بررسی اثر کشت برنج فاریاب بر برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه گنبد کاووس

علی اکبر حسینی[1*]، شهلا محمودی[2] و محمد حسن مسیح‌آبادی[2]

چکیده

برنج از جمله گیاهانی است که نقش اساسی در تغذیه انسان دارد. برنج در این منطقه هم‌چون بیشتر نقاط دنیا به روش غرقاب کشت می‌شود. غرقاب نمودن خاک و عملیات گلخرابی بسیاری از پارامترهای خاک را تحت تاثیر قرار داده و باعث تغییرات اساسی در بسیاری از خصوصیات خاک می‌گردد. به‌منظور بررسی نقش کاربری بر برخی از تغییرات خاک، تعداد شش نیمرخ در اراضی تحت کشت برنج، کشت دیم و مرتع که از نظر مواد مادری، اقلیم و توپوگرافی شرایط یکسانی داشتند، حفر گردید. پس از تشریح نیمرخ‌ها، یک‌سری از پارامترهای مهم و موثر روی کیفیت خاک از جمله بافت، ساختمان، OC، CCE، pH، CEC و EC مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کشت برنج به روش غرقابی و عملیات گلخرابی، باعث تغییر بسیاری از خصوصیات خاک شده است. در لایه سطحی اراضی تحت کشت برنج به‌دلیل رطوبت و دمای مناسب، فرآیندهای خاک‌سازی شدت یافته و باعث افزایش میزان رس و CEC گردیده است. درصد آهک در همه خاک‌ها با زیاد شدن عمق افزایش یافته و منجر به تشکیل افق کلسیک شده است. میزان اسیدیته لایه سطحی خاک‌ها به علت افزایش مواد آلی و دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیت میکروبی کاهش یافته است. هدایت الکتریکی در لایه سطحی خاک اراضی تحت کشت برنج نسبت به خاک‌های تحت کشت دیم و مرتع به دلیل تبخیر بیشتر آب و بجاماندن املاح افزایش یافته است. بنابراین کشت برنج، با ایجاد محدودیت، کاهش عملکرد گیاهانی که در تناوب کشت با این گیاه قرار می‌گیرند را به‌دنبال داشته است.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات خاک، کشت برنج، گلخرابی، مرتع، استان‌گلستان.

تاریخ دریافت: ۹۲/۲/٦ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۲٤

۱- دانشجوی دوره دکتری رشته خاک‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

*** نویسنده مسئول: hosseyni.aa@gmail.com**

۲- به ترتیب استاد و استادیار گروه خاک‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

مقدمه

حیات انسان وابسته به خاک بوده و باگذشت زمان و افزایش جمعیت این وابستگی به شدت رو به افزایش است. خاک تحت تاثیر متقابل فرآیندهای خاک‌سازی به‌وجود می‌آید. فرآیندهای خاک‌سازی نیز تحت تاثیر عوامل خاک‌سازی می‌باشند و با تاثیر متقابل عوامل خاک‌سازی و عامل انسان و بر حسب شدت و ضعف اثرات مذکور خاک‌های متفاوتی بوجود می‌آید (Jafari and Sarmadian, 2003). از عوامل بسیار موثر در تغییر و تحول خاک‌ها، کاربری و نوع استفاده از زمین است که با توجه به اهمیت آن، اراضی باید قبل از هر گونه استفاده مورد ارزیابی قرار گیرند. ارزیابی اراضی بر این مفهوم استوار است که انواع استفاده‌های مختلف دارای نیازهای متفاوتی هستند (Ayoubi and Jalalian, 2006). یکی از اصول مهم ارزیابی تناسب اراضی توجه به انواع استفاده‌های پایدار است که متاسفانه در بسیاری ازکشورها از جمله ایران چندان توجهی به آن نمی‌شود و اکثر بهره‌برداران بدون توجه و شناخت کافی از استعداد و ظرفیت تولید اراضی، صرفاً به منظور کسب درآمد بیشتر به‌طور نامتناسب از زمین بهره‌برداری می‌نمایند. بهره‌برداری غیر اصولی ضمن کاهش شدید حاصل‌خیزی و پتانسیل تولید خاک، خسارات جبران ناپذیر به پیکره خاکی که طی فرآیندهای مختلف خاک‌سازی و زمان بسیار طولانی تشکیل شده است، وارد ساخته و ضمن تخریب خاک، حیات گیاهان، جانوران و در نهایت انسان را به نابودی می‌کشاند.

کاربری‌های مختلف اثرات متفاوتی روی خصوصیات و تحول و تکامل خاک دارند. در بین محصولات زراعی، برنج دارای شرایط ویژه می‌باشد. شرایط خاص رشد برنج وجود رطوبت زیاد یا حالت استغراق است که به صورت طبیعی یا در نتیجه فعالیت انسان به‌عنوان بهره‌بردار ایجاد می‌گردد. شرایط استغراق سه عامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی که در تشکیل و تحول خاک و بسیاری از فرآیندهای خاک‌سازی نقش دارند را به‌شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد (Pazira and Masihabadi, 2005). بیش از ۹۰ درصد از منابع آب شیرین در آسیا برای اهداف کشاورزی استفاده می‌شود که تقریبا نیمی از حجم کل این آب، برای تولید برنج استفاده می‌شود (Asadi and Shaheen Rokhsar Ahmadi, 2009). برنج فاریاب ۵۵ درصد سطح زیر کشت و ۷۵ درصد تولید جهانی برنج را به خود اختصاص داده است (Dobermann and Firhorest, 2005). در اثر غرقآب شدن خاک خشک، آب به داخل خاکدانه‌ها نفوذ می‌کند و با تراکم هوای محبوس منجر به متلاشی شدن آن‌ها می‌گردد. هم‌چنین در این گونه موارد، آهن و منگنز به شکل احیا و محلول در آمده و اتصال‌های آلی بین ذرات متلاشی می‌گردد. با کاهش استقامت خاکدانه‌ها، خاکدانه‌ها خرد و به‌دلیل مسدود شدن خلل و فرج خاک به وسیله ذرات و بقایای میکروبی، نفوذپذیری و هدایت آبی خاک به میزان زیادی کاهش می‌یابد (Mahmoodi and Hakimian, 2013). کشت برنج به روش غرقابی و انجام عملیات گلخرابی با متراکم نمودن خاک لایه گلخراب و لایه زیر آن باعث کاهش نفوذپذیری، ازبین بردن تهویه و تخریب شدید ساختمان خاک می‌گردد (Hosseini, 2005).

مواد آلی و بقایای جانوری موجود در خاک باعث می‌شوند تا برخی ذرات حاصله از هوازدگی سنگ‌ها که در ابتدا دانه‌های مجزا از هم بوده‌اند به یکدیگر چسبیده و ذرات ثانویه‌ای را به‌وجود آورند که به آن خاکدانه گفته می‌شود. عملیات گلخرابی باعث تخریب خاکدانه‌ها می‌گردد. وجود و اندازه خاکدانه‌ها از نظر حاصل‌خیزی و قابلیت نفوذ آب و هوا به داخل خاک بسیار حایز اهمیت است. خاک‌های فاقد خاکدانه جزء خاک‌های غیرحاصل‌خیز به‌شمار می‌روند (Alizade, 2006). بافت خاک به‌خصوص درصد رس، بر انتقال آب و هم‌چنین تکامل شرایط غیرهوازی تاثیر می‌گذارد و موجب دنیتریفیکاسیون می‌شود. دنیتریفیکاسیون در خاک‌های غرقآب و حاصل‌خیز مانند شالیزارها، معضل بزرگی محسوب می‌شود. در چنین شرایطی، نیتروژن زیادی توسط این فرآیند به‌هدر می‌رود (Gerard, 2008).

میرزایی و پذیرا (Mirzaii and Pazira, 2005) در ارزیابی روش‌های ماندگار و غیرماندگار در شالیزارهای استان مازندران معتقدند که ایجاد شبکه زهکشی به منظور استفاده از حداکثر توان تولید اراضی ضروری می‌باشد. فقدان شبکه زهکشی مناسب، خشک شدن زمین در زمان برداشت محصول برنج را به تاخیر انداخته و خطرات ضایع شدن محصول در اثر بارندگی را افزایش داده و در صورت احداث شبکه زهکشی مناسب امکان کشت دوم فراهم می‌گردد. بهمنیار (Bahmanyar, 2007a) در تحقیقی در اراضی شالیزار مازندران نتیجه گرفت که کشت دایم این گیاه باعث تغییر رژیم

رطوبتی از زریک به آکوئیک، رنگ خاک از قهوه‌ای به خاکستری، افق سطحی از مالیک به اکریک، ساختمان خاک از کروی[1] به بدون ساختمان (توده‌ای)[2] و هم‌چنین باعث تغییر رده خاک از مالی‌سول به این‌سپتی‌سول می‌شود. اگبدو (Ogbodo, 2010) مطالعه‌ای درباره اثر بقایای گیاهی بر خصوصیات فیزیکی خاک شالیزار و عملکرد برنج انجام داد. نتایج این تحقیق نشان داد که بقایای محصولات، رطوبت، نفوذپذیری و تخلخل خاک را به‌طور معنی‌داری افزایش داده، در حالی که وزن مخصوص ظاهری و دمای خاک را تا حد زیادی در مقایسه با قطعه‌ی فاقد بقایای گیاهی کاهش داده است. لین-زانگ و تان‌گونک (Lin Zhang and Tong Gong, 2003) در تحقیقی که در زمینه تکامل پدوژنتیکی خاک‌های شالیزار انجام دادند، معتقدند که تغییرات رس در خاک‌های جوان کم است و سطح آب زیر زمینی بالا مانع از خارج شدن رس می‌شود و اگر هم به‌طور جزیی خارج شود توسط رسوبات بالا جبران می‌شود.

بر اساس گزارش آماری بانک اطلاعات زراعت مرکز آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی در سال ۹۰-۸۹، متوسط سطح زیرکشت برنج در ایران از دهه ٦۰ تاکنون حدود۳۰ درصد و طی همین مدت در استان گلستان بیش از ۲۰۰ درصد افزایش نشان می‌دهد. با توجه به افزایش چشمگیر سطح زیر کشت برنج در این منطقه، بررسی اثرات کشت آن بر خصوصیات خاک ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین هدف اصلی از این تحقیق بررسی و شناخت اثرات زیانبار کشت برنج بر برخی از خصوصیات خاک در مقایسه با اراضی تحت کشت دیم و مرتع می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در محدوده '۱۷ °۳۷ تا '۲۰ °۳۷ شرقی و '۱۰ °۵۵ تا '۱۱ °۵۵ شمالی انجام پذیرفت. (شکل ۱) بر اساس داده‌های آماری ۱۹ ساله ایستگاه سینوپتیک شهرستان گنبد کاوس، متوسط بارندگی منطقه ٤٦۱/۵ میلی‌متر و متوسط حداکثر و حداقل دمای سالیانه به‌ترتیب ۲٤/۵ و ۱۲/۵ درجه سلسیوس می‌باشد. متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۸/۵ درجه سلسیوس و اختلاف میانگین درجه حرارت تابستان و زمستان بیش از ۵ درجه سلیسوس می‌باشد. بنابراین رژیم رطوبتی منطقه زریک[3] و رژیم حرارتی ترمیک[4] و رده‌های خاک بر اساس کلید رده‌بندی خاک (2010)[5] تعیین گردید. (جدول ۱)

اراضی این منطقه بیشتر تحت کشت غلات دیم می‌باشند و آبیاری اراضی آبی، از طریق چاه‌های عمیق و آبندان (ذخیره آب‌های سطحی) تامین می‌گردد. برنج در این منطقه به‌عنوان کشت دوم معمولاً از نیمه دوم خردادماه تا نیمه اول تیرماه کشت می‌شود. در این تحقیق بر اساس اهداف تعیین شده و پس از شناسایی منطقه، تعداد شش نیمرخ در اراضی تحت کشت برنج، کشت غلات دیم و مرتع حفر گردید. پس از تشریح نیمرخ‌ها از هر یک از افق‌های شناسایی شده نمونه‌برداری به‌عمل آمد. سپس نمونه‌های خاک به منظور اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد نظر به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شد. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد و کوبیده شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و آزمایشات زیر براساس دستورالعمل تجزیه‌های آزمایشگاهی نمونه‌های خاک و آب (نشریه شماره ٤٦۷) بر روی آن‌ها انجام پذیرفت. بافت خاک پس از حذف مواد آلی با استفاده از روش هیدرومتری تعیین شد. اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه pH سنج اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی هر یک از نمونه‌ها با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی تعیین گردید. آهک خاک به روش خنثی کردن مواد با اسید و تیتراسیون اسید اضافی با سود اندازه‌گیری شد. کربن آلی با اکسیداسیون توسط دی کرومات پتاسیم و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش چاپمن اندازه‌گیری شد. سپس نتایج حاصل از مطالعات صحرایی و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی بررسی وروند تغییر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک اراضی تحت کشت برنج با کاربری‌های مرتع و کشت دیم مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج برخی از خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است. این مطالعه نشان داد که کشت برنج باعث تغییر اساسی در خصوصیات خاک نسبت به اراضی کشت دیم و مرتع شده است. بررسی دانه‌بندی خاک‌ها بیانگر آن است که علی‌رغم داشتن منشاء و مواد مادری

[1] granular
[2] massive
[3] Xeric
[4] Thermic
[5] Key to soil taxonomy, 2010

جدول ۱- نتایج برخی از خصوصیات مرفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

Table 1. Results of some morphological , chemical and physical parameters of soil in the study area

Land use	horizon	depth (cm)	EC×103 dS/m	CEC m.e/100 g	pH	CCE (%)	O.C (%)	Percent particles			Soil texture	Soil structure
								sand	silt	clay		
fine, mixed, active, thermic, typic Calcixerepts												
paddy soils	A_P	0-30	3.5	19.5	7.7	5	1.65	16	44	40	SiC	m
	B_{k1}	30-65	2.9	18.1	8.0	9.5	0.93	26	34	40	CL	m
	B_{K2}	65-90	3.8	16.8	7.9	14	0.79	20	40	40	SiCL	2mabk
	B_{K3}	90-125	4.2	14.7	7.9	15	0.75	24	42	34	CL	1mabk
	B_{K4}	125-150	3.5	13.1	7.9	13	0.37	12	52	36	SiCL	2mabk
fine Loamy, mixed, superactive, thermic, typic Calcixerolls												
dry farming	A_P	0-30	1.1	18.1	7.4	7	1.79	18	60	22	SiL	fgr
	B_{k1}	30-70	3.8	14.3	7.6	12	0.93	18	50	32	SiCL	2mabk
	B_{K2}	70-100	4.3	13.5	7.9	14	0.60	18	48	34	SiCL	2mabk
	B_{K3}	100-130	3.3	13.1	8.2	15	0.53	24	42	34	CL	1mabk
	B_{K4}	130-150	2	15.9	8.3	15.5	0.49	12	42	46	SiC	1mabk
fine Loamy, mixed, active, thermic, typic Calcixerolls												
grassland	A_1	0-35	0.97	18.5	7.9	8.5	2.3	18	50	32	SiCL	mgr
	B_{w1}	35-60	1.3	15.5	8.0	14	1.41	14	46	40	SiCL	1msabk
	B_{K1}	60-90	3.8	15.5	8.1	16	1.11	16	44	40	SiCL	2mabk
	B_{K2}	90-115	2.3	15.1	8.3	15.5	1.03	14	42	44	SiC	3mabk
	B_{K3}	115-150	4.3	15.1	8.1	16	0.91	12	44	44	SiC	2mabk

یکسان، درصد رس در لایه سطحی اراضی تحت کشت برنج نسبت به کاربری‌های کشت دیم و مرتع افزایش یافته است. به نظر می‌رسد در اراضی شالیزار به علت بالا بودن رطوبت ناشی از عملیات گلخرابی(شکل ۲) و هم‌چنین دمای بالا، فرآیندهای خاک‌سازی افزایش یافته و باعث تبدیل مقداری از ذرات سیلت به رس و سنگینی بافت خاک شده است که با نتایج خرمالی و قربانی (Khormali and Ghorbani, 2009) و زراعت پیشه و همکاران (Zeraatpishe *et al*., 2012) مطابقت دارد.

عملیات گلخرابی در خاک‌های رسی، با تخریب ساختمان خاک لایه سطحی و متراکم نمودن لایه زیر آن، نفوذ آب به لایه‌های تحتانی را به شدت کاهش می‌دهد. درنتیجه با شروع فصل بارش و کاهش درجه حرارت و عدم برخوداری از شبکه زهکشی مناسب، امکان خشک شدن و گاورو شدن به موقع خاک فراهم نمی‌گردد و انجام عملیات خاک‌ورزی برای کشت گیاهان پاییزه با مشکل مواجه می‌شود، بطوری‌که در بیشتر مواقع مساحت زیادی از اراضی به‌صورت نکاشت باقی می‌ماند.

ساختمان خاک نقش اساسی در نفوذپذیری خاک، ریشه‌دوانی گیاهان، فرونشست[1] آب و فرسایش‌پذیری خاک دارد. تخریب ساختمان خاک بر ویژگی‌های دیگر آن مانند جرم مخصوص ظاهری، نفوذ آب به خاک و نهایتاً بر حاصل‌خیزی و کشت‌پذیری آن موثر می‌باشد(Hajabbasi *et al*., 2002).

بررسی ساختمان خاک‌های مورد مطالعه نشان داد که کشت برنج باعث تغییر ساختمان خاک سطحی از مدور به توده‌ای شده است که با نتیجه تحقیق بهمنیار (Bahmanyar, 2007) مطابقت دارد. با تخریب ساختمان خاک و عدم امکان آماده‌سازی بستر مناسب برای بذور کشت شده، شرایط برای جوانه زدن تمامی بذور فراهم نمی‌گردد. بنابراین نباتات کشت شده در این گونه اراضی از تراکم مناسب برخوردار نمی‌باشند و به علت رقابت و غلبه علف‌های هرز مقاوم و سازگار به این شرایط با گیاه اصلی، میزان عملکرد به شدت کاهش می‌یابد. مقایسه ساختمان خاک اراضی مرتع با اراضی تحت کشت دیم نشان داد که در لایه سطحی اراضی تحت کشت دیم اندازه خاک‌دانه‌ها کوچک‌تر است که دلایل عمده آن کمتر بودن میزان مواد آلی و عملیات خاک‌ورزی می‌باشد. در لایه تحتانی اراضی تحت کاربری مرتع به علت نفوذ ریشه گیاهان چندساله و امکان فعالیت بیشتر ماکروارگانیسم‌ها میزان تخلخل تهویه‌ای خاک بیشتر و از ساختمان مناسب‌تری برخوردار است.

افزایش رس و مواد آلی در مناطق مرطوب منجربه افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌گردد (Mahmoodi and Hakimian, 2013). افزایش معنی‌دار درصد رس در لایه‌ی سطحی اراضی تحت کشت برنج باعث افزایش سطح ویژه شده و در نتیجه افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی را به‌دنبال داشته است (شکل۱-۳). نتیجه به‌دست آمده با یافته عجمی و همکاران (Ajami *et al*., 2008) مطابقت دارد. مقایسه مقدار کربن‌آلی خاک‌ها نشان داد که علی‌رغم بالا بودن درصد آن در اراضی مرتع، به دلیل پایین بودن درصد رس نسبت به خاک‌های تحت کشت برنج، ظرفیت تبادل کاتیونی کمتر است (شکل٤-۳). نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که به‌طور کلی نقش میزان رس بر روی افزایش میزان CEC از درصد کربن آلی بیشتر بوده است و احتمالا نوع رس‌های تولید شده از انواع رس‌های با CEC بالا است.

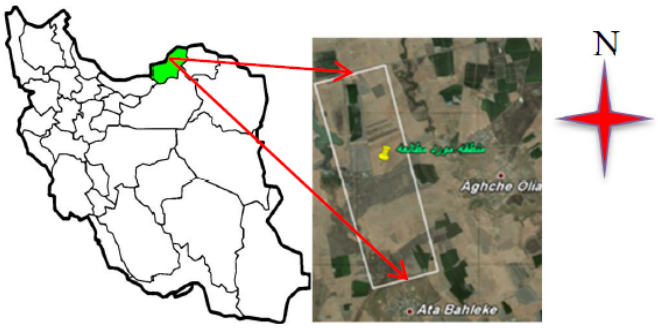
اندازه‌گیری ماده آلی لایه‌های مختلف خاک اراضی مورد مطالعه نشان داد که مقدار آن حتی در افق‌های تحتانی اراضی مرتع بیشتر از اراضی تحت کشت برنج و دیم‌زار می‌باشد، زیرا در مراتع ریشه گیاهان چند ساله از فرصت لازم و شرایط مناسب برای نفوذ به اعماق برخوردار بوده است، در صورتی‌که در اراضی تحت کشت ریشه گیاهان معمولا سطحی و عملیات خاک‌ورزی باعث تخریب ریشه و مانع نفوذ آن به اعماق می‌گردد. در این اراضی برنج به عنوان محصول دوم کشت می‌شود. بنابراین به علت رطوبت بیشتر و دو بار کشت در سال، بقایای گیاهی افزایش یافته و میزان کربن آلی در این اراضی نسبت به اراضی تحت کشت دیم بیشتر می‌باشد (شکل٤-۳). افزایش مواد آلی خاک در شرایط غرقاب توسط محققین (Kim *et al*., 1991; Chen Ming *et al*., 1994; Bahmanyar, 2004) نیز گزارش شده است.

بررسی میزان آهک خاک‌های مورد مطالعه (شکل۲-۳) نشان داد که در همه‌ی نیمرخ‌ها، درصد آهک با افزایش عمق افزایش یافته است، این افزایش حکایت از فرآیند انحلال، شستشوی و تجمع آهک دارد، ولی با توجه به این که پروسه انتقال آهک طی زمان طولانی انجام می‌شود و از آن‌جایی‌که کشت برنج در

[1] Percolation

این اراضی سابقه چندان طولانی ندارد، اختلاف معنی‌داری در میزان آن در کاربری‌های مختلف مشاهده نشد.

pH خاک‌های مورد مطالعه نشان داد که تغییرات آن بیشتر تحت تاثیر ماده‌آلی، درصد آهک و بافت خاک می‌باشد، ولی به‌دلیل بالا بودن مقدار کربن‌آلی و تولید کربن‌دی‌اکسید ناشی از فعالیت میکروبی، میزان آن در افق سطحی کمتراست. میزان EC در اراضی تحت کشت برنج به دلیل تبخیر فراوان و به‌جا ماندن املاح در سطح خاک نسبت به سایر خاک‌های مورد مطالعه بیشتر بود که ادامه این روند می‌تواند خطر شور شدن خاک را به‌دنبال داشته باشد.

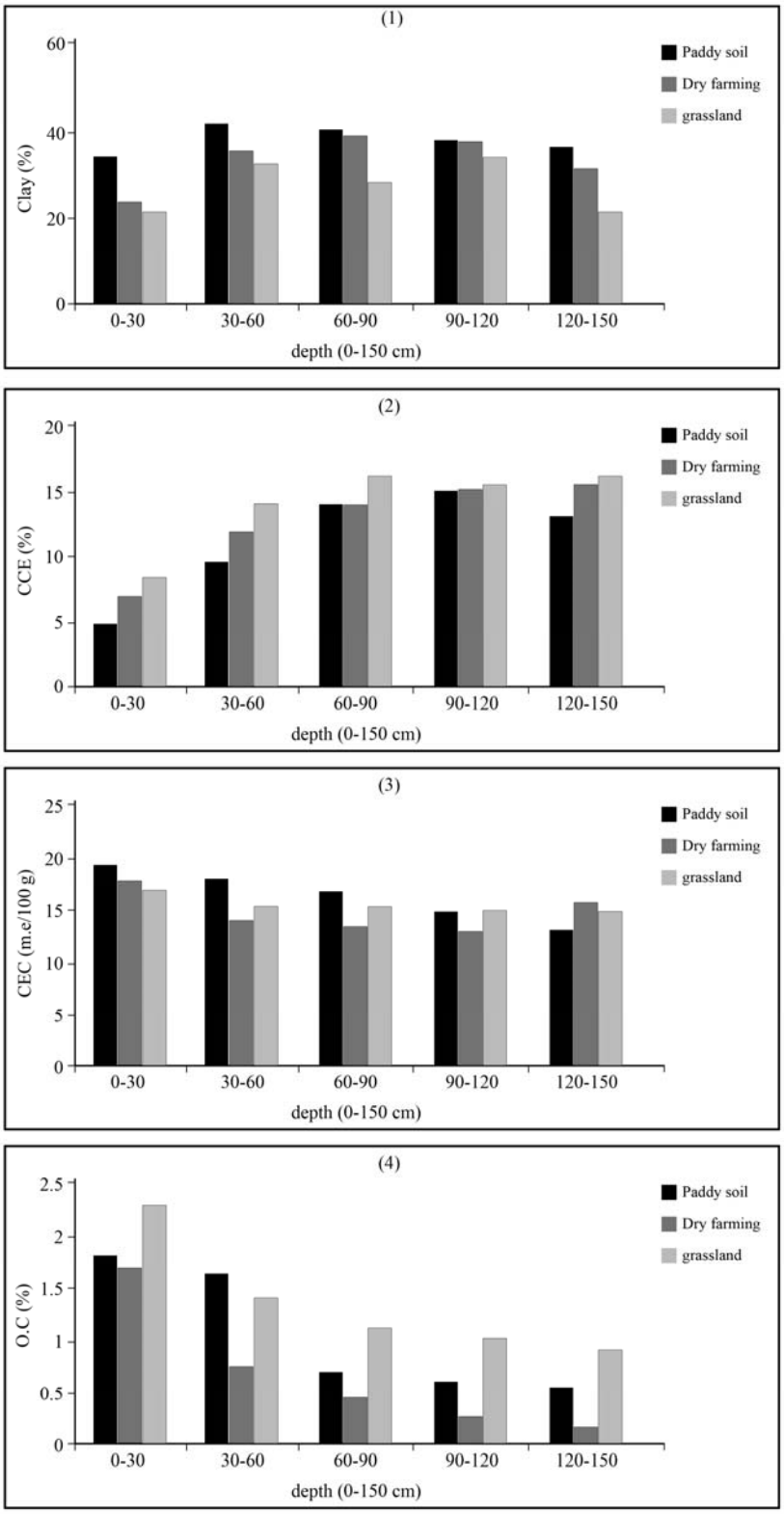


شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Position of the study area

شکل۲- روش انجام گلخرابی در منطقه مورد مطالعه

Figure 2. Puddling method in the study area



شکل ۳- مقایسه تغییرات برخی از خصوصیات خاک در اراضی تحت کشت برنج، دیم و مرتع ۱) درصد رس ۲) درصد آهک ۳) ظرفیت تبادل کاتیونی ٤) درصد کربن آلی

Figure 3. Comparing the variation of some soil properties in rice cultivation lands, dryfarming and grassland 1) Clay% 2) CCE% 3) CEC 4) O.C%

References

Anonymous (2007) Guidelines for laboratory analysis of soil and water samples. Iranian Water and Soil Research Institute. No. 467. [In Persian with English Abstract].

Anonymous (2010) Keys to soil taxonomy. 11th Edition. NRCS. U.S.D.A.

Ajami M, Khormail F, Ayoubi S (2008) Change of some soil quality parameters due to change in land use in different slope positions of loss lands in east Golestan province. Iranian Journal of Soil and Water Research 39: 15-30. [In Persian with English Abstract].

Alizadeh A (2006) Soil -water – plant relationship. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 470 pp. [In Persian with English Abstract].

Asadi ME, Shaheen Rokhsar Ahmadi P (2009) Produce more rice with less water in irrigated lands. the First National Conference of Environmental Stresses in Agriculture, University of Birjand, 4-5 February, 2006.

Ayoubi Sh, Jalalian A (2006) Land evaluation in agriculture and natural resources. Isfahan University of Technology, 396 pp. [In Persian with English Abstract].

Bahmanyar MA (2004) Dynamics of chemical properties and fertilizers status in soil with different waterlogging periods and continuous rice cultivation. Journal of Agricultural Sciences and Khazar Natural Resources 2(3): 28-39.

Bahmanyar MA (2007) The influence of continuous rice cultivation and different waterlogging periods on morphology, clay mineralogy, Eh, pH and K in paddy soils. Pakistan Journal of Biological Sciences 10 (17): 2844-2849.

Chen Ming L, Geng Ling L, Chen M, Liu GL (1994) Clay mineral composition, soil fertility and surface chemistry characteristics of Quarternary red soils in southern Honan province. Scientia Agricultura Sinica 24(2): 24-30.

Dobermann A, Firhorest T (2005) In: Mirnia Kh, Mohammadian M (Ed.), Rice nutrient disorders and nutrient management. Babolsar, University of Mazandaran, Iran. 384 pp. [In Persian with English Abstract].

Gerard J (2008) Fundamentals of soils. Teheran University Press, Iran. 436 pp. [In Persian with English Abstract].

Hajabbasi MA, Jalalian A, Khajealdin J, Karimzadeh H (2002) Case study of the effect of transformation of grassland to agricultural land on some physical characteristics, fertility and Tilth index of soil in Broojen. Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resources. Isfahan University of Technology 6 (1) :149-161. [In Persian with English Abstract].

Hosseini AA (2006) Land suitability evalution for rice, wheat and soybean in Gonbad-e-Kavoos region, Iran. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Tehran Branch, Tehran, Iran. [In Persian with English Abstract].

Jafari M, Sarmadian F (2003) Fundamentals of soil science and soil taxonomy. University of Teheran Press. 788 pp.

Kim J, Jung Y, Son I, Yun E (1991) Evalution of the physicochemical properties of paddy soil in Yeongnam area. Research Reports of the Rural Development Administration in Soil and Fertilizer 33: 38-44.

Khormali F, Ghorbani R (2009) Origin and distribution of clay minerals in soils of three climatic regions in eastern Golestan provinc. Natural Resources and Agricultural Sciences 16(3): 27-38. [In Persian with English Abstract].

Lin Zhang G, Tong Gong Z (2003) Paddy soil characteristics influence rice production. Geoderma 115: 15-29.

Mahmoodi Sh, Hakimian M (2013) Fundamentals of soil science. University of Teheran Press, 700 pp. [In Persian with English Abstract].

Mirzaee GH, Pazira E (2005) Methods for evaluating drainage in paddy fields in Mazandarn province. 9th Iranian Soil Science Congress. Soil Conservation and Watershed Management Research Center of Tehran, Iran. [In Persian with English Abstract].

Ogbodo EN (2010) Effect of crop residue on soil physical properties and rice yield on an ultisol at Abakaliki, southeastern Nigerria. American- Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 3(3): 442-447.

Pazira E, Masihabadi MH (2005) Paddy soil characteristics influence rice production. Islamic Azad University, Sciences and Research Branch, Tehran, Iran. Journal of Agricultural Sciences 2: 97-415. [In Persian with English Abstract].

Zeraat Pishe M, Khormali F, Kiani F, Pahlavani M (2012) Studying clay minerals in soils formed on loess parent materials in a climatic gradient in Golestan province. Iranian Journal of Soil Research 26 (3): 303-316. [In Persian with English Abstract].