بررسی تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های خاک و ارتباط آن با عملکرد چای در منطقه فومن گیلان

نفیسه یغمائیان مهابادی[1*]، کسری سمیعی[2]، محسن زواره[3]، حسن رمضانپور[4]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰)

چکیده

شناخت تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک به منظور شناسایی علل اساسی تغییرپذیری عملکرد و اجرای مدیریت صحیح مزارع و باغات، برای دستیابی به تولید بیشتر و مدیریت پایدار اراضی، امری ضروری است. در این پژوهش، تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های خاک و ارتباط آن با عملکرد چای در منطقه فومن استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، نمونه‌برداری خاک از عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری در ۷۰ نقطه مشاهداتی از یک باغ چای و نمونه‌برداری از برگ سبز چای در پلاتی به وسعت ۴ متر مربع به مرکزیت محل‌های نمونه‌برداری خاک انجام شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد چای بر اساس روش‌های استاندارد تعیین شدند. به منظور روشن شدن اثر تجمعی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک بر عملکرد چای، نواحی مدیریتی تعیین شدند. پهنه‌بندی متغیرهای مورد مطالعه با استفاده از روش کریجینگ معمولی صورت گرفت. نتایج نشان داد که pH کمترین (۵/۱ درصد) و پتاسیم قابل استفاده خاک بیشترین (۳۷/۲ درصد) ضریب تغییرات را دارند. پس از برازش مدل‌های مناسب بر تغییرنماها، وابستگی مکانی متوسط و قوی برای تمامی ویژگی‌های مورد بررسی به‌دست آمد. بر اساس نتایج ضرایب همبستگی، عملکرد چای با درصد کربن آلی و پتاسیم قابل استفاده خاک همبستگی مثبت (به‌ترتیب ۰/۵۳ و ۰/۳۷) و با pH خاک همبستگی منفی (۰/۴۵-) نشان داد. شباهت پراکنش مکانی عملکرد چای با الگوی توزیع مکانی pH، کربن آلی و پتاسیم قابل استفاده خاک، بیانگر همبستگی مکانی این ویژگی‌ها با عملکرد چای در منطقه می‌باشد. نتایج فوق نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه ویژگی‌های خاکی به ویژه pH، کربن آلی و پتاسیم قابل استفاده خاک بر عملکرد چای می‌باشد. پهنه‌بندی منطقه مطالعاتی بر اساس اثرات تجمعی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک به سه ناحیه مدیریتی، توانست روند تغییرات مکانی عملکرد در سطح منطقه را توجیه کند. بنابراین، پهنه‌بندی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک در باغات چای، می‌تواند در شناسایی منابع اصلی تغییرپذیری عملکرد محصول و تعیین نواحی مدیریتی به منظور دستیابی به اصول کشاورزی پایدار و دقیق به‌کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: تغییرپذیری خاک، پراکنش مکانی، مدیریت پایدار اراضی، نواحی مدیریتی

یغمائیان مهابادی ن.، سمیعی ک.، زواره م.، رمضانپور ح. ۱۳۹۸. بررسی تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های خاک و ارتباط آن با عملکرد چای در منطقه فومن استان گیلان. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۷ شماره ۲. ص: ۸۲-۹۶.

۱-استادیار گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان (مکاتبه‌کننده)

۲-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۳-دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۴-دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

*پست الکترونیک: yaghmaeian_na@guilan.ac.ir

مقدمه

ویژگی‌های خاک دارای تغییرات مکانی و زمانی از مقیاس‌های کوچک تا بزرگ می‌باشند که تحت تأثیر ویژگی‌های ذاتی (نظیر فاکتورهای متأثر از مواد مادری خاک) و ویژگی‌های غیر ذاتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، نوع کاربری اراضی، کوددهی و تناوب زراعی) قرار می‌گیرند. در عین حال، نباید از تأثیر کاربری اراضی و راهکارهای مختلف مدیریت اراضی اعمال شده بر این تغییرات غافل شد (Yemefack *et al*., 2005). وجود تغییرات مکانی در ویژگی‌های خاک امری معمول است. ولی بررسی تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی غیرپویا (بافت و کانی‌شناسی خاک) و پویای خاک (رطوبت خاک، فشردگی، هدایت الکتریکی و کربن خاک) جهت برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت پایدار اراضی کشاورزی امری ضروری است و به طور مستقیم بر تغییرات کمیت و کیفیت محصول اثرگذار است (Silva Cruz *et al*., 2011). تغییرات عملکرد محصول می‌تواند توسط عوامل بسیاری از قبیل تغییرات مکانی نوع خاک، موقعیت زمین‌نما، الگوی کشت، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و قابلیت دسترسی عناصر غذایی ایجاد شود (Wibawa *et al*., 1993). بنابراین، شناخت تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک مزارع و باغات و ارتباط آنها با پاسخ گیاه، اساساً می‌تواند اثر بخشی نهاده‌ها و افزایش تولید محصول را در پی داشته باشد (Virgilio *et al*., 2007). به عبارت دیگر، تغییرپذیری ویژگی‌های خاک، یکی از مهم‌ترین دلایل تغییرپذیری عملکرد محصول به شمار می‌رود (Johnson *et al*., 2002).

در بررسی‌های آمار کلاسیک، تغییرپذیری ویژگی‌های خاک به صورت تصادفی در نظر گرفته می‌شود. موقعیت مکانی نمونه‌های برداشت شده در نظر گرفته نشده و هیچ‌گونه اطلاعاتی درباره کمیت اندازه‌گیری‌شده در موقعیت مکانی دیگر با فاصله معلوم ارائه نمی‌دهد. در مقابل، زمین‌آمار توانایی به کارگیری هم‌زمان اطلاعات کمی و عددی متغیر مورد نظر و اطلاعات مربوط به موقعیت نسبی جغرافیایی داده‌ها را دارا می‌باشد و علاوه بر بخش تصادفی، بخش ساختاری تغییرپذیری را که تابع فاصله و جهت است، در نظر می‌گیرد. زمین‌آمار به‌عنوان بخشی از آمار مکانی، یکی از روش‌های رایج بر اساس اصل پیوستگی است که تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک را شناسایی و مدل‌سازی می‌کند و قادر به برآورد ویژگی مورد نظر در نقاط اندازه‌گیری نشده و تهیه نقشه‌های پراکندگی ویژگی‌های خاک با حداقل واریانس ممکن می باشد (Zhu & Lin, 2010). در دهه‌های اخیر، زمین‌آمار به دلیل توانایی در کاهش و کمی‌کردن عدم قطعیت، به شکل وسیعی در مطالعات تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک مورد استفاده قرار گرفته است (Cambule *et al*., 2014).

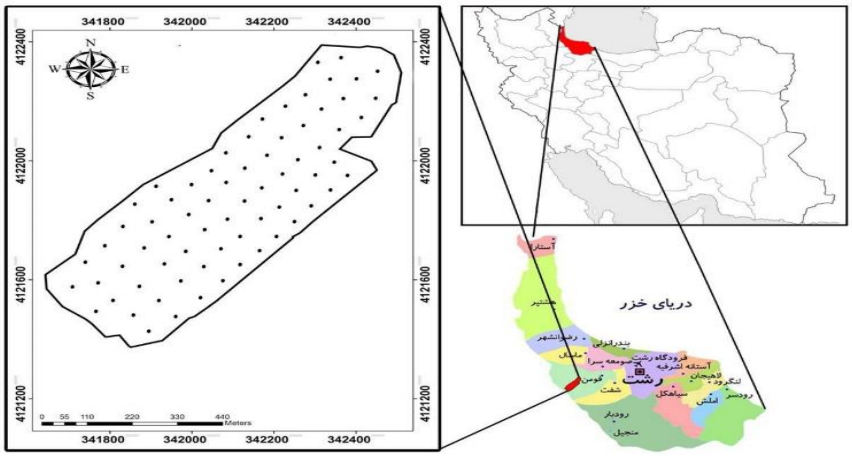
به منظور شناسایی و تشخیص علل اساسی تغییرپذیری عملکرد و اجرای مدیریت صحیح مزارع و باغات، شناخت ارتباط تغییرپذیری ویژگی‌های خاک با عملکرد محصول توسط محققین مورد توجه قرار گرفته است. کامو (Kamau, 2007) در بررسی عوامل مؤثر بر رشد و تولید چای، بیان کرد که تفاوت در سن بوته‌های چای، ژنوتیپ چای و مدیریت عناصر غذایی می‌تواند سبب اختلاف معنی‌دار در متوسط عملکرد چای شود. وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2010) علت کاهش عملکرد چای با افزایش سن بوته‌های چای را افزایش اسیدیته خاک در نتیجه کاهش کاتیون‌های بازی و تخلیه خاک از مواد معدنی بیان داشتند. دوتا و همکاران (Dutta *et al*., 2010) عوامل مؤثر بر عملکرد چای را در فواصل زمانی پنج تا ده سال در شمال‌شرق هند مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که عملکرد چای با میزان بارندگی، کربن آلی و نیتروژن خاک همبستگی مثبت و با سن بوته‌ها همبستگی منفی دارد. آیوری و همکاران (Iori *et al*., 2014) در بررسی علل کاهش عملکرد چای در دره ریبیرا برزیل دریافتند که با افزایش سن بوته‌های چای، کاهش کیفیت فیزیکی خاک ناشی از فشردگی خاک، عامل اصلی کاهش عملکرد و کیفیت محصول چای می‌باشد. کیانی و همکاران (Kiyani *et al*., 2016) در بررسی تغییرات مکانی برخی از ویژگی‌های خاک با ویژگی‌های کمی، کیفی و رویشی پرتقال به این نتیجه رسیدند که برخی از ویژگی‌های خاکی شامل درصد ماده آلی، پتاسیم محلول، فسفر، روی و منگنز قابل جذب، با عملکرد میوه، الگوی پراکنش مکانی تقریباً مشابهی دارند. به طور کلی نتایج تحقیقات پژوهشگران حاکی از آن است که آگاهی از نحوه تغییرات مکانی و پراکنش ویژگی‌های خاک و شناسایی منابع اصلی تغییرپذیری عملکرد محصول، برای دستیابی

به تولید بیشتر و مدیریت پایدار اراضی، امری لازم است (Tesfahunegn *et al*., 2011; Weindorf & Zhu, 2010). باغ‌های چای، منحصرا در شمال کشور احداث شده‌اند و چای جزء یکی از فراورده‌های کشاورزی اساسی و استراتژیک کشور به شمار می‌رود. شناخت ویژگی‌های خاکی تأثیرگذار بر عملکرد چای جهت تشخیص علل اساسی تغییرپذیری عملکرد، برنامه‌ریزی و اعمال مدیریت بهینه حائز اهمیت می‌باشد. مطالعات بسیاری در خصوص تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک در مقیاس بزرگ تا مزرعه انجام گرفته است. اما تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک و ارتباط آن با عملکرد چای در اراضی چایکاری کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک و ارتباط آن با عملکرد چای در منطقه فومن استان گیلان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حدود ۳۰ هکتار از یک باغ چای ۷۰ هکتاری واقع در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان فومن در استان گیلان است که بین طول‌های جغرافیایی ″۰۲ ′۱۳ °۴۹ و ″۲۴ ′۱۳ °۴۹ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″۳۱ ′۱۳ °۳۷ و ″۰۴ ′۱۴ °۳۷ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). بر اساس اطلاعات دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ ایستگاه هواشناسی رشت، میانگین درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۵/۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۱۲۷۵ میلی‌متر می‌باشد. رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک، به‌ترتیب یودیک و ترمیک، مواد مادری آن آبرفتی و سیمای اراضی منطقه، دشت آبرفتی رودخانه‌ای با شیب کمتر از ۲٪ است. متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا، ۳- متر می‌باشد. در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک و عملکرد، بر اساس الگوی نمونه‌برداری شبکه‌ای منظم با ابعاد ۷۵ در ۷۵ متر، مختصات جغرافیایی ۷۰ نقطه مشاهداتی به دست آمد. پس از تعیین موقعیت نقاط مشاهداتی در منطقه توسط سیستم موقعیت یاب جهانی (GPS)، نمونه‌برداری خاک از عمق ۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از نقاط با مختصات معلوم و در فاصله بین ردیف‌های چای انجام گرفت. انتخاب عمق نمونه‌برداری خاک به نحوی بود که عمق مؤثر عمده ریشه‌های غذارسان[1] چای در منطقه (بر اساس مطالعات صحرایی) را در برگیرد. نمونه‌های خاک، هوا خشک شده و بعد از کوبیده شدن از الک ۲ میلی‌تر عبور داده شدند. سپس pH در عصاره ۱:۲/۵ خاک به آب توسط دستگاه pH متر و هدایت الکتریکی عصاره اشباع توسط دستگاه هدایت‌سنج (Nelson & Sommers, 1982)، پتاسیم قابل استفاده به روش عصاره‌گیری با استات‌آمونیوم (Thomas, 1982)، فسفر قابل استفاده به روش بی‌کربنات‌سدیم (Olsen & Sommers, 1982)، نیتروژن کل خاک به روش کجلدال (Nelson & Sommers, 1982)، درصد کربن آلی به روش والکی بلاک (Nelson & Sommers, 1982)، درصد ذرات معدنی خاک (رس، سیلت و شن) به روش هیدرومتری (Gee & Bauder, 1986)، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه و پارافین (Blake & Hartge, 1986) اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد، نمونه‌برداری از برگ سبز چای در پلاتی به وسعت ۴ متر مربع به مرکزیت محل‌های نمونه‌برداری خاک انجام شد. به منظور تعیین متوسط عملکرد چای (وزن تر)، یک غنچه و دو برگ انتهایی چای در سه برداشت متوالی (اردیبهشت، خرداد و اواخر تیر ماه سال ۹۵) از سطح مذکور برداشت شد. لازم به ذکر است تمام بوته‌های چای هم‌سن (۳۵ سال) بوده و تحت سیستم آبیاری بارانی و مدیریت مشابهی قرار داشتند. ارتباط ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با عملکرد چای از طریق ضرایب همبستگی پیرسون توسط نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. از آزمون کولموگروف-اسمیرونوف، برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. قبل از انجام تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آماری، به‌منظور بررسی وضعیت همسانگردی ویژگی‌های مورد نظر، تغییرنمای رویه‌ای[2] آنها در محیط نرم‌افزاری +GS تهیه شدند. سپس برای ارزیابی ساختار مکانی ویژگی‌های خاک، از تابع تغییرنما، به‌عنوان مهم‌ترین مدل توصیف کننده رفتار مکانی متغیرهای ناحیه‌ای[3] استفاده شد. برای محاسبه و رسم تغییرنماها از نرم افزار +GS استفاده شد.

1. Feeder roots
2. Surface variogram
3. Regionalized variables



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط نمونه برداری

Figure 1. Location of the study area along with sampling points

پس از برازش مدل‌های تئوری مناسب بر تغییرنماها، نسبت همبستگی مکانی (نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه) که به‌عنوان معیاری در تعیین قدرت ساختار مکانی ویژگی‌های مطالعاتی می‌باشد، تعیین شد (Trangmar *et al*., 1985). در مرحله بعد، پهنه‌بندی متغیرهای مورد مطالعه با استفاده از روش کریجینگ معمولی، در محیط نرم افزاری ArcGIS 10.2 صورت گرفت. به‌منظور کنترل اعتبار تغییرنما، لازم است مقادیر تخمینی با مقادیر مشاهده‌ای مقایسه گردد. معیارهایی که برای مقایسه مقادیر تخمینی با مقادیر مشاهده‌ای مورد استفاده قرار گرفت، شامل ضریب تبیین (R^2)، میانگین خطای تخمین (ME[۱]) و ریشه میانگین مربعات خطای تخمین (RMSE[۲]) می‌باشد. جهت تعیین میزان همخوانی نقشه‌های کریجینگ هر یک از ویژگی‌های خاک با عملکرد، نقشه‌ها به صورت چشمی[۳] با یکدیگر مقایسه شدند. به منظور تعیین نواحی همگن در منطقه مورد مطالعه، از الگوریتم خوشه‌بندی C- میانگین فازی[۴] توسط نرم‌افزار MZA استفاده شد (Frigden *et al*., 2004). به این منظور نقشه‌های پهنه‌بندی ویژگی‌های خاکی که دارای تغییرپذیری بیشتر در منطقه بودند، به عنوان ورودی نرم افزار MZA مورد استفاده قرار گرفتند. در این نرم‌افزار، تعداد بهینه نواحی مدیریتی[۵] زمانی به‌دست می‌آید که مقدار شاخص‌های عملکرد فازی (FPI[۶]) و آنتروپی طبقه‌بندی نرمال‌شده (NCE[۷]) حداقل باشند (Fraisse *et al*., 1999; Lark & Stafford, 1997). در انتها نقشه نواحی مدیریتی منطقه مطالعاتی در محیط نرم افزار ArcGIS 10.2 ترسیم شد.

نتایج و بحث

آمار توصیفی ویژگی‌های خاک و عملکرد چای

خلاصـــه آماری ویژگی های خاک و عملکرد چای در منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خلاصه آماری ویژگی‌های خاک و عملکرد چای

Table 1. Summary statistics of soil properties and tea yield

Variable	pH	EC	N	OC	Sand	Silt	Clay	ρ_b	K	P	Yield
		ds m^{-1}			%			gr cm^{-3}	mg kg^{-1}		Kg ha^{-1}
Mean	5.84	0.16	0.32	2.63	39.9	35.0	24.9	1.40	401.1	11.83	1442.8
Minimum	5.35	0.08	0.23	0.59	16.0	19.5	14.5	1.13	139.9	3.69	603.0
Maximum	6.59	0.37	0.57	3.67	66.0	50.5	38.0	1.66	794.6	19.7	2771.5
St.D	0.30	0.05	0.09	0.69	7.91	5.51	4.31	0.11	149.7	3.28	437.5
CV (%)	5.10	31.2	28.1	26.3	19.8	15.7	17.3	7.80	37.2	27.7	30.3
Skewness	0.46	0.85	0.80	-0.78	-0.12	0.57	0.58	0.06	0.56	-0.21	0.52
Kurtosis	-0.40	0.65	-0.97	0.39	2.03	1.14	1.47	-0.17	-0.27	0.14	-0.14

1. Mean error
2. Root mean square error
3. Visual interpretation
4. Fuzzy c-mean clustering
5. Management zones
6. Fuziness Performance Index
7. Normalized Classification Entropy

تمام ویژگی‌های مورد مطالعه به جز هدایت الکتریکی، درصد ازت کل و رس خاک، از توزیع نرمال پیروی می‌کردند که توزیع این متغیرها با استفاده از تبدیل لگاریتمی، نرمال شدند. اگرچه توزیع نرمال داده‌ها شرط لازم و ضروری پردازش‌های زمین آماری نمی‌باشد، لیکن در صورت نرمال بودن داده‌ها، تخمین‌های زمین آماری می‌توانند از دقت بالاتری برخوردار باشند (Webster & Oliver, 2001). تغییرپذیری ویژگی‌های خاک و عملکرد را می‌توان از طریق بررسی ضریب تغییرات آن‌ها بررسی نمود. pH خاک با ۵/۱ درصد و پتاسیم قابل استفاده با ۳۷/۲ درصد به ترتیب دارای کمترین و بیشترین ضریب تغییرات هستند. در اکثر مطالعات خاکشناسی، pH خاک کمترین ضریب تغییرات را در مقایسه با دیگر ویژگی‌های خاک نشان می‌دهد. در مطالعات صورت گرفته توسط ویرجیلیو و همکاران (Virgilio *et al*., 2007)، فو و همکاران (Fu *et al*., 2010) و لیو و همکاران (Liu *et al*., 2014)، کمترین ضریب تغییرات برای pH خاک به‌دست آمده است. به طور کلی pH خاک از ویژگی‌های پایدار خاک به شمار می‌رود (Bouma & Pinke, 1993). واسو و همکاران (Vasu *et al*., 2017) و بوگونوویک و همکاران (Bogunovic *et al*., 2014) نیز بیشترین ضریب تغییرات را برای پتاسیم قابل استفاده گزارش کردند. دواتگر و همکاران (Davatgar *et al*., 2012) تغییرات مقدار رس و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را از عوامل مؤثر بر تغییرپذیری پتاسیم قابل استفاده خاک بیان کردند. بنابراین ضریب تغییرات بالای پتاسیم قابل استفاده خاک در منطقه می‌تواند متاثر از تغییرپذیری ویژگی‌های ذاتی خاک نظیر مقدار رس و همچنین درصد کربن آلی خاک باشد. به علاوه اینکه، بخشی از تغییرپذیری پتاسیم قابل استفاده خاک به دلیل کودپاشی دستی و با توجه به وسعت نسبتاً زیاد باغ، می‌تواند ناشی از عوامل بیرونی و غیرذاتی خاک باشد. ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2007) اعلام نمودند که تغییرات کم‌تر از ۱۰ درصد، دلالت بر تغییرپذیری پایین ویژگی مورد نظر و تغییرات بالاتر از ۹۰ درصد، بیانگر تغییرپذیری بالای آن است. بر این اساس، تمام ویژگی‌های خاک و عملکرد در منطقه از تغییرپذیری متوسط و پایین برخوردار هستند که استفاده طولانی مدت و مدیریت یکنواخت اراضی می‌تواند منجر به یکنواختی خاک شده و کاهش ضریب تغییرپذیری را به دنبال داشته باشد (Ayoubi *et al*., 2010). علی‌رغم تفاوت نسبتاً زیاد بین حداقل و حداکثر برخی ویژگی‌های خاک از قبیل درصد ذرات معدنی، این متغیرها از تغییرپذیری متوسطی در منطقه برخوردار می‌باشند که می‌تواند ناشی از اثر عوامل ذاتی (مواد مادری آبرفتی) در رفتار این متغیرها باشد. تغییرات کربن آلی در قسمت اعظم باغ (۲-۳/۶۷ درصد) قابل توجه نیست و مناطق با مقدار کربن آلی کمتر (۹۹/۵۹-۱/۰ درصد)، تنها محدوده کوچکی از باغ را شامل می‌شوند. با توجه به این‌که مناطق با کربن آلی کمتر از عملکرد پایین‌تری نسبت به سایر قسمت‌های باغ برخوردار هستند (شکل ۳)، تولید بقایای هرس کمتر و در نتیجه برگردان کمتر شاخ و برگ به خاک، می‌تواند مقادیر کمتر کربن آلی در این مناطق را توجیه کند. بر اساس نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۲)، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد کربن آلی و عملکرد و همبستگی منفی و معنی‌داری بین pH خاک و عملکرد وجود دارد. نتایج پژوهش دوتا (Dutta, 2011) نشان داد که کربن آلی و pH خاک به عنوان مهمترین و تأثیرگذارترین ویژگی‌های خاک بر عملکرد چای در شمال‌شرق هند می‌باشند. همچنین خرمالی و همکاران (Khormali *et al*., 2007) علت کاهش عملکرد چای در موقعیت پای شیب را وجود مقادیر کمتر کربن آلی که ناشی از شرایط زهکشی ضعیف است، عنوان کردند.

جدول ۲- همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک و عملکرد چای

Table 2. Pearson correlation coefficients between soil properties and tea yield

Variable	pH	EC	N	OC	Sand	Silt	Clay	ρ_b	K	P	Yield
		ds m^{-1}			%			gr cm^{-3}	mg kg^{-1}		kg ha^{-1}
Yield (kg ha^{-1})	-0.446*	0.026	-0.010	0.535*	-0.134	0.004	0.232	0.149	0.370*	0.202	1.00

* Significant at 95% confidence level

pH: واکنش خاک؛ OC: کربن آلی خاک؛ EC: قابلیت هدایت الکتریکی خاک، N: نیتروژن کل خاک؛ P: فسفر قابل استفاده خاک؛ K: پتاسیم قابل استفاده خاک؛ ρ_b: جرم مخصوص ظاهری خاک

pH: Soil acidity, OC: Organic carbon, EC: Electrical conductivity, N: Total soil nitrogen, P: Available soil phosphorus, K: Usable soil potassium, ρb: soil bulk density

تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک و عملکرد چای

بررسی تغییرنماهای رویه‌ای برای تمام ویژگی‌های خاک و عملکرد چای نشان‌گر یکسان بودن پیوستگی مقادیر این متغیرها در جهت‌های جغرافیایی مختلف بود (به دلیل حجم زیاد آورده نشده‌اند) که در نتیجه، تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک، همسان‌گرد در نظر گرفته شد. بنابراین در شرایط همسان‌گردی، تغییرنمای همه‌جهته[1] مد نظر قرار گرفت و پیوستگی مکانی هر ویژگی خاک و عملکرد چای، با استفاده از تجزیه و تحلیل‌های سمی‌واریانس مدل‌سازی گردید (جدول ۳، در شکل ۲ برخی از تغییرنماهای برازش‌شده به عنوان نمونه ارائه شده است). به منظور انتخاب بهترین مدل جهت برازش به تغییرنما از پارامتر ضریب تبیین (R^2) و مجموع مربعات باقیمانده (RSS) استفاده شد. توجه به مقادیر اثر قطعه‌ای، حد آستانه و دامنه تأثیر تغییرنماها حاکی از وجود تفاوت در وابستگی‌های مکانی ویژگی‌های مورد مطالعه بود. با این وجود، مدل‌های کروی و نمایی بر تغییرنمای تمامی متغیرها برازش داده شدند. تحقیقات سایر پژوهشگران نیز حاکی از آن است که مدل‌های کروی و نمایی بهترین برازش را بر تغییرات مکانی اغلب ویژگی‌های خاک دارند (Jiang *et al*., 2012; Liu *et al*., 2008). از میان متغیرهای مورد مطالعه، به جز درصد رس، ازت کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده که از مدل نمایی تبعیت می‌کنند، سایر متغیرها از مدل کروی تبعیت می‌نمایند (جدول ۳). گوکالپ و همکاران (Gokalp *et al*., 2010). مدل نمایی را در بیان ساختار همبستگی مکانی متغیر رس تواناتر یافتند. لیو و همکاران (Liu *et al*., 2014) بیان داشتند که ازت، پتاسیم و فسفر قابل جذب خاک از مدل نمایی و عملکرد برنج از مدل کروی پیروی می‌کنند. دامنه تأثیر هر متغیر نشان‌دهنده بیشترین فاصله‌ای است که یک متغیر دارای وابستگی مکانی بوده و در ورای آن، متغیر مورد نظر مستقل می‌گردد و فاقد وابستگی مکانی است. درصد رس با دامنه تأثیر ۸۸ متر و فسفر قابل جذب خاک با دامنه تأثیر ۱۳۲۵ متر به ترتیب دارای کمترین و بیشترین پیوستگی مکانی در منطقه بودند. در بین عناصر غذایی خاک، ازت کل کمترین (۹۳ متر) دامنه تأثیر را دارا است که دلیل احتمالی آن تحرک بیشتر ازت در مقایسه با پتاسیم و فسفر در خاک می‌باشد. تریپاتی و همکاران (Tripathi *et al*., 2015) با مقایسه دامنه تأثیر این سه عنصر، به نتایج مشابهی دست یافتند و از بین ویژگی‌های خاکی، کمترین و بیشترین دامنه تأثیر را به ترتیب برای ازت و فسفر قابل استفاده گزارش کردند. نتایج به‌دست آمده توسط افشار و همکاران (Afshar *et al*., 2009) نیز دامنه تأثیر کمتر ازت در مقایسه با فسفر و پتاسیم را نشان دادند. جدول ۳ نشان می‌دهد که نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه از ۰/۱۳ تا ۷۲/۷ درصد تغییر می‌کند. کلاس همبستگی مکانی عملکرد چای و ویژگی‌های خاکی مطالعه شده به‌جز درصد رس، سیلت و شن بر اساس طبقه‌بندی لوپز و همکاران (Cambardella *et al*., 1994) متوسط می‌باشد و درصد شن، سیلت و رس در کلاس همبستگی مکانی قوی قرار می‌گیرند. وابستگی مکانی قوی ممکن است به وسیله تغییرات ذاتی ویژگی‌های خاک مثل بافت خاک و کانی‌شناسی و وابستگی مکانی ضعیف‌تر ممکن است توسط تغییرات غیرذاتی مانند کاربرد کود و شخم، کنترل شود (Cambardella *et al*., 1994). در نتیجه، می‌توان اظهار داشت که همبستگی مکانی ویژگی‌های خاک و عملکرد، می‌تواند توسط تغییرات ذاتی ویژگی‌های خاک و عوامل بیرونی از قبیل مدیریت اراضی در منطقه کنترل شود (Liu *et al*., 2013). با توجه به اینکه تمام ویژگی‌های خاکی و عملکرد اندازه‌گیری شده دارای نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه کمتر از ۷۵ درصد می‌باشند، امکان بکارگیری تکنیک‌های درون‌یابی جهت تخمین این متغیرها در موقعیت‌های نمونه‌برداری نشده وجود دارد (Goovaerts, 1999). نقشه‌های کریجینگ نشان می‌دهند که ویژگی‌های خاک و عملکرد چای در منطقه مورد مطالعه، الگوی تصادفی نداشته و دارای پراکنش مکانی می‌باشند (شکل ۳). به عبارت دیگر، توزیع تمام ویژگی‌ها، پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری می‌باشد. جهت تعیین میزان همخوانی نقشه‌های کریجینگ هر یک از ویژگی‌های خاک و عملکرد چای، نقشه ها به صورت چشمی با یکدیگر مقایسه شدند. همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، عملکرد چای در مناطق شمالی و جنوب‌شرقی کمترین مقدار (۶۰۳ تا ۱۵۶۰ کیلوگرم در هکتار) و در مناطق غرب و جنوب‌غربی بیشترین مقدار (۱۵۶۰ تا ۲۷۷۱ کیلوگرم در هکتار) است.

1. Omni-directional variogram

جدول ۳- پارامترهای مدل‌های برازش یافته بر ویژگی‌های خاک و عملکرد چای

Table 3. Parameters of models fitted to the semivariograms of soil properties and tea yield

Variable	pH	EC	N	OC	Sand	Silt	Clay	ρb	K	P	Yield
		dS m^{-1}			%			gr cm^{-3}	mg kg^{-1}		Kg ha^{-1}
Model	Spherical	Spherical	Exponential	Spherical	Spherical	Spherical	Exponential	Spherical	Exponential	Exponential	Spherical
Nugget effect	0.046	0.080	0.040	0.277	0.100	3.580	0.010	0.005	6335.1	8.580	103700.2
Sill	0.102	0.110	0.090	0.571	72.1	34.840	0.210	0.014	25240.2	17.170	218200.3
Range (m)	484	198	93	434	140	206	88	90	269	1325	379
Spatial dependence	45.1	72.7	44.4	48.5	0.13	10.3	4.7	35.7	25.1	49.9	47.5
Spatial dependence level	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate	Strong	Strong	Strong	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
R2	0.97	0.85	0.88	0.99	0.84	0.71	0.91	0.91	0.98	0.72	0.98
RMSE	0.25	1.99	1.47	0.62	7.79	4.71	20.3	0.11	103.5	3.18	367.86
ME	0.000	1.990	1.460	-0.005	0.150	0.010	19.940	-0.002	0.370	-0.020	-4.770

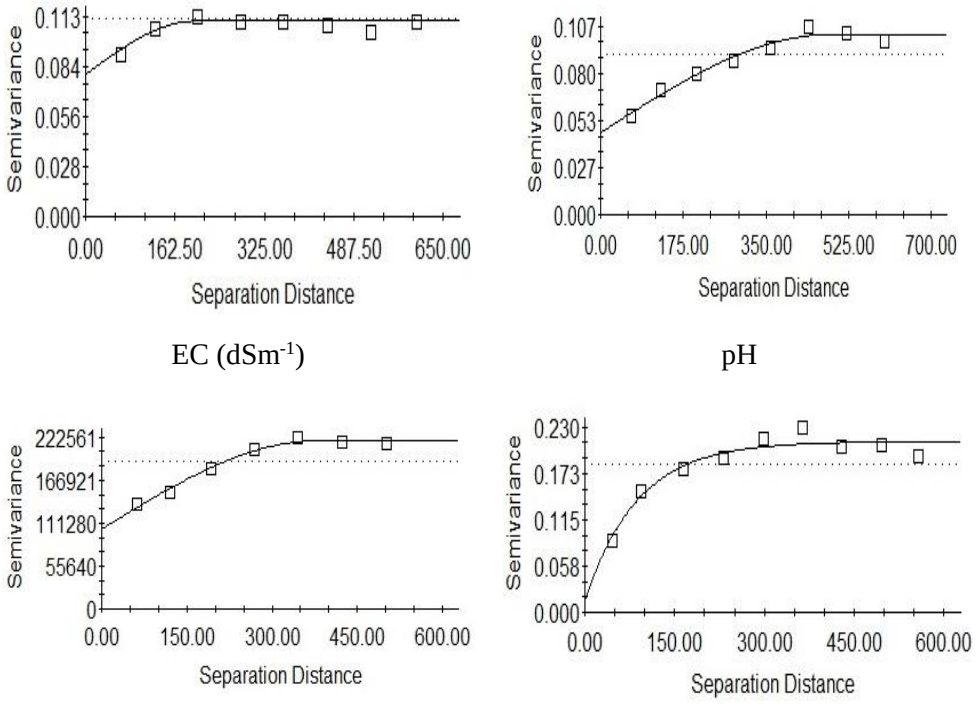
جدول ۳- پارامترهای مدل‌های برازش یافته بر ویژگی‌های خاک و عملکرد چای

Table 3. Parameters of models fitted to the semivariograms of soil properties and tea yield

Variable	pH	EC	N	OC	Sand	Silt	Clay	ρb	K	P	Yield
		dS m^{-1}			%			gr cm^{-3}	mg kg^{-1}		Kg ha^{-1}
Model	Spherical	Spherical	Exponential	Spherical	Spherical	Spherical	Exponential	Spherical	Exponential	Exponential	Spherical
Nugget effect	0.046	0.080	0.040	0.277	0.100	3.580	0.010	0.005	6335.1	8.580	103700.2
Sill	0.102	0.110	0.090	0.571	72.1	34.840	0.210	0.014	25240.2	17.170	218200.3
Range (m)	484	198	93	434	140	206	88	90	269	1325	379
Spatial dependence	45.1	72.7	44.4	48.5	0.13	10.3	4.7	35.7	25.1	49.9	47.5
Spatial dependence level	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate	Strong	Strong	Strong	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
R2	0.97	0.85	0.88	0.99	0.84	0.71	0.91	0.91	0.98	0.72	0.98
RMSE	0.25	1.99	1.47	0.62	7.79	4.71	20.3	0.11	103.5	3.18	367.86
ME	0.000	1.990	1.460	-0.005	0.150	0.010	19.940	-0.002	0.370	-0.020	-4.770

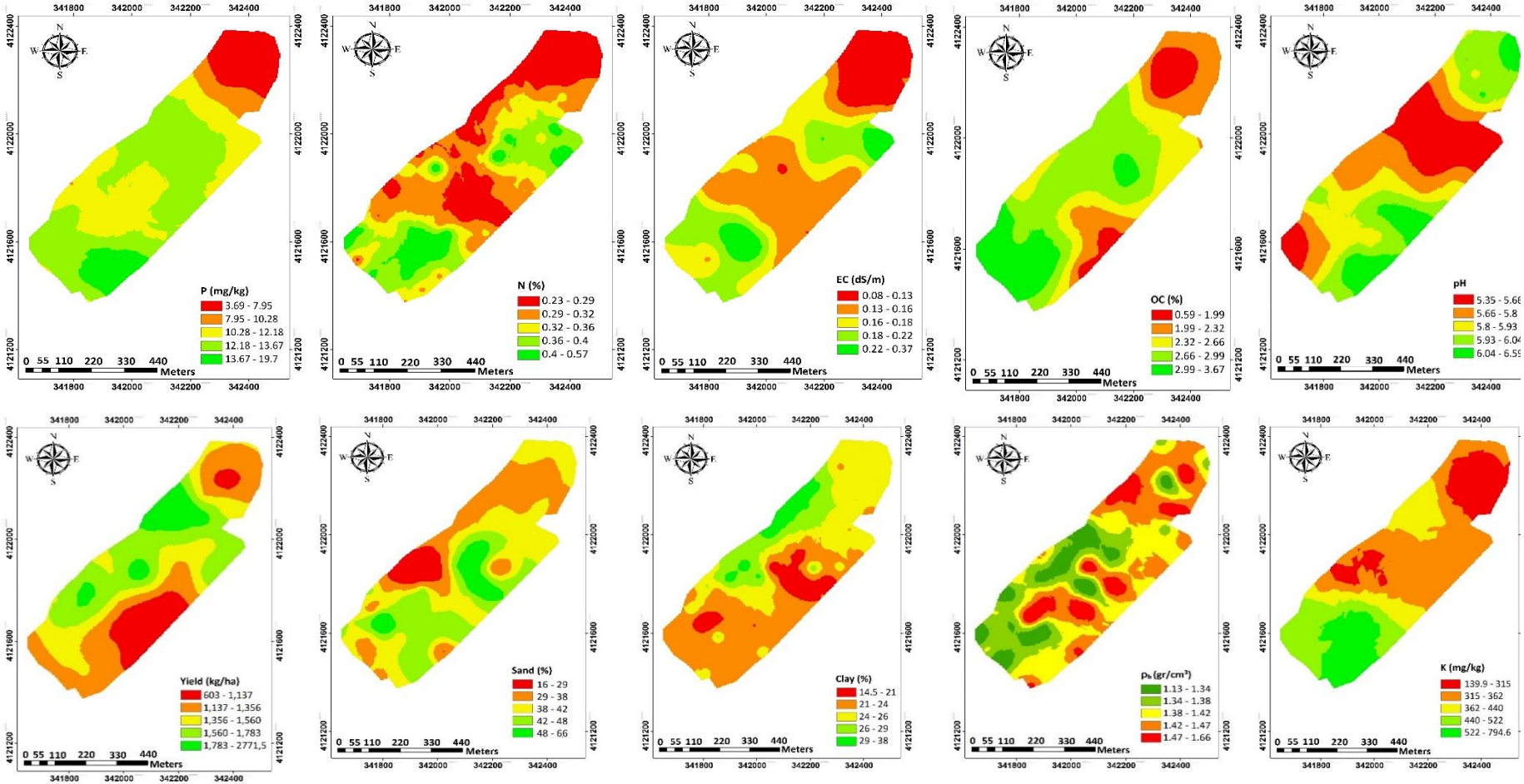
یکی از ویژگی‌های مهم دیگری که نقشه‌های مزبور نشان می‌دهند، شباهت در الگوی توزیع مکانی برخی متغیرها است. ویژگی‌های خاک از جمله pH و کربن آلی خاک در مناطق شمالی و جنوب‌شرقی منطقه مورد مطالعه به ترتیب بیشتر و کمتر از دیگر بخش‌های منطقه می‌باشند و این الگوی پراکنش مکانی، تقریبا مشابه الگوی پراکنش مکانی عملکرد چای در منطقه می‌باشد. در مناطق غربی و جنوب‌غربی باغ چای، مقدار pH کمتر (۵/۳ تا ۵/۸) و مقدار کربن آلی بیشتر (۲/۳ تا ۳/۷ درصد) است که با توجه به عملکرد بالای چای در این نواحی، نشانگر حد مطلوب درصد کربن آلی و pH برای تولید چای می‌باشند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که هم‌بستگی مکانی بین pH و کربن آلی خاک با عملکرد وجود دارد.

واکنش مطلوب خاک برای رشد حداکثری چای ۴/۵ تا ۵/۵ است و عملکرد چای در خاک‌های با مقادیر کربن آلی زیاد (بیشتر از ۲ درصد) در مقایسه با سایر خاک‌ها بیشتر است (De Costa & Chandrapala, 2005). از طرفی مقدار واکنش خاک ارتباط نزدیکی با تجزیه مواد آلی خاک دارد و معمولا با افزایش تجزیه مواد آلی در خاک، کاهش واکنش خاک انتظار می‌رود. با توجه به اینکه در فصل‌های بهار و تابستان، درجه حرارت و رطوبت (به دلیل آبیاری بارانی) در باغ چای مورد مطالعه از وضعیت مطلوبی برخوردار بوده است، در نتیجه تجزیه مواد آلی به خوبی انجام شده و منجر به تولید اسیدهای آلی و در نتیجه کاهش واکنش خاک شده است. به علاوه تراوشات گسترده اسیدهای آلی از ریشه‌های گیاه چای و مقدار CO_2 آزاد شده از ریشه‌ها می‌تواند علت مقادیر کمتر واکنش خاک در مناطق با عملکرد بیشتر باشد (Wang *et al.*, 2010). همچنین توزیع مکانی عملکرد، دارای الگوی تقریباً مشابهی با پتاسیم قابل استفاده است. سیتینی و همکاران (Sitienei *et al.*, 2013) بیان کردند که به دلیل برداشت غنچه و برگ‌های جوان چای، مقادیر زیادی پتاسیم به این طریق از خاک خارج می‌شود و به دنبال آن نیاز گیاه چای به پتاسیم افزایش می‌یابد..



شکل ۲- نیم‌تغییرنمای برخی از ویژگی‌های خاک و عملکرد چای

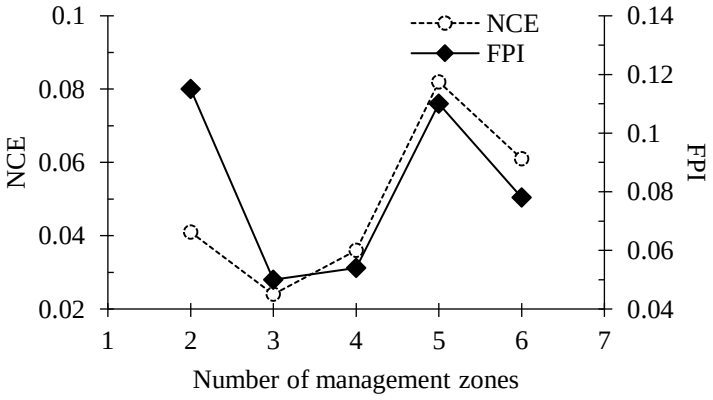
Figure 2. Semivariograms of some soil properties and tea yield



شکل ۳- توزیع مکانی ویژگی‌های خاک و عملکرد چای

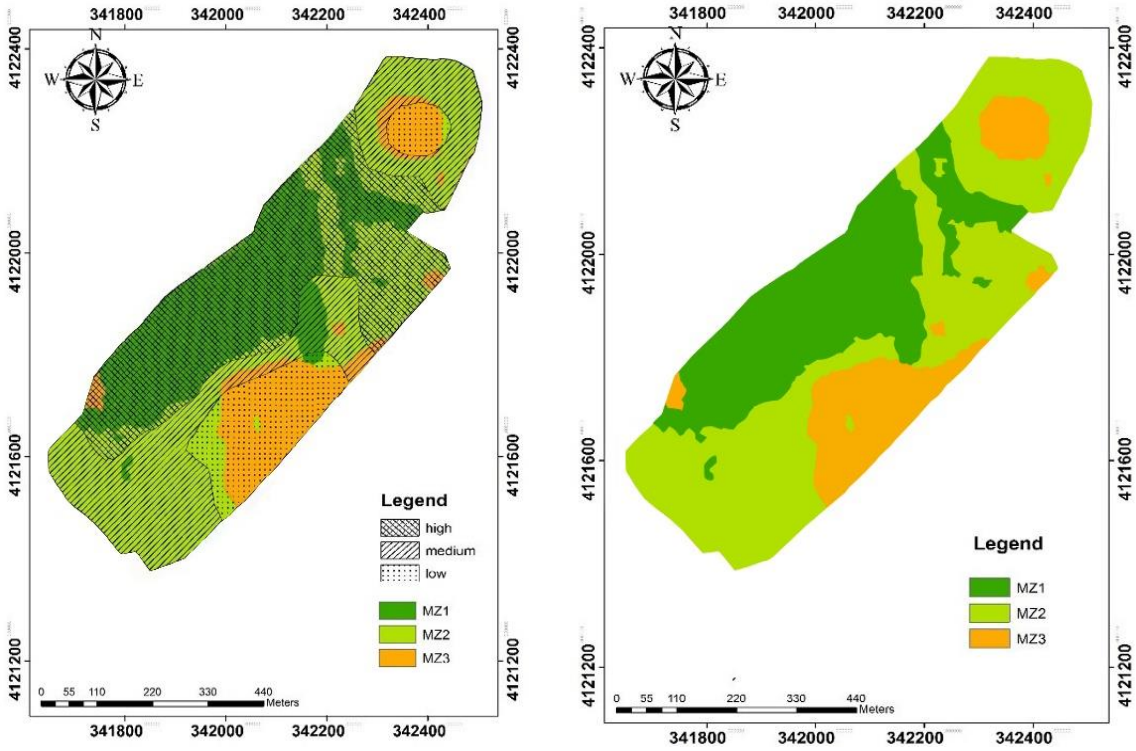
Figure 3. Spatial distribution of soil properties and tea yield

روآن و همکاران (Ruan *et al*., 2013) افزایش عملکرد چای در مقادیر بیشتر پتاسیم خاک را گزارش کردند. نتایج فوق نشان‌دهنده تأثیر قابل توجه pH، درصد کربن آلی و پتاسیم قابل استفاده خاک بر عملکرد چای می‌باشد. نزدیک بودن دامنه تأثیر عملکرد با دامنه تأثیر pH، کربن آلی و پتاسیم قابل استفاده (جدول ۳) بیانگر پیوستگی مکانی مشابه این متغیرها و تأیید کننده این موضوع است. نتایج حاصل از ضرایب همبستگی (جدول ۲) نیز با این نتایج همخوانی دارد. بنابراین pH، کربن آلی و پتاسیم قابل استفاده خاک اهمیت زیادی در تخمین مکانی عملکرد در منطقه مورد مطالعه خواهند داشت. توزیع مکانی مناطق با کمترین مقدار فسفر قابل استفاده (۳/۷-۱۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم)، تقریبا با الگوی توزیع مکانی عملکرد پایین چای مشابهت دارد. نتایج پژوهش پینگ و همکاران (Ping *et al*., 2014) حاکی از آن است که مقادیر کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل‌دسترس خاک سطحی باعث کاهش عملکرد چای شده و در مقادیر بیش از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌تواند افزایش عملکرد چای را به همراه داشته باشد. در رابطه با توزیع مکانی سایر ویژگی‌های خاکی، مشابهت قابل توجهی با پراکنش مکانی عملکرد مشاهده نشد که دلیل عدم همخوانی نقشه‌ها می‌تواند این باشد که عملکرد تحت تأثیر تنها یک عامل نبوده و اثرات متقابل و همزمان چندین فاکتور از قبیل توزیع نابرابر آب در باغ (به دلیل سیستم آبیاری بارانی و محلول‌پاشی کود ازته از طریق سیستم آبیاری، عواملی از قبیل توزیع نابرابر فشار آب در سیستم آبیاری، میزان همپوشانی شعاع آب‌پاش‌ها و جهت باد می‌تواند باعث توزیع نابرابر آب و همچنین کود در سطح باغ شوند) و تفاوت در توسعه ریشه‌های غذارسان در تغییرپذیری تولید محصول مؤثر بوده است. نتایج پژوهش دو و لی (Do & Le, 2000) نشان داد که ضخامت سولوم خاک، pH خاک با مقادیر ۴ تا ۵/۵ و کربن آلی بیش از ۲ درصد، از مهمترین عوامل خاکی برای دستیابی به عملکرد بهینه چای در ویتنام می‌باشند. لی (Li, 2005) در بررسی اثر عناصر غذایی بر عملکرد برگ سبز چای در شرایط مزرعه در چین به این نتیجه رسید که با مصرف کود پتاسیم، عملکرد برگ سبز چای در تابستان و پاییز به علت افزایش مقاومت به خشکی گیاه، شدیداً افزایش یافته و در مقابل مصرف سولفور تاثیر کمتری بر افزایش عملکرد برگ سبز چای نشان می‌دهد. به منظور مشخص شدن اثر تجمعی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر عملکرد چای، نقشه‌های موضوعی ویژگی‌های خاک شامل pH، کربن آلی، رس، پتاسیم و فسفر قابل استفاده خاک بر اساس شباهت با الگوی توزیع مکانی عملکرد (شکل ۳) و نتایج حاصل از ضرایب همبستگی (جدول ۲)، برای آنالیزهای نواحی مدیریتی به کار برده شدند. برای منطقه مورد مطالعه، حداقل FPI و NCE برای تعداد سه ناحیه مدیریتی به‌دست آمد (شکل ۴). به‌طورکلی توصیه شده است که تعداد نواحی مدیریتی بین ۲ تا ۵ تعیین شود (Fraisse *et al*., 2001). در نهایت منطقه مطالعاتی در سه ناحیه مدیریتی پهنه‌بندی شد (شکل ۵- الف). نتایج هم‌پوشانی نقشه عملکرد چای و پهنه‌بندی نواحی مدیریتی به منظور بررسی کمی پراکنش عملکرد در نواحی مختلف مدیریتی منطقه در جدول (۴) و شکل (۵-ب) ارائه شده است.



شکل ۴- آنتروپی طبقه‌بندی نرمال‌شده (NFC) و شاخص عملکرد فازی (FPI) محاسبه شده برای شناسایی نواحی مدیریتی بهینه

Figure 4. Normalized classification entropy (NCE) and fuzzy performance index (FPI) calculated for identifying the optimum management zones



b (ب) **a** (الف)

شکل ۵- نقشه توزیع مکانی نواحی مدیریتی(الف) و همپوشانی نقشه توزیع مکانی عملکرد چای و نواحی مدیریتی

Figure 5. Spatial distribution map of management zones, b: spatial variability of tea yield overlaid on the management zones map in the study area

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که ناحیه مدیریتی MZ-1، ۳۱/۹ درصد، ناحیه مدیریتی MZ-2، ۴۸/۹ درصد و ناحیه مدیریتی MZ-3، ۱۹/۲ درصد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرند. بخش عمده MZ-1 (۸۹/۰ درصد) در کلاس عملکرد بالا (بیش از ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفته است. در مورد MZ-2، ۶۰/۱ درصد این ناحیه مدیریتی دارای کلاس عملکرد متوسط می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که کلاس عملکرد پایین، ۶۹/۳ درصد از MZ-3 را به خود اختصاص داده است. به عبارتی ناحیه مدیریتی MZ-1 بیشترین عملکرد و پس از آن MZ-2 عملکرد متوسط و در نهایت MZ-3 کمترین عملکرد را نشان داده‌اند. بنابراین بر اساس تغییرات مکانی عملکرد می‌توان اظهار داشت که پهنه‌بندی منطقه مطالعاتی به سه ناحیه مدیریتی از طریق اثرات تجمعی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک تقریباً با موفقیت انجام شده است. به عبارتی داخل نواحی مدیریتی، ویژگی‌های خاکی مشخص، اثر مشابهی بر محصول داشته که منجر به پاسخ مشابه گیاه در بیش از ۶۰ درصد مساحت هر کدام از این نواحی شده است. لذا به منظور دستیابی به مدیریت کارآمدتر باغ، مقادیر متغیر نهاده‌های کشاورزی می‌تواند در نواحی مدیریتی متفاوت مورد استفاده قرار گیرد. تولا و همکاران (Tola *et al*., 2017) در بررسی اثر تغییرات مکانی خصوصیات خاک بر تولید علوفه در عربستان صعودی نشان دادند که تفکیک منطقه مورد مطالعه از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به سه ناحیه مدیریتی متمایز می‌تواند به خوبی تغییرات مکانی تولید علوفه را نشان دهد. تریپاتی و همکاران (Tripathi *et al*., 2015) با پهنه‌بندی اراضی تحت کشت برنج در شرق هند به سه ناحیه مدیریتی یکنواخت از نظر عناصر غذایی بیان کردند که تفکیک نواحی مدیریتی می‌تواند اطلاعات پایه جهت مدیریت ویژه مکانی را در اراضی مورد مطالعه فراهم آورد.

جدول ۴- توزیع عملکرد چای در نواحی مدیریتی منطقه مورد مطالعه

Table 4. Tea yield distribution across the management zones of the study area

Yield (kg ha^{-1})	Area (%)			
	MZ1	MZ2	MZ3	Total
Low	0.4	3.9	13.3	17.6
Moderate	3.1	29.4	3.7	36.2
High	28.4	15.6	2.2	46.2
Total area (%)	31.9	48.9	19.2	100.0

نتیجه‌گیری کلی

به منظور شناسایی و تشخیص علل اساسی تغییرپذیری عملکرد و اجرای مدیریت صحیح مزارع و باغات، شناخت ارتباط تغییرپذیری ویژگی‌های خاک با عملکرد محصول امری ضروری است. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که الگو و پراکنش مکانی متغیرهای خاک و محصول چای می‌تواند حتی در یک منطقه و با مدیریت یکسان، متفاوت باشد. در مطالعه حاضر pH، کربن آلی و پتاسیم قابل استفاده خاک اهمیت زیادی در تخمین مکانی عملکرد چای داشتند. چرا که الگوی توزیع مکانی این متغییرها تقریباً مشابه با الگوی توزیع مکانی عملکرد می‌باشد. در رابطه با توزیع مکانی سایر ویژگی‌های خاکی، مشابهت قابل توجهی با پراکنش مکانی عملکرد مشاهده نشد. لذا پیشنهاد می‌شود جهت تخمین مکانی دقیق عملکرد در باغ چای بر اساس ویژگی‌های خاک، علاوه بر یکنواختی مدیریت اعمال شده در باغ، تاثیر عوامل جانبی (نظیر اثرات نابرابر مصرف آب و تفاوت در توسعه ریشه‌های غذارسان) در نظر گرفته شود. بر اساس تغییرات مکانی عملکرد می‌توان اظهار داشت که پهنه‌بندی منطقه مطالعاتی به سه ناحیه مدیریتی از طریق اثرات تجمعی تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک تقریباً با موفقیت انجام شده است. استفاده از تکنیک زمین‌آمار و پهنه‌بندی تغییرات مکانی خاک در باغات چای می‌تواند در شناسایی منابع اصلی تغییرپذیری عملکرد محصول و تعیین نواحی مدیریتی به منظور دستیابی به اصول کشاورزی پایدار و دقیق بکار گرفته شود. به عبارتی اعمال مدیریت موضعی[1] در اراضی زراعی و باغات به منظور صرفه‌جویی در مصرف نهاده‌های کشاورزی و حفظ محیط زیست باید مورد توجه قرار گیرد.

References

Afshar H., Salehi M.H., Mohammadi J. and Mehnatkesh A. 2009. Spatial variability of soil properties and irrigated wheat yield in a quantitative suitability map, a case study: Shahr-e-Kian area, Chaharmahalva- Bakhtiari province. *Journal of Water and Soil*, 23(1): 161-172. (In Persian)

Ayoubi Sh., Mohammad Zamani S. and Khormali F. 2010. Wheat yield prediction through soil properties using principle component analysis. *Iranian Journal of Soil* and *Water Research*, 49(1): 51-57. (In Persian)

Blake G.R. and Hartge K.H. 1986. Bulk density. *In*: Page A.L., Miller R.H. and Keeney D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis-Part 2. American Society of Agronomy, Madison, pp. 363-365.

Bogunovic I., Mesic M., Zgorelec Z., Jurisic A. and Bilandzija D. 2014. Spatial variation of soil nutrients on sandy-loam soil. *Soil and Tillage Research*, 144: 174–183.

Bouma J. and Pinke P.A. 1993. Origin and nature of soil resource variability. *In*: Robert P.C., Rust R.H. and Larson W.E. (Eds.), Soil Specific Crop Management. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, pp. 3-14.

Cambardella C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F. and Konopka A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1501–1511.

Cambule A.H., Rossiter D.G., Stoorvogel J.J. and Smaling E.M.A. 2014. Soil organic carbon stocks in the Limpopo National Park, Mozambique: amount, spatial distribution and uncertainty. *Geoderma*, 213: 46–56.

1. Local management

Davatgar N., Neishabouri M.R. and Sepaskhah A.R. 2012. Delineation of site specific nutrient management zones for a paddy cultivated area based on soil fertility using fuzzy clustering. *Geoderma*, 173-174: 111–118.

De Costa W.A.J.M. and Chandrapala A.G. 2005. Tree-crop interactions in hedgerow intercropping with different tree species and tea in Sri Lanka: 2. *Soil and plant nutrients. Agroforestry Systems*, 63(3): 211-218.

Do N.Q. and Le T.K. 2000. Tea: Production-Processing-Marketing. Agricultural Publishing House, Hanoi, pp. 53-129. (In Vietnamese)

Dutta R. 2011. A sapatio-tempotal analysis of tea productivity and quality in north east India. Ph.D. Thesis, University of Twente, Netherlands, 158 P.

Dutta R., Stein A., Smaling E.M.A., Bhagat R.M. and Hazarika M. 2010. Effects of plant age and environmental and management factors on tea yield in northeast India. *Agronomy Journal*, 102 (4): 1290-1301.

Fraisse C.W., Sudduth K.A. and Kitchen N.R. 2001. Delineation of site-specific management zones by unsupervised classification of topographic attributes and soil electrical conductivity. *Transactions of the ASAE*, 44(1): 155–166

Fraisse C.W., Sudduth K.A., Kitchen N.R. and Fridgen J.J. 1999. Use of unsupervised for clustering algorithms for delineating within field management zones. *In:* ASAE paper No. 993043. International Meeting. July 18-21. Toronto, Ontario, Canada.

Fu W.J., Tunney H. and Zhang C.S. 2010. Spatial variation of soil nutrients in a dairy farm and its implications for site-specific fertilizer application. *Soil Tillage Research*, 106: 185–193.

Gee G.W. and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. *In:* Klute A. (Ed.), Methods of Soil Analysis-Part 1. Physical and mineralogical methods. 2nd edition. American Society of Agronomy, Madison, pp. 383-411.

Gokalp Z., Basaran M., Ozun O. and Serin Y. 2010. Spatial analysis of some physical soil properties in a saline and alkaline grassland soil of Kayseri, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5: 1127-1137.

Goovaerts P. 1999. Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma* 89: 1-45.

Iori P., Silva R.P., Ajayi A.E., Silva F.A.M., Junior M.S.D. and Souza Z.M. 2014 What drives decline productivity in ageing tea plantation- soil physical properties or soil nutrient status? *Agricultural Science*, 2(1): 22-36.

Jiang H.L., Liu G.S., Liu S.D., Li E.H., Wang R., Yang Y.F. and Hu H.C. 2012. Delineation of site-specific management zones based on soil properties for a hillside field in central China. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(10): 1075-1090.

Johnson R.M., Downer R.J., Bradow M., Bauer P.J. and Sadler E.J. 2002. Variability in cotton fiber yield, fiber quality, and soil properties in a southeastern coastal plain. *Agronomy Journal*, 94(6): 1305-1316.

Kamau D.M. 2007. Confounding factors affecting the growth and production of ageing tea agro-ecosystems: a review. *Tea*, 28 (1/2): 26-40.

Khormali F., Ayoubi S., Kananro Foomani F. and Fatemi A. 2012. Tea yield and soil properties as affected by slope position and aspect in Lahijan area, Iran. *International Journal of Plant Production*, 1(1): 99-111.

Kiyani M., Salehi M.H., Mohammadi J. and Mohammadkhani A.R. 2016. The study of the spatial relationship of some soil properties with the quantitative, qualitative and vegetative properties of Valencia orange in Kazerun, Fars province. *Journal of Water and Soil*, 30(5): 1634-1645. (In Persian)

Lark R.M. and Stafford J.V. 1997. Classification as a first step in the interpretation of temporal and spatial variation of crop yield. *Annals of Applied Biology*, 130(1): 111-121.

Li J. 2005. The effect of plant mineral nutrition on yield and quality of green tea (*Camellia sinensis L.*) under field conditions. Ph.D. Thesis, Christian-Albrechts-University, Kiel, Germany, 181 P.

Liu G.S.,Wang X.Z., Zhang Z.Y., Zhang C.H. 2008. Spatial variability of soil properties in a tobacco field of central China. *Soil Science*, 173(9): 659–667.

Liu Z., Zhou W., Shen J., He P., Lei Q. and Liang G. 2014. A simple assessment on spatial variability of rice yield and selected soil chemical properties of paddy fields in South China. *Geoderma*, 235: 39-47.

Liu, Z.P., Shao, M.A., Wang, Y.Q., 2013. Spatial patterns of soil total nitrogen and soil total phosphorus across the entire Loess Plateau region of China. *Geoderma* 197: 67-78.

Nelson D.W. and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In:* Page A.L. (Ed.), Methods of Soil Analysis- Part 2. American Society of Agronomy, Madison, pp. 539-580.

Olsen S.R. and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. *In:* Page A L., Miller R.H. and Keeney D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis- Part 2. American Society of Agronomy, Madison, pp. 403-430.

Ping X., Liyun Y., Moucheng L. and Fei P. 2014. Soil characteristics and nutrients in different tea garden types in Fujian province, China. *Journal of Resources and Ecology*, 5 (4): 356-363

Ruan J., Ma L. and Shi Y., 2013. Potassium management in tea plantations: Its uptake by field plants, status in soils, and efficacy on yields and quality of teas in China. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(3): 450-459.

Silva Cruz J., de Assis Ju´ nior R.N., Rocha Matias S.S. and Camacho- Tamayo J.H. 2011. Spatial variability of an Alfisol cultivated with sugarcane. *Ciencia e Investigación Agraria*, 38(1): 155-164.

Sitienei K., Home P.G., Kamau D.M. and Wanyoko J.K. 2013. Nitrogen and potassium dynamics in tea cultivation as influenced by fertilizer type and application rates. *American Journal of Plant Sciences*, 4: 59-65.

Tesfahunegn G.B., Tamene L. and Vlek P.L.G. 2011. Catchment-scale spatial variability of soil properties and implications on site-specific soil management in northern Ethiopia. *Soil Tillage Research*, 117: 124–139.

Thomas G.W. 1982. Exchangeable cations. *In:* Page A L., Miller R.H. and Keeney D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis- Part 2. American Society of Agronomy, Madison, pp. 159-165.

Tola E., Al-Gaad, K.A., Madugundu R., Zeyada A.M., Kayad A.G. and Biradar C.M. 2017. Characterization of spatial variability of soil physicochemical properties and its impact on Rhodes grass productivity. *Saudi journal of biological sciences*, 24(2): 421-429.

Trangmar B.B., Yost R.S. and Uehara G. 1985. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. *Advances in agronomy*, 38: 45-94.

Tripathi R., Nayak A.K., Shahid M., Lal B., Gautam P., Raja R. and Sahoo R.N. 2015. Delineation of soil management zones for a rice cultivated area in eastern India using fuzzy clustering. *Catena*, 133: 128-136.

Vasu D., Singh S.K., Sahu N., Tiwary P., Chandran P., Duraisami V.P., Ramamurthy V., Lalitha M. and Kalaiselvi B. 2017. Assessment of spatial variability of soil properties using geospatial techniques for farm level nutrient management. *Soil and Tillage Research*, 169: 25-34.

Virgilio N.D., Monti A. and Venturi G. 2007. Spatial variability of switchgrass (*Panicum virgatum L.*) yield as related to soil parameters in a small field. *Field crops research*, 101: 232–239.

Wang H., Xu R.K., Wang N. and Li X.H. 2010. Soil acidification of Alfisols as influenced by tea cultivation in Eastern China. *Pedosphere*, 20 (6): 799–806.

Webster R. and Oliver M.A. 2001. Geostatistics for environmental scientists. John Wiley and Sons, Ltd., Chichester, UK, 271 p.

Weindorf D.C. and Zhu Y. 2010. Spatial variability of soil properties at Capulin Volcano, New Mexico, USA: Implications for sampling strategy. *Pedosphere*, 20: 185–197.

Wibawa W.D., Duduzile L.D., Swenson L.J., Hopkins D.G. and Dahnke W.C. 1993. Variable fertilizer application based on yield goal, soil fertility, and soil map unit. *Journal of Production Agriculture*, *6*(2): 255-261.

Yemefack M., Rossiter D.G. and Njomana R. 2005. Multi-scale characterization of soil variability within an agricultural landscape mosaic system in southern Cameroon. *Geoderma*, 125: 117-143.

Zhang X.Y., Sui Y.Y., Zhang X.D., Meng K. and Herbert S.J., 2007. Spatial variability of nutrient properties in black soil of northeast China. *Pedosphere*, 17 (1): 19–29.

Zhu Q. and Lin H.S. 2010. Comparing ordinary kriging and regression kriging for soil properties in contrasting landscapes. *Pedosphere*, 20: 594–606.

Spatial Variation of Some Soil Properties and their Relationships with Tea Yield in Fouman Region, Guilan

Nafiseh Yaghmaeian Mahabadi[1*], Kasra Samiei[2], Mohesen Zavvareh[3], Hassan Ramezanpour[4]

(Received: August 2017 Accepted: January 2018)

Abstract

Knowledge of the spatial variability of soil properties is vital for improving productivity and sustainable management of agricultural practices, as it is directly contributing to variability in crop yields. This study was conducted to investigate the spatial variability of some soil properties and their relationships with spatial variability of tea yield in the Fouman region of Guilan province. Soil samples were collected from 0 to 40 cm depth in 70 observation points. The green tea leaves were harvested at a 4 m^2 plot at each site. Physicochemical soil properties and tea yield were determined according to standard methods. In order to address the cumulative impact of soil properties on tea yield, some soil physicochemical layers were subjected to delineate the study area into management zones. Soil parameters varied throughout the study area and their coefficients of variation ranged from 5.1% to 37.2% for pH and available potassium, respectively. Experimental semivariograms indicated moderate to strong spatial dependencies for all selected parameters. Spatial distribution maps, derived by kriging interpolation, showed that the spatial trend of the yield was approximately similar to pH, organic carbon and available potassium, which expresses the spatial correlation of these soil properties with the tea yield in the region. Correlation analysis revealed that tea yield was significantly positively correlated with organic carbon and available potassium (0.53 and 0.37, respectively) while negatively correlated with pH (-0.45). The results suggested the significant effect of soil properties, especially pH, organic carbon and available potassium on the tea productivity. The results indicated that the study area was successfully delineated into four distinct management zones based on spatial variability of soil properties. The spatial variations of soil properties can be used to identify the major sources of variability in crop yields and also to delineate the management zones. Therefore, the spatial variability of soil properties provides a basis of information for sustainable production in the tea gardens in the study area.

Keywords: Management zones, Soil variability, Spatial distribution, Sustainable management

Yaghmaeian Mahabadi N., Samiei K., Zavvareh M. and Rmezanpour H. 2019. Spatial Variation of Some Soil Properties and their Relationships with Tea Yield in Fouman Region, Guilan. *Applied Soil Research*, 7(2): 82-96.

1- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
2- M.Sc. Graduate, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
3- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
4- Associated Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran
* Corresponding Author: Email: yaghmaeian_na@guilan.ac.ir