نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال ششم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۶

ISSN 2251-7480

تاثیر مدیریت آبیاری بر میزان سرب در دسترس در خاک و تجمع آن در اندام هوایی برنج

امیر رحمانی سامانی[۱]، مهدی قبادی‌نیا[۲*]، عبدالرزاق دانش شهرکی[۳]، سیدحسن طباطبایی[٤] و محمدحسن صالحی[٥]

۱) دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی؛ گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

۲*) استادیار؛ گروه مهندسی آب؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: mahdi.ghobadi@gmail.com

۳) استادیار؛ گروه زراعت؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

٤)دانشیار، گروه مهندسی آب؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

٥)استاد، گروه خاکشناسی؛ دانشگاه شهرکرد؛ شهرکرد؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٥/۰٤/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٥/۱۱/۱۱

چکیده

سرب یکی از آلاینده‌های محیط زیست است که به علت خواص سمی و تجمع پذیری و هم‌چنین ماندگاری طولانی، عوارض زیادی بر سلامتی انسان دارد. در این پژوهش تاثیر چهار مدیریت مختلف آبیاری در کشت برنج شامل غرقاب کامل، کنترل سطح ایستابی در ۲۰ و ۳۶ سانتی‌متری زیر سطح خاک و آبیاری تناوبی بر میزان سرب در دسترس خاک و جذب شده در اندام هوایی گیاه برنج مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملا" تصادفی با سه تکرار در دانشگاه شهرکرد انجام شد. نتایج نشان داد نحوه مدیریت سطح ایستابی بر میزان سرب در دسترس و جذب شده در اندام هوایی گیاه برنج تاثیر معنی‌داری دارد و رطوبت ناحیه توسعه ریشه، در جذب و انتقال این عنصر از خاک به اندام گیاه نقش بیشتری ایفا می‌کند. کاربرد مدیریت آبیاری تناوبی (آبیاری متناوب به صورت استغراق کامل خاک و قطع آبیاری تا مصرف آب توسط گیاه و رسیدن سطح ایستابی تا ۴سانتی‌متری زیر سطح خاک)، کنترل سطح ایستابی در ۲۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک (۵۰ درصد استغراق کامل خاک) و کنترل سطح ایستابی در ۳۶ سانتی‌متری زیر سطح خاک (۱۰ درصد استغراق کامل خاک) به‌ترتیب موجب کاهش ۸/۷۸، ۲۱/۵۳ و ۴۰/۰۹ درصد در میزان سرب در دسترس در خاک، کاهش ۲۶/۷۱، ۳۵/۸۲ و ۵۲/۰۱ درصد در میزان سرب جذب شده در ساقه و برگ و کاهش ۱۵/۸۰، ۴۴/۱۹ و ۴۹/۲۸ درصد در میزان سرب جذب شده در دانه گردید.

کلید واژه‌ها: آلودگی خاک؛ برنج؛ سرب؛ مدیریت آبیاری

مقدمه

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط زیست به شمار می‌آیند (Alloway, 1995). این فلزات علاوه بر تأثیر منفی که بر کیفیت خاک دارند، بر تولیدات کشاورزی و کیفیت آب و به تبع آن بر سلامت موجودات زنده تأثیرگذارند (Adriano, 2001). موجودات زنده به مقدار جزیی به بعضی فلزات سنگین از جمله کبالت، مس، آهن، منگنز، مولیبدن، وانادیم، استرانسیوم و روی نیاز دارند، اما مقدار زیاد این عناصر می‌تواند برای حیات موجود زنده مخرب باشد، از جمله فلزات سنگین غیرضروری برای موجودات زنده که از لحاظ آلودگی مهم می‌باشند می‌توان به سرب اشاره نمود (گلچین و شفیعی، ۱۳۸۵). سرب یکی از مهمترین عناصر سنگین و سمی است که از طریق خوردن آب و غذا و از راه تنفس وارد بدن می‌شود. به محض بلعیدن، این فلز با بیومولکول‌های بدن مانند پروتئین‌ها و آنزیم‌ها به شکل ترکیبات پایدار در می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

در نتیجه ساختار آنها تغییر کرده و فعل و انفعالات زیستی آنها با مشکل مواجه می‌شود. آلودگی سرب باعث جلوگیری از سنتز هموگلوبین، آسیب به عملکرد کلیه‌ها، سیستم باروری، مفاصل، سیستم قلبی‌عروقی، آسیب حاد و مزمن به سیستم عصبی مرکزی و سیستم عصبی جانبی می‌شود (پیروتی و قاسم زاده، ۱۳۹۱).

تجمع فلزات سنگین جذب شده در اندام گیاه در غلظت‌هایی بیش از حد استاندارد، ضمن فراهم آوردن شرایط کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت جوامع انسانی را به همراه دارد (کریمیان، ۱۳۷۱؛ عباسپور، ۱۳۸۹؛ عرفان منش و افیونی، ۱۳۷۹ و هودجی و جلالیان، ۱۳۸۳). از این رو مشکل آلودگی خاک‌ها به خصوص با عناصر سنگین مورد توجه پژوهش‌گران در سرتاسر دنیا قرار گرفته است (Bai *et al.*, 2010; Zhao *et al.*, 2010).

بیشتر فلزات سنگین (به استثنای مولیبدن) در pH پایین بسیار محلول بوده و قابلیت راه‌یابی به اجزای حیاتی موجودات زنده را دارند (چالکش امیری، ۱۳۸٦؛ حسینیان، ۱۳۸۲). در اکثر پژوهش‌ها، افزایش pH محیط به عنوان راه‌کاری عملی جهت کاهش اثرات فلزات سنگین اشاره شده است (Kabata Pendias and Mukherjee, 2007). به‌همین علت مطالعات متعددی در مورد تجمع و انتقال فلزات سنگین از جمله سرب در سامانه‌های برنج‌کاری انجام پذیرفته است و جهت کاهش تاثیر این عناصر به کنترل pH خاک به عنوان راه‌کار اشاره کرده‌اند (Bai *et al.*, 2010؛ Zhang *et al.*, 2010؛ Mohajer *et al.*, 2012؛ حمزه نژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

برنج یکی از مهم‌ترین غلات می‌باشد که غذای عمده‌ی بیش از نصف مردم دنیا است. برنج محصول غالب در چین است و رتبه‌ی دوم را به لحاظ کمیت در دنیا دارد. در نتیجه کیفیت برنج به‌شدت بر سلامتی انسان تأثیر می‌گذارد (Alloway, 1995). برنج از نظر مورفولوژی یک گیاه نیمه‌آبزی است که می‌تواند در شرایط غرقاب یا دیم رشد نماید، ولی عملکرد این گیاه عموما در حالت غرقاب نسبت به حالت غیرغرقاب به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. یکی از علل این امر افزایش حفرات هوایی ریشه یا آئرانشیم (Aerenchyma) است که باعث افزایش میزان اکسیژن‌رسانی به اندام‌های هوایی گیاه می‌شود و دلیل دیگر افزایش واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی خاک در حالت غرقابی و متعاقب آن دسترسی بیشتر گیاه به عناصر غذایی است (میرلوحی و همکاران، ۱۳۸۳). علی‌رغم این‌که برنج به صورت غرقاب کشت می‌شود، کنترل آب مهم‌ترین عملیات مدیریتی است که نقش تعیین کننده‌ای در میزان سودمندی سایر نهاده‌های تولید (مواد غذایی، آفت‌کش، علف‌کش و ...) در کشت برنج دارد (درزی و همکاران، ۱۳۹۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که غرقاب کردن زمین باعث افزایش جذب فسفر و منگنز و هم‌چنین افزایش قابلیت انحلال آهن می‌شود، اما حلالیت عنصر روی را کاهش می‌دهد (میرلوحی و همکاران، ۱۳۸۳).

در صورت آلوده شدن اراضی شالیزاری به فلزات سنگین از قبیل سرب (Pb) و ورود آن‌ها به چرخه غذایی، سلامت جامعه انسانی با تهدید جدی مواجه خواهد شد. فلزات سنگین در خاک آلوده‌ی شالیزارها ممکن است در نهایت در بدن انسان تجمع یابند و منجر به بروز اختلالات روانی و بسیاری از بیماری‌های ناتوان کننده گردند (Coen *et al.*, 2001). بنابراین آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی و انتقال آن‌ها در سیستم خاک - برنج مورد توجه بوده است. در ضمن این عنصر در غلظت‌های کم نیز برای موجودات زنده سمی می‌باشد.

روش‌های آبیاری زیرسطحی از فناوری‌های جدیدی هستند که دارای مزایای متعدد و منحصر به فرد از نظر مسایل زراعی، حفظ منابع آب و خاک و اقتصادی می‌باشند و راه‌حل مناسبی برای مبارزه با خشک‌سالی‌ها و بحران کمبود آب به شمار می‌آیند (ولی‌زاده، ۱۳۸۲). روش‌های

Archive of SID

www.SID.ir

موسوم به آبیاری زیرسطحی نمونه‌ی بارز نسل جدید روش‌های آبیاری و نوآوری‌هایی است که در این زمینه صورت گرفته‌است (علیزاده، ۱۳۸۸).

با توجه به نتایج پژوهش‌های پیشین پژوهش‌گران (اورکی و قبادی‌نیا، ۱۳۹۳) در خصوص تاثیر عمق سطح ایستابی بر عملکرد برنج، چهار تیمار آبیاری غرقاب (I100)، آبیاری تناوبی (IP)، ۵۰درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب (I50) و ۱۰درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب (I10) انتخاب گردید. با توجه به کمبود مطالعات در زمینه تاثیر عمق سطح ایستابی بر عملکرد برنج و جذب فلزات سنگین، هدف از این پژوهش بررسی اثر مدیریت سطح ایستابی به عنوان یک شیوه آبیاری با کاهش آب مصرفی بر میزان جذب سرب در کشت برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری در کشت برنج بر میزان جذب سرب، آزمایش به صورت کشت در گلدان و در قالب طرح آماری کاملا" تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۲۰۶۱/٤ متر از سطح دریا، انجام شد. میانگین درجه حرارت سالیانه ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۳۲۱/۵ میلی‌متر در سال و دارای اقلیم نیمه خشک است (علیاری، ۱۳۸۹).

برای کشت برنج از گلدان‌هایی با ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و قطر دهانه‌ی ٤۰ سانتی‌متر استفاده شد. عمق نهایی توسعه‌ی ریشه معادل ٤۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و با توجه به‌این عمق تیمارهای آبیاری به صورت چهار روش آبیاری شامل غرقاب با کنترل سطح آب به‌طور متوسط ۳سانتی‌متر روی سطح خاک (I100)، کنترل سطح ایستابی در ۲۰ سانتی‌متری زیر سطح خاک (I50) (که معادل ۵۰درصد پایینی عمق نهایی توسعه ریشه به صورت غرقاب در آب در نظر گرفته شده است)، کنترل سطح ایستابی در ۳٦ سانتی‌متری زیر سطح خاک (I10) (که معادل ۱۰درصد پایینی عمق نهایی توسعه ریشه به صورت غرقاب در آب در نظر گرفته شده است) و آبیاری تناوبی (IP) لحاظ گردید. جدول ۱ مشخصات تیمارها را نشان می‌دهد.

به‌منظور ثابت نگه داشتن سطح آب از روش آبیاری زیرزمینی یا زهکش کنترل شده استفاده شد. روش کار به این صورت بود یک لوله پلی‌اتیلن را به صورت مشبک درآورده، دور آن فیلتر مصنوعی پیچیده شده و در انتهای گلدان، به عنوان لوله آبده، قرار داده شد. روی لوله‌ی داخل گلدان به ارتفاع ٤۰ سانتی‌متر از خاک پر شد و ۵ سانتی‌متر بالایی، فضای باز برای آبیاری تیمار غرقاب قرار گرفت. این لوله‌ی پلی‌اتیلنی با استفاده از یک لوله آب واقع در بیرون گلدان به مخزن تثبیت سطح ایستابی متصل گردید.

در مخزن تثبیت سطح ایستابی با کمک شناور سطح ایستابی در سطح مورد نظر تثبیت گردید، بدین ترتیب که ارتفاع نصب شناور در منبع تثبیت آب برابر با ارتفاع آب در گلدان نظیر بود.

جدول۱. مشخصات تیمارها

ردیف	علامت اختصاری	مشخصات تیمار	عمق تثبیت سطح ایستابی (سانتی‌متر)
۱	I100	آبیاری غرقاب	۰
۲	IP	آبیاری تناوبی	-
۳	I50	۵۰درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب	۲۰
٤	I10	۱۰درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب	۳٦

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

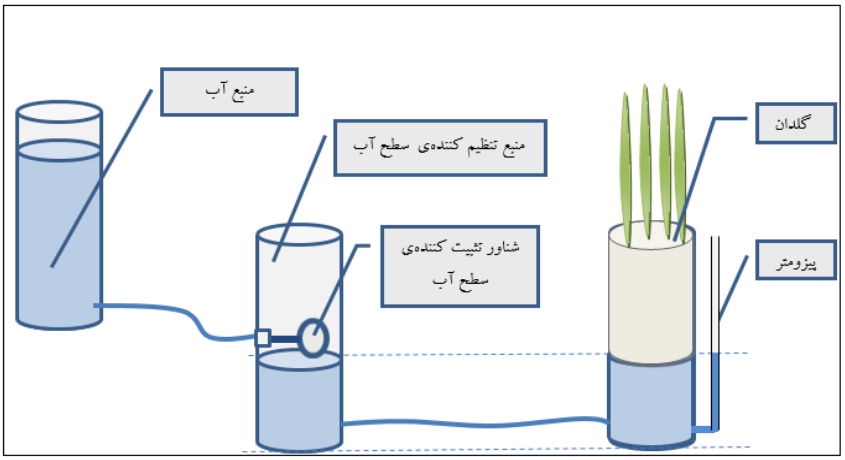
pH	EC (dS/m)	بافت	شن %	سیلت %	رس %	کربن آلی %	کادمیم کل ($mg.kg^{-1}$)	سرب کل ($mg.kg^{-1}$)	عمق (cm)
۷/٤۳	۱/۲	رسی	۲۳	۳۳	٤٤	۰/۱	۰/٦۸۲	۵۳/۵۵۲	۰-۵۰

درنهایت یک منبع آب ورودی نیز به هرکدام از مخازن مربوط به تثبیت سطح ایستابی متصل گردید. گلدان‌ها و منبع‌های آب نظیرشان با هم تراز شدند تا آب در هر دو در یک سطح قرار گیرد و به کمک یک خط‌کش ارتفاع آب در پیزومتر و منبع تثبیت سطح ایستابی قرائت شده و با هم تنظیم گردید. برای تیمار تناوبی نیز پس از رسیدن سطح آب به ۱۰درصد پایینی ریشه آبیاری به‌صورت دستی از سطح خاک صورت گرفت.

خاک آزمایش‌ها از اراضی ابریشم اصفهان که ازمناطق آلوده به سرب وکادمیم است و اخیرا مخاطرات زیستی و اجتماعی زیادی در آن منطقه بوجود آمده است (مهاجر، ۱۳۹۲)، تهیه گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در جدول ۲ آمده است. بافت و اجزای آن به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)و ماده آلی به روش سوزاندن تر (Walkley and Black, 1934) اندازه‌گیری شدند.

گلدان‌ها دو مرتبه به‌منظور تثبیت خاک آبیاری شدند. سپس نشا برنج که از ارقام رایج کشت منطقه (لنجان) است، از محل تامین خاک آلوده تهیه و درگلدان‌ها کشت گردید. شکل ۱ شماتیک طرح و جدول ۳ تاریخ انجام عملیات زراعی را نمایش می‌دهد.

پس از تهیه‌ی نشا عملیات کشت آغاز شد. به‌این صورت که در هرگلدان تعداد شش دسته نشا، که هر دسته شامل سه عدد بود کشت گردید. همه دسته نشاها هم‌اندازه انتخاب شدند تا تراکم اولیه‌ی کشت در تمام گلدان‌ها برابر باشد. در ابتدا برای استقرار کامل گیاه، کلیه تیمارها به مدت دو هفته به صورت کاملاً غرقاب بودند و تیمارهای آبیاری (کنترل سطح ایستابی)، از هفته سوم اعمال شد. برای تیمار غرقاب به طور معمول در هفته‌ی بعد از نشاکاری عمق آب ۵ تا ٦ سانتی‌متر و پس از آن در زمان پنجه‌دهی عمق آب به ۲ تا ۳ سانتی‌متر کاهش یافت و در مراحل رشد زایشی آب روی سطح ۲ تا ٤ سانتی‌متری حفظ شد.



شکل ۱. شماتیک طرح آزمایش

www.SID.ir

جدول ۳. تاریخ انجام عملیات زراعی

عملیات	تاریخ
کشت نشا	۱۳۹۳/٤/۱۳
اعمال مدیریت آبیاری	۱۳۹۳/۵/۱
قطع آب	۱۳۹۳/۷/٤
برداشت	۱۳۹۳/۷/۱۰

در مرحله‌ی رسیدن عمق آب ۱ تا ۲ سانتی‌متر حفظ شد و در مرحله‌ی زرد شدن خوشه‌ها آبیاری قطع شد. با شروع زرد شدن خوشه‌ها در اواخر دوره رشد، به‌منظور رسیدگی یکنواخت خوشه‌ها آبیاری قطع شد. در پایان فصل رشد، زمانی که گیاه به حداکثر رشد خود رسید و پس از اینکه ۹۰ تا ۹۵ درصد خوشه‌ها و یک سوم محور اصلی آنها از نقطه‌ی انتهایی‌شان زرد شدند برداشت انجام شد (اصفهانی، ۱۳۷۷). اندام هوایی و ریشه‌ها پس از جداسازی از خاک و شستشو با آب، جهت بررسی پارامترها به آزمایشگاه منتقل شدند.

طی آزمایش و در انتهای دوره مطابق جدول ۳ برداشت داده‌ها انجام شد. اندازه‌گیری‌های pH محلول آب و خاک جهت بررسی ارتباط مقادیر آن با کنترل سرب، در طول آزمایش و به فواصل زمانی هفت روز، انجام شد. از دو عمق ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متری هر گلدان نمونه‌های خاک تهیه شد. سپس با ماده‌ی DTPA عصاره‌گیری شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها غلظت عنصر سرب در دسترس خاک با دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی قرائت شد. پس از برداشت محصول نمونه‌های گیاه به آزمایشگاه منتقل شدند و اندام گیاهی با آب و سپس با آب مقطر شستشو داده شد. سپس همه بخش‌های گیاه به‌جز دانه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا خشک شوند. پس از آنکه نمونه‌ها به وزن ثابت رسیدند از آون خارج شدند. دانه‌ها نیز بطور مشابه در آون و دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. کلیه‌ی نمونه‌های گیاهی آسیاب شده و از الک مش ۱۰۰ عبور داده شدند. نمونه‌های گیاهی شامل دانه و مخلوط ساقه و برگ آماده شدند و سپس تحت روش هضم با HNO_3-$HClO_4$ غلظت سرب نمونه‌ها تعیین شد. داده‌های برداشت شده طی آزمایش به شرح جدول ٤ است.

در نهایت تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر مدیریت آبیاری بر میزان سرب در دسترس در خاک در انتهای آزمایش، سرب جذب شده در ساقه و برگ و دانه در جدول ۵ آمده است. ملاحظه می‌گردد که اثر کاربرد مدیریت‌های مختلف آبیاری بر میزان سرب درسیستم خاک-گیاه (سرب در دسترس خاک در انتهای آزمایش و تجمع یافته در اندام هوایی گیاه برنج) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

جدول ٤. روش و زمان تعیین pH، سرب در دسترس خاک و سرب موجود در گیاه

آزمایش	منبع روش	ابزار برداشت	زمان برداشت
pH	Smith, 1991	Aqua Lytic-A10	به صورت هفتگی
سرب در دسترس خاک	Lindsay and Norvell, 1978	دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی	انتهای دوره
سرب موجود در اندام گیاه	Fang, 1991	دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی	انتهای دوره

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس اثر مدیریت آبیاری بر تغییرات میزان سرب در سیستم خاک-گیاه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		سرب در دسترس در خاک	سرب تجع یافته در اندام هوایی	سرب تجمع یافته در دانه
مدیریت آبیاری	۳	۷/٦۸**	۹۸۸/٦۹**	۱۵۱/۹۵**
خطا	۸	۰/۱۱	٤۰/۸۸	۳/۰۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	٤/٤٤	۱۰/۷٤	۷/۹٦

**** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد**

مقایسه میانگین اثر مدیریت آبیاری بر میزان تغییرات سرب در سیستم خاک-گیاه در جدول ٦ آمده است. با توجه به جدول ٦ با کاهش سطح ایستابی و خارج شدن خاک از حالت غرقاب میزان سرب جذب شده در اندام هوایی کاهش یافت به گونه‌ای که بیشترین میزان سرب در سیستم خاک-گیاه مربوط به تیمار آبیاری غرقاب (I100) و کمترین مقادیر مربوط به ۱۰ درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب (I10) بود. ضمن اینکه میزان سرب تجمع یافته در ساقه و برگ بیشتر از مقدار آن در دانه بود و به طور متوسط میزان سرب تجمع یافته در دانه ۳۷/۱ درصد کمتر از سرب تجمع یافته در ساقه و برگ مشاهده گردید. شکل۲، نیز درصد کاهش میزان سرب تیمارها نسبت به تیمار غرقاب در سیستم خاک-گیاه را نمایش می‌دهد. مشاهده گردید که بیشترین میزان سرب در سیستم خاک-گیاه مربوط به تیمار آبیاری غرقاب (I100) و کمترین مقادیر مربوط به تیمار آبیاری ۱۰ درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب (I10) بود.

کاربرد مدیریت آبیاری تناوبی، ۵۰ درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب (I50) و ۱۰ درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب (I10) نسبت به آبیاری غرقاب به‌ترتیب موجب کاهش ۸/۷۸، ۲۱/۵۳ و ٤۰/۰۹ درصد در میزان سرب در دسترس در خاک، کاهش ۲٦/۷۱، ۳۵/۸۲ و ۵۲/۰۱ درصدی در میزان سرب جذب شده در ساقه و برگ و کاهش ۱۵/۸۰، ٤٤/۱۹ و ٤۹/۲۸ درصدی در میزان سرب جذب شده در دانه گردید.

جدول ٦. مقایسه میانگین اثر مدیریت آبیاری بر میزان تغییرات سرب در سیستم خاک-گیاه

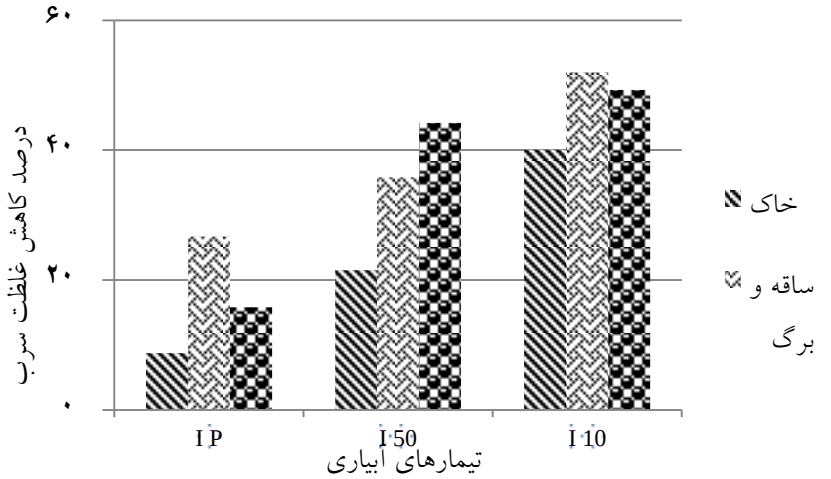
	تیمار	سرب در دسترس در خاک ($mg.kg^{-1}$)	سرب تجمع یافته در اندام هوایی ($mg.kg^{-1}$)	سرب تجمع یافته در دانه ($mg.kg^{-1}$)
مدیریت آبیاری	I100	۹/۱۹۵^{a}	۸۳/۳۹۰^{a}	۳۰/۳۸۳^{a}
	IP	۸/۳۸۸^{b}	٦۱/۱۱۳^{b}	۲۵/۵۸۳^{b}
	I50	۷/۲۱۵^{c}	۵۳/۵۲۰^{b}	۱٦/۹۵۷^{c}
	I10	۵/۵۰۹^{d}	٤۰/۰۱۷^{c}	۱۵/٤۱۰^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

(I100 : آبیاری غرقاب، IP : آبیاری تناوبی، I50 : ۵۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب و I10 : ۱۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. درصد کاهش میزان غلظت سرب تیمارها نسبت به تیمار غرقاب در سیستم خاک-گیاه

(IP : آبیاری تناوبی، I50 : ۵۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب و I10 : ۱۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب).

همچنین با کاهش رطوبت در ناحیه‌ی ریشه اثر دو تیمار آبیاری ۱۰درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب (I10) و ۵۰درصد پایینی عمق ریشه در حالت غرقاب (I10) در کاهش سرب در دانه به‌هم نزدیک می‌شود.

بنابراین با اعمال سایر مدیریت‌های آبیاری به‌جای آبیاری غرقاب می‌توان میزان سرب در سیستم خاک-گیاه را تا حد معنی‌داری کاهش داد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های سایر پژوهش‌گران از جمله چالکش امیری (۱۳۸٦)، حسینیان (۱۳۸۲) و بهمنیار (۱۳۸۵) مبنی بر کاهش جذب عناصر سنگین ناشی از کاهش شرایط رطوبت مطابقت دارد.

در تحلیل علت تغییرات غلظت سرب در سیستم خاک-گیاه علاوه بر کاهش رطوبت می‌توان به تغییرات pH نیز اشاره نمود. نتایج تجزیه واریانس اثر مدیریت آبیاری بر میزان pH خاک در جدول ۷ نمایش داده شده است. ملاحظه می‌گردد که کاربرد مدیریت‌های مختلف آبیاری بر میزان pH عصاره‌ی خاک در سطح احتمال یک درصد اثری معنی‌دار دارد.

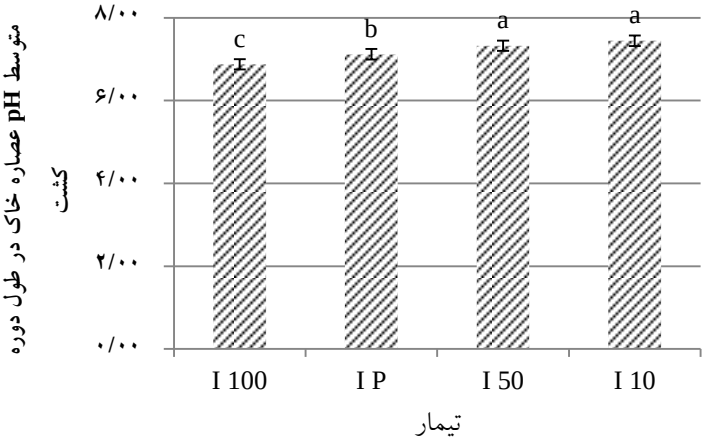
در شکل ۳ مقایسه میانگین pH خاک کلیه‌ی تیمارها در سطح مقایسه پنج درصد مطابق آزمون LSD در طول دوره‌ی کشت نشان داده شده است. با توجه به این شکل، در تیمارهای آبیاری pH عصاره‌ی خاک مربوط به آبیاری غرقاب کمینه بوده و به‌ترتیب در تیمارهای آبیاری تناوبی، ۵۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب و ۱۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب افزایش یافت.

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس اثر مدیریت آبیاری بر pH خاک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		pH خاک
مدیریت آبیاری	۳	۰/۱۸۵**
خطا	۸	۰/۰۰۹
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱/۳٤

**** معنی دار در سطح احتمال یک درصد**

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرتیمارهای آبیاری بر pH خاک در طول دوره‌ی کشت

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

(I100 : آبیاری غرقاب، IP : آبیاری تناوبی، I50 : ۵۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب و I10 : ۱۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب).

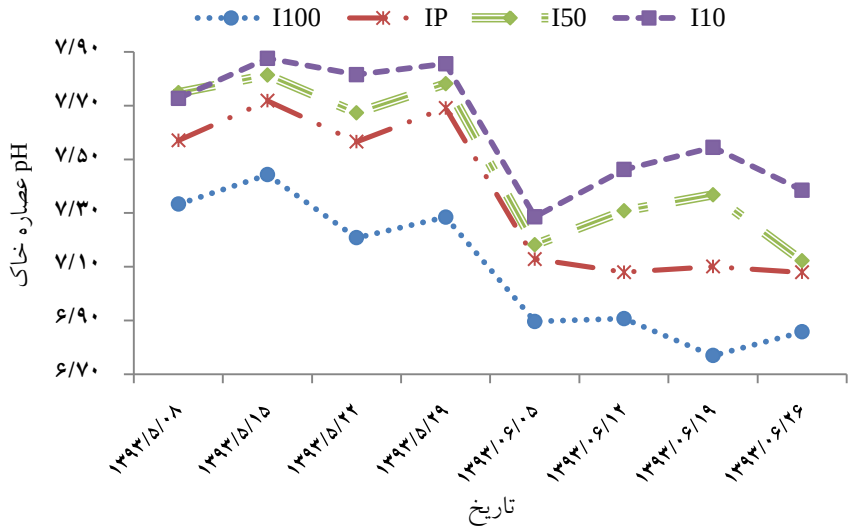
هم‌چنین کاربرد مدیریت آبیاری تناوبی، ۵۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب و ۱۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب نسبت به آبیاری غرقاب به‌ترتیب موجب افزایش ۳/۴۹، ٦/٤٠ و ۸/۱٤ درصدی pH گردید.

شکل ٤ مربوط به روند تغییرات pH خاک تیمارهای آبیاری در طول دوره‌ی کشت می‌باشد. با توجه به شکل، در تیمار ۱۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب متوسط pH در طول دوره بیشتر از ۷ می‌باشد. بعد از آن تیمارهای آبیاری تناوبی و ۵۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب دارای روندی نسبتا مشابه هستند. اما تیمار آبیاری غرقاب دارای متوسط کمتر از ۷ است، ضمن اینکه با افزایش طول دوره غرقاب و قرار گرفتن محیط خاک در حالت بی‌هوازی موجب می‌شود که در اواخر دوره pH این تیمار کمتر از ۷ باشد که می‌تواند از دلایل تحرک بیشتر سرب درخاک‌های با pH کمتر از ۷ باشد (Kabata Pendias and Mukherjee, 2007).

مطابق نتایج به دست آمده در تیمارهای با pH عصاره خاک بالاتر، غلظت سرب در سیستم خاک-گیاه پایین‌تر است. به عبارتی بین pH عصاره خاک تیمارها و غلظت فلزات سنگین در دسترس در خاک و میزان این فلزات در اندام‌های گیاهی رابطه‌ی عکس وجود دارد. چرا که بیشتر فلزات سنگین (به استثنای مولیبدن) در pH پایین بسیار محلول هستند (چالکش امیری، ۱۳۸٦و حسینیان، ۱۳۸۲).

نتایج این پژوهش با نتایج پژوهشی که بهمنیار (۱۳۸۵) در غرب ساری و قسمت مرکزی قائم شهر برای آبیاری اراضی زیر کشت برنج با استفاده از فاضلاب انجام داد، مطابقت دارد. وی به این نتیجه دست یافت که با بالا بردن pH خاک، میزان سرب کل تجمع یافته در خاک افزایش معنی‌داری نشان داد و تجمع فلزات سنگین در خاک متناظر با کم بودن مقادیر در دسترس آن‌ها می‌باشد. علاوه بر این، نتایج حاصل از یک آزمایش گلدان نشان داد با افزایش pH خاک از ٤ به ۵ و ٦/۵، منجر به کاهش فلز سنگین در دسترس گیاه به میزان بیش از ٦۰ درصد و کاهش جذب این عناصر توسط گیاه برنج به بیش از ۸٤ درصد گردید (Gu *et al.*, 2011).

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ٤. روند تغییرات pH خاک تیمارهای آبیاری در طول دوره‌ی کشت

(I100 : آبیاری غرقاب، IP : آبیاری تناوبی، I50 : ۵۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب و I10 : ۱۰درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب).

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب (Water Use Efficiency) به صورت میزان جرم کل ماده خشک تولیدی بخش بر میزان آب مصرفی در طول دوره تعریف می‌گردد و واحد آن کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس اثر مدیریت آبیاری بر میزان کارایی مصرف آب در جدول ۸ آمده است. ملاحظه می‌گردد که کاربرد مدیریت‌های مختلف آبیاری بر میزان کارایی مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد اثری معنی‌دار دارد.

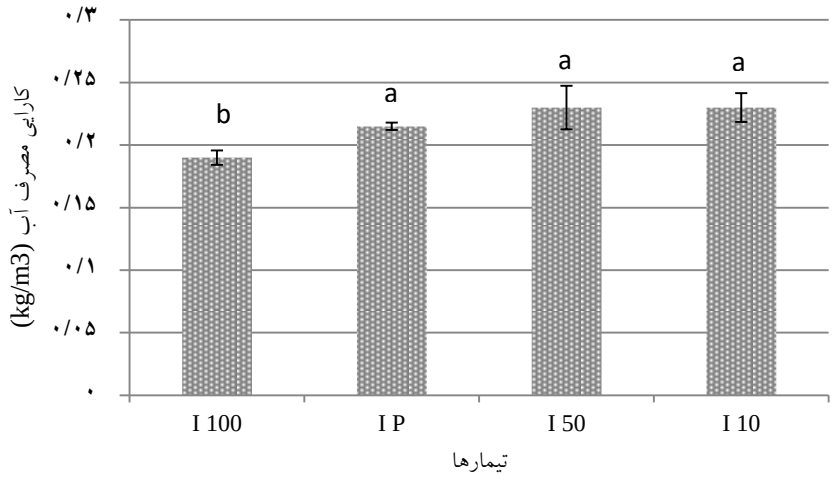
شکل ۵ مربوط به تاثیر تیمارها بر میانگین کارایی مصرف آب در سطح مقایسه پنج درصد مطابق آزمون LSD می‌باشند. مطابق شکل، کارایی مصرف آب تیمار ۵۰درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب بیشترین و در تیمار غرقاب کمترین مقدار بود. کاربرد مدیریت آبیاری تناوبی، ۵۰درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب ۱۰درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب نسبت به آبیاری غرقاب به‌ترتیب موجب افزایش ۱۱/۵٤، ۲۵ و ۲۱/۱۵ درصد در میزان کارایی مصرف آب شد. درضمن کاربرد تیمارهای آبیاری تناوبی و ۱۰درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب موجب اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد در میزان کارایی مصرف آب نشدند.

جدول ۸. نتایج تجزیه واریانس اثر مدیریت آبیاری بر کارایی مصرف آب

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
		کارایی مصرف آب
مدیریت آبیاری	۳	۰/۰۰۱*
خطا	۸	۰/۰۰۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۷۲

*** معنی دار در سطح احتمال پنج درصد**

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵. مقایسه میانگین اثرتیمارهای آبیاری بر کارایی مصرف آب

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

(I100 : آبیاری غرقاب، IP : آبیاری تناوبی، I50 : ۵۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب و I10 : ۱۰ درصد پایینی عمق نهایی ریشه در حالت غرقاب).

ایـن نتـایج بـا نتـایج پـژوهش سلحشـور (۱۳۸۸)، Bouman و همکـــاران (۲۰۰۵) و Tung و همکـــاران (۲۰۰۵) که نشان دادند بـا کـاهش آب مصـرفی در ارقـام مختلف برنج، علاوه بر آنکه تفـاوت در عملکـرد دانـه در تیمارهای مختلف معنی‌دار نیست، کارایی مصرف آب نیـز افزایش می‌یابد، مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

در ایـن پـژوهش کمتـرین مقـادیر غلظـت سـرب در تیمارهای با رطوبت کمتر خـاک مشـاهده شـد. در ضـمن مشاهده گردید که کاربرد مدیریت‌های مختلف آبیاری بـر میزان pH عصـاره‌ی خـاک در سـطح یـک درصـد اثـری معنی‌دار دارد و کنترل pH یکی از عوامل موثر بر تحرک و فعالیت سرب بود، و این امر با کنترل رطوبـت و مـدیریت ایستابی امکان‌پذیر است. بنابراین با کنترل سطح ایستابی و رطوبت ناحیه توسعه ریشه می‌توان در مزارعی کـه آلـوده به فلزات سنگین هستند جهت کنتـرل سـرب در خـاک و محصولات کشاورزی استفاده نمود، همچنین نتـایج نشـان داد که با کاهش سـطح ایسـتابی از غرقـاب کامـل بـه ۵۰ درصد عمق پایینی توسعه‌ی ریشه، کارایی مصرف آب تـا ۲۵درصد افزایش یافت.

با توجه به نتایج این پژوهش به نظر مـی‌رسـد جهـت کنترل سرب و کاهش آلودگی خاک، ضمن داشتن کارایی مناسب مصـرف آب تیمـار ۵۰ درصـد پـایینی عمـق نهایی ریشه در حالت غرقاب I50 ، تیمار مناسبی باشد. در پژوهش‌های پیشین بیشتر به آبیاری تنـاوبی و تـاثیر آن بـر کارایی مصرف آب اشاره شده است اما نتایج این پـژوهش نشان می‌دهد که حفظ سطح ایستابی در ترازهای پایین‌تـر از سطح خاک می‌توانـد نتـایج بهتـری نسـبت بـه آبیـاری تناوبی حاصل نماید. در ضمن موفقیت‌های حاصـل شـده در این پژوهش ضرورت طرح پژوهش‌های آتـی در ابعـاد مزرعه‌ای را توجیه و ایجاب می‌نماید.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه شـهرکرد بـه دلیل حمایت‌های مالی از انجام آزمایش‌های این پـژوهش قدردانی می‌گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

فهرست منابع

اصفهانی، م. ۱۳۷۷. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و اکولوژی برنج. انتشارات دانشگاه گیلان. ۵۷ صفحه.

اورکی، ت. قبادی‌نیا، م. ۱۳۹۳. تأثیرعمق سطح ایستابی برضرایب شاخص تنش آبی برنج. دومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، مهرماه ۱۳۹۳، ۱۲۳-۱۲۸.

بهمنیار، م.ع. ۱۳۸۵. تاثیر دوره های مختلف غرقاب و کشت مستمر برنج بر تغییر خصوصیات شیمیائی و حاصلخیزی خاک. پژوهش‌نامه علوم و منابع طبیعی خزر. ٤(۳): ٤٤ - ٥٦.

پیروتی، ش. قاسم زاده، م. ۱۳۹۱. اثرات سمی فلز سنگین سرب بر بخش‌های مختلف بدن انسان. سومین کنگره عناصر کمیاب ایران. مجله علمی پژوهشی فیض. دانشگاه علوم پزشکی کاشان. ١٦(۷): ۷٦۱-۷٦۲.

چالکش امیری، م. ۱۳۸٦. اصول تصفیه‌ی آب. نشر ارکان. ٥٤٤ صفحه.

حسینیان، م. ۱۳۸۲. اصول طراحی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری و پساب صنعتی. آینده‌سازان. ۳٦٤ صفحه.

حمزه‌نژاد تقلیدآباد، ر. خداوردی، ل. رضاپور، س. و منافی، ش. ۱۳۹۱. ارزیابی کارآیی سه گیاه شورپسند در کاهش سدیم تبادلی (ESP) و آلودگی کادمیمی و سربی خاک. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. ١٦ (٦۰): ۱۳۱-۱٤۳.

درزی، ع. میرلطفی، م. شاهنظری، ع. اجلال،ی ف. و مهدیان م. ح. ۱۳۹۱. تاثیر زهکشی سطحی و زیرزمینی بر عملکرد برنج و اجزای آن در اراضی شالیزاری. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲٦ (۱): ٦۱-۷۰.

سلحشور، م. ر. ۱۳۸۸. عکس العمل ارقام مختلف برنج نسبت به رژیم‌های متفاوت آبیاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. ایران. ۱۰۷ صفحه.

عباسپور، م. ۱۳۸۹. مهندسی محیط زیست. مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران. ۳۳۹صفحه.

عرفان‌منش، م. و افیونی، م. ۱۳۷۹. آلودگی محیط زیست، آب، خاک و هوا .انتشارات ارکان. اصفهان. ۳۳۰ صفحه.

علیزاده، ا. ۱۳۸۸ . طراحی سیستمهای آبیاری. چاپ سوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ٤٥۲ صفحه.

علیاری ح.۱۳۸۹. تأثیر تنش آبی بر الگوی توزیع ریشه در خاک و جذب آب توسط گیاه لوبیا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

کریمیان، ن. ۱۳۷۱. شیمی خاک .جلد اول مبانی. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ۲۰۱ صفحه.

گلچین، ا. و شفیعی، س. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر کارخانجات سرب و روی زنجان بر آلودگی محصولات زراعی و باقی به فلزات سنگین. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. ١٦(٦۰): ۲۱-۲۲.

مهاجر، ر. ۱۳۹۲. پراکنش مکانی برخی عناصر سنگین در واحدهای نقشه ی خاک و ارتباط آن‌ها با تجمع در بافت‌های گیاهی، حیوانی و شیوع سرطان گوارش در منطقه‌ی لنجانات اصفهان. پایان‌نامه‌ی دکترای خاکشناسی. دانشکده‌ی کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ایران، ۱۵۷ صفحه.

میرلوحی، ا. اهتمام، م. ح. و سبزعلیان، م. ر. ۱۳۸۳. بررسی عوامل نمود بهتر برنج در شرایط غرقابی با استفاده از رقم‌های زراعی ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۸(۲): ۱۲۱-۱۳٤.

ولی‌زاده، ن. ۱۳۸۲. روند توسعه و چشم انداز آبیاری تحت فشار در ایران. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. ۱۲۳ صفحه.

Archive of SID

www.SID.ir

هودجی، م. و جلالیان، ا. ۱۳۸۳. پراکنش نیکل منگنز و کادمیم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه اسقرار مجتمع فولاد مبارکه. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵(۳): ۵۵-٦٦.

Adriano, D. C, 2001. Trace elements in terrestrial environments biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. Springer-Verlag. New York. 866 pp.

Alloway, B. J. 1995. Heavy metals in soils. John Wiley and Sons Inc. New York. 525 pp.

Bai, J. Xiao, R. Gong, A. Gao, H. and Huang, L. 2010. Assessment of heavy metal contamination of surface soils from typical paddy terrace wetlands on the yunnan plateau of China. Physics and Chemistry of the Earth. 36(9): 447–450.

Bouman, B.A.M. Peng, S. Castaneda, R.M. and Visperas, R.M. 2005. Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems. Agricultural Water Management. 74: 87–105.

Coen, N. Mothersill, C. Kadhim, M. Wright E. and Wright,G. 2001. Heavy metals of relevance to human health induce genomic instability, Journal of Pathology,195: 293–299.

Fang. R. 1991. Application of Atomic Absorption Spectroscopy in Sanitary Testing. Beijing University Press. Beijing. pp. 148_158.

Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis. In: Klute, A. (Ed). Methods of Soil Analysis. part 1. physical and mineralogical methods Agronomy SSSA. Madison. WI. pp. 383-411.

Gu, H. H. Qiu, H. Tian, T. Zhan, Sh. Sh. Deng, T. Chaney, R. L. Wang, Sh. Z. Tang, Y.T. Morel, J. L. and Qiu, R. L. 2011. Mitigation effects of silicon rich amendments on heavy metal accumulation in rice (Oryza sativa L.) planted on multi-metal contaminated acidic soil. Chemosphere. 83: 1234–1240.

Kabata Pendias, A. and Mukherjee, A. B. 2007. Trace elements from soil to human. Springer. 550 p.

Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn, and Cu. Soil Science Society of American Journal. 42: 421–428.

Mohajer, R. Salehi, M. H. and Mohammadi, J. 2012. Accumulation of cadmium and lead in soils and vegetables of Lenjanat region in Isfahan province. Iran. International Journal of Agronomy and Plant Production. 3(12): 576-578.

Smith, K.A. 1991. Soil Analysis, (2nded.). Marcel Decker. New York. p. 659.

Tuong, T.P. Bouman, B. A. M. and Mortimer, M. 2005. More Rice, Less Water Integrated Approaches for Increasing Water Productivity in Irrigated Rice-Based Systems in Asia. Plant Produce Science. 8(3): 229-239.

Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of chromic acid in soil analysis. Soil Science Society of America Journal. 79:459-465.

Zhang, H. Cui, B. Xiao, R. and Zhao, H. 2010. Heavy metals in water, soils and plants in riparian wetlands in the Pearl River Estuary (South China). Procedia Environmental Sciences. 2:1344–1354.

Zhao, K. Liu, X. Xu, J. and Selim, H. M. 2010. Heavy metal contaminations in a soil–rice system: Identification of spatial dependence in relation to soil properties of paddy fields. Journal of Hazardous Materials.181:778–78.

Archive of SID

www.SID.ir

ISSN 2251-7480

The Effect of irrigation management on the available lead(Pb) in soil and accumulation in shoot of rice

Amir Rahmani-Samani[1], Mehdi Ghobadinia[2*], Adbolrazagh Danesh-Shahraki[3], Seyed hassan Tabatabaei[4] and Mohamad hassan Salehi[5]

1) M.Sc., Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2*) Assistant Professor, Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
*Corresponding author email: mahdi.ghobadi@gmail.com
3) Assistant Professor, Department of Agronomy, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
4) Associate Professor, Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
5) Professor, Department of Soil Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Received: 19-07-2016 Accepted: 30-01-2017

Abstract

Lead (Pb) is an environmental pollutants and cause of serious effects on human health due to the properties of accumulation, toxic and long-lasting. In this study, different water level management, including flood irrigation, control water level in 20 and 36 cm below the soil surface and intermittent irrigation in rice cultivation were studied on amount of available Pb in a soil and accumulation in shoot of rice plants. The experiment was performed under the completely randomized design and with three replications at Shahrekord University. The results showed that the effect of irrigation management on the amount of available Pb in soil and accumulation in shoot was significant ($p<0.01$). Moisture content in the root zone, have greater effect on uptake and translocation of this element in soil and plant parts. Use intermittent irrigation management (including flood irrigation and so stop, until decrease water table used by plant to 4cm under soil surface), water table control in 20cm under soil surface (50% irrigation) and water table control in 36cm under soil surface (10% irrigation) compared to flood irrigation, led to decrease 8.78%, 21.53% and 40.09% in the available Pb in soil respectively, and decrease 26.71%, 35.82% and 52.01% in the Pb uptake in the stems and leaves and 15.80%, 44.19% and 49.28% decrease in the Pb uptake in the seed respectively.

Keywords: irrigation management; lead (Pb); rice; soil pollution

Archive of SID

www.SID.ir