

تأثیر مدت زمان کشت و کار بر برخی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک در کشت و صنعت های نیشکر خوزستان

رویا یوسفیان^{۱*}، بیژن خلیل مقدم^۲، حبیب الله نادیان^۳، شجاع قربانی دشتکی^۴

*۱- مکاتبه کننده و دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان: royayousefian@yahoo.com: تلفن: ۰۶۱۲۳۲۲۵۲۸۹

۲- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان: moghaddam623@yahoo.ie: تلفن: ۰۶۱۲۳۲۲۵۲۸۹

۳- دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان: Nadian.habib@yahoo.com: تلفن: ۰۶۱۲۳۲۲۵۲۸۹

۴- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد: shoja2002@yahoo.com: تلفن: ۰۳۸۱۴۴۲۴۴۰۷

چکیده

با توجه به افزایش تصاعدی جمعیت و نیاز روزافزون به غذا عمده اراضی از لحاظ توپوگرافی و عمق خاک، توان کشاورزی طولانی مدت را نداشته و با به هم خوردن ساختمان آن دچار فرسایشی شتابان میشوند. بنابراین با توجه به اهمیتی که خاک در ارتباط با تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان ایفا میکند شناخت کلیه خصوصیات خاک اعم از مکانیکی، مرفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و کانیشناسی ضروری است. این مطالعات باعث خواهد شد تا منابع موجود به گونهای مورد استفاده قرار گیرند که ضمن تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان، کیفیت اراضی نیز حفظ شود. در این تحقیق چهار کشت و صنعت دعبل خزایی، کارون، امیر کبیر و هفت تپه انتخاب شد. از دعبل خزایی، امیر کبیر و هفت تپه هر کدام ۴۰ نمونه و از کارون ۳۵ نمونه از بخش سطحی خاک برداشت شد. جرم مخصوص ظاهری، توزیع اندازه ذرات، مقاومت نفوذی خاک، کربن آلی، حد خمیری و روانی، درصد آهک، درصد رطوبت خاک، پایداری خاکدانه ها، ESP، PH، EC خاک برای هر کشت و صنعت اندازه گیری شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد در بخش سطحی خاک بین پارامترهای حدروانی و خمیری، MWD و رس تفاوت معنی دار نبود ولی بین کربن آلی در سطح درصد ۱٪ و چگالی ظاهری در سطح ۵٪ تفاوت معنی دار بود. و بر عکس بین پارامترهای MWD، مقاومت نفوذی و رطوبت حین نمونه برداری در سطح ۵٪ در بررسی مقایسه میانگینها در بخش سطحی خاک تفاوت معنی دار وجود داشته است.

مقدمه

با توجه به اهمیتی که خاک در ارتباط با تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان ایفا میکند شناخت کلیه خصوصیات خاک اعم از مکانیکی، مرفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی و کانیشناسی ضروری است. این مطالعات باعث خواهد شد تا منابع موجود به گونهای مورد استفاده قرار گیرند که ضمن تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان، کیفیت اراضی نیز حفظ شود (محنت کش، ۱۳۷۷). سالهاست که توجه محققین و دانشمندان کشاورزی به این مهم مشغول است که افزایش سریع جمعیت و بالا رفتن مصرف سرانه به دلیل بهبود سطح زندگی، نیاز ما را به محصولات

کشاورزی و صنایع جانبی آن بیشتر میکند. دانشمندان راه حل های متنوعی را برای علاج عدم توازن رشد جمعیت و میزان غذای تولید شده جهان، خصوصاً جهان سوم پیشنهاد نموده‌اند. از جمله راههای افزایش تولید، یکی افزایش سطح زیر کشت و دیگری افزایش میزان تولید در واحد سطح است. بنابراین از یک طرف با توجه به محدودیت منابع و عدم امکان افزایش سطح زیر کشت و از طرف دیگر جهت تغذیه جمعیت رو به رشد جهان، افزایش تولیدات زراعی (افزایش تولید در واحد سطح) جزء اهداف اولیه بشمار می‌آید.

از جمله قدیمی ترین گیاهان زراعی که برای تولید قند و شکر و تغذیه حیوانات و همچنین مصارف صنعتی کشت می شود، نیشکر است. تعداد زیادی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و مکانیکی خاک همانند آب قابل دسترس، جرم مخصوص ظاهری، بافت خاک، عمق خاک، کربن آلی، pH، شوری، حاصلخیزی، ضخامت خاک، تراکم خاک، مقاومت نفوذی بر عملکرد گیاهانی همچون نیشکر مؤثرند (جیانگ و همکاران، ۲۰۰۴). اثر pH خاک در تولید محصول، در قابلیت دسترسی مواد غذایی برای جذب توسط گیاه است (کول و همکاران، ۲۰۰۴). ماده آلی که ظرفیت بالایی برای نگه داری آب دارد با تغییر وضعیت مقادیر متفاوتی دارد (تیملین و همکاران، ۱۹۹۸). الکساندر و همکاران (۲۰۰۰) بیان کردند که کشاورزی مهمترین عملی است که باعث افزایش میزان ماده آلی خاک می شود و از طرف دیگر بقایای گیاهی یکی از منابع مهم مواد آلی هستند و مقدار بالای ماده آلی باعث کاهش نفوذپذیری و افزایش پایداری می شود. کروین و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای جهت تعیین خصوصیات مؤثر بر عملکرد پنبه در منطقه مرکزی کالیفرنیا مشخص نمودند که خصوصیات آلی از خاک همانند شوری، آب قابل دسترس، pH و فاکتور آبشویی اثر معنی داری بر روی عملکرد پنبه دارد. اتوو و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی های خود نتیجه گرفتند رشد ریشه گیاه نیشکر تحت تأثیر مقاومت نفوذی کمتر از ۰/۷۵ مگاپاسکال واقع نشد اما به طور قابل توجهی در مقاومت نفوذی بین ۰/۷۵ تا ۲ مگاپاسکال کاهش پیدا کرد همچنین در مطالعات دیگر بیان شد که با افزایش شاخص مخروطی به دلایلی همچون افزایش چگالش ظاهری یا کاهش رطوبت، رشد ریشه در خاک متوقف می شود (راپر، ۲۰۰۴). از آنجایی که ویژگی های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی خاک و مقادیر آنها با توجه مدت زمان کشت تحت تاثیر قرار می گیرد. هدف از این پژوهش بررسی و مقایسه ویژگی های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی خاک در چهار کشت و صنعت (دعبل خزایی، امیر کبیر، کارون، هفت تپه) با مدت زمان کشت متفاوت در استان خوزستان می باشد.

مواد و روش ها

منطقه مطالعاتی

این پژوهش بر روی چهارکشت و صنعت نیشکر (امیرکبیر، هفت تپه، دعبل خزاعی و کارون در استان خوزستان انجام گردید. کشت و صنعت دعبل خزاعی در کیلومتر ۲۵ جاده اهواز - آبادان در جنوب شرقی اهواز واقع شده است که کل سطح قابل کشت نیشکر در حدود ۱۲۰۰۰ هکتار می باشد. کشت و صنعت امیر کبیر در کیلومتر ۴۵ جاده اهواز- خرمشهر (جاده امام جعفر صادق(ع)) واقع شده است این واحد جمعا ۲۷۰۰۰ هکتار اراضی دارد مساحت ناخالص اراضی این کشت و صنعت ۱۵۰۰۰ هکتار و مساحت خالص آن ۱۲۰۰۰ هکتار است. کشت و صنعت کارون در منطقه دیمچه در ۵۰ کیلومتری شهرستان دزفول و ۱۲ کیلومتری غرب شهرستان شوشتر واقع شده است. مساحت کل اراضی آن ۴۵۰۰۰ هکتار می باشد که در حال حاضر حدود ۲۶۰۰۰ هکتار از آنها قابل کشت نیشکر می باشد. کشت و صنعت هفت تپه در مختصات جغرافیایی که ۴۰° ۳۲' عرض شمالی و ۲۱° ۴۸' طول شرقی در ارتفاع بین ۴۰ تا ۹۰ متر از سطح دریا بر روی نیمکره شمالی واقع شده است. خاک های مورد مطالعه در رده اینسپتی سول و اریدی سول قرار داشته و رژیم رطوبتی و حرارتی این ناحیه اریدیک و ترمیک است (ناصری و همکاران، ۲۰۰۷).

نمونه برداری و اندازه گیری ها

کشت و صنعت های دعبل خزاعی، امیر کبیر، کارون، هفت تپه از مجموعه کشت و صنعت های خوزستان، براساس مدت زمان کشت و نوع خاک و آب آبیاری انتخاب گردیدند. و در هر کشت و صنعت تعداد ۱۵۵ نمونه خاک از عمق ۰-۴۰ پروفیل خاک به صورت تصادفی از مزارع جمع آوری شد. نمونه های جمع آوری شده، بعد از انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک شده، سپس کوبیده و از الک دو میلیمتر عبور داده شدند. اندازه گیری های شیمیایی انجام شده عبارتند از: قابلیت هدایت الکتریکی عصاره ی اشباع خاکها (EC_e) با استفاده از دستگاه مورد استفاده هدایت سنج، و واکنش خاک (pH) در گل اشباع توسط pH متر اندازه گیری شدند (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲). سدیم محلول به روش فلیم فتومتری، میزان آهک به روش تیتريمتری، کلسیم و منیزیم محلول به روش تیتره کردن توسط EDTA و کربن آلی به روش والکی- بلاک (نلسون و همکاران (۱۹۸۹) اندازه گیری شد. نسبت سدیم جذب سطحی

شده (SAR) با استفاده از رابطه $SAR = Na/(Ca + Mg)^{1/2}$ تعیین شد (پیچ[□] و همکاران، ۱۹۸۲). آزمایشهای فیزیکی خاک انجام شده شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (جی و باوذر، ۱۹۸۶)، اندازه گیری چگالی ظاهری روش سیلندری (بلک و هارت، ۱۹۸۶) و درصد خاکدانه‌های پایدار در آب (MWD) می باشد. آزمایشهای مکانیکی خاک انجام شده شامل اندازه گیری حدود خمیری و روانی به ترتیب توسط روش‌های فتیله و کاساگراند (باولز[□]، ۱۹۸۶) و اندازه گیری مقاومت نفوذی با استفاده از پنترومتر انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری در قالب طرح کاملا تصادفی به وسیله نرم افزار SAS صورت گرفته است.

نتایج و بحث

خلاصه آماری خصوصیات مورد بررسی در چهار کشت و صنعت دعبل خزایی، امیرکبیر، کارون و هفت تپه در جداول نشان داده شده است. با توجه به مقادیر شن و رس و سیلت در جداول، بافت خاک در چهار کشت و صنعت سنگین است. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود مقدار میانگین مقاومت نفوذی، چگالی ظاهری، درصد رس، کربن آلی، حد روانی، PH، در کشت و صنعت هفت تپه از بقیه بیشتر است. در مزرعه هفت تپه حداقل، حداکثر و میانگین ویژگی های مقاومت نفوذی، چگالی ظاهری، درصد رس، کربن آلی و PH به ترتیب (۰/۲۸۵، ۱/۶۲۵، ۱/۱۶ مگاپاسکال)، (۱/۷۶، ۱/۸۳۱، ۱/۳۲۶)، (۳۱، ۴۷/۵، ۳۹/۴۴)، (۰/۶۳، ۲/۳۵، ۱/۴۴) و (۸، ۸/۷۲، ۸/۳۵) است در حالی که مقدار حداقل، حداکثر و میانگین این خصوصیات در مزرعه دعبل، (۰/۲۳، ۱/۷۵۵، ۰/۹۸ مگاپاسکال)، (۱/۱۳۳، ۱/۸، ۱/۵۶۹)، (۱۸، ۵۹، ۳۷/۵۷)، (۰/۱۹۴، ۲/۵، ۱/۰۷) و (۷/۴، ۸/۶۷، ۸/۱۱) و در مزرعه امیر کبیر (۰/۳۴۵، ۲/۰۸، ۰/۹۷ مگاپاسکال)، (۱/۲۲، ۱/۹۹۴، ۱/۶)، (۵۵، ۱۴/۵، ۳۰/۸۱)، (۰/۳۳، ۱/۷۸، ۱) و (۷/۹۲، ۸/۷۶، ۸/۲۳) و در کارون (۰/۳۵۵، ۲/۴۲۵، ۱/۱۵ مگاپاسکال)، (۰/۲۷، ۱/۸۴۵، ۱/۶۱)، (۲۴/۵، ۴۱/۵، ۳۵)، (۰/۳۳، ۱/۸۰، ۱/۱۳) و (۷/۷۶، ۸/۵۴، ۸/۲۷) می باشد. مزرعه امیر کبیر کمترین مقدار مقاومت نفوذی و کربن آلی، دعبل خزایی کمترین مقدار چگالی ظاهری و PH، کارون کمترین مقدار درصد رس و حد روانی را در جدول نشان می دهند. همانطور که جداول نشان می دهد MWD در امیر کبیر دارای میانگین ۱/۰۷ و حداقل ۰/۵ می باشند و حداکثر MWD در امیر کبیر با مقدار ۴/۷۸۸ از سه کشت و صنعت دیگر بیشتر است. MWD در هفت تپه با حداقل ۰/۷۳ و حداکثر ۲/۸۶ به ترتیب و دارای بیشترین کمینه و کمترین بیشینه در بین مزارع دیگر می باشد.

جدول ۱- خلاصه آماری خصوصیات مورد مطالعه در عمق (۰-۴۰) در کشت و صنعت های خوزستان

هفت تپه	کارون	امیرکبیر	دعبل خزایی	ویژگی
1/16	1/15	0/97	0/98	مقاومت نفوذی (MPa)
1/76	1/61	1/6	1/569	چگالی ظاهری (gcm^{-3})
1/26	1/28	1/07	0/986	MWD
39/44	35	38/82	37/57	رس (/.)
22/42	19/81	30/36	38/54	سیلت (/.)
1/44	1/13	1	23/88	شن (/.)
1/004	4/01	8/35	1/07	کربن آلی (/.)
0/20	4/38	9/88	8/3	SAR
0/68	1/99	2/91	9/8	ESP
8/35	8/27	8/23	5/47	EC (dsm^{-1})
38/023	36/74	39/96	8/11	PH
19/35	6/57	9/463	40/61	آهک (%)
1/16	1/15	0/97	8/64	شاخص خمیرایی

نتایج مقایسه میانگین ها نشان می دهد در جدول ۲ در بین چهار منطقه مورد مطالعه در عمق ۰ تا ۴۰ سانتی متری از سطح از نظر درصد کربن آلی، آهک، چگالی ظاهری، PH، SAR و ESP تفاوت معنی داری (در سطح ۱ درصد) مشاهده شد و از نظر درصد رس، حد روانی، حد خمیری، مقاومت ظاهری و هدایت الکتریکی تفاوت معنی داری این چهار منطقه نداشتند (جدول ۲).

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس کشت و صنعت های خوزستان

میانگین مربعات								
MWD	PH	Clay	Silt	Sand	Caco ₃	OC	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۸۴۱۳۳ ^{NS}	۰/۳۵۶۸۱*	۱۴۱/۸۷۴ ^{NS}	۱۲۹۵/۰۳*	۷۷۳/۸۵۲*	۵۴/۸۲۳۱*	۱/۵۲۰۳۶*	۳	منطقه
۰/۲۹۸۲۲	۰/۰۴۳۱۴	۷۰/۷۰۷	۳۶/۲۶	۱۲۲/۸۸۷	۲/۳۰۱۸	۰/۱۶۷۷۶	۱۵۰	خطا
							۱۵۳	کل

میانگین مربعات								درجه آزادی	منبع تغییرات
EC	ESP	SAR	BD	PR	PL	LL			
۱۱۲۶۵۸/۳ ^{NS}	۸۶۵/۸۲۴*	۵۰۵/۸۴۱۰*	۰/۱۳۰۸۷۸**	۰/۴۱۹۳ ^{NS}	۱/۶۹۸۱ ^{NS}	۴۳/۰۱۷۱ ^{NS}	۳	منطقه	
۴۶۷۸۴/۰۲	۵/۶۵۷	۴/۰۷۹۲۷	۰/۰۴۲۱۵۰	۰/۲۳۰۹۳	۷/۹۸۱۵	۲۹/۵۶۸۵	۱۵۰	خطا	
							۱۵۳	کل	

*در سطح ۱ درصد معنی دار است

** در سطح ۵ درصد معنی دار است

جدول ۳-مقایسه میانگین چهار کشت و صنعت نیشکر عمق ۰-۴۰ سانتی متری

	دعبل خزایی	امیرکبیر	کارون	هفت تپه
	میانگین			
OC	1/0749 ^B	0/9938 ^B	1/1336 ^B	1/4406 ^A
Caco ₃	40/617 ^A	39/969 ^A	36/74 ^B	38/023 ^B
Sand	23/855 ^B	30/363 ^A	19/814 ^B	22/425 ^B
Clay	37/577 ^{AB}	38/825 ^{AB}	38/24 ^B	39/438 ^A
PH	8/1110 ^C	8/2210 ^B	8/2709 ^{AB}	8/3372 ^A
MWD	1/1044 ^A	1/0694 ^A	1/2893 ^A	1/2612 ^A
LL	29/44 ^{AB}	29/678 ^{AB}	28/093 ^B	30/674 ^A
PR	0/9873 ^A	0/9726 ^A	1/1559 ^A	1/1626 ^A
BD	1/5276 ^B	1/6001 ^{AB}	1/6107 ^{AB}	1/7703 ^A
ESP	9/7916 ^A	9/8849 ^A	4/3889 ^B	0/2041 ^C
EC	5/471538 ^A	2/90938 ^B	1/999 ^C	0/68077 ^D
PL	20/75275 ^A	20/31452 ^A	21/51 ^A	20/32472 ^A

OC: درصد کربن آلی، Caco₃: درصد کربنات کلسیم، Sand: درصد شن، Clay: درصد رس، PH: اسیدیته خاک، MWD: میانگین هندسی قطر خاکدانه ها، LL: حد روانی، PL:

حد خمیری، PR: مقاومت نفوذی، BD: چگالی ظاهری، θ : درصد رطوبت حین نمونه برداری، ESP: درصد سدیم تبادل، SAR: درصد سریم محلول، EC: هدایت الکتریکی

میانگینهای با حروف یکسان تفاوت معنیداری از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد ندارند

همانگونه که در جدول (۳) مشاهده می شود از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد بین میانگین کربن آلی در سه کشت و صنعت دعبل و امیر کبیر و کارون تفاوت معنی داری وجود ندارند ولی بین این سه کشت و صنعت با هفت تپه از نظر میزان کربن آلی در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری مشاهده شد. بیشترین و کمترین میزان کربن آلی به ترتیب مربوط به هفت تپه (۰/۱۴۴۰۶ درصد) و امیر کبیر (۰/۹۹۳۸ درصد) می باشد (جدول ۳). با توجه به سابقه کشت در هفت تپه و میانگین کربن آلی در آن دیده می شود هر چه تعداد سالهای کشت و کار نیشکر بیشتر باشد

باعث می شود میزان کربن آلی افزایش یابد که با نتایج الکساندر^۱ و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت دارد. همچنین با توجه به میزان رس در این بخش از مزرعه، خاکهای حاوی رس زیاد دارای درصد کربن آلی زیادی می باشند.

همانگونه که در جدول ۳ دیده می شود میانگین کربنات کلسیم بین دو کشت و صنعت امیر کبیر و دعبل و بین کارون و هفت تپه تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد ندارند ولی بین دو کشت و صنعت امیر کبیر و دعبل با کارون و هفت تپه تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد دارند. که بیشترین مقدار کربنات در دو کشت و صنعت امیر و دعبل دیده می شود که وجود کربنات بیشتر در این مزرعه و تفاوت معنی دار بین میزان کربنات امیر کبیر با سه مزرعه دیگر شاید به متفاوت بودن نوع مواد مادری خاک بر گردد. همچنین در جدول (۳) دیده می شود که بین درصد شن در سه کشت و صنعت دعبل، کارون و هفت تپه تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد وجود ندارد ولی بین این سه کشت و صنعت با امیر کبیر تفاوت معنی دار است. همچنین بین میانگین درصد رس در کارون و هفت تپه تفاوت در سطح ۵ درصد معنی دار است ولی بین امیر کبیر و دعبل تفاوت معنی دار وجود ندارد. همانگونه که داده های جدول (۳) نشان می دهد میانگین PH بین هفت تپه، امیر کبیر و دعبل تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد وجود دارد ولی بین کارون با هفت تپه و امیر کبیر تفاوت معنی دار نیست. عواملی همچون کیفیت و نوع و میزان آب آبیاری که عناصری مانند کلسیم و منیزیم را شسته و منجر به اسیدی شدن خاک می شود، نوع کودهای مورد استفاده مانند کودهای ازته که منجر به کاهش PH می شود، کربن آلی که با کلسیم و منیزیم تشکیل اسیدهای کربناته می دهد و باز PH را کاهش می دهد و فاکتورهای دیگری همچون متفاوت بودن نوع ماده مادری خاک بر تفاوت میانگین PH بین کشت و صنعت ها مؤثر می باشند. با توجه به داده های جدول (۳) بین میانگین حد روانی کشت و صنعت های هفت تپه و کارون تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد وجود دارد ولی بین مزارع دعبل و کارون و بین این دو مزرعه با هفت تپه و کارون تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

همانگونه که در جدول (۳) دیده می شود بین میانگین چگالی ظاهری در دو کشت و صنعت دعبل و هفت تپه تفاوت معنی داری از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد وجود دارد ولی بین امیر کبیر و کارون تفاوت معنی دار نیست همچنین بین امیر کبیر و کارون با دعبل و هفت تپه تفاوت معنی داری وجود ندارد. خاک هفت تپه با چگالی ظاهری (۱/۷۷) کیلو گرم بر متر مکعب نسبت به نمونه های خاک سه کشت و صنعت دیگر چگالی بالاتر را دارا می

باشد که علت آن ممکن است به دلیل عملیات خاکورزی زیاد و تردد ماشین ها و از بین رفتن خاکدانه ها و یا وجود سله های سخت و یا وجود کفه رسی باشد. متولی و همکاران (۲۰۰۳) بیان کردند که افزایش چگالی ظاهری و در نتیجه افزایش مقاومت نفوذی در قسمتهای سطحی می تواند به علت ایجاد کفه رسی باشد همچنین مطالعات نشان می دهد که برداشت مکانیکی نیشکر به طور قابل توجهی چگالی ظاهری سطحی خاک را افزایش می دهد به خصوص هنگامی که خاک مرطوب باشد آنتورپن و همکاران (۲۰۰۸).

منابع

۱. حاج عباسی، م. ع.، ا. جلالیان، ج. خواجه الدین و ح. کریم زاده، ۱۳۸۱. مطالعه موردی تاثیر تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بر برخی ویژگی های فیزیکی، حاصلخیزی و شاخص های کشت پذیری خاک در بروجن، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶ : ۱۴۹-۱۶۰.
۲. کارآموز، م. و ش. عراقی نژاد، ۱۳۸۴. هیدرولوژی پیشرفته. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر. ویرایش دوم. صفحه ۴۶۴.
۳. محنت کش، ع.، ۱۳۷۷. ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی تناسب اراضی منطقه شهرکرد برای محصولات زراعی مهم منطقه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۰۱ صفحه.
4. Alexandra, K. N. and D. G. Bullock. 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agron. J.* 92: 75-83.
5. Blake, G. R. and Hartge, K. H. 1986. Bulk density. PP. 363-375. *In: A. Klute. (Eds.), Method of Soil Analysis. Part1. Physical and Mineralogical Methods, 2th ed. Agronomy monographs, 9. ASA-SSSA, Madison, WI.*
6. Bowels, G. E. 1986. Engineering properties of soils and their measurement. McGraw Hill Book Company, New York. 187 pp.
7. Corwin, D. L., S. M. Lesh, P. J. Shouse, R. Sopee and J. E. Ayars. 2003. Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by apparent soil.
8. Dilkova, R., Jokova, M., Kerchev, G. and Kercheva, M. 1998. Aggregate stability as a soil quality criterion. *Soil science, agrochemistry and ecology*, 305-312.

9. Jiang, P. and K. D. Thelen. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. *Agron. J.* 96: 252–258.
10. Kaul, M., R. Hill and C. Walthall. 2004. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. *Agr. Syst.* 85: 1-18.
11. Motavalli, P. P., Anderson, S. H., Pengthamkeerati, P. and Gantzer, C. J. 2003. Use of cone penetrometers to detect the effects of compaction and organic amendments in claypan soils. *Soil & Tillage Research.* 74: 103-114.
12. Nael, M., H. Khademi and M. A. Hajabbasi. 2004. Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in Central Iran. *Appl. Soil Ecol.* 27: 221-232.
13. Nelson, D.W. and Sommers, L.P.1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis: Part 2* (ed.A.L. Page), pp.539–579. *Agronomy Handbook No 9*, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI.
14. Otto, R., Silva, A.P. Franco, H.C.J. and Oliveira, E.C.A. 2011. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. *Soil & Tillage Research.*1-10.
15. Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. (eds.). 1982. *Methods of soil analysis. Part2-Chemical and Microbiological methods.* Second edition. Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin. USA.
16. Sarah, P., 2005. Soil aggregation response to long- and short-term differences in rainfall amount under arid and Mediterranean climate conditions. *Geomorphology* 70, 1–11.
17. Stock, O., Downes, K. 2008. Effects of additions of organic matter on the penetration resistance of glacial till for the entire water tension range. *Soil & Tillage Research.* 99: 191-201.
18. Tanton, T., 1989. Salt and water movement in Saline Clay Soils. *ODUBulletin No. 15*, July 1989. Hydraulics Research, Wallingford.
19. Timlin, D., Pachepsky, Y., Snyder. V. A. and Bryant, R. B. 1998. Spatial and temporal variability of corn yield on a hillslope. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 764–773.