تغییرات عناصر غذائی در خاک تحت تاثیر سیستم های مختلف کشت برنج

محمود صلحی، احمد رمضانی و سینا صلحی
۱-استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۲-پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۳-دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیای دانشگاه اصفهان

چکیده

سیستم های مختلف کشت برنج خاک از درجات و مدت های متفاوت غرقاب میگردد که می تواند مجموعه ای از تغییرات شیمیائی و الکترو شیمیائی در آن ایجاد کند . لذا سیستم های کشت برنج می توانند بر روی حلالیت و قابلیت جذب عناصر غذایی تاثیر داشته باشد. این آزمایش به منظور بررسی تغییرات عناصر غذائی در خاک شالیزار در سه سیستم کشت برنج، شامل سیستم‌های کشت متداول،SRI و بهبود یافته در منطقه لنجان استان اصفهان در سال ۹۳ به اجرا گذاشته شد. آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا گذاشته شد. نتایج نشان داد هدایت الکتریکی و غلظت عناصر غذائی ، Fe،Zn Cu ،Mnدر خاک در مراحل مختلف رشد برنج در سطح احتمال ۵% تحت تاثیر سیستم‌های کشت قرار گرفت. بطور کلی اجرای سیستم های کاشت باعث تغییر در خواص شیمیائی خاک بویژه تغییرات غلظت عناصر غذائی میکرو آهن و منگنز بود.

واژه های کلیدی: عناصر غذایی، برنج، سیستم های کشت.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa L*) یکی از محصولات اساسی و مهم کشاورزی است که غذای اصلی بیش از نیمی از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد. این محصول در بیش از ۱۰۰ کشور جهان تولید شده و ۲۱ درصد از انرژی و ۱۵ درصد از پروتئین مورد نیاز مردم دنیا را تأمین می‌کند (دپار و همکاران، ۲۰۱۱). پس از چند دهه تحقیق در زمینه چگونگی دستیابی به تولید محصول بیشتر و پایدار و سیستم‌های تولید کشاورزی پایدار، چند الگوی جدید، مبتنی بر شیوه‌های اگرواکولوژیکی و سودآور از لحاظ اقتصادی معرفی شده‌اند. از جمله این الگوها SRI ((System of Rice Intensification یا سیستم کشت متمرکز و CA (Conservation Agriculture) یا کشاورزی حفاظتی را می‌توان نامبرد. ویژگی این سیستم‌ها عبارت است از "حداقل استفاده از نهاده‌ها (low-input intensification) (مایر، ۲۰۰۹) یا" تولید فشرده پایدار(sustainable intensification) (انجمن رویال، ۲۰۰۹). این سیستم‌ها پتانسیل بالقوه‌ای برای افزایش بهره‌وری بدون آسیب به محیط زیست را نشان می‌دهند که می‌تواند از جمله فرصت‌های بسیار مورد نیاز برای پرداختن به چالش‌های جهانی از جمله کاهش فقر، امنیت آب و غذا، کاهش هزینه‌های تولید مواد غذایی، کاهش مصرف انرژی و نهاده‌های تولید، حفاظت از منابع طبیعی و افزایش بهره‌وری از محیط زیست و مقابله با تغییرات آب‌وهوایی باشد (کسام، ۲۰۱۱).

کمبود روی پس از نیتروژن، فسفر و پتاسیم مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد در برنج است که موجب کاهش قابل توجهی در عملکرد دانه و کیفیت تغذیه‌ای آن می‌شود. در حال حاضر کمبود روی یکی از مهم‌ترین تنش‌های مواد غذایی محدود کننده تولید برنج در آسیا به شمار می‌آید(گویجانو گویترا، ۲۰۰۲). در ایران به دلیل آهکی بودن خاك‌ها و واکنش قلیائی خاك مسئله کمبود عناصر ریزمغذی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. غرقاب شدن یك خاك غیر اشباع از آب، مجموعه ای از تغییرات شیمیائی و الکترو شیمیائی در آن ایجاد می کند که در حاصلخیزی خاك بسیار موثر است. مهمترین تغییرات شیمیائی و الکترو شیمیائی در خاکهای غرقاب که حاصلخیزی خاك را تحت تاثیر قرار می دهند عبارتند از مصرف اکسیژن و تهی شدن خاك از آن. فقدان اکسیژن باعث تغییر در واکنش خاك، دنیتریفیکاسیون، تجمع آمونیوم و تثبیت نیتروژن گازی، احیای منگنز چهار ظرفیتی، احیای آهن سه ظرفیتی، احیای سولفات و تشکیل سولفید هیدروژن، تولید اسید های آلی، تجمع دی اکسید کربن و تغییر در غلظت آهن، منگنز، فسفر، سیلیسیوم، بور، مس، مولیبدن، و روی محلول در آب می شود. شدت این تغییرات با توجه به خصوصیات شیمیائی و فیزیکی خاك، رژیم آبی و دمائی خاك در خاکها و مناطق مختلف متفاوت است(ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). با توجه به اینکه سیستم غرقاب در این روش ها متفاوت است و قابلیت جذب عناصر غذایی در روش های مختلف غرقاب تغییر میکند. لذا هدف از این مطالعه بررسی تغییرات عناصر غذایی خاک در سیستم های مختلف کشت برنج و در مراحل مختلف دوره رشد برنج بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تغییرات عناصر غذائی در مزرعه ابتدا قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک محل آزمایش نمونه برداری شد که مشخصات آن در جدول ۱ ارائه شده است. پس از بررسی چند مزرعه در مناطق مختلف برنجکاری استان اصفهان، مزرعه مذکور به دلیل دارا بودن میزان روی کمتر از حد بحرانی (۱ تا ۲ میلی گرم بر کیلوگرم - ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳) با میزان روی ۷۶/۰ میلی گرم بر کیلوگرم انتخاب شد. ضمنا براساس آزمون خاک مقادیر عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم براساس توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب کشور شامل ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب سوپر فسفات تریپل، سولفات پتاسیم و اوره مصرف گردید. تمامی کود فسفر و پتاسیم و نیمی از کود نیتروژن در زمان تهیه بستر و ۵۰ درصد اوره باقیمانده در مراحل پنجه‌زنی و قبل از شروع گلدهی بطور مساوی تقسیط و مصرف شد.

به منظور بررسی تغییرات عناصر غذائی خاک قبل از کاشت و در سه مرحله از رشد شامل پنجه زنی (Tillering)، ظهور خوشه (Heading) و در زمان برداشت محصول(Harvesting)، پارامتر های pH، OC ، EC و غلظت عناصر غذائی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم (N. P. K.) و عناصر کم مصرف Fe، Mn ، Zn، Cu تعیین گردید. هدایت الکتریکی بادستگاه هدایت سنج مدل متراهم در عصاره گل اشباع اندازه‌گیری شد. اسیدیته در سوسپانسیون ۱ به ۵/۲، ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (واکلی بلاک، ۱۹۳۴) فسفر به روش اولسن، پتاسیم به روش استات سدیم، غلظت کل عناصر فلزی در نمونه‌های خاک، به روش عصاره‌گیری با مخلوط HF،HClO۴ و HNO۳ به روش (پرات، ۱۹۶۵) انجام شد. برای تعیین غلظت عناصر فلزی قابل استخراج توسط DTPA از (روش لیندزی و نورول، ۱۹۷۸) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه گیری مشخصات فیزیکی و شیمیائی خاک قبل از کاشت و در مراحل پنجه زنی، ظهور خوشه و در زمان برداشت محصول در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. مقایسه تغییرات شیمیا یی خاك قبل و بعد از اجرای آزمایش نشان داد که در اثر غرقاب کردن زمین متوسط هدایت الکتریکی خاك از ۶۵/۲ قبل از کاشت به ۰۹/۳ در زمان پنجه زنی و ۲۴/۳ دسی زیمنس بر متر در زمان ظهور خوشه افزایش یافت ولی در زمان برداشت به ۶۱/۲ دسی زیمنس بر متر کاهش یافت. به نظر می رسد علت افزایش آن در زمان پنجه زنی و ظهور خوشه مربوط به هدایت الکتریکی آب آبیاری بوده(۲ دسی زیمنس بر متر) و تبخیر

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیائی خاك محل قبل از آزمایش

عمق	هدایت الکتریکی	کلاس بافت	اسیدیته	ماده آلی	نیتروژن	$mg\ Kg^{-1}$					
Soil depth (*cm*)	Ec×۱۰۳	Soil Texture	pH	درصد	درصد	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	مس قابل جذب	روی قابل جذب	منگنز قابل جذب	اهن قابل جذب
				$_{(\%)}Oc$	$_{(\%)}N$	$P_{(ava)}$	$K_{(ava)}$	$Cu_{(ava)}$	$Zn_{(ava)}$	$Mn_{(ava)}$	$Fe_{(ava)}$
۰-۳۰	۲.۶۵	Clay loam	۳/۷	۸۹/۰	۰۹/۰	۵۴/۱۲	۲۱۰	۰/۶	۷۶/۰	۵/۶	۸۴/۲۸

مشخصات فیزیکی و شیمیائی خاك در زمان پنجه زنی، ظهور خوشه و برداشت تحت تاثیر سیستم های کاشت -۲

زمان نمونه گیری	سیستم کاشت	عمق	هدایت الکتریکی	اسیدیته	ماده آلی	نیتروژن	$mg\ Kg^{-1}$					
		Soil depth (*cm*)	Ec×۱۰۳	pH	درصد	درصد	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	مس قابل جذب	روی قابل جذب	منگنز قابل جذب	اهن قابل جذب
					$_{(\%)}Oc$	$_{(\%)}N$	$P_{(ava)}$	$K_{(ava)}$	$Cu_{(ava)}$	$Zn_{(ava)}$	$Mn_{(ava)}$	$Fe_{(ava)}$

نشاکاری	متداول	۳۰-۰	۷۷/۲ a	۲۶/۷a	۱۶/۱a	۱۲/۰a	۵۶/۲۶a	۰۰/۱۳۵a	۶۶/۵a	۲۶/۱ a	۸۹/۱۰a	۹۳/۱۰۰a
	SRI	۳۰-۰	۸۷/۳ a	۲۳/۷a	۰۸/۱a	۱۱/۰a	۴۱/۳۱a	۰۰/۱۴۵a	۲۵/۶a	۰۷/۱ a	۲۹/۱۲a	۷۳/۹۸a
	بهبودیافته	۳۰-۰	۶۲/۲ a	a۵۱/۷	۲۸/۱a	۱۳/۰a	۴۰/۲۶a	۶۷/۱۴۱a	۳۲/۵a	۱۴/۱ a	۳۸/۱۳a	۴۰/۹۱a
ظهورخوشه	متداول	۳۰-۰	۹۲/۲ b	۵۳/۷a	۹۹/۰a	۱۰/۰a	۱۷/۲۹a	۳۳/۱۷۳a	۹۴/۴a	۹۷/۰ a	۰۶/۱۱a	۸۳/۱۰۲a
	SRI	۳۰-۰	۵۵/۳ a	۴۳/۷a	۹۲/۰a	۰۹/۰a	۲۱/۲۶a	۳۳/۱۴۸a	۵۷/۵a	۹۲/۰ a	۶۹/۷b	۱۳/۷۷b
	بهبودیافته	۳۰-۰	۲۴/۲ b	۵۰/۷a	۹۵/۰a	۰۹/۰a	۸۷/۳۲a	۶۷/۱۶۳a	۲۱/۴a	۰۷/۱ a	۹۷/۹a	۳۳/۱۱۴a
برداشت	متداول	۳۰-۰	۷۶/۲ a	۰۳/۷a	۹۲/۰a	۹۲/۰a	۱۳/۳۱a	۶۷/۱۷۱a	۰۷/۵a	۵۵/۱ a	۳۰/۱۳a	۷۳/۱۱۳a
	SRI	۳۰-۰	۶۵/۲ a	۴۱/۷a	۱۱/۱a	۱۱/۰a	۰۷/۳۵a	۳۳/۱۸۸a	۶۳/۵a	۰۸/۱ a	۶۳/۹b	۴۷/۸۱a
	بهبودیافته	۳۰-۰	۴۴/۲ a	۴۷/۷a	۱۳/۱a	۱۱/۰a	۱۰/۳۱a	۰۰/۱۶۵a	۳۴/۵a	۵۲/۱ a	۸۴/۱۳a	۰۱/۹۵a

تابستانه بوده است. این روند در شالیزار ها عادی به نظر می رسد. هدایت ویژه محلول اکثر خاکها بعد از غرقاب شدن افزایش می یابد و به حداکثر می رسد و سپس به یك حد تقریبا ثابتی که در خاکهای مختلف فرق می کند، کاهش می یابد(ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). در زمان ظهور خوشه نیز هدایت الکتریکی خاك در اثر اجرای سیستم‌های مختلف کشت دارای تفاوت معنی داری بود بطوریکه در تیمار SRI که پس از آغاز پنجه زنی آبیاری متناوب در آن اعمال شده بود شوری خاك بیشتر از دوسیستم کاشت متداول و بهبود یافته بود. احتمالا تر و خشك شدن خاك در اثر آبیاری متناوب باعث حرکت املاح و نمکها به سطح خاك شده و سبب افزایش شوری شده است. افزایش هدایت الکتریکی عمدتا ناشی از تحرك بالای Fe++ و Mn++ و تشکیل HCO_3^-, NH_4^+, RCOO- و تبادل کاتیونها از سطوح کلوئیدی بوسیله کاتیونهای Mn ، Fe++ و NH_4^+ است. کاهش مجدد EC تحت تاثیر رسوب Fe++ به صورت $Fe_3(OH)$ و FeS، رسوب Mn++ به صورت $MnCO_3$ تلفات CO_2 و تبدیل RCOO- به NH4+ است. بنابراین رابطه بسیار قوی بین سینتیك این یونها و تغییرات EC در خاکهای غرقاب وجود دارد (پونامپروم و همکاران، ۱۹۶۶).

نتایج تجزیه خاک نشان داد اسیدیته خاك در مراحل مختلف رشد دارای تغییرات جزئی بوده و تقریبا ثابت بوده‌اند. نظر به اینکه خاك مورد مطالعه قبل از کاشت دارای pH برابر ۳/۷ بوده که تقریبا در کلاس خاکهای خنثی و خنثی متمایل به آهکی قرار دارد، لذا تغییرات آن اگرچه افزایشی بوده ولی این افزایش در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نبود. با غرقاب شدن خاك واکنش خاکهای اسیدی افزایش می یابد ولی عکس این پدیده در خاکهای آهکی و سدیمی به وقوع می پیوندد. معمولا در اکثر خاکها چند هفته پس از غرقاب کردن واکنش خاك بین ۷/۶ تا ۲/۷ در خاك و بین ۵/۶ تا ۷ در محلول خاك تثبیت می گردد. افزایش اسیدیته در خاکهای دچار کمبود آهن بسیار اندك است (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). نتایج آزمایش نشان داد که میزان ماده آلی و نیتروژن خاك در مراحل مختلف رشد دارای تغییرات جزئی بوده و تقریبا ثابت بوده اند. نتایج آزمون اولیه خاک نشان داد که میزان ماده آلی و نیتروژن خاک به ترتیب برابر ۷/۰ و ۰۷/۰ درصد بود. با توجه به پائین بودن درصد ماده آلی و به تبع آن نیتروژن خاک، و نظر به این که رقم برنج مورد استفاده در آزمایش از ارقام پرمحصول با عملکرد بیش از ۵ تن درهکتار بود، براساس توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب کشور مقدار ۳۰۰ کیلوگرم اوره جهت تامین نیاز گیاه مصرف شد. نیمی از کود نیتروژن در زمان تهیه بستر و ۵۰ درصد اوره باقیمانده در مراحل پنجه‌زنی و قبل از شروع گلدهی بطور مساوی تقسیط و مصرف شد (ایری، ۱۹۸۴). مقدار ماده آلی و نیتروژن خاک پس از غرقاب کردن خاک در مرحله پنجه زنی افزایش یافت و به ترتیب به ۲/۱ و ۱۲/۰ درصد رسید. دلیل اصلی این افزایش مصرف کود اوره در زمان تهیه بستر می تواند باشد. پس از این افزایش مقدار نیتروژن در مرحله ظهور خوشه به ۹۵/۰ و در زمان برداشت به ۱ درصد رسید. دلیل این کاهش میتواند مربوط به مصرف نیتروژن توسط گیاه مقدار فسفر خاك قبل از آزمایش ۵۴/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم بود و تحت تاثیرغرقاب شدن زمین و در اثر مصرف کود سوپرفسفات تریپل در زمان تهیه بستر، به ۲۸، ۲۹ و ۳۲ میلی گرم در کیلوگرم به ترتیب در در مرحله پنجه زنی، آغاز خوشه دهی و زمان برداشت رسید و این میزان تحت تاثیر سیستمهای کاشت هم قرار نگرفت. هنگامی که خاك غرقاب می شود غلظت فسفر محلول در آب و محلول در اسید افزایش می یابد، به حداکثر می رسد و یا اینکه تقریبا به یك حد تقریبا ثابت می رسد و سپس کاهش می یابد (دوبرمان و همکاران، ۲۰۰۲). مقدار پتاسیم خاك قبل از آزمایش ۱۳۰ میلی گرم در کیلوگرم بود که تحت تاثیرغرقاب شدن زمین و در اثر مصرف کود سولفات پتاسیم در زمان تهیه بستر به بیش از ۱۴۰ در مرحله پنجه زنی و بیش از ۱۶۰ در زمان آغاز خوشه دهی و به ۱۷۰ میلی گرم در کیلوگرم در زمان برداشت افزایش یافت و این میزان تحت تاثیر سیستمهای کاشت هم قرار نگرفت. گزارش شده است که خشک و تر شدن خاک بطور متناوب بسته به سطح پتاسیم محلول و کانیهای غالب می تواند پتاسیم قابل استخراج خاک را کاهش یا افزایش دهد. در صورتیکه مقدار پتاسیم تبادلی خاک نسبتا زیاد یا به تازه گی کود در یافت کرده باشد، خشک شدن معمولا باعث ایجاد انقباض در شبکه رسی و تثبیت پتاسیم می گردد. از طرفی خشک شدن می تواند باعث ایجاد پیچش در ورقه های رسی گردد که حاصل آن آزاد شدن یونهای

پتاسیمی است(واتسون و میکلین، ۱۹۸۵) برخی از محققین علت این امر را دهیدراته شدن پروتون و تبدیل SiO_2 به $SiOH^-$ و کاهش بار لایه ای می دانند(Jackson and Luo, ۹۸۵). بررسی های مختلف نشان داده است که پس از غرقاب کردن خاك، پتاسیم محلول در آب افزایش می یابد. همچنین غلظت یونهای Fe^{++} و Mn^{++} افزایش یافته و این یونها بر سر مکانهای تبادلی با پتاسیم رقابت کرده و پتاسیم تبادلی را به محلول آزاد می کنند. شرایط احیائی ایجاد شده در خاک در اراضی شالیزاری در اثر غرقاب کردن باعث افزایش غلظت Mn, Fe^{++} و NH^+ شده و K^+ را از مکانهای تبادلی جابجا می کند. در اثر این پدیده، غلظت یون پتاسیم در محلول خاک افزایش و قابلیت جذب آن برای برنج بالا می رود (میشلن و پاتریک، ۱۹۷۱). کاووسی(۱۳۷۹) با مطالعه میزان پتاسیم اراضی شالیزاری گیلان مقدار پتاسم اندازه گیری شده در ۱۰۹ نمونه خاک بین ۹۲-۸ و متوسط آنرا ۴۷ میلی گرم در لیتر گزارش کرد.مقدار مس قابل جذب خاك قبل از آزمایش ۶ میلی گرم در کیلوگرم بود که تحت تاثیرغرقاب شدن زمین در مرحله پنجه زنی به ۶۳/۵، در زمان آغاز خوشه دهی به ۹۰/۴ و در زمان برداشت به ۳۲/۵ میلی گرم در کیلوگرم رسید که حاکی از کاهش مقدار مس می باشد اگر چه این کاهش محسوس نبود و تحت تاثیر سیستمهای کاشت قرار نگرفت. بررسی ها نشان داه که مس محلول در آب پس از غرقاب کردن خاك کاهش می یابد. غرقاب کردن خاك فرمهای فعال مس از قبیل محلول، تبادلی و کمپلکس آلی را به فرم غیر فعال باقیمانده تبدیل می کند در نتیجه قابلیت جذب مس پس از غرقاب کردن کاهش می یابد(فاجریا و همکاران، ۲۰۰۳). مقدار قابل جذب منگنز خاك قبل از آزمایش ۵/۶ میلی گرم در کیلوگرم بود که تحت تاثیرغرقاب شدن زمین در مرحله پنجه زنی به ۰۷/۱۳، در زمان آغاز خوشه دهی به ۴۲/۹ و در زمان برداشت به ۹۲/۱۱ میلی گرم در کیلوگرم رسید که حاکی از افزایش مقدار منگنز در تمام مراحل رشد نسبت به قبل از کاشت می باشد. مقدار منگنز تحت تاثیر سیستمهای کاشت هم قرار گرفت، بطوریکه پس از مرحله پنجه زنی در اثر اجرای سیستم های کاشت در تیمار SRI در اثر کاهش رطوبت خاك در مقایسه با شرایط غرقاب کاهش معنی داری داشت و این روند در مرحله برداشت نیز مشاهده شد. در خاکهای شالیزار در اثر غرقاب کردن خاك و احیای اکسید های منگنز به مقدار این عنصر به تدریج افزوده می شود. آنگاه برای مدتی که بستگی به وضعیت ماده آلی خاك، بافت خاك و مخصوصا دمای خاك دارد، عملا ثابت می ماند سپس در مراحل بعدی دوباره کاهش می یابد. (ملکوتی و کاووسی، ۱۳۸۳). مقدار قابل جذب آهن خاك قبل از آزمایش ۸/۲۸ میلی گرم در کیلوگرم بود که تحت تاثیرغرقاب شدن زمین در مرحله پنجه زنی به ۰۲/۹۷، در زمان آغاز خوشه دهی به ۰۹/۹۲ و در زمان برداشت به ۶۲/۸۸ میلی گرم در کیلوگرم رسید که حاکی از افزایش مقدار آهن در شرایط غرقاب می باشد. مقدار آهن در زمان پنجه زنی حداکثر بود، سپس یك روند کاهشی بسیار کندی تا زمان برداشت نشان داد. آهن تحت تاثیر سیستمهای کاشت هم قرار گرفت، بطوریکه پس از مرحله پنجه زنی در اثر اجرای سیستم های کاشت در تیمار SRI در اثر کاهش رطوبت خاك در مقایسه با شرایط غرقاب دائم، کاهش معنی داری داشت و این روند در مرحله برداشت نیز ادامه داشت. مقدار قابل جذب آهن در اثر غرقاب کردن خاك به میزان قابل توجهی در مراحل مختلف رشد افزایش یافت. بطوریکه در مرحله پنجه زنی تفاوتی بین تیمارهای سیستم کاشت مشاهده نشد ولی در مرحله آغاز خوشه دهی و برداشت این تفاوت معنی دار بود. در مرحله پنجه زنی در هر سه سیستم رژیم آبیاری غرقاب دائم بوده ولی پس از آن که در تیمار SRI آبیاری متناوب اجراشده است و مقدار منگنز و آهن بطور قابل توجهی در این تیمار کمتر شده است مهمترین تغییری که هنگام غرقاب کردن خاك و کاهش Eh آن بوجود می آید، احیای Fe^{3+} به Fe^{2+} است. در نتیجه رنگ خاك از قهوه‌ای به خاکستری تغییر می کند و مقادیر زیادی از آهن دو ظرفیتی وارد فاز محلول می شود. غلظت آهن محلول پس از غرقاب ابتدا به سرعت افزایش یافته و به مقدار نسبتا ثابتی می رسد. روند مشابهی در مورد آهن قابل جذب در خاکهای آهکی گزارش شده است. غلظت آهن محلول در آب در اثر وضعیت احیائی افزایش و در مدت یک تا سه هفته پس از غرقاب به مقدار حداکثر حدود ۶۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم می رشد و سپس به ۵۰- ۱۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم کاهش می یابد(پاتریک، ۱۹۶۶). مقدار قابل جذب روی خاك قبل از آزمایش ۷۶/۰ میلی گرم در کیلوگرم بود که تحت تاثیرغرقاب شدن زمین در مرحله پنجه زنی به ۱۲/۱، در زمان آغاز خوشه دهی به ۹۹/۰ و در زمان برداشت به ۱۲/۲ میلی گرم در کیلوگرم رسید که حاکی از افزایش مقدار روی در شرایط غرقاب می باشد. مقدار روی در زمان برداشت (۱۲/۲ میلی گرم در کیلوگرم) حداکثر بود و در آغاز خوشه دهی نسبت به پنجه زنی کاهش یافت. مقدار قابل جذب روی تحت تاثیر سیستمهای کاشت هم قرار گرفت، بطوریکه پس از مرحله پنجه زنی در اثر اجرای سیستم های کاشت در تیمار SRI در اثر کاهش رطوبت خاك در مقایسه با شرایط غرقاب کاهش معنی داری داشت و این روند در مرحله برداشت نیز ادامه داشت.

منابع

Day P. R,۱۹۶۵.Particle Fractionation and Particle Size Analysis.In C.A. Black (ed.), Method of Soil Analysis Part ۱. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. ۵۴۵-۵۶۵.

Depar, N., Rajpar, I., Memon, M. Y., Imtiaz, M. and Zia-ul-hassan. ۲۰۱۱. Mineral nutrient densities in some domestic and exotic rice genotypes. Pakistan Journal of Agricultural, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences. ۲۷:۱۳۴-۱۴۲.

Dobermann, A., George, T. and Thevs, N. ۲۰۰۲. Phosphorus fertilizer effects on soil phosphoruspools in acid upland soils. Soil Science Society of America Journal ۶۶:۶۵۲-۶۶۰.

Fageria, N. K., Slaton, N.A. Baligar, V. C. ۲۰۰۳. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. Advances in Agronomy ۸۰:۶۳-۱۵۲.
Meyer, R. ۲۰۰۹. Agricultural technologies for developing countries. European Parliament, Brussels. http://www.europarl.europa.eu/ stoa/default_en.htm.
IRRI(International Rice Rsearch Institute). ۱۹۸۴. Annual report. Philippines. ۴۹۴p.
Kassam, A., Stoop, W. and Uphoff, N. ۲۰۱۱. Review of SRI modifications in rice crop and water management and research issues for making further improvements in agricultural and water productivity. Paddy and Water Environment. ۹:۱۶۳-۱۸۰.
Lindsay WL, Orvell WA,۱۹۷۸.Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil SciSoc American J. ۴۲:۴۲۱-۴۲۸.
Meers E,Vandecasteele B,Ruttens A,VangronsveldJ, Tack FMG, ۲۰۰۷.Potential of five willow species (Salix spp.) for phytoextraction of heavy metals. Environ and Exp Bot. ۶۰ : ۵۷-۶۸.
Ponnamperuma, F. N.۱۹۸۵. Chemistry of sumgbmerged soils. Adv. Agron. ۲۴:۲۹-۹۵.
Pratt, P.F. ۱۹۶۵. Digestion with Hydrofluoric and Perchloric for Total Potassium and Sodium. pp. ۱۰۱۹-۱۰۴۶. In: C. A. Black,(Ed.), Methods of Soil Analysis, Part۲.
Royal, Society. ۲۰۰۹. Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture. Report of Commission chaired by Sir D. Baulcombe. Royal Society, London.
Walkley A, Black C. A. ۱۹۳۴. An Examination of the Degtareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method .S Sci. ۳۷:۲۹-۳۸.

Abstract

The effect of rice cultivation methods on the availability of soil nutrients, was evaluated using split plot based on randomized complete block in three replications in Isfahan Agricultural Research Center. Three rice cultivation methods were system of Rice Intensification (SRI), Conventional Rice Cultivation System (CRC) and Improved Rice Cultivation System (IRC) were main plot factor and the availability of nutrients were sub plot. The results showed that, cultivation systems had a significant effect on EC and micronutrients availability. Irrigation systems has changed some chemical properties of soil specially Mn and Fe availability.