وضعیت کادمیم در زمین‌های تحت کشت نیشکر در خوزستان

عبدالرحمن برزگر[۱] و احمد کوچک‌زاده[۲]

چکیده

کاربرد کودهای شیمیایی، بقایای گیاهی و لجن فاضلاب از جمله مواردی است که باعث تجمع کادمیم در خاک و گیاه می‌گردد. در استان خوزستان و در اراضی زیر کشت نیشکر، میانگین کود مصرفی شامل ۴۰۰ کیلوگرم دی‌آمونیوم فسفات و همین میزان اوره می‌باشد. از چهار کشت و صنعت هفت تپه، کارون، شعیبیه و غزالی، با سابقه کشت ۳۶، ۲۰، ۲، و ۱ سال، تعداد ۱۰۱ نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری برداشت گردید. نمونه‌های خاک از این ایستگاه‌ها، به تفکیک از کف جوی، روی پشته و خاک‌های کشت نشده و مجاور، به فاصله تقریبی ۱۰۰ متر برداشت، و غلظت کادمیم، کلر، قابلیت هدایت الکتریکی، درصد رس و مواد آلی اندازه‌گیری گردید.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش کلر، درصد رس و ماده آلی، میزان تجمع کادمیم در خاک افزایش می‌یابد. میزان این عنصر در جوی حداقل، و در کنترل (کشت نشده) حداکثر می‌باشد. هم چنین، نتایج نشان داد که غلظت این عنصر در خاک هفت‌تپه ۰/۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم و در کارون ۰/۰۳ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش داشته است.

واژه‌های کلیدی: *رس، ماده آلی، قابلیت هدایت الکتریکی، کودهای فسفره*

مقدمه

کادمیم یکی از فلزات سنگین است که باعث آلودگی منابع آب و خاک می‌شود. افزایش این عنصر در خاک و ورود آن به زنجیره غذایی انسان باعث بروز صدماتی به لوله‌های مویین کلیه‌ها و تورم غشای مخاطی بینی، یک نوع بیماری مزمن ریوی، تخلیه مواد معدنی از اسکلت بدن و شکنندگی استخوان‌ها می‌گردد (۲). آثار سمی این عنصر در انسان، از مصرف مکرر گیاهانی که حاوی بیش از سه میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم هستند، بروز می‌کند (۱).

عوامل مؤثر در تجمع کادمیم در خاک‌ها عبارتند از: کاربرد کودهای فسفره (۱۲ و ۱۳)، بقایای گیاهی و سنگ‌های مادری

۱. دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲. کارشناس ارشد خاک‌شناسی، مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی کشاورزی رامین، دانشگاه شهید چمران اهواز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]

(۲). میزان کادمیم در کودهای فسفره، تابع نوع سنگ فسفاته است (۱۲). افزون بر این، عوامل خاک، از جمله اسیدیته خاک (۷، ۱۱ و ۱۸) نوع و مقدار رس (۷ و ۱۲)، مقدار ماده آلی، پتانسیل اکسایش و احیایی، ترکیب محلول خاک، و نیز بقایای گیاهی (۶، ۱۲ و ۱۳) در تجمع کادمیم در خاک مؤثرند.

بررسی‌های زیادی در مورد جذب کادمیم توسط گیاهان مختلف، از جمله هویج، اسفناج، شنبلیله (۱۶)، ذرت (۲۳)، گندم (۱۳)، چغندرقند (۵، ۶ و ۱۱)، برنج (۴ و ۲۲)، مرکبات (۱۵)، سویا (۹) و نیشکر (۲۰) صورت پذیرفته است. در تمام این پژوهش‌ها رابطه جذب کادمیم توسط گیاهان مختلف با دیگر ویژگی‌های خاک، همچون میزان ماده آلی، درصد رس، غلظت‌های روی، سولفات، کلر، و قابلیت هدایت الکتریکی خاک مورد بررسی قرار گرفته است.

کشت نیشکر (*Saccharum officinarum*) در خوزستان از سال ۱۳۳۵ شروع گردید. علاوه بر کشت و صنعت‌های هفت تپه و کارون به مساحت حدود ۵۰۰۰۰ هکتار، مقدمات تشکیل هفت واحد کشت و صنعت نیشکر در خوزستان به نام‌های دهخدا، امیرکبیر، فارابی، دعبل خزاعی، میرزا کوچک‌خان، غزالی و شعیبیه به مساحت تقریبی ۸۰۰۰۰ هکتار از سال ۱۳۶۳ فراهم گردیده است.

نیشکر از جمله گیاهانی است که علاوه بر نیاز آبی زیاد، نیاز کودی فراوانی دارد، به طوری که سالیانه مقدار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره دی آمونیوم فسفات، و همین مقدار اوره به خاک اضافه می‌شود. با توجه به میزان کود فسفره مصرفی، که یکی از عوامل تجمع کادمیم در خاک می‌باشد، بررسی آثار زیست محیطی و آلودگی‌های ناشی از آن در آب، خاک و گیاه حایز اهمیت است.

در ایران تاکنون پژوهشی در مورد میزان کادمیم خاک در ارتباط با ویژگی‌های دیگر خاک، در زمین‌هایی که مقادیر زیادی کود فسفره دریافت می‌کنند، و نیز جذب عناصر سنگین موجود در کودها به خصوص کادمیم توسط گیاهان، صورت نگرفته است.

هدف این پژوهش بررسی میزان کادمیم قابل جذب در خاک‌های تحت کشت نیشکر، با سابقه کشت متفاوت، و خاک‌های کشت نشده هم‌جوار، و همین طور رابطه بین کادمیم قابل جذب با سایر ویژگی‌های خاک، از جمله درصد رس، مواد آلی و غیره بوده است. نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌تواند راه‌کارهای مفیدی برای کاهش آثار سوء زیست محیطی به برنامه‌ریزان ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

به منظور مقایسه میزان کادمیم در خاک‌های تحت کشت نیشکر و اراضی بکر هم‌جوار، چهار منطقه با سابقه کشت مختلف به شرح زیر انتخاب گردید:

- کشت و صنعت غزالی با یک سال سابقه کشت نیشکر
- کشت و صنعت شعیبیه با دو سال سابقه کشت نیشکر
- کشت و صنعت کارون با ۲۰ سال سابقه کشت نیشکر
- کشت و صنعت هفت تپه با ۳۶ سال سابقه کشت نیشکر

نمونه برداری از خاک در بهمن ماه سال ۱۳۷۵ (به مدت یک ماه)، به طور کاملاً تصادفی در طول یک خط و به فواصل تقریبی ۱۰۰ متر از همدیگر، به تفکیک از کف جوی، روی پشته اراضی تحت کشت، و خاک کشت نشده مجاور (کنترل)، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری صورت گرفت. لازم به توضیح است که هیچ گونه کشتی در اراضی کنترل صورت نمی‌گیرد، و بنابراین کود فسفاته به این خاک‌ها افزوده نشده است. مجموعاً ۱۰، ۳۱، ۲۷ و ۳۳ نمونه خاک، به ترتیب از کشت و صنعت‌های غزالی، شعیبیه، کارون و هفت تپه برداشت گردید. خاک‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، در هوای آزاد خشک، در هاون چینی ساییده، و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. هم چنین، در کشت و صنعت هفت تپه، از اراضی زیر کشت، و خاک کشت نشده مجاور (کنترل)، در چهار نقطه از اعماق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰، ۹۰-۱۲۰، ۱۲۰-۱۵۰، ۱۵۰-۲۰۰ و ۲۰۰-۳۰۰ سانتی‌متری نمونه برداری گردید.

میزان رس خاک با روش هیدرومتر (۸)، شوری و اسیدیته

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]

گل اشباع با استفاده از روش مؤسسه شوری آمریکا (۱۹)، کلر خاک به روش کرومات پتاسیم و نیترات نقره در عصاره اشباع خاک، کربن آلی به وسیله اکسایش با بیکرومات پتاسیم و اسیدسولفوریک و سپس تیتره کردن بیکرومات پتاسیم باقی‌مانده با فروآمونیوم سولفات (۱۷)، و میزان کادمیم خاک و کود فسفره به روش عصاره‌گیری با DTPA-TEA اندازه‌گیری شد (۳). غلظت کادمیم موجود در عصاره توسط دستگاه جذب اتمی[1] UNICAM 939 با درجه دقت کادمیم ۳۲ میکروگرم در کیلوگرم اندازه‌گیری گردید. غلظت کادمیم در عصاره DTPA کود دی آمونیوم فسفات مصرفی در کشت و صنعت‌های نیشکر ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم بود. نتایج به دست آمده توسط برنامه کامپیوتری SAS (۲۱) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

برخی از ویژگی‌های خاک در ایستگاه‌های مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که قابلیت هدایت الکتریکی خاک در شعیبیه، هفت تپه و کارون از خیلی زیاد در اراضی کنترل، تا بدون شوری در اراضی آب‌شویی شده تحت کشت متغیر می‌باشد. در ایستگاه غزالی به دلیل بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی، شوری از خیلی زیاد در کنترل، تا کم در اراضی تحت کشت تغییر کرده است. پ-هاش خاک ایستگاه‌های مختلف از ۷/۲ تا ۸/۳ متغیر بوده است. میزان رس در شعیبیه و غزالی به مراتب بیشتر از هفت تپه و کارون بوده، و حداکثر کربن آلی در ایستگاه کارون به ۱/۴ درصد می‌رسد. به سبب کلریدی بودن شوری در خوزستان، روند تغییرات میزان کلر خاک نیز همانند شوری خاک می‌باشد.

میانگین میزان کادمیم در ایستگاه‌های شعیبیه و غزالی بیشتر از هفت تپه و کارون است. آزمایش‌های انجام شده توسط هلمگران و همکاران (۱۰) روی ۳۰۴۵ نمونه خاک، نشان می‌دهد که با افزایش درصد رس، میزان تجمع کادمیم خاک نیز افزایش می‌یابد.

مقایسه نتایج نمونه‌های خاک برداشت شده از جوی و پشته تمام کشت و صنعت‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که شوری در اراضی کنترل حداکثر، و در پشته بیشتر از جوی می‌باشد. میزان کلر در جوی به علت آب شویی املاح حداقل است. با همین روند، میزان کادمیم نیز از میزان شوری، کلر و رس پیروی نموده و میزان آن در جوی حداقل و در کنترل حداکثر می‌باشد.

مقایسه میانگین مقادیر کادمیم، کلر و قابلیت هدایت الکتریکی بین ۳۲ نمونه خاک برداشت شده از اراضی کنترل، ۳۴ نمونه خاک از جوی و ۳۵ نمونه خاک از پشته تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد (شکل ۱).

به دلیل این که نتایج حاصل از تمامی ایستگاه‌ها روند مشابهی را نشان می‌دهد، در این جا نتایج حاصله از تمام نمونه‌های خاک با هم ارائه، و از ارائه نتایج مربوط به هر کدام از ایستگاه‌ها خودداری می‌گردد. شکل ۲ رابطه بین غلظت کادمیم و درصد رس ایستگاه‌های مطالعاتی را نشان می‌دهد، که با افزایش درصد رس کادمیم خاک افزایش می‌یابد.

لازم به توضیح است که در ایستگاه کارون به دلیل وجود رس کمتر، تجمع کادمیم نیز کمتر می‌باشد. ولی در ایستگاه‌های شعیبیه و غزالی به علت تفاوت زیاد در مقادیر شوری نقاط مختلف، و همین طور تفاوت بین مقادیر شوری در اراضی کنترل و کشت شده، اگرچه با افزایش EC میزان کادمیم افزایش می‌یابد، ولی رابطه بین این دو برای تمام ایستگاه‌ها معنی‌دار نبود.

بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه میانگین غلظت کادمیم قابل جذب در اراضی کشت شده و کشت نشده هم‌جوار (شکل ۳) نشان می‌دهد که غلظت کادمیم در کشت و صنعت‌های مختلف متفاوت است، ولی به رغم افزایش کود فسفره در سالیان متمادی کشت نیشکر، مقدار کادمیم قابل جذب خاک افزایش نیافته است. هر چند به گفته

1. Atomic absorption

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]

جدول ۱. نتایج حداکثر، حداقل و میانگین برخی ویژگی‌های خاک در ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه‌های مطالعاتی / ویژگی‌های خاک	غزالی			شعیبیه			کارون			هفت‌تپه		
	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط
قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	۱۲۶/۵	۲/۴	۳۲/۲	۳۱/۰	۱/۲	۷/۱	۴۳/۰	۰/۹	۷/۶	۲۸/۵	۰/۵	۵/۱
پ - هاش	۸/۱	۷/۲	۷/۸	۸/۳	۷/۷	۷/۹	۷/۹	۷/۳	۷/۷	۷/۹	۷/۲	۷/۷
رس (%)	۵۶/۰	۳۵/۸	۴۷/۹	۶۱/۹	۴۳/۱	۵۵/۱	۳۵/۰	۱۶/۷	۲۷/۵	۴۹/۶	۱۶/۹	۳۸/۲
کربن آلی (%)	۰/۵۶	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۷۷	۰/۳۳	۰/۵۸	۱/۴	۰/۱۵	۰/۴۸	۱/۱۵	۰/۰۸	۰/۴۶
کلر (meq/l)	۱۸۷۴/۰	۱۹/۰	۳۹۵/۵	۳۴۲/۰	۴/۰	۴۶/۱	۵۱۱/۰	۴/۰	۷۱/۵	۳۰۵/۰	۲/۰	۴۲/۷
کادمیم قابل جذب (mg/kg)	۰/۳۸۰	۰/۰۶۴	۰/۱۵۵	۰/۲۴۸	۰/۰۷۶	۰/۱۵۱	۰/۱۲۶	۰	۰/۰۵۵	۰/۱۶۴	۰/۰۴۴	۰/۰۹۷

جدول ۲. نتایج حداکثر، حداقل و میانگین برخی ویژگی‌های خاک در محل‌های مختلف نمونه‌برداری

محل‌های نمونه‌برداری / ویژگی‌های خاک	کنترل			جوی			پشته		
	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط	حداکثر	حداقل	متوسط
قابلیت هدایت الکتریکی (dS/m)	۱۲۶/۵	۱/۲	۱۹/۲	۸/۷	۰/۵	۲/۳	۲۶/۹	۰/۷	۶/۲
پ - هاش	۸	۷/۲	۷/۶	۸/۳	۷/۲	۷/۸	۸	۷/۴	۷/۸
رس (%)	۶۰/۷	۱۶/۷	۳۶/۹	۶۱/۹	۲۳/۹	۴۴/۴	۶۰/۸	۲۲/۶	۴۳/۶
کربن آلی (%)	۱/۱۵	۰/۰۸	۰/۴۲	۱/۴۰	۰/۳۵	۰/۵۶	۰/۶۵	۰/۲۹	۰/۵۱
کلر (meq/l)	۱۸۷۴	۴	۲۱۴/۱	۶۸	۲	۱۲/۸	۲۷۷	۴	۴۶
کادمیم قابل جذب (mg/kg)	۰/۳۸۰	۰/۰۳۰	۰/۱۳۳	۰/۱۷۲	۰	۰/۰۹۲	۰/۲۲۸	۰	۰/۱۰۲

مورتوت و همکاران (۱۳ و ۱۴)، با برگرداندن بقایای گیاهی ذرت و گندم به زمینی که بیش از ۵۰ سال کود سوپر فسفات تریپل دریافت کرده است، میزان ۰/۰۵ میلی گرم در کیلوگرم کادمیم به خاک اضافه شده، و لذا پس از برداشت نیشکر نیز می‌بایست مقداری کادمیم به این شکل وارد خاک شود، با این حال نتایج نشان می‌دهد که به طور کلی غلظت کادمیم در اراضی کنترل بیش از اراضی تحت کشت است. علت این پدیده می‌تواند جذب کادمیم توسط گیاه نیشکر در اراضی تحت کشت باشد.

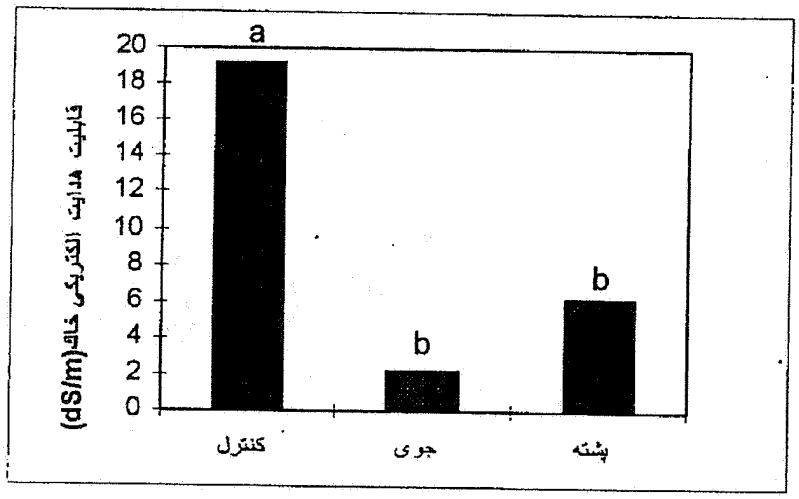
هم چنین، نتایج تجزیه خاک‌های زیرین نشان می‌دهد که غلظت این عنصر در این خاک‌ها نیز ناچیز است (شکل ۴).

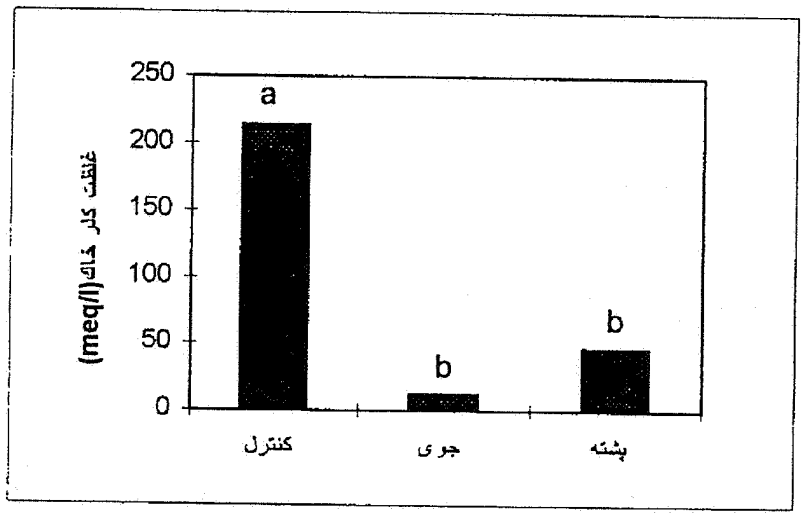
مقایسه میزان کادمیم در اراضی تحت کشت نیشکر و کنترل در کشت و صنعت هفت تپه نشان می‌دهد که کادمیم به میزان ۰/۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم کاهش یافته است، و از ۰/۱۱۱ در کنترل، به ۰/۰۹۱ میلی‌گرم در کیلوگرم در اراضی تحت کشت رسیده است. هم چنین، در کشت و صنعت کارون با ۲۰ سال سابقه کشت نیشکر، کادمیم از ۰/۰۷۶ میلی گرم در کیلوگرم در اراضی کنترل، به ۰/۰۴۴ میلی گرم در کیلوگرم در اراضی تحت کشت رسیده، که کاهشی برابر با ۰/۰۳۲ میلی گرم در کیلوگرم را نشان می‌دهد. در آزمایش انجام گرفته توسط مولا و همکاران (۱۵)، در خاک‌هایی که به مدت ۳۶ سال زیر کشت مرکبات بوده‌اند و سالیانه ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص به صورت سوپرفسفات تریپل دریافت می‌نمودند، پس از کشت جو دریافتند که غلظت کادمیم در دانه و برگ جو در این اراضی و اراضی شاهد معنی‌دار نیست.

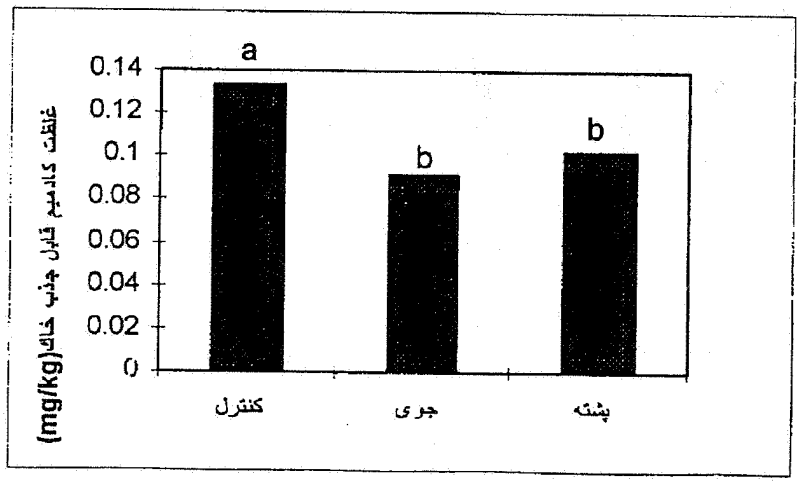
مقایسه میانگین‌های غلظت کادمیم در ایستگاه‌های مطالعاتی در جدول ۳ نشان داده شده است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]



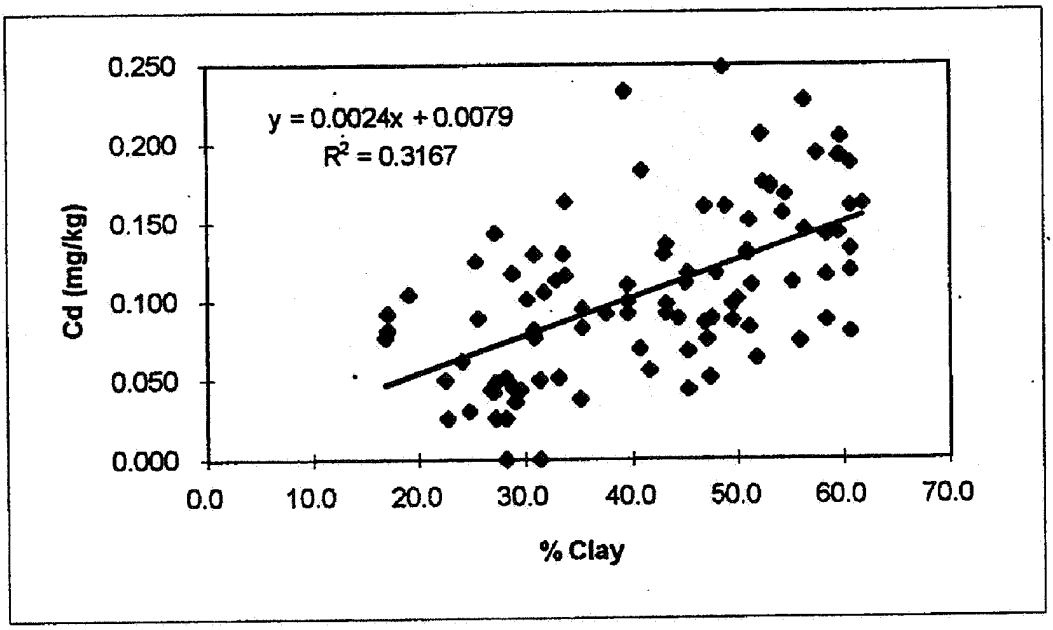




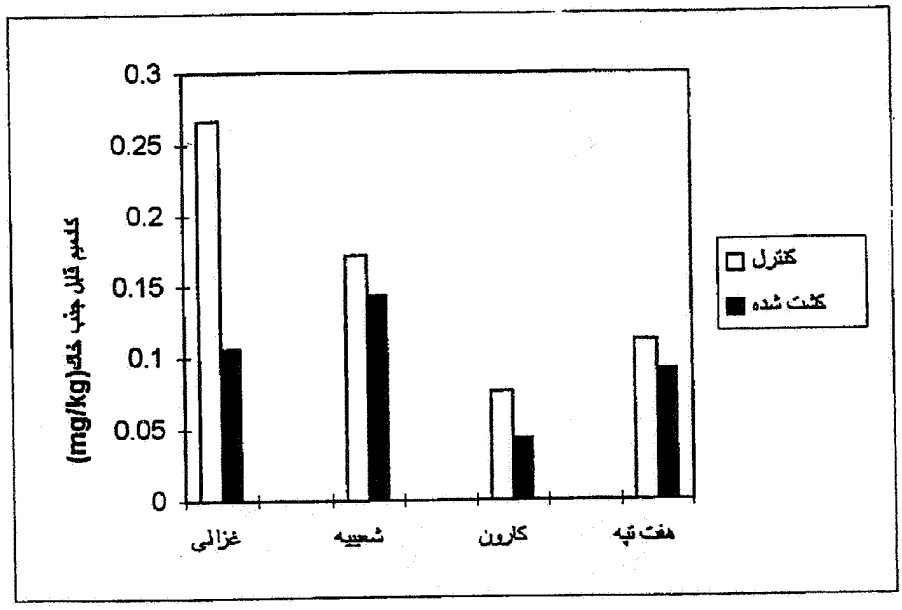
شکل ۱. مقایسه میانگین مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی، کلر و کادمیم قابل جذب در اراضی کنترل، جوی و پشته.
در این هیستوگرام ستون‌هایی که دارای حروف یکسان می‌باشند از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار ندارند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]



شکل ۲. رابطه بین غلظت کادمیم قابل جذب و درصد رس خاک در تمام ایستگاه‌های مطالعاتی



شکل ۳. کادمیم قابل جذب در اراضی کشت شده و کشت نشده در ایستگاه‌های مختلف مورد مطالعه

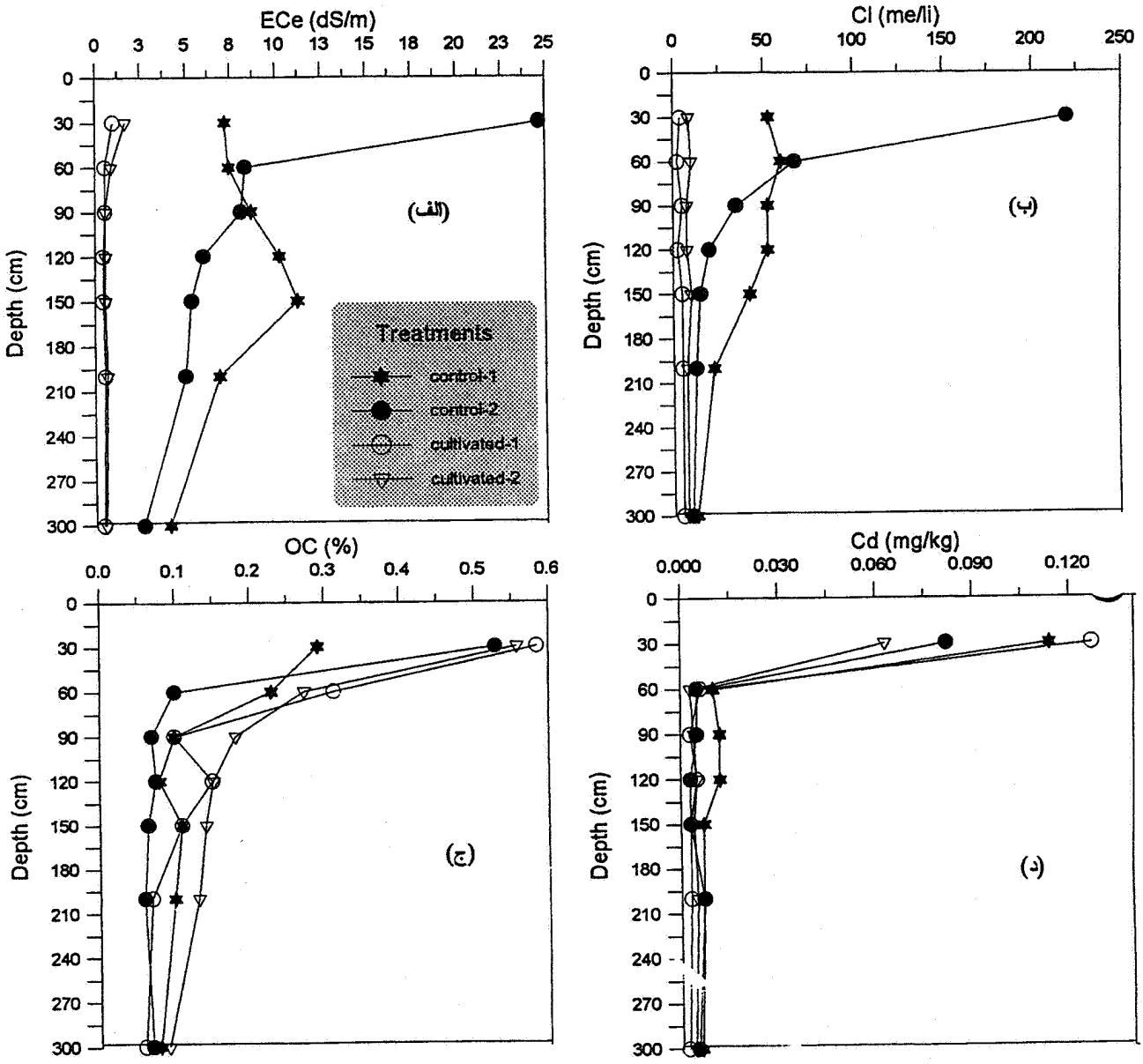
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های غلظت کادمیم در ایستگاه‌های مطالعاتی (به روش دانکن)

ایستگاه‌های مطالعاتی	غزالی	شعیبیه	کارون	هفت تپه
میانگین غلظت کادمیم (mg/kg)	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۱۰
سطح احتمال ۰/۰۵	A	A	C	B

میانگین‌هایی که حروف یکسان دارند از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.



شکل ۴. تغییرات بعضی از ویژگی‌های خاک‌های تحت کشت نیشکر و اراضی بکر هم‌جوار در اعماق مختلف.
الف) قابلیت هدایت الکتریکی ب) کلر ج) درصد کربن آلی د) کادمیم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که احتمالاً کادمیم خطری برای آلودگی خاک در سال‌های آینده در هفت شرکت کشت و صنعت جدیدالاحداث ندارد.

سپاسگزاری

از آقای دکتر ابراهیم پذیرا سرپرست مؤسسه تحقیقات فنی وزارت کشاورزی و خانم دکتر محمودی دانشیار دانشگاه تهران به خاطر پیشنهادها و نظریات ارزنده، آقایان مهندس فیاضی و مهندس ابدالی مشهدی به خاطر تجزیه آماری داده‌ها، و نیز همکاری آقایان مهندس عیدی‌پور و مهندس رادمهر در تهیه نمونه‌های خاک، و آقایان دکتر عبدالامیر معزی، مهندس مرتضی کجباف والا و ناصر عبدالخانی بختیاری در انجام آزمایش‌ها تشکر می‌گردد. از شورای پژوهش علمی کشور به خاطر تأمین هزینه‌های تحقیقاتی این طرح (طرح ملی شماره ۱۹۱۷) تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. سالاردینی، ع. ا. ۱۳۷۳. تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه تهران.

2. Alloway, B. J. 1995. Cadmium. PP. 122-151, *In*: B. J. Alloway (Ed.), Heavy Metals in Soil. 2nd ed., Blackie, Glasgow.

3. Baker, D. E. and M. C. Amachar. 1982. Nickel, copper, zinc and cadmium. PP. 323-338. *In*: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.

4. Bingham, F. T., A. L. Page, R. J. Mahler and T. J. Ganje. 1976. Cadmium availability to rice in sludge-amended soil under "flood" and "nonflood" culture. Soil. Sci. Soc. Am. J. 40: 715-719.

5. Bingham, F. T., J. E. Strong and G. Sposito. 1983. Influence of chloride salinity on cadmium uptake by swisschard. Soil Sci: 135: 160-165.

6. Bingham, F. T., G. Sposito and J. E. Strong. 1986. The effect of sulfate on the availability of cadmium. Soil Sci. 141: 172-177.

7. Christensen, T. H. 1984. Cadmium soil sorption at low concentrations. I. Effect of time, cadmium load, pH and calcium. Water Air Soil Pollution 21: 150-114.

8. Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. PP. 377-381. *In*: A. Klute (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.

9. Haghiri, F. 1974. Plant uptake of cadmium as influenced by cation exchange capacity, organic matter, zinc, and soil temperature. J. Environ. Qual. 3: 180-183.

10. Holmgren, G. G. S., M. W. Meyer, R. L. Chaney and R. B. Daniles. 1993. Cadmium, lead, zinc, and nickel in agricultural soils in the United States of America. J. Environ. Qual. 22: 355-348.

11. Mahler, R. J., F. T. Bigham, G. Sposito and A. L. Page. 1980. Cadmium enriched sewage sludge application to acid and calcareous soil: Relation between treatment, cadmium in saturation extracts, and cadmium uptake. J. Environ. Qual. 9: 359-364.

12. McLaughlin, M. J., K. G. Tiller, R. Naidu and D. P. Stevens. 1966. Review: the behavioure and environmental impact to contaminants in fertilizers. Aust. J. Soil Res. 34: 1-54.

13. Mortvedt, J. J., D. A. Mays and G. Osborn. 1981. Uptake by wheat of cadmium and other heavey metal contamination in phosphate fertilizers. J. Environ. Qual. 10: 193-197.

14. Mortvedt, J. J. and G. Osborn. 1982. Studies on the chemical form of cadmium contaminants in

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]

phosphate fertilizer. Soil Sci. 134: 185-192.

15. Mulla, D. J., A. L. Page and T. J. Ganje. 1980. Cadmium accumulations and bioavailability in soils from long-term phosphorus fertilization. J. Environ. Qual. 9: 408-412.
16. Narwal, R. P., R. S. Antil and A. P. Gupta. 1992. Soil pollution through industrial effluent and its management. J. Soil Contamination 1: 265-272.
17. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 539-573. *In*: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.
18. Page, A. L. and F. T. Bingham. 1973. Cadmium residues in the environment. Residue Rev. 48: 1-44.
19. Rhodes, J. D. 1982. Soluble salts. PP. 167-176. *In*: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.
20. Sai Parkash, P. K, M. Ram Mohan and S. Bapu Rao. 1995. Trace metals in cane juice and sugar factory products. Analysis by direct current plasma atomic emission spectrometry. INT. Sugar JNL., 1995, Vol. 97, No. 1160: 362-369.
21. SAS. 1985. SAS User's Guide: Statistics. 5th ed., SAS Inst. Inc., Cary, NC.
22. Takijima, Y., F. Katsumi and K. Takezawa. 1973. Cadmium contamination of soils and rice plants caused by zinc mining. II. Soil condition of contaminated paddy fields which influence heavy metal contents of rice. Soil Sci. Plant Nutr. 19: 173-182.
23. Tyler, L. D. and M. B. McBride. 1982. Influence of Ca, pH and humic acid on Cd uptake. J. Plant and Soil 64: 259-262.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.2.5.2]