

اثر کاربرد نیتروژن و بور بر عملکرد و کیفیت چغندر قند

حجت آذریان^۱، فرزاد جلیلی^{۲*}، جواد خلیلی محله^۲، محسن رشدی^۲ و علی نصراله اصل^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۴/۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۱۹

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر نیتروژن و بور بر عملکرد و کیفیت چغندر قند رقم پیرولا در دو منطقه خوی و نقده به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل نیتروژن از منبع اوره در چهار سطح N_1 (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۵۰ درصد مصرف هنگام کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۸-۶ برگی)، N_2 (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۵۰ درصد مصرف هنگام کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۸-۱۲ برگی)، N_3 (یک و نیم برابر N_1) و N_4 (یک و نیم برابر N_2) در کرت‌های اصلی و بور در روش مصرف خاکی از منبع اسید بوریک به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار و در روش مصرف برگگی از کود مایع بورپلاس به میزان یک لیتر در هکتار در چهار سطح B_1 (عدم مصرف)، B_2 (مصرف خاکی)، B_3 (محلول پاشی در دو مرحله ۸-۶ برگی و ۱۲-۸ برگی) و B_4 (محلول پاشی در دو مرحله ۸-۱۲ و ۱۶-۲۰ برگی) در کرت فرعی بود. اثر متقابل مکان در نیتروژن بر تمامی صفات مورد مطالعه بجز میزان نیتروژن برگ، اثر متقابل مکان در بور بر صفات میزان بور برگ، عملکرد ریشه، عیار قند و قند سفید معنی‌دار بود. بیشترین تاثیر بور در افزایش عملکرد ریشه در تیمار N_4B_4 مشاهده شد. در هر دو مکان آزمایش با افزایش مقدار نیتروژن مصرف شده عملکرد ریشه افزایش یافت. به طوری که حداکثر عملکرد ریشه در تیمار N_4 در منطقه نقده به مقدار ۹۸۳۸ گرم در مترمربع حاصل گردید که نسبت به همین تیمار در خوی افزایش ۳۸ درصدی داشت. در هر دو مکان صرف نظر از مقادیر مصرف بور، با افزایش تدریجی و دیر هنگام نیتروژن از N_1 به N_4 عیار قند ریشه کاهش یافت. بنابراین، بر اساس نتایج این پژوهش تیمار N_1B_4 (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۵۰ درصد مصرف هنگام کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۸-۱۲ برگی همراه با محلول پاشی اسید بوریک در دو مرحله ۸-۱۲ و ۱۶-۲۰ برگی)، در شرایط اجرای آزمایش پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: زیست توده، عملکرد ریشه، عیار قند، محلول پاشی.

۱- دانشجوی دکتری، گروه کشاورزی، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی، ایران.

(نگارنده مسئول)

مقدمه

چغندر قند با نام علمی *Beta vulgaris* L. گیاهی دو ساله از تیره اسفناجیان است که بصورت یکساله زراعت می‌شود. از لحاظ کودپذیری گیاه پرتوقعی است و در ایران مناطقی چون آذربایجان غربی، خراسان، اصفهان و شهرکرد بالاترین سطح زیر کشت را دارند (Khajehpour, 2004). همچنین، از لحاظ تولید شکر، چغندر قند دومین گیاه قندی مهم در جهان است (Refay, 2010). شکر از نظر تغذیه، صنعت و تجارت کالای مهمی در سطح محلی و جهانی است (Chandan et al., 2020). در سطح جهانی، شکر بعد از گندم در بسیاری از کشورهای جهان و بعد از برنج در کشورهای آسیایی به دلیل اهمیت استراتژیک، در رتبه دوم کالاهای قرار دارد. تولید عمده شکر در جهان از محصولات نیشکر و چغندر قند است و سهم هر کدام به ترتیب با ۶۷ و ۳۳ درصد از کل تولید جهانی می‌باشد (Anonymus, 2018).

بر اساس گزارش‌های فائو، بیش از ۳۰ درصد از خاک‌های جهان با کمبود یک یا چند عنصر کم‌مصرف مواجه بوده و این روند در حال افزایش است. امروزه علاوه بر استفاده از عناصر غذایی پرمصرف، کاربرد عناصر کم مصرف به عنوان یکی از راه‌های مهم برای دستیابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی در واحد سطح مورد توجه است (Shukla et al., 2018).

نیتروژن یک ماده مغذی حیاتی برای گیاه و بهبود عملکرد در چغندر قند شناخته شده است. چغندر قند برای افزایش وزن در اوایل فصل به نیتروژن بالایی نیاز دارد، اما کوددهی اواخر فصل رشد می‌تواند باعث کاهش میزان قند آن شود (Chandan et al., 2020). تغذیه بهینه نیتروژن، باعث رشد اولیه گیاه شده و مدت زمان لازم برای

رشد کامل اندام هوایی را کاهش می‌دهد. در نتیجه، چغندر قند به طور مؤثرتری از نور خورشید به دلیل توسعه مناسب سطح برگ برای تولید شکر استفاده خواهد کرد (Hoffmann and Mirlinder, 2005). با این حال، مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی می‌تواند منجر به افت کیفیت تولید گردد (Malnou et al., 2008). امجدی (Amjadi, 2003) گزارش کرد که کاربرد بیش از حد کودهای نیتروژنی موجب کاهش درصد قند و ارزش اقتصادی گیاه چغندر قند می‌شود. نتایج مطالعه افشار و همکاران (Afshar et al., 2019) نشان داد که عملکرد ریشه چغندر قند به صورت خطی در پاسخ به افزایش نرخ نیتروژن افزایش یافت در حالی که با افزایش مقدار ورودی نیتروژن غلظت ساکارز کاهش و ناخالصی‌های ریشه افزایش یافت. نعمت الله و همکاران (Nemeat- Alla Abdou et al., 2008) و عبدو و همکاران (Geddawy et al., 2009) نتیجه گرفتند که افزایش میزان نیتروژن به طور قابل توجهی باعث کاهش کل مواد جامد محلول، درصد ساکارز و درصد خلوص شیره می‌شود. بروز کمبودهای شدید در اوایل دوره رشد، منجر به کاهش کمیت در محصول تولیدی می‌شود، لذا مدیریت مصرف نیتروژن برای حصول عملکرد بالا و با کیفیت ضرورتی اجتناب ناپذیر است (Lamb et al., 2011). عملکرد شکر در چغندر قند متأثر از وزن ریشه و عیار قند آن است. عوامل متعددی بر کمیت و کیفیت عملکرد ریشه چغندر قند تاثیر گذار هستند که از آن جمله می‌توان به، شرایط اقلیمی، وضعیت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه به ویژه نوع، مقدار و زمان کود دهی اشاره کرد (Baradaran Firoozabadi, 2002). بر اساس عقیده پرزمیسالو و همکاران (Przemysław et al., 2010) اثراتی که کودهای

۰/۲ درصد، در دوره رشد، عملکرد ریشه و عیار قند را افزایش داد. بنا بر نتایج هلال و همکاران (Helal et al., 2009) کاربرد توام نیتروژن و بور موجب افزایش توزیع نیتروژن، پتاسیم و آهن در ریشه و بخش هوایی گیاه چغندر قند می‌شود. نتایج آزمایش‌های آنها نشان داد که بور رابطه‌ی متقابل مثبتی با نیتروژن دارد. به‌طوری‌که تیمارهای نیتروژن و بور به‌طور همزمان به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک و ۵۰ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک موجب تعادل تغذیه‌ای چغندر قند و در نتیجه افزایش رشد بخش هوایی و عملکرد ریشه آن گردید. ایشان در بخش دیگری از تحقیق خود نتیجه گرفتند که افزایش سطح نیتروژن به بیش از ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.

در خاک‌های با pH بالا و ترکیب شیمیایی نامطلوب، حلالیت عناصر غذایی کاسته شده و منجر به کاهش رشد و افت کیفیت محصول می‌گردد (Osman, 2018)، بنابراین در چنین شرایطی تغذیه گیاه به‌روش محلول‌پاشی نتیجه بهتری خواهد داشت. لذا با تعیین مناسب‌ترین مقدار و مطلوب‌ترین روش و زمان کاربرد کودهای شیمیایی می‌توان از مصرف بیش از اندازه آنها که سبب ایجاد آلودگی در محیط زیست می‌شوند جلوگیری نمود و همچنین می‌توان گام موثری در راستای تامین اهداف کشاورزی پایدار و افزایش کمیت و کیفیت برداشت. باتوجه به اینکه چغندر قند در سطح گسترده‌ای از نقاط مستعد کشور بخصوص استان آذربایجان غربی کشت می‌شود و یکی از محصولات استراتژیک است که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بخشی از نیازهای مردم کشور را تأمین می‌کند. بنابراین در ایران

نیتروژنی در کیفیت چغندر قند دارند نه تنها به میزان مصرف بستگی دارد بلکه به عواملی مانند رقم و زمان مصرف وابسته است.

نیاز چغندر قند به عنصر بور نسبت به سایر گیاهان بیشتر است (Tlili et al., 2018). بور نقش مهمی در انتقال قند، تشکیل و حفظ دیواره سلول و پایداری غشای سلولی و در نتیجه عملکرد ریشه بالا و محتوای قند در چغندر قند دارد (Kabu and Rehab et al., 2019; Akosman, 2013). بیثی (Bithi, 2019) گزارش نمود که مصرف ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بور باعث افزایش عملکرد چغندر و کیفیت قند استخراجی و مهار پوسیدگی تاج چغندر قند شد. رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2017) نتیجه گرفتند که تأثیر مصرف بور نسبت به سایر عناصر کم مصرف بر صفات عیار قند، ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص و ناخالص بیشتر بود. مکداد (Mekdad, 2015) و کندیل و همکاران (Kandil et al., 2020) گزارش نمودند کاربرد توأم بور و نیتروژن منجر به حصول حداکثر عملکرد ریشه و قند گردید. افزایش عملکرد ریشه و قند در نتیجه افزایش سطح مصرف کود نیتروژنی ممکن است به دلیل اهمیت نیتروژن برای تغذیه گیاه و نقش آن در افزایش رشد رویشی از طریق افزایش سطح برگ، افزایش غلظت کلروفیل در برگ‌ها و در نتیجه در بهبود روند فتوسنتز و افزایش وزن تر ریشه منعکس شود. بر اساس گزارش ماهاپاترا و همکاران (Mahapatra et al., 2020) مصرف بور همراه سایر عناصر پرمصرف باعث بهبود رشد، اجزاء عملکرد، عیار قند و میران قند استخراجی شد. مطابق نتایج گانگوار و سیرواستاوا (Gangwar, and Srivastava, 2009) مصرف ۰/۵ میلی‌گرم بور در کیلوگرم خاک و یا محلول‌پاشی آن با غلظت

سهم و اهمیت چغندر قند در تولید شکر بسیار زیاد است و مصرف متعادل کودهای نیتروژنی و بور، تأثیر فزاینده‌ای در افزایش عملکرد و کیفیت آن خواهد داشت و این عمل منجر به کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت چغندر قند، ممانعت از تخریب ساختار خاک و آلودگی محیطی در اراضی کشاورزی را موجب خواهد شد. از طرف دیگر، از آنجایی که بسیاری از چغندرکاران اطلاع کافی از مقدار و زمان کاربرد کودهای نیتروژنی و بور در زراعت این محصول ندارند، بنابراین، این پژوهش به منظور بررسی اثر نیتروژن و بور بر عملکرد و شاخص‌های کیفی چغندر قند در دو منطقه آب و هوایی خوی و نقده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در دو منطقه مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی شهرستان خوی با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۵ دقیقه با ارتفاع ۱۱۳۹ متر از سطح دریا و شهرستان نقده با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲۷ دقیقه و در ارتفاعی برابر ۱۲۸۶ متر از سطح دریا اجرا گردید. خاک هر دو منطقه محل انجام آزمایش دارای کلاس بافت لوم رسی سیلتی با مواد آهکی پائین بود (جدول ۱). بر اساس اطلاعات هواشناسی موجود و طبق طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، هر دو منطقه خوی و نقده دارای اقلیم نیمه خشک با تابستان‌های خشک است. در جدول (۲) خصوصیات اقلیمی هر دو منطقه درج شده است. آزمایش به صورت اسپلینت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو منطقه خوی و نقده اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل نیتروژن از منبع اوره در کرت اصلی در

چهار سطح شامل N_1 (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۵۰ درصد مصرف هنگام کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۸-۶ برگی)، N_2 (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۵۰ درصد مصرف در هنگام کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۱۲-۸ برگی)، N_3 (یک و نیم برابر N_1) و N_4 (یک و نیم برابر N_2) و بور در مصرف خاکی از منبع اسید بوریک (بوراکس) به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مصرف شد و برای محلول‌پاشی از کود مایع بورپلاس (حاوی ۱۰ درصد بور) به میزان دو لیتر در هکتار در کرت فرعی در چهار سطح B_1 (عدم مصرف)، B_2 (مصرف خاکی)، B_3 (محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و ۱۲-۸ برگی) و B_4 (محلول‌پاشی در مرحله ۱۲-۸ و ۲۰-۱۶ برگی) استفاده گردید. بذر مورد استفاده در هر دو منطقه پیرولا (تولید شرکت kws آلمان) بود که یک رقم مونوژرم و مقاوم به بیماری رایزونوما و رایزوکتونیا بوده و مناسب کشت در شرایط آب و هوایی نیمه خشک مانند استان آذربایجان غربی می‌باشد. پس از اجرای عملیات شخم و تسطیح زمین، کاشت در ۷ فروردین با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر در عمق ۲/۵ سانتی‌متر به صورت مکانیزه با ردیف‌کار پنوماتیک ۶ ردیفه شرکت تراشکده صورت گرفت. هر کرت فرعی شامل ۴ ردیف به طول ۶ متر بود. برای جلوگیری از هرگونه رقابت و تداخل، کرت‌ها با فاصله ۲ متر و بلوک‌ها با فاصله ۳ متر از هم قرار گرفتند. مطابق نتایج تجزیه خاک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و کود نیتروژنه به شرح تیمارهای آزمایشی مصرف شد. تمامی کودهای فسفاته و پتاسه همراه با شخم قبل از کاشت با خاک مخلوط گردیدند. در طول دوره رشد، آبیاری

محتوای قند سفید برابر است با WSC (%). =
محتوای قند ریشه SC (%). - ملاس قند MS (%).
عملکرد قند (عملکرد قند ناخالص) SY
(کیلوگرم بر هکتار) = عملکرد ریشه RY (کیلوگرم
بر هکتار) × محتوای قند ریشه SC (%).
عملکرد قند سفید (عملکرد قند خالص)
WSY (کیلوگرم در هکتار) = عملکرد ریشه RY
(کیلوگرم بر هکتار) × محتوای قند سفید WSC
(%) محاسبه شد.

پس از اطمینان از یکنواختی واریانس‌ها،
تجزیه و تحلیل مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار
SAS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها داده‌ها با
استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح
احتمال ۵ درصد انجام شد و برای رسم شکل‌ها از
نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد
که اثر متقابل سه جانبه مکان × نیتروژن × بور بر
مقدار بور برگ، عیار قند و قند سفید معنی‌دار
شد. همچنین اثر متقابل نیتروژن × بور بر میزان
بور برگ، عملکرد ریشه، عملکرد خالص و عملکرد
قند ناخالص معنی‌دار شد. عملکرد ریشه، قند
ملاس، عملکرد خالص و ناخالص قند تحت تاثیر
اثر متقابل مکان × نیتروژن قرار گرفتند. در
خصوص اثر متقابل مکان × بور، صفات میزان بور
برگ و عیار قند معنی‌دار شدند. (جدول ۳).

نیتروژن و بور برگ

با افزایش مقادیر نیتروژن مصرفی، درصد
نیتروژن برگ افزایش یافت به‌طوری‌که بالاترین
درصد نیتروژن برگ در تیمار N₄ (مصرف ۴۵۰
کیلوگرم اوره به صورت ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪
۱۲-۸ برگی بدست آمد (شکل ۱-B) مقایسه
مقدار نیتروژن برگ در دو مکان نشان داد که در

هر دو مکان آزمایش به شکل سیستم تحت فشار
بارانی از نوع کلاسیک ثابت با آبپاش متحرک
انجام شد. در مرحله ۴ برگی چغندر قند عملیات
تنک انجام شد. همچنین به‌منظور کنترل
علف‌های هرز پهن‌برگ از علف‌کش بتانال و برای
کنترل علف‌های هرز باریک برگ از علف‌کش سوپر
گلانت به‌صورت پس‌رویشی استفاده گردید. در
خرداد ماه نمونه برداری از برگ جهت اندازه‌گیری
نیتروژن و بور انجام شد. در انتهای فصل رشد پس
از حذف یک متر ابتدا و انتهای ردیف‌ها و
ردیف‌های حاشیه‌ای هر کرت، از دو ردیف وسط
هر کرت، در ۳۰ مهر ماه از هر دو منطقه برداشت
انجام شد. درصد نیتروژن برگ با استفاده از روش
کج‌لدا (Jackson *et al.*, 1973) و بور به‌روش
جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). با
توزین ریشه‌های برداشت شده در واحد سطح،
عملکرد ریشه برحسب گرم در مترمربع محاسبه
شد. برای تعیین خصوصیات کیفی، از ریشه‌های
حاصل از نمونه‌برداری، خمیر ریشه تهیه و
بلافاصله در فریزر قرار داده شد. در نمونه‌های فریز
شده صفات کیفی مانند عیار قند، درصد قند
خالص و ناخالص توسط دستگاه رفاکتور نوع
بتالایزر مدل D-3016 (ساخت آلمان، شرکت
کروز) تعیین شد (Reinefeld *et al.*, 1974). برای
به‌دست آوردن درصد قند ملاس از رابطه: قند
ملاس MS = ۰/۳۴۳ × (سدیم+پتاسیم) + ۰/۰۹۴ ×
(آلفا-آمینونیتروژن) + ۰/۲۹ استفاده شد که در
آن سدیم، پتاسیم و آلفا-آمینونیتروژن برحسب
میلی‌مول در کیلوگرم بود.

درصد قند خالص (درصد قند قابل
استحصال) از تفاضل درصد قند ناخالص و درصد
قند ملاس با استفاده از فرمول زیر به دست آمد.

نقده مقدار نیتروژن برگ بیشتر از خوی بود (شکل A-۱). بالا بودن مقدار نیتروژن در برگ تا حدی موجب توسعه بیشتر سیستم فتوسنتزی گیاه شده و این افزایش در نهایت منجر به افزایش عملکرد اقتصادی (عملکرد ریشه) در چغندر قند خواهد شد. در تحقیقات جواهری و همکاران (Javaheri et al., 2011) نیز با افزایش سطوح نیتروژن مصرفی از منبع اوره از مقادیر صفر تا ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، میزان نیتروژن در برگ از ۳/۳ درصد در تیمار عدم مصرف به ۵/۶ درصد در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره افزایش یافت و بالاترین عملکرد ریشه نیز مربوط به این تیمار بود. در تحقیق ایشان در تیمار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار اوره مقدار نیتروژن برگ ۵ درصد بود. در تحقیق مجیدی و تابه‌زاد (Majidi and Tabiezzad, 2018) با افزایش نیتروژن مصرفی از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار نیتروژن برگ از ۳/۲۳ درصد به ۳/۷۰ درصد افزایش یافت. طبق نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل مکان × نیتروژن × بور بر مقدار بور برگ معنی‌دار شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶)، بیشترین مقدار بور به میزان ۴۸/۶۳ میلی‌گرم در تیمار محلول پاشی بور در مراحل ۸-۱۲ و ۱۶-۱۸ برگی، همراه با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در منطقه خوی به‌دست آمد و کمترین مقدار آن به میزان ۲۲/۷۸ شرایط عدم مصرف بور و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره نیز در منطقه خوی به‌دست آمد.

عملکرد ریشه و زیست توده

اثر متقابل دو جانبه مکان × نیتروژن و نیتروژن × بور و اثر متقابل سه جانبه مکان × نیتروژن × بور بر عملکرد ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). در هر دو مکان با افزایش مقدار

نیتروژن مصرفی، به‌طور تدریجی عملکرد ریشه افزایش یافت. به‌طوری‌که حداکثر عملکرد ریشه در تیمار N₄ (مصرف ۴۵۰ کیلوگرم اوره به‌صورت ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۱۲ برگی) در سطح سوم بور (B₃) در نقده (۹۸۳۸ گرم در مترمربع) حاصل گردید که نسبت به همین تیمار در خوی افزایش ۳۸ درصدی داشت (جدول ۶). حداقل عملکرد ریشه به میزان ۵۰۱۶/۲ گرم در مترمربع با مصرف نیتروژن به میزان ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۱۲ برگی (N₁) و مصرف خاکی بور (B₂) به‌دست آمد (جدول ۶). در بررسی اثر متقابل نیتروژن × بور نیز بیشترین عملکرد ریشه به مقدار ۸۴۷۹/۲ مربوط به تیمار N₄B₃ بود که با تیمار N₄B₄ در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۵).

اثر متقابل مکان × نیتروژن بر زیست توده معنی‌دار شد (جدول ۳). در هر دو مکان، با افزایش سطح نیتروژن بر میزان زیست توده افزوده شد (جدول ۴). بالاترین زیست توده، در تیمار N₄ (مصرف ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۱۲ برگی) به‌میزان ۲۵۸۱/۵ گرم در مترمربع در منطقه نقده به‌دست آمد، در منطقه خوی میزان زیست توده این تیمار برابر ۱۸۲۳/۹ گرم در مترمربع بود. با بررسی مقایسه میانگین‌ها مشخص می‌گردد که اثر تیمارهای نیتروژن روی زیست توده در منطقه نقده مشهودتر بود (جدول ۴).

با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی عملکرد ریشه نیز به‌طور تدریجی افزایش یافت و بیشترین کارایی بور در افزایش عملکرد ریشه نیز در سطح چهارم نیتروژن (مصرف ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۱۲ برگی) مشاهده شد. با توجه به نتایج این

عیار قند و قندملاس

اثر متقابل مکان $\times$ نیتروژن $\times$ بور بر عیارقند معنی‌دار شد (جدول ۳). مطابق جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین عیارقند به میزان ۲۱/۴ درصد مربوط به سطح N_1 (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۶ برگی) همراه با محلول‌پاشی بور در مراحل ۸-۱۲ و ۱۶-۱۸ برگی (تیمار B_4) در منطقه نقده به‌دست آمد و کمترین مقدار آن به میزان ۱۱/۹۰ درصد مربوط به سطح N_1 (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به میزان ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۶ برگی) و عدم مصرف بور در منطقه خوی بود (جدول ۶). در هر دو مکان صرف نظر از مقادیر بور مصرفی، با افزایش تدریجی نیتروژن از N_1 (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به میزان ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۶ برگی) به N_4 (مصرف ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۱۲ برگی) عیار قند ریشه کاهش پیدا کرد. بنابراین، کاربرد نیتروژن بیشتر و در اواخر فصل رشد باعث کاهش عیارقند ریشه شد. در هر دو مکان کارایی تیمارها در افزایش درصد قند به تیمار B_4 (محلول‌پاشی بور در مرحله ۸-۱۲ برگی و ۱۶-۲۰ برگی) در پایین‌ترین سطح نیتروژن متعلق بود (N_1) که در هر چهار سطح نیتروژن با B_2 (مصرف خاکی بور) برابری می‌کرد (جدول ۶). با توجه به اینکه بور سرعت انتقال قندهای تولیدی فتوسنتز در برگ‌های بالغ را به ریشه‌ی در حال رشد چغندر قند افزایش می‌دهد، بنابراین مصرف توام آن با نیتروژن می‌تواند از این طریق سبب افزایش درصد ماده‌ی خشک ریشه گردد. در چغندر قند مقدار بالای قند ریشه زمانی حاصل می‌شود که میزان ماده‌ی خشک تولید شده در

تحقیق، به‌نظر می‌رسد در عملکرهای بالا، مصرف نیتروژن مطابق آزمون خاک کفاف نیازهای گیاه را نکند به‌طوری با افزایش نیتروژن مصرفی از N_1 به N_4 عملکرد ریشه و زیست توده افزایش یافته است نیتروژن با تحریک فعالیت کامبیوم آوندی، موجب قطورتر شدن ریشه می‌شود. همچنین، از طریق فعالیت‌های آنزیمی و تولید بیشتر مواد تنظیم‌کننده‌ی رشد می‌تواند به رشد طولی ریشه کمک کند. طبق نتایج قادری و همکاران (Gaderi et al., 2020) بیشترین عملکرد ریشه به میزان ۵۲/۸ تن در هکتار از تیمار مصرف کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک همراه با مصرف ۱۰ تن در هکتار کمپوست به‌دست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد ریشه با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی افزایش یافت. خاک‌هایی که مقادیر ناکافی نیتروژن دارند عملکرد ریشه و زیست توده به شدت کاهش یافته و به کمتر از نصف تولید آنها در شرایط بهینه می‌رسد (Herget, 2010). در تحقیق نوشاد و همکاران (Noshad et al., 2014) نیز عملکرد ریشه با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. نتایج تحقیق دیگری نشان داده است که عملکرد ریشه نیز به‌طور قابل توجهی با افزایش کاربرد نیتروژن، افزایش یافته و بور نیز بر این پارامتر تأثیر مثبت داشته است به‌طوری‌که با مصرف توام این دو عنصر عملکرد ریشه ۸۲/۷ تن در هکتار بوده است (Abbas et al., 2020). اثر مثبت بور ممکن است به‌دلیل نقش‌های مهم فیزیولوژیکی آن در چرخه زندگی و رشد گیاه باشد و کمبود آن می‌تواند عملکرد محصول را به شدت تحت تأثیر قرار دهد (Armin and Asgharipour, 2012; Camacho-Cristobal et al., 2008).

(Mostashari, 2012). همچنین کریستک و همکاران (Kristek et al., 2006) گزارش کردند که کاربرد کودهای حاوی عناصر کم مصرف به ویژه بور در زراعت چغندر قند موجب افزایش ۱۰/۸ درصدی عیار قند این محصول شد.

اثر متقابل مکان×نیتروژن بر میزان ملاس معنی دار شد (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان قند موجود در ملاس به میزان ۲/۳۲ درصد مربوط به سطح چهارم نیتروژن (مصرف ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به صورت ۵۰ درصد زمان کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۸-۱۲ برگه) و در منطقه نقده بود و کمترین آن نیز به مقدار ۱/۲۹ درصد مربوط به سطح سوم نیتروژن (مصرف ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به صورت ۵۰ درصد زمان کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۶-۸ برگه) و در منطقه خوی بود (جدول ۴). شرایط اقلیمی به مقدار قابل ملاحظه-ای طی سال‌های مختلف و در مکان‌های مختلف تغییر می‌کند. لذا با عنایت بر تغییرات عیار قند در دو مکان اجرای آزمایش، به نظر می‌رسد تغییرات اقلیمی در دو منطقه یکی از عوامل موثر در تغییر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند در مکان‌های مختلف بوده است (Habibi, 2002). مدیریت عوامل تغذیه‌ای، به خصوص نیتروژن نیز بر کیفیت چغندر تاثیرگذار است، به طوری که بر اساس نتایج تحقیقات ساهین و همکاران (Sahin et al., 2004) مصرف کنترل شده نیتروژن با استفاده از میکروآرگانیزم‌های تثبیت کننده نیتروژن موجب افزایش عیار قند به میزان ۹/۸ درصد نسبت به عدم کاربرد کود زیستی شد. در مطالعه حاضر، مصرف نیتروژن در سطوح بیشتر با افزایش ناخالصی‌های ریشه، میزان ملاس را افزایش داد. ملاس عصاره‌ای غلیظ، تیره، چسبناک و یک

ریشه بالا باشد (Draycott and Christenson, 2003).

در هر دو مکان آزمایش، موثرترین تیمار بور روی درصد قند، تیمار B₄ (محلول پاشی بور در مرحله ۸-۱۲ برگه و ۱۶-۲۰ برگه) به پایین ترین سطح نیتروژن (N₁) متعلق بود که در هر چهار سطح نیتروژن با B₂ (مصرف خاکی بور) برابری می‌کرد. افزایش کیفیت چغندر قند از طریق بالا بردن عیار قند و کاهش مواد غیر قندی اثبات شده است. زیرا با افزایش ناخالصی‌ها از کریستاله شدن ساکارز جلوگیری شده و قابلیت استحصال قند کاهش می‌یابد (Last et al., 1983). کریستک و همکاران (Kristek et al., 2006) در آزمایش‌های خود نشان دادند که استفاده از کودهای حاوی عناصر کم مصرف، به-ویژه بور، موجب افزایش ۱۰/۸ درصد در عیار قند شد. گزارش شده است که مقدار عملکرد ریشه و درصد ساکارز آن، بیشترین اثر را بر میزان عیار قند چغندر قند دارد (Ouda Sohier, 2005). برخی از محققین افزایش فعالیت‌های متابولیکی مخصوصا واکنش‌های منتج به سنتز ساکارز را به اثرات بور ارتباط می‌دهند (Ebrahimipak and Mostashari, 2012). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول پاشی بور نسبت به مصرف خاکی آن اثر بیشتری بر افزایش عیار قند ریشه داشته است (جدول ۴) دلیل آن می‌تواند به سهولت دسترسی گیاه به این عنصر در روش محلول پاشی مربوط باشد (Chandan et al., 2020). بنابراین، برای کشت کارآمد چغندر قند، مصرف مقدار کافی بور ضروری به نظر می‌رسد. برخی از محققین افزایش فعالیت‌های متابولیکی مخصوصا واکنش‌های منتج به سنتز ساکارز را به اثرات بور ارتباط می‌دهند (Ebrahimipak and

و کیفیت آن دارد. مکی (Mekki, 2014) با بررسی تأثیر محلول پاشی نیتروژن و عناصر کم مصرف بر رشد و عملکرد چغندر قند نشان داد محلول پاشی باعث افزایش معنی دار عیار قند، عملکرد خالص قند و قند سفید در چغندر قند شد به طوری که بیشترین عیار قند به میزان ۱۷/۴۴ درصد، قند سفید به میزان ۱۶/۱۷ درصد و عملکرد شکر به میزان ۲/۴۶ تن در هکتار مربوط به تیمار مصرف نیتروژن همراه با روی و بور بود. بر اساس نتایج سایر محققین، عملکرد ریشه و غلظت ساکارز در چغندر قند با افزایش کاربرد بور افزایش می یابد که می تواند به دلیل کاهش جذب ناخالصی ها (K, Na, α -amino-N) در عصاره ریشه باشد (Mekdad, 2015; Kandil et al., 2020).

عملکرد قند خالص و ناخالص

اثر متقابل مکان در نیتروژن و اثر متقابل نیتروژن در بور بر عملکرد قند خالص و عملکرد قند ناخالص معنی دار شد (جدول ۳). در بررسی اثر مکان و نیتروژن، از آنجایی که عملکرد ریشه در ندهه بیشتر از خوی بود عملکرد قند خالص و ناخالص نیز به تبع از آن در ندهه بالاتر بود، به طوری که بالاترین عملکرد قند خالص به میزان ۱۵۷۰/۸۲ گرم در متر مربع و بالاترین عملکرد قند ناخالص به میزان ۱۷۵۸/۴ گرم در متر مربع مربوط به تیمار N_3 (مصرف ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۵۰٪ مصرف در هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۶-۸ برگی) و کمترین عملکرد قند خالص هم به میزان ۷۴۱/۸۱ به تیمار N_4 (۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۵۰ درصد مصرف در هنگام کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۸-۱۲ برگی) به خوی تعلق داشت (جدول ۴). عملکرد قند سفید یا خالص در ندهه در هر چهار سطح نیتروژن بالاتر از خوی به دست آمد. به نظر می رسد در ندهه

محصول جانبی در فرآیند استحصال قند از ریشه ی چغندر قند می باشد. بنابراین، کمتر بودن درصد قند در ملاس ریشه حاکی از مناسب بودن کیفیت ریشه می باشد (Hosseinpour et al., 2006). در مطالعه ی انجام گرفته بر روی تأثیر روش های مختلف آبیاری و نیتروژن بر عملکرد کیفی و کمی چغندر قند که توسط جاهدی و همکاران (Jahedi et al., 2012) صورت گرفت، مشخص شد که درصد ملاس تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن قرار نگرفت. کاهش مقدار ملاس با مصرف بور در راستای افزایش درصد قند و عملکرد ریشه معنی دار شد.

قند سفید

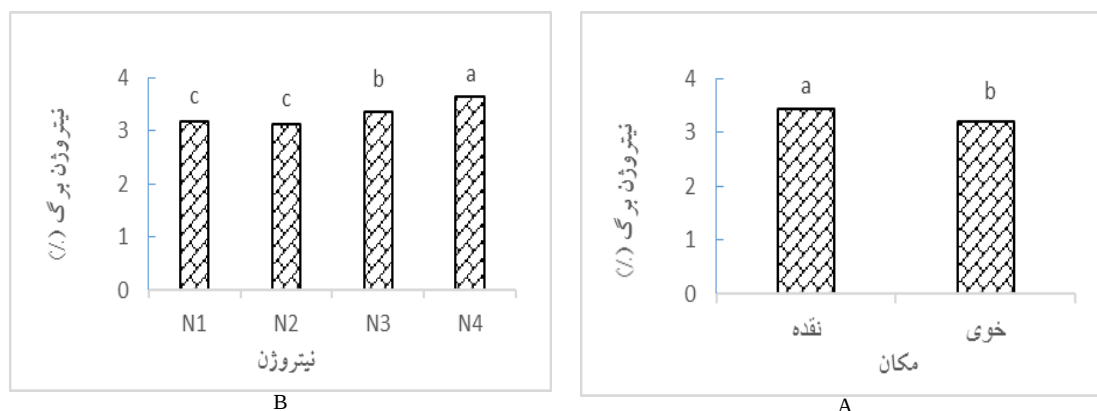
اثر متقابل سه جانبه مکان $\times$ نیتروژن $\times$ بور بر محتوای قند سفید معنی دار شد (جدول ۳). طبق نتایج، میانگین محتوای قند سفید در منطقه ندهه بالاتر از خوی بود. همچنین، در سطوح پایین مصرف نیتروژن درصد قند سفید افزایش یافت. مقایسه چهار سطح بور مصرفی نشان داد که صرف نظر از مکان و نیتروژن، تیمار B_4 (محلول پاشی بور در مرحله ۱۲-۸ برگی و ۲۰-۱۶ برگی) بالاترین محتوای قند سفید (۱۹/۲۴ درصد) را به خود اختصاص داد (جدول ۶). عبدالمقلی (Abdel-Motagally, 2015) در آزمایش خود نتیجه گرفت که عملکرد ریشه و صفات کیفی چغندر قند با افزایش غلظت بور به طور قابل توجهی افزایش یافت، به طوری که حداکثر عملکرد ریشه به میزان ۱۱۸۶/۷ گرم در بوته، عیار قند به مقدار ۱۷/۸۱ درصد، قند سفید به مقدار ۱۶/۱۷ درصد و ضریب استحصال قند به مقدار ۱۴/۷۷ درصد از تیمار مصرف بور به میزان ۱۰۰ میلی-گرم در کیلوگرم به دست آمد. نتایج فوق نشان می دهد که بور تأثیر زیادی بر عملکرد چغندر قند

به علت بالا بودن عملکرد ریشه نسبت به خوی، عملکرد قند خالص نیز به تبع از آن عملکرد بالاتر می‌باشد. مطابق نتایج پژوهشگران مصرف اوره و کود دامی موجب کاهش درصد قند خالص شده است (Lehrsch et al., 2014). همچنین، مصرف بالای کود نیتروژنی موجب افزایش میزان پتاسیم و همچنین نیتروژن مضره موجود در ریشه شده و در نهایت موجب کاهش درصد قند خالص چغندر قند شده است (Ahmadpour Dehkordi, and Tadayon, 2013). در بررسی اثر متقابل نیتروژن در بور بر این صفت نیز بالاترین عملکرد قند خالص و ناخالص به ترتیب به میزان ۱۲۲۸/۸۳ و ۱۳۵۳/۲ گرم در مترمربع از تیمار N_1B_4 به دست آمد (جدول ۵) که نسبت به تیمار عدم مصرف بور در همین سطح نیتروژن، منجر به افزایش حدود ۲۳ درصدی در عملکرد قند خالص و ناخالص شد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این تحقیق با مصرف نیتروژن و بور، عملکرد ریشه، زیست توده و متعاقباً عملکرد قند خالص افزایش یافت. مصرف نیتروژن بیشتر منجر به افزایش قند ملاس گردید و به نظر می‌رسد با افزایش ناخالصی‌های ریشه، درصد قند ریشه نیز کاهش پیدا می‌کند. از آنجائی که عملکرد قند خالص و ناخالص تابع عملکرد ریشه و درصد قند ریشه می‌باشند و عملکرد ریشه در مقادیر بیشتر نیتروژن (تیمار N_4) و محلول پاشی بور در در مرحله ۸-۱۲ و ۱۶-۲۰ برگ (تیمار B_4) بالا بود. در چنین شرایطی نیز عملکرد قند خالص و

ناخالص به حداکثر رسیدند. با بررسی صفات مورد مطالعه در هر دو مکان آزمایش، این‌طور نتیجه‌گیری می‌شود که تیمارهای آزمایشی در شرایط منطقه نقده بهتر از منطقه خوی عمل کرده است، به‌طوری‌که عملکرد قند خالص در نقده در هر چهار سطح نیتروژن بالاتر از خوی بود. به نظر می‌رسد در نقده به علت بالا بودن عملکرد ریشه نسبت به خوی، عملکرد قند خالص نیز به تبع آن بالاتر بود. عملکرد قند خالص صرف نظر از سطوح نیتروژن با کاربرد بور در سطح چهارم بور (محلول پاشی بور در مرحله ۱۲-۸ برگ و ۲۰-۱۶ برگ) بهبود یافت. در هر چهار سطح نیتروژن با افزایش میزان بور مصرفی عملکرد قند خالص افزایش یافت. بنابراین، بیشترین عملکرد قند خالص در تیمار N_1B_4 با مقدار ۱۲۲۸/۸۳ گرم در مترمربع به دست آمد. در هر دو مکان، صرف نظر از مقادیر مصرف بور، با افزایش تدریجی نیتروژن از N_1 (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به میزان ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۸-۶ برگ به N_4 ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به صورت ۵۰٪ هنگام کاشت و ۵۰٪ در مرحله ۱۲-۸ برگ) درصد قند ریشه کاهش پیدا کرد. بنابراین، بر اساس نتایج این پژوهش تیمار N_1B_4 (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به صورت ۵۰ درصد مصرف در هنگام کاشت و ۵۰ درصد در مرحله ۸-۱۲ برگ همراه با محلول پاشی اسید بوریک در دو مرحله ۸-۱۲ و ۱۶-۲۰ برگ)، در شرایط اجرای آزمایش پیشنهاد می‌شود.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر مکان (A) و نیتروژن روی نیتروژن برگ (B)

Figure 1- Means comparison of the effect of the place and nitrogen on leaf nitrogen content

جدول ۱ - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های محل آزمایش

Table 1 - Physical and chemical properties of experimental soils

محل آزمایش	کلاس بافت خاک	درصد اشباع	اسیدیته	آهک (%)	درصد کربن آلی (%)	هدایت الکتریکی (dS/m)	نیتروژن کل (%)	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Naqdeh	لوم رسی سیلتی	53	7.5	4	1.22	0.72	0.18	12.3	310	8.50	8.42	2.01	1.87	0.98
Khoy	لوم رسی سیلتی	52	7.8	6.3	1.18	0.87	0.15	10.3	290	7.24	5.63	1.3	1.65	0.83

جدول ۲- آمار هواشناسی محل‌های اجرای آزمایش در دوره رشد گیاه

Table 2- Meteorological statistics of the growing season

میزان بارش Precipitation (mm)	متوسط رطوبت نسبی Average Relative Humidity (%)	میانگین دمای حداقل Average Minimum Temp. (°C)	میانگین دمای حداکثر Average Maximum Temp. (°C)	شهر City	ماه Month
30.7	59	0.1	11.8	خوی	اسفند ۱۳۹۷
67.5	63	-0.6	11.6	نقده	
92.8	65	4.7	15.0	خوی	فروردین ۱۳۹۸
159.3	65	3.8	15.7	نقده	
26.2	54	9.1	22.9	خوی	اردیبهشت ۱۳۹۸
30.2	57	6.6	21.5	نقده	
3.0	44	15.1	31.6	خوی	خرداد ۱۳۹۸
2.7	44	13.3	30.1	نقده	
3.5	39	18.6	34.6	خوی	تیر ۱۳۹۸
0.1	40	14.6	33.4	نقده	
0.4	39	19.4	35.3	خوی	مرداد ۱۳۹۸
0.2	41	16.1	34.3	نقده	
9.5	47	14.7	30.1	خوی	شهریور ۱۳۹۸
0.1	57	12.4	30.6	نقده	
10.4	54	9.7	26.9	خوی	مهر ۱۳۹۸
10.0	48	8.1	26.8	نقده	

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب اثر سطوح مختلف عناصر بور و نیتروژن روی خصوصیات فیزیولوژیک چغندر قند
Table 3- Combined analysis of variance of the effect of different levels of boron and nitrogen on physiological properties of sugar beet

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد قند ناخالص Impure of sugar yield	عملکرد قند خالص Pure of sugar yield	قند سفید White sugar	ملاس Molasses	عیار قند Sugar content
مکان Place	1	14700596.6598**	11374048.66**	505.73**	11.575**	670.33**
تکرار درون مکان R(P)	4	3426.20	3009.73	0.12	0.032	0.12
نیتروژن N	3	55619.92 ^{ns}	31785.47 ^{ns}	58.37*	0.484 ^{ns}	55.61*
مکان × نیتروژن P×N	3	134230.16**	91557.42**	2.06**	0.217**	3.37**
خطای اول E _a	12	932.66	867.94	0.05	0.018	0.031
بور B	3	93088.80**	88819.50**	6.61**	0.015 ^{ns}	6.41*
مکان × بور P×B	3	2154.76 ^{ns}	1857.70 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.22**
نیتروژن × بور N×B	9	9409.47*	6999.19*	0.26 ^{ns}	0.036 ^{ns}	0.25 ^{ns}
مکان × نیتروژن × بور P×N×B	9	2425.29 ^{ns}	1424.18 ^{ns}	0.23**	0.032 ^{ns}	0.24**
خطای دوم E _b	48	2377.43	2274.63	0.076	0.019	0.05
C.V. (%) ضریب تغییرات		3.88	4.26	1.86	7.91	1.38

*, **, ns: به ترتیب معنی دار سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی دار.

**, *, ns: are significant difference in 1 and 5 percent and non-significant, respectively.

ادامه جدول ۳-
Table 3- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	زیست توده Biomass	عملکرد ریشه Root yield	بور برگ B	نیتروژن برگ N
مکان Place	1	13793807.92**	133478600.90**	0.01 ^{ns}	1.221*
تکرار درون مکان R(P)	4	3517.76	41036.50	0.78	0.082
نیتروژن N	3	1672354.19*	18452958.10**	18.48*	1.315**
مکان × نیتروژن P×N	3	95291.30**	438043.50**	2.77**	0.035 ^{ns}
خطای اول E _a	12	1777.53	27768.90	0.39	0.064
بور B	3	172856.17*	964274.80*	1783.33**	0.01 ^{ns}
مکان × بور P×B	3	7285.25 ^{ns}	104386.50 ^{ns}	26.44**	0.024 ^{ns}
نیتروژن × بور N×B	9	9780.27 ^{ns}	1562526.40**	10.94*	0.030 ^{ns}
مکان × نیتروژن × بور P×N×B	9	9839.22 ^{ns}	152380.50*	3.20**	0.067 ^{ns}
خطای دوم E _b	48	5159.93	62307.20	0.244	0.076
C.V. (%) ضریب تغییرات		3.41	3.39	1.30	8.33

*, **, ns: به ترتیب معنی دار سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی دار.

**, *, ns: are significant difference in 1 and 5 percent and non-significant, respectively.

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر مکان × نیتروژن روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی چغندر قند

Table 4- Comparison of the mean effect of place × nitrogen on some physiological characteristics of sugar beet

مکان (Place)	نیتروژن (N)	عملکرد قند ناخالص Impure of sugar yield (g.m ⁻²)	ملاس Molasses (%)	عملکرد قند خالص Pure of sugar yield g.m ⁻²	زیست توده Biomass g.m ⁻²
نقده Naqdeh	(N ₁)	1517.63c	1.90c	1377.99c	2369.4c
	(N ₂)	1561.81b	2.26a	1384.09c	2347.9c
	(N ₃)	1758.41a	2.02b	1570.82a	2514.1b
	(N ₄)	1741.40a	2.32a	1516.02b	2581.5a
خوی Khoy	(N ₁)	892.27d	1.43e	813.82d	1643.9g
	(N ₂)	877.35d	1.62d	781.91e	1670.4f
	(N ₃)	840.71e	1.29f	757.72f	1771.1e
	(N ₄)	838.36e	1.39e	741.81f	1823.9d

میانگین‌های هر ستون با حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

Means in a column of each treatment followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثر نیتروژن × بور روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهان چغندر قند

Table 5- Comparison of the mean effect of nitrogen × boron on some physiological characteristics of sugar beet

نیتروژن (N)	بور (B)	عملکرد قند ناخالص Impure of sugar yield (g.m ⁻²)	عملکرد قند خالص Pure of sugar yield (g.m ⁻²)	عملکرد ریشه Roor yield (g.m ⁻²)
(N ₁)	(B ₁)	1096.53f	997.34f	6035.65e
	(B ₂)	1166.53de	1064.35e	6092.12e
	(B ₃)	1203.54cd	1093.10de	6550.82de
	(B ₄)	1353.20a	1228.83a	6909.27d
(N ₂)	(B ₁)	1131.14ef	993.00f	6632.22d
	(B ₂)	1236.46bc	1099.26de	6844.17d
	(B ₃)	1204.48cd	1069.97e	6871.72d
	(B ₄)	1306.24bc	1169.76bc	7073.85d
(N ₃)	(B ₁)	1240.67bc	1095.95de	7702.05c
	(B ₂)	1333.36a	1196.50ab	7815.35c
	(B ₃)	1293.37ab	1161.69bc	7889.42bc
	(B ₄)	1330.84a	1202.93ab	7908.67bc
(N ₄)	(B ₁)	1240.02bc	1084.92de	8183.60abc
	(B ₂)	1294.66ab	1132.20cd	8165.92abc
	(B ₃)	1297.39ab	1133.82cd	8479.22a
	(B ₄)	1327.44a	1164.71bc	8417.30a

میانگین‌های هر ستون با حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

Means in a column of each treatment followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر مکان*نیتروژن*بور روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی چغندر قند

Table 6- Combined analysis of variance of place and boron and nitrogen on physiological properties of sugar beet

مکان Place	نیتروژن Nitrogen	بور B	قند سفید White sugar (%)	عیار قند Sugar content (%)	عملکرد ریشه Root yield (g.m ⁻²)	بور برگ B of leaf (mg.kg ⁻¹)
نقده Naghadeh	(N ₁)	(B ₁)	18.51bc	20.36bc	6837.5hi	25.20o
		(B ₂)	18.84ab	20.77ab	7168.0fgh	41.35fgh
		(B ₃)	18.48bc	20.43bc	7376.2fg	43.37e
		(B ₄)	19.24a	21.14a	7956.5de	44.81c
	(N ₂)	(B ₁)	17.08ef	19.38d	7584.5ef	27.28lm
		(B ₂)	17.83d	20.10c	7840.2de	41.20gh
		(B ₃)	17.33def	19.60d	7864.6de	41.99gh
		(B ₄)	18.36c	20.59b	8053.5d	44.35cd
	(N ₃)	(B ₁)	16.25g	18.53ef	9323.9bc	26.21n
		(B ₂)	17.36def	19.40d	9277.0bc	40.89h
		(B ₃)	16.86f	18.80e	9255.4bc	40.52hi
		(B ₄)	17.49de	19.37d	9110.6c	43.66de
	(N ₄)	(B ₁)	15.20i	17.46g	9539.8abc	27.83l
		(B ₂)	15.99gh	18.38f	9716.0ab	38.28k
		(B ₃)	15.37i	17.71g	9838.0a	39.81ij
		(B ₄)	15.94gh	18.26f	9696.1ab	41.43fgh
خوی Khoy	(N ₁)	(B ₁)	13.91jk	15.28j	5233.8m	22.78q
		(B ₂)	15.48hi	16.82h	5016.2m	42.16f
		(B ₃)	14.36j	15.72i	5725.4l	43.40e
		(B ₄)	15.80gh	17.48g	5863.1l	48.63a
	(N ₂)	(B ₁)	12.13mn	13.93l	5679.9l	23.45pq
		(B ₂)	13.67kl	15.33ij	5848.2l	38.31k
		(B ₃)	13.21l	14.74k	5878.8l	42.10fg
		(B ₄)	14.12jk	15.65ij	6094.2kl	47.02b
	(N ₃)	(B ₁)	11.12o	12.39o	6080.1kl	26.48mn
		(B ₂)	11.29m	13.64lm	6353.7jk	41.40fgh
		(B ₃)	12.68n	12.97n	6523.4ijk	39.064j
		(B ₄)	12.09mn	13.36m	6706.7hij	45.06c
	(N ₄)	(B ₁)	10.51p	11.90p	6827.4hi	24.05p
		(B ₂)	10.74op	12.15op	6615.8ij	39.19j
		(B ₃)	10.60p	11.97p	7120.4gh	39.87ij
		(B ₄)	10.96op	12.38o	7138.5gh	44.29cd

میانگین‌های هر ستون با حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن ندارند.

Means in a column of each treatment followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.

References

منابع مورد استفاده

- Abbas, F., E. Al-Jbawi, H.S. Al-Deen, and J. Alisha. 2020. Sugar beet (*Beta Vulgaris* Var Crassa) yield and quality attributrs as affected by nitrogen fertilization and foliar boron application. *Journal of Earth and Environmental Sciences Research*, 2(4):1-6.
- Abdel-Motagally, F.M.F. 2015. Effect of concentration and spraying time of boron on yield and quality traits of sugar beet grown in newly reclaimed soil conditions. *Assiut Journal of Agricultural Sciences*. 46(6): 15- 26.
- Abdou, M.A., E.H. Selim, and M.M.S. Hilal. 2009. Sugar beet productivity and affected by nitrogen fertilizer and cycocel levels under different harvesting dates. *Egyptian Journal of Agricultural Research*. 24 (5B), Egypt.
- Afshar, R.K., A. Nilahyane, C. Chen, H. He, W.B. Stevens, and W.M. Iversen. 2019. Impact of conservation tillage and nitrogen on sugarbeet yield and quality. *Soil and Tillage Research*. 191: 216-223.
- Ahmadpour Dehkordi, A., and M.R. Tadayon, M.R. 2013. The effect of urban wastewater and different types of fertilizers on quantitative and qualitative traits of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Science, Technology, Agriculture and Natural Resources*. 8(2): 117-97. (In Persian).
- Amjadi, P. 2003. Effects of harvest time and variety on qualitative and quantitative characters of root sugar accumulation in sugar beet. MS.c. Theses. Karaj. University of Tehran. (In Persian).
- Anonymus. 2018. FAO. World food and agriculture: Statistical pocketbook. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.FAO, Rome, 254p.<http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/ess-earbook/en/>.
- Armin, M., and M. Asgharipour. 2012. Effect of time and concentration of boron foliar application on yield and quality of sugar beet. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 12(4): 444-448.
- Baradaran Firoozabadi, M. 2002. The effect of morphological and physiological traits of sugerbeet varieties in drought stress. (In Persian).
- Bithi, S. 2019. Effect of foliar application of boron on the growth, yield and quality of tropical sugar beet. M.S.c. Thesis. Department of Agronomy, Bangladesh Agrilultural University, Mymensingh.
- Camacho-Cristobal, J.J., M.B. Herrera-Rodriguez, V.M. Beato, J. Rexach, M.T. Navarro, M. Gochicoa, J. Maldonado, and A. Gonzalez-Fontes. 2008. The expression of several cell wall-related genes in Arabidopasis roots in down-regulate under boron deficiency. *Environmental and Experimental Botany*. 63(1-3): 351-8.
- Chandan, K., T. Mahapatra, and P. Kumar. 2020. Nutrient management in sugar beet: a review. *Pakistan Sugar Journal*. 35: 31-44.
- Draycott, A.P., and D.R. Christenson. 2003. Nutrients for sugar beet production, soil plant relationship. CABI Publishing, pp. 1-105.
- Dutton, J., and G. Bowler. 1984. Money is still being wasted on nitrogen fertilizer. *British Sugar Beet Review*. 2: 75-77.

- Ebrahimipak, N.A., and M. Mostashari. 2012. Evaluation of irrigation water management and boron fertilizer to increase water use efficiency of sugar beet. *Water and Irrigation Management*. 2(2): 53-67.
- Emami, A. 1996. Methods of plant degradation, Soil and Water Research Institute. Technical Report. No. 982. Tehran .Iran (In Persian).
- Gaderi. J., M.M. Tehrani, F. Hamed, and K. Haidari. 2020. Effect of municipal solid waste compost and chemical fertilizers on quality and quantity of sugar beet yield and concentration of some nutrients in soil. *Journal of Soil Research (Water and Soil)*. 34(1):47-60. (In Persian).
- Gangwar, M.S., and H.K. Srivastava. 2009. Effect of B application on yield and quality of sufer beet. GB Pant University of Agriculture and Technology, India. Pantanaqar.
- Habibi, D. 2002. Modeling of estimating sugar beet root yield and sugar content in Karaj district. Ph.D. Thesis, Isalamic Azad University, Science and Research branch, Tehran, Iran.
- Helal, F.A., A.S. Taalab, and A.M. Safaa. 2009. Influence of nitrogen and boron nutrition on nutrient balance and sugar beet yield grown in calcareous soil. *Ozean Journal of Applied Sciences*. 2(1):1-10.
- Hergert, G.W. 2010. Sugar beet fertilization. *Sugar Technology*. 12: 256-266.
- Hosseinpour, M., A. Soroushadeh, M. Alikhani, A.M. Khoramian, and D.F. Taleghani. 2006. Evaluation of quantity and quality of sugar beet under drip and furrow irrigation methods in north of Khuzestan. *Journal of Sugar beet*. 22(1): 39-57.
- Hoffmann, C.M., and B. Mirlinder. 2005. Composition of harmful nitrogen in sugar beet (*Beta vulgaris* L.), amino acids, betaine, nitrate as affected by genotype and environment. *European Journal of Agronomy*. 22: 255-265.
- Jackson, N.E., R.H. Miller, and R.E. Franklin. 1973. The influence of vesicular-arbuscular mycorrhizae on uptake of 90Sr from soil by soybeans. *Soil Biology and Biochemistry*. 5(2): 205-212.
- Jahedi, A., A. Novruzi, M. Hasani, and F. Hamdi. 2012. Effect of irrigation methods and nitrogen on quality and quantity of sugar beet. *Journal of Sugar beet*. 28(1): 43-53.
- Javaheri, S.H., M. Abdollahian Noghayi, M. Kashani, A.Habibi, and H.Noshad. 2011. Relatinship in leaf chlorophyl content and yield in sugar beet with use of portal chlorophyl meter. *Journal of New Finding in Agriculture*. 5(4): 355-365.(In Persian).
- Kabu, M., and M.S. Akosman. 2013. Biological effects of boron. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*. 225: 57-75.
- Kandil, E.E., N.R. Abdelsalam, and A.A.A. El-Aziz. 2020. Efficacy of nano fertilizer, fulvic acid and boron fertilizer on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield and quality. *Sugar Technology*. 22: 782-791.
- Khajehpour, M. 2004. Industrial plants. Isfahan University Jihad Publications. 571 pages (In Persian).

- Kristek, A., A. Biserka, and S. Kristek. 2006. Effect of the foliar boron fertilization on sugar beet root yield and quality. *Agriculture-Scientific and Professional Review*. 12(1): 22-26.
- Lamb J.A., M.W. Bredehoeft, and C. Dunsmore. 2011. Nitrogen management strategies for increasing sugar beet root quality. Available at: [http://www.sbreb.org/research/soil/soil11/N management Lamb.pdf](http://www.sbreb.org/research/soil/soil11/N%20management%20Lamb.pdf).
- Last, P.J., A.P. Draycott, A.B. Messem, and D.J. Webb. 1983. Effects of nitrogen fertilizer and irrigation on sugar beet at Brooms barn 1973-1978. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge. 101: 185-205.
- Lehrsch, G.A., B.Brown, R.D. Lentz, J.L. Johnson Mayard, and B. Leytem. 2014. Sugar beet yield and quality when substituting compost or manure for conventional nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*. 107: 1. 221-231.
- Majidi, A., and H. Tabiezd. 2018. The effect of souece and rate of nitrogen on yield and some quality factors of sugar beet. *Journal of Applied Research in Soil*. 6(3):118-129. (In Persian).
- Mahapatra, C.K., T. Bhadra, and S.K. Paul. 2020. Nutrient management in sugar beet: A review. *Pakistan Sugar Journal*. 35(2): 14.
- Malnou C.S., K.W.Jaggard, and D.L. Sparkes. 2008. Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. *European Journal of Agronomy*. 28: 47-56.
- Mekdad, A.A. 2015. Sugar beet productivity as affected by nitrogen fertilizer and foliar spraying with boron. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 4: 181–196.
- Mekki, B.B. 2014. Root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in response to foliar application with urea, zinc and manganese in newly reclaimed sandy soil. *American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science*. 14 (9): 800-806.
- Nemeat- Alla, E.A., and M.I.H. El- Geddawy. 2008. Response of sugar beet to foliar spraying with micronutrients under different level nitrogen and phosphorous fertilization. *Journal of Agricultural Research*. 27 (4): 670-691.
- Noshad, H., R. Mohamadian, and F. Hamdi. 2014. Effect of organic fertilizer content of amino acids on nitrogen efficiency and quality and quantity traits of sugar beet. *Journal of Sugar beet*. 30(2): 167-181.
- Osman, K.T. 2018. Acid soils and acid sulfate soils. In management of soil problems, Springer, Cham, pp: 299-332.
- Ouda Sohier, M.M. 2005. Yield and quality of sugar beet as affected by planting density and nitrogen fertilizer levels in the newly reclaimed soil. *Sugar Crop Research Egypt*. 32:131-142.
- Przemysław, B., W. Grzebisz, M. Fec, R. Lukowiak, and W. Szczepaniak. 2010. Row method sugar beet fertilization with multicomponent fertilizer based on urea-ammonium nitrate solution as a way to increase nitrogen efficiency. *Journal of Central European Agriculture*. 11(2): 225-234.
- Rahimi, A., and B. Dolati, and S. Heidarzadeh. 2017. The effect of foliar application of some microelements on the quantitative and qualitative characteristics of sugar beet cultivar Latitia. *Applied Soil Research*. 5 (2): 108-121 (In Persian).

- Refay, Y.A. 2010. Root yield and quality traits of three sugar beet (*Beta vulgaris* L.) varieties in relation to sowing date and stand densities. *World Journal of Agricultural Sciences*. 6 (5): 589-594.
- Rehab, I.F., S.S. El Maghraby, E.E. Kandil, and Y.I. Nahed. 2019. Productivity and quality of sugar beet in relation to humic acid and boron fertilization under Nubaria conditions. *Alexandria Science Exchange Journal*. 40 (1):187-198.
- Reinefeld, E., A. Emmerich, G. Baumgarten, C. Winner, and U. Bei. 1974. Zur Voraussage des Melassezuckers aus Rübenanalysen. *Zucker*. 27: 2-15.
- Sahin, F., R. Cakmakci, and F. Kantar. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil* 265: 123-129.
- Shukla, A.K., S.K. Behera, A. Pakhre, and S.K. Chaudhary. 2018. Micronutrients in soils, plants, animals and humans. *Indian Journal of Fertilizers*. 14(3): 30-54.
- Tlili, A., I. Dridi, S. Fatnassi, H. Hamrouni, and M. Gueddari. 2018. Effect of boron distribution in sugarbeet crop yield in two soils of Dour Ismail irrigated perimeter. *Advances in Science, Technology and Innovation*. 417-423.

Research Article

DOI:

The Effect of Nitrogen and Boron on Yield and Quality of Sugar beet

Hojat Azaryar¹, Farzad Jalili^{2*}, Javad Khalili Mahalleh², Mohsen Roshdi³ and Ali Nasrollahzadeh Asl²

Received: April 2022, Revised: 25 June 2022, Accepted: 10 July 2022

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of nitrogen and boron on yield and quality of sugar beet (*Pirola* cultivar) in Khoy and Naghadeh regions as a split plot based on a randomized complete block design with three replications. Nitrogen factor at four levels as N₁(%50 at planting and %50 at 6-8 leaf stage), N₂ (%50 at planting and %50 at 8-12 leaf stage), N₃ (1.5 times N₁) and N₄ (1.5 times N₂) in main plots and boron in four levels B₁ (non-usage), B₂ (soil usage), B₃ (as foliar application in two stages of 6-8 leaves and 8-12 leaves) and B₄ (foliar application in two stages 8-12 and 16-20 leaves) as the subplot. The interaction effect of (place*nitrogen) on all traits with out leaf nitrogen content, (place*boron) on leaf boron content, sugar percent, and (place*nitrogen*boron) on leaf boron content, root yield and white sugar content were significant. The results of comparison of mean showed that the highest boron efficiency in increasing root yield observed in N₄B₄. In both places, root yield gradually increased along with increasing of consumed nitrogen. The maximum root yield (9838 g/m²) in N₄ was in Naqadeh which had an increase of 38 %compared to the same treatment in Khoy. In both places, regardless of the boron content, with a gradual increase of nitrogen from N₁ to N₄ sugar percentage decreased. In both places, the efficiency of the treatments in increasing the percentage of sugar belonged to B₄ at the lowest nitrogen level (N₁), which in all four nitrogen levels was equal to B₂ (boron soil consumption). In all four levels of nitrogen, the yield of pure sugar increased with increasing boron consumption. The yield of pure sugar in Naqdeh at all four levels of nitrogen was higher than that of Khoy. It seems that in Naqdeh, due to the high root yield compared to Khoy, pure sugar yield is also higher. Thus, the result of this research, treatment of N₁B₄ in situation of this research recommended.

Key words: Biomass, Foliar application, Root yield, Sugar percent.

¹ Ph.D. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khoy Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran.

² Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Khoy Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran.

³ Associate Prof., Faculty of Agriculture, Khoy Branch, Islamic Azad University, Khoy, Iran.

*Corresponding Authors: farjalili@iaukhoy.ac.ir