تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره سوم، پائیز ۱۳۹۹
۹۵۳-۹۶۷
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2250.1573

مقاله پژوهشی

اثر هدایت الکتریکی آب آبیاری و روش‌های مصرف آهن و روی بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت علوفه‌ای در یک خاک آهکی

جهانبخش میرزاوند*[1]، محمود چهره‌نگار[2]، مهدی زارع[3]

۱. استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زرقان، ایران

۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، واحد ارسنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، ارسنجان، ایران

۳. دانشیار گروه کشاورزی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزآباد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۱۹

چکیده

تنش شوری و کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای در خاک‌های آهکی مناطق مرکزی ایران می‌باشند. ازاین‌رو به‌منظور بررسی اثر روش‌های کاربرد آهن و روی بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت علوفه‌ای تحت شوری آب آبیاری، پژوهشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۴ به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ارسنجان فارس اجرا شد. تیمارها ترکیبی از ۳ سطح هدایت الکتریکی آب آبیاری شامل ۲، ۴ و ۶ ($dS\ m^{-1}$) و ۱۲ روش کاربرد کودهای سولفات روی، سولفات آهن و کلات آهن بودند. نتایج نشان داد افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری از ۲ به ۶ ($dS\ m^{-1}$) منجر به کاهش ۱۲/۵ درصدی عملکرد علوفه‌تر و کاهش ۴۳ درصدی محتوای عناصر غذایی همانند پتاسیم، فسفر، کلسیم، مس، منگنز، آهن و روی در علوفه ذرت شد. بیشترین عملکرد علوفه‌تر ذرت (۷۷/۷۱ تن در هکتار) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS\ m^{-1}$) و مصرف خاکی کلات آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات روی حاصل شد. در آبیاری ۴ و ۶ ($dS\ m^{-1}$)، بیشترین عملکرد علوفه‌تر با کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات آهن به دست آمد. با افزایش سطح تنش، کاربرد ترکیبی عناصر غذایی آهن و روی در مقایسه با کاربرد جداگانه مؤثرتر واقع شد و در این شرایط عملکرد کمی و کیفی محصول ذرت علوفه‌ای بیش از ۱۳ درصد افزایش یافت. به‌طورکلی، در یک خاک آهکی با انتخاب روش مناسب کوددهی در شرایط تنش شوری ضمن حفظ پتانسیل عملکرد محصول ذرت علوفه‌ای می‌توان تقاضا برای آب غیر شور را نیز کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: **بذرمالی، سولفات‌روی، کلات‌آهن، کیفیت علوفه، محلول‌پاشی.**

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از محصولات مهم و درعین‌حال پرتوقع است و تنش‌های محیطی ازجمله شوری می‌تواند تولید بهینه محصول ذرت علوفه‌ای را تحت تأثیر قرار دهد و به بیان بهتر مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید این محصول است (Dai et al., 2011; Yarami and Sepaskhah, 2015). حد آستانه تحمل به شوری برای ذرت علوفه‌ای ۱/۸ (dS m-1) گزارش شده است (Hassanli et al., 2015). از مهم‌ترین آثار منفی تنش شوری بر گیاهان می‌توان به بروز تنش اسمزی، سمیت یون‌ها و عدم تعادل عناصر غذایی اشاره کرد (Wakeel, 2013). بر اساس نتایج پژوهش‌های متفاوت، مهم‌ترین دلیل عدم تعادل عناصر غذایی گیاهان در شرایط شوری رابطه تنازعی (ناهمسازی) بین سدیم با سایر عناصر غذایی پرمصرف یا کم‌مصرف است (Bostani et al., 2015; Mazloomi and Ronaghi, 2012; Kazemeini et al., 2017). به‌بیان‌دیگر، در شرایط شور سمیت برخی از

* نگارنده پاسخگو: جهانبخش میرزاوند. پست الکترونیک: j.mirzavand@areeo.ac.ir

یون‌ها همانند سدیم و کلر در اندام‌های گیاهان افزایش می‌یابد و این یون‌ها می‌توانند جذب سایر عناصر معدنی را در برهمکنش‌های رقابتی یا به‌وسیله انتخاب پذیری یونی غشا تحت تأثیر قرار دهند (Eskandari and Mozaffari, 2013; Bozorgmehr and Nastari-Nasrabadi, 2015).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل تبخیر و تعرق شدید و میزان بارندگی‌های کم و ناکافی، استفاده و کاربرد آب‌های با کیفیت نامناسب افزایش‌یافته که درنهایت منجر به تجمع نمک در خاک‌های تحت کشت می‌شود (Zabihi and Nourihoseini, 2017). به‌علاوه، در این مناطق حضور یون‌های بی‌کربنات و قلیایی بودن خاک از علل بروز کمبود برخی از عناصر غذایی به‌ویژه آهن و روی است (Eizadi et al., 2012). لیکن، نتایج مطالعات حاکی از آن است که در خاک‌های آهکی اختلال در جذب عناصر غذایی در حضور تنش شوری تشدید می‌شود (Cakmak, 2008; Yousif et al., 2010)؛ بنابراین، در این شرایط به‌منظور دستیابی به عملکرد بهینه ضروری است که عناصر غذایی موردنیاز گیاه از طریق کود تأمین شود (Karmollachaab and Gharineh, 2013).

یکی از مسائل بااهمیت در مصرف عناصر کم‌مصرف تعیین سطح، زمان و روش مناسب مصرف این نهاده‌ها است (Godarzi et al., 2014). پژوهش‌ها نشان داده است در شرایط تنش محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به دلیل جذب و اثربخشی سریع عناصر غذایی بیشترین تأثیر را در کاهش آثار منفی تنش شوری بر گیاهان دارد (Baybordi, 2004). با این نوع روش تغذیه‌ای عناصر کم-مصرف در زمان کوتاه‌تر و به‌طور مستقیم در اختیار اندام‌های گیاهی قرار داده می‌شود (Fathi and Zahedi, 2014). در مطالعه‌ای مشخص شد که مصرف برگی و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز بهتر از مصرف خاکی می‌تواند در افزایش عملکرد گیاه ذرت مؤثر واقع شود (Taher et al., 2008) که با نتایج رشدی و همکاران (Roshdi et al., 2012) که اظهار کردند محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف در مقایسه با مصرف خاکی به‌طور معنی‌داری عملکرد محصول لوبیا (Phaseolus vulgaris L.) را افزایش داد، هم‌خوانی داشت. علاوه بر این، یکی از مراحل حساس رشد گیاه به تنش شوری مرحله جوانه‌زنی بذر گیاه است. شوری عمدتاً بر جوانه‌زنی بذور تأثیر می‌گذارد و به‌نوبه خود موجب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه می‌شود (Amirjani, 2010). ازاین‌رو، کاربرد عناصر کم‌مصرف به‌صورت بذرمال ممکن است در شرایط تنش موجب بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها گردد. روزبهانی و محمدخانی (Roozbahani and Mohammadkhani, 2015) بیان کردند که بذرمالی بذور و محلول‌پاشی با نانو کود آهن عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت را افزایش داد. با توجه به حساسیت گیاه ذرت به شرایط شور و اهمیت کشت آن و مدیریت کارآمد عناصر غذایی در خاک‌های زیر کشت، پژوهش حاضر با هدف بررسی برهمکنش اثرات هدایت الکتریکی آب آبیاری و روش‌های کاربرد عناصر کم‌مصرف آهن و روی در یک خاک آهکی بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت علوفه‌ای در منطقه ارسنجان فارس اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر هدایت الکتریکی آب آبیاری و روش‌های کاربرد عناصر کم‌مصرف آهن و روی بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت علوفه‌ای (سینگل کراس ۷۰۴)، پژوهشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۴ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان، استان فارس به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. به‌منظور تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از شروع پژوهش دو نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و میزان ماده آلی (۰/۹۵ درصد)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (۰/۶۲ ($dS\ m^{-1}$)) و اسیدیته گل اشباع (۷/۷) تعیین شد. در پژوهش حاضر، غلظت آهن، روی، مس و منگنز به ترتیب ۴/۵، ۰/۷، ۱ و ۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شد که این مقادیر بر اساس پژوهش شهبازی و بشارتی (Shahbazi and Besharti, 2013) در محدوده بحرانی این عناصر قرار داشت. از سوی دیگر در شرایط شور، جذب و فراهمی برخی از عناصر ازجمله آهن و روی به‌ویژه در خاک‌های آهکی و قلیایی بیشتر کاهش می‌یابد لیکن باید حد بحرانی این عناصر را در این شرایط بالاتر در نظر گرفت (Alpaslan et al., 1998; Tabndeh and Naseri, 2015) (جدول ۱). علاوه بر این، متوسط بارندگی سالانه درازمدت در منطقه ۳۵۰ میلی‌متر (طول جغرافیایی ″۵۰′۱۵°۵۳ شرقی و عرض

جغرافیایی ″۵۰′۴۰°۲۹ شمالی و ارتفاع ۱۶۳۸ متر از سطح دریا) ثبت شده است.

تیمارها ترکیبی از ۳ سطح هدایت الکتریکی آب آبیاری شامل ۲، ۴ و ۶ ($dS\ m^{-1}$) به‌عنوان فاکتور اول و ۱۲ روش کاربرد کودهای سولفات روی، سولفات آهن و کلات آهن به‌عنوان فاکتور دوم بودند. لازم به ذکر است که هدایت الکتریکی آب آبیاری منطقه ارسنجان حدود ۱/۲ ($dS\ m^{-1}$) بود. لذا، جهت تهیه سطوح شوری آب آبیاری از نمک‌های کلریدکلسیم و کلریدسدیم به نسبت ۱:۲ استفاده شد. برای محاسبه میزان نمک از معادله ۱ استفاده شد.

$$TDS\ (mg.l^{-1}) = EC_{iw}\ (dS\ m^{-1}) \times 640 \qquad [۱]$$

در معادله فوق TDS کل املاح محلول و EC_{iw} قابلیت هدایت الکتریکی آب آبیاری بود. با استفاده از کنتور حجمی، حجم آب آبیاری برای هر کرت در مدت ۵ دقیقه حدود ۳۸۰ لیتر آب بود. لذا، از معادله ۲ برای تعیین کل میزان نمک موردنیاز برای هر سطح هدایت الکتریکی آب آبیاری استفاده شد.

$$W(g) = n \times V(L) \times W_{iw}(kg) \qquad [۲]$$

در معادله فوق W وزن کل نمک در هر سطح شوری، n تعداد کرت‌های هر سطح شوری، V حجم آب آبیاری برای هر کرت و W_{iw} وزن نمک برای یک لیتر آب بود.

به دلیل اینکه گیاهان در مراحل جوانه‌زنی و ابتدای رشد، بسیار حساس به شوری هستند و غالباً توانایی مقاومت ندارند، اولین آبیاری برای هر تیمار با آب غیرشور ($dS.m^{-1}$ ۱/۲[1]) آغاز شد. لذا، تیمارهای هدایت الکتریکی آب آبیاری پس از استقرار گیاهان از مرحله ۴ برگی اعمال گردید (Lacerda et al., 2003). هم‌چنین، برای جلوگیری از تجمع احتمالی نمک در خاک مزرعه آبیاری به‌صورت تناوبی و یک‌درمیان با آب‌شور و سپس آب غیرشور (یک نوبت آب‌شور و نوبت دیگر آب غیرشور) انجام شد (Hasheminejhad et al., 2012). روش‌های کاربرد عناصر کم‌مصرف آهن و روی عبارت بودند از (۱) عدم مصرف عناصر غذایی روی و آهن (T1)، (۲) مصرف خاکی ۴۰ کیلوگرم در هکتار روی (منبع: سولفات روی) (T2)، (۳) مصرف خاکی ۵ کیلوگرم در هکتار آهن (منبع: کلات آهن (سکسترین آهن ۱۳۸) (T3)، (۴) مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن (T4)، (۵) مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۵ در هزار (T5)، (۶) مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه محلول‌پاشی سولفات آهن با غلظت ۵ در هزار (T6)، (۷) مصرف خاکی سولفات روی به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات آهن (T7)، (۸) مصرف خاکی کلات آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات روی (T8)، (۹) مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با ۰/۳ گرم سولفات آهن در کیلوگرم بذر (T9)، (۱۰) مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با ۰/۳ گرم سولفات روی در کیلوگرم بذر (T10)، (۱۱) مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات آهن و محلول‌پاشی با سولفات روی (T11) و (۱۲) مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات روی و محلول‌پاشی با سولفات آهن (T12).

محلول‌پاشی سولفات روی و آهن در دو مرحله (۱۵ روز قبل و بعد از آغاز گل‌دهی) انجام شد. هم‌چنین، زمان محلول‌پاشی اوایل صبح انتخاب گردید تا حد امکان از اثرات نامطلوب نور خورشید جلوگیری به عمل آید. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۳×۲ متر بود. به‌منظور جلوگیری از نشت آب با درجات مختلف شوری به کرت‌های مجاور فاصله بین کرت‌ها ۴ متر و تکرارها ۸ متر در نظر گرفته شد. ذرت با تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار در نیمه اول تیرماه با دست در عمق ۵ سانتی‌متری کشت شدند. هر کرت شامل ۴ خط کاشت و فاصله خطوط کاشت ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. میزان کود مصرفی بر اساس آزمون خاک (جدول ۱) شامل ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (یک‌سوم کود در زمان کاشت (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) و بقیه کود در مرحله ۸ برگی ذرت به‌صورت سرک) با دست در مزرعه پخش شد. سایر عملیات زراعی شامل کنترل علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در تمام تیمارها به‌طور یکسان اعمال شد.

در زمان برداشت، بوته‌های ذرت از مساحت ۲ مترمربع و با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای با دست بریده و برداشت شدند. جهت تعیین زمان برداشت ذرت علوفه‌ای از قرار گرفتن خط شیری به‌عنوان شاخص استفاده شد و برداشت زمانی انجام شد که خط شیری دانه بین ۱/۲ و ۲/۳ دانه بود (Bozorgmehr and Nastari-Nasrabadi, 2015). ویژگی‌های موردمطالعه شامل ارتفاع بوته، عملکرد علوفه‌تر و ترکیب شیمیایی علوفه برداشت‌شده (شامل ساقه، برگ،

بلال و دانه) شامل غلظت عناصر سدیم، پتاسیم، فسفر، کلسیم، مس، منگنز، روی و آهن بودند. برای تعیین غلظت فسفر به روش آمونیوم مولیبدات وانادات، آهن، روی، مس و منگنز با روش عصاره گیری دی تی پی آ، کلسیم، سدیم و پتاسیم با روش شعله‌سنجی اندازه‌گیری شدند (Chapman and Pratt, 1982). محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS ۹,۳ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

Table 1. Some physico-chemical properties of soil experiment (Soil depth: 0-30 cm)

پتاس K	فسفر P	نیتروژن N	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	کربنات کلسیم معادل CCE	ماده آلی OM	پ هاش در گل اشباع pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع EC
----(ppm)----		(%)	----------(ppm)----------				----------(%)----------			($dS\ m^{-1}$)
210	12.5	0.07	7	0.6	0.7	4.5	36	0.95	7.7	0.62

Soil texture	بافت خاک	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand
		----------(%)----------		
silty clay loam	لوم رسی سیلتی	36.2	48.6	15.2

نیتروژن به روش هضم کجدال، پتاسیم به روش عصاره‌گیری استات آمونیوم، فسفر به روش اولسن، آهن و روی با عصاره‌گیری خاک به روش دی تی پی ای (DTPA) تعیین شدند (Chapman and Pratt, 1982).

Soil total N, Soil available P and Soil available K were determined according to the semi micro-Kjeldahl digestion procedure, Olsen test and ammonium acetate method, respectively. Soil available Fe and Zn was measured according to the DTPA method (Chapman and Pratt, 1982).

نتایج و بحث

عملکرد ذرت علوفه‌ای

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته و عملکرد ذرت علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری ($P\leq0.01$) تحت تأثیر هدایت الکتریکی آب آبیاری قرار گرفت. در مقابل، اثر کاربرد عناصر کم‌مصرف آهن و روی در سطح ۵ درصد ($P\leq0.05$) بر صفات موردبررسی معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS\ m^{-1}$)، بیشترین ارتفاع بوته ذرت (۱۴۱/ ۳۵ cm) با کاربرد خاکی کلات آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات روی (T8) به دست آمد که نسبت به عدم مصرف عناصر غذایی آهن و روی (T1) ۱۸/۱۲ درصد بیشتر بود (جدول ۳). نتایج نشان داد ارتفاع بوته ذرت با افزایش تنش شوری کاهش یافت به‌گونه‌ای که کمترین ارتفاع بوته ذرت (۶۱/۳۳ cm) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$) و کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن (T4) حاصل شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد علوفه‌تر ذرت (۷۱/۷۷ $Ton.ha^{-1}$) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS\ m^{-1}$) و مصرف خاکی کلات آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات روی (T8) حاصل شد که نسبت به شاهد (آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS.m^{-1}$) و عدم مصرف عناصر غذایی آهن و روی (T1)) عملکرد علوفه‌تر را ۳۴/۱۵ درصد افزایش داد (جدول ۳). در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۴ ($dS.m^{-1}$)، کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات آهن (T9) عملکرد علوفه‌تر را نسبت به عدم مصرف عناصر غذایی آهن و روی (T1) ۲۳/۶۲ درصد افزایش داد. نتایج نشان داد با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری عملکرد ذرت علوفه‌ای کاهش یافت به‌گونه‌ای که در شرایط عدم کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی (T1)، افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری از ۲ به ۶ ($dS.m^{-1}$) منجر به کاهش ۱۲/۶۳ درصدی عملکرد علوفه‌تر شد. کمترین عملکرد علوفه‌تر ذرت (۳۶/۰۸$Ton\ ha^{-1}$) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS\ m^{-1}$) با کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن (T4) مشاهده شد (جدول ۳).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری منجر به کاهش ارتفاع و تولید محصول ذرت علوفه‌ای شد که با نتایج معصومی و همکاران (Masoomi et al., 2017) که بیان کردند تنش شوری با کاهش رشد و توسعه سلول‌ها، به‌ویژه در ساقه منجر به

کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه علوفه‌ای کوچیا (*Kochia scoparia* L) می‌شود، مطابقت داشت. نتایج مطالعات حاکی از آن است که در شرایط تنش شوری از یک‌سو عدم تورژسانس مناسب سلول‌ها و تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت مقابله با تنش و از سوی دیگر کوتاه شدن دوره رشد گیاه همگی می‌توانند مانع از توسعه عادی سلول‌ها و درنتیجه کاهش محصول شوند (Shakeri et al., 2017; Lacerda et al., 2003). دوانی و همکاران (Davani et al., 2016) اظهار کردند در تنش شوری، افزایش نمک در محیط ریشه، منجر به کاهش رشد و تأخیر در ابریشم‌دهی، گرده‌افشانی و درنهایت کاهش عملکرد محصول ذرت می‌گردد، به‌طوری‌که ممکن است در سطح بلال دانه تشکیل نشود. به‌علاوه، برهم خوردن توازن یونی در اثر تنش شوری با کاهش جذب یون‌های ضروری و انباشتگی یون‌های مضر و کم‌آبی ناشی از کاهش جذب آب که با کاهش سنتز پروتئین، تعرق، انتقال یون و درنهایت کاهش محصول است، همراه است (Arzani and Ashraf, 2016; Kazemeini et al., 2016).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر هدایت الکتریکی آب آبیاری، روش کاربرد کود و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد و ترکیب شیمیایی ذرت علوفه‌ای

Table 2. ANOVA results for the effect of saline irrigation water, application method of fertilizer, and their interaction on yield and chemical composition of silage corn.

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد علوفه Silage yield	سدیم Na	پتاسیم K	فسفر P
Replication	**تکرار**	2	30.84^{ns}	32.81^{ns}	0.012^{ns}	0.01^{ns}	0.0005^{ns}
Salinity (S)	**شوری**	2	2074.05^{**}	2065.75^{**}	108.69^{**}	3.98^{**}	0.287^{**}
Fertilizer (F)	**کاربرد کود**	11	325.51^{*}	166.45^{*}	0.28^{*}	0.17^{*}	0.003^{*}
S × F	**شوری × کود**	22	233.43^{*}	132.09^{*}	0.24^{*}	0.13^{*}	0.002^{*}
Error	**خطا آزمایشی**	70	25.64	41.51	0.03	0.02	0.0003
CV%	**ضریب تغییرات (٪)**		*7.32*	*11.67*	*6.14*	*5.50*	*10.14*

Table 2. Continued **جدول ۲. ادامه**

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	کلسیم Ca	مس Cu	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zn	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K
Replication	**تکرار**	2	0.005^{ns}	0.49^{ns}	94.83^{ns}	112.2^{ns}	27.6^{ns}	0.00004^{ns}
Salinity (S)	**شوری**	2	2.66^{**}	41.48^{**}	7535.2^{**}	21485.2^{**}	1265.0^{*}	10.13^{*}
Fertilizer (F)	**کاربرد کود**	11	0.01^{*}	56.42^{**}	493.55^{*}	8086.5^{*}	7144.9^{**}	0.04^{ns}
S × F	**شوری × کود**	22	0.03^{*}	28.15^{*}	685.32^{*}	13233.1^{**}	2083.8^{*}	0.09^{*}
Error	**خطا آزمایشی**	70	0.005	2.66	19.58	284.8	59.3	0.01
CV%	**ضریب تغییرات (٪)**		*5.89*	*11.36*	*6.07*	*7.31*	*6.92*	*10.66*

ns، * و ** به ترتیب بیانگر نداشتن اختلاف و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشند (LSD=5%).

* and ** significant at the 0.05 and 0.01 level, respectively; ns, not significant (LSD=5%).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد کاربرد عناصر کم‌مصرف می‌تواند مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی را به دلیل بهبود فرآیندهای متابولیسمی و با حفظ آماس سلولی افزایش دهد و این امر باعث می‌شود که گیاه عملکرد قابل‌قبول‌تری در شرایط تنش فراهم کند (Mahlooji et al., 2015; Tohidi, 2015). آهن نقش مهمی در فرآیندهای مختلف رشد و نمو گیاه دارد. عنصر روی نیز برای رشد طبیعی و تولیدمثل گیاهان زراعی ضروری است و در سنتز هورمون‌های گیاهی نقش اساسی دارد (Bybordi

جدول ۳. مقایسه میانگین بین تیمارهای هدایت الکتریکی آب آبیاری و روش کاربرد کود بر ارتفاع بوته و عملکرد ذرت علوفه‌ای.

Table 3. Mean comparison amongst saline water and application method of fertilizer on plant height and silage corn

صفات Properties	شوری آب آبیاری Salinity of irrigation water ($dS.m^{-1}$)	روش مصرف کود آهن و روی application method of fertilizer					
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
عملکرد علوفه	2	53.5^{g-j}	64.8^{a-d}	63.2^{c-f}	67.5^{a-d}	69.9^{ab}	68.8^{abc}
Silage yield	4	51.4^{h-k}	62.8^{c-f}	54.9^{f-i}	56.0^{e-h}	47.9^{i-l}	52.5^{h-k}
(Ton ha^{-1})	6	46.7^{i-l}	41.8^{lm}	45.1^{kjl}	36.1^{n}	47.7^{i-l}	46.7^{i-l}
ارتفاع بوته	2	119.7^{cd}	126.0^{c}	123.0^{cd}	125.8^{cd}	110.3^{e}	134.0^{b}
Plant height	4	74.0^{ijk}	76.3^{h-k}	78.0^{g-i}	80.0^{f-i}	81.3^{fgh}	74.3^{ijk}
(cm)	6	66.0^{lm}	70.0^{kl}	73.6^{ijk}	61.3^{m}	69.1^{kl}	84.3^{gf}

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

صفات Properties	شوری آب آبیاری Salinity of irrigation water ($dS.m^{-1}$)	روش مصرف کود آهن و روی application method of fertilizer					
		T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
عملکرد علوفه	2	61.1^{d-h}	71.8^{a}	67.1^{a-d}	68.6^{a-d}	59.9^{d-h}	54.4^{f-j}
Silage yield	4	59.3^{d-h}	53.8^{g-j}	63.5^{c-f}	62.4^{c-f}	58.2^{e-h}	46.2^{i-l}
(Ton ha^{-1})	6	54.9^{f-i}	46.5^{i-l}	56.5^{e-h}	39.5^{mn}	43.3^{klm}	41.8^{lm}
ارتفاع بوته	2	136.3^{ab}	141.3^{a}	141.3^{a}	120.3^{cd}	119.3^{d}	112.7^{e}
Plant height	4	81.6^{fgh}	85.0^{f}	70.3^{kl}	85.3^{f}	72.0^{jkl}	80.0^{f-i}
(cm)	6	71.3^{jkl}	75.3^{h-k}	72.0^{jkl}	81.6^{fgh}	79.6^{f-i}	75.3^{h-k}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD=5%).

T_1= عدم مصرف عناصر غذایی، T_2= مصرف خاکی ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، T_3= مصرف خاکی ۵ کیلوگرم در هکتار کلات آهن، T_4= مصرف خاکی و توأم روی و آهن، T_5= مصرف خاکی و توأم روی و آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات روی (۵ در هزار)، T_6= مصرف خاکی و توأم روی و آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات آهن (۵ در هزار)، T_7= مصرف خاکی روی به‌علاوه محلول‌پاشی با آهن، T_8= مصرف خاکی آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با روی، T_9= مصرف خاکی و توأم روی و آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با ۰/۳ گرم سولفات آهن در کیلوگرم بذر، T_{10}= مصرف خاکی و توأم روی و آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با ۰/۳ گرم سولفات روی در کیلوگرم بذر، T_{11}= مصرف خاکی و توأم روی و آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات آهن و محلول‌پاشی با روی، T_{12}= مصرف خاکی و توأم روی و آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات روی و محلول‌پاشی با آهن.

In each column means followed by same letters do not differ significantly (LSD=5%).

T_1: No-fertilizer, T_2: soil application of Zn-Sulfate at 40 kg ha^{-1}, T_3: soil application of Fe-Chelate at 5 kg ha^{-1}, T_4: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate, T_5: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+foliar spray of Zn-Sulfate (5 to 1000), T_6: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+foliar spray of Fe-Sulfate (5 to 1000), T_7: soil application of Zn-Sulfate+foliar spray of Fe-Sulfate, T_8: soil application of Fe-Chelate+foliar spray of Zn-Sulfate, T_9: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+seed treatment with Fe-Sulfate (0.3 g kg^{-1}), T_{10}: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+seed treatment with Zn-Sulfate (0.3 g kg^{-1}), T_{11}: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+seed treatment with Fe-Sulfate+foliar spray of Zn-Sulfate, and T_{12}: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+seed treatment with Zn-Sulfate+ foliar spray of Fe-Sulfate

and Mamedov, 2010; Sajadi et al., 2009). نتایج این پژوهش نشان داد در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS.m^{-1}$) کاربرد خاکی کلات آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات روی (T8) منجر به افزایش ارتفاع بوته و عملکرد علوفه‌تر ذرت شد. به نظر می‌رسد در شرایط تنش ملایم حلالیت عناصر کم‌مصرف به‌ویژه آهن کمتر تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد (Emadi et al., 2014) که با نتایج پژوهش چاکماک (Cakmak, 2008) که نشان داد در شرایط تنش شوری تحرک برخی از عناصر غذایی کم‌مصرف همانند آهن و روی به دلیل کاهش حلالیت آن‌ها کاهش می‌یابد، هم‌خوانی داشت. علاوه بر این، فتحی (Fathi, 2012) اظهار کرد که تحت تنش، محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف به‌ویژه روی در مقایسه با مصرف خاکی آن‌ها تأثیر مثبتی بر بهبود رشد و عملکرد محصول ذرت داشت که احتمالاً به دلیل جذب و اثربخشی سریع و درنتیجه بهبود فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه در اثر محلول‌پاشی با عناصر مذکور است (Baybordi, 2004; Zehtab-Salmasi et al., 2012). در مقابل، با افزایش هدایت

الکتریکی آب آبیاری به ۴ و ۶ ($dS.m^{-1}$) بیشترین ارتفاع بوته و عملکرد علوفه‌تر ذرت با مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با روی و آهن حاصل شد. به‌بیان‌دیگر، در شرایط تنش شوری کاربرد ترکیبی عناصر کم‌مصرف در مقایسه با کاربرد عناصر مذکور به‌تنهایی مؤثرتر واقع شد. به‌علاوه، گزارش شده است که بذرمالی بذور با عناصر کم‌مصرف به‌ویژه روی ساخت هورمون‌ها ازجمله اکسین را افزایش می‌دهد؛ بنابراین، به نظر می‌رسد افزایش اکسین بذر با روش بذرمالی بذور می‌تواند باعث افزایش رشد ساقه‌چه و وزن خشک گیاه گردد (Zehtab-Salmasi et al., 2012).

ترکیب شیمیایی ذرت علوفه‌ای

ترکیب شیمیایی ذرت علوفه‌ای به‌طور معنی‌داری به ترتیب در سطح ۵ درصد ($P\leq0.05$) و ۱ درصد ($P\leq0.01$) تحت تأثیر تیمار هدایت الکتریکی آب آبیاری و کاربرد عناصر غذایی قرار گرفت (جدول ۲). نتایج نشان داد یون سدیم با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری در علوفه ذرت افزایش یافت به‌گونه‌ای که بیشترین غلظت سدیم ($mg.g^{-1}$ DW ۴/۲۲) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$) و عدم کاربرد عناصر غذایی آهن و روی (T1) حاصل شد. در این سطح شوری، کمترین غلظت سدیم ($mg.g^{-1}$ DW ۳/۵۸) با کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات آهن و محلول‌پاشی با سولفات روی (T11) مشاهده شد که نسبت به تیمار عدم کاربرد عناصر غذایی آهن و روی (T1) غلظت سدیم را ۱۵/۱۶ درصد کاهش داد (جدول ۴). به‌طور مشابه، کمترین غلظت پتاسیم ($mg.g^{-1}$ DW ۵/۴۴) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$) و عدم کاربرد عناصر غذایی آهن و روی (T1) حاصل شد که نسبت به شاهد (آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS.m^{-1}$) و عدم کاربرد عناصر غذایی آهن و روی (T1) ۲۱/۶۱ درصد کاهش داشت. در مقابل، کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف منجر به افزایش غلظت پتاسیم علوفه ذرت در تمام سطوح شوری آبیاری شد به‌گونه‌ای که در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$)، کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن (T4) نسبت به عدم مصرف عناصر غذایی (T1) غلظت پتاسیم را ۱۴/۵۲ درصد افزایش داد (جدول ۴). هم‌چنین، غلظت فسفر و کلسیم تحت تأثیر هدایت الکتریکی آب آبیاری قرار گرفت و در شرایط عدم کاربرد عناصر غذایی (T1) و آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$) نسبت به آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS.m^{-1}$) غلظت فسفر علوفه ذرت را بیش از ۷۰ درصد ($mg.g^{-1}$ DW ۰/۵۰ در مقابل ۰/۱۷) کاهش داد. در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۴ ($dS.m^{-1}$)، بیشترین غلظت فسفر علوفه ($mg.g^{-1}$ DW ۰/۲۲) در تیمار کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن (T4) حاصل شد که نسبت به تیمار عدم کاربرد عناصر غذایی (T1) ۵۷/۱۴ درصد افزایش داشت (جدول ۴). هم‌چنین، غلظت کلسیم در علوفه ذرت با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری کاهش یافت و کمترین غلظت کلسیم ($mg.g^{-1}$ DW ۲/۵۴) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$) و عدم کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی (T1) به دست آمد.

نتایج نشان داد در تیمار آبیاری با هدایت الکتریکی ۴ ($dS.m^{-1}$) بیشترین غلظت کلسیم ($mg.g^{-1}$ DW ۴/۶۵) در شرایط کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات آهن و محلول‌پاشی با سولفات روی (T11) مشاهده شد که نسبت به عدم کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف (T1) ۲۲/۰۵ درصد افزایش داشت (جدول ۴). نتایج نشان داد بیشترین غلظت مس در علوفه ($\mu g.kg^{-1}$ DW ۲۴/۱۶) در شاهد (آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS.m^{-1}$) و عدم کاربرد عناصر غذایی (T1)) حاصل شد. در مقابل، افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری تا ۶ ($dS.m^{-1}$) غلظت مس را کاهش داد لیکن کمترین غلظت مس (μg kg-1 DW ۶/۱۶) در این سطح شوری (۶ ($dS.m^{-1}$) در تیمار مصرف خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات روی (T10) مشاهده شد. غلظت منگنز علوفه ذرت نیز با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری کاهش یافت به‌گونه‌ای که کمترین غلظت منگنز علوفه ($\mu g.kg^{-1}$ DW ۴۴/۰۰) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS\ m^{-1}$) و کاربرد خاکی کلات آهن (T3) مشاهده شد. در مقابل، کاربرد توأم عناصر غذایی غلظت منگنز را در شوری ۶ ($dS.m^{-1}$) افزایش داد و بیشترین غلظت منگنز ($\mu g.kg^{-1}$ DW ۸۱/۳۳) در این شرایط با کاربرد خاکی کلات آهن به‌علاوه محلول‌پاشی با سولفات روی به دست آمد (جدول ۴).

نتایج نشان داد با افزایش شوری آب آبیاری غلظت آهن و روی در علوفه ذرت کاهش یافت به‌گونه‌ای که غلظت عناصر مذکور در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶

($dS.m^{-1}$) و تیمار عدم کاربرد عناصر غذایی (T1) نسبت به شاهد (آبیاری با هدایت الکتریکی ۲ ($dS.m^{-1}$) و عدم کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف (T1)) به ترتیب ۴۴/۷۲ و ۵۳/۳۷ درصد کاهش یافت. نتایج نشان داد در آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$)، بیشترین غلظت آهن و روی با کاربرد خاکی و توأم عناصر کم‌مصرف به‌علاوه بذرمالی بذور حاصل شد (جدول ۴).

بر اساس نتایج همبستگی میان غلظت سدیم و سایر عناصر در ذرت علوفه‌ای یک ارتباط منفی و معنی‌دار وجود داشت که بیشترین میزان این همبستگی با فسفر (r=-۰/۸۴**) و سپس با کلسیم (r=-۰/۶۱**) و پتاسیم (r=-۰/۵۸**) بود. در مقابل، میان غلظت پتاسیم با فسفر و کلسیم یک ارتباط مثبت و معنی‌دار مشاهده شد که بیشترین میزان این همبستگی با عنصر فسفر (r=۰/۶۹**) به دست آمد (جدول ۵). نسبت سدیم به پتاسیم با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری افزایش یافت و بیشترین میزان نسبت سدیم به پتاسیم (۰/۷۷) در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$) و عدم کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی (T1) به دست آمد. هم‌چنین، در آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS.m^{-1}$) کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن (T4) نسبت به تیمار عدم کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف (T1) منجر به کاهش ۱۵/۵۸ درصدی نسبت سدیم به پتاسیم شد. درحالی‌که میزان این کاهش در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ (dS.m-1) و کاربرد خاکی و توأم سولفات روی و کلات آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با سولفات آهن و محلول‌پاشی با سولفات روی (T11) نسبت به تیمار عدم کاربرد عناصر غذایی (T1) ۲۴/۶۷ درصد (۰/۵۸ در مقابل ۰/۷۷) بود. به‌طور مشابه، تغییرات کمتری در نسبت سدیم به پتاسیم در شرایط آبیاری با هدایت الکتریکی ۴ و ۲ ($dS.m^{-1}$) با کاربرد تنها و یا ترکیبی عناصر غذایی آهن و روی نسبت به تیمار عدم مصرف عناصر غذایی (T1) مشاهده شد (جدول ۴).

نتایج مطالعات حاکی از آن است که با افزایش نمک در محیط ریشه، توازن بین عناصر غذایی ازجمله فسفر، پتاسیم، کلسیم و منگنز با سدیم کاهش می‌یابد که مهم‌ترین دلیل آن رابطه تنازعی (ناهمسازی) بین سدیم با این عناصر عنوان شده است (Mazloomi and Ronaghi, 2012). در پژوهشی مشخص شد که آبیاری ذرت با آب‌شور، غلظت یون سدیم را افزایش و یون پتاسیم را کاهش داد و با ایجاد سمیت یونی منجر به برهم خوردن تعادل یونی سایر عناصر غذایی در سلول-های گیاه می‌شود. به‌طور مشابه، در این پژوهش میان غلظت عناصر غذایی در علوفه با افزایش غلظت سدیم یک همبستگی منفی مشاهده شد که می‌تواند ناشی از جذب بیشتر نمک ازجمله سدیم در محیط ریشه و سپس انباشتگی آن در اندام هوایی ذرت باشد که درنهایت رشد گیاه را دچار اختلال می‌کند و منجر به کاهش کمیت و کیفیت محصول می‌گردد که با نتایج سایر محققان هم‌خوانی داشت (Najafi and Sarhangzadeh, 2014; Arzani and Ashraf, 2016). به نظر می‌رسد کاربرد عناصر کم-مصرف ازجمله آهن و روی به‌ویژه مصرف ترکیبی آن‌ها می‌تواند منجر به افزایش جذب عناصر غذایی مفید همانند پتاسیم، کلسیم، روی و آهن در شرایط تنش شوری شود که درنهایت منجر به بهبود وضعیت رشد رویشی گیاه می‌شود. نتایج مطالعات نشان داده است در تنش شدید پاسخ گیاه به مصرف خاکی کود محدود می‌شود و حتی ممکن است افزودن کود اثرات شوری را تشدید کند و به کاهش عملکرد منجر گردد (Ghasemi, 2015). جوکار و رونقی (Jokar and Ronaghi, 2015) نشان دادند که کاربرد محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف نسبت به کاربرد خاکی آن‌ها سبب افزایش رشد و بهبود خصوصیات گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) می‌گردد که این نتیجه ازنظر اقتصادی نیز مقرون‌به‌صرفه است. به‌علاوه آن‌ها گزارش کردند بیشترین غلظت پتاسیم علوفه سورگوم در شرایط تنش با محلول-پاشی و بذرمالی بذور با عناصر غذایی کم‌مصرف حاصل شد که با نتایج حاصل از این پژوهش هم‌خوانی داشت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد غلظت عناصر پتاسیم، منگنز و کلسیم علوفه ذرت در سطوح آبیاری ۲ و ۴ ($dS.m^{-1}$) با کاربرد ترکیبی عناصر کم‌مصرف در مقایسه با کاربرد عناصر مذکور به‌تنهایی کاهش یافت. به نظر می‌رسد در شرایط تنش ملایم حضور عناصری مانند آهن و روی در غلظت‌های بالا به دلیل رابطه تنازعی (ناهمسازی) با سایر عناصر غذایی به‌ویژه منگنز می‌تواند منجر به کمبود آن‌ها در گیاه شود. درحالی‌که در آبیاری با هدایت الکتریکی ۶ ($dS\ m^{-1}$) کاربرد ترکیبی عناصر کم‌مصرف آهن و روی توانست غلظت عناصر پتاسیم، منگنز و کلسیم را افزایش دهد. به‌بیان‌دیگر، در شرایط تنش شدید با کاهش تحرک و حلالیت کمتر عناصر غذایی کاربرد ترکیبی و توأم عناصر غذایی آهن و روی مؤثرتر واقع شد (Emadi et al., 2014). در مقابل، روند

تغییرات فسفر در شوری ۶ ($dS.m^{-1}$) متفاوت بود و با کاربرد ترکیبی عناصر غذایی آهن و روی غلظت فسفر علوفه ذرت کاهش یافت. به نظر می‌رسد قابلیت دسترسی فسفر برای گیاه می‌تواند در خاک‌های آهکی تحت تأثیر منفی کربنات کلسیم محدود شود و کاربرد آهن و روی تأثیر محسوسی بر افزایش غلظت فسفر نداشت (Hatam and Ronaghi, 2011). هم‌چنین، از علل کاهش غلظت کلسیم در بخش هوایی ذرت می‌توان به اثر رقابتی این عنصر با یون سدیم و افزایش قدرت یونی در شرایط شوری اشاره کرد (Najafi and Sarhangzadeh, 2014). در پژوهشی

جدول ۴. مقایسه میانگین بین تیمارهای هدایت الکتریکی آب آبیاری و روش کاربرد کود بر ترکیب شیمیایی ذرت علوفه‌ای

Table 4. Mean comparison amongst saline water and application method of fertilizer on chemical composition of silage

صفات Properties	شوری آب آبیاری Saline irrigation water	روش مصرف کود آهن و روی application method of fertilizer					
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
سدیم Na (mg g^{-1} D.W)	2	1.05^{l}	0.67^{nop}	0.69^{no}	0.42^{p}	0.61^{nop}	0.97^{lm}
	4	4.12^{ab}	2.32^{k}	3.49^{hij}	3.67^{fgh}	3.33^{ij}	3.71^{e-g}
	6	4.22^{a}	4.01^{a-d}	4.11^{abc}	4.10^{abc}	3.84^{d-g}	3.83^{d-g}
پتاسیم K (mg g^{-1} D.W)	2	7.6^{ghi}	9.55^{a}	9.24^{ab}	7.94^{e-h}	7.63^{ghi}	8.42^{c-f}
	4	7.5^{ghi}	8.63^{bcd}	6.11^{kl}	7.31^{hi}	7.43^{ghi}	7.32^{hi}
	6	5.44^{m}	6.53^{jk}	5.94^{klm}	6.23^{kl}	5.87^{lm}	5.86^{lm}
فسفر P (mg kg^{-1} D.W)	2	0.17^{ghi}	0.27^{bcd}	0.31^{a}	0.28^{bc}	0.27^{bcd}	0.24^{def}
	4	0.14^{ijk}	0.14^{ijk}	0.18^{gh}	0.22^{f}	0.16^{hij}	0.15^{ij}
	6	0.05^{n}	0.08^{mn}	0.09^{lmn}	0.09^{lmn}	0.10^{lm}	0.11^{lm}

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

صفات Properties	شوری آب آبیاری Saline irrigation water	روش مصرف کود آهن و روی application method of fertilizer					
		T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
سدیم Na (mg g^{-1} D.W)	2	0.76^{mn}	0.54^{nop}	0.64^{nop}	0.62^{nop}	0.69^{no}	0.46^{op}
	4	3.33^{ij}	3.25^{j}	3.59^{ghi}	3.38^{ij}	3.87^{c-f}	3.26^{j}
	6	4.11^{abc}	3.59^{ghi}	3.66^{fgh}	3.96^{b-e}	3.58^{ghi}	3.81^{d-g}
پتاسیم K (mg g^{-1} D.W)	2	7.66^{ghi}	8.81^{bcd}	7.84^{fgh}	8.55^{cde}	8.96^{abc}	8.33^{d-g}
	4	7.74^{ghi}	8.45^{c-f}	7.12^{ij}	7.84^{e-h}	7.48^{ghi}	7.74^{ghi}
	6	6.33^{kl}	6.04^{klm}	5.71^{lm}	6.55^{jk}	6.14^{kl}	7.65^{ghi}
فسفر P (mg kg^{-1} D.W)	2	0.24^{def}	0.26^{cde}	0.26^{cde}	0.29^{ab}	0.29^{ab}	0.31^{a}
	4	0.19^{g}	0.16^{hij}	0.16^{hij}	0.15^{ij}	0.16^{hij}	0.16^{hij}
	6	0.07^{mn}	0.09^{lmn}	0.09^{lmn}	0.06^{n}	0.07^{mn}	0.12^{kl}

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

صفات Properties	شوری آب آبیاری Saline irrigation water	روش مصرف کود آهن و روی application method of fertilizer					
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
کلسیم Ca (mg g^{-1} D.W)	2	4.43^{cde}	5.04^{ab}	4.33^{def}	4.25^{efg}	4.36^{def}	4.05^{Fgh}
	4	3.81^{h}	4.11^{e-h}	4.36^{def}	4.13^{e-h}	4.16^{e-h}	4.55^{cde}
	6	2.54^{l}	3.35^{i}	2.87^{kl}	2.87^{kl}	3.02^{jk}	2.76^{kl}
مس Cu (µg kg^{-1} D.W)	2	24.16^{a}	20.00^{b}	16.00^{d-g}	17.83^{bcd}	16.00^{d-g}	15.66^{e-h}
	4	20.16^{b}	15.00^{f-i}	14.10^{h-l}	15.17^{e-h}	12.00^{m-p}	16.16^{d-g}
	6	16.83^{c-f}	15.00^{f-i}	13.16^{jkl}	14.50^{g-j}	12.83^{k-n}	13.83^{i-l}
منگنز Mn (µg kg^{-1} D.W)	2	96.67^{b}	111.67^{a}	113.50^{a}	77.50^{efg}	80.83^{def}	93.50^{b}
	4	83.67^{cde}	81.33^{def}	58.35^{jk}	56.50^{jk}	82.83^{cde}	83.33^{cde}
	6	65.83^{hi}	45.50^{lmn}	44.00^{n}	44.50^{mn}	51.33^{klm}	54.66^{Jk}

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

صفات Properties	شوری آب آبیاری Saline irrigation water	روش مصرف کود آهن و روی application method of fertilizer					
		T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
کلسیم Ca (mg g^{-1} D.W)	2	5.22^{a}	4.36^{def}	4.35^{def}	4.23^{efg}	4.75^{bc}	4.55^{cde}
	4	3.87^{h}	4.44^{cde}	4.43cde	4.22^{efg}	4.65^{cd}	4.55^{cde}
	6	2.95^{jk}	2.94^{jk}	2.94^{jk}	3.21^{ij}	2.88^{kl}	2.64^{kl}
مس Cu (µg kg^{-1} D.W)	2	18.16^{bc}	14.33^{h-k}	20.16^{b}	16.16^{d-g}	17.50^{b-e}	14.60^{g-j}
	4	15.50^{e-h}	12.5^{mno}	16.33^{d-g}	10.84^{op}	11.66^{nop}	12.66^{k-n}
	6	12.66^{k-n}	10.36^{p}	11.83^{m-p}	6.16^{r}	8.80^{pq}	8.16^{q}
منگنز Mn (µg kg^{-1} D.W)	2	80.00^{def}	57.67^{jk}	61.66^{ji}	90.00^{bc}	75.33^{fg}	86.00^{cd}
	4	107.13^{a}	80.16^{def}	66.66^{hi}	71.83^{gh}	85.00^{cd}	65.66^{hi}
	6	61.50^{ji}	81.33^{def}	52.16^{kl}	54.67^{jk}	66.66^{hi}	59.67^{ji}

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

صفات Properties	شوری آب آبیاری Saline irrigation water	روش مصرف کود آهن و روی application method of fertilizer					
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
آهن Fe (µg kg^{-1} D.W)	2	301.62^{ijk}	315.0^{ijk}	303.41^{ijk}	473.36^{c}	393.32^{fg}	413.36^{ef}
	4	213.34^{n}	303.3^{ijk}	220.05^{n}	360.03^{gh}	358.33^{gh}	350.63^{hi}
	6	166.73^{o}	221.74^{n}	223.35^{n}	303.34^{ijk}	288.33^{kl}	286.72^{kl}
روی Zn (µg kg^{-1} D.W)	2	740.02^{k-n}	891.65^{de}	781.66^{i-l}	813.33^{g-j}	1045.00^{c}	1158.3^{b}
	4	433.33^{x}	791.6^{g-k}	725.00^{m-p}	641.63^{o-r}	688.3^{m-q}	915.04^{d}
	6	345.04^{y}	675.0^{n-q}	613.34^{q-t}	510.05^{u-x}	551.66^{s-v}	503.4^{u-x}
نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	2	0.13^{j}	0.07^{jk}	0.07^{jk}	0.05^{k}	0.08^{jk}	0.11^{jk}
	4	0.54^{cde}	0.26^{i}	0.57^{cde}	0.50^{e-g}	0.44^{gh}	0.50^{efg}
	6	0.77^{a}	0.61^{cd}	0.69^{b}	0.65^{bc}	0.65^{bc}	0.65^{bc}

Table 4. Continued **جدول ۴. ادامه**

صفات Properties	شوری آب آبیاری Saline irrigation water	روش مصرف کود آهن و روی application method of fertilizer					
		T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
آهن Fe (µg kg^{-1} D.W)	2	533.36^{b}	465.0^{cd}	616.7^{a}	630.04^{a}	328.33^{hij}	315.0^{ijk}
	4	400.05^{f}	430.0^{def}	443.3^{cde}	541.62^{b}	308.32^{ijk}	295.0^{ijk}
	6	246.62^{mn}	306.6^{ijk}	396.7^{gf}	350.33^{hi}	273.37^{lm}	281.6^{klm}
روی Zn (µg kg^{-1} D.W)	2	726.72^{l-o}	859.0^{e-h}	877.4^{d-g}	903.66^{d}	1271.7^{a}	883.3^{def}
	4	638.33^{p-s}	796.7^{g-k}	770.0^{i-l}	835.00^{f-i}	560.0^{r-v}	853.3^{e-h}
	6	586.77^{r-u}	455.0^{wx}	488.3^{vwx}	765.03^{j-m}	529.8^{t-w}	636.7^{qrs}
نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	2	0.10^{jk}	0.06^{k}	0.08^{jk}	0.07^{jk}	0.08^{jk}	0.05^{k}
	4	0.43^{gh}	0.38^{h}	0.50^{efg}	0.43^{gh}	0.52^{def}	0.42^{gh}
	6	0.64^{bc}	0.59^{cde}	0.64^{bc}	0.60^{cd}	0.58^{cde}	0.49^{efg}

میانگین‌هایی که در هر ستون حداقل در یک حرف مشترک می‌باشند، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD=5%).

T_1= عدم مصرف کود، T_2= مصرف خاکی روی، T_3= مصرف خاکی آهن، T_4= مصرف خاکی روی و آهن، T_5= مصرف خاکی روی و آهن و محلول‌پاشی با روی، T_6= مصرف خاکی و توأم روی و آهن و محلول‌پاشی با آهن، T_7= مصرف خاکی روی و محلول‌پاشی با آهن، T_8= مصرف خاکی آهن و محلول‌پاشی با روی، T_9= مصرف خاکی روی و آهن و بذرمالی بذور با آهن، T_{10}= مصرف خاکی روی و آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با روی، T_{11}= مصرف خاکی روی و آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با آهن و محلول‌پاشی با روی، T_{12}= مصرف خاکی روی و آهن به‌علاوه بذرمالی بذور با روی و محلول‌پاشی با آهن

In each column means followed by same letters do not differ significantly (LSD=5%).

T_1: No-fertilizer, T_2: soil application of Zn-Sulfate at 40 kg ha^{-1}, T_3: soil application of Fe-Chelate at 5 kg ha^{-1}, T_4: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate, T_5: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+foliar spray of Zn-Sulfate (5 to 1000), T_6: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+foliar spray of Fe-Sulfate (5 to 1000), T_7: soil application of Zn-Sulfate+foliar spray of Fe-Sulfate, T_8: soil application of Fe-Chelate+foliar spray of Zn-Sulfate, T_9: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+seed treatment with Fe-Sulfate (0.3 g kg^{-1}), T_{10}: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+seed treatment with Zn-Sulfate (0.3 g kg^{-1}), T_{11}: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+seed treatment with Fe-Sulfate+foliar spray of Zn-Sulfate, and T_{12}: soil application of Zn-Sulfate accompanied by Fe-Chelate+seed treatment with Zn-Sulfate+ foliar spray of Fe-Sulfate

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین برخی از عناصر غذایی ذرت علوفه‌ای.

Table 5. Coefficients correlation between some of nutritional elements of silage corn

		سدیم Na	پتاسیم K	فسفر P	کلسیم Ca	مس Cu	منگنز Mn	آهن Fe	روی Zn
Na	**سدیم**	1.00							
K	**پتاسیم**	-0.58**	1.00						
P	**فسفر**	-0.84**	0.61**	1.00					
Ca	**کلسیم**	-0.61**	0.69**	0.68**	1.00				
Cu	**مس**	0.23*	-0.23*	-0.24*	-0.26*	1.00			
Mn	**منگنز**	-0.38*	-0.10ns	-0.15ns	0.13ns	0.17ns	1.00		
Fe	**آهن**	0.18ns	-0.11ns	-0.31*	-0.11ns	-0.23*	-0.15ns	1.00	
Zn	**روی**	0.28*	-0.10ns	-0.29*	0.28*	0.11ns	-0.12ns	0.33*	1.00

مشخص شد که محلول‌پاشی آهن در مقایسه با کاربرد خاکی اثر مثبت بیشتری بر بهبود جذب عناصر غذایی ازجمله پتاسیم، منگنز و کلسیم و تعدیل اثرات شوری بر محتوای یونی در اندام هوایی گیاه سورگوم داشت (Jokar and Ronaghi, 2015). به نظر می‌رسد ذخیره بیشتر کلسیم در گیاه در شرایط شوری می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در جهت کاهش سدیم و یا افزایش پتاسیم در گیاه موردتوجه قرار گیرد (Gengmao et al., 2015). این مطلب با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار غلظت سدیم و کلسیم (r=-۰/۶۱**) و همبستگی مثبت و معنی‌دار پتاسیم و کلسیم (r=۰/۶۹**) در این پژوهش به‌روشنی قابل‌مشاهده بود (جدول ۵).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که صرف‌نظر از کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف آهن و روی، افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری از ۲ به ۶ ($dS.m^{-1}$) منجر به کاهش ۱۲/۵ درصدی عملکرد علوفه‌تر و کاهش ۴۳ درصدی محتوای یونی همانند پتاسیم، فسفر، کلسیم، مس، منگنز، آهن و روی در علوفه ذرت شد. در مقابل، کاربرد عناصر غذایی آهن و روی باعث بهبود رشد رویشی و افزایش غلظت محتوای یونی محصول ذرت علوفه‌ای گردید. نتایج این پژوهش نشان داد در تنش ملایم کاربرد جداگانه عناصر غذایی آهن و روی اثرگذاری بیشتری بر رشد و عملکرد ذرت داشت. درصورتی‌که در تنش شدید کاربرد ترکیبی عناصر غذایی آهن و روی در مقایسه با کاربرد جداگانه مؤثرتر واقع شد و در این شرایط عملکرد کمی و کیفی محصول ذرت علوفه‌ای بیش از ۱۳ درصد افزایش یافت؛ بنابراین، در یک خاک آهکی می‌طلبد تا با انتخاب روش مناسب جهت کاربرد عناصر غذایی کم-مصرف تحت آبیاری با آب‌شور تا حد امکان از کاهش عملکرد محصول جلوگیری نمود و تقاضا برای آب غیرشور را کاهش داد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئولین محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد برای تأمین وسایل و امکانات لازم برای انجام این پژوهش صمیمانه قدردانی می‌گردد و هم‌چنین از همکاری صمیمانه جناب دکتر رضا مرادی طالب بیگی در تجزیه‌وتحلیل و تهیه این مقاله تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

Alpaslan, M., Gunes, A., Taban, S., Erdal, L., Tarakcioglu, C., 1998. Varaitions in calcium, phosphorus, iron, copper, zinc and manganese contents of wheat and rice varieties under salt stress. DOGA. Tr. Journal of Agriculture and Forestry. 22, 227-233.

Amirjani, M.R., 2010. Effect of NaCl on Some Physiological Parameters of Rice. European Journal of Biological Science. 3, 6-16.

Arzani, A., Ashraf. M., 2016. Smart Engineering of Genetic Resources for Enhanced Salinity Tolerance in Crop Plants. Critical Reviews in Plant Sciences. 35, 146-189.

Baybordi, A., 2004. Effect of Fe, Mn, Zn and Cu on the quality and quantity of wheat under salinity stress. Journal of Water and Soil Science. 17, 140-150.

Bostani, H.R., chorom M., moezzi, A., karimian, N., enayati zamir, N., zarei, M., 2015. Investigation of Effects of Bio Fertilizer Application on Zinc uptake and Some of Vegetative Growth Indices of Corn (*Zea Mays* L.) in a Non-Sterile Calcareous Soil with Different Levels of Salinity. Journal of Plant Ecophysiology. 7, 98-123. [In Persian with English Summary].

Bozorgmehr, J., Nastari-Nasrabadi, H., 2015. Effect of planting dates and cultivars on corn forage yield and quality. Applied Field Crops Research. 27, 160-164. [In Persian with English Summary].

Bybordi, A. and Mamedov, G. 2010. Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Notulae Scientia Biologicae. 2: 94-103.

Cakmak, I., 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic bio-fertilization. Journal of Plant and Soil. 302, 1-17.

Chapman, H.D., Pratt, P.F., 1982. Methods of analysis for soils, plants and water. Chapman Publisher, Riverside, CA.

Dai, X., Huo, Z., Wang, H., 2011. Simulation for response of crop yield to soil moisture and salinity with artificial neural network. Field Crops Res. 121: 441-449.

Davani, D., Nabipoor, M., Roshanfeker-Dezful, H.A., 2016. Effect of auxin, cytokinin and planting pattern on grain yield and salt tolerance indicators of maize. Journal of Crop Production. 9, 191-209. [In Persian with English Summary].

Eizadi, H., Balouchi, H., Shabani, S., 2012. Effect of soil application of Fe and ZnSO4 on grain yield and yield components of wheat at different sowing dates. Journal of Plant Ecophysiology. 4, 37-46. [In Persian with English Summary].

Emadi, S.S., Zahedi, M., Eshghizadeh, H.R., Nouripoor Sisakht, J. 2014. Effects of different levels of iron in nutrient solution on the response of three sunflower genotypes to salinity. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 5, 13-25. [In Persian with English Summary].

Eskandari, S., Mozaffari, V., 2013. Effects of salinity and Cu on total uptake of micronutrient in shoot and root of pistachio cultivars (*Pistacia vera* L.). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 3, 29-43. [In Persian with English Summary].

Fathi, A., 2012. Effects of foliar application of nano-sized Iron and Zinc oxides on the response of wheat and corn cultivars to salinity. M.Sc. Agronomy, Isfahan University of Technology.

Fathi, A.R., Zahedi, M., 2014. The Effects of Zinc and Iron Oxide Nano-Particles on The Growth and Ion Content of Two Corn Cultivars in Different Soil Salinity. Iranian Journal of Field Crops Research. 12, 110-117. [In Persian with English Summary].

Gengmao, Z., Yu, H., Xing, S., Shihui, L., Quanmei, S., Changhai, W., 2015. Salinity Stress Increases Secondary Metabolites and Enzyme Activity in Safflower. Industrial Crops and Products. 64, 175-181.

Ghasemi, S., 2015. Effect of Vermi-compost on Tomato Salt Tolerance and Availability of Iron and Zinc in a Calcareous Soil. Water and Soil Science. 25, 271-283. [In Persian with English Summary].

Godarzi, H., Kasraeai, P., Zand, B., 2014. Effect of different concentrations of Iron and Zinc on yield and yield components of corn (SC 260). Journal of Crop Production Research. 6, 49-63. [In Persian with English Summary].

Hasheminejhad, Y., Gholami, M., Soltani, V., 2012. Optimum water utilization through precise soil salinity control under steady state conditions. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 1, 59-68. [In Persian with English Summary].

Hassanli, M., Afrasiab, P., Ebrahimian, H. 2015. Evaluation of AquaCrop vs SALTMED Models to Estimate Crop Yield and Soil Salinity. Iranian Journal of Soil and Water Research. 46, 487-498. [In Persian with English Summary].

Hatam, Z., Ronaghi, A. 2011. Growth and nutrients imbalance in silage corn as affected by copper and manganese application in calcareous soil. Iranian Journal of Soil

Research. 25, 197-206. [In Persian with English Summary].

Jokar, L., Ronaghi, A., 2015. Effect of foliar application of different Fe levels and sources on growth and concentration of some nutrients in sorghum. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 6, 163-174. [In Persian with English Summary].

Karmollachaab, A., Gharineh, M.H., 2013. Effect of Zinc Element on Growth, Yield Components and some Physiological Characteristics of Maize under NaCl Salinity Stress. Journal of Field Crops Research. 11, 446-453. [In Persian with English Summary].

Kazemeini, S.A., Alinia, M., Shakeri, E., 2016. Interaction effect of salinity stress and nitrogen on growth and activity of antioxidant enzymes of blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 9, 279-289. [In Persian with English Summary].

Kazemeini, S.A., Zamani, A., Motezedian, A., Shakeri, E., 2017. Evaluation of salinity tolerance in two safflower cultivars using ions relations and biochemical traits. Iranian Journal of Field Crop Science. 48, 1211-1225. [In Persian with English Summary].

Lacerda, C.F., Cambraia, J., Oliva, M.A., Ruiz, H. A., Prisco, J.T.N., 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 49, 107-120.

Mahlooji, M., Seyed-Sharifi, R., Sedghi, M., Sabzalian, M., Kamali, M., 2015. Effect of water salinity and nano and chelated zinc foliar application on photosynthesis parameters of barley genotypes. Journal of Crop Production. 7, 41-60. [In Persian with English Summary].

Masoomi, A., Kafi, M., Nabati, J., Zare-Mahrgordi, M., 2017. The possibility of forage production in two kochia (*Kochia scoparia* L.) ecotypes by application of low amounts of water in saline conditions. Journal of Crop Production. 10, 1-19. [In Persian with English Summary].

Mazloomi, F., Ronaghi, A., 2012. Effect of salinity and phosphorus on growth and chemical composition of two varieties of spinach. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture. 3, 85-96. [In Persian with English Summary].

Najafi, N., Sarhangzadeh, E. 2014. Effects of soil salinization and water logging on the concentrations of some macronutrients and sodium in corn shoot. Water and Soil Science. 24, 259-275.

Roozbahani, A., Mohammadkhani, E., 2015. Evaluation of vermicompost and Nano Iron Fertilizer on yield improvement of grain corn (*Zea mays* L.). Journal of Plant Ecophysiology. 7, 123-131. [In Persian with English Summary].

Roshdi, M., Boyaghchi, D., Rezadoust, S., 2012. Effect of micronutrients on growth and yield of pinto bean under irrigation–cutback treatments. Journal of Crop Production and Processing. 2, 131-142.

Sajadi, N.A., Madani, H., Sajedi, A., 2009. Effect of mycorrhiza and zinc on some agronomical traits and ear characteristics in maize (KSC704) under drought stress. Proceedings of International conference on energy and environmental protection. 19, 2070-3740.

Shahbazi, K., Besharti, H., 2013. Overview of Agricultural Soil Fertility Status of Iran. Journal of Land Management. 1:1-15. [In Persian with English Summary].

Shakeri, E., Emam, Y., Tabatabaei, S.A., Sepaskhah, A.R., 2017. Evaluation of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) lines/cultivars under salinity stress using tolerance indices. International Journal of Plant Production. 11, 101-116. [In Persian with English Summary].

Tabndeh, L., Naseri, B., 2015. Determination of iron critical level by two extraction methods in calcareous soils and soy plants in Fars province. The Technical Journal of the Agricultural Research Education and Extension Organization. 24, 1-24. [In Persian with English Summary].

Taher, M., Roshdi, M., Khalili, J., Kharazmi, K., Hajihasani, N., 2008. Effect of different methods of application of micronutrients on yield and yield components of maize in Khoy city. Journal of Research and Crop Science. 1, 72-84.

Tohidi, M. 2015. Effect of foliar application time of complete fertilizer micronutrients on yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L.) under drought stress. Plant Eco-physiology. 7, 50-57. [In Persian with English Summary].

Wakeel, A., 2013. Potassium-sodium interactions in soil and plant under saline-sodic conditions. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 176, 344-354.

Yarami, N., Sepaskhah, A.R., 2015. Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. Agricultural Water Management. 150, 57-66.

Yousif, B. S., Nguyen, N. T., Fukuda, Y., Hakata, H., Okamoto, Y., Masaoka, Y., Saneoka, H., 2010. Effect of salinity on growth, mineral composition, photosynthesis and water relations of two vegetable crops: New Zealand Spinach (*Tetragonia tetragonioides*) and Water Spinach (Ipomoea aquatic). International Journal of Agriculture and Biology. 12, 211-216.

Zabihi, H., Nourihoseini, M. 2017. Application of sulfur in calcareous and saline-sodic soils of Khorasan Razavi Province to enhance plant yield. Journal of Land Management. 5.1, 43-50. [In Persian with English Summary].

Zehtab-Salmasi, S., Behrouznejhad, S., Gassemi-Golezani, K. 2012. Effects of foliar application of Fe and Zn on seed yield and mucilage content of psyllium at different stages of maturity. International Journal of Environmental Sciences. 3, 63-65.

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 3, p. 953-967
Fall 2020
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2250.1573

Original Article

Effect of saline irrigation water and application methods of iron and zinc on yield and quality of corn silage in a calcareous soil

J. Mirzavand[1*], M. Chehrengar[2], M. Zare[3]

1. Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zarghan, Iran
2. Former MS.c Student of Crop Production, Arsnjan Branch, Islamic Azad University, Arsnjan, Iran
3. Associate Professor, Department of Agriculture, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran

Received 4 February 2019; Accepted 8 April 2019

Abstract

Salinity stress and micro-nutrient deficiency are the most important factors limiting quantity and quality production of corn silage (*Zea mays* L.) in calcareous soils in the central area of Iran. Therefore, in order to evaluate the effect of application method of iron (Fe) and zinc (Zn) fertilizers on yield and chemical composition of corn silage under saline irrigation water, a 1-year factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at Arsanjan, Fars province in 2014. Treatments were at three levels of saline irrigation water (2, 4, and 6 dS m^{-1}) and 12 application methods of Zn-sulfate, Fe-sulfate, and Fe-chelate fertilizers. Results showed that increasing salinity stress from 2 to 6 dS m^{-1} decreased silage corn and ion contents such as potassium (K), phosphorus (P), calcium (Ca), copper (Cu), manganese (Mn), Fe, and Zn by 12.5 and 43%, respectively. The highest silage corn (71.77 Ton ha^{-1}) was obtained by soil application of Fe-chelate and foliar spray of Zn-sulfate under saline irrigation water at 2 dS m-1 treatment. Under saline irrigation water at 4 and 6 dS m^{-1}, soil application of Zn-sulfate and Fe-chelate accompanied by foliar spray of Zn-sulfate and seed-treatment with Fe-sulfate maximized silage corn. Results showed that combined application of micro-nutrient such as Fe and Zn elements compared to separate application method efficiently increased quality and quantity of silage corn under saline irrigation water at 6 dS m^{-1}. Overall, selection and use of the correct fertilizer application methods are important for garneting the silage yield and quality of corn under saline condition and to decrease non-saline water use.

***Keywords*:** Foliar spray, Fe-Chelate, Seed treatment, Silage quality, Zn-Sulfate.

[*]Correspondent author: Jahanbakhsh Mirzavand; E-Mail: j.mirzavand@areeo.ac.ir