

The Response of Sweet Corn to Foliar Spraying of Zinc and Boron in Different Stages of Growth in Terms of Morphological Characteristics, Yield Components and Yield of Grain and Ear

Mehdi Mottaghi^{1*}, Alireza Yazdanpanah²

(Received: January, 2024

Accepted: August, 2024)

Abstract

In recent years, sweet corn (*Zea mays* var. *saccharata*) cultivation has expanded in Hamedan province for fresh consumption and processing. Due to the high demand of sweet corn for zinc and boron, the effect of foliar spraying of these micronutrients (either combined or individually) at various stages of growth and development on morphological characteristics and traits related to ear and grain yield was studied. The experiment was carried out in split plots using a randomized complete block design with three replications in 2022 at the Ekbatan station of the Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Hamedan. Different stages of foliar spraying including vegetative growth (6-8 leaves), tasseling (beginning of reproductive growth), both stages of vegetative growth + tasseling, grain filling and both stages of vegetative growth + grain filling were placed in the main plots and micronutrient treatments including the control (distilled water), boron, zinc and boron+zinc were placed in sub-plots. Boric acid (containing 17% B) was used as a foliar application of boron, and zinc sulfate (containing 23% Zn) was used for zinc. The chosen cultivar was the Basin hybrid. The combined foliar spraying of boron and zinc at both stages of vegetative growth + tasseling resulted in the highest number of grains per row and rows per ear (43.9 and 17.7 unit, respectively), wet ear yield (43803 kg ha⁻¹) and grain extraction from cob (37.8%). This treatment also showed favorable ear length and diameter (important for processing and fresh consumption with 29.7 and 4.67 cm, respectively). Therefore, it is recommended to use the combined foliar spraying of boron and zinc micronutrients at both stage of the 6-8 leaf and the beginning of reproductive growth, to improve traits related to the processing and fresh consumption of sweet corn as well as improve grain extraction percentage, yield components and grain and ear yield.

Key words: Vegetative growth, Tasseling, Ear length and diameter, Grain extraction percentage.

Mottaghi M. and Yazdanpanah A. 2025. The response of sweet corn to foliar spraying of zinc and boron in different stages of growth in terms of morphological characteristics, yield components and yield of grain and ear. *Applied Soil Research*, 13(1): 19-30.

1. Researcher, Horticulture Crops Research Department Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran, Hamedan.

2. Academic Researcher, staff member of Soil and Water Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamedan, Iran.

* Corresponding Author Email: m.motaghi@areeo.ac.ir

واکنش ذرت شیرین به محلول پاشی روی و بور در مراحل مختلف رشد از نظر خصوصیات مرفولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و بلال

مهدی متقی^{۱*}، علیرضا یزدان پناه^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱

چکیده

در سالهای اخیر کشت ذرت شیرین (*Zea mays var. saccharata*) در سطح استان همدان برای مقاصد تازه خوری و فرآوری گسترش یافته است. با توجه به نیاز بالای ذرت شیرین به عناصر غذایی کم مصرف روی و بور، تأثیر محلول پاشی این دو عنصر غذایی (به صورت توأمان و یا منفرد) در مراحل مختلف رشد و نمو بر خصوصیات مرفولوژیک و صفات مرتبط به عملکرد بلال و دانه ذرت شیرین مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش حاضر، به صورت کرت های خرد شده بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال ۱۴۰۱ در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، انجام گرفت. مراحل مختلف محلول پاشی شامل رشد رویشی (۶-۸ برگ)، تاسل دهی (شروع رشد زایشی)، هر دو مرحله رشد رویشی + تاسل دهی، پر شدن دانه و هر دو مرحله رشد رویشی + پر شدن دانه در کرت های اصلی و تیمارهای عناصر غذایی کم مصرف شامل شاهد (آب مقطر)، بور، روی و بور + روی در کرت های فرعی جای گرفتند. برای محلول پاشی بور از اسید بوریک (حاوی ۱۷ درصد بور) و برای روی از سولفات روی (حاوی ۲۳ درصد روی) استفاده شد. رقم مورد بررسی، هیبرید بیسین بود. بیشترین مقادیر دانه در ردیف و ردیف دانه (به ترتیب ۴۳/۹ و ۱۷/۷ واحد)، عملکرد بلال تر (۴۳۸۰۳ کیلوگرم در هکتار) و استحصال دانه از چوب بلال (۳۷/۸ درصد) متعلق به محلول پاشی توأمان بور و روی در هر دو مرحله رشد رویشی + تاسل دهی بود. همچنین این تیمار از مقادیر مطلوب طول و قطر بلال (به عنوان عوامل اثرگذار بر فرآوری و تازه خوری بلال ذرت شیرین) با به ترتیب ۲۹/۷ و ۴/۶۷ سانتی متر برخوردار بود. بنابراین، محلول پاشی عناصر غذایی کم مصرف بور و روی به صورت توأمان در هر دو مرحله ۶-۸ برگ و آغاز رشد زایشی، جهت بهبود صفات مرتبط به تازه خوری و فرآوری بلال به همراه درصد استخراج دانه، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و بلال ذرت شیرین توصیه می شود.

واژه های کلیدی: رشد رویشی، تاسل دهی، طول و قطر بلال و درصد استحصال دانه

متقی م، یزدان پناه ع. ۱۴۰۴. واکنش ذرت شیرین به محلول پاشی روی و بور در مراحل مختلف رشد از نظر خصوصیات مرفولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و بلال. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۳، شماره ۱. صفحه: ۳۰-۱۹.

۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران (مکاتبه کننده)

۲- عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

* پست الکترونیک: m.motaghi@areeo.ac.ir

مقدمه

تقاضای روزافزون ذرت شیرین در ایران جهت تازه‌خوری و یا صنایع تبدیلی (انجماد و یا کنسرو کردن دانه) موجب شده است که براساس داده‌های میدانی و غیررسمی، سطح زیر کشت آن در سال‌های اخیر افزایش یابد، به طوریکه تخمین زده می‌شود که سطح زیر کشت آن در کشور بالغ بر ۱۰ هزار هکتار باشد (Agha Alikhani & Mohammadi, 2019). استان همدان، نیز یکی از استان‌هایی است که کشت ذرت شیرین در مناطق مختلف آن، به خصوص نواحی شمالی، رواج یافته است. دماهای بالای روزانه و دماهای پایین شبانه طی فصل تابستان در استان همدان و در نتیجه افزایش فتوسنتز روزانه و کاهش تنفس شبانه، سبب افزایش ضریب استحصال دانه از چوب بلال ذرت شیرین استان شده است، به طوری که ذرت شیرین تولیدی استان همدان، مورد توجه صنایع تبدیلی سراسر کشور قرار گرفته است (Mottaghi, 2020). درحالی‌که عناصر روی و بور نقش مهمی در رشد و نمو ذرت شیرین دارند (Haddadi, 2016)، مشخص شده است که بیش از ۸۴ درصد اراضی آبی استان همدان دچار کمبود روی هستند (Tehrani & Passandideh, 2010) و میانگین میزان این عنصر در خاک‌های استان ۱/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام شده است (Nourzadeh Hadad et al., 2012). میانگین میزان بور در خاک‌های استان همدان نیز ۱/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام شده است، اگرچه میزان این عنصر در بخش‌هایی از شمال و جنوب استان به ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در بخش‌هایی از شرق استان به ۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌رسد (Nourzadeh Hadad et al., 2012). اسیدیته حدود ۹۶ درصد اراضی استان همدان بین ۷ تا ۸/۵ است و بنابراین خاک‌های این استان، قلیایی شمرده می‌شوند (Tehrani & Passandideh, 2010) که این وضعیت مشکلات تغذیه‌ای زیادی برای محصولات کشت شده ایجاد می‌کند، زیرا در چنین شرایطی عناصر غذایی به صورت نامحلول درآمده و از دسترس ریشه گیاه خارج می‌شوند. با توجه به روند کاهشی مقادیر بارندگی سالیانه در کشور که سبب افزایش تدریجی pH خاک و در نتیجه کاهش امکان بهره‌برداری ریشه گیاه از عناصر غذایی کم‌مصرف می‌شود، استفاده از عناصر روی و بور به صورت محلول‌پاشی (تغذیه برگ) به جای خاک‌دهی مورد توجه محققین قرار گرفته است (Gheibi et al., 2014).

متاعی و همکاران (Mataei et al., 2014) با بررسی روش مصرف کود (مصرف خاکی و محلول‌پاشی در هر دو مرحله

رشد رویشی و تاسل‌دهی) و نوع ماده غذایی کم‌مصرف (شاهد، سولفات روی، سولفات آهن و سولفات منگنز) بر تغییرات عملکردی و صفات کیفی ذرت شیرین، از افزایش عملکرد دانه، کلروفیل برگ و عملکرد قندهای محلول دانه در شرایط محلول‌پاشی نسبت به شرایط شاهد و کاربرد خاکی عناصر غذایی کم‌مصرف خبر دادند. محمدی لیمایی و همکاران (Mohammadi Limaiei et al., 2019) در بررسی اثر تیمارهای انفرادی و توأمان محلول‌پاشی روی و بور در مرحله رشد رویشی بر شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت شیرین، بیشترین مقدار دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، شاخص برداشت دانه (درصد استحصال دانه) و عملکرد دانه کنسروی را برای تیمار روی + بور گزارش کردند. مطابق اعلام یوسف‌پور و فرج‌زاده (Yousefpour & Farajzadeh, 2018)، محلول‌پاشی توأمان آهن و روی در مرحله رشد رویشی، مراحل رشد رویشی + ظهور گل‌آذین نر و مراحل رشد رویشی + ظهور گل‌آذین نر+ پر شدن دانه عملکرد ذرت شیرین را به ترتیب ۱۲، ۲۱ و ۲۲ درصد نسبت به شرایط شاهد (عدم محلول‌پاشی) افزایش داد. جولی و همکاران (Jolli et al., 2020) از بهبود ارتفاع گیاه، طول تاسل، وزن بلال، وزن دانه‌های هر بلال، وزن صد دانه و عملکرد دانه ذرت شیرین تحت شرایط محلول‌پاشی روی + بور در زمان رشد رویشی، نسبت به شرایط شاهد و کاربرد انفرادی عناصر فوق‌خبر دادند. الشماری و همکاران (Al-Shammari et al., 2022) با بررسی تأثیر نشاکاری و محلول‌پاشی بور در هنگام تاسل‌دهی بر رشد و عملکرد ذرت شیرین، محلول‌پاشی بور را به همراه روش نشاکاری، برای بهبود عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت شیرین توصیه کردند.

با توجه به روند رو به رشد سطح زیر کشت ذرت شیرین در استان همدان و تأثیرات قابل توجه استفاده از عناصر روی و بور به صورت تغذیه برگ بر بهبود رشد و نمو گیاه، این تحقیق با هدف ارزیابی اثر محلول‌پاشی عناصر غذایی کم‌مصرف بور و روی در مراحل مختلف رشد و نمو ذرت شیرین بر عملکرد نهایی دانه و بلال و خصوصیات بلال از نظر تازه‌خوری و فراوری انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی سال ۱۴۰۱ در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

همدان، با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه و ۴۰ ثانیه عرض شمالی اجرا گردید. ارتفاع شهر همدان از سطح دریا به طور متوسط ۱۷۵۰ متر بوده و دارای اقلیم نیمه خشک و سرد کوهستانی است.

مراحل مختلف محلول پاشی شامل رشد رویشی (۶-۸ برگی)، تاسل دهی (شروع رشد زایشی)، هر دو مرحله رشد رویشی + تاسل دهی، پر شدن دانه و هر دو مرحله رشد رویشی + پر شدن دانه در کرت های اصلی و تیمارهای عناصر غذایی کم مصرف شامل شاهد (آب مقطر)، بور، روی و بور + روی در کرت های فرعی جای گرفتند. برای محلول پاشی بور از اسید بوریک (حاوی ۱۷ درصد بور) و برای روی از سولفات روی (حاوی ۲۳ درصد روی) استفاده شد. محلول پاشی روی با غلظت ۵ در هزار و محلول پاشی بور با غلظت ۲ در هزار انجام شد. محلول پاشی پیش از طلوع آفتاب و گرم شدن هوا، با استفاده از سم پاش پستی موتوری انجام گرفت.

برای کشت، از بذر ذرت شیرین (*Zea mays* var. *saccharata*) رقم بیسین استفاده شد. بذور پس از ضد عفونی

بر روی ۴ ردیف ۵ متری با فاصله ۷۵ سانتی متر از یکدیگر کشت شدند. فاصله درون ردیف های کاشت ۱۸ سانتی متر (تراکم ۷۴۰۰۰ بوته در هکتار) در نظر گرفته شده است. برای کاشت حفره هایی به عمق ۳ تا ۵ سانتی متر ایجاد و در هر کپه دو بذر کشت گردید که پس از سبز شدن در مرحله ۳-۴ برگی، یک بوته در هر کپه نگهداری و بوته دیگر حذف شد. پیش از کاشت، اقدام به عملیات آماده سازی زمین از قبیل دیسک، ماله و تهیه جوی و پشته گردید. بر اساس دستورالعمل های آزمون خاک (Dewis & Freitas, 1970) و نتایج حاصله (جدول ۱)، ۲۰۰ کیلوگرم دی آمونیوم فسفات، ۱۰۰ کیلوگرم مونو پتاسیم فسفات و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار هم زمان با عملیات دیسک به زمین داده شد. همچنین در مرحله ۶-۸ برگی و هم زمان با آبیاری، ۲۵۰ کیلوگرم دیگر کود اوره به خاک اضافه شد. روش آبیاری، قطره ای (با استفاده از نوارهای تیپ پلاک دار) در نظر گرفته شد و آبیاری با توجه به شرایط آب و هوایی هر هفت تا ده روز یکبار بود. ویژگی های شیمیایی آب آبیاری در جدول ۲ درج شده است. وجین علف های هرز نیز یک بار به صورت دستی انجام شد.

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی - شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physico-chemical properties of experimental site

EC (dS.m ⁻¹)	pH of paste	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	TNV (%)	Total N (%)	OC (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	B (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)
1.1	7.63	26	24	50	1.8	0.05	0.51	3	239	0.48	1.12	7.1	6.18

جدول ۲- ویژگی های شیمیایی آب آبیاری محل آزمایش

Table 2. Irrigation water chemical properties of experimental site

EC (dS.m ⁻¹)	pH	CO ₃ ²⁻ (mg.Lit ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (mg.Lit ⁻¹)	Cl ⁻ (mg.Lit ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg.Lit ⁻¹)	Sum Anions (mg.Lit ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg.Lit ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg.Lit ⁻¹)	Na ⁺ (mg.Lit ⁻¹)	Sum Cations (mg.Lit ⁻¹)	SAR
0.75	7.42	-	3.75	2.63	1.72	8.09	2.4	2.2	3.49	8.09	2.3

تجزیه واریانس داده ها با نرم افزار SAS انجام شد، همچنین میانگین هر صفت با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ذرت شیرین تحت تأثیر محلول پاشی انفرادی یا توأمان عناصر غذایی کم مصرف روی و بور در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه در جدول ۳ نشان داده شده است.

پیش از برداشت، با انتخاب تصادفی ۵ بوته از دو ردیف میانی هر کرت، صفات ارتفاع بوته و قطر ساقه اندازه گیری شدند. به منظور حذف اثر حاشیه، برداشت بلال از دو ردیف میانی و پس از حذف نیم متر ابتدا و انتهای هر ردیف انجام شد. پس از برداشت و شمارش تعداد بلال ها، عملکرد بلال های تر در واحد سطح مشخص شد و با انتخاب تصادفی ۵ بلال از هر کرت، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف دانه در بلال و قطر و طول بلال تعیین شد. همچنین وزن دانه ها و چوب بلال ها اندازه گیری و نسبت وزن دانه به چوب بلال (درجه استحصال دانه) تعیین گردید.

ارتفاع بوته و قطر ساقه

اثرات اصلی مراحل مختلف محلول پاشی و تیمارهای عناصر غذایی کم مصرف بر صفات ارتفاع بوته و قطر ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، با این همه تنها اثر متقابل مرحله محلول پاشی و تیمارهای کودی بر قطر ساقه معنی دار گشت (جدول ۳). همچنان که جدول ۴ نشان می دهد، بیشترین مقدار طول بوته مربوط به محلول پاشی در هر دو مرحله رشد رویشی + ظهور تاسل با $203/48$ سانتی متر بود، اگرچه تفاوت معنی داری با طول بوته در شرایط محلول پاشی در مرحله رشد رویشی (ساقه رفتن) و یا در هر دو مرحله رشد رویشی + پرشدن دانه (به ترتیب $200/6$ و $202/3$ سانتی متر) نشان نداد. با توجه به اینکه حداکثر ارتفاع بوته در مرحله رشد رویشی حاصل می شود و پس از آن تغییر چندانی در ارتفاع بوته حاصل نمی شود (Choukan, 2012)، به نظر می رسد که بهترین مرحله برای تأثیرگذاری بر ارتفاع نهایی بوته، مرحله رشد رویشی است. افزایش ارتفاع بوته ذرت شیرین تحت شرایط محلول پاشی توأمان روی و بور توسط سایر محققین (Jolli *et al.*, 2020) نیز مورد اشاره قرار گرفته بود. با توجه به اینکه افزایش شدید ارتفاع بوته، امکان ورس ساقه در مناطقی چون همدان که با وزش بادهای شدید تابستانه مواجه هستند را افزایش می دهد، میزان قطر ساقه به عنوان عاملی برای مقاومت بوته در برابر ورس از اهمیت خاصی برخوردار است (Cheng *et al.*, 2011). مطابق جدول ۴، بیشترین قطر ساقه با $4/61$ سانتی متر مربوط به محلول پاشی در هر دو مرحله رشد رویشی + ظهور تاسل بود که این امر از مقاومت مطلوب بوته های تحت این تیمار به ورس، علیرغم افزایش ارتفاع بوته، حکایت دارد.

کمبود روی و بور در ذرت، سبب کاهش میزان رشد طولی گیاه به دلیل کاهش فعالیت هورمون های رشد مانند اکسین و متعاقباً کاهش فاصله میان گره های بالایی می شود (Gheibi *et al.*, 2014). در آزمایش حاضر نیز تیمار محلول پاشی توأمان عناصر غذایی کم مصرف بور و روی با 201 سانتی متر از بالاترین میزان ارتفاع بوته برخوردار بود، اگرچه اختلاف معنی دار با تیمارهای محلول پاشی بور و یا روی نشان نداد (به ترتیب $197/1$ و 202 سانتی متر). روند هماهنگ افزایش ارتفاع بوته و قطر ساقه در محلول پاشی توأمان بور و روی (با بالاترین مقدار قطر ساقه به میزان $4/53$ سانتی متر) سبب حفظ مقاومت بوته های تحت این تیمار در برابر ورس گردید. مطابق جدول ۵، درحالی که در میان برهمکنش های مختلف مرحله

محلول پاشی و نوع عنصر غذایی کم مصرف، کمترین قطر ساقه با $3/02$ سانتی متر مربوط به محلول پاشی آب مقطر (تیمار شاهد) در هر دو مرحله رشد رویشی + پرشدن دانه بود، بیشترین قطر ساقه با 82 درصد افزایش مربوط به محلول پاشی توأمان بور و روی در هر دو مرحله رشد رویشی + تاسل دهی بود.

تعداد بلال در واحد سطح

عملکرد دانه ذرت شیرین، شامل اجزای مختلف مانند تعداد بلال در واحد سطح، تعداد دانه در هر بلال (شامل تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف) و وزن دانه است. هر یک از این اجزا در مراحل مختلفی از رشد و نمو تعیین می شوند. پتانسیل تعداد بلال در واحد سطح معمولاً با کاشت بذر، تعداد بذره های جوانه زده و نهایتاً تعداد بوته های استقرار یافته تعیین می شود (Choukan, 2012). جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر عدم معنی دار بودن اثرات اصلی و متقابل مراحل مختلف محلول پاشی و تیمارهای عناصر غذایی بر تعداد بلال در واحد سطح بود. بیشترین و کمترین تعداد بلال در واحد سطح به ترتیب با $6/05$ و $5/74$ بلال در مترمربع متعلق به محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه و محلول پاشی در مراحل رشد رویشی + پرشدن دانه بود (جدول ۴). به نظر می رسد که عدم اختلاف معنی دار میان تعداد بلال در واحد سطح در بین تیمارهای مختلف مرحله محلول پاشی، بدین دلیل است که تمامی مراحل محلول پاشی پس از استقرار گیاه و تعیین تراکم نهایی بوته و بلال بوده است. شرایط مشابهی در مورد نوع تیمار عنصر غذایی کم مصرف حاکم بود، به طوری که تفاوت معنی داری میان تیمارهای شاهد، بور، روی و بور + روی (به ترتیب $5/85$ ، $6/01$ ، $5/65$ و $5/97$ بلال در مترمربع) مشاهده نشد.

طول و قطر بلال

طول و قطر بلال از صفات مهم در فرآوری ذرت شیرین به شمار می آیند، زیرا بلال های با طول کمتر از $18-16$ سانتی متر و قطر کمتر از $3/5$ سانتی متر عملاً در کارخانجات صنایع تبدیلی که از ادوات مکانیزه برای جدا کردن دانه از بلال استفاده می کنند، قابل استفاده نیستند. مقادیر کمتر طول و قطر بلال سبب می شود که جداسازی کامل دانه از چوب بلال توسط دستگاه شیلر کننده (دان کننده) به سختی انجام شده و درصد دانه های شکسته (دانه هایی که پس از شیلر، بخشی از آنها به چوب بلال چسبیده است) افزایش یابد که این امر موجب کاهش درصد استحصال دانه از چوب بلال می شود.

علاوه بر این نشت تدریجی مواد قندی از دانه‌های شکسته در داخل ظرف کنسرو ذرت شیرین، سبب چروکیدگی و کاهش شیرینی دانه‌های ذرت و همچنین کدر شدن مایع کنسرو می‌شود که از بازارپسندی کنسرو ذرت شیرین می‌کاهد (Haqhbini et al., 2014). مطابق جدول ۳، اثرات اصلی و متقابل مراحل محلول پاشی و تیمار عنصر غذایی کم مصرف بر صفات طول و قطر بلال در سطح یک درصد معنی دار بود. در میان تیمارهای مختلف مرحله محلول پاشی، بیشترین مقادیر طول و قطر بلال با به ترتیب ۲۵/۱۳ و ۴/۲۸ سانتی متر متعلق به تیمار محلول پاشی در هر دو مرحله رشد رویشی + ظهور تاسل و کمترین میزان صفات فوق با به ترتیب ۱۷/۶۳ و ۳/۵۵ سانتی متر متعلق به تیمار محلول پاشی در مرحله دانه بندی بود (جدول ۴). با این همه، با توجه به مقادیر میانگین طول و قطر بلال در مراحل مختلف محلول پاشی، می‌توان گفت که بلال‌های حاصله برای فرآوری ذرت شیرین مناسب بودند. در درجه بندی ذرت شیرین برای تازه خوری، طول بلال درجه یک ۲۵-۲۰ سانتی متر، درجه دو ۲۰-۱۵ سانتی متر و درجه سه ۱۵-۱۰ سانتی متر است (Haqhbini et al., 2014). بنابراین با توجه به مقادیر طول بلال در مراحل مختلف محلول پاشی، می‌توان گفت که علاوه بر بلال‌های تحت محلول پاشی در هر دو مرحله رشد رویشی + ظهور تاسل، بلال‌های تحت محلول پاشی در مرحله رشد رویشی و مراحل رشد رویشی + پرشدن دانه (با به ترتیب ۲۳/۸۸ و ۲۴/۱۸ سانتی متر) از بهترین کیفیت و بلال‌های تحت محلول پاشی در مرحله ظهور تاسل و مرحله دانه بندی (با به ترتیب ۱۸/۴۰ و ۱۷/۶۳ سانتی متر)، از کیفیت پایین تری برای تازه خوری برخوردارند.

از نظر نوع عنصر غذایی کم مصرف، تیمار محلول پاشی توأمان بور و روی با طول بلال ۲۵/۱۸ سانتی متر و قطر بلال ۴/۳۹ سانتی متر بالاتر از سایر تیمارها قرار گرفت و پس از آن تیمارهای روی (طول و قطر بلال به ترتیب ۳۴/۷۸ و ۴/۲۷ سانتی متر)، بور (طول و قطر بلال به ترتیب ۲۳/۱۶ و ۴/۱۹ سانتی متر) و نهایتاً تیمار شاهد (طول و قطر بلال به ترتیب ۱۴/۲۴ و ۳/۳۳ سانتی متر) در رده‌های بعدی قرار گرفتند. با توجه به مقادیر استاندارد طول بلال برای تازه خوری، بلال‌های تحت تیمارهای محلول پاشی انفرادی و یا توأمان بور و روی، درجه یک و بلال‌های تیمار شاهد (عدم محلول پاشی) درجه سه محسوب شدند. از نظر صنایع تبدیلی نیز وضعیت مشابهی برقرار بود و در حالی که بلال‌های تحت تیمارهای محلول پاشی

انفرادی و یا توأمان بور و روی برای فرآوری مناسب بودند، بلال‌های تیمار شاهد از شرایط مطلوبی برای فرآوری برخوردار نبودند. با توجه به اثرات متقابل مرحله محلول پاشی و نوع عنصر غذایی کم مصرف (جدول ۵) و مقادیر استاندارد طول و قطر بلال برای تازه خوری و صنایع تبدیلی، می‌توان گفت که صرف نظر از مرحله محلول پاشی، هیچ یک از بلال‌های تولیدی در شرایط عدم محلول پاشی برای استفاده در صنایع تبدیلی مناسب نبودند و برای مقاصد تازه خوری هم درجه سه محسوب شدند. در مقابل محلول پاشی روی و بور (ترجیحاً به صورت توأمان) در مراحل مختلف رشد سبب تولید بلال‌های مناسب برای صنایع تبدیلی و تازه خوری گردید (بالاترین میزان طول و قطر بلال با به ترتیب ۲۹/۷ و ۴/۶۷ سانتی متر متعلق به محلول پاشی توأمان بور و روی در هر دو مرحله رشد رویشی + تاسل دهی بود). اگرچه در این زمینه محلول پاشی در مرحله پر شدن دانه مستثنی بود، زیرا بلال‌های تحت تأثیر محلول پاشی انفرادی و یا توأمان روی و بور در این مرحله، علیرغم پذیرش نسبی از نظر صنایع تبدیلی، بدلیل مقادیر نسبتاً پایین طول بلال (به ترتیب ۱۷/۴، ۱۸/۹ و ۱۹/۱ سانتی متر برای محلول پاشی بور، روی و توأمان بور+ روی) از نظر تازه خوری درجه دو محسوب شدند.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مرفولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و بلال ذرت شیرین تحت شرایط محلول پاشی بور و روی در مراحل مختلف رشد و نمو

Table 3. Variance analysis of morphological traits, yield components and yield of grain and ear of sweet corn under the foliar spraying of boron and zinc in different stages of growth and development

S.O.V.	df	Mean squares										
		Plant height	Stem diameter	Ear number	Ear length	Ear diameter	Number of grains per row	Number of rows per ear	Weight 100 grain	Fresh ear yield	Grain yield	Grain extraction (%)
Replication	2	278.60	0.01	0.11	0.72	0.01	3.54	0.39	5.37	15566998	5648219	1.92
Foliar spraying stage	4	626.50**	3.99**	3.12 ^{ns}	149.95**	1.30**	300.17**	20.78**	7.11 ^{ns}	242419260**	51726210**	54.25**
Error1	8	83.97	0.03	0.98	1.05	0.01	4.06	0.52	3.42	3860642	5080819	0.53
Micronutrient	3	624.35**	4.91**	1.53 ^{ns}	396.51**	3.49**	602.34**	42.96**	5.47 ^{ns}	427931645**	47390575**	64.57**
Foliar spraying stage × Micronutrient	12	74.15 ^{ns}	0.56**	0.76 ^{ns}	26.33**	0.21**	32.67**	3.79**	4.24 ^{ns}	15073383**	5125860 ^{ns}	1.73**
Error2	30	67.96	0.02	0.61	0.88	0.01	3.86	0.35	2.82	2682608	4822847	0.11
C.V. (%)		6.11	20.12	10.12	27.58	13.83	24.23	9.77	21.43	22.68	14.31	8.22

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. CV: ضریب تغییرات، df: درجه آزادی
^{ns}, * and **: Non significant, significant at 5 and 1% levels of probability, respectively. C.V: coefficient of variation, df: degree of freedom

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرفولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و بلال ذرت شیرین در تیمارهای مرحله محلول پاشی و نوع عنصر غذایی کم مصرف

Table 4. Mean comparison of morphological traits, yield components and yield of grain and ear of sweet corn in foliar spraying stage and micronutrient type treatments

Treatments	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Ear number	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Number of grains per row	Number of rows per ear	Weight 100 grain (gr)	Fresh ear yield (kg ha ⁻¹)	Grain yield (kg ha ⁻¹)	Grain extraction (%)
vegetative growth	200.60a	4.378b	5.81a	23.88b	4.32a	35.00b	15.50a	11.20a	29571b	10323b	33.88d
tasseling vegetative growth	190.73b	3.470c	5.86a	18.40c	3.87b	28.25c	13.50b	11.11a	29268b	11074b	34.73b
+tasseling	203.48a	4.605a	5.9a	25.13a	4.28a	36.98a	15.58a	11.40a	35892a	13492a	35.68a
grain filling vegetative growth	187.70b	3.338c	6.05a	17.63c	3.55c	25.28d	12.80c	11.08a	23211c	7671c	30.10e
+grain filling	202.30a	4.328b	5.74a	24.18ab	4.22a	34.65b	15.45a	11.26a	28837b	10604b	34.08c
Control	187.8b	3.212d	5.85a	14.24c	3.33d	22.64c	12.06c	8.03b	21609c	8254c	30.66d
B	197.1a	4.078c	6.01a	23.16b	4.19c	33.86b	15.14b	12.03a	30558b	10511b	34.12c
Zn	202.0a	4.272b	5.65a	24.78a	4.27b	35.38a	15.28b	12.22a	31463b	11299ab	34.70b
B+Zn	201.0a	4.532a	5.97a	25.18a	4.39a	36.24a	15.78a	12.56a	33793a	12466a	35.28a

در هر ستون، حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد بین تیمارهاست (آزمون LSD)
 Within each column, different letters denote significant differences at the 5% level (LSD test)

جدول ۵- مقایسه میانگین برخی صفات ذرت شیرین در برهمکنش تیمارهای مرحله محلول پاشی و نوع عنصر غذایی کم مصرف

Table 5. Mean comparison of some sweet corn traits in interaction effect of foliar spraying stage and micronutrient type treatments

Treatments	Stem diameter (cm)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	Number of grains per row	Number of rows per ear	Fresh ear yield (kg ha ⁻¹)	Grain extraction (%)
vegetative growth × Control	3.21ghi	14.3g	3.49hi	23.6ij	12.4hijk	22312gh	29.8hi
vegetative growth × B	4.31e	25.8d	4.34e	36.5d	15.8def	30113ed	34.5e
vegetative growth × Zn	4.87bcd	27.8bc	4.54cd	39.6bcd	16.2cde	32475cd	35.5cde
vegetative growth × B+Zn	5.12b	27.6bc	4.89a	40.3bc	17.6ab	33384c	35.7bcd
tasseling × Control	3.30 fghi	14.8g	3.42ij	24.7hij	12.2ijk	20494hi	31.1g
tasseling × B	3.47fgh	18.9ef	4.04f	28.4efg	14.9f	32712cd	35.2de
tasseling × Zn	3.52fg	19.5e	3.98f	29.8ef	13.4g	30391de	35.9bcd
tasseling × B+Zn	3.59f	20.4e	4.04f	30.1e	13.5g	33476c	36.7ab
vegetative growth +tasseling × Control	3.35 fgh	15.8g	3.39ij	22.9jk	12.0jk	23833fg	32.9f
vegetative growth +tasseling × B	4.67cd	26.8cd	4.46de	39.5bcd	15.6ef	36992b	35.6bcde
vegetative growth +tasseling × Zn	4.89bc	28.2abc	4.61bc	41.6ab	17.0abc	38940b	36.4bc
vegetative growth +tasseling × B+Zn	5.51a	29.7a	4.67bc	43.9a	17.7a	43803a	37.8a
grain filling × Control	3.18hi	15.1g	3.32j	20.3k	12.1jk	18948i	28.7i
grain filling × B	3.37 fgh	17.4f	3.56gh	26.4ghi	12.8ghij	23341g	30.4gh
grain filling × Zn	3.42 fgh	18.9ef	3.65g	27.6efgh	13.1ghi	24277fg	30.6gh
grain filling × B+Zn	3.38 fgh	19.1e	3.67g	26.8fghi	13.2gh	26277f	30.7gh
vegetative growth +grain filling × Control	3.02i	11.2h	3.05k	21.7jk	11.6k	22458gh	30.8gh
vegetative growth +grain filling × B	4.57de	26.9cd	4.54cd	38.5bcd	16.6cd	29634e	34.9de
vegetative growth +grain filling × Zn	4.66cd	29.5a	4.59bcd	38.3cd	16.7bcd	31234cde	35.1de
vegetative growth +grain filling × B+Zn	5.06b	29.1ab	4.69b	40.1bc	16.9abc	32023cde	35.5cde

در هر ستون، حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف آماری در سطح احتمال ۵ درصد بین تیمارهاست (آزمون LSD).

Within each column, different letters denote significant differences at the 5% level (LSD test)

تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال

اثرات اصلی مرحله محلول پاشی و تیمار کودی و برهمکنش آنها بر تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف، از اجزای عملکرد دانه بوده و همبستگی مستقیم و معنی دار با عملکرد دانه دارند. تعیین تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف بلافاصله بعد از آغاز تشکیل جوانه بلال شروع می شود (مرحله شش برگی) و تا مرحله ۱۲ برگی تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در ردیف تا حدود زیادی مشخص می شود (Choukan, 2012). در تحقیق حاضر نیز بالاترین مقادیر تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال با به ترتیب ۳۶/۹۸ و ۱۵/۵۸ واحد متعلق به محلول پاشی در هر دو مرحله رشد رویشی + ظهور تاسل و کمترین مقادیر صفات فوق با به ترتیب ۲۵/۲۸ و ۱۷/۶۳ واحد متعلق به محلول پاشی در مرحله پرشدن دانه بود.

کمبود بور در ذرت سبب می شود که نظم و ترتیب دانه ها بر روی بلال به هم خورده و حالت بدشکلی به بلال می دهد، به طوری که بعضی از قسمت های بلال خالی است (Gheibi et al., 2014). در حالی که کمبود روی سبب کچلی بلال و پر نشدن انتهای آن و در نتیجه کاهش تعداد دانه در ردیف بلال می شود (Ahmad et al., 2012). کمترین مقادیر دانه در ردیف و ردیف دانه با به ترتیب ۲۲/۶۴ و ۱۲/۰۶ برای شرایط شاهد (عدم استفاده از عنصر غذایی کم مصرف های روی و بور) گزارش شد و در مقابل بیشترین مقادیر صفات فوق با به ترتیب ۳۶/۲۴ و ۱۵/۷۸ برای محلول پاشی توأمان بور و روی بود (جدول ۴). افزایش تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال ذرت شیرین تحت شرایط محلول پاشی توأمان روی و بور توسط سایر محققین (Jolli et al., 2019; Mohammadi Limaie et al., 2020) نیز مورد اشاره قرار گرفته بود با توجه به مقادیر اثرات متقابل مرحله محلول پاشی و نوع عنصر غذایی کم مصرف بر تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال (جدول ۵)، بیشترین مقادیر صفات فوق در میان برهمکنش های مختلف به ترتیب با ۴۳/۹ و ۱۷/۷ متعلق به محلول پاشی توأمان بور و روی در هر دو مرحله رشد رویشی و تاسل دهی بود. در عین حال پس از برهمکنش های مراحل محلول پاشی و تیمارهای شاهد، کمترین مقادیر تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه بلال، مربوط به برهمکنش محلول پاشی در مرحله دانه بندی و عنصر بور (به ترتیب ۲۶/۴ و ۱۲/۸) بود که با اختلاف معنی داری با مقادیر صفات فوق در

برهمکنش های محلول پاشی در این مرحله با عنصر روی (به ترتیب ۲۷/۶ و ۱۳/۱) و عناصر روی + بور (به ترتیب ۲۶/۸ و ۱۳/۲) نشان نداد. این امر از تأثیر اندک محلول پاشی در مرحله پر شدن دانه، بر تعداد دانه بلال حکایت داشت.

وزن صد دانه

مطابق جدول ۳، اثر مرحله محلول پاشی بر وزن صد دانه غیر معنی دار و در مقابل اثر تیمار کودی بر این صفت در سطح یک درصد معنی دار بود. همچنین اثر متقابل مرحله محلول پاشی و تیمار کودی بر وزن صد دانه نیز غیر معنی دار بود. طی مراحل رشد رویشی ذرت، کربوهیدرات های تولیدی بر اثر فتوسنتز در ساقه و برگ ذخیره شده و با شروع دوره پر شدن دانه، کربوهیدرات های ذخیره شده به دانه منتقل می شوند. شرایط محیطی مناسب در مرحله ظهور تاسل نیز با بهبود فتوسنتز جاری سبب ادامه تولید و انتقال کربوهیدرات ها به دانه می شود (Choukan, 2012). با توجه به اینکه برگ های روی بلال نیز در فتوسنتز گیاه دخیل هستند هر سه مرحله رشد رویشی، ظهور تاسل و دانه بندی در تولید و انتقال کربوهیدرات ها به دانه مؤثرند، همچنان که در آزمایش حاضر تفاوت معنی داری میان بیشترین و کمترین میزان وزن صد دانه (به ترتیب ۱۱/۴۰ گرم برای محلول پاشی در هر دو مرحله رشد رویشی + ظهور تاسل و ۱۱/۰۸ برای محلول پاشی در پرشدن دانه) مشاهده نشد (جدول ۴). در مورد اثر بور و روی بر فتوسنتز بیان شده است که کاهش گسترش برگ با کم شدن بور و روی بطور غیرمستقیم ظرفیت فتوسنتزی گیاهان را کاهش می دهد. کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می تواند منجر به تولید کمتر مواد فتوسنتزی شود و در این شرایط، با انتقال کمتر ذخایر اندک کربوهیدراتی موجود به دانه سبب کاهش وزن دانه می شود (Gheibi et al., 2014). با توجه به این امر، برتری معنی داری وزن صد دانه در محلول پاشی های بور، روی، و بور + روی (به ترتیب ۱۲/۰۳، ۱۲/۲۲ و ۱۲/۵۶ گرم) نسبت به تیمار عدم محلول پاشی (۸/۰۳ گرم) طبیعی به نظر می رسد، همچنان که سایر محققین (Jolli Limaie et al., 2019; Mohammadi Limaie et al., 2020) از بهبود وزن دانه ذرت شیرین تحت شرایط محلول پاشی بور و روی نسبت به شرایط شاهد خبر داده اند.

عملکرد بلال تر و عملکرد دانه کنسروی

مطابق جدول ۳، اثرات اصلی مراحل محلول پاشی و تیمارهای عنصر غذایی کم مصرف بر عملکرد بلال تر و عملکرد دانه

درصد استحصال دانه

درصد استحصال دانه به عنوان شاخصی از نسبت وزن دانه به وزن چوب بلال، از اهمیت خاصی در میان صنایع تبدیلی برخوردار است. در آزمایش حاضر، اثرات اصلی مرحله محلول پاشی و نوع تیمار محلول پاشی و برهمکنش آنها بر درصد استحصال دانه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). در میان مراحل مختلف رشد گیاه، محلول پاشی در هر دو مرحله رشد رویشی + ظهور تاسل و مرحله پر شدن دانه با به ترتیب ۳۵/۶۸ و ۳۰/۱۰ درصد، از بیشترین و کمترین میزان استحصال دانه برخوردار بودند (جدول ۴). با توجه به اینکه حد استاندارد درصد استحصال دانه در ذرت شیرین ۳۳ درصد تعیین شده است (Haqhbini et al., 2014)، محلول پاشی در مرحله پر شدن دانه چندان مؤثر به نظر نمی رسد. در میان انواع تیمارهای محلول پاشی نیز تیمارهای بور + روی، روی و بور با به ترتیب ۳۵/۲۸، ۳۴/۷۰ و ۳۴/۱۲ درصد در رتبه های اول تا سوم قرار گرفته بودند. مقادیر بالاتر درصد استحصال دانه تحت شرایط تیمار توأمان بور و روی نسبت به تیمارهای انفرادی، توسط سایر محققین (Mohammadi Limaiei et al., 2011) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. با توجه به اینکه میزان استحصال دانه در شرایط عدم محلول پاشی بسیار کمتر از ۳۳ درصد بود (۳۰/۶۶ درصد)، اهمیت محلول پاشی عناصر روی و بور بیشتر مشخص می شود. همچنان که جدول ۵ نشان می دهد کمترین میزان استحصال دانه در میان برهمکنش های مختلف، با ۲۹/۸ درصد متعلق به برهمکنش شرایط شاهد در مرحله رشد رویشی بود و سایر برهمکنش های مرتبط با تیمار شاهد نیز از مقادیر قابل قبول درصد استحصال دانه برخوردار نبودند. بجز محلول پاشی در مرحله پر شدن دانه که صرف نظر از نوع عنصر غذایی کم مصرف، درصد استحصال دانه کمتر از حد استاندارد بود، در سایر مراحل، محلول پاشی روی و بور (چه به صورت منفرد و چه به صورت توأمان) سبب دستیابی به حد استاندارد درصد استحصال دانه و حتی فراتر از آن گردید (بیشترین میزان استحصال دانه با ۳۶/۴ درصد مربوط به محلول پاشی توأمان بور و روی در هر دو مرحله رشد رویشی + تاسل دهی بود). این امر از تأثیر قابل توجه محلول پاشی دو مرحله ای عناصر غذایی کم مصرف در هر دو مرحله ساقه رفتن + شروع رشد زایشی (حتی در صورت استفاده از عناصر بور و روی به صورت منفرد)، بر بهبود نسبت دانه استحصال شده از چوب بلال حکایت داشت.

کنسروی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند. با این همه، تنها اثر متقابل مراحل محلول پاشی و تیمار عنصر غذایی کم مصرف بر عملکرد بلال تر معنی دار گشت و اثر متقابل آنها بر عملکرد دانه کنسروی غیر معنی دار بود. کمترین مقادیر عملکرد بلال تر و عملکرد دانه کنسروی با به ترتیب ۲۳۲۱۱ و ۷۶۷۱ کیلوگرم در هکتار متعلق به محلول پاشی در هنگام پر شدن دانه بود (جدول ۴). در عین حال، بیشترین مقادیر عملکرد بلال تر و عملکرد دانه کنسروی با به ترتیب ۳۵۸۹۲ و ۱۳۴۹۲ کیلوگرم در هکتار متعلق به محلول پاشی در مرحله رشد رویشی + ظهور تاسل بود که به نظر می رسد بیش از هر چیز به دلیل مقادیر بالای تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در این شرایط بوده باشد. اثرات متقابل بین عناصر غذایی بر شدت و ضعف کمبود و سمیت یک عنصر اثرگذار است. مطالعات نشان داده اند که مصرف عنصر بور در خاک هایی که به کمبود این عنصر مبتلا هستند موجب افزایش جذب روی می گردد و برعکس در جاهایی که سمیت عنصر بور وجود دارد و خاک از نظر روی کمبود دارد، مصرف روی سمیت عنصر بور را کاهش می دهد (Shanker et al., 2019). با توجه به این مطلب، بیشتر بودن مقادیر عملکرد بلال تر و عملکرد دانه در شرایط محلول پاشی توأمان بور و روی (به ترتیب ۳۳۷۹۳ و ۱۲۴۶۶ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمارهای انفرادی روی (به ترتیب ۳۱۴۶۳ و ۱۱۲۹۹ کیلوگرم در هکتار) و بور (به ترتیب ۳۰۵۵۸ و ۱۰۵۱۱ کیلوگرم در هکتار) توجیه پذیر به نظر می رسد. همچنان که محمدی لیمایی و همکاران (Mohammadi Limaiei et al., 2019) و جولی و همکاران (Jolli et al., 2020) نیز از این امر خبر داده اند. مطابق جدول ۵، بیشترین عملکرد بلال تر با ۴۳۸۰۳ کیلوگرم در هکتار متعلق به محلول پاشی توأمان بور و روی در هر دو مرحله رشد رویشی + تاسل دهی بود که از برتری حدوداً ۲/۳ برابری نسبت به کمترین عملکرد بلال تر (متعلق به عدم محلول پاشی عناصر غذایی کم مصرف در مرحله پر شدن دانه) برخوردار بود. به نظر می رسد مقادیر بالای عملکرد بلال تر در شرایط محلول پاشی های توأمان و یا حتی انفرادی روی و بور در هر دو مرحله رشد رویشی + تاسل دهی (به ترتیب ۳۶۹۹۲ و ۳۸۹۴۰ کیلوگرم در هکتار)، تأییدی بر اهمیت محلول پاشی در هر دو مرحله ساقه رفتن و شروع رشد زایشی ذرت شیرین به منظور افزایش قابل توجه عملکرد بلال در واحد سطح و در نتیجه بهبود درآمد کشاورزان باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر، در میان پاسخ‌های متفاوت مراحل مختلف رشد نمو گیاه به محلول‌پاشی انفرادی و یا توأمان بور و روی، بیشترین مقادیر دانه در ردیف و ردیف دانه (به عنوان اجزای اصلی عملکرد دانه)، عملکرد بلال تر و درصد استحصال دانه متعلق به محلول‌پاشی توأمان بور و روی در هر دو مرحله رشد رویشی و تاسل‌دهی بود. درعین حال، یکی از بالاترین مقادیر طول و قطر بلال، به عنوان عوامل تأثیرگذار بر فراوری و تازه‌خوری ذرت شیرین، در میان برهمکنش‌های مختلف متعلق به همین برهمکنش بود. با توجه به این امر به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی عناصر بور و روی به صورت توأمان در هر دو مرحله ۶-۸ برگی (رشد رویشی) و آغاز رشد زایشی (تاسل‌دهی)، جهت بهبود صفات مرتبط به تازه‌خوری و فراوری بلال به همراه درصد استخراج دانه، اجزای عملکرد و عملکرد

دانه و بلال ذرت شیرین قابل توصیه است. البته با توجه به افزایش قابل توجه ارتفاع بوته ذرت در مرحله رشد زایشی که محلول‌پاشی را تا حدودی دشوار می‌سازد، می‌توان با قبول اندکی کاهش در مقادیر صفات مرتبط به عملکرد دانه و بلال، تنها به محلول‌پاشی تک‌مرحله‌ای در هنگام رشد رویشی اکتفا کرد. همچنین با توجه به اینکه کاربرد انفرادی عنصر روی نسبت به بور، تأثیر بیشتری بر بهبود خصوصیات مرفولوژیک و عملکرد دانه و بلال ذرت شیرین نشان داد، در صورت محدودیت منابع مالی برای تهیه توأمان کودهای عناصر روی و بور، می‌توان تنها به محلول‌پاشی عنصر روی بسنده کرد، اگرچه با توجه به اثرات متقابل بین عناصر غذایی و بهبود جذب و تأثیرگذاری عنصر روی در شرایط مصرف بور (Gheibi et al., 2014)، محلول‌پاشی همزمان این دو عنصر غذایی کم‌مصرف توصیه می‌شود.

References

- Agha Alikhani M. and Mohammadi K.H. 2019. Sweet corn, agronomic and genetic approaches. Tarbit modares university press. Mashhad, Iran, 391 pp (In Persian)
- Ahmad W., Zia M. H., Malhi S. S., Niaz, A. and Ullah, S. 2012. Boron deficiency in soils and crops: a review. Crop Plant, Goyal, A. (Ed.), InTech press, pp. 77–114.
- Al-Shammari A. M., Hamdi J. Gh. and Najm Abdullah, S. 2022. Transplanting and the addition of boron in sweet corn (*Zea mays* L. group saccharate) production. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1): 14-24.
- Cheng F. L., Du X., Liu M. X., Jin X. L., and Cui, Y. H. 2011. Lodging of summer maize and the effects on grain yield. *Journal of Maize Sciences*, 19(1): 105-108.
- Choukan, R. 2012. Maize and Maize Properties. Agricultural research, education and extension organization (AREEO) press, Tehran, Iran, 427 pp (In Persian)
- Dewis J. and Freitas F. 1970. Physical and chemical methods of soil and water analysis. FAO Soils Bulletin 10. FAO, Rome. 187 pp
- Gheibi M.N., Asadi F., and Tehrani M.M. 2014. Guidelines for integrated soil fertility and plant nutrition management of maize. Soil & water research institute. Tehran, 48p (In Persian)
- Haddadi M.H. 2016. Investigation of characteristics and cultivation of sweet corn: A Review. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 5 (3): 243-247
- Haqbin F., Khavari Khorasani S. and Hakim Attar B. 2014. Agronomy and Industrial Processing of Sweet Corn and Baby Corn. Agricultural and natural resources education research press (TAC). Tehran, Iran, 174 pp (In Persian)
- Jolli R.B., Nayak V.H., Boranayaka M.B. and Latha H.C. 2020. Effect of foliar application of zinc, boron and iron on seed yield and quality of sweet corn cv. Madhuri. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5): 914-919.
- Mataei S., Amirnia R., Tajbakhsh M., and Abdollahi Mandulakani B. 2014. Effects of iron, zinc and manganese and method of their application on phenology, yield and grain quality of sweet corn. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(11): 231-240 (In Persian)
- Mohammadi Limaei A., Majidian M. and Mohsenabadi, GH. 2019. Effects of foliar application of zinc, boron and copper micronutrients on growth indices and yield of sweet corn. *Journal of Plant Process and Function*, 8(33): 431-448 (In Persian)
- Mottaghi M. 2020. Sweet corn, a plant with a short growth period and low water consumption. *Moravej*, 3(2): 26-32 (In Persian)

- Nourzadeh Haddad M., Mahdian M.H. and Malakouti M.J. 2012. Efficiency Comparison of Some Geostatistical Methods for Investigating Spatial Variability of Micro Nutrients in Agricultural Lands, Case Study: Hamadan Province. *Water and Soil Science*, 23 (1): 71-81 (In Persian)
- Sadeghzadeh B. 2013. A review of zinc nutrition and plant breeding. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13 (4): 905-927.
- Shanker K., Misra S., Topwal M. and Singh V.K. 2019. A research review on use of micronutrient in fruit crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(8): 3014-3025.
- Tehrani M.M. and Passandideh M. 2010. Mapping of micronutrients in irrigated land of Gilan, Mazandaran, Kermanshah, Hamedan, West Azarbiejan and Esfahan. Final Report of Project, Ratified Number:14-10-10-8601-86003. Soil and Water Research Institute, 30 pp (In Persian)
- Yousefpour A. and Farajzadeh E. 2018. Evaluation of micronutrient application at different growth stages on yield and yield components and grain quality of sweet corn. *Journal of crop ecophysiology*, 12(2): 287-302 (In Persian)