تغییرات پتانسیل اکسیداسیون و احیا در برخی از خاک‌های غرقاب منطقه گیلان

هنگامه گردکانی[۱]، اکبر فرقانی[۲]، عاطفه صبوری[۳] و نفیسه یغمائیان[۴]

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک- دانشکده کشاورزی- دانشگاه گیلان

چکیده

برنج مهم‌ترین منبع غذایی برای بیش از ۵۰ درصد از جمعیت جهان است. شالیزارها وسیع‌ترین اراضی غرقاب در سطح جهان هستند که تحت تأثیر فعالیت‌های انسان قرار می‌گیرند. عملیات کشت برنج و به ویژه شرایط غرقاب بر ویژگی های خاک در دراز مدت اثر دارد. این مطالعه به‌منظور بررسی این اثرات بر ویژگی‌های شیمیایی خاک در دو منطقه بندر کیاشهر و گشت رودخان فومن واقع در شرق و غرب استان گیلان به مدت ۱۲ هفته صورت گرفت. نتایج نشان داد که غرقاب کردن خاک ها سبب کاهش پتانسیل ریداکس بخصوص در خاک خنثی شد. در تمام خاک های مورد مطالعه، EC محلول خاک پس از غرقاب ابتدا افزایش و پس از رسیدن به حداکثر کاهش یافت. میزان pH محلول خاک منطقه فومن پس از غرقاب افزایش و pH منطقه کیاشهر پس از غرقاب کاهش پیدا کرد و در نهایت هر دو به حد تقریبا ثابتی رسیدند.

واژه های کلیدی: غرقاب، پتانسیل اکسید و احیاء، الکتروشیمی خاک، آهن محلول

مقدمه

در میان غلات، برنج از جمله محصولات مهم کشاورزی در ایران است که نیاز به آب فراوان داشته و عمدتاً در شرایط غرقاب کشت می‌شود. شیمی خاک‌های غرقاب کاملاً متفاوت از خاک‌های غیرغرقاب است (Ponnamperuma,1985 ؛ Sahrawat, 2005). پس از غرقاب شدن خاک اسیدیته، پتانسیل ردااکس، رسانایی الکتریکی و غلظت‌های عناصر در محلول خاک تغییر می‌کنند (اولیایی و همکاران، ۲۰۱۳). غرقاب شدن یک خاک غیراشباع، مجموعه‌ای از فرآیندهای شیمیایی و الکترشیمیایی را ایجاد می‌نماید. در حالت غرقاب میزان آب در خاک به حدی افزایش یابد، که از جریان اکسیژن در خاک جلوگیری کند و میزان دی اکسید کربن در خاک افزایش یابد (Patrick and Reddy, 1978) زمانی که خاک غرقاب می‌شود تغییرات گوناگون فیزیکی، شیمیایی، الکتروشیمیایی و زیستی رخ می‌دهد (Kirk, 2004). شرایط غرقابی اثر نامطلوبی بر وضعیت شیمی خاک ایجاد می‌کند که به‌صورت کاهش جذب آب و عناصر تغذیه‌ای از طریق ریشه دربرخی از گیاهان نمایان می‌شود (علی پاراد و همکاران، ۱۳۹۳).

با غرقاب شدن خاک، pH خاک‌های اسیدی افزایش و pH خاک‌های قلیایی کاهش می‌یابد، در واقع pH درخاک‌های شالیزاری خنثی می‌باشد (Fageria et al.,2011). ایجاد شرایط احیایی در نتیجه غرقاب شدن خاک، موجب تغییرات pH می‌شود. تغییرات در pH دوره‌ای می‌باشد؛ واکنش محلول خاک در ابتدای فصل زراعی خنثی بوده و در پایان دوره کشت به‌سمت قلیایی و دوباره در آغاز فصل بعد به‌سمت pH خنثی تمایل می‌یابد (Kirk, 2004).

در خاک‌های اسیدی، EC خاک رایزوسفر به طور قابل توجهی پایین است، در حالی که در خاک‌های قلیایی آهکی، EC به طور قابل توجهی بالا می‌باشد (نجفی، ۲۰۱۳). پونامپروما (Ponnamperuma, 1978) علت افزایش EC در خاک-های شالیزار با زهکشی ضعیف را به احیای اکسیدهای سه و چهار ظرفیتی آهن و منگنز به Fe^{2+} و Mn^{2+} محلول در شرایط کاهشی نسبت داده است.

مواد و روش‌ها:

به منظور انجام این پژوهش، دو منطقه با سابقه طولانی کشت برنج شامل نواحی اطراف منطقه بندرکیاشهر و نواحی اطراف منطقه گشت‌رودخان فومن به عنوان دو نمونه موردی از شرق و غرب استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. دلیل انتخاب این دو منطقه با توجه به تفاوت در مواد مادری آن‌ها بود (مواد مادری منطقه بندر کیاشهر، نهشته های ساحلی و ماسه بادی و در منطقه گشت رودخان فومن توده های نفوذی آذرین می‌باشد). نمونه‌برداری از مناطق در اواخر شهریور یا اوایل مهر به صورت مرکب از عمق ۳۰- ۰ سانتی‌متری خاک به تعداد حداقل ۸ نمونه برای هر منطقه به‌صورت تصادفی از شالیزارها و با سه تکرار انجام شد. بنابراین تعداد تیمارها حداقل ۱۶ نمونه خاک و سه تکرار بود. موقعیت جغرافیایی هر ناحیه تصادفی انتخابی، هنگام نمونه برداری با استفاده از دستگاه GPS ثبت شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد، پس از هواخشک شدن، خاک-ها از الک دو میلیمتری عبور داده شدند. در آزمایشگاه ویژگی‌هایی شامل بافت (به روش هیدرومتری)، pH (سوسپانسیون خاک به آب با نسبت ۱:۲/۵ با استفاده از دستگاه pH متر)، EC (عصاره گل اشباع توسط دستگاه رسانایی‌سنج)، ماده آلی (به روش اکسایش تر)، ظرفیت تبادل کاتیونی (به روش چاپمن)، درصد کربنات کلسیم معادل (روش خنثی سازی با اسید و تیتر کردن با سود)، P (عصاره‌گیرالسن) اندازه‌گیری شد، خاک به گلدان‌های سه‌کیلوییانتقال داده شد، سپس آن را غرقاب کرده (برای آبیاری گلدان‌ها از مخلوط آب شهری و آب مقطر با نسبت ۱:۱ استفاده شد). ارتفاع آب غرقاب در سطح خاک گلدان‌ها سه سانتیمتر بود و در زمان‌های ۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲ هفته مقادیر Fe قابل جذب (با روش عصاره‌گیر DTPAو با استفاده از دستگاه جذب اتمی)، Eh (سوسپانسون خاک به آب با استفاده از الکترود پلاتین دستگاه Eh متر مدل 86505) EC و pH (Page et al., 1992) تعیین گردید. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه در جدول شماره ۱ نشان داده شده است همانطور که مشاهده می‌شود خاک‌ها از نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت از هم می‌باشند و این می‌تواند از دلایل نتایج متفاوت آنها باشد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه

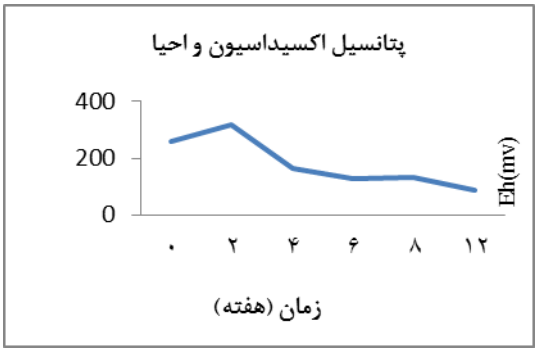
شماره نمونه	بافت خاک	ماده آلی (٪)	Ec (dS/m)	pH (1:2.5)	CEC (cmol(+)kg-1)	آهک (٪)	P (mg/kg)
منطقه گشت رود خان فومن							
۱	silt loam	۴/۷	۰/۷۱۶	۴/۷۳	۳۰/۴	۰/۶	۱۹/۶۳۶
۲	silt loam	۴/۰۳	۰/۷۳۷	۵/۲۳	۱۸/۳	۱/۲	۲۳/۳۹۳
۳	sandy loam	۴/۴۳	۰/۸۳۶	۵/۳۵	۱۵/۷	۰/۲	۲۲/۴۳۶
۴	sandy loam	۳/۰۹	۰/۵۵۸	۵/۰۸	۱۹/۱	۰	۲۰/۴۳۵
۵	silt loam	۲/۹۵	۰/۶۳۱	۵/۳۶	۱۹/۱	۰/۲	۲۲/۶۶۷
۶	silt loam	۴/۳	۰/۴۸۶	۵	۲۰/۹	۱	۲۰/۵۴۷
۷	sandy loam	۲/۹۵	۰/۶۶۵	۵/۱۵	۱۵/۷	۰/۲	۱۸/۵۶۶
۸	sandy loam	۲/۶۸	۰/۵۳۴	۴/۹۴	۳۷/۲۵	۰/۸	۴۲/۷۴۴
منطقه بندر کیاشهر							
۱	silt loam	۳/۰۹	۱/۵۰۷	۷/۲۷	۲۰/۹	۹/۸	۲۷/۸۵۷
۲	silt loam	۲/۱	۲/۴۹	۷/۲۵	۲۴/۳	۱۳/۲	۱۹/۹۷۷
۳	sandy loam	۳/۶۳	۱/۶۱۷	۷/۲۶	۲۰/۹	۱۱	٤٨/٦٨٩
۴	sandy loam	۳/۳۶	۱/۲۹۳	۷/۳۴	۲۲/۶	۹/۶	۳۳/٤٩۳

۵	silt loam	۳/۲۲	۱/۵۱۷	۷/۳۷	۴۴/۱	۱۰	۳۷/۱۷۵
۶	silt loam	۳/۳۶	۱/۵۴۵	۷/۲۷	۳۰/۳۵	۱۰/۶	۵۲/۳۷۲
۷	sandy loam	۲/۹۵	۲/۲۴	۶/۱۸	۲۰/۹	۱۱/۲	۱۳/۱۴۴
۸	sandy loam	۳/۳۶	۱/۳۱۲	۷/۲۹	۲۳/۴۵	۱۱	۱۲/۱۵۸

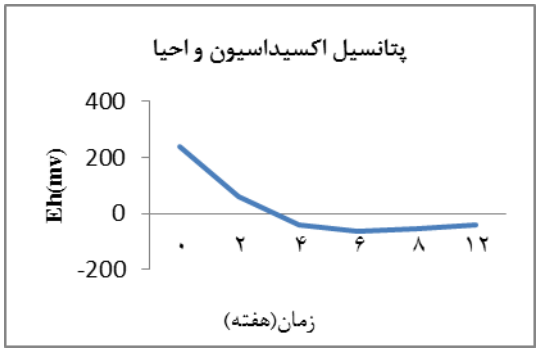
خاک های مناطق گشت رودخان فومن دارای بافت سبک، ماده آلی خوب، pH اسیدی می‌باشند و خاک‌های مناطق کیاشهر بافت متوسط، ماده آلی خوب، pH خنثی و درصد آهک بالا می باشند (جدول۱) که این تفاوت مربوط به مواد مادری متفاوت خاک در دو منطقه می‌باشد.

اثر مدت غرقاب بر روی پتانسیل اکسید و احیا

پتانسیل اکسید و احیا در خاک های هر دو منطقه پس از غرقاب کاهش پیدا کرد که با نتایج پانامپروما (۱۹۵۵) مطابقت داشت. اما خاک منطقه کیاشهر وضعیت احیایی بیشتری را نسبت به منطقه گشت رودخان فومن نشان داد (شکل های ۲ و ۳).



شکل۲- پتانسیل اکسید و احیا در زمان‌های مختلف منطقه گشت رودخان



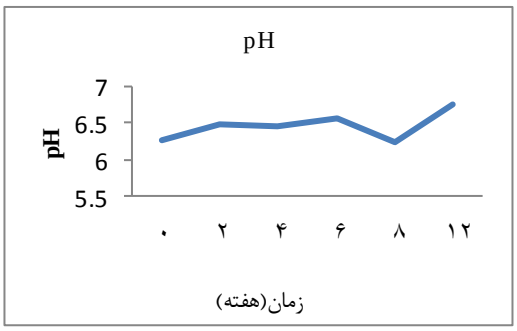
شکل۳- پتانسیل اکسید و احیا در زمان‌های مختلف منطقه کیاشهر

در خاک منطقه فومن پتانسیل اکسید و احیا ، ۲۶۰mv بوده و سپس در هفته دوم از شروع غرقاب افزایش یافت و به ۳۱۸mv رسید و سپس به صورت نزولی کاهش یافت (شکل ۲). این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که در زمان هفته دوم هنوز اکسیژن در خاک وجود دارد و باکتری های هوازی فعالیت دارند لذا احتمالا هنوز اکسیژن در منافذ خاک محبوس شده و در مناطقی باعث افزایش پتانسیل اکسید و احیا گردیده است، اما زمانی که پتانسیل اکسید و احیا کاهش می یابد باکتری های هوازی جای خود را به باکتری‌های بی‌هوازی می‌دهند. زمانی که خاک غرقاب می‌شود در روز های اول پس از غرقاب پتانسیل اکسید و احیا کاهش می‌یابد و سپس افزایش می‌یابد که این تغییرات به نوع خاک بستگی دارد و با نتایج (پانامپروما و همکاران) مطابقت دارد.

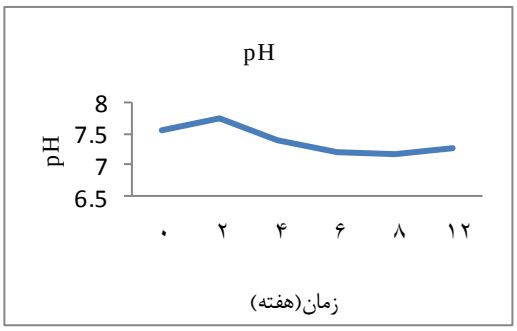
در خاک منطقه بندر کیاشهر پتانسیل اکسید و احیا در زمان صفر۲۳۸ mv بوده و سپس در طول دوره ۱۲ هفته کاهش یافت و به ۵۲ mv- رسید (شکل۳). خاک منطقه کیاشهر دارای شرایط احیایی شدیدتری نسبت به خاک منطقه گشت رودخان فومن می باشد، لذا در این خاک‌ها احیای آهن و منگنز سریع تر از خاک منطقه گشت رودخان صورت می‌گیرد. دلیل افزایش پتانسیل اکسید و احیا این است که تغییرات پتانسیل اکسایش و کاهش در خاک‌ها دارای رابطه معکوس با ماده آلی است، دلیل این مساله این است که در محیط غرقاب در مجاورت مواد آلی زیاد، فعالیت میکروارگانیسم‌های بی-هوازی افزایش یافته و به تبع آن امکان احیاء هر چه بیشتر آهن فراهم و درجه احیاء در افق‌های سطحی کاهش می‌یابد.

اثر مدت غرقاب بر pH محلول خاک

پس از غرقاب با گذشت زمان pH محلول در هر دو خاک ابتدا افزایش و بعد از گذشت زمان کاهش پیدا کرد و این تغییرات تا به سمت خنثی شدن پیش رفت (شکل های ۴ و ۵).



شکل ۴- تغییرات pH در زمان های مختف منطقه گشت رود خان



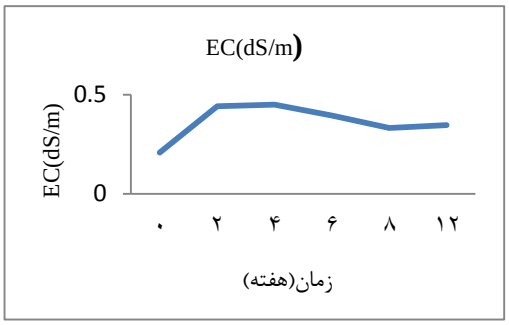
شکل۵- تغییرات pH در زمان های مختف منطقه کیاشهر

با توجه به (شکل۳)، pH منطقه فومن کمتر از pH منطقه کیاشهر است. پس از غرقاب خاک، pH هر دو منطقه ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. میزان pH خاک منطقه گشت رودخان پس از غرقاب از ۶/۲۵ به ۶/۴۹ افزایش، سپس ۰/۳ واحد کاهش و مجدداً ۰/۹ واحد افزایش یافت. میزان pH منطقه کیاشهر پس از غرقاب ابتدا افزایش یافت و به ۷/۷۵ رسید، سپس ۰/۵ واحد کاهش و در نهایت به سمت خنثی پیش رفت.

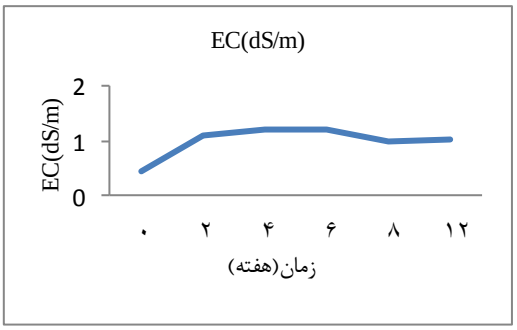
افزایش pH خاک بعد از دو هفته غرقاب را نیز می‌توان به فرآیندهای احیا در خاک نسبت داد. (Islam et al, 1973) مشاهده کردند که pH محلول خاک پس از غرقاب ابتدا کاهش و سپس به تدریج افزایش و در نهایت به حد ثابتی رسید. آنان افزایش بعدی pH محلول خاک پس از غرقاب را به فرآیند احیای منگنز و آهن نسبت دادند. (Patrick and Reddy, 1978). بیان داشتند که تغییر pH خاک پس از غرقاب به چندین عامل از قبیل تبدیل آهن فریک به فرو، تجمع آمونیوم، تبدیل سولفات به سولفید و تبدیل دی اکسید کربن به متان در شرایط کاهشی بستگی دارد.

اثر مدت غرقاب بر EC محلول خاک

پس از غرقاب با گذشت زمان EC محلول در هر دو خاک ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت (شکل ۶ و ۷) که با نتایج (Thind et al, 1987) مطابقت داشت.



شکل۶- تغییرات EC در زمان های مختف منطقه گشت رود خان

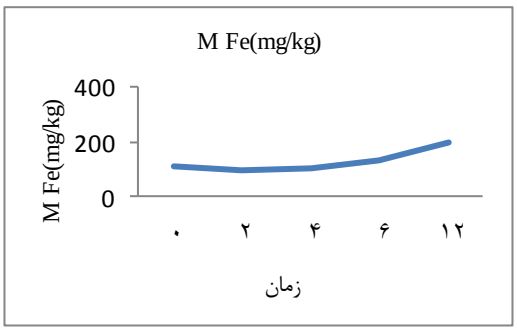


شکل۷- تغییرات EC در زمان های مختف منطقه کیاشهر

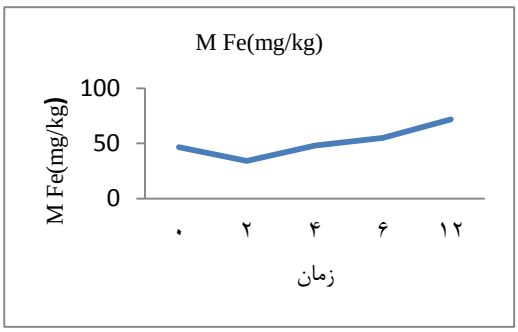
پونامپروما (۱۹۸۵) بیان داشت که EC محلول بیشتر خاک‌ها پس از غرقاب افزایش و پس از رسیدن به مقدار حداکثر دوباره کاهش می‌یابد و این روند از خاکی به خاک دیگر متفاوت است. به نظر محققان، افزایش EC محلول خاک پس از غرقاب به‌دلیل افزایش غلظت Mn^{2+} ، Fe^{2+} ، Mn^{+2} Fe^{2+} ، $NH4^{+}$ ،$HCO3^{-}$ و $RCOO^{-}$ و جابجایی کاتیون‌های سطح کلوئیدهای خاک با $NH4^{+}$ و آزاد شدن آنها به محلول خاک می‌باشد. کاهش بعدی EC محلول خاک به‌دلیل رسوب آهن به‌شکل $Fe(OH)_3$ و FeS، رسوب منگنز به‌شکل $MnCO_3$ و کاهش دی‌اکسید کربن می‌باشد (Ponnamperuma, 1985).

اثر مدت غرقاب بر آهن محلول خاک

غرقاب شدن خاک ابتدا یک کاهش در هفته دوم را نشان داد و سپس به تدریج افزایش یافت (شکل ۸ و ۹).



شکل۸- تغییرات Fe در زمان های مختف منطقه گشت رود خان



شکل ۹- تغییرات Fe در زمان های مختف منطقه کیاشهر

بررسی ها نشان داد که با غرقاب شدن خاک، غلظت آهن قابل جذب گیاه در خاک افزایش یافت و غلظت آهن قابل جذب در خاک گشت رودخان فومن بیشتر از کیاشهر بود که با نتایج سایر محققان (Bjerre, 1985) مطابقت داشت. در شرایط غرقاب و با کاهش پتانسیل ریداکس، غلظت Fe^{2+} افزایش می‌یابد و حتی ممکن است تا حد سمیت برای گیاه نیز برسد. این پدیده در خاک غرقاب با مواد آلی بیشتر، شدیدتر خواهد بود.

منابع

اولیایی، ح. و کشاورزی، م. و ادهمی ا. ۱۳۹۳ . مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی خاک های شالیزاری منطقه نورآباد ممسنی و اراضی بکر مجاور . نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد چهارم، شماره۳ ،صفحه‌های ۱۴۹ - ۱۹۹.

علی پاراد، ق. و طبری کوچک‌سرایی م. و ساداتی ا.. ۱۳۹۳. بررسی برخی تغییرات عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در شاخساره خاک نهال‌های گلدانی بلندمازو تحت شرایط غرقاب. مجله جنگل ایران، سال ششم، شماره۱، صفحه‌های ۲۳- ۳۴.

کلباسی، م. و ع. حسینپور. ۱۳۷۶ .اثر ماندآب شدن موقت سه خاک آهکی بر برخی ویژگیهای شیمیایی و تغییرات آنها پس از زهکشی. مجله علوم کشاورزی ایران (۲۸)۳ : ۴۹- ۵۸

Bjerre, G.K. and. Schierup H.H. 1985. Influence of waterlogging on availability and uptake of heavy metals by oat grown in different soils. Plant and Soil 88: 45-56.

Fageria, N. K., Carvalho G. D., Santos A. B., Ferreira E. P. B. and A. M. Knupp. 2011. Chemistry of lowland rice soils and nutrient availability. Communications in soil science and plant analysis, 42(16), 1913-1933.

Islam, A. and Islam W. 1973. Chemistry of submerged soils and growth and yield of rice. I. Benefit from submergence. Plant and Soil 39: 555-565.

Kirk, G. 2004. The biogeochemistry of submerged soils. Wiley, Chichester, 304P.

Najafi, N. 2013. Changes in pH, EC and concentration of phosphorus in soil solution during submegence and rice growth period in some paddy soils of north of Iran. International Journal of Agriculture, 3(2), 271.

.Owliaie, H.R. and Najafi Ghiri, M. 2013. Effect of long-term rice cultivation on physico-chemical properties and clay mineralogy of soils of Yasouj region. J. Water Soil Sci. 65: 39-48. (In Persian)

Page, A. L., Miller R. H. and D. R. Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA-CSSA-SSSA Publisher, Madison, Wisconsin, USA.

Patrick, W.H., and Reddy C.N. 1978. Chemical changes in rice soils, Soils and rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. 291p.

Ponnamperuma F. N. 1978. Electrochemical changes in submerged soils and the growth of rice. Soils and Rice, 421-441.

Ponnamperuma, F. N. 1955. Ph.D. Thesis, Cornell University, Ithaca, New York.

Sahrawat, K. L. 2005. Fertility and organic matter in submerged rice soils.Current Science, 88(5), 735-739.

Thind, H.S. and Chahal D.S. 1987. Effect of green manuring (Sesbania aculeate L.) on zinc equilibria in submerged calcareous and non-calcareous soils. Biology and Fertility of Soils 3: 179-182.

Changes in redox potential over time in some submerged soils in Guilan region

H. Gerdakani[1], A. Forghani[2], A. Sabouri[3] and N. Yaghmaeian[4]

1, 2, 3 and 4- MSc. Student, Associate Professor and Assistant Professor Soil Science Department, Faculty of

Abstract

Rice is one of the most important foods for more than half of the world's population. Paddy soils are among the widest wet lands being affected by human activities. Rice cultivation operations and especially flooding conditions have long-term effects on soil properties. This study was done. In order to evaluate the effects on soil chemical properties in Kiyahshahr port and Fooman gasht roodkhan area located in east and west of Guilan province for 12 weeks. The results showed that flooding reduced redox potential especially in neutral soils. In all soils that were studied Electrical conductivity of soil solution after flooding at first increased and after reaching to the maximum reduced. Soil solutions pH of Fooman zone rise increased after flooding and Kiyahshahr zones pH decreased after flooding and eventually both came to an almost constant.

Keywords: Flooding, Redox potential, Soil electrochemical, Soluble iron