کاربرد سرباره و لجن کنورتور فولاد سازی در غنی‌سازی کود دامی جهت تغذیه ذرت در شرایط گلخانه

احمد رضا مللی* و حسین شریعتمداری[۱]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۱/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۳/۲۳)

چکیده

استفاده از سرباره ولجن کنورتور، از محصولات فرعی صنایع فولاد، جهت افزایش کیفیت دو نوع کود آلی و اثر آنها بر تغذیه گیاه ذرت بررسی شد. این آزمایش به صورت انکوباسیون دو کود آلی، کود گاوی و ورمی کمپوست کود گاوی در نمونه‌های ۳ کیلوگرمی در رطوبت ظرفیت مزرعه و دمای اتاق به مدت سه ماه انجام شد. تیمارهای غنی‌سازی شامل سطوح مختلف ۰، ۵ و ۱۰ درصد آهن خالص از سرباره و لجن کنورتور کارخانه ذوب آهن و سولفات آهن تجاری بودند که در ابتدای انکوباسیون به کودهای فوق الذکر اضافه شدند. سپس نمونه‌برداری از تیمارها در زمان‌های۰، ۱۰، ۲۵، ۴۵، ۶۵ و ۹۰ روز پس از شروع آزمایش صورت گرفت. سپس کودهای غنی شده به میزان ۱۷ گرم بر کیلوگرم (۵۰ تن در هکتار) در گلدان‌های۳ کیلوگرمی با خاک مزرعه چاه اناری دانشگاه صنعتی اصفهان مخلوط گردید. در هر گلدان دو گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ کشت گردید و پس از ۷۰ روز عملکرد و غلظت آهن، منگنز، روی و مس اندام هوایی گیاه تعیین گردید. نتایج نشان داد که استفاده از سولفات آهن تجاری باعث افزایش آهن و منگنز قابل استخراج کود با DTPA شد. در غنی‌سازی به وسیله لجن کنورتور بهترین نتیجه در تیمار ۱۰ درصد آهن مخلوط با ورمی کمپوست کود گاوی و در زمان حدود ۶۰ روز به‌دست آمد. تیمار ۵ درصد آهن خالص سرباره در کود گاوی باعث افزایش آهن و منگنز قابل استخراج با DTPA با گذشت زمان شد، ولی تیمار ۱۰ درصد تأثیر چندانی در افزایش آهن و منگنز قابل استخراج با DTPA نداشت. بیشترین مقدار کل آهن گیاه در تیمارهای غنی شده با سولفات آهن وجود داشت. بعد از تیمار سولفات آهن مقدار آهن کل گیاه در تیمار ۱۰ درصد لجن کنورتور نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. از طرف دیگر بیشترین میزان کل منگنز گیاه مربوط به تیمار ۵ درصد لجن کنورتور مخلوط با ورمی کمپوست کود گاوی بود. در مجموع با توجه به تأثیر تیمار لجن کنورتور در افزایش جذب عناصر غذایی کم مصرف؛ آهن، منگنز، روی و مس گیاه؛ به نظر می‌رسد تیمار ۱۰ درصد آهن خالص از لجن کنورتور مطلوب‌ترین نتیجه را در غنی‌سازی کود دامی داشته است.

واژه‌های کلیدی: سرباره، لجن کنورتور، کود دامی، غنی‌سازی، آهن قابل استخراج با DTPA، آهن گیاه

مقدمه

آهن یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است و از آنجا که شکل‌گیری کلروفیل بدون حضور آهن ممکن نیست، بنابراین کمبود یا غیر فعال شدن آهن در گیاهان با کلروز

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: arm_melali@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6]

برگ‌ها ظاهر می‌شود(۱۰). عارضه کلروز آهن اغلب در خاک‌های آهکی دیده می‌شود. کمبود آهن و بعضی از عناصر کم‌مصرف گیاهان و یا غیر قابل جذب بودن آنها در خاک‌های آهکی از مشکلات اصلی تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (۱۵). این خاک‌ها ۲۵تا ۴۵ درصد زمین‌های کشاورزی جهان را تشکیل می‌دهند(۴). در ایران نیزاین عارضه در کلیه مناطق میوه خیز از جمله خراسان، اصفهان، کرج و آذربایجان وجود دارد(۳). بهترین روش برای برطرف نمودن این عارضه در گیاهان استفاده از کودهای کلاتی آهن است، ولی به دلیل گران قیمت بودن، استفاده از آنها در بسیاری از موارد مقرون به صرفه نیست و فقط برای محصولات ویژه‌ای استفاده می‌شوند(۱۳). عباسپور و همکاران (۵ و ۹) نشان دادند که کاربرد لجن کنورتور باعث افزایش آهن قابل جذب خاک‌ها می‌شود و مقدار افزایش عموماً متناسب با مقدار لجن مصرفی است و پتانسیل کاربرد به عنوان کود آهن در خاک‌های آهکی را داراست. محمدی ترکاشوند و همکاران (۷) نشان دادند که pH خاک‌های اسیدی با افزایش نسبت سرباره افزایش یافت و سرباره مقدار فسفر و منگنز قابل استخراج با AB-DTPA را متناسب با مقدار به کار رفته افزایش داد، ولی آهن قابل استخراج بسته به pH اولیه خاک متفاوت بود. دستوری (۲) نشان داد که کاربرد لجن کنورتور باعث افزایش آهن قابل عصاره‌گیری خاک می‌شود که به دلیل دارا بودن اکسیدهای آهن دو ظرفیتی قادر است آهن مورد نیاز گیاه را تأمین نماید، ضمن این‌که این تیمار تأثیری بر pH خاک نداشته است. او هم‌چنین نشان داد که سرباره کنورتور حاوی مقدار زیادی آهن می‌باشد که احتمالاً به دلیل pH بالا دارای آثار منفی بر خاک وگیاه می‌باشد، لذا کاربرد مقادیر بالای این را در خاک توصیه نمی‌کند. محمود آبادی (۸) نشان داد که کاربرد سطوح مختلف لجن کنورتور و سرباره در خاک‌های آهکی سبب افزایش عملکردهای متفاوت گیاه ذرت شد که بیشترین عملکرد را در سطوح بالای این دو ترکیب (سه و چهار برابر توصیه آزمون خاک بر حسب آهن قابل جذب ترکیب) مشاهده نمود.

به طور کلی ترکیبات معدنی آهن به دلیل حلا لیت کم تأثیر چندانی در رفع کمبود ندارند(۶). از طرف دیگر کودهای آلی از نظر تعداد عناصر غذایی از جمله آهن نسبتاً فقیر هستند، ولی این کودها می‌توانند قابلیت جذب عناصر فلزی از جمله آهن را در خاک افزایش دهند(۱). لیندزی(۱۲) در تحقیق خود مشاهده نمود که اختلاط مواد آلی با ترکیبات معدنی آهن باعث افزایش راندمان این مواد در تغذیه گیاهان می‌شود. ماده آلی به همراه سرباره سبب افزایش عملکرد و جذب آهن، منگنز، روی و پتاسیم به وسیله گیاه در خاک‌های آهکی می‌شود (۷) هم‌چنین چن و همکاران(۱۱) نشان دادند اختلاط سولفات آهن با کود دامی تأثیر بسزایی در رفع کمبود آهن گیاه سورگوم در خاک آهکی داشته است.

استفاده از کودهای آلی جهت افزایش حلالیت آهن ترکیبات معدنی می‌تواند مفید باشد (۱). غنی‌سازی کودهای آلی توسط ترکیبات معدنی از قبیل سرباره و لجن کنورتور کارخانجات ذوب آهن می‌تواند باعث کلات شدن و افزایش حلالیت آهن در اثر واکنش با مواد آلی شود. با توجه به قابلیت دسترسی کودهای آلی مانند کود دامی و هم‌چنین مقادیر فراوان ضایعات حاوی آهن صنایع فولاد سازی کشور همچون سرباره و لجن کنورتور کارخانه ذوب آهن اصفهان، پتانسیل خوبی جهت غنی‌سازی کودهای آلی توسط این ضایعات و افزایش آهن محلول خاک وجود دارد. به عبارت دیگر مخلوط مناسبی از این ترکیبات می‌تواند ضمن افزایش کیفیت کودهای آلی و کمک به بهبود حاصلخیزی خاک‌ها، باروشی نسبتاً ارزان مشکل تغذیه آهن را در خاک کنترل نماید. لذا در این پژوهش غنی‌سازی دو نمونه کود آلی، کود گاوی و ورمی کمپوست کود گاوی با استفاده از دوترکیب سرباره و لجن کنورتور فولادسازی کارخانه ذوب آهن اصفهان انجام گرفت و سپس تأثیر آنها بر افزایش آهن قابل استخراج کودهای آلی و افزایش عملکرد و کیفیت گیاه ذرت بررسی شد.

مواد و روش‌ها

نتایج تجزیه شیمیایی لجن کنورتور و سرباره فولاد سازی مورد استفاده که توسط آزمایشگاه مرکزی ذوب آهن اصفهان انجام

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6]

جدول ۱. نتایج تجزیه شیمیایی لجن کنورتور

ترکیب	مقدار (٪)	ترکیب	مقدار (٪)
Fe_2O_3	۴۴/۳	MnO	۱/۰۲
FeO	۱۹/۲۲	ZnO	۰/۰۳
CaO	۶/۱۲	V_2O_5	۰/۰۷
SiO_2	۱/۳۰	S	۰/۱۳
MgO	۰/۲۴	Na_2O	۰/۲۰
Al_2O_3	۰/۱۰	K_2O	۰/۲۰
P_2O_5	۰/۲۷	L.O.I[1]	۰/۳۰

۱. Loss on ignition

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی سرباره

ترکیب	مقدار (٪)	ترکیب	مقدار (٪)
TFe	۱۶/۸۳	V_2O_5	۲/۳۱
FeO	۷/۸۷	P_2O_5	۴/۷۶
MnO	۴/۴۶	Al_2O_3	۰/۷۸
SiO_2	۸/۹۲	S	۰/۱۸
CaO	۵۲/۸۵	ZnO	۰/۰۵۷
MgO	۲/۲۲	Na_2O	۰/۰۷۵

جدول ۳. مشخصات کود گاوی مورد استفاده[1]

نمونه	pH	EC_e	N	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu	P	K
		dS/m	<-----٪----->		<----------Mg/Kg---------->					
کود دامی	۸/۰۲	۳/۳	۲/۰۵	۰/۰۵	۶۸/۰	۱۷/۵	۴۵	۱۱	۱۹۰۸	۱۲۷۰۰
ورمی‌کمپوست کود دامی	۷/۷	۲/۶	۱/۵۷	۰/۰۱۸	۷۲/۰	۱۲/۵	۵۱	۷/۵	۲۲۱۷	۱۳۸۶

۱. غلظت فلزات Cu, Mn, Zn, Fe مربوط به بخش قابل استخراج با DTPA این عناصر می‌باشد.

شده (جدول ۱ و ۲) نشان می‌دهد که سرباره ولجن کنورتور علاوه بر آهن حاوی مقادیر قابل توجهی کلسیم، منیزیم، آلومینیوم، سیلیسیم، منگنز، روی، فسفر و عناصر دیگر می‌باشد، که مقادیر آنها بسته به نوع سنگ آهن و روش تولید فولاد متغیر است(۱۴).

در این آزمایش غنی‌سازی دو کود آلی؛ کود گاوی و ورمی کمپوست کود گاوی (جدول ۳) با استفاده از سه سطح ۰، ۵ و۱۰ درصد آهن خالص از ترکیبات سرباره و لجن کنورتور فولادسازی ذوب آهن و سولفات آهن تجاری طی سه ماه خواباندن نمونه‌ها در دمای اتاق مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های مخلوط در گلدان‌هایی با ظرفیت ۳ کیلوگرم قرار گرفتند و طی زمان خواباندن رطوبت نمونه‌ها با روش وزنی در حد ظرفیت مزرعه نگه داشته شد. طی این مدت در فواصل زمانی ۰، ۱۰، ۲۵، ۴۵، ۶۵ و ۹۰ روز از شروع آزمایش از هر گلدان نمونه‌های فرعی برداشت شد و جهت تعیین عناصر آهن، روی، مس و منگنز قابل استخراج با DTPA مورد آزمایش قرار گرفتند. ضمناً در نمونه‌های ورمی کمپوست در ابتدای آزمایش به هر گلدان ۱۰۰ عدد کرم خاکی از جنس *Eissenia foetida* نیز اضافه گشت، حفظ رطوبت و نمونه برداری‌های بعدی مطابق روند فوق الذکر در این گلدان‌ها نیز صورت گرفت. آهن و سایر عناصر قابل عصاره‌گیری با DTPA به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر A۲۰۰ اندازه‌گیری شدند.

سپس اثر این ترکیبات بر روی جذب عناصر و عملکرد گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در یک طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار در شرایط گلخانه‌ای مطالعه شد، به این صورت که معادل ۵۰ تن در هکتار(۱۷ گرم کود بر کیلوگرم خاک) از کودهای غنی شده در شرایط انکوباسیون در گلدان‌های ۳ کیلوگرمی با

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6]

جدول ۴. برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه چاه اناری دانشگاه صنعتی اصفهان[۲]

بافت	pH	EC_e	OM	N	$CaCO_3$	Fe	Zn	Mn	Cu	P	K
		dS/m		<---------%--------->		<----------Mg/Kg---------->					
SCL[۱]	۸/۱	۳/۷	۰/۲۹	۰/۰۳۹	۶۳/۵	۳/۲	۱	۲۷/۴	۲	۱۳/۵	۷۱۴

۱. Sandy Clay Loam

۲. غلظت فلزات Cu, Mn, Zn, Feمربوط به بخش قابل استخراج با DTPA این عناصر می‌باشد.

جدول۵ . تجزیه واریانس اثر تیمارها و زمان نگه‌داری برمقدار آهن (mg/Kg) قابل استخراج با DTPA

تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار	۵	۱۳۳۸۶۹۹**
زمان	۵	۳۰۷۹۷۷**

** : در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است.

خاک مزرعه چاه انـاری دانـشگاه صـنعتی اصـفهان (جـدول ۴) مخلوط و در هر گلـدان دو گیـاه ذرت کـشت گردیـد. پـس از گذشت ۷۰ روز اندام‌های هوایی گیـاه برداشـت شـد و بعـد از تعیین طول و وزن خشک گیاه غلظت کل عناصر Mn، Zn،Cu ، Fe در خاکستر گیاه با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر A۲۰۰ اندازه‌گیری شد و نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

الف) آهن قابل استخراج با DTPA

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر تیمارها و زمان نگه‌داری بر آهن قابل اسـتخراج بـا DTPA در سـطح ۱ درصـد معنی‌دار است (جدول۵). تأثیر تیمارها وزمان نگه‌داری بر آهـن قابل استخراج در جدول۶ نشان داده شده است.

تیمار ۵ درصد آهن خالص از سـرباره بـا کـود گـاوی باعـث افزایش آهن قابل استخراج با DTPA در اثر گذر زمان شده است. ولی تیمار ۱۰ درصد آهـن خـالص از سـرباره تـأثیر چنـدانی در افزایش آهن قابل استخراج نداشته است. احتمالاً به دلیـل ایـن‌کـه ترکیبات موثر جهت کلاته کردن آهن معدنی و تبدیل آن به آهـن قابل استخراج در کودهای آلی محدود می‌باشد و هم‌چنین به دلیل وجـود آهـک فـراوان در سـرباره (۵۲/۸ درصـد CaO)، افـزایش سرباره در تیمارهای بـیش از ۵ درصـد تـأثیری در افـزایش آهـن قابل استخراج مخلوط نداشته است. ضمناً تیمار ورمـی کمپوسـت نیز تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کمپوست نشان نداد و بـه نظـر می‌رسد در غنـی‌سـازی کودهـا تـأثیر افزاینـده‌ای نداشـته اسـت. بنابراین غنی‌سازی با سرباره در تیمار ۵ درصـد در زمـان ۹۰ روز خواباندن می‌تواند نتیجه رضایت بخشی داشته باشد.

در تیمار ۵ درصـد آهـن خـالص از لجـن کنورتـور در اثـر گذشت زمان میزان آهن قابل استخراج با DTPA افـزایش یافتـه است. خصوصاً در تیمارهای ورمی کمپوست میـزان آهـن قابـل استخراج بیشتر می‌باشد، به نظر می‌رسد کرم‌های خاکی در ایـن تیمار در افزایش حلالیت آهن معدنی و یا حفظ آهن بـه شـکل قابل استخراج در کود نقش مثبت داشته‌اند.

سطح ۱۰ درصد آهن خالص از لجن کنورتور طبـق آزمـون LSD تفاوت معنی‌داری باتیمار شاهد نشان داد و باعث افـزایش آهن قابل استخراج شد، به‌طوری‌که بیشترین آهن قابل استخراج در تیمار ورمی کمپوست و در زمان حدود ۶۰ روز به‌دست آمد، احتمالاً افزایش بیشتر زمان نگه‌داری تا۹۰ روز باعث افزایش pH

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6]

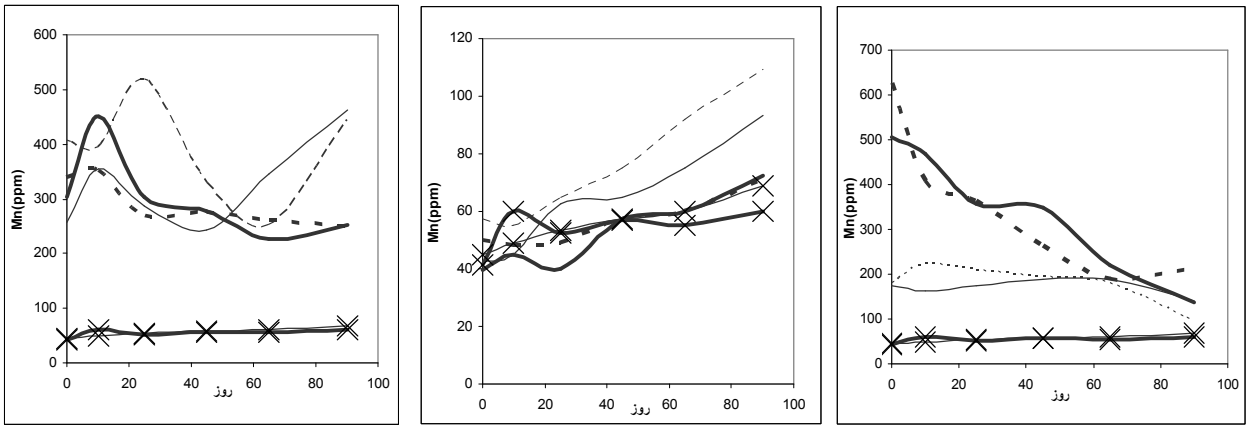
[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6] [Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

جدول۶ . اثر تیمار و زمان نگه‌داری بر مقدار آهن (mg/Kg) قابل عصاره‌گیری با DTPA

زمان	AC_1	AC_1W	AC_2	AC_2W	AK_1	AK_1W	AK_2	AK_2W	AS_1	AS_1W	AS_2	AS_2W	A	AW
۰/۰	۳۲/۵	۳۵/۰	۲۵/۰	۲۳/۵	۱۰۰	۹۰/۰	۱۱۵	۱۲۵	۱۰۸۹	۱۰۹۲	۲۵۱۷	۲۶۲۲	۶۸/۰	۷۲/۰
۱۰	۴۰/۰	۳۷/۵	۲۷/۵	۳۱/۲	۸۰/۰	۱۰۲/۵	۱۳۵	۱۴۲	۹۵۰	۹۷۰	۱۹۹۲	۹۶۰	۵۶/۰	۶۴/۰
۲۵	۴۳/۰	۳۵/۰	۳۰/۰	۴۲/۵	۶۷/۵	۸۰/۰	۱۲۰	۱۶۰	۸۲۰	۸۲۰	۹۷۵	۹۲۵	۶۳/۵	۶۸/۰
۴۵	۴۷/۵	۴۸/۰	۳۰/۰	۴۸/۷	۹۰/۰	۹۷/۵	۱۴۱	۲۳۰	۸۱۵	۶۸۲	۶۸۵	۶۸۰	۴۷/۵	۵۷/۰
۶۵	۶۲/۵	۶۳/۰	۲۲/۵	۶۷/۵	۱۰۵	۱۱۰	۱۳۸	۳۲۵	۸۲۲	۶۸۰	۶۲۰	۱۰۷۰	۴۳/۰	۶۳/۰
۹۰	۸۰/۰	۹۸/۷	۱۷/۵	۸۵/۰	۱۴۷/۵	۱۸۵	۲۱۵	۳۰۲	۷۱۰	۶۴۰	۸۴۵	۱۱۱۲	۵۱/۵	۷۵/۰
میانگین	$۵۰/۹^{ef}$	$۵۲/۸^{ef}$	$۲۵/۴^{f}$	$۴۹/۷^{ef}$	$۹۸/۳^{def}$	۱۱۰^{de}	۱۴۴^{cd}	۲۱۴^{c}	۸۶۷^{b}	۸۱۴^{b}	۱۲۷۳^{a}	۱۲۲۸^{a}	$۵۴/۹^{ef}$	$۶۶/۶^{ef}$

۱. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ آزمون LSD فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند ($LSD_{1\%}$= ۵۴/۲۸).

A: کود گاوی C: سرباره K: لجن کنورتور S: سولفات آهن W: ورمی کمپوست ۱: تیمار ۵٪ آهن خالص ۲: تیمار ۱۰٪ آهن خالص



شکل ۱ . تغییرات منگنز قابل استخراج با DTPA با زمان؛ a) تیمار سرباره، (b) تیمار لجن کنورتور و (c) تیمار سولفات آهن. در هر شکل علائم به‌کار رفته عبارت‌اند از: ورمی‌کمپوست کود گاوی–×–، ورمی‌کمپوست + ۵٪ آهن– – –، ورمی‌کمپوست + ۱۰٪ آهن‒‒‒، کود گاوی–×–، کود گاوی + ۵٪ آهن___، کود گاوی + ۱۰٪ آهن——.

و رسوب ترکیبات نامحلول‌تر آهن می‌شود(۱۰).

استفاده از سولفات آهن باعث افزایش نسبتاً شدید آهن قابل استخراج مخلوط‌های کودی شد، گرچه با گذشت زمان آهن قابل استخراج کاهش یافت، به نظر می‌رسد این پدیده به دلیل حلالیت زیاد آهن این ترکیب معدنی می‌باشد که در اثر گذشت زمان با تثبیت آهن به شکل اکسیدها وهیدروکسیدهای کم محلول از قابلیت استخراج آن کاسته می‌شود، هم‌چنین حلالیت بالای سولفات آهن در مراحل اولیه دوره خواباندن کود pH مخلوط را کاهش داده است که با گذشت زمان و تثبیت آهن محلول pH نیز تدریجاً افزایش یافته است.

ب) منگنز، روی و مس قابل استخراج با DTPA

تیمارهای حاوی ۵ درصد آهن خالص از سرباره مخلوط با ورمی کمپوست کود گاوی بهترین نتیجه را در افزایش منگنز قابل استخراج با DTPA نشان دادند(شکل ۱). علت افزایش را می‌توان به منگنز موجود در ترکیب سرباره (به میزان ۲/۲۲ درصد)نسبت داد. در غنی‌سازی با استفاده از لجن کنورتور در تیمارهای حاوی ۱۰ درصد آهن مخلوط با کود بهترین نتیجه به‌دست آمد. استفاده از لجن کنورتور به مقدار کمتری نسبت به تیمارهای سرباره منگنز قابل عصاره‌گیری را افزایش داد، که به دلیل کمتر بودن منگنز موجود در ترکیب لجن کنورتور (به میزان ۱/۰۲ درصد) می‌باشد. بیشترین میزان منگنز در تیمار حاوی ۱۰ درصد آهن لجن کنورتور مخلوط با ورمی کمپوست می‌باشد، که احتمالاً به دلیل فعالیت کرم‌ها و جلوگیری از رسوب منگنز می‌باشد.

ضمناً در تیمارهای حاوی لجن کنورتور کاهش ناچیزی در منگنز قابل استخراج پس از چند هفته اول اتفاق افتاده است، به نظر می‌رسد روند نزولی منگنز قابل استخراج در این تیمار به دلیل تغییرات pH و رسوب و یا اکسایش منگنز II و III به IV می‌باشد که منگنز IV می‌تواند به صورت کانی‌های کم محلول رسوب کند(۵).

میزان روی قابل استخراج کلیه تیمارها کمتر از شاهد بود (داده‌ها نشان داده نشده است) و در هر دسته تیمارها، تیمارهای ورمی کمپوست میزان روی بیشتری نشان می‌دهند، احتمالاً به دلیل کم بودن غلظت روی در ترکیبات به کار رفته و هم‌چنین رسوب و جذب سطحی روی در زمان انکوباسیون این پدیده اتفاق افتاده است و کرم‌های خاکی در حفظ روی قابل جذب نقش موثر داشته‌اند. در ضمن سرباره می‌تواند سبب کاهش جذب روی گیاه در خاک شدیداً اسیدی و افزایش جذب در خاک حدوداً خنثی شود (۷).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6]

.جدول ۷ . تجزیه واریانس آهن کل گیاه ذرت (mg`/pot) در تیمارهای کود گاوی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار	۱۳	۳۰۵۲۰**
خطا	۴۲	۹۹۴**

**: در سطح احتمال ۱٪ معنی دار است.

جدول۸ . تجزیه واریانس عملکرد (gr/pot) گیاه ذرت در تیمارهای کود گاوی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار	۱۳	۷/۴۳**
خطا	۴۲	۰/۳۶۶**

**: در سطح احتمال ٪۱ معنی دار است.

جدول۹. میانگین عملکرد (gr/pot) و مقدار کل آهن گیاه ذرت (µg/pot) در تیمارهای کود گاوی

تیمار	AC_1	AC_1W	AC_2	AC_2W	AK_1	AK_1W	AK_2	AK_2W	AS_1	AS_1W	AS_2	AS_2W	A	AW
عملکرد	۷/۴ ^{de1}	۶/۳ ^{e}	۷/۹^{d}	۸/۵^{cd}	۸/۱^{cd}	۸/۲^{cd}	۹/۲^{bc}	۱۰^{ab}	۱۰/۳^{ab}	۹/۹^{ab}	۱۰/۴^{a}	۱۰^{ab}	۶/۴^{e}	۶/۷^{e}
آهن گیاه	۴۱۲^{de}	۳۷۷^{e}	۴۱۸^{de}	۳۹۵^{de}	۴۰۷^{de}	۳۹۷^{de}	۴۴۲^{cd}	۴۸۹^{bc}	۵۲۰^{ab}	۵۴۵^{ab}	۵۷۸^{a}	۵۰۵^{b}	۲۷۹^{f}	۲۹۵^{f}

۱. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ٪۱ آزمون LSD فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند، (۱/۱۰ =$LSD_{1\%}$ عملکرد و ۵۸/۲ =$LSD_{1\%}$ آهن گیاه).

A: کود گاوی C: سرباره K: لجن کنورتور S: سولفات آهن W: ورمی کمپوست ۱: تیمار ٪۵ آهن خالص ۲: تیمار ٪۱۰ آهن خالص

مس قابل استخراج با DTPA در تیمار ۱۰ درصد لجن کنورتور مخلوط با کود گاوی نتیجه مطلوب‌تری داده است. ضمناً در کلیه تیمارها یک کاهش اولیه در میزان مس قابل استخراج دیده شد که احتمالاً به دلیل جذب سطحی این عنصر می‌باشد.

ج) تغییرات آهن کل و عملکرد گیاهان ذرت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر کودهای غنی شده بر مقدار کل آهن گیاه و عملکرد وزن خشک در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۷ و۸). تأثیر کودهای غنی شده بر مقدار آهن کل و عملکرد گیاه در جدول ۹ نشان داده شده است.

تیمارهای سرباره و لجن کنورتور در سطوح مختلف غنی‌سازی تفاوت معنی‌دار با هم نداشتند، ولی به طور کلی استفاده از لجن کنورتور جهت غنی‌سازی، عملکرد بالاتری نسبت به سرباره داشته است. به جز تیمار سولفات آهن، مقدار آهن کل گیاه و عملکرد وزن خشک در تیمار ۱۰ درصد لجن کنورتور نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود، به طوری‌که تیمار ورمی کمپوست کود گاوی مخلوط با ۱۰درصد آهن خالص لجن کنورتور تفاوت معنی‌دار با تیمارهای سرباره و ۵ درصد لجن کنورتور نشان داد.

د) تغییرات منگنز کل در گیاهان ذرت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثر غنی‌سازی کود بر مقدار کل منگنز گیاه ذرت در سطح ٪۱ معنی‌دار است (جدول۱۰). تأثیرکودهای آلی غنی شده بر مقدار منگنز کل گیاه در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

بیشترین میزان منگنز کل گیاه مربوط به ۵ درصد لجن کنورتور در تیمار کود گاوی می‌باشد که این تیمار دارای بالاترین غلظت منگنز در گیاه می‌باشد. بعد از این تیمار بالاترین میزان منگنز کل گیاه در تیمار سولفات آهن دیده شد که به دلیل عملکرد بالا در این تیمار می‌باشد و نه غلظت بالای منگنز در گیاه. در تیمار ۵ درصد سرباره میزان منگنز کل گیاه کمتر از تیمار ۱۰ درصد سرباره بود که به دلیل پایین بودن عملکرد می‌باشد. به طور کلی مطلوب‌ترین تیمار در بالا بردن غلظت منگنز و

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6]

جدول۱۰. تجزیه واریانس منگنز کل گیاه ذرت (mg/pot) در تیمارهای کود گاوی

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تیمار	۱۳	۴۵۰۷۸**
خطا	۴۲	۲۷۷۵**

**: در سطح احتمال ٪۱ معنی دار است.

جدول۱۱. میانگین عملکرد (gr/pot) و مقدار کل منگنز گیاه ذرت (µg/pot)

تیمار	AC_1	AC_1W	AC_2	AC_2W	AK_1	AK_1W	AK_2	AK_2W	AS_1	AS_1W	AS_2	AS_2W	A	AW
عملکرد	۷/۳ ^{de1}	۶/۳^{e}	۷/۹^{d}	۸/۵^{cd}	۸/۱^{cd}	۸/۳^{cd}	۹/۲^{bc}	۱۰^{ab}	۱۰/۳^{ab}	۹/۸^{ab}	۱۰/۴^{a}	۱۰^{ab}	۶/۴^{e}	۶/۶^{e}
منگنز گیاه	۵۱۵^{cd}	۵۰۶^{d}	۵۶۷^{dc}	۶۰۳^{bcd}	۶۷۰^{b}	۷۹۵^{a}	۵۹۸^{bcd}	۵۶۰^{cd}	۵۷۳^{bcd}	۵۲۸^{cd}	۶۰۶^{bc}	۵۹۰^{bcd}	۳۷۶^{e}	۳۸۶^{e}

۱. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح ٪۱ آزمون LSD فاقد تفاوت معنی دار می‌باشند، (۱/۱۰ =$LSD_{1\%}$ عملکرد و ۹۷/۶ =$LSD_{1\%}$ منگنز گیاه).

A: کود گاوی C: سرباره K: لجن کنورتور S: سولفات آهن W: ورمی کمپوست ۱: تیمار ٪۵ آهن خالص ۲: تیمار ٪۱۰ آهن خالص

افزایش عملکرد در تیمارهای غنی شده با لجن کنورتور دیده می‌شود.

نتیجه‌گیری

افزایش سرباره در تیمارهای بیش از ۵ درصد تأثیری در افزایش آهن قابل استخراج مخلوط نداشته است و غنی‌سازی با سرباره در تیمار ۵ درصد در زمان ۹۰ روز خواباندن می‌تواند نتیجه رضایت بخشی نسبت به سطوح بالاتر سرباره داشته باشد. سطح ۱۰ درصد آهن خالص از لجن کنورتور بیشترین آهن قابل استخراج را در تیمار ورمی کمپوست و در زمان حدود ۶۰ روز ایجاد کرد. بیشترین میزان منگنز در تیمار ۱۰ درصد آهن از لجن کنورتور مخلوط با ورمی کمپوست به‌دست آمد که احتمالاً به دلیل فعالیت کرم‌ها و جلوگیری از رسوب منگنز می‌باشد.

به جز تیمار سولفات آهن، مقدار آهن کل گیاه و عملکرد وزن خشک در تیمار ۱۰ درصد لجن کنورتور مخلوط با کود گاوی نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. استفاده از سطوح مختلف سرباره جهت غنی‌سازی تفاوت معنی‌داری با شاهد از نظر مقدار آهن کل گیاه نشان نداد. به نظر می‌رسد مطلوب‌ترین تیمارها در بالا بردن غلظت منگنز وآهن و افزایش عملکرد، تیمارهای غنی‌سازی با لجن کنورتور می‌باشند.

منابع مورد استفاده

۱. اشرفی، ا. ۱۳۸۰.غنی‌سازی کودهای آلی توسط ترکیبات معدنی آهن. پایان نامه کارشناسی ارشد، خاک‌شناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. دستوری، ع. ۱۳۸۰. اثر پوسته اکسیدی، لجن کنورتور و سرباره کارخانجات ذوب آهن و فولاد اصفهان بر رشد و عملکرد ذرت در یک خاک آهکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. سالاردینی، ع. ا. ۱۳۸۰. *حاصلخیزی خاک*. چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران.

۴. سالاردینی، ع. ا. و م. مجتهدی. *اصول تغذیه گیاه*. چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6]

۵. عباسپور، ع.، م. کلباسی و ح. شریعتمداری. ۱۳۸۳. کاربرد لجن کنورتوراسیدی شده (ضایعات کارخانه فولاد) به عنوان کـود آهـن. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۸(۱): ۶۱-۷۲.

۶. کلباسی،م. ۱۳۷۴. کلروز آهن در گیاهان و راه‌های مبارزه با آن. نشریه شماره ۱۸، سازما ن پارک‌ها و فضای سبز اصفهان.

۷. محمدی ترکاشوند، ع. ۱۳۷۹. برسی اثر سرباره کنورتور (فولاد سازی) به‌عنوان اصلاح کننده در خاک‌های اسیدی و کـود آهـن در خاک‌های آهکی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۸. محمود آبادی، ع.۱۳۸۳. اثر لجن کنورتور وسرباره ذوب آهن بر عملکرد ذرت و جذب برخی عناصر سنگین در سه خـاک آهکـی. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

9. Abbaspour, A, M. Kalbasi and H. Shariatmadari. 2004. Effect of steel converter sludge as iron fertilizer and soil amendment in some calcareous soils. J. Plant Nutr. 27(2): 377-394.
10. Bindra, A. S. 1983. Iron Chlorosisin Horticulture and Field Crops. Kalyani Publisher, New Delhi.
11. Chen, Y., J. Navrot and P. Barak. 1982. Remedi of lime induced chlorosis with iron enriched muck. J. Plant Nutr. A5(9-7): 927-940.
12. Lindsay, W. L. 1992. Chemical Equilibria in Soils. John Wiley & Sons Inc. Pub., New York.
13. Mortvedt, J. J. 1988. Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problem. J. Plant Nutr. A9: 94-97.
14. United Nations. 1990. The recuperation and economic of by-product of the iron and steel industry. Economic commission for Europe, Geneva.
15. Yen, P.Y, W.P. Inskeep and R.L. Westerman. 1988. Effect of soil moisture and phosphorus fertilization on iron chlorosis of sorghum. J. Plant Nutr. A11: 511-531.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.42.6]