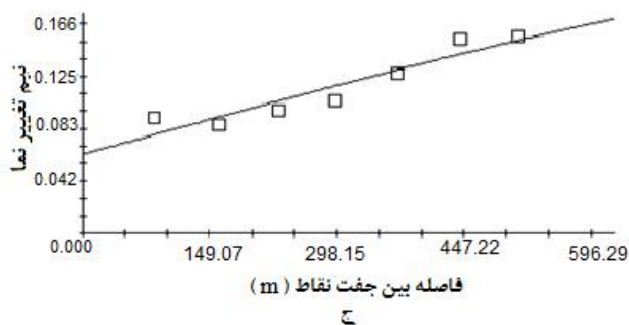
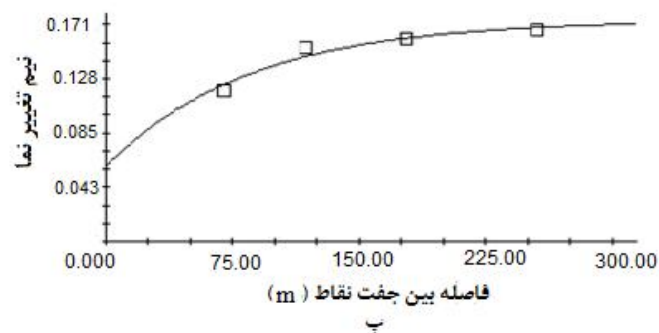
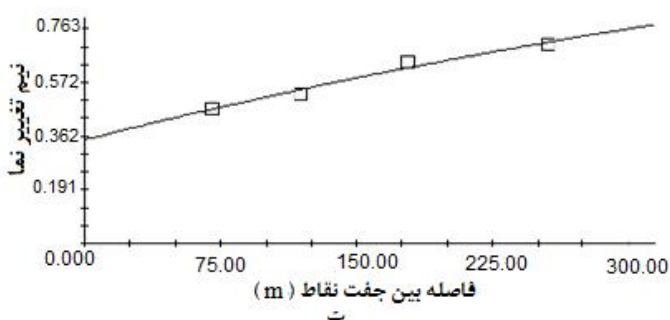
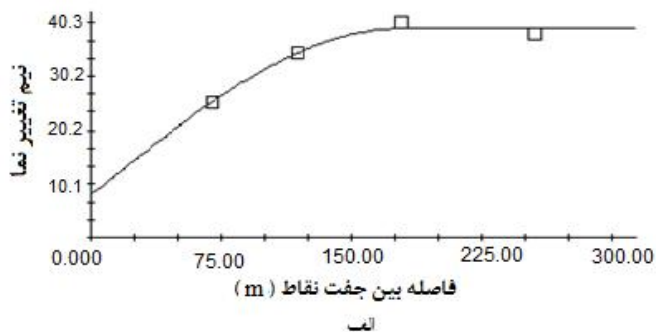
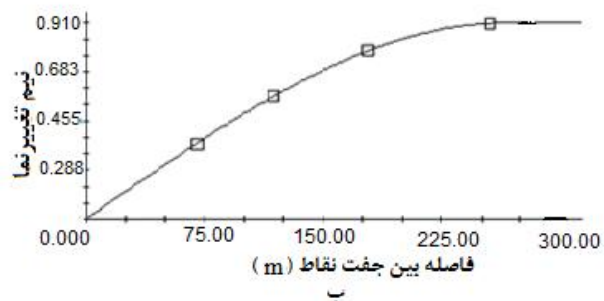
توزیع مکانی کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی و رس کمتر از 25 درصد بوده، بنابراین ساختار مکانی قوی‌تری دارند که نشان‌دهنده عدم تأثیر عوامل مدیریتی در پراکنش مکانی آن‌ها و وابستگی بیشتر به عوامل ذاتی هست (جدول 2). بررسی‌های بیشتر نقشه‌های

جدول 2- پارامترهای نیم‌تغییرنمای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک‌های مورد مطالعه.

ویژگی‌های خاک	pH	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	کربنات کلسیم معادل (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq 100g ⁻¹)	فسفر قابل جذب (mg kg ⁻¹)	رس (%)	کربن آلی (%)
مدل	کروی	نمایی	کروی	کروی	نمایی	نمایی	نمایی
اثر قطعه‌ای	0/062	0/368	0/001	8/1	0/254	13/2	0/058
سقف	0/224	1/437	0/91	39/2	0/51	185/9	0/174
دامنه تأثیر (m)	1299	649/9	265/5	178/7	710/9	59/5	85/2
نسبت همبستگی (%)	27/67	25/6	0/1098	20/66	49/8	7/1	33/33
ضریب تبیین	0/88	0/98	1	0/98	0/88	0/85	0/94
مجموع مربعات	5/688×10 ⁻⁴	6/125×10 ⁻⁴	7/564×10 ⁻⁵	2/44	1/846×10 ⁻⁴	3/27×10 ⁻⁴	7/83×10 ⁻⁴
باقی‌مانده							

دادند که عناصر سرب و روی همبستگی مکانی متوسطی دارند یعنی علاوه بر عوامل درون‌زاد، عوامل بیرونی نیز بر تغییرپذیری غلظت این عناصر تأثیر داشته است. نمودار نیم‌تغییرنمای ویژگی‌های خاک در شکل 2 نشان داده شده است.

همچنین مقدار نسبت اثر قطعه‌ای به سقف برای پارامترهای قابلیت هدایت الکتریکی، فسفر قابل جذب، کربن آلی و pH بین 25 درصد تا 75 درصد بوده و دارای ساختار مکانی متوسطی هستند که نشان‌دهنده تأثیر توأم عوامل مدیریتی و ذاتی در پراکنش مکانی آن‌ها هست. میرسجادی و همکاران (1374) نیز طی پژوهشی نشان



شکل 2- نمودار نیم‌تغییرنمای ویژگی‌های خاک. الف: ظرفیت تبادل کاتیونی ($\text{meq } 100\text{g}^{-1}$), ب: کربنات کلسیم (%), پ: کربن آلی (%), ت: قابلیت هدایت الکتریکی (dS m^{-1}), ث: رس (%), ج: pH, چ: فسفر قابل جذب (mg kg^{-1}).

تهیه نقشه و بررسی صحت آن‌ها

نتایج حاصل از میانگین انحراف خطا نشان داد که در درون‌یابی روش کریجینگ متغیرهای pH و کربنات کلسیم معادل به‌صورت بیش‌برآورد و رس، کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، فسفر قابل‌جذب و قابلیت هدایت الکتریکی

به‌صورت کم‌برآورد تخمین زده شدند (جدول 3). متغیرهای کربن آلی و pH نسبت به سایر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک با صحت بالاتری تخمین زده شده‌اند.

جدول 3- پارامترهای آماری برای بررسی دقت روش درون‌یابی کریجینگ.

ویژگی‌های خاک	pH	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	کربنات کلسیم معادل (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq 100g ⁻¹)	فسفر قابل‌جذب (mg kg ⁻¹)	رس (%)	کربن آلی (%)
میانگین خطای مطلق	0/26	1/95	4/56	4/3	7/47	9/72	0/66
میانگین انحراف خطا	0/003	-0/73	0/56	-0/18	-3/36	-0/28	-0/04
مجذور میانگین مربعات خطا	0/32	4/21	6/55	5/05	11/95	11/42	0/89

مقایسه میانگین با استفاده از آزمون t زوجی از 15 نمونه تصادفی انجام گرفت تا مقایسه‌ای بین مقادیر واقعی و تخمینی انجام گیرد و نتایج نشان داد که متغیرهای ظرفیت تبادل کاتیونی و pH اختلاف معنی‌داری داشته ولی

متغیرهای فسفر قابل‌جذب، رس، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل و قابلیت هدایت الکتریکی اختلاف غیر معنی‌دار هست (جدول 4).

جدول 4- آزمون t زوجی بین مقادیر واقعی و تخمینی ویژگی‌های خاک.

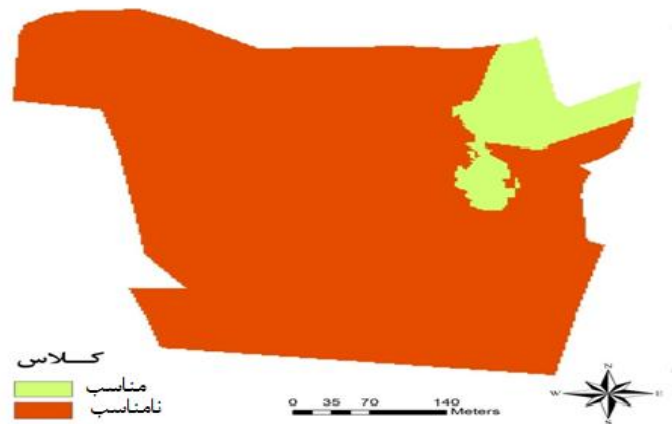
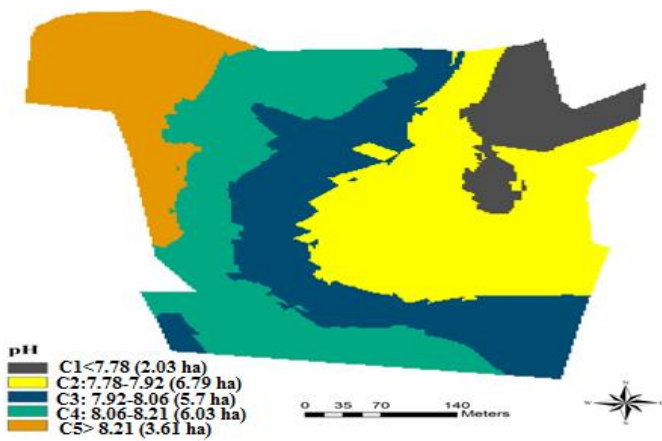
ویژگی‌های خاک	pH	قابلیت هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	کربنات کلسیم معادل (%)	فسفر قابل‌جذب (mg kg ⁻¹)	رس (%)	کربن آلی (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq 100g ⁻¹)
Sig	0/03*	0/07 ^{ns}	0/5 ^{ns}	0/6 ^{ns}	0/8 ^{ns}	0/08 ^{ns}	0/007**

نقشه پراکنش مکانی هر کدام از ویژگی‌های خاک در محیط GIS تهیه و مساحت هر پهنه محاسبه گردید (شکل 3). روند تغییرات pH خاک شکل 3 الف نشان می‌دهد که 8/4% اراضی دارای pH کمتر از 7/78 و 91/6%

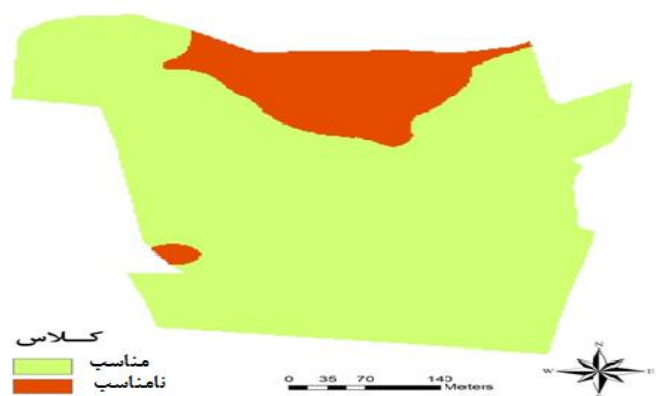
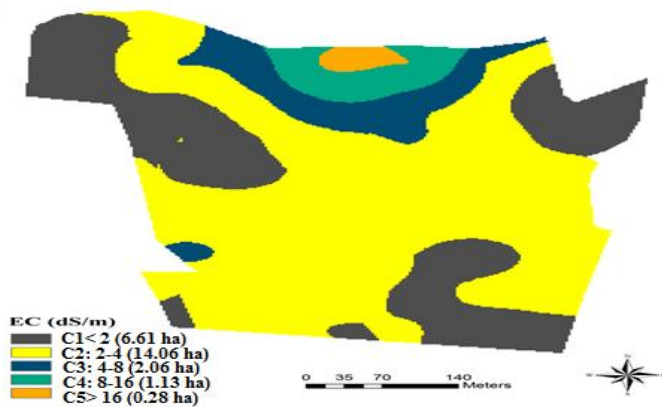
اراضی دارای pH بیش از 7/78 می‌باشند. با توجه به اینکه مناسب‌ترین pH خاک برای کشت گل محمدی محدوده 6-7/8 هست (کیانی 1384) لذا فقط 2/03 هکتار از اراضی کل منطقه در همان دامنه قرارگرفته و بقیه اراضی باید

توجه به تغییرات مکانی ظرفیت تبادل کاتیونی شکل 3 ت به‌جز کلاس C1 بقیه مناطق از نظر CEC برای رشد گل محمدی مناسب هست که 22/55 هکتار از اراضی کل منطقه را به‌خود اختصاص می‌دهد. از نظر فسفر قابل‌جذب 26/48% اراضی با فسفر کمتر از 34 میلی‌گرم بر کیلوگرم و 73/52% دارای فسفر بیش از 34 میلی‌گرم بر کیلوگرم هست. میزان فسفر قابل‌جذب برای بیشتر گیاهان با توجه به بافت خاک متفاوت است اما تا حدود 30 میلی‌گرم بر کیلوگرم برای رشد گیاه مشکل جدی ایجاد نمی‌کند (نیشابوری و ریحانی‌تبار 1389). روند تغییرات فسفر قابل‌جذب نشان می‌دهد شکل 3 ث که کلاس C1 و C2 از نظر فسفر قابل‌جذب برای رشد گیاه گل محمدی مناسب هست که 6/4 هکتار از اراضی را به‌خود اختصاص داده است. روند تغییرات درصد رس نشان می‌دهد که 34/47% اراضی با رس کمتر از 33% و 65/53% با رس بیشتر از 33% هست. مناسب‌ترین شرایط برای رشد گیاه گل محمدی از نظر بافت شن‌لومی تا لوم و نامناسب‌ترین نوع بافت خاک برای کشت این گیاه خاک سنگین و رسی تشخیص داده‌شده است (کیانی 1384). تغییرات مکانی رس مؤید این مطلب است که کلاس C1 و C2 مناسب‌ترین منطقه برای رشد گیاه از نظر بافت خاک هست که 8/33 هکتار از اراضی را به‌خود اختصاص داده است (شکل 3 ج). گل محمدی در خاک‌های غنی از کربن آلی رشد و عملکرد بهتری دارد (پری 1997). با توجه به نقشه به‌دست‌آمده از کربن آلی که کمترین مقدار آن در محدوده مطالعاتی حدود 1/8 درصد هست، بنابراین غنی از کربن آلی بوده و کل منطقه از نظر کربن آلی برای گیاه مناسب است (شکل 3 چ).

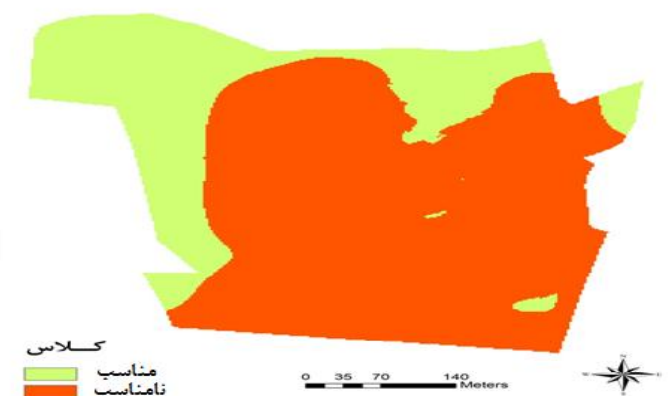
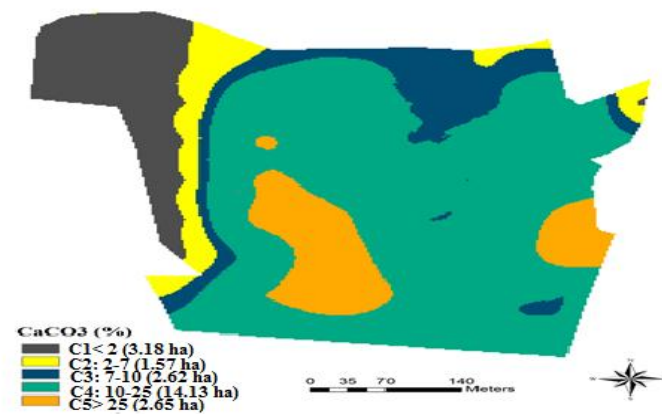
اصلاح شوند. بررسی روند تغییرات قابلیت هدایت الکتریکی خاک در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که 27/35% اراضی با هدایت الکتریکی کمتر از 2 دسی‌زیمنس بر متر (غیر شور)، 58/19% با هدایت الکتریکی بین 2-4 دسی‌زیمنس بر متر (شوری ضعیف)، 8/52% با هدایت الکتریکی بین 4-8 دسی‌زیمنس بر متر (شوری متوسط)، 4/67% با هدایت الکتریکی بین 8-16 دسی‌زیمنس بر متر (شوری قوی) و 1/15% با هدایت الکتریکی بیشتر از 16 دسی‌زیمنس بر متر (فوق‌العاده شور) می‌باشند. بهترین EC برای رشد گیاه گل محمدی 0-2 دسی‌زیمنس بر متر است اما تا EC 4 دسی‌زیمنس بر متر را نیز می‌تواند تحمل کند (نظری‌برسری و همکاران 1390). با توجه به تغییرات مکانی EC در منطقه شکل 3 ب کلاس‌های C1 و C2 از نظر شوری برای رشد گیاه مناسب هست که 20/66 هکتار از اراضی را به‌خود اختصاص داده است. تغییرات درصد کربنات کلسیم معادل نشان می‌دهد که 13/16% اراضی با کربنات کلسیم کمتر از 2% (دارای آهک جزئی)، 17/34% با کربنات کلسیم بین 2-10% (دارای آهک متوسط)، 58/48% با کربنات کلسیم بین 10-25% (دارای آهک شدید) و 10/96% با کربنات کلسیم بیشتر از 25% (فوق‌العاده آهکی) هست. گل محمدی به آهک بالای 10 درصد حساس است (نظری‌برسری و همکاران 1390). با توجه به تغییرات مکانی درصد کربنات کلسیم معادل شکل 3 پ کلاس‌های C1 و C2 و C3 برای کشت گیاه مناسب می‌باشند که 7/37 هکتار از اراضی کل منطقه را به‌خود اختصاص می‌دهد. تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی نشان می‌دهد که 6/66% اراضی با ظرفیت تبادل کاتیونی کمتر از 16 میلی‌اکی‌والان بر صد گرم خاک 93/34% با ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر از 16 میلی‌اکی‌والان بر صد گرم هست. ظرفیت تبادل کاتیونی بالای 16 میلی‌اکی‌والان بر صد گرم برای رشد بیشتر گیاهان محدوده مناسب هست (بی‌نام 1976). با



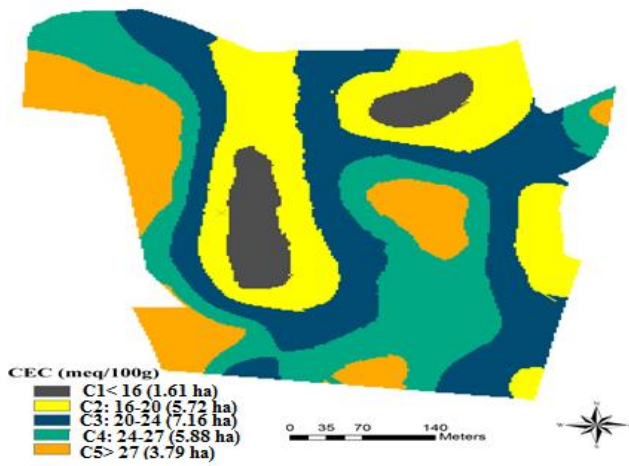
الف



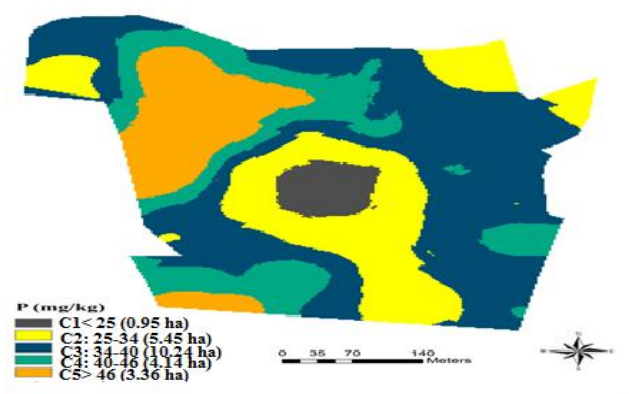
ب



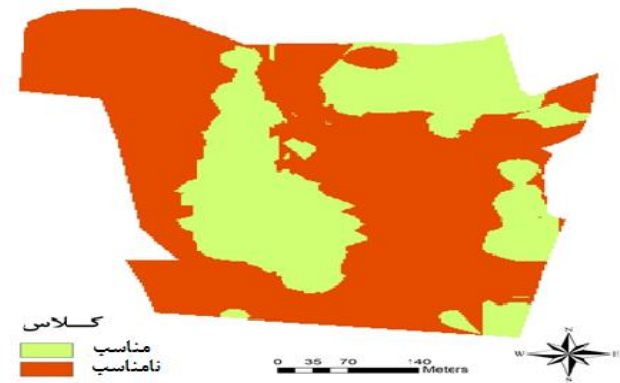
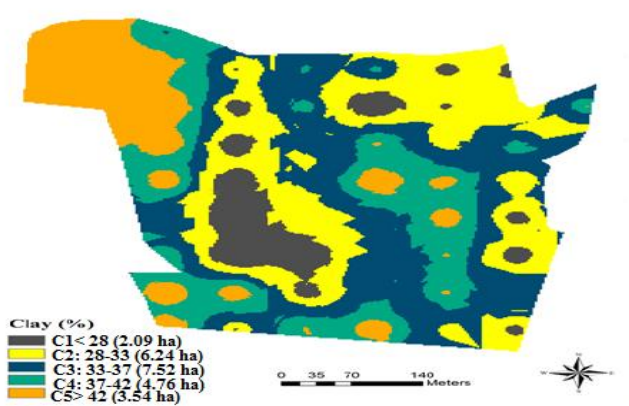
پ



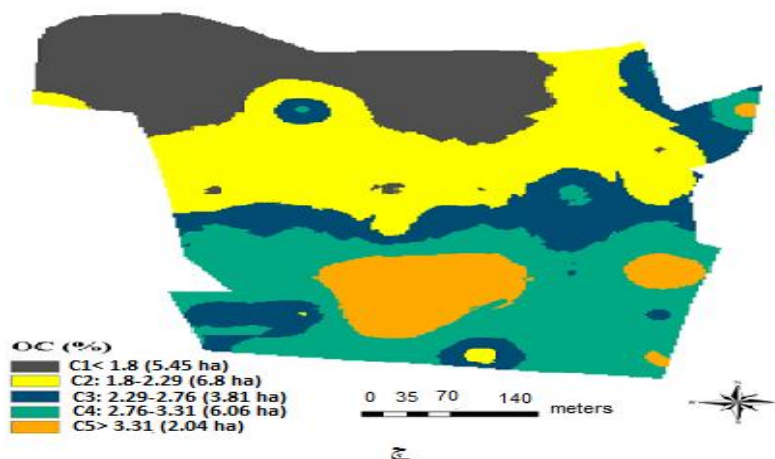
ت



ث



ج



ج

شکل 3- نقشه پیوسته متغیرهای خاک. الف: pH، ب: قابلیت هدایت الکتریکی ($dS m^{-1}$)، پ: کربنات کلسیم (%)، ت: ظرفیت تبادل کاتیونی ($meq 100g^{-1}$)، ث: فسفر قابل جذب ($mg kg^{-1}$)، ج: رس (%)، چ: کربن آلی (%).

نتیجه‌گیری کلی

کمترین هزینه می‌تواند محدودیت شوری خاک را برای نیل به هدف تأمین کند.

در بیشتر مناطق میزان فسفر خاک زیاد بوده، بنابراین توصیه می‌شود از مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته که باعث مسمومیت در گیاه و آلودگی محیط‌زیست می‌شود، خودداری گردد تا در طول زمان میزان اضافی فسفر توسط گیاهان مورد استفاده قرار گیرد.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده پراکنش مکانی ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل و pH از مدل کروی و همچنین کربن آلی، قابلیت هدایت الکتریکی، رس و فسفر قابل جذب از مدل نمایی پیروی می‌کنند. توزیع مکانی کربنات کلسیم معادل، ظرفیت تبادل کاتیونی و رس دارای ساختار مکانی قوی‌تری بوده که نشان‌دهنده عدم تأثیر عوامل مدیریتی در پراکنش مکانی آن‌ها و وابستگی بیشتر به عوامل ذاتی هست. حضور زیرگروه تیپیک‌کلسی‌زریپت نیز می‌تواند نشان از وجود ماده مادری آهکی در منطقه باشد. همچنین پارامترهای قابلیت هدایت الکتریکی، فسفر

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده هیچ محدودیتی از نظر مقدار ماده آلی برای کشت گل محمدی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. همچنین سطح وسیعی از اراضی مورد مطالعه دارای محدودیت ناشی از pH، فسفر قابل جذب، رس و کربنات کلسیم معادل می‌باشند که به‌غیر از مقدار رس خاک بقیه پارامترها قابل اصلاح بوده و می‌توانند به‌عنوان اراضی مستعد کشت محسوب شوند. برای اصلاح pH خاک در 22 هکتار از اراضی می‌توان با کاربرد گوگرد به‌همراه تیوباسیلوس رفع محدودیت نمود. مقدار رس که در 15/83 هکتار از اراضی برای هدف مورد نظر محدودیت ایجاد می‌کند به‌هیچ‌وجه قابل اصلاح نبوده و به‌عبارت‌دیگر حدود 60% اراضی برای کشت گل محمدی غیر مستعد هست.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده قابلیت هدایت الکتریکی و ظرفیت تبادل کاتیونی فقط در بخشی از این اراضی به‌عنوان عوامل محدودکننده تشخیص داده‌شده‌اند بنابراین شستشوی خاک در 3/49 هکتار از اراضی با صرف

مورد مطالعه متناسب برای کشت گل محمدی هست ولی نتایج نشان داد که می‌توان با اقدام صحیح مدیریتی و اصلاحات لازم حدود 40% منطقه را به‌عنوان اراضی مستعد برای کشت گل محمدی پیشنهاد نمود.

قابل جذب، کربن آلی و pH دارای ساختار مکانی متوسطی هستند که نشان‌دهنده تأثیر توأم عوامل مدیریتی و ذاتی در پراکنش مکانی آن‌ها است. در شرایط کنونی و بدون اعمال مدیریت‌های لازم فقط بخش کوچکی از اراضی شمال شرق منطقه

منابع مورد استفاده

- ایوبی ش و جلالیان الف، 1385. ارزیابی اراضی، کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، 396 صفحه.
- بی‌نام، 1383. وزارت معادن و فلزات. سازمان زمین‌شناسی کشور. نقشه 1/100000 زمین‌شناسی شهرستان سراب.
- حسنی‌پاک ع، 1377. زمین‌آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران، 314 صفحه.
- رزمجو م، 1392. تعیین مدل رگرسیونی برای پیش‌بینی و تهیه نقشه عملکرد گل محمدی در ایستگاه تولید بذر و گیاهان دارویی و صنعتی سراب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
- رشیدی ش، فرجی ه، جهان‌بین د و میرفردی ا، 1390. ارزیابی میزان آگاهی، اعتقاد و عملکرد مردم شهر یاسوج نسبت به گیاهان دارویی. فصل‌نامه گیاهان دارویی، شماره 8، صفحه‌های 177 تا 184.
- کیانی ش، 1384. ارزیابی وضعیت تغذیه گل رز در شمال خوزستان. نشریه فنی شماره 485، انتشارات سنا، صفحه 10.
- محمدی ج، 1385. پدومتری - آمار مکانی. جلد دوم، انتشارات پلک.
- مؤمنی ع، 1374. مدل‌سازی ساختار مکانی متغیرهای حاصل‌خیزی و مواد آلی خاک به‌عنوان مبنایی بر اعمال کشاورزی دقیق در مرودشت ایران. مجله علوم خاک و آب، ویژه‌نامه خاک‌شناسی و ارزیابی، صفحه‌های 1 تا 12.
- میرسجادی س، پورخسرو س و صفاری ع، 1374. مطالعه منشأ عناصر فلزی در رسوبات آبراه‌ای منطقه قاسم‌آباد با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره و واریوگرافی. صفحه‌های 1 تا 8، پانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- نظری‌برسری س، مسیح‌آبادی مح، محمودی ش و شهابی‌فرج ج، 1390. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای گل محمدی در سری‌های نرگه، ناصرآباد و زاکان منطقه اسفرورین استان قزوین با استفاده از روش پارامتریک. صفحه‌های 1 تا 5، دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، 12 الی 14 شهریور، دانشگاه تبریز، انجمن علوم خاک ایران.
- نیشابوری مر و ریحانی‌تبار ع، 1389. تفسیر نتایج آزمون خاک (این همه اعداد و ارقام چه معنی دارند؟). انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ اول، 216 صفحه.
- یزدانی د، شهنازی س و سیفی ح، 1383. کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی. چاپ اول، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، جلد اول، 168 صفحه.

Allison LE and Moodie CD, 1965. Carbonates. Pp. 1379-1396. In: Black, C.A. (Ed). Methods of Soil Analysis. Part II, ASA: Madison, WI.

Anonymous, 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Bohling G, 2005. Introduction to geostatistics and variogram analysis. Assistant Scientist. Kansas Geological Survey, Pp: 20.

Bouma J, 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. Advances in Soil Science 9: 177-213.

Bower CA, 1952. Exchangable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Science 73: 251-261.

- Burgess, T.M. and Webster, R, 1980. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. The semi-variogram and punctual kriging. *Journal of Soil Science* 31: 315-331.
- Cahn MD, Hummel JW and Brouer BH, 1994. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. *Soil Science Society of America Journal* 58: 1240-1248.
- Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF and Konopka AE, 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal* 58: 1501- 1511.
- Castrignano A, Giugliarini L, Risaliti R and Mattinelli N, 2000. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. *Geoderma* 97: 39-60.
- Cox MS, Gerard PD, Wardlaw MC and Abshire MJ, 2003. Variability of selected soil properties and their relationship with soybean yield. *Soil Science Society of America Journal*, 67: 1296-1302.
- Filandrinos D, Yentsch TR and Meyers KL, 2006. *Herbal Products: Toxicology and Clinical Pharmacology*. 2nd Edition. Humana Press Inc, Totowa, NJ.
- Gee WG and Bauder JW, 1986. Particle-size analysis. Pp. 283-412. In: Klute, A. (Ed). *Method of Soil Analysis*. Part I. Soil Science Society of America, Book Series 5, Madison, Wisconsin, ASA, SSSA, USA.
- Jaynes DB and Colvin TS, 1997. Spatiotemporal variability of corn and soybean yield. *Agronomy Journal* 89: 30-37.
- Jiang P and telen KD, 2004. Effect of soil and topographic properties crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. *Agronomy Journal* 96: 252-258.
- Johnson RM, Downer RG, Bradow JM, Bauer PJ and Sadler EJ, 2002. Variability in cotton fiber yield, fiber quality and soil properties in a south-eastern coastal plain. *Agronomy* 94: 1305-1316.
- McLean EO, 1982. Soil pH and lime requirement, Pp. 199-224. In: Page, A.L., Miller R.H. and Keeny, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis, Part II. Chemical and Micrological Properties*. 2nded, Agron. Monogr 9. ASA and SSSA, Madison USA.
- Miller MP, Singer MJ and Nielson DR, 1988. Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills. *Soil Science Society of America Journal* 52: 1133- 1141.
- Nelson DW and Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp. 539-580. In: Page, A.L. and Keeney, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis. Part II. Agron. Monogr, ASA, SSSA, Madison, USA*.
- Olsen SR and Sommers LE, 1982. Phosphorus. Pp. 403-430. In: Page, A.L. (Ed). *Methods of Soil Analysis, Agronomy, Part 2: Chemical and Microbiological Properties*, 2nd ed., American Society Agronomy, Madison, WI, USA.
- Perry LP, 1997. pH for the Garden. University of Vexmeant. Extension Ornamental Horticulture, 354pp.
- Randhawa GS and Mukhopadhyay A, 2004. *Floriculture in India*. Allied Publishers private limited, 656pp.
- Richards LA, 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA Agriculture Handbook NO 60. ARS-US, Riverside, CA. Government Print Office, Washington, D.C.
- Shroder W, 2006. GIS, geostatistics, metadata banking, and tree-based models for data analysis and mapping in environmental monitoring and epidemiology. *International Journal of Medical Microbiology* 40: 23-36.
- Shukla MK, Lal R and Ebinger M, 2004. Principal component analysis for predicting corn biomass and grain yield. *Soil Science* 169: 215-224.
- Utset A, Lopez T and Draz M, 2000. A comparison of soil maps, kriging and a combined method for spatially prediction buckdensity and field capacity of ferralsols in the Havana-Matanaz plain. *Soil Science* 96: 199-213.
- Zimmerman D, Pavlik CR, Ruggles A and Armstrong M, 1999. An experimental camparison of ordinary and universal kriging and inverse distance weighting. *Mathematical Geology* 31: 375-390.