

## تأثیر کشاورزی حفاظتی بر برخی از ویژگی های فیزیکی خاک

### Effect of conservation tillage on some soil physical properties

علی داد کریمی<sup>\*۱</sup>

۱. دانشیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۳۱ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2019.122917.1328

#### چکیده

دادکریمی، ع.، تأثیر کشاورزی حفاظتی بر برخی از ویژگی های فیزیکی خاک  
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۳ - شماره ۱ - پیاپی ۱۲۶ بهار ۱۳۹۹ صفحه: ۸۱-۶۱

تأثیر سامانه های خاک و رزی حفاظتی و مرسوم بر خصوصیات فیزیکی خاک در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب ارزیابی شد. تحقیق در مزرعه ای که سامانه های بی خاک و رزی، کم خاک و رزی و مرسوم، سالیان متمادی در جوار هم اعمال شده بود انجام شد. اثرات سامانه ها با آمار توصیفی و زمین آمار بررسی شد. نمونه برداری بصورت تصادفی و با توزیع یکنواخت انجام و ویژگی های بافت، EC، pH اندازه گیری شد. نفوذ آب به خاک با مدل های کوستیاکوف و فیلیپ بررسی شد. عملکرد گندم در ۲ متر مربع در سایت های آزمایشی اندازه گیری شد. با استفاده از نرم افزارهای SPSS، Excel و GS+ تجزیه و تحلیل انجام شد. نتایج نشان داد: عملکرد گندم از ۱۸۵۰ تا ۸۱۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. میانگین عملکرد گندم در کم خاک و رزی، بی خاک و رزی و مرسوم به ترتیب ۶۱۳۷، ۴۴۲۵ و ۳۵۸۹ کیلوگرم در هکتار و در سطح یک درصد اختلاف معنی دار داشت. بین ویژگی های خاک و ضرایب مدل های نفوذ همبستگی معنی داری وجود داشت. بهترین مدل نیم تغییر نما برای pH، EC، درصد شن، سیلت و رس و ضریب A مدل فیلیپ مدل کروی و برای ضریب a و b مدل کوستیاکوف و نفوذ تجمعی در ۱۵۰ دقیقه مدل نمایی و برای ضریب S مدل فیلیپ، مدل گوسی بود. بهترین میان یاب برای pH، EC، درصد شن، درصد رس، ضریب a و S روش کریجینگ و برای درصد سیلت، ضریب b و A و نفوذ تجمعی در ۱۵۰ دقیقه روش IDW بود. ضریب a و S نشان داد که خاک و رزی مرسوم با تهدید شرایط فیزیکی خاک حرکت آب در خاک را کاهش داده است. بهترین تیمار روش کم خاک و رزی بود.

واژه های کلیدی: تغییر پذیری مکانی، زمین آمار، کیفیت خاک، نفوذ آب به خاک

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: \*ad.karami@areeo.ac.ir

مقدمه:

محصولات بهینه نماید (Indoria et al., 2017).

در دهه آینده برای تولید پایدار باید غذای بیشتری از سطح کمتری تولید شود که بالا بردن کارآیی منابع طبیعی با حداقل اثرات زیست محیطی الزامی است که در این راستا سیستم های مدیریتی کشاورزی حفاظتی می توانند به ما کمک کنند (Hobbs et al., 2008). در مقایسه با سامانه کشاورزی مرسوم کشاورزی حفاظتی ۶۰ تا ۷۰ درصد عملکرد ذرت در هند را افزایش داده و همراه کردن کشاورزی حفاظتی با اصلاح راندمان بهره بردار در استفاده از نهاده ها توانسته بهره وری را افزایش و در برابر تغییر اقلیم امنیت غذایی را افزایش دهد (Chan et al., 2017).

تحقیقات زیادی در رابطه با همبستگی نوع عملیات کشت از جمله کشت با خاک و ریزی معمول، کشت بدون خاک و ریزی و کشت با خاک و ریزی حداقل با میزان عناصر غذایی صورت گرفته است. توصیه شده در کشت پنبه در حالت بدون خاک و ریزی نسبت به کشت مرسوم، نیتروژن بیشتری (۳۰ پوند در ایکر) مصرف شود و اعتقاد بر این است که نیتروژن اضافی برای خنثی نمودن اثرات آلی شدن نیتروژن توسط ریزجانداران مصرف می شود (Reiter et al., 2008).

کاهش بارندگی و افزایش دما منجر به از دست رفتن پوشش گیاهی، برگردان توده زیستی به خاک، چرخه عناصر غذایی و ذخیره کربن آلی خاک شده و با انتشار بیشتر گازهای گلخانه ای تخریب اراضی را تشدید می کند (Durán Zuazo & Rodríguez Pleguezuelo,

با توجه به ضرورت حفظ منابع آب و خاک و تولید پایدار، شناخت عمیق تر اثرات سامانه های مختلف خاک و ریزی بر خصوصیات خاک الزامی است. در کشاورزی مرسوم زمین با گاوآهن شخم زده می شود که این عمل در دراز مدت ماده آلی خاک را که عناصر غذایی را تأمین می کند و ضمن فعال سازی ریزجانداران خاک باعث پایداری ساختمان خاک می شود، کاهش می دهد. بنابراین خاک های زراعی تحت تاثیر شخم تخریب شده، سله سطحی و تراکم ایجاد و منجر به فرسایش خاک می شود (Mašek et al., 2008). ولی کشاورزی حفاظتی به عنوان یک روش مناسب برای حفاظت از محیط زیست محسوب می شود که فواید زیادی داشته و منجر به تولید پایدار خواهد شد. که در آن با کمترین میزان به هم زدن خاک هزینه تولید محصول کاهش یافته، و ضمن حفاظت فیزیکی کربن آلی خاک (SOC) مقادیر بیشتری از آب خاک حفظ می شود (Bhattacharyya et al., 2012). کشاورزی حفاظتی نسبت به کشاورزی مرسوم، پارامترهای فیزیکی خاک مانند خاکدانه های پایدار در آب و نگهداشت و نفوذ آب به خاک را بهبود می بخشد (Vinod et al., 2016).

همچنین کشاورزی حفاظتی می تواند خواص فیزیکی خاک و فرآیندهای مرتبط با آن، به ویژه نفوذ و ذخیره سازی آب در خاک، تهویه، ساختمان و تخلخل خاک را بهبود بخشیده و فرسایش، تراکم و سله سطحی خاک را کاهش دهد و دمای خاک را برای تولید موفق

سامانه تولید گندم-برنج توصیه شده هرچند اثرات طولانی-مدت این سامانه باید در شرایط مختلف، بیشتر مورد بررسی قرار گیرد (Jat et al., 2009).

در مقایسه شدت ترافیک و تراکم خاک در چهار روش مختلف خاک‌ورزی (کشت مستقیم و سه روش مرسوم) فاکتورهای شاخص مخروط خاک در عمق ۴۵-۰ سانتی‌متر، جرم مخصوص ظاهری، تخلخل کل خاک و عمق فرورفتن چرخ تراکتور در خاک اندازه‌گیری شده و نتایج نشان داده که خلل و فرج خاک در روش کشت مستقیم ۷ درصد کاهش می‌یابد ولی کاهش خلل و فرج در روش‌های مرسوم تا حدود ۱۵ درصد نیز می‌رسد (Botta et al., 2009).

در مقایسه روش بی‌خاک‌ورزی با خاک‌ورزی مرسوم بر روی گندم در سه سال متوالی در ایتالیا مشخص شده که در بی‌خاک‌ورزی عملکرد بیش‌تر (۴/۶) در مقابل ۲/۹ تن بر هکتار) و محتوای پروتئین کم‌تر (۱۱/۴ تا ۱۴/۷ در مقابل ۱۵/۵ تا ۱۹/۶ درصد) بوده و روش بی‌خاک‌ورزی باعث تبخیر کم‌تر آب شده است (De Vita et al., 2007). در بررسی تأثیر بی‌خاک‌ورزی بر رشد گندم با کشت بر روی بقایای برنج در چین نشان داده شده که ارتفاع بقایا تأثیر معنی‌داری بر رشد گندم داشته و مقدار بهینه آن ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر بوده است. در بی‌خاک‌ورزی جرم حجمی و مقاومت در برابر نفوذ خاک افزایش داشته، اما در رشد گندم تفاوت چندانی مشاهده نشده است. محتوای رطوبتی خاک در شرایط خشک

(2008).

یکی از مشکلات جدی در مزارع استان فارس آتش‌زدن بقایا می‌باشد. آتش‌زدن بقایا مخالف کشاورزی حفاظتی بوده و مواردی از مضرات آن به شرح زیر ارائه شده است. آتش‌سوزی می‌تواند به دلیل تغییر در آب‌گریزی خاک، پایداری خاکدانه‌ها، کمیت و کیفیت مواد آلی خاک را تهدید کرده و فرسایش و رواناب را پس از آتش‌سوزی افزایش دهد (Jordán et al., 2011). مشخصه خاک‌های مناطق نیمه‌خشک، ماده آلی کم و رس‌های انبساط‌پذیر زیاد است (Singer, 2007)، که این ویژگی‌ها می‌تواند پایداری ساختمان خاک را کاهش داده، و وقتی این خاک‌ها در معرض قطرات باران قرار داشته باشند، سلۀ سطحی در خاک ایجاد می‌شود (Ben-Hur, 2008).

مزایای استفاده از خاک‌ورزی حفاظتی در کشت گندم پس از برداشت برنج، امکان زودتر کشت کردن گندم پس از برداشت برنج، کنترل علف هرز فالاریس، کاهش هزینه‌های تولید، صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش درآمد بهره‌بردار بیان شده است (Erenstein & Laxmi, 2008). در میان روش‌های مختلف خاک‌ورزی و استقرار گیاه، کشت نشائی مرسوم برنج و کشت گندم به روش مرسوم در مقایسه با بقیه روش‌ها ۱۲-۳۳ درصد آب بیشتری مصرف نموده است. روش خاک‌ورزی مرسوم به دلیل تردد بیشتر در شرایط مرطوب خاک، دارای جرم ویژه ظاهری و مقاومت به نفوذ بیشتری در لایه‌های ۱۵-۱۰ و ۲۰-۱۵ سانتیمتری خاک بوده است. در نهایت سامانه خاک‌ورزی حفاظتی برای پایداری

نشان دادن پلی گون‌هایی که در قالب سطوح مختلف پهنه‌بندی تغییرات و روندهای مربوطه را نشان می‌دهد، استفاده شد.

فرسایش بادی و آبی، عدم کشت به موقع محصول، تخریب ساختمان خاک، کاهش ماده آلی خاک، مصرف آب زیاد، مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی برای آماده‌سازی بستر بذر و در نهایت افزایش هزینه‌های تولید، از معایب خاک‌ورزی مرسوم و از بین بردن بقایای گیاهی محسوب می‌گردد. با توجه به وجود آب و هوای خشک و نیمه‌خشک در کشورمان، حفظ بقایای گیاهی در خاک و اعمال روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی یکی از راهکارهای رفع این مشکلات می‌باشد. بنابراین این پژوهش با هدف تعیین اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی بر برخی از ویژگی‌های فیزیکی خاک، تعیین بهترین مدل زمین‌آماری برای بیان تغییرات مکانی متغیرهای مربوطه، ارزیابی تغییرات مکانی پارامترها، تعیین بهترین میان‌یاب برای برآورد پارامترها در نقاط فاقد داده و ترسیم نقشه پراکندگی مکانی پارامترهای خاک با سطوح مشخص و معین اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی داراب (حسن‌آباد) اجرا شد. به دلیل این که اعمال تیمارهای آزمایشی خاک‌ورزی در کرت‌های آزمایشی و قطعات کوچک با چالش و اختلاف نظرهایی روبرو بود این تحقیق در سطح وسیع انجام شد. بحث بر این بود که سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی اثرات خود را در درازمدت و در مزرعه نشان می‌دهد. حتی

در روش بی‌خاک‌ورزی بیشتر بوده، ضمن این که نفوذپذیری خاک پس از آبیاری بهتر شده است. در بی‌خاک‌ورزی، وزن هزاردانه گندم افزایش یافته، عملکرد کمی کاهش داشته، اما اختلاف معنی‌دار نبوده است. افزون بر این، وجود بقایای گیاهی در روش بی‌خاک‌ورزی، میزان علف‌های هرز را به طور معنی‌داری کاهش داده است (Liu et al., 2005).

با بررسی اثرات روش‌های خاک‌ورزی و کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، نتیجه گرفته شده که کم‌خاک‌ورزی اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نداشته است (Afzalinia et al., 2010). خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش حفظ رطوبت خاک و کاهش دمای سطح خاک و عملکرد ذرت می‌گردد (Afzalinia et al., 2011). با مطالعه اثر روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و آبیاری بر نفوذ آب به خاک بیان شده که بیش‌ترین نفوذ آب به خاک از ترکیب تیمار آبیاری بارانی و کم‌خاک‌ورزی حاصل می‌گردد (Dehghanian & Afzalinia, 2011).

در طی چندین سال، سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم در جوار هم در اراضی کشاورزی داراب به مورد اجرا گذاشته شده بود ولی تأثیرات آن بر ویژگی‌های فیزیکی خاک بررسی نشده بود. بنابراین در این تحقیق از روش‌های زمین‌آماری که به عنوان یک ابزار مهم و مناسب در تحلیل توزیع مکانی و بررسی تغییرپذیری مکانی خصوصیات خاک استفاده می‌شود برای بیان تأثیر سامانه‌های مختلف بر شرایط خاک و شناسایی مدل‌های مناسب برای

در نمونه‌های مربوطه پس از آماده‌سازی در آزمایشگاه، فاکتورهای بافت، EC و pH خاک اندازه‌گیری شد. با استفاده از استوانه دوگانه نفوذ آب به خاک در زمان اندازه‌گیری و با برآزش مدل‌های تجربی کوستیاکوف و فیزیکی فیلیپ مقادیر پارامترهای آنها تعیین گردید. با درج اطلاعات در محیط Excel، SPSS و GS+ تجزیه و تحلیل لازم انجام شد.

از بین مدل‌های متعدد فیزیکی مدل فیلیپ (۱۹۵۷) به دلیل کاربرد گسترده آن و وجود پارامترهای ضریب جذبی<sup>۱</sup> و پارامتر انتقالی<sup>۲</sup> در آن از اهمیت خاصی برخوردار بوده و به شرح ذیل نحوه اشتقاق آن ارائه می‌گردد.

#### \* مدل فیلیپ

با به کارگیری معادله ریچاردز و با روش حل نیمه‌تحلیلی یک بعدی در حالت افقی و عمودی، مدل‌هایی برای نفوذ آب به خاک به صورت افقی و عمودی ارائه شده است (Philip, 1957). معادله ریچاردز برای حرکت آب در یک ستون خاک در حالت افقی به صورت زیر است:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)$$

برای حل معادله ریچاردز و نفوذ عمودی، خاک عمیق یکنواختی با رطوبت اولیه ثابت در نظر گرفته شده و در این حالت شرایط مرزی و اولیه معادله فوق برای ستون خاکی که از یک طرف محدود و از طرف دیگر نامحدود فرض شده و رطوبت اولیه خاک در لایه سطحی برابر  $\theta_i$  بوده که فوراً افزایش یافته و به مقدار نزدیک

نظر بر این بود که در کرت‌های آزمایشی اعمال تیمارهای خاک‌ورزی کاملاً مشابه با مزرعه انجام نمی‌شود. بنابراین مقرر گردید این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی داراب که سالیان متمادی خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی در سطح وسیع و در جوار هم اعمال شده بود انجام شود. در این حالت خاص آزمایش از حالت معمول و قالب طرح آزمایشی، تیمار و تکرار خارج شد و از روش آنالیز آمار توصیفی و روش‌های زمین‌آمار استفاده شد. در روش کشت مستقیم (بی‌خاک‌ورزی) قبل از کشت هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی انجام نشد و با یک بار حرکت مستقیم‌کار (اسفوجیا) در مزرعه عمل کشت انجام گرفت. در روش کم‌خاک‌ورزی از یک دستگاه خاک‌ورز مرکب (پوتینگر) استفاده و عملیات خاک‌ورزی در یک مرحله انجام شد و سپس برای کشت گندم از خطی‌کار استفاده گردید. در روش مرسوم، خاک‌ورزی توسط گاوآهن برگرداندار و دیسک انجام شد و گندم توسط خطی‌کار کشت گردید. گرچه سامانه‌های خاک‌ورزی در سالیان متعدد اعمال می‌شده، ولی یادداشت‌برداری و بررسی در سال زراعی ۹۴-۹۵ با کشت گندم رقم سیروان در پاییز ۹۴ انجام گردید. با استفاده از نقشه توپوگرافی مربوطه و نقشه تهیه شده در محیط google earth به منطقه مطالعاتی مراجعه شد و با استفاده از دستگاه GPS، نقشه‌های مربوطه و عوارض روی زمین، نقاط نمونه‌برداری شناسایی شد. در نقاط مربوطه، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک با تهیه چندین ریزنمونه، نمونه مرکب تهیه شد.

۱- Sorptivity

۲- Transmissivity Factor

می تواند تابع واضحی از نفوذ باشد بسیار مورد توجه بوده است (Swartzendruber & Youngs, 1974). معادله های مزبور برای زمان های محدود می باشد و با گذشت زمان شدت نفوذ با آهنگ تقریباً یکنواختی کاهش پیدا می کند و در زمان های طولانی مدت به جای معادله (۵ و ۶) می توان معادلات (۷ و ۸) را استفاده کرد:

$$I(t) = st^{1/2} + Kt \quad ۷$$

$$i(t) = \frac{1}{2}st^{-1/2} + K \quad ۸$$

که در آن ها  $K$  هدایت هیدرولیکی لایه بالای خاک است که خاک به حالت غرقاب بوده و معادل هدایت هیدرولیکی اشباع ( $K_s$ ) است.

مدل تجربی کوستیاکوف به صورت زیر ارائه شده است:

$$I = at^b$$

$$i = bat^{(b-1)}$$

که در آن  $[L]$  نفوذ تجمعی،  $[LT^{-1}]$  سرعت نفوذ،  $t$  [T] زمان،  $a$  و  $b$  ضرایب تجربی مدل هستند.

پارامترهای آنالیز آماری کلاسیک شامل میانگین، میانه، انحراف معیار، کمینه، بیشینه و ضریب تغییرات با استفاده از نرم افزار آماری مانند SPSS محاسبه شد. نیم تغییرنمای داده ها با استفاده از نرم افزار زمین آماری + GS- محاسبه شد. در روش زمین آمار، نخست تغییرات مکانی ویژگی های اندازه گیری شده در قالب یک متغیر ناحیه ای مانند  $Z(x)$  به صورت زیر نشان داده می شود:

$$Z(x) = m(x) + \varepsilon(x)$$

که در آن  $m(x)$  روند و تغییرات ساختاری را

اشباع  $\theta_0$  می رسد در نظر گرفته شده از حل معادله فوق سری توانی به شکل زیر حاصل شده است:

$$z(\theta, t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(\theta)t^{n/2} = f_1(\theta)t^{1/2} + f_2(\theta)t + f_3(\theta)t^{3/2} + f_4(\theta)t^2 + \dots$$

که  $z$  عمق با رطوبت  $\theta$  و ضریب  $f_n(\theta)$  از توابع پخشیدگی (diffusivity) و conductivity محاسبه می شود.

وابسته به زمان بودن نفوذ تجمعی به صورت سری توانی زیر بیان شده است:

$$I(t) = \sum_{n=1}^{\infty} j_n(\theta)t^{n/2} = st^{1/2} + (A_2 + K_0)t + A_3t^{3/2} + A_4t^2 + \dots + A_n t^{n/2}$$

که در آن ضرایب  $j_n(\theta)$  از روی  $K(\theta)$  و  $D(\theta)$  محاسبه می شود و ضریب  $S$  که ضریب جذبی (Sorptivity) نامیده می شود. مشتق گیری نسبت به زمان ( $t$ ) از معادله (بالا) سری شدت نفوذ آب به خاک به صورت زیر به دست می آید:

$$i(t) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} st^{-1/2} + (A_2 + K_0) + \frac{3}{2}A_3t^{1/2} + 2A_4t + \dots + \frac{n}{2}A_n t^{-n/2}$$

در عمل برای بیان تقریب قابل قبول نفوذ آب به خاک استفاده از معادله های دو پارامتری فیلپ به صورت زیر کفایت می کند:

$$I(t) = St^{1/2} + At \quad ۵$$

$$i(t) = \frac{1}{2}St^{-1/2} + A \quad ۶$$

که در آن ها  $A$  فاکتور انتقال  $[LT^{-1}]$  بوده که به خواص خاک و رطوبت اولیه و اشباع خاک بستگی دارد. پارامتر  $S$  نیز ضریب جذبی خاک  $[LT^{-1/2}]$  است. در بین مدل های نفوذ آب به خاک که اساس فیزیکی دارند، مدل دو پارامتری فیلپ به دلیل سادگی محاسبات و این که در آن، زمان

مجاز نمونه برداری) و اثر قطعه‌ای (خطاهای اندازه‌گیری، آزمایشگاهی و تغییرات غیرقابل پیش‌بینی) تعیین شد. از کریجینگ به عنوان بهترین تخمین‌گر خطی نارایب<sup>۳</sup>، که بر اساس منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است، به صورت زیر استفاده شد (Oyonarte & Mateos, 2002):

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i)$$

که در آن  $Z^*$  تابع خطی از سری مقادیری از  $Z$  است که قبلاً در  $N$  نقطه، غیر از  $x_i$  اندازه‌گیری شده است،  $I_i$  فاکتور میانگین وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه‌ی  $i$ ام و  $Z(x_i)$  عیار نمونه‌ی  $i$ ام می‌باشد. به بیان دیگر،  $Z^*(x_0)$  مقدار برآورد شده،  $\lambda_i$  مقدار وزن‌های نقاط مورد مشاهده،  $Z(x_i)$  مقدار مشاهده شده در اطراف نقطه مورد نظر،  $n$  تعداد نقاط اندازه گرفته شده و  $x_i$  موقعیت نقاط مشاهده شده است.

### معیارهای ارزیابی دقت و

#### قابلیت اعتماد مدل

از شاخص‌های کمی ضریب تبیین<sup>۲</sup> ( $R^2$ )، ریشه دوم میانگین مربعات خطا<sup>۴</sup> ( $RMSE$ ) و مجموع مربعات باقیمانده‌ها در برآورد دقت مدل‌ها به صورت زیر استفاده شد (Wosten et al., 2001). برای ارزیابی اعتبار مدل‌ها و برآوردهای زمین‌آماري، آماره‌های میانگین مطلق خطاها ( $MAE$ )، میانگین اریبی خطاها ( $MBE$ ) و ریشه میانگین مربعات خطاها ( $RMSE$ ) به شرح زیر محاسبه شد (Wakernagel, 2002):

(۱۴ تا ۱۹)

نشان داده و  $\varepsilon(x)$  مؤلفه تصادفی است.

برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی پارامترها از روش‌های میان‌یابی زمین‌آماري شامل کریجینگ و کوکریجینگ و میانگین متحرک وزن‌دار در محیط ArcGIS و نرم‌افزار GS+ استفاده شد. برای ارزیابی روش‌های میان‌یابی از روش Cross Validation و از آماره‌های  $MAE$ ،  $MBE$  و  $RMSE$  استفاده شد. با استفاده از ضریب همبستگی و درصد خطا روش مناسب برآورد و میان‌یابی برای برآورد پارامترها انتخاب و نقشه پراکنش مکانی آن بررسی شد. در نهایت بر اساس تعداد و حدود تغییرات داده‌ها، و رعایت اصول مربوطه تعداد و فاصله کلاس‌ها تعریف و نقشه مذکور تهیه شد.

برای آنالیز زمین‌آماري با فرض برقراری فرضیات پایا مقدار واریوگرام با استفاده از داده‌های حاصل شده به صورت زیر محاسبه شد:

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

که  $N(h)$  تعداد جفت نمونه با فاصله  $h$  به‌عنوان فواصل و  $Z(x_i)$  و  $Z(x_i+h)$  مقادیر متغیر در هر دو مکان مجزا با فاصله  $h$  است. نیم‌تغییرنا از رسم نیم‌واریانس‌ها در مقابل فاصله به دست می‌آید. مدل‌های نظری بر نیم‌تغییرنمای تجربی برازش داده شده و پارامترهای اثر قطعه‌ای  $C_0$ ، آستانه  $C+C_0$  و محدوده وابستگی مکانی  $A_0$  محاسبه شد.

با استفاده از واریوگرام، حد آستانه (فاصله‌ای که مقدار واریوگرام به مقدار واریانس مشاهداتی نزدیک می‌شود)، دامنه تاثیر (فاصله‌ای که در ماورای آن نمونه‌ها بر هم تاثیری ندارند یا حد

۳- Best Linear Unbias Estimator

۴- Root Mean Square Error

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^m}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^m}}$$

که در آن  $Z$  مقدار برآورد متغیر در نقطه نمونه برداری نشده،  $d_i$  فاصله نقطه نمونه برداری شده تا نقطه تخمین،  $N$  تعداد کل نمونه ها و  $m$  پارامتر توان فاصله است که تغییرات آن سبب قابلیت انعطاف روش IDW می شود. بنابراین با انجام محاسبات و تعیین بهترین مدل زمین آماری و تعیین بهترین روش میان یاب، پراکنش مکانی ویژگی های خاک تعیین و با سطوح مناسب، نقشه پهنه بندی مربوطه ترسیم شد.

### نتایج و بحث

در جدول ۱ اطلاعات توصیفی ویژگی های بررسی شده خاک ارائه شده است. شوری منطقه کم تر از ۱/۵ دسی زیمنس بر متر بود و می توان گفت که خاک های منطقه ی مطالعاتی غیر شور می باشند. اگر ضریب تغییرات کمتر از ۱۵ درصد باشد در کلاس تغییر پذیری کم و اگر ضریب تغییرات بین ۱۵ تا ۳۵ درصد باشد در کلاس تغییر پذیری متوسط و اگر ضریب تغییرات بیشتر از ۳۵ درصد باشد در کلاس تغییر پذیری زیاد قرار می گیرد (Wilding, 1985). بر اساس جدول ۱، ضریب تغییر پذیری ویژگی های pH، درصد رس و سیلت و ضریب b مدل کوستیاکوف کمتر از ۱۵ و در کلاس تغییر پذیری کم قرار می گیرند. ضریب تغییر پذیری ویژگی های EC، درصد شن، ضریب a مدل کوستیاکوف و نفوذ تجمع در ۱۵۰ دقیقه در کلاس تغییر پذیری متوسط قرار داشتند. ضریب تغییر پذیری ضرایب A و S مدل نفوذ فیلپ بیش از ۳۵ درصد بود.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \bar{y})^2 + \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}}$$

$$RSS = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$$

$$MAE = \frac{1}{2} \sum_{x=1}^n |\hat{z}(x) - z(x)|$$

$$MBE = \frac{1}{2} \sum_{x=1}^n [\hat{z}(x) - z(x)]$$

که در آن  $y_i$  مقدار اندازه گیری شده پارامتر،  $\hat{y}_i$  مقدار پیش بینی شده پارامتر،  $\bar{y}$  میانگین مقادیر اندازه گیری شده پارامتر و  $N$  تعداد کل داده،  $\hat{z}(x)$  مقدار برآورد شده در نقطه  $x$  و  $Z(x)$  مقدار اندازه گیری شده می باشد. کمترین مقدار  $RMSE$  برابر صفر است و مقدار  $RMSE$  نشان دهنده بیش برآورد<sup>۲</sup> یا کم برآورد<sup>۳</sup> است.

مقادیر  $MAE$  و  $MBE$  مقدار اریبی را نشان می دهند و در حالت ایده آل بایستی برابر صفر باشند. مقادیر مثبت یا منفی آماره ها به ترتیب نشان دهنده بیش برآوردی یا کم برآوردی از مقدار واقعی است.

پایه روش IDW، وزن دهی بر اساس عکس فاصله تا نقطه تخمین است. به عبارت دیگر، وزن دهی بیشتر به نزدیک ترین نمونه ها و اختصاص وزن کمتر به نمونه هایی است که در فاصله بیشتر قرار گرفته اند. در این روش مقدار متغیر در نقاط نمونه برداری نشده از رابطه زیر مشخص شد.



خطا را دارا بود. نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه  $(\frac{C_0}{C_0 + C})$  شاخصی از قدرت ساختار متغیرهای مکانی است. اگر این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد، متغیر از ساختار مکانی قوی و اگر نسبت بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ قرار گیرد ساختار مکانی آن متوسط و اگر این نسبت بیش از ۰/۷۵ باشد، ساختار مکانی آن ضعیف خواهد بود (Cambardella et al., 1994). اگر ضریب تبیین بهترین مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنا کمتر از ۰/۵ باشد همبستگی مکانی ضعیف تعریف می‌شود (Duffera et al., 2007).

در خصوص تغییرنمای منفرد، ویژگی‌های pH، EC، درصد شن، سیلت و رس، ضریب A مدل فیلیپ، نفوذ تجمعی در ۱۵۰ دقیقه و ضریب b مدل کوستیاکوف از ساختار مکانی قوی برخوردار بود. ضریب a مدل کوستیاکوف و ضریب S مدل فیلیپ از ساختار مکانی متوسط برخوردار بود و هیچ ویژگی ساختار مکانی ضعیف نداشت. ساختار مکانی قوی در یک متغیر می‌تواند ناشی از اثر عامل‌های ذاتی خاک باشد (Cambardella et al., 1994) ولی برای برخی از ویژگی‌های خاک مدیریت مزرعه تأثیر زیادی دارد. ارزیابی اعتبار روش‌های وزن دادن عکس فاصله و کریجینگ نقطه‌ای برای پارامترهای خاکی در جدول ۳ نشان داده شده است.

برآورد روش کریجینگ نقطه‌ای برای پارامترهای pH، EC، درصد شن، درصد رس، ضریب a مدل کوستیاکوف و ضریب S مدل فیلیپ در مقایسه با روش وزن دادن عکس فاصله با توجه به مقادیر آماره‌های ارائه شده در

زیاد بودن ضریب تغییرپذیری بیش‌تر از ۳۵ درصد در سطح خاک برای ویژگی‌های مزبور احتمالاً به دلیل عوامل انسانی نظیر عملیات خاک‌ورزی و سایر مدیریت‌های زراعی می‌باشد که باعث تغییر در یکنواختی سطح خاک می‌شود (Wilding, 1985). جدول ۱ نشان می‌دهد که کم‌ترین درصد ضریب تغییرات مربوط به pH (03/5) و به علت پایداری بیشتر این ویژگی و بافری بودن خاک می‌باشد. مشابه این تحقیق، pH خاک در بین ویژگی‌های خاک در جنوب ایران کمترین ضریب تغییرات را داشته است (Yasrebi et al., 2008). واکنش خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه، در محدوده‌ی قلیایی بود و ضریب A فیلیپ بیشترین ضریب تغییرات را داشت.

داده‌های pH، EC، درصد سیلت و شن توزیع نرمال نداشتند که با تبدیل لگاریتمی نرمال شدند و برای داده‌های ضریب A مدل فیلیپ و نفوذ تجمعی در ۱۵۰ دقیقه نیز از تبدیل ریشه دوم استفاده شد. داده‌های درصد رس، ضرایب a و b مدل کوستیاکوف و ضریب S مدل فیلیپ توزیع نرمال داشتند. مدل‌های برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی و خلاصه‌ای از اطلاعات زمین‌آماری آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. در جدول ۲ مشاهده می‌شود که بهترین مدل نیم‌تغییرنا برای pH، EC، درصد شن، سیلت و رس و ضریب A مدل فیلیپ مدل کروی و برای ضریب a و b مدل کوستیاکوف و نفوذ تجمعی در ۱۵۰ دقیقه مدل نمایی و برای ضریب S مدل فیلیپ مدل گوسی بود که علاوه بر بیشترین ضریب تبیین کمترین مقدار مجموع مربعات

جدول ۱- ویژگیهای آماری متغیرهای اندازه گیری شده  
Table 1. The statistical properties of the measured variables

متغیر Variable	واحد Unit	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Mean	واریانس Variance	چولگی Skewness	کشدگی Kurtosis	ضریب تغییرات CV
اسیدیته pH	-	7.1	8.6	7.7	0.15	0.80 to 0.73	-0.54 to 0.06	5.03
قابلیت هدایت الکتریکی EC	ds/m	0.56	1.44	0.78	0.03	1.61 to 0.95	3.17 to 0.82	23.13
درصد رس Clay	%	21.2	40.4	31.7	19.71	0.04	-0.36	14.01
درصد شن Sand	%	18.8	37.4	25.3	16.5	0.84 to 0.42	0.67 to -0.11	16.01
درصد سیلت Silt	%	39.2	49.6	43	5.5	0.52 to 0.38	0.08 to -0.16	5.46
ضریب <i>a</i> کوستیاکوف <i>aKostiakov</i>	-	0.28	1.64	0.97	0.112	-0.01	-0.94	4.22
ضریب <i>b</i> کوستیاکوف <i>bKostiakov</i>	-	0.47	0.74	0.61	0.002	-0.2	1.43	7.79
ضریب <i>S</i> فیلیپ <i>S Philip</i>	-	0.25	1.51	0.89	0.102	-0.07	-1.09	35.99
ضریب <i>A</i> فیلیپ <i>A Philip</i>	-	0.01	0.26	0.095	0.002	0.74 to -0.37	1.76 to 0.61	51.47
نفوذ در ۱۵۰ دقیقه <i>I150</i>	-	11.54	33.94	20.38	42.67	0.25 to 0.05	-1.01 to -1.17	32.06

جدول ۲- مدل‌های برازش داده شده بر نیم تغییرنمای تجربی منفرد و خلاصه‌ای از اطلاعات زمین آماری

Table 2. Models fitted on single experimental semivariogram and summary of geostatistical information

مجموع مربعات باقیمانده‌ها RSS	R <sup>2</sup>	A <sub>0</sub>	$\frac{C_0}{C_0 + C}$	C <sub>0</sub> +C	C <sub>0</sub>	مدل Model	فاکتور Factor
4.7*10 <sup>-7</sup>	0.914	694	0.0004	0.0029	0.000001	کروی Spherical	اسیدیته pH
7.3*10 <sup>-6</sup>	0.991	544	0.099	0.0533	0.0053	کروی Spherical	قابلیت هدایت الکتریکی EC
2.1*10 <sup>-5</sup>	0.953	211 0	0.009	0.0543	0.0005	کروی Spherical	درصد شن Sand
8.2*10 <sup>-8</sup>	0.961	304	0.027	0.00329	0.00009	کروی Spherical	درصد سیلت Silt
13.6	0.978	129 1	0.053	31.29	1.66	کروی Spherical	درصد رس Clay
1.23*10 <sup>-4</sup>	0.748	211 0	0.50	0.1866	0.0928	نمایی Eexponenti al	ضریب a کوستیاکوف aKostiakov
8*10 <sup>-7</sup>	0.730	210	0.024	0.00333	0.00008	نمایی Eexponenti al	ضریب b کوستیاکوف bKostiakov
1.96*10 <sup>-4</sup>	0.637	211 0	0.44	0.2204	0.0967	گوسی Gaussian	ضریب S فیلیپ SPhilip
1.14*10 <sup>-5</sup>	0.837	176	0.001	0.007	0.00001	کروی Spherical	ضریب A فیلیپ APhilip
8.99*10 <sup>-4</sup>	0.968	110	0.24	0.6040	0.147	نمایی Eexponenti al	نفوذ در ۱۵۰ دقیقه I <sub>150</sub>

ضریب S مدل فیلیپ با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ در شکل ۱ نشان داده شده است. عدد سطح پایین کوچک‌ترین کلاس (رنگ آبی) برای pH، EC، درصد شن، درصد رس، ضریب a مدل کوستیاکوف و ضریب S مدل فیلیپ به ترتیب ۷/۲، ۰/۵۹، ۱۹/۲، ۲۲/۹، ۰/۸ و ۰/۷۳ می‌باشد. ویژگی‌های pH و EC خاک از شمال به جنوب شرقی افزایش داشت. در قسمت‌هایی از مزرعه که خاک‌ورزی مرسوم انجام شده میزان شوری و pH بالاتری دیده شد. گرچه میزان آب مصرفی اندازه‌گیری نشد ولی احتمالاً در قسمتی از مزرعه که خاک‌ورزی مرسوم انجام شده بود میزان آب مصرفی نیز

جدول ۳ تقریباً بدون اریب بوده و از مقادیر کمتر آماره‌ها برخوردار است که نشان دهنده نزدیکی بیشتر برآوردها به مقادیر اندازه‌گیری شده بود و کارآیی روش کریجینگ نقطه‌ای در برآورد پارامتر فوق بیشتر بود (جدول ۳). برآورد روش وزن دادن عکس فاصله برای پارامترهای درصد سیلت، ضریب b مدل کوستیاکوف، ضریب A مدل فیلیپ و نفوذ تجمعی در ۱۵۰ دقیقه در مقایسه با روش کریجینگ نقطه‌ای تقریباً بدون اریب و کارآیی بیشتر داشت (جدول ۳).

#### پهنه‌بندی ویژگی‌های خاک

توزیع مکانی ویژگی‌های pH، EC، درصد شن، درصد رس، ضریب a مدل کوستیاکوف و

جدول ۳- ارزیابی روش های مختلف میان یابی ویژگی های خاک

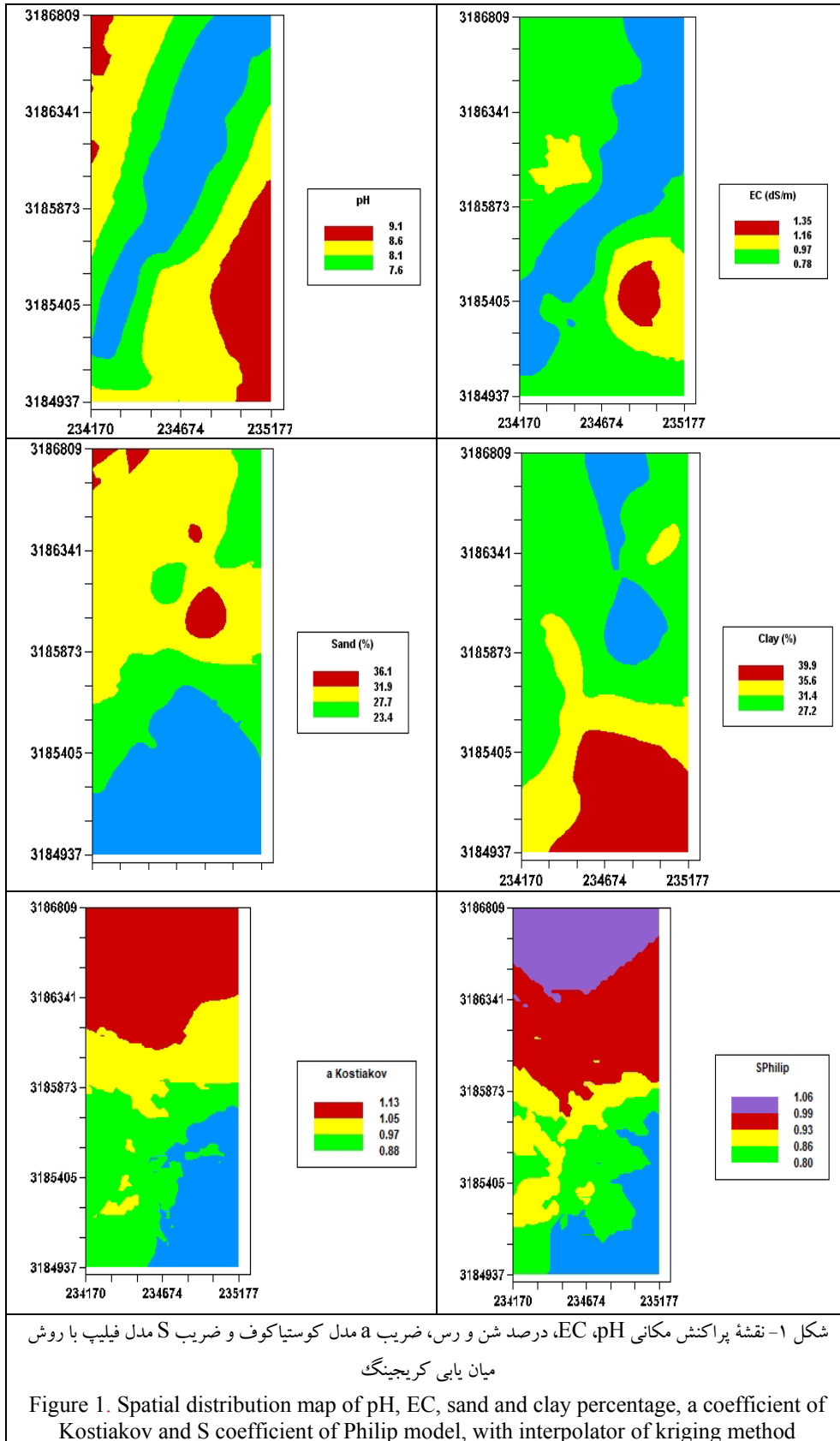
Table 3. Evaluation of different interpolation methods of soil characteristics

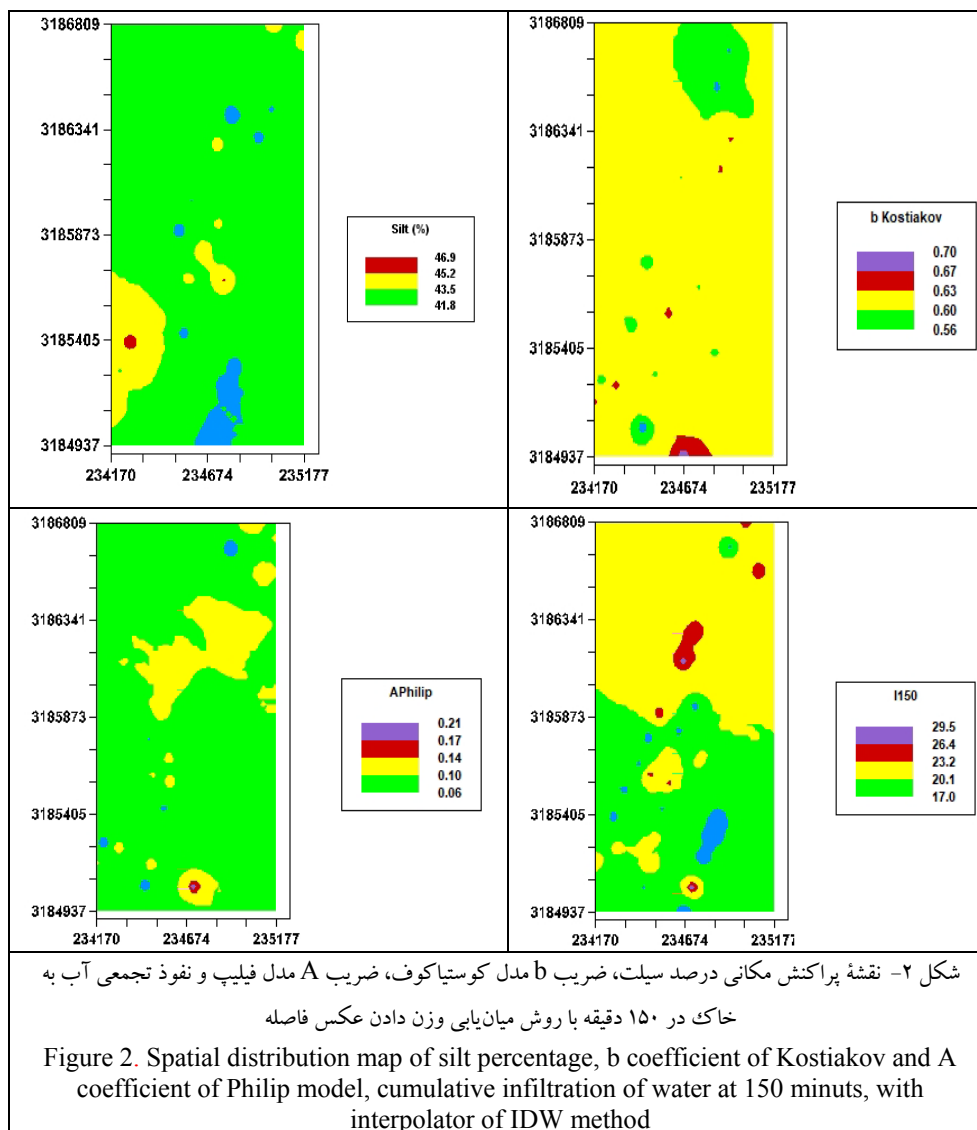
متغیر Variable	روش میان یابی Interpolation method	میانگین اربب خطاها MBE	میانگین مطلق خطاها MAE	جذر میانگین مربعات خطاها RMSE	نسبت انحراف میانگین مربعات MSDR
قابلیت هدایت الکتریکی EC	کریجینگ Kriging	0.0028	0.1228	0.1547	0.7437
اسیدته	IDW	-0.024	0.1159	0.1675	0.8727
pH	وزن دادن عکس فاصله Kriging	0.069	0.162	0.213	0.3017
درصد شن Sand	IDW	-0.015	0.2	0.245	0.3989
درصد سیلت Silt	Kriging	0.0333	2.08	2.64	0.424
درصد رس Clay	IDW	-0.069	2.018	2.653	0.428
ضریب <i>a</i> کوستیاکوف aKostiakov	Kriging	0.895	2.008	2.467	1.105
ضریب <i>b</i> کوستیاکوف bKostiakov	IDW	0.028	1.772	2.272	0.938
ضریب <i>S</i> فیلیپ SPhilip	Kriging	0.005	1.969	2.449	0.304
ضریب <i>A</i> فیلیپ APhilip	IDW	-0.177	2.446	2.999	0.456
نفوذ در ۱۵۰ دقیقه I150	Kriging	0.004	0.303	0.351	1.102
	IDW	-0.0008	0.043	0.059	1.50
	Kriging	-0.001	0.038	0.051	1.127
	IDW	0.005	0.286	0.327	1.044
	Kriging	0.007	0.293	0.335	1.096
	IDW	-0.007	0.041	0.056	1.336
	Kriging	-0.007	0.041	0.054	1.256
	IDW	-0.405	6.036	7.092	1.179
	Kriging	-0.362	5.941	6.984	1.143

بیشتر بوده است. منطقه داراب جزء مناطق خشک استان فارس بوده و تبخیر و تعرق بالا است و احتمالاً با شخم شرایط برای تبخیر بیشتر و تجمع املاح مهیاتر شده و موجب افزایش شوری شده است. وجود یون های مضره در آب احتمالاً بر pH خاک هم تا حدی تاثیر منفی داشته و آن را تا حدی بالاتر برده است. علاوه بر این، وجود بقایا در سطح مزرعه در قسمت خاک ورزی حفاظتی هم به عنوان عایق عمل کرده و هم به دلیل رنگ روشن بقایا انعکاس نور را بیشتر کرده و دما را در خاک کاهش داده و سایر اثرات مثبت دیگری که دارد احتمالاً هم تبخیر کاهش یافته و هم مصرف آب را کم کرده است. به این دلایل شوری و pH در قسمت خاک ورزی مرسوم بیشتر بوده است.

ضریب *a* مدل کوستیاکوف و ضریب *S* مدل فیلیپ، از جنوب به شمال روند افزایشی داشت. چیزی که جالب است این که در جنوب شرقی که خاک ورزی مرسوم اعمال شده بود کمترین مقادیر این پارامترها مشاهده شد. در بالادست مزرعه که خاک ورزی حفاظتی (کم خاک ورزی) اعمال شده بود بیشترین مقادیر این پارامترها دیده شد. اندازه گیری ها در پایان فصل انجام شد و نتایج حاضر بیانگر این است که خاک ورزی مرسوم با تهدید شرایط فیزیکی خاک از جمله تخریب ساختمان خاک

بیشتر بوده است. منطقه داراب جزء مناطق خشک استان فارس بوده و تبخیر و تعرق بالا است و احتمالاً با شخم شرایط برای تبخیر بیشتر و تجمع املاح مهیاتر شده و موجب افزایش شوری شده است. وجود یون های مضره در آب احتمالاً بر pH خاک هم تا حدی تاثیر منفی داشته و آن را تا حدی بالاتر برده است. علاوه بر این، وجود بقایا در سطح مزرعه در قسمت خاک ورزی حفاظتی هم به عنوان عایق عمل کرده و هم به دلیل رنگ روشن بقایا انعکاس نور را بیشتر کرده و دما را در خاک کاهش داده و سایر اثرات مثبت دیگری که دارد احتمالاً هم تبخیر کاهش یافته و هم مصرف آب را کم کرده است. به این دلایل شوری و pH در قسمت خاک ورزی مرسوم بیشتر بوده است.





جدول ۴- ویژگیهای آماری عملکرد دانه گندم

Table 4. The statistical properties of wheat grain yield

متغیر	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	واریانس	چولگی	کشدگی	ضریب تغییرات
Variable	Unit	Minimum	Maximum	Mean	Variance	Skewness	Kurtosis	CV
عملکرد دانه گندم Wheat grain yield	kg.ha <sup>-1</sup>	1850	8150	5418	2411380	-0.31	-0.71	28.66

عکس فاصله در شکل ۲ ارائه شده است. عدد سطح پایین کوچکترین کلاس (رنگ آبی) برای درصد سیلت، ضریب b مدل کوستیاکوف، ضریب A مدل فیلیپ و نفوذ تجمعی آب به خاک در ۱۵۰ دقیقه به ترتیب ۴۰/۱، ۰/۵۳، ۰/۰۲ و ۱۳/۸ می‌باشد. درصد

حرکت آب در خاک را با مشکل مواجه کرده و باعث ایجاد نتایج فوق شده است. پراکنش مکانی ویژگیهای درصد سیلت، ضریب b مدل کوستیاکوف، ضریب A مدل فیلیپ و نفوذ تجمعی آب به خاک در ۱۵۰ دقیقه با استفاده از روش میان‌یابی وزن دادن

نرمال داشت.

در جدول ۵ مشاهده می‌شود که برای عملکرد دانه گندم بیشترین ضریب تبیین با مدل کروی حاصل شد که علاوه بر بیشترین ضریب تبیین کمترین مقدار مجموع مربعات خطا را دارا بود. عملکرد دانه گندم از ساختار مکانی قوی برخوردار بود (جدول ۵). گرچه ساختار مکانی قوی در یک متغیر می‌تواند ناشی از اثر عامل‌های ذاتی باشد ولی برای عملکرد دانه گندم مدیریت مزرعه تأثیر زیادی دارد.

برآورد روش کریجینگ نقطه‌ای برای عملکرد دانه گندم در مقایسه با روش وزن دادن عکس فاصله با توجه به مقادیر آماره‌های ارائه شده تقریباً بدون اریب بود و به‌عنوان روش بهتر برای تهیه نقشه پراکنش مکانی آن انتخاب شد (جدول ۶).

توزیع مکانی عملکرد دانه گندم با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ در شکل ۳ نشان داده شده است. بر اساس پراکنندگی عملکرد دانه گندم، ضرورت اعمال مدیریت بهینه بیش از پیش احساس می‌شود.

عدد سطح پایین کوچک‌ترین کلاس (رنگ آبی) برای عملکرد دانه گندم ۲۸۳۴ کیلوگرم می‌باشد. به‌طور واضح عملکرد گندم در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی) بیشتر از قطعه‌ای بود که خاک‌ورزی مرسوم داشت. خاک‌ورزی حفاظتی علاوه بر امتیازاتی که در

سیلت در کل مزرعه پراکنش تقریباً یکنواختی را داشت و در قطعات بسیار کوچک در مرکز و جنوب شرقی مزرعه مقادیر بیشتر سیلت مشاهده گردید. مقادیر ضریب b مدل کوستیاکوف و ضریب A مدل فیلیپ تغییرات بسیار مشهودی را در مزرعه مورد مطالعه نشان ندادند ولی نفوذ جمعی در ۱۵۰ دقیقه در قسمت‌هایی از مزرعه که کم‌خاک‌ورزی (بالادست مزرعه) اعمال شده بود بطور مشهودی بیشتر از قسمت‌هایی بود که خاک‌ورزی مرسوم اعمال شده بود. دلیل آن را می‌توان به اثرات مثبت خاک‌ورزی حفاظتی بر پارامترهای فیزیکی خاک ربط داد که منجر به بهبود آن شده است.

#### ویژگی‌های آماری و زمین‌آماري عملکرد دانه گندم

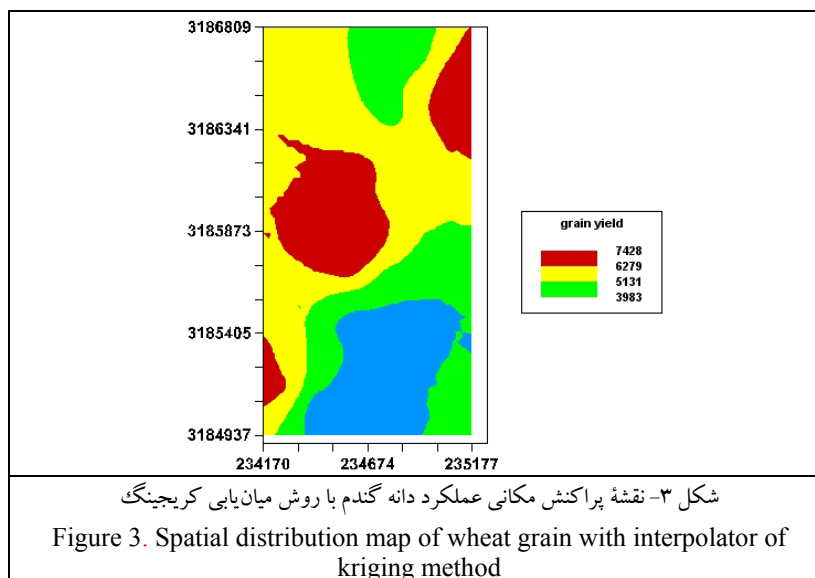
در جدول ۴ اطلاعات توصیفی ویژگی‌های عملکرد گندم ارائه شده است. جدول فوق نشان می‌دهد که دامنه تغییرات عملکرد گندم متوسط بود (جدول ۴).

باید تغییرات عملکرد را یک هشدار دانست و از آن به‌عنوان یک فرصت بهره جست. زیرا افزایش تولید در قطعاتی که عملکرد پایین دارند خیلی آسان‌تر از نقاطی است که عملکرد بالا دارند. برطرف کردن محدودیت‌ها در نقاط کم‌محصول ساده‌تر بوده و با این استراتژی می‌توان تولید را در کل به مقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. داده‌های عملکرد دانه گندم توزیع

جدول ۵- مدل‌های برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی منفرد عملکرد دانه گندم و خلاصه‌ای از اطلاعات زمین‌آماري

Table 5. Models fitted on single experimental semivariogram of wheat yield and summary of geostatistical information

RSS	R <sup>2</sup>	A <sub>0</sub>	$\frac{C_0}{C_0+C}$	C <sub>0</sub> +C	C <sub>0</sub>	مدل Model	فاکتور Factor
9.8*10 <sup>-9</sup>	0.998	745	0.161	3093000	499000	Spherical	عملکرد دانه گندم Wheat grain yield



جدول ۶- ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی برای عملکرد دانه گندم  
Table 6- Evaluation of different interpolation method for wheat grain yield

MSDR	RMSE	MAE	MBE	روش میان‌یابی	متغیر
				Interpolation method	Variable
1659	1109	904.9	22.24	Kriging	عملکرد دانه گندم
2223	1284	1034.1	71.85	IDW	Wheat grain yield

مقدار pH می‌تواند قدری پایین‌تر باشد. شوری خاک با درصد رس خاک همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت. وقتی درصد رس خاک زیاد باشد حرکت آب در خاک کندتر بوده و احتمال تجمع نمک و شوری بیشتر افزایش می‌یابد. شوری خاک با درصد شن خاک همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. درصد شن خاک همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح یک درصد با درصد رس داشت. بین ضریب a مدل کوستیاکوف و ضریب b مدل کوستیاکوف همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. برعکس همبستگی بین ضریب a مدل کوستیاکوف با ضریب S و A مدل فیلیپ و مقدار نفوذ جمعی در ۱۵۰ دقیقه مثبت و معنی‌دار بود. بین ضرایب S و A مدل فیلیپ و مقدار نفوذ جمعی در ۱۵۰

حفاظت خاک، حفظ رطوبت، کاهش هزینه تولید و موارد دیگر در اینجا توانسته عملکرد گندم را نیز افزایش دهد. با توجه به جدول ۷ عملکرد گندم همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح یک درصد با pH و درصد رس و در سطح ۵ درصد با شوری خاک داشت. این نشان می‌دهد با افزایش شوری و قلیائیت عملکرد کاهش داشته است. بدیهی است که در خاک‌های آهکی یکی از مشکلات بالا بودن pH خاک می‌باشد. pH خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد با درصد رس داشت و با شوری خاک همبستگی مثبت ( $P < 0.05$ ) و با درصد شن خاک همبستگی منفی ( $P < 0.01$ ) داشت. این نشان می‌دهد که وقتی درصد شن زیادتر باشد و خاک سبک‌تر امکان شستشوی کاتیون‌های قلیایی بیشتر بوده و



جدول ۷- ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای اندازه گیری شده

Table 7. Simple correlation coefficients between the measured variables

متغیر	عملکرد Yield	اسیدیته pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC	درصد شن Sand	درصد سیلت Silt	درصد رس Clay	ضریب <i>a</i> Kostakov	ضریب <i>b</i> Kostakov	ضریب <i>S</i> Philip	ضریب <i>A</i> Philip	نفوذ در ۱۵۰ دقیقه 1150
عملکرد Yield	۱										
اسیدیته pH	-۰/۶۴**	۱									
قابلیت هدایت الکتریکی EC	-۰/۳۹*	۰/۳۷*	۱								
درصد شن Sand	۰/۲۸	-۰/۶۷**	-۰/۳۶*	۱							
درصد سیلت Silt	۰/۳۳*	-۰/۳۱	-۰/۰۴	-۰/۱۲	۱						
درصد رس Clay	-۰/۴۳**	۰/۲۷**	۰/۳۵*	-۰/۸۵**	-۰/۴۲**	۱					
ضریب <i>a</i> کوستاکوف a Kostakov	-۰/۰۳	-۰/۱۹	-۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۰۱	-۰/۱۶	۱				
ضریب <i>b</i> کوستاکوف b Kostakov	۰/۰۹	۰/۱۹	-۰/۲۰	-۰/۱۹	-۰/۱۴	۰/۲۵	-۰/۵۰**	۱			
ضریب <i>S</i> فیلیپ S Philip	۰/۰۱	-۰/۱۹	-۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۰۱	-۰/۱۹	۰/۹۶**	-۰/۵۲**	۱		
ضریب <i>A</i> فیلیپ A Philip	۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۱۹	-۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۹	-۰/۳۵	۰/۵۴**	۰/۱۴	۱	
نفوذ در ۱۵۰ دقیقه 1150	۰/۰۷	-۰/۰۹	-۰/۲۰	۰/۰۹	-۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۲۷**	۰/۱۳	۰/۲۱**	۰/۲۵**	۱

دقیقه نیز همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد وجود داشت.

### نتیجه گیری کلی

نتایج نشان داد که ضریب تغییرات عملکرد گندم متوسط بود. عملکرد گندم از ۱۸۵۰ تا ۸۱۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. میانگین عملکرد گندم در کم خاک ورزی، بی خاک ورزی و مرسوم به ترتیب ۶۱۳۷، ۴۴۲۵ و ۳۵۸۹ کیلوگرم در هکتار بود. خاک ورزی حفاظتی نفوذ آب به خاک را افزایش و شوری خاک را کاهش و pH خاک را نیز بصورت جزئی کاهش داد. مدل‌ها و روش‌های زمین آماری استفاده شده در این پژوهش از دقت خوبی برخوردار بوده و مدل‌های استنتاج شده برای مناطق مشابه قابل استفاده می‌باشند. روش‌های خاک ورزی حفاظتی علاوه بر تاثیر مثبت بر پارامترهای فیزیکی خاک در افزایش عملکرد موثر بوده و در مناطق گرم استان فارس توصیه می‌شود.

### سپاسگزاری

از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس و مؤسسه تحقیقات خاک و آب به خاطر حمایت مالی، تشکر و قدردانی می‌شود.

## References

- Afzalnia, S., Karami, A., Talati, M.H., and Alavimanesh, S.M. 2011. Effect of conservation tillage on the soil properties and corn yield. CSAE Paper No. 11-204, July 10-13, Winnipeg, Manitoba.
- Afzalnia, S., Khosravani, A., Javadi, A., Mohammadi, D., and Alavimanesh, S.M. 2010. Effect of conservation tillage and planting methods on the soil properties, grain drill performance, wheat yield, and wheat yield components. International Conference on Agricultural Engineering, September, 6-8, Clermont Ferrand, France.
- Ben-Hur, M. 2008. Seal formation affects on soil infiltration and runoff in arid and semi-arid regions under rainfall and sprinkler irrigation conditions. In: Zereini, F., Hötzl, H. (Eds.), Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and North Africa. Environmental Science and Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 429–452.
- Bhattacharyya, R., Tuti, M.D., Kundu, S., Bisht, J.K., and Bhatt, J.C. 2012. Conservation tillage impacts on soil aggregation and carbon pools in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. *Soil Science Society of America Journal*, 76: 617–627.
- Botta, G.F., Becerra, A.T., and Melcon, F.B. 2009. Seedbed compaction produced by traffic on four tillage regimes in the rolling Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*, 105 (1), 128-134.
- Camberdella, 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 of Society American Journal*, 58: 1501-1511.
- Chan, C., Sipes, B., Ayman, A., Zhang, X., LaPorte, P., Fernandes, F., Pradhan, A., Chan-Dentoni, J., and Roul, P. 2017. Efficiency of conservation agriculture production systems for smallholders in rain-fed uplands of India: A Transformative Approach to Food Security. *Land*, 58(6): 1-2. doi:10.3390/land6030058
- De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., and Pisante, M. 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*, 92(1-2), 69-78.
- Dehghanian, S.E., and Afzalnia, S. 2011. Effect of conservation tillage and irrigation methods on the soil infiltration rate. International workshop on Conservation Agriculture Systems and Its Impact on Water Productivity, September 11-16, Karaj, Iran.
- Duffera, M., White, J.G., and Weisz, R. 2007. Spatial variability of Southeastern

- U.S. Coastal Plain soil physical properties: Implication for site-specific management. *Geoderma*, 137: 327-339.
- Durán Zuazo, V.H., and Rodríguez Pleguezuelo, C.R. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agronomy Sustainable Development*, 28: 65-86.
- Erenstein, O., and Laxmi, V. 2008. Zero tillage impacts in India's rice-wheat systems: A review. *Soil and Tillage Research*, 100, 1-14.
- Garcia-Orenes, F., Cerda, A., Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Bodí, M.B., Arcenegui, V., Zornoza, R., Sempere, J.G. 2009. Effects of agricultural management on surface soil properties and soil-water losses in eastern Spain. *Soil and Tillage Research*, 106, 117-123.
- Hobbs, P.R., Sayre, K., and Gupta, R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363: 543-555.
- Indoria, A.K., Srinivasa Rao, Ch., Sharma, K.L., and Sammi Reddy, K. 2017. Conservation agriculture – a panacea to improve soil physical health. *Current Science*, 112(52): 52-61.
- Jat, M.L., Gathala, M.K., Ladha, J.K., Saharawat, Y.S., Jat, A.S., Kumar, V., Sharma, S.K., Kuma, V., and Gupta, R. 2009. Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice-wheat rotation: Water use, productivity, profitability and soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 105(1): 112-121.
- Jordán, A., Zavala, L.M., Mataix-Solera, J., Nava, A.L., Alanís, N. 2011. Effect of fire severity on water repellency and aggregate stability on Mexican volcanic soils. *Catena*, 84: 136-147.
- Kostiakov, A.N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans. 6 Comm. Intern. *Soil Science Russian Part A*, 17-21.
- Liu, S., Zhang, H., Dai, Q., Huo Xu, Z.K., and Ruan, H. 2005. Effects of no-tillage plus inter-planting and remaining straw on the field on cropland eco-environment and wheat growth. *The journal of applied ecology*, 16(2): 393-396.
- Mašek, J., Procházka, P., Kvíz, Z., and Šindelár R. 2008. Machines in conservation soil tillage technologies. *Engineering for Rural Development*, 29: 131- 135.
- McBratney, A.B., and Webster, R. 1983. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: V. Coregionalization and multiple sampling strategies. *Journal of Soil Science*, 34: 137-162.

- Oyonarte, N.A., and Mateos, L. 2002. Accounting for soil variability in the evaluation of furrow irrigation. *Transaction of the ASAE*, 45(6): 85-94.
- Philip, J.R. 1957. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations. *Journal of Soil Science*, 84: 257-264.
- Reiter, M.S., Reeves, D.W., Burmester, C.H., Torbert H.A. 2008. Cotton nitrogen management in a high-residue conservation system: cover crop fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, 72(5): 1321-1329.
- Roberts, K., Howard, D.D., Gwathmey, C.O., and Sleigh, D.E. 1999. Economics of broadcast and injected nitrogen on no-till cotton produced at three locations in Tennessee. *Journal of Cotton Science*, 3: 109-115.
- Singer, A. 2007. *The Soils of Israel*. Springer-Verlag, Berlin, New York.
- Singh, V.K., Singh, Y., Dwivedi, B.S., Singh, S.K., Majumdar, K., Jat, M.L., Mishra, R.P., and Rani, M. 2016. Soil physical properties, yield trends and economics after five years of conservation agriculture based rice-maize system in north-western India. *Soil & Tillage Research*, 155: 133-148.
- Swartzendruber, D., and Youngs, E.G. 1974. A comparison of physically-based infiltration equations. *Transaction of the ASAE*, 12: 822-828.
- Wakernagel, H. 2002. *Multivariate geostatistics*. Springer Press, 387 pp.
- Wilding, L.P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. In *Soil Spatial Variability*, ed. D.R. Nielsen and J. Bouma, pp 166-194. Pudoc. Wageningen, the Netherlands.
- Wosten, J.H.M., Pachepsky, Y.A., and Rawals, W.J. 2001. Pedotransfer functions: Bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*, 251: 123-150.
- Yasrebi, J., Saffari, M., Fathi, H., Karimian, N., Emadi, M., and Baghernejad, M. 2008. Spatial variability of soil fertility properties for precision agriculture in southern Iran. *Journal of Applied Sciences*, 8: 1642-1650.

## Effect of conservation tillage on some soil physical properties

Alidad Karami<sup>1\*</sup>

1. Associate professor of Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran . (Corresponding author)

Received: August 2018 Accepted: April 2020 - DOI: 10.22092/aj.2019.122917.1328

### Extended Abstract

**karami, A.**, Effect of conservation tillage on some soil physical properties  
**Applied Research in Field Crops Vol 33, No. 1, 2020 10-12:** 61-81 (in Persian)

#### Introduction:

Conservation agriculture (CA) is considered as a suitable technique for protecting the environment, which will lead to major benefits and sustainable production. Minimum and zero tillage are recommended as they tend to reduce the cost of crop production, retain higher quantities of soil water, and provide physical protection for soil organic carbon (Bhattacharyya *et al.*, 2012). CA improves soil physical parameters such as water-stable aggregates, water infiltration and retention as compared to conventional agriculture (Vinod *et al.*, 2016). Conservation agriculture can improve soil physical properties and the associated processes, particularly, soil aeration, soil structure and soil porosity. It can also reduce soil erosion, soil compaction and crusting, and optimize the soil temperature for successful crop production (Indoria *et al.*, 2017). Therefore, this study was conducted to evaluate the effects of conservation and conventional tillage on the soil properties and wheat yield.

---

Email address of the corresponding author: \*ad.karami@areeo.ac.ir

**Materials and Methods:**

This research was performed using geostatistical method through analyzing soil properties and wheat yield data. The soil properties measured included: soil texture, EC, pH, and soil infiltration. Soil infiltration were determined using double ring method. The infiltration models of Kostiakov and Philip were fitted to the measured data. Wheat yield was measured at 2 m<sup>2</sup> interval of each sampling site. Data were analyzed using SPSS, Excel, and GS+ software. Average, variance, skewness, kurtosis and coefficient of variation (CV) of data for each property were calculated using descriptive statistics. Spatial distribution maps of properties were drawn using the best semi-variogram model and the best interpolation method.

**Results and Discussion:**

The results showed that wheat yield with a medium CV varied from 1850 to 8150 kg/ha. The best semi-variogram model for wheat grain yield was spherical model, and the best interpolation method for it was point kriging. The wheat yield under minimum tillage system was higher than that of conventional tillage. Wheat yield and coefficients of infiltration models had a significantly correlation with soil properties. The best semi-variogram model for soil pH, EC, sand, silt, and clay percentage, and coefficient A of Philip model was spherical, and for the coefficients a and b of Kostiakov model, and I150 was exponential and for the S coefficient was Gaussian model. The spatial structure of soil pH, EC, sand, silt, and clay percentage, A coefficient, I150, and b coefficient was strong, and for the a and S coefficients were moderate. The best interpolator for soil pH, EC, sand, silt, and clay percentage, and a coefficient was kriging method and for silt percentage, b and A coefficient, and I150 was inverse distance weighting method. The magnitude of a and S coefficient was higher in comparison to the area of conventional tillage

**Conclusions:**

Results showed that, the mean wheat yield at reduced tillage, no tillage and conventional tillage was respectively 6137, 4425, and 3589 kg/ha. Conservation tillage methods increased soil infiltration (6%) and decreased soil salinity (12%) relative to the conventional tillage. Conservation tillage slightly reduced soil pH

as compared to the conventional tillage. Reduced tillage had a positive impact on parameters of soil infiltration models. There was a significant correlation between soil parameters, which is very important for better field management. Geostatistical models derived from the data of this research are very useful for the estimation of soil parameters in the similar areas. Based on the results of this study, it can be concluded that, although the studied soil parameters had wide spatial variability, geostatistical methods with the limited data can be used to estimate them with high accuracy. The coefficient  $a$  and the coefficient  $S$  were the highest in the area where conservation tillage was applied. These results indicate that conventional tillage has reduced the movement of water in soil by disturbing soil physical conditions, including the destruction of the soil structure. Finally, the best tillage system was reduced tillage.

**Acknowledgments:**

The authors would like to acknowledge the financial support extended by the Agriculture Organization of Fars province and Soil and Water Research Institute.

**Keywords:** Geostatistic, Infiltration, Soil quality, Spatial variability.

**References:**

- Bhattacharyya, R. Tuti, M.D. Kundu, S. Bisht, J.K. and Bhatt, J.C. 2012. Conservation tillage impacts on soil aggregation and carbon pools in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas. *Soil Science Society of America Journal*, 76: 617–627.
- Indoria, A.K. Srinivasa Rao, Ch. Sharma, K.L. and Sammi Reddy, K. 2017. Conservation agriculture – a panacea to improve soil physical health. *Current Science*, 112(52): 52-61.
- Singh, V.K. Singh, Y. Dwivedi, B.S. Singh, S.K. Majumdar, K. Jat, M.L. Mishra, R.P. and Rani, M. 2016. Soil physical properties, yield trends and economics after five years of conservation agriculture based rice-maize system in north-western India. *Soil & Tillage Research*, 155: 133–148.