نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 6، بهمن – اسفند 1394، ص. 1639-1629

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1629-1639

بررسی تغییرات کیفیت خاک در اثر آبیاری با استفاده از مدل‌های شاخص تجمعی و نمورو در برخی از خاک‌های استان خوزستان

فاطمه رمضانی[1*] - سیروس جعفری[2] - افشین صلواتی[3] - بیژن خلیلی‌مقدم[4]

تاریخ دریافت: 1393/06/04
تاریخ پذیرش: 1394/03/18

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی شاخص‌های کیفی خاک با استفاده از مدل های کمی در بخشی از اراضی استان خوزستان انجام شد. خصوصیات فیزیکی وشیمیایی نمونه‌های خاک تهیه شده از عمق 30-0 مانند بافت، جرم مخصوص، پایداری خاکدانه، رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای نسبی، تخلخل تهویه‌ای، آب قابل استفاده گیاه، هدایت هیدرولیکی اشباع، کربن آلی، قابلیت هدایت الکتریکی، پ‌هاش، کاتیون‌های محلول، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم تبادلی وظرفیت تبادلی کاتیونی اندازه‌گیری شد. کیفیت خاک با استفاده از دو مدل شاخص تجمعی کیفیت خاک (IQI) و شاخص کیفیت خاک نمورو (NQI) و هرکدام در دو مجموعه‌ی ویژگی‌های خاک TDS و MDS ارزیابی شد. نتایج نشان داد همبستگی مثبت و معنی‌داری بین IQI_{TDS} و IQI_{MDS} و بین NQI_{TDS} و NQI_{MDS} وجود داشت. لذا می‌توان با اندازه‌گیری پارامترهای کمتر، برای تعیین کیفیت خاک به طور تقریبی به نتایج مشابه حاصل از سنجش TDS رسید و موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه شد. طبق نتایج مهم‌ترین عامل محدود کننده کیفیت خاک کمبود ماده آلی، کاهش تخلخل تهویه‌ای و افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک بود. همچنین، تراکم ناشی از تردد بیش از حد و تغییر شرایط بهینه رشد گیاه ناشی از عبور و مرور ادوات کشاورزی سنگین باعث کاهش کیفیت خاک شده است. اگر چه به واسطه کشت و کار میزان ماده آلی افزایش یافته بود با این وجود با مدیریت بهتر می‌توان از اثرات آن برای بهبود درجه کیفی خاک بهره بیشتری برد. بنابراین با عملیات مدیریت ویژه‌ای نظیر تغییر شیوه کشت، شخم، مدیریت بقایا، مصرف کود و حضور ماده آلی به مقدار بهینه و... میتوان با ایجاد ساختمان مناسب و پایدار جلوی تخریب ساختمان و در نتیجه تغییر توزیع خلل وفرج را گرفت.

واژه های کلیدی: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک ، شاخص IQI، شاخص NQI

مقدمه

با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت در کشور و کمبود آب، افزایش تولید از طریق اضافه کردن سطح زیر کشت امکان‌پذیر نبوده و تأمین نیاز غذایی و سایر احتیاجات این جمعیت در حال رشد، فقط از طریق افزایش تولید محصولات در واحد سطح و یا زمان امکان‌پذیر خواهد بود (2). یکی از راه‌های ایجاد تعادل میان جمعیت رو به رشد و تولید مواد غذایی، اولویت دادن و گسترش کشاورزی از طریق افزایش تولید در این بخش بوده و وجود آب و خاک مناسب از عوامل اصلی این فعالیت‌ها هستند(7). خاک دارای عملکردهای متعددی شامل حفظ و تأمین تولید گیاهی، تنوع و فعالیت زیستی خاک، تنظیم و توزیع جریان آب و املاح، پاکسازی و جذب ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی می‌باشد. براساس گزارشات موجود، عملکرد خاک را می‌توان به کمک خصوصیات مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیستی آن تعیین نمود و بر این اساس، اغلب از همین خصوصیات نیز برای ارزیابی کیفیت خاک استفاده می‌شود (22). برای ارزیابی کیفیت خاک از خصوصیاتی تحت عنوان شاخص، استفاده می‌شود. آن دسته از ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری خاک که ظرفیت خاک را برای توانمندی تولید محصول تحت تأثیر قرار می‌دهند، شاخص‌های کیفیت خاک نامیده می‌شوند (1). ارزیابی کیفیت خاک، از طریق اندازه‌گیری برخی از خصوصیات خاک به عنوان شاخص‌های کیفیت خاک صورت می‌پذیرد (20). هر شاخص کیفیت خاک باید دارای خصوصیاتی مشتمل بر فرآیندهای زیست محیطی، حساس به تغییرات محیطی و مدیریتی، قابل اندازه‌گیری، در دسترسی و قابل پردازش‌های کمی باشد (6). شاخص‌های کیفیت خاک می‌توانند شامل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک باشند (1). ارزیابی کیفیت خاک در

1، 2 و 4- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشیار و استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، رامین خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: Ramezani_fatemeh88@yahoo.com)
3- استادیار گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، رامین خوزستان

سال های اخیر پیشرفت قابل توجهی کرده است. درمقیاس جهانی به سبب اهمیت تغییرات محیط زیست، بهبود روش‌های ارزیابی کیفیت خاک برای توسعه کشاورزی پایدار و نیز تشخیص پایداری مدیریت خاک و سیستم کاربری زمین ضروری است (29). از این رو به دست آوردن روش‌ها و شاخص‌های مناسب ارزیابی کیفیت خاک به علت تأثیر مهم آن بر نتیجه گیری و قضاوت نهایی در مورد وضعیت کیفیت و مدیریت خاک، از جمله مهم‌ترین مسائل مورد توجه است (4). همچنین می‌توان از مدل‌هایی که بیانگر تأثیر تجمعی ویژگی‌های مختلف خاک بر کیفیت آن است، برای تعیین کیفیت خاک استفاده کرد (24). درکاربری‌های کشاورزی و زیست محیطی، از دو مدل شاخص کیفیت تجمعی IQI[1] و شاخص کیفیت نمورو NQI[2] برای تعیین کیفیت خاک استفاده می‌شود (5). دراین مدل‌ها مجموعه‌ای از ویژگی های مؤثر بر کیفیت خاک در قالب یک مدل ریاضی با هم ترکیب و به صورت یک کمیت عددی ارائه می‌گردندکه این عدد به عنوان شاخص کلی کیفیت خاک، منعکس کننده مجموعه‌ی ویژگی‌های مورد نظر می‌باشد (24). در منابع موجود، مجموعه‌های مختلفی از ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک برای تعیین شاخص کیفیت خاک (5 و 25) به کار رفته‌اند و شاخص کیفیت خاک براساس مجموعه‌های کل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک (TDS[3]) تعیین شده است. همچنین پژوهشگران تعداد محدودتری از ویژگی‌هایی خاک را که نماینده بهتری از کیفیت خاک بوده‌اند، به عنوان مجموعه‌ی حداقل ویژگی‌های مؤثر بر کیفیت خاک (MDS[4]) پیشنهاد کرده‌اند. انتخاب این ویژگی‌ها بر حسب بیشترین همبستگی با کل کیفیت خاک (شاخص کلی) و سهولت اندازه‌گیری آن‌ها صورت گرفته است (20).

در خوزستان به واسطه شور و سدیمی بودن اراضی، محدودیت زیادی برای کشت و کار وجود دارد که با اصلاح وکشت دراین مناطق، سطح زیر کشت توسعه داده شده است. تعیین کیفیت این اراضی برای ادامه بهره‌برداری از آنها از یک سو و تعیین شاخص‌های کیفی خاک برای مناطق احیاء شده در اثر کشت و کار می‌تواند برای مدیریت بهره‌برداری از این اراضی مهم و موثر باشد. این تحقیق به منظور ارزیابی کیفیت خاک با استفاده از مدل‌های کمی NQI و IQI در اراضی برخی از کشت و صنعت‌های نیشکر استان خوزستان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق، تعداد 166 نمونه به طور تصادفی از عمق 30-0 سانتی‌متری در چهار کشت و صنعت (دعبل خزاعی، کارون، امیرکبیر وهفت تپه) و اراضی مجاور دانشگاه کشاورزی منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در استان خوزستان تهیه شد. خاک غالب منطقه در گروه بزرگ Calcic Haplustepts از راسته اینسپتی سول و خاک های دیگر نیز در راسته‌های اریدی سول وانتی سول قرار دارند (21).

نمونه‌ها پس از جمع‌آوری و انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک شده، سپس بخشی از نمونه‌ها کوبیده و از الک دو میلی‌متر عبور داده شدند. برخی از ویژگی موثر بر کیفیت و پایداری خاک اندازه گیری و برای تعیین شاخص‌های موردنظر استفاده گردید. تجزیه فیزیکی شامل بافت خاک به روش هیدرومتری (10) ،جرم مخصوص ظاهری (Db) به روش سیلندر (3)، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (MWD) به روش الکتر (19) انجام شد.

مقدار تخلخل تهویه ای (FA) از تفاضل رطوبت اشباع و رطوبت در مکش 100 سانتیمتر و رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای نسبی (RFC) از تقسیم رطوبت ظرفیت مزرعه (مکش 33 کیلوپاسکال) بر رطوبت اشباع و رطوبت قابل استفاده گیاه (AWC) از تفاضل رطوبت در مکش های 33 و 1500 کیلوپاسکال محاسبه شد (25). علاوه براین هدایت هیدرولیکی (Ks) اشباع در نمونه‌های دست‌نخورده خاک پس از اشباع تدریجی استوانه ها از بخش زیرین به وسیله محلول کلرید کلسیم 0/01 به روش آزمایشگاهی با بار ثابت، اندازه‌گیری شد. تجزیه شیمیایی انجام شده شامل ماده آلی (OC) به روش والکلی و بلک (28)، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) با استفاده از روش جایگزین کردن یون سدیم به جای کاتیون های تبادلی (23)، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک (EC) و واکنش خاک (pH) در گل اشباع به ترتیب توسط دستگاه‌های EC متر و pH متر اندازه‌گیری شدند (23). سدیم موجود در عصاره خاک به وسیله دستگاه فلیم‌فتومتر و مقدار کلسیم و منیزیم محلول با استفاده از عصاره اشباع خاک توسط روش کمپلکسومتری و از طریق تیتراسیون با ورسین در حضور معرف‌های اریوکروم بلاک‌تی و موروکساید، اندازه‌گیری شد. نسبت جذب سدیم (SAR) به وسیله داده‌های اندازه‌گیری شده (سدیم، کلسیم و منیزیم محلول) با استفاده از رابطه $SAR=\frac{Na^{+}}{\sqrt{\left(Ca^{++}+Mg^{+}\right)^{0/5}}}$ و درصد سدیم تبادلی (ESP) نیز از رابطه $ESP=100SAR/1+SAR$ محاسبه شدند (23).

مجموع ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به عنوان مجموعه کل داده‌ها (TDS) و برای گزینش مجموعه‌ی MDS، از روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی PCA استفاده شد (5) که اینکار با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. برای کاهش حجم داده‌ها با استفاده از روش PCA، ازمیان کل ویژگی های مورد بررسی خاک، ویژگی‌هایی

1- Integrated Quality Index
2- Nemero Quality Index
3- Total Data Set
4- Minimum Data Set

که بیشترین تأثیر را بر کیفیت خاک منطقه داشتند، انتخاب شدند (24). طبق روش گوارتز و همکاران (12) مؤلفه های اصلی با ارزش ویژه بزرگتر از 1 به عنوان MDS انتخاب شدند. در ادامه سهم هر ویژگی (COM) به وسیله روش تجزیه عامل (FA) و در دو مجموعه‌ی TDS و MDS محاسبه شد (27). انجام تجزیه عامل (FA) و محاسبه مقدار سهم ویژگی ها نیز به وسیله ی نرم‌افزار آماری SAS انجام گرفت. سپس نسبت مقدار سهم هر ویژگی به مجموع مقادیر سهم کل ویژگی ها در هر مجموعه، به عنوان وزن هر ویژگی برای محاسبه شاخص کیفیت خاک درنظر گرفته شد. درنهایت با استفاده از روابط زیر مدل‌های IQI و NQI محاسبه شدند (5).

$$IQI = \sum_{i=1}^{n} WiNi$$

در این معادله W_i وزن تعلق یافته به هر ویژگی خاک، Ni مقدار تعلق یافته به هر و یژگی و n تعداد ویژگی‌های موردنظر است. همچنین:

$$NQI = \sqrt{\frac{P_{ava}{}^2 + P_{min}{}^2}{2}} \times \frac{n-1}{n}$$

در این معادله P_{ave} میانگین مقادیر ویژگی های انتخاب شده برای هر نمونه خاک، P_{min} حداقل نمره موجود در بین ویژگی‌های انتخاب شده برای هر نمونه و n تعداد ویژگی‌های مورد نظر برای محاسبه هر شاخص است (5).

نتایج و بحث

با توجه به میزان رس، سیلت و شن، بافت خاک های مورد مطالعه سنگین (لوم رسی) ،میزان ماده آلی خاک‌ها نسبتا کمی باشد. با توجه به میزان ماده آلی موجود در خاک‌های مورد بررسی می‌توان آن را در گروه هوموسی خیلی کم تا کمی هوموسی قرار داد. طبق طبقه‌بندی کهنگ (18) خاک‌هایی با ماده آلی بین 0 تا 1 در گروه خیلی کم هوموسی و بین 1 تا 2 در گروه کمی هوموسی قرار می‌گیرند. تجزیه ماده آلی خاک و عملیات خاکورزی و تردد ماشین آلات می تواند با تخریب ساختمان وگسیخته شدن خاکدانه‌ها، باعث کاهش پایداری خاکدانه‌ها و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شود (17). این فرآیندها سبب افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک و به دنبال آن تراکم خاک، کاهش حجم منافذ، ظرفیت نگه‌داری آب در خاک و تخلخل تهویه‌ای شده است. چنین نتایجی توسط ناصری و همکاران نیز برای خاک‌های برخی از کشت و صنعت‌ها بیان شده است (21). بارندگی کم و همراه با مواد آلی کم در اقلیم خشک منطقه مورد مطالعه، سبب کاهش آبشویی خاک شده و در نتیجه باعث تجمع بازهای تبادلی خاک و در نتیجه افزایش pH خاک گردیده است. در اثر pH زیاد، جذب بسیاری از عناصر مورد نیاز گیاهان دچار اختلال شده است.

جدول 1- متغیرهای آماری خصوصیات شیمیایی اندازه‌گیری شده

Table 1- Statistical variables measured of Chemical properties

	pH (-)	EC (dS/m)	CEC (meq/100g)	OC (%)	SAR $(meq/lit)^{1/2}$
حداقل Min	7.27	0.48	9.76	0.19	0.07
حداکثر Max	8.19	17.9	27.56	1.98	20.43
میانگین Average	7.84	3.02	20.71	1.17	5.63

جدول 2- متغیرهای آماری خصوصیات فیزیکی اندازه‌گیری شده

Table 2- Statistical variables measured of physical properties

	AWC (%)	KS (cm/h)	RFC (%)	FA (%)	MWD (Mm)	Db (gr/cm^3)	S (%)	Si (%)	C (%)
حداقل Min	0.05	0.03	32.2	0.001	0.48	1.33	4.5	17	14.5
حداکثر Max	0.31	36.25	45.5	0.26	1.91	1.99	64	60	55
میانگین Average	0.19	1.66	39.4	0.11	1.09	1.64	24.3	38.0	37.7

نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی خصوصیات کیفی خاک مربوط به همه مناطق در عمق 30-0 سانتی‌متر در جدول 3 آمده است. از بین PCA بدست آمده، فقط PCA هایی که دارای مقادیر ویژه بزرگتر از 1 هستند، در این جدول ذکرشده است. در هر PCA بزرگترین عدد به عنوان MDS انتخاب شد که زیر آن خط کشیده شده است.

جدول3- نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی خصوصیات کیفی خاک در عمق 30-0 سانتی‌متری برای همه مناطق مورد مطالعه

Table 3- Principal component analysis of qualitative characteristics of the soil at a depth of 0-30 cm for all study areas

PCs[a]	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4	PCA5
Eigenvalue مقادیر ویژه	3.74	2.64	2.04	1.70	1.08
Percent درصد	24.93	17.57	13.60	11.33	7.23
Cumulative Percent درصد تجمعی	24.93	42.50	56.10	67.43	74.66
Eigenvectors بردارهای ویژه					
Sand	-0.24	-0.33	-0.11	0.20	0.08
Silt	-0.31	0.26	-0.27	-0.24	-0.19
Clay	-0.24	0.22	0.41	-0.06	**0.64**
OC	**0.40**	-0.06	0.04	0.23	0.64
EC	0.19	0.34	0.11	-0.06	0.26
pH	-0.17	-0.28	-0.10	**0.60**	-0.22
MWD	-0.32	-0.12	0.02	0.03	0.50
Db	-0.16	-0.08	**0.61**	0.49	-0.28
SAR	0.34	0.35	0.22	0.11	0.03
ESP	0.34	**0.36**	0.22	0.10	0.01
CEC	0.26	-0.34	0.15	0.35	0.05
RFC	-0.02	0.30	-0.45	0.31	0.07
FA	-0.17	-0.13	0.55	-0.14	-0.05
AWC	-0.16	0.23	-0/14	0.47	0.00
Ks	0.29	-0.16	-0.19	-0.35	0.28

همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود پنج ویژگی کربن آلی (PCA1)، سدیم تبادلی (PCA2)، جرم مخصوص ظاهری (PCA3)، pH (PCA4) و رس (PCA5) مورد بررسی دارای ارزش ویژه بزرگتر از یک بوده وبه عنوان شاخص‌های MDS انتخاب شدند. دراین جدول، مقادیر سهم هر ویژگی (COM) حاصل از آنالیز تجزیه عامل (FA) و در دو مجموعه TDS و MDS برای همه‌ی مناطق مورد مطالعه ارائه شده است. میزان تأثیرگذاری هر ویژگی در مدل‌های کیفیت خاک، به وزن اختصاص یافته به آن ویژگی بستگی دارد. بنابراین ترتیب تأثیرگذاری مجموعه ویژگی‌های مورد بررسی در این پژوهش بر کیفیت خاک، به ترتیب وزن به دست آمده برای هر ویژگی بستگی دارد. به این ترتیب که ویژگی دارای وزن بیشتر در هر مجموعه‌ی MDS یا TDS دارای تأثیر بیشتر بر مدل کیفیت خاک بوده و با کاهش وزن آن، این تأثیر کمتر می‌شود (12).

از بین خصوصیات خاک، کربن آلی خاک به خاطر اثرات تعیین کننده بر خصوصیات فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک مانند قدرت نگهداری آب و در دسترس قرار دادن آن، چرخه عناصر غذایی، رشد ریشه گیاه، شدت جریان گازها و حفاظت خاک نقش تعیین کننده‌ای بر پایداری کیفیت خاک، تولید محصول و کیفیت محیط زیست دارد و از مهمترین و کلیدی‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت خاک به حساب می‌آید و پتانسیل زیادی برای تغییر در اثر مدیریت‌های مختلف کشاورزی دارد (30). در اثر برداشت مقادیر زیادی از بیوماس در اثر برداشت محصول در مزارع کشاورزی و نیز گاهی سوزاندن بقایای محصولات در طی مراحل آماده سازی زمین برای کشت بعد، تجزیه ماده آلی افزایش می یابد و در نتیجه مقدار کربن آلی خاک کاهش پیدا می‌کند (31).

اگر چه میزان ماده آلی در این خاک‌ها نسبت به اراضی بکر افزایش یافته است، با این وجود با بهبود مدیریت می‌توان نسبت به افزایش بیشتر ماده آلی خاک و بهبود ساختار خاکدانه‌ها در راستای بهبود کیفی خاک گام‌های بزرگی را برداشت. پایداری خاکدانه‌ها در اراضی تحت کشت نیز، به دلیل کاهش مواد آلی در اثر عملیات زراعی شدید به میزان قابل توجهی کاهش و جرم مخصوص ظاهری خاک را افزایش داده است.

جدول 4- وزن ویژگی‌های کیفیت خاک در دو مجموعه MDS و TDSبا استفاده از تجزیه عامل (FA) همه مناطق مورد مطالعه در عمق 30-0 سانتی‌متری

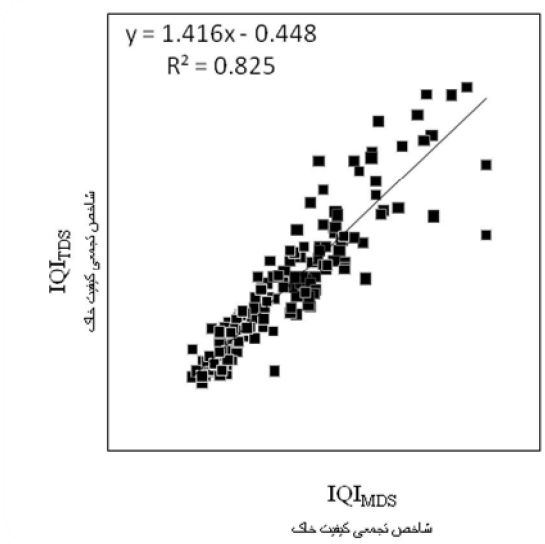
Table 4- The weight of soil quality characteristics of two MDS and TDS using factor analysis (FA) all study regions in the 0-30 cm

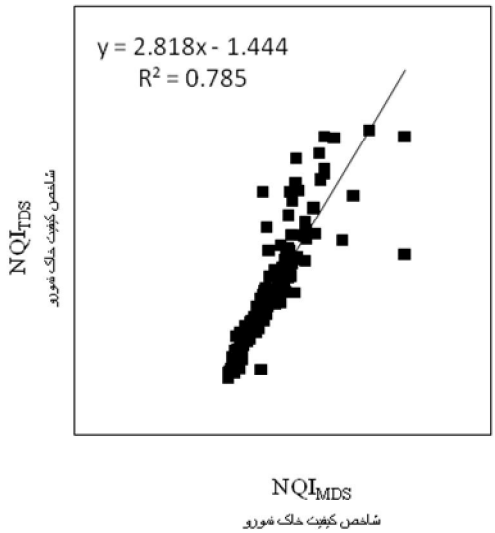
Peroperty ویژگی	MDS		TDS	
	Weight		Weight	COM
Clay	134.45	Clay	134.45	1.00
Silt		Silt	61.01	1.00
Sand		Sand	68.78	1.00
OC	0.18	OC	0.18	0.11
EC		EC	18.22	0.55
FA		FA	0.02	0.19
MWD		MWD	0.12	0.22
Db	0.01	Db	0.01	0.05
SAR		SAR	15.91	0.92
ESP	19.46	ESP	19.46	0.92
CEC		CEC	6.04	0.62
RFC		RFC	0.00	0.09
pH	0.00	pH	0.00	0.27
AWC		AWC	0.00	0.06
Ks		Ks	17.81	0.28

این فعالیت‌ها در این راستا نیز باعث کاهش کیفیت خاک شده‌اند. کاهش میزان ماده آلی خاک سبب کاهش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌گردد که این فاکتور نیز از مؤلفه‌های مهم در ارزیابی کیفیت خاک می‌باشد. در اثر کشت و کار این اراضی pH خاک به دلیل آبشویی ضعیف و بالا بودن میزان کاتیون‌های تبادلی بالا است. دراراضی مورد مطالعه، همه پروفیل خاک دارای مقدار زیادی کربنات‌های کلسیم و منیزیم می‌باشند. بخشی منشاء بخشی از این کربنات‌ها از مواد مادری و بخشی نیز از طوفان‌های گردوغبار می‌باشد. با این وجود در این اراضی مقادیر SAR در اکثر نقاط کمتر از 13 می‌باشدکه بیانگر عدم خطر سدیمی بودن در مناطق مورد بررسی است. با این وجود، در این مناطق با زیر کشت بردن زمین‌ها به دلیل انجام آبیاری، از شوری خاک کاسته شده است. دراین راستا فنگ و همکاران (8) تأثیر معنی دار آبیاری را بر آبشویی و کاهش غلظت نمک‌ها در لایه‌های مختلف خاک‌های کشاورزی گزارش کردند. زهتابیان و همکاران (32) نیز بیان نمودندکه هدایت الکتریکی خاک‌های کشاورزی نسبت به زمین‌های بایر در دشت یزد - اردکان به علت آبیاری و شستشوی نمک ها به طور معنی داری کاهش یافته است.

همبستگی بین شاخص های کیفیت خاک برای کل نمونه های مورد بررسی در شکل های 1 و 2 نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود همبستگی بین مدل IQI_{TDS} و IQI_{MDS} بیشتر از مدل NQI_{TDS} و NQI_{MDS} است. با این وجود در مورد هر دو شاخص، همبستگی بین IQI و NQI به دست آمده با TDS و MDS معنی‌دار می‌باشند.

ضریب همبستگی بین IQI_{TDS} و IQI_{MDS} در این اراضی 83 درصد است (شکل 1). با توجه به رابطه خطی معنی‌دار موجود، می‌توان نتیجه گرفتکه با استفاده از مجموعه‌ی MDS، به صورت قابل قبولی شاخص کیفیت خاک IQI را محاسبه نمود. این نمودار نشان می‌دهد که ضریب همبستگی در مقادیر کم، دارای درجه بیشتری از همبستگی می‌باشد ولی در مقادیر بالاتر این همبستگی کاهش می‌یابد. شاخص IQI_{TDS} محاسبه شده برتری چندانی نسبت به MDS ندارد، بنابراین با استفاده از مجموعه شاخص‌های MDS که تعداد محدودتری از ویژگی‌های خاک را شامل می‌شوند، می‌توان با اطمینان قابل قبولی شاخص‌های کیفیت خاک را تعیین کرد و موجب صرفه جویی در هزینه و زمان لازم برای تعیین کیفیت خاک شد. همچنین ضریب همبستگی بین NQI_{TDS} و NQI_{MDS} برابر با 78 درصد است (شکل 2).





شکل 1-همبستگی بین مدلIQI_{TDS}وIQI_{MDS}..... شکل 2-همبستگی بین مدل NQI_{TDS} و NQI_{MDS}

Figure 1- Correlation between the IQI_{TDS} and IQI_{MDS}.....Figure 2- Correlation between the NQI_{TDS} and NQI_{MDS}

بنابراین پارامترهای کربن آلی، رس، سدیم تبادلی، pH و جرم مخصوص ظاهری که به عنوان مجموعه‌ی MDS تعیین شدند می‌تواند نماینده‌ی مناسبی از TDS باشد. با توجه به ضریب تبیین بالا در این اراضی، می‌توان از شاخص MDS که با استفاده از حداقل ویژگی های مؤثر بر کیفیت خاک انتخاب شده‌اند، به جای شاخص TDS استفاده نموده و به نتایجی مشابه با نتایج حاصل از محاسبه مجموعه TDS رسید. کی و همکاران (24) نیز روابط مشابهی در اراضی منطقه ژیانگسو واقع در چین با ضریب تبیین بالا برای مدل IQI_{TDS} و IQI_{MDS} (R^2=0/65) و NQI_{TDS} و NQI_{MDS} (R^2=0/57) به دست آوردند. شهاب آرخازلو و همکاران (26) همبستگی معنی‌داری بین NQI_{TDS} و NQI_{TDS} (R^2=0/62) و IQI_{TDS} و IQI_{MDS} (R^2=0/56) خاک‌های کشاورزی منطقه‌ی ده‌سرخ واقع درجنوب شهر مشهد با ضریب تبیین بالا مشاهده کردند.

با استفاده از مجموعه‌ی MDS به جای TDS ،می‌توان با اطمینان قابل قبولی شاخص های کیفیت خاک را تعیین کرد. ولی برخی پارامترها از قبیل CEC و میانگین قطر خاکدانه ها یا MWD که در کیفیت خاک، تولید محصول و رشد گیاه نقش زیادی دارند در شاخص MDS مطرح نشده است و همه تغییرات داده‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. این امر حساسیت مدل MDS را برای ارزیابی کیفیت خاک کاهش می‌دهد. مدل TDS به دلیل استفاده از همه داده‌ها در محاسبه از دقت بیشتری برخوردار است با این وجود چون در MDS از تعداد کمتری از خصوصیات خاک استفاده می‌شود، از نظر اقتصادی به‌صرفه‌تر است.

درجه کیفیت خاک

کی وهمکاران (24)، برای کیفیت خاک چهار درجه راتعیین کردند که در این درجه‌بندی خاک های درجهI مناسب برای رشد گیاه، درجه‌ی II مناسب برای رشد گیاه لیکن با مقداری محدودیت، درجه III دارای محدودیت بیشتری نسبت به درجه II و درجه IV دارای محدودیت زیاد برای رشد گیاه است (جدول5).

جدول5- دامنه امتیازات برای چهار درجه شاخص‌های کیفیت خاک درعمق 30-0 سانتی‌متری

Table 5- The range of scores for four of the indicators of soil quality in the 0-30 cm

درجه Degree	دامنه امتیازات range of score			
	NQI_{MDS}	NQI_{TDS}	IQI_{MDS}	IQI_{TDS}
I	0.80<	0.55<	0.78<	0.76<
II	0.70-0.80	0.45-0.55	0.68-0.78	0.66-0.76
III	0.60-0.70	0.35-0.45	0.58-0.68	0.56-0.66
IV	0.60>	0.35>	0.58>	0.56>

با توجه به جدول فوق، از 166 نمونه عمق 30-0 سانتی‌متری، مدل IQI براساس شاخص TDS کیفیت خاک، خاک‌های با درجه I، II، III و IV به ترتیب 12/65، 25/30، 22/89 و 39/15 درصد از نمونه‌های مورد مطالعه را به خود اختصاص می‌دهند. بیشترین تعداد خاک‌ها به درجه IV تعلق داشت، که نشان‌دهنده خاک‌هایی با محدودیت زیاد برای رشد گیاهان است. براساس مدل IQI_{MDS}، خاک‌های با درجه I، II و III درصد کمی از نمونه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند (بترتیب 7/22، 3/61 و 7/83) و بیشترین درصد نمونه‌ها به گروه خاک‌های با درجه IV (81/32) تعلق دارند. در مدل NQI بر اساس شاخص TDS، 5 درصد خاک‌های درجه I، 17/5 درصد خاک‌های درجه II، 30 درصد خاک‌های درجه III، 47/5 درصد خاک‌های درجه IV، شامل شدند و در مدل NQI_{MDS} خاک‌های درجه I، 6/02 درصد، درجه II، 6/02 و درجه III، 7/22 درصد نمونه‌ها را شامل می‌شوند، که فراوانی کمی را به خود اختصاص می‌دهند و بیشترین فراوانی مربوط به خاک‌های با درجه IV یعنی 80/72 درصد است که بیانگر محدودیت زیاد برای رشد گیاهان هستند.درصد خاک‌های کلاس I، II، III و IV در هر دو مدل تقریبا با هم برابر است. با توجه به این نتایج می‌توان گفت هر دو مدل در این مطالعه شبیه به هم هستند.

نتایج امتیاز بندی برای چهار درجه کیفیت خاک نشان داد که کیفیت خاک مناطق مورد مطالعه نسبتاً پایین است. از بین ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی اندازه‌گیری شده، بافت سنگین خاک، ماده آلی کم، جرم مخصوص ظاهری زیاد و pH بالا، بیشترین محدودیت را برای رشد گیاهان و کاهش کیفیت خاک داشتند. وجود سیلت زیاد وکمبود ماده آلی همراه با نبود ساختمان قوی، در خاک‌های این مناطق می‌تواند سبب ایجاد سله‌های سخت پس از آبیاری شود که از محدودیت‌های مهم این اراضی به حساب می‌آید (12). سنگین بودن بافت خاک همراه با تردد ماشین الات سنگین در زمان برداشت با رطوبت زیاد خاک سبب تراکم زیاد خاک‌ها به ویژه در لایه سطحی شده است. این فرایند توسط ناصری و همکاران (21) نیز تشریح شده است.

افزایش pH موجب افزایش تراکم بار منفی رس‌ها، افزایش نیروی دافعه بین رس‌ها می‌گرددکه در حضور کاتیون آبگیری مثل سدیم می‌تواند سبب افزایش لایه دوگانه پخشیده خاک شده و در نتیجه باعث پراکنش رس‌ها و کاهش پایداری خاکدانه‌ها گردد (16). همچنین به دلیل تأثیر pH بالا (8/19-7/27) بر شکل قابل استفاده عناصر غذایی و ایجاد محدودیت در جذب عناصر کم مصرف و فسفر، این فاکتور می‌تواند برای رشد گیاهان اثرات منفی به بار آورد. طبق مطالعات جعفری و همکاران (14) اراضی کشت و صنعت کارون که در سال‌های قبل از بهره‌برداری دچار محدودیت های شور و سدیمی بوده‌اند، در طی سالیان متمادی از طول دوره بهره‌برداری، مقادیر هدایت الکتریکی زه‌آب هایی ناراضی به حد تعادلی رسیده است به طوری که هدایت الکتریکی زه آب‌ها از 4/6 دسی زیمنس بر متر در سال 1357 به حدود 2 دسی زیمنس بر متر در سال 1386 رسیده است. اگر چه شاخص های کیفی نشان دهنده آن است که وسعت کمی از اراضی دارای درجه کیفی مناسبی است با این وجود با رعایت برخی از راهکارهای مدیریتی می‌توان نسبت به رفع این محدودیت‌ها و بهبود کیفیت خاک اقدام نمود. از جمله این موارد عدم آتش زدن بقایای گیاهان در مزارع، کاهش تردد ماشین آلات، تردد در رطوبت کم خاک و تغییر برخی از شیوه‌های کشت سنتی و حرکت به سمت سیستم کم خاکورزی را می‌توان بیان نمود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از مهمترین فعالیت‌ها در پایداری چشم انداز اراضی، ارتقاء و حفظ کیفیت منابع خاک است. پایش از مهمترین راه‌های کنترل حفظ یا کاهش کیفیت خاک است. کشت‌های طولانی مدت و مستمر یک گیاه زراعی همراه با عملیات زراعی نامناسب سبب افت شاخص‌های کیفی خاک اعم از فیزیکی و شیمیایی شده است که مهم‌ترین آن کاهش مواد آلی بوده که باعث افزایش جرم مخصوص ظاهری و کاهش تخلخل و در نتیجه کاهش پایداری خاکدانه‌ای شده و میزان نگهداشت آب درخاک کاهش می‌یابد. در این خاک‌ها با افزایش رس، نفوذپذیری کاهش یافته و خاک سفت‌تر و تهویه و نفوذ ریشه‌ها با مشکل مواجه می‌شود و در نتیجه کاهش رشد و متعاقباً کاهش عملکرد مشاهده گردید. با توجه به میانگین pH می‌توان گفت خاک‌های مورد مطالعه آهکی می‌باشند که pH زیاد قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف به خصوص آهن و روی را کاهش می‌دهد. با این وجود کشت و زرع در این اراضی نسبت به اراضی بکر، باعث کاهش شوری و نسبت جذب سدیم شده است بطوریکه آن را در سطحی مناسب برای زراعت اکثر محصولات زراعی قرار داده است. بنابراین برای جلوگیری از تخریب خاک و خالی شدن آن از عناصر غذایی نیاز است که بطور دوره‌ای خصوصیات کامل خاک مورد بررسی و مطالعه قرار گیرند تا از طریق رصد کردن این تغییرات عملیات‌های مدیریتی مناسب از قبیل به حداقل رسانیدن دفعات شخم و به هم زدن خاک، برگرداندن بقایای گیاهی بعد از برداشت، اعمال روش‌های مناسب خاکورزی، تناوب صحیح زراعی، حفظ ماده آلی و آبیاری و ... برای افزایش کیفیت خاک و مقابله با عوامل تخریبی خاک استفاده نمود. همچنین در مناطق خشک، انجام آبیاری مناسب به منظور آبشویی نمک‌ها، افزایش قابلیت استفاده از آب و در نهایت جهت تولید محصول کشاورزی لازم می‌باشد.

منابع

1- Arshad M. A., and Martin S. 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 88: 153-160.
2- Banaie M. H., M. Baibordi M., Momeni A., and Malakouti M. J. 2004. Iran soils (New developments in the identification, management and utilization). Soil and Water Research Institute. Sana publications. 481 pp. (in Persian).
3- Blake G. R., and Hartge K. H. 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed), Methods of soil analysis. 2Th Ed. American Society of Agronomy, Inc., SSSA. 9. Madison. WI. USA. Pp. 363-375.
4- Ditzler C. A., and Tugel A. J. 2002. Soil quality field tools of USDA, NRCS. Soil quality institute. Agron, 94: 33–38.
5- Doran J.W., and Parkin T. B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: J.W. Doran et al. (Eds.). Definingsoil quality for a sustainable environment. SSSA, Special Publication. P. 35.
6- Doran J. W., Sarrantonio M., and Leibig M. A. 1996. Soil health and sustainability. Adv. Agron, 56: 1-56.
7- Eynard A., Schumacher T. E., Lindstrom M. J., and Malo D. D. 2004. Aggregate sizes and stability in cultivatedSouth Dakota prairie Ustolls and Usterts. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:1360-1365.
8- Feng Z., Wang X., and Feng Z. 2005. Soil N and salinity leaching after the autumn irrigation andits impact ongroundwater in Hetao Irrigation District, China. Agric. Water Manag, 71: 131–143.
9- Fuentes J. P., Flury M., and Bezdicek D. F. 2004. Hydraulic properties in a Silt Loam soil under Natural Prairie, Conventional Till, and No-Till. Soil Sci. Soc. Am. J. 68: 1679-1688.
10- Gee G. W. and Bauder J. W. 1986. Particle size analysis. In: A. Klute(ed.). Method of soil analysis. Part. 1. SSSA. pp: 383-411.
11- Ghorbani Z., Jafari S., and Khalil moghaddam B. 2013. The effect of soil physicochemical properties under different land use on aggregate stability in some part of Khuzestan province in some lands of Khuzestan province.Electronic journal of soil management and sustainable production. Vol. 3(2), 2013: 29-51. (in Persian).
12- Govaerts B., Sayre K. D., and Deckers J. 2006. A minimum data set for soil qualityassessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. Soil and TillageResearch, 87:163–174.
13- Jafari s. 2005. The study of mineralogical, Structural, Physicochemical evolution and K fixation in soils and clay minerals in rotation crop, sugarcane and fallow. PhD thesis. Shiraz university. Department of Soil Science. (in Persian).
14- Jafari s., Naseri A., Hajishah M., and Sharifipour M.. 2008. Prediction of drainage water quality from utilization and amended of saline and alkali land in Khuzestan Province. Second National Conference on Irrigation and Drainage network management. ShahidChamranUniversity of Ahvaz. (In Persian).
15- Jafari s., and Nadian H. 2011. The Study the evolution of soils in a Toposequence in Khuzestan province. Plan No. 85-17. Ramin agriculture and natural resources. (in Persian)
16- Karimi H., Soufi M., Haghnia G., and Khorasani R. 2008. Investigation ofaggregate stability and soil erosion potential in some loamy and sandy clayloam soils: case studyin Lamerd watershed (south of Fars province). J. Gorgan Agric. Sc. Nat. Res. 14: 6. 348-356.
17- Khormali F., Ajami M., Ayoubi S., Srinivasarao Ch., and Wani S.P. 2009. Roleof deforestation and hillslope position on soil quality attributes of loess-derivedsoils in Golestan province, Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment, 134: 178-189.
18- Kohnke H. soil physics. Rafie M. J. Tehran University. 296 pp.
19- Marquez C. O., Garcia V. J., Cambardella C. A., Schultz., R. C., and Isenhart, T. M. 2004. Aggregate- Size Stability Distribution and Soil Stability. Soil Sci. Soc. A. J. 68:725-735.
20- Mohammadi J., Khademi H., and Nael M. The Study of variability of soil quality in selected ecosystems in Central Zagros. Journal of science and technology of agriculture and natural resources, water and soil science. Vol 9(3): 105-120. (in Persian).
21- Naseri A. A., Jafari S., and AliMohammad M. 2007. Soil compaction due to Sugarcane (*Saccharum officinarum*) mechanical harvesting and the effects of subsoiling on the improvement of soil physical properties. J. Ap. Sci. 7:23. 3639-3648.
22- Norton B. J., Sandor J. A., and White C. S. 2003. Hillslope soils and organic matter dynamicswithin native American agro ecosystem of the Colorado Plateau. Soil Sci. Soc. Am. J., 67: 225-234.
23- Page A. L., Miller R. H., and Keeney D. R. 1982. Methods of Soil Analysis, part 2, chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America. Madison, WI.
24- Qi Y., Jeremy L., Darilek B. H., Yongcun Z., Weixia S., and Zhiquan G.2009. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China.Geoderma, 149:325-334.
25- Reynolds W. D., Drury C. F., Tan C. S., Fox C. A., and Yang X. M. 2009. Use of indicators and pore volume

functioncharacteristics to quantify soil physical quality. Geoderma, 152: 252-263.
26- Shahab Arkhazloo H., Emami H., and Haghnia G. H.2012. Evaluation of the relationship of soil quality models andsustainability indices of agricultural and rangelandsoils in south Mashhad. Iranian J. Soil Research, (Soil and Water Sci.) Vol. 26, No. 3.
27- Shukla M. K., Lal R., and Ebinger M. 2004. Soil quality indicators for the North Appalachian experimental watersheds in Coshocton, Ohio. Soil Science, 169:195–205.
28- Walkley A. 1947. A Critical examination of a rapid method for determining soil organic carbon in soils. Effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. Soil Sci. 63: 251-263.
29- Wang X. J., and Gong Z. T. 1998. Assessment and analysis of soil quality changes after eleven years of reclamation in subtropical China. Geoderma, 81: 339–355.
30- Whalen J.K., and Chang C. 2002. Macro aggregate characteristics in cultivatedsoilsafter 25 annual manure applications. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 1637-1647.
31- Wu R., and Tiessen H. 2002. Effect of land use on soil degradation in Alpine grassland soil, China. Soil Sci.Soc.Am. J. 66: 1648-1655
32- Zehtabian Gh. R., Sardari M., and Souri M. 2006.The Effect of irrigation on soil salinization. Case study in Yazd-Ardakan. Journal of the desert. Vol 11(1): 197-210. (in Persian).

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1629-1639

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 6، بهمن –اسفند 1394، ص. 1639-1629

Study the Soil Quality Changes Indicators Using Nemoro and Integrated Quality Index Models in Some Khuzestan's Soils

F. Ramezani[1]*- S. Jafari[2]- A. Salavati[3]- B. Khalili Moghaddam[4]

Received: 26-08-2014
Accepted: 08-06-2015

Introduction: Aspects of the physical, chemical and biological are considered. Land degradation for soil quality, or improve soil quality assessment is important.This study was conducted to evaluate soil quality indicators using quantitative models in some lands of Khuzestan province (Iran).Such studies, which are carried out to create a balance between the biological production and the maintenance and improvement of land resource quality, provide a framework for land degradation control and also for identification of sustainable management. Such studies, which are carried out to create a balance between the biological production and the maintenance and improvement of land resource quality, provide a framework for land degradation control and also for identification of sustainable management.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of crop management and cultivation on soil quality, Select several Khuzestan region and Samples were taken from the surrounding cultivated land. Physiochemical characteristics of soil samples from a depth of0-30 cm such as soil texture, bulk density (Db), mean weight diameter of wet aggregates (MWD), relative field capacity (RFC), air capacity (FA),plant available water capacity (AWC), saturated hydraulic conductivity (Ks), organic carbon (OC),electrical conductivity (EC), pH, soluble cations (Mg, Ca, Na),sodium absorption ratio (SAR), exchange sodium percent (ESP) and cation exchange capacity were determined (CEC). The soil quality was evaluated by integrated quality index (IQI) and Nemero quality index (NQI) in two data sets of soil properties including MDS and TDS. In these models, a set of characteristics that affect the quality of the soil in the form of a mathematical model incorporating and to propose a numerical quantity this number serve as general indicator of soil quality, Reflect the characteristics of the target.

Results and Discussion: The results showed that there was significant correlation between IQI_{TDS} - IQI_{MDS} and between NQI_{TDS} -NQI_{MDS}. The results show that the NQI_{TDS} model can be saved in compire with IQI models. This can decrease the time and costs in this method. But in some regions due to low correlation with Using a set of MDS, which comprise more limited number of soil characteristics You cannot reliably determine soil quality indicators are acceptable and should use the same set of TDS. Also, the results show that the soil was compacted due to heavy traffic, and this has reduced soil quality. The most important limiting factor of quality soil was reduced soil organic matter and porosity and increased bulk density. None of the subjects in the study area are not very stable and unstable. According to the research, increased of cultivation in most soils were clay and silt and decreased sand content. The burning of sugarcane after harvesting, can be to cause reduce organic matter, Finally, reduced the cation exchange capacity related of the soil organic matter and thus increased the bulk density of soil and reduced the soil structural stability. Decreased the electrical conductivity of the saturation extract and sodium adsorption ratio under cultivation and showed increasing trend pH of soil in all the samples. Finally reduced under cultivation soil quality. Nevertheless, we can better manage the effects can be even more improved soil quality grade. Therefore, a special management operations, such as changing the way farming, plowing, residue management, fertilizer use and the presence of organic matter the optimum, Reduce negative environmental effects such as the effect of insecticides and heavy metals... By creating a suitable building could be Prevent the destruction of the building and therefore the distribution of pores.

Conclusion: This investigation showed the efficiency of soil quality studies for the evaluation of present conditions of soil in agricultural and natural ecosystems. Therefore, these soils need to special management, such as minimum tillage or no tillage, addition of residues, and improve of aggregate stability can be applied for soil improvement quality. These strategies can improve soil prosity and, therefore, it can reduce bulk density under

1, 2 and 4- M.Sc. Graduated, Associate Professor and Assistant Professor Department of Soil Science, University of Agriculture and Natural Resources, Ramin, Respectively

(* - Corresponding Author Email: Ramezani_fatemeh88@yahoo.com)

3- Assistant Professor of Department of Biotechnology, University of Agriculture and Natural Resources, Ramin, Iran

monocroping system. Therefore, special management practices seems essential in arid and semi-arid regions. Given the importance of soil quality in balancing the environment and the sustainability of agricultural systems, in addition to the chemical and physical factors, biological factors to take appropriate management programs and improve soil quality checked.

Keywords: NQI Models, IQI Models, Physicochemical Properties