تأثیر نظام‌های مختلف مدیریت تغذیه برعملکرد کمی و صفات کیفی شربت ارقام مختلف چغندرقند در شرایط آب و هوایی شهرستان شوشتر

محمد رجب زاده[۱]، اسفندیار فاتح[۲*]، علی منصفی[۳] و احمد نوشکام[۴]

۱،۲و۳) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۴) مرکز تحقیقات کشاورزی بخش چغندر قند صفی اباد دزفول، دزفول، ایران.

نویسنده مسئول*: e.fateh@scu.ac.ir

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۰۶/۱۷ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵**

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نظام‌های مختلف تغذیه بر صفات کمی و کیفی ارقام مختلف چغندرقند، به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، طی سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۴ در شهرستان شوشتر اجرا شد. عامل اول شامل رقم در سه سطح (ارقام خارجی آنتک و هانی، و رقم ایرانی هما) و عامل دوم شامل ترکیب تیمارهای تغذیه‌ای در هشت سطح بود. سطوح تغذیه‌ای عبارت بودند از: F1) شاهد؛ بدون مصرف کود، F2) مصرف کود پایه بر اساس نتایج آزمون خاک یا توصیه کودی، F3) اعمال سطح F2 + محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر در هکتار کود حاوی عناصر کم‌مصرف، F4) اعمال سطح F3 + محلول‌پاشی ۳ کیلوگرم در هکتار کود ماکرو (NPK: 20-20-20)، F5) اعمال سطح F4 + محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر در هکتار اسید آمینه، F6) اعمال سطح F5 + محلول‌پاشی ۱/۵ لیتر در هکتار عصاره جلبک دریایی، F7) اعمال سطح F6 + محلول‌پاشی ۳ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و F8) اعمال سطح F7 + کاربرد ۳ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به‌صورت کودآبیاری. نتایج نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی، رقم هما با میانگین ۸/۹۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد ریشه را به خود اختصاص داد. در بررسی سطوح تغذیه‌ای نیز، تیمارهای F8 و F7 به ترتیب با ۱۱۳ و ۱۰۳ تن در هکتار برترین تیمارها بودند و نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۳۸ و ۳۶ درصد افزایش عملکرد ریشه را نشان دادند. در بین صفات کیفی شربت، بیشترین درصد قند قابل استحصال در تیمارهای F7 و F3 مشاهده شد. همچنین، مدیریت تغذیه‌ای کامل به‌ویژه در تیمار F8 موجب افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها) گردید که این واکنش در رقم آنتک بارزتر بود.

واژه‌های کلیدی: درصد قند، عملکرد ریشه، محرک‌های زیستی و مدیریت تلفیقی کود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

مقدمه

چغندرقند یکی از مهم‌ترین گیاهان صنعتی در مناطق معتدل جهان است که سهم قابل توجهی در تأمین شکر مصرفی جهانی دارد. این گیاه به دلیل ظرفیت بالای تولید ماده خشک و تجمع ساکارز در ریشه، از نظر اقتصادی اهمیت ویژه‌ای دارد. عملکرد و کیفیت تکنولوژیک چغندرقند به شدت تحت تأثیر مدیریت زراعی، به‌ویژه تغذیه معدنی قرار دارد، به‌گونه‌ای که عدم تعادل عناصر غذایی می‌تواند منجر به کاهش رشد رویشی، اختلال در فتوسنتز و کاهش درصد قند قابل استحصال شود (Tayyab *et al*., 2023؛ Ghimire and Maharjan, 2024). تأمین متعادل عناصر پرمصرف شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم نقش اساسی در بهبود شاخص سطح برگ، کارایی فتوسنتزی و انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه دارد (Taiz *et al*., 2015). نیتروژن اگرچه موجب افزایش رشد رویشی می‌شود، اما مصرف بیش از حد آن می‌تواند سبب کاهش درصد ساکارز و افزایش ناخالصی‌های ملاس‌زا گردد (Xing *et al*., 2025). در مقابل، پتاسیم نقش کلیدی در تنظیم فشار اسمزی، فعال‌سازی آنزیم‌ها و انتقال قندها از اندام‌های هوایی به ریشه ایفا می‌کند. بنابراین، مدیریت متعادل عناصر غذایی پر مصرف یکی از ارکان اصلی افزایش عملکرد کمی و کیفی چغندرقند محسوب می‌شود (Lamlom *et al*., 2025). در بسیاری از خاک‌های آهکی و مناطق خشک و نیمه‌خشک، کمبود عناصر کم‌مصرف نظیر آهن، روی و منگنز به‌عنوان یکی از عوامل محدودکننده تولید شناخته می‌شود. این عناصر در ساختار آنزیم‌های کلیدی زنجیره انتقال الکترون و سنتز کلروفیل نقش دارند و کمبود آن‌ها منجر به کاهش کارایی فتوسنتز و کاهش تولید ماده خشک می‌شود (Broadley *et al*., 2012). در سال‌های اخیر، استفاده از محرک‌های زیستی شامل اسیدهای آمینه، عصاره جلبک‌های دریایی و اسیدهای هیومیک به‌عنوان رویکردی نوین در کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیبات از طریق تحریک فعالیت آنزیمی، بهبود توسعه ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی، می‌توانند عملکرد گیاه را ارتقا دهند (Calvo *et al*., 2014؛ du Jardin *et al*., 2015؛ مرادی و همکاران، ۱۴۰۴). گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با محرک‌های زیستی می‌تواند کارایی مصرف عناصر غذایی را افزایش داده و پاسخ رشدی گیاه را بهبود بخشد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مدیریت تغذیه‌ای یکی از مؤثرترین عوامل در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت تکنولوژیک چغندرقند است. در این راستا، نتایج یک پژوهش جامع بر روی ۲۵۶ مجموعه داده از ۸۷ مطالعه منتشرشده بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۲۴ در کشور چین نشان داد که کاربرد بهینه نیتروژن بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش چشمگیر عملکرد ریشه (۳۱ درصد) و قند (۲۱/۶ درصد) شد، اما فراتر از این محدوده اثرات مثبت محدود شده و حتی تأثیرات زیست‌محیطی نامطلوب به همراه داشت (Wang *et al*., 2025). طبق گزارشی از El- Safy و همکاران (۲۰۱۸)، افزایش نیتروژن از ۶۰ به ۱۰۰ کیلوگرم همراه با کاربرد ریزوباکتری موجب بهبود معنی‌دار عملکرد شاخ

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

و برگ، ریشه و قند، همچنین افزایش مواد جامد محلول، ساکارز و خلوص قند شد. همچنین مشاهده شد که افزایش بور از ۰/۵ به ۱ کیلوگرم نیز عملکرد ریشه را افزایش داد. در سال‌های اخیر، نقش عناصر کم‌مصرف در افزایش عملکرد چغندرقند بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. کمبود ریزمغذی‌ها در خاک‌های آهکی سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های کلیدی فتوسنتزی و اختلال در سنتز کلروفیل می‌شود. گزارش‌ها نشان داده‌اند که محلول‌پاشی آهن و روی می‌تواند شاخص سطح برگ، تولید ماده خشک و درصد قند را افزایش دهد (Jian *et al*., 2025؛ Adrees *et al*., 2020). کاربرد محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها می‌تواند با افزایش دسترسی برگی، کارایی جذب این عناصر را بهبود بخشد (دلف عبودی و همکاران، ۱۴۰۴). در این راستا، Nemeat-Alla و همکاران (۲۰۱۴) طی پژوهشی به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها در چند مرحله و چهار سطح نیتروژن خاکی (۶۰، ۷۵، ۹۰ و ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار) بر چغندرقند گزارش دادند که کاربرد نیتروژن تا ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار همراه با دو بار محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها باعث افزایش معنی‌دار طول و قطر ریشه، تجمع ماده خشک، عملکرد ریشه و اندام هوایی و عملکرد قند شد. با این حال، با افزایش نیتروژن و محلول‌پاشی، درصد مواد جامد محلول، ساکارز و خلوص شربت کاهش یافت. طی مطالعه‌ای دیگر محققان در بررسی تأثیر نوع کمپوست (بدون کمپوست، کمپوست زباله شهری و کمپوست گیاهی)، سطوح نیتروژن (۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها (صفر، ۱ و ۲ لیتر کود تجاری سیترین) گزارش دادند که کاربرد ۵ تن کمپوست گیاهی همراه با ۸۰ کیلوگرم نیتروژن و محلول‌پاشی سیترین به میزان ۲ لیتر در هکتار برای بهبود عملکرد و کیفیت چغندرقند توصیه می‌شود (Ibrahim *et al*., 2023).

از سوی دیگر، کاربرد محرک‌های زیستی به‌عنوان مکمل برنامه‌های تغذیه‌ای متداول، به‌عنوان یکی از رویکردهای نوین در کشاورزی پایدار مطرح شده است، زیرا این ترکیبات با بهبود کارایی جذب عناصر غذایی، تحریک فعالیت‌های فیزیولوژیک و افزایش تحمل گیاه به تنش‌های محیطی، می‌توانند ضمن کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، عملکرد و کیفیت محصولات زراعی را ارتقا دهند (Lu *et al*., 2024). هم‌راستا با این نتایج، Pačuta و همکاران (۲۰۲۳) در بررسی دو تیمار محرک زیستی شامل عصاره خالص جلبک قهوه‌ای و ترکیبی از عصاره جلبک و مواد هیومیک در مقایسه با تیمار شاهد بر چهار رقم چغندرقند طی دو سال آزمایشی گزارش دادند که محرک‌های زیستی تأثیر معنی‌داری بر تمام پارامترهای فیزیولوژیک و تولیدی چغندرقند به جز محتوی پتاسیم ریشه داشتند. این ترکیبات اثر مثبت قابل توجهی بر عملکرد ریشه، عملکرد قند و شاخص سطح برگ، داشتند، در حالی که اثر مثبت بر درصد قند تنها در تیمار عصاره خالص جلبک مشاهده شد. تأثیر مثبت این ترکیبات بر سایر گیاهان زراعی نیز در آزمایشات مختلف به اثبات رسیده است. در این

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

راستا امیری و همکاران (۱۴۰۱) گزارش دادند که کاربرد اسیدهیومیک و جلبک‌دریایی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ، تعداد بلال در واحد سطح، عملکرد زیست‌توده و دانه ذرت گردید.

با وجود مطالعات انجام‌شده در زمینه تغذیه چغندرقند، اطلاعات محدودی درباره اثر همزمان و تلفیقی کودهای معدنی (درشت مغذی‌ها و ریزمغذی‌ها، محلول‌پاشی NPK)، کودهای آلی (کمپوست، هیومیک اسید و ...) و محرک‌های زیستی بر عملکرد و کیفیت ارقام مختلف چغندرقند وجود دارد. از سوی دیگر، تفاوت‌های ژنتیکی میان ارقام می‌تواند منجر به پاسخ‌های متفاوت به برنامه‌های تغذیه‌ای گردد. بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر برنامه‌های مختلف مدیریت تلفیقی تغذیه بر عملکرد و برخی صفات کیفی شربت سه رقم چغندرقند طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر نظام‌های مختلف تغذیه بر صفات کمی و کیفی ارقام مختلف چغندرقند طی سال زراعی ۰۴-۱۴۰۳ در مزرعه هنرستان کشاورزی شهید باهنر واقع در شهرستان شوشتر با عرض جعرافیایی ۳۲ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی اجرا شد. آمار هواشناسی در محدوده زمانی انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد.

جدول ۱: میانگین ماهانه شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد در سال زراعی ۰۴-۱۴۰۳

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	۱۵/۳	۱۲/۸	۳/۴	۴/۸	۶/۲	۱/۲	۸/۹	۱۸/۸	۲۲/۲	۲۶/۲	۲۸/۹	۲۲/۸	۱۸/۴
دمای حداکثر درجه سانتی‌گراد)	۴۵/۹	۳۵/۲	۲۷/۲	۲۵	۲۳/۹	۳۱/۶	۳۸/۴	۴۹	۵۰	۴۹/۹	۵۰/۱	۴۷/۲	۴۲
رطوبت نسبی (درصد)	۳۱/۴	۴۳/۲	۶۱/۲	۵۵/۹	۴۷/۵	۴۸/۸	۴۶	۲۷	۲۰	۲۰	۲۴	۲۵	۲۵
مجموع بارندگی (میلی‌متر)	۰	۴/۵	۳۸/۱	۱۰/۷	۲۱/۲	۴۱/۳	۴۵/۸	۲۶/۷	۲۰/۰	۱۹/۷	۲۴/۲	۲۵/۵	۲۴/۵

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک	بافت خاک	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	نیتروژن کل (درصد)	مواد آلی (درصد)
۰-۳۰ سانتی‌متر	رسی لومی	۲۵۶	۱۵	۷/۴	۱/۲۶	۰/۰۱۶	۰/۲۷

عامل اول رقم در سه سطح شامل ارقام خارجی آنتک، هانی و رقم ایرانی هما و عامل دوم ترکیب تیمارهای تغذیه‌ای در هشت سطح شامل موارد ذیل بود: F1) شاهد؛ بدون مصرف کود، F2) مصرف کود پایه بر اساس نتایج آزمون خاک (توصیه کودی)، F3) اعمال سطح F2 + کود حاوی عناصر کم مصرف (یک و نیم لیتر در هکتار به‌صورت محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و تکرار ۲ هفته بعد)، F4) اعمال سطح F3 + محلول‌پاشی کود ماکرو (NPK: ۲۰-۲۰-۲۰) به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار در مرحله ۸-۶ برگی و تکرار ۲ هفته بعد، F5) اعمال سطح F4 + اسیدآمینه (یک و نیم لیتر در هکتار) به‌صورت محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و تکرار ۲ هفته بعد، F6) اعمال سطح F5 + جلبک دریایی (یک و نیم لیتر در هکتار)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

به‌صورت محلول‌پاشی در مرحله ۸-۶ برگی و تکرار ۲ هفته بعد، F7) اعمال سطوح F6 + سولفات پتاسیم (۳ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت محلول‌پاشی دو ماه قبل از برداشت و F8) اعمال سطح F7 + کودآبیاری هیومیک اسید (۳ کیلوگرم در هکتار) در مرحله ۲ تا ۴ برگی. قبل از آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام گردیده و نمونه‌ها جهت آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک ارسال شد. پس از انجام آبیاری اولیه، عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق، دیسک و تسطیح زمین انجام شد. مصرف کود پایه بر اساس نمونه‌برداری از خاک قبل از شروع آزمایش و نتایج آنالیز خاک بود (جدول ۲). برای تأمین فسفر از کود سوپرفسفات تریپل، برای تأمین پتاسیم از سولفات پتاسیم و برای تأمین نیتروژن از کود اوره استفاده گردید. بر مبنای نتایج آزمون خاک، قبل از کشت مقادیر کودهای اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب برابر با ۳۶۲، ۱۳۳ و ۲۴۲ کیلوگرم در هکتار مشخص و به صورت پایه به خاک اضافه شد. در ادامه کودهای مصرفی براساس سطوح تغذیه‌ای مشخص شده طی مراحل رشدی اعمال شد.

هر کرت آزمایش شامل ۵ ردیف کاشت به طول پنج متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر (تراکم ۱۱۰ هزار بوته در هکتار) بود و فاصله‌ی بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. بذر مونوژرم دو رقم خارجی آنتک از کشور آلمان و هانی از کشور ایتالیا و رقم ایرانی هما از یک شرکت دانش‌بنیان (واقع در شهر کرج) تهیه گردید. عملیات کشت به صورت دستی در مهرماه ۱۴۰۳ انجام شد. کلیه عملیات زراعی (کاشت، داشت و برداشت) چغندرقند مطابق روال معمول در سطح مطلوب و در تاریخ مناسب انجام شد. در طی فصل رشد، آبیاری مزرعه، عمدتاً با فواصل زمانی ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. کنترل علف‌های هرز در بین دو محلول‌پاشی و بعد از محلول‌پاشی به روش وجین دستی انجام شد. عملیات برداشت ۲۲۰ روز پس از کاشت در ابتدای خرداد ماه انجام شد. مواد کودی موردنیاز از شرکت‌های داخلی معتبر و مورد تأیید موسسه خاک و آب با شماره ثبت کودی تهیه شد. مشخصات هر یک از ترکیبات کودی مورد استفاده در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: مشخصات هر یک از ترکیبات تغذیه‌ای مورد استفاده در آزمایش

کودهای مصرفی	نیتروژن کل	نیتروژن به فرم اوره	فسفر قابل استفاده (P2O5)	پتاسیم محلول در آب (K20)	عصاره جلبک دریایی	اسید آمینه آزاد	اسید آمینه کل	اسید هیومیک	اسید فولویک	گوگرد محلول	آهن	روی	منگنز	گوگرد	منیزیم	بور	مس	مولیبدن
	برحسب درصد																	
جلبک دریایی	۰/۰۷	-	۰/۰۳	۰/۶۸	۳۲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
اسید آمینه	۶	-	-	-	-	۴۶	۴۷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N-P-K	-	۲۰	۲۰	۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
هیومیک اسید	-	-	-	۱۲	-	-	-	۶۵	۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-
سولفات پتاسیم	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۸/۵	-	-	-	-	-	-	-	-
عناصر کم‌مصرف	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۴/۲۵	۴/۲۵	۳/۲	۲	۱/۲۸	۱/۶۲	۰/۶۰۴	۰/۰۵۹

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

صفات مورد بررسی

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کاروتنوئیدهای برگ

در ۱۱۰ روز پس از کاشت، هم‌زمان با مرحله رشد روزت (BBCH 39)، نمونه‌برداری از برگ‌های سالم، کاملاً توسعه‌یافته و بدون علائم خسارت یا بیماری از بخش میانی روزت هر گیاه انجام شد. سپس ۵ گرم از برگ تازه توزین و ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی کاملاً ساییده شده و سپس توسط سانتریفیوژ در دور ۲۷۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه برای اندازه‌گیری با اسپکتروفتومتر استفاده گردید (Lichtenthaler *et al*., 1982). در نهایت میزان جذب برای تخمین کلروفیل a، b و کاروتنوئید به ترتیب درطول موج های ۴۷۰، ۶۶۳ و ۶۴۶ مختلف بر اساس رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ اندازه‌گیری شد (Lichtenthaler *et al*., 1982).

رابطه ۱: $Chl\ a = (12/25 \times A663 - 2/79 \times A646)$

رابطه ۲: $Chl\ b = (21/21 \times A646 - 5/1 \times 663)$

$Chl\ total = Chl\ a + Chl\ b$

رابطه ۳: $Car = (1000 \times A470 - 1/8 \times chl\ a - 85/02 \times chl\ b) / 198$

که در آن Chl a، Chl b و Carten به ترتیب بیانگر کلروفیل a ، کلروفیل b و کاروتنوئید است.

عملکرد ریشه

به منظور برآورد ریشه تحت تیمارهای آزمایشی، از هر واحد آزمایشی دو متر مربع مشخص و پس از حذف اندام هوایی، ریشه‌ها از خاک خارج و توزین گردید.

محتوی سدیم و پتاسیم ریشه

سدیم و پتاسیم ریشه با دستگاه شعله‌سنجی (فلیم فتومتر مدل JENWAY، ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد.

محتوی نیتروژن مضره

برای محاسبه نیتروژن مضره (α-amino-N) با استفاده از روش Cook and Scott (2017) استفاده شد و نتایج بر حسب میلی اکی والان در صدگرم خمیر حاصل از ریشه گزارش شد.

میزان قلیائیت یا الکالیته (ALC)

میزان الکالیته با استفاده از میزان نیتروژن مضره، سدیم و پتاسیم و براساس رابطه ۴ محاسبه شد (Tazikeh *et al*., 2021).

رابطه ۴: $ALC=(K+Na)/a\text{-}\alpha mino\text{-}N$

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

صفات کیفی شربت

به منظور بررسی صفات کیفی شربت، در هنگام رسیدگی به‌صورت تصادفی تعداد ۲۵ ریشه از هر واحد آزمایشی برداشت و به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول منتقل شد. ریشه‌ها ابتدا به‌طور کامل شسته شده و پس از توزین، از آن‌ها خمیر تهیه و در ظروف مخصوص تحت شرایط انجماد نگهداری شد. برای تجزیه کیفی هر نمونه خمیر، آن را در دمای ۲۰ درجه سلسیوس قرار داده و پس از خارج شدن از حالت انجماد، از هر نمونه ۲۶ گرم خمیر با ۱۷۷ میلی‌لیتر استات سرب قلیایی در همزن ریخته و به مدت سه دقیق مخلوط گردید. پس از انتقال مخلوط به قیف صافی، شربت زلالی به‌دست آمد که برای اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی مورد استفاده قرار گرفت. صفات کیفی مورد بررسی با استفاده از شربت به‌دست آمده به‌صورت زیر اندازه‌گیری شدند.

درصد قند ناخالص (SC) یا همان عیار چغندرقند شامل درصد قند قابل استحصال به همراه درصد قند (مقدار ساکارز) موجود در ملاس است با استفاده از دستگاه ساکاریمتر[1] (مدل SUMA ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد. مقدار قند موجود در ملاس (MS) بر اساس رابطه ۵ محاسبه گردید (Abdollahian and Noghabi, 1999).

رابطه ۵: $MS= 0.343 (Na+K) + 0.094(\alpha\text{-amino-N}) - 0.31$

درصد قند خالص (WSC) بر اساس تفاضل درصد قند ناخالص (SC) و درصد قند ملاس(MS) بر اساس رابطه ۶ تعیین شد (Tazikeh et al., 2021).

رابطه ۶: $WSC= SC - MS$

ضریب استحصال شکر یا راندمان استحصال(ECS) با استفاده از رابطه ۷ محاسبه گردید (Tazikeh et al., 2021).

رابطه ۷: $ECS=(WSC/SC)\times100$

آنالیز آماری

تجزیه‌ی آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) و ترسیم نمودارها با استفاده برنامه‌های Word و Excel (Office, 2025) انجام شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد انجام شد.

[1] Saccharimeter

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

نتایج و بحث

صفات رنگدانه‌های نوری در برگ

بررسی نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی بیانگر تأثیرپذیری کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها از اثرات اصلی و برهمکنش عوامل آزمایشی بود. در مقابل با توجه به جدول ۴، کلروفیل b تنها تحت تأثیر اثرات اصلی رقم و سطوح تغذیه‌ای قرار گرفت.

در بررسی مقایسه میانگین اثر اصلی کلروفیل b مشاهده شد که رقم آنتک با میانگین ۰/۴۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، محتوی کلروفیل b بیشتری نسبت به دو رقم دیگر داشت (جدول۵). همچنین تحت سطوح تغذیه‌ای مورد استفاده، میانگین این رنگدانه در تیمار F1 (شاهد) برابر با ۰/۲۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود که تحت سطوح F8 و F7 به ترتیب با ۱۶۲ و ۱۳۹ درصد افزایش به مقادیر ۰/۶۴۰ و ۰/۵۸۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر رسید که از این نظر نسبت به سایر سطوح تیماری برتری معنی‌داری داشتند (جدول ۵). بررسی محتوی کلروفیل a و کلروفیل کل تحت برهمکنش عوامل آزمایشی نشان داد که ارقام آنتک و هانی تحت تیمار تغذیه‌ای F8 با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند ولی نسبت به سایر سطوح تیماری میانگین بالاتری داشتند (جدول ۶). در مقابل کمترین مقدار این دو صفت نیز مربوط به رقم هما تحت تیمار تغذیه‌ای F1 بود (جدول ۵). از نظر کاروتنوئید نیز مشاهده شد که ارقام مورد بررسی تحت سطوح تغذیه‌ای واکنش متفاوتی داشتند. ولی به‌طور کلی بیشترین میانگین این تیمار در رقم آنتک تحت سطوح تغذیه‌ای F8 و سپس F7 و رقم هانی در دو سطح تیماری F8 و F7 و رقم هما در سطح تغذیه‌ای F1 مشاهده شد.

بررسی تأثیر تیمارهای آزمایشی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی نشان داد که رقم "آنتک" با دارا بودن مقدار کلروفیل b به‌طور معنی‌داری بیشتر نسبت به دو رقم دیگر، از ظرفیت بالاتری در توسعه سیستم گیرنده‌های نوری فتوسیستم II برخوردار است. از سوی دیگر، افزایش قابل توجه کلروفیل a و کل در تیمارهای F7 و F8 را می‌توان به تأمین متعادل نیتروژن، منیزیم و ریزمغذی‌های دخیل در سنتز کلروفیل نسبت داد (Johnson & Mirza, 2020). همچنین کاربرد جلبک دریایی و اسیدهای آمینه می‌تواند با بهبود متابولیسم نیتروژن و کاهش تنش، سنتز رنگیزه‌ها را تقویت کند (Khan et al., 2009؛ Calvo et al., 2014). در مورد کاروتنوئیدها نیز واکنش ارقام متفاوت بود که بیانگر تفاوت ژنتیکی در سیستم‌های حفاظتی آنتی‌اکسیدانی است. افزایش کاروتنوئید در برخی تیمارها (به‌ویژه F8 و F7) احتمالاً ناشی از بهبود وضعیت تغذیه‌ای و افزایش پایداری غشاهای تیلاکوئیدی است، زیرا این ترکیبات در حفاظت فتوسیستم‌ها در برابر تنش اکسیداتیو نقش دارند (Havaux et al., 2014). به طور کلی، نتایج نشان می‌دهد مدیریت تغذیه‌ای کامل (به‌ویژه F8)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

موجب بهبود معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی شده و این پاسخ در رقم آنتک بارزتر بوده است. بنابراین افزایش ظرفیت فتوسنتزی یکی از سازوکارهای اصلی افزایش عملکرد در تیمارهای تغذیه‌ای کامل محسوب می‌شود.

عملکرد ریشه

نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی نشان داد که عملکرد ریشه به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی رقم و سطوح تغذیه‌ای به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر اصلی رقم نشان داد که رقم ایرانی هما با میانگین ۹۹/۸ تن در هکتار، به طور معنی‌داری عملکرد ریشه بالاتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. از طرفی ارقام آنتک و هانی به ترتیب با میانگین ۹۲/۵ و ۸۶/۸ تن در هکتار با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). در بررسی سطوح تغذیه‌ای نیز مشاهده شد که تیمارهای تغذیه‌ای F8 و F7 به ترتیب با ۱۱۳ و ۱۰۳ تن در هکتار، از نظر عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و نسبت به سایر سطوح تیماری برتری داشتند. بر این اساس مشاهده شد که سطوح تغذیه‌ای F8 و F7 به‌ترتیب ۳۸ و ۳۶ درصد عملکرد ریشه بالاتری نسبت به تیمار F1 (شاهد) داشتند (جدول ۵).

به نظر می‌رسد برتری عملکرد ریشه در رقم "هما" با کارایی جذب عناصر و الگوی تخصیص ماده خشک به ریشه مرتبط باشد. در همین راستا، مطالعات گذشته نشان داده‌اند که تنوع ژنتیکی ارقام چغندرقند عامل کلیدی در تفاوت‌های مشاهده شده در کارایی مصرف نهاده‌ها و شاخص‌های عملکردی است (Ebmeyer & Hoffmann, 2021). عملکرد بالاتر تیمارهای F8 و F7 احتمالاً ناشی از تغذیه متعادل شامل عناصر پرمصرف و کم‌مصرف به همراه محرک‌های زیستی مانند اسید آمینه، عصاره جلبک دریایی و هیومیک اسید بوده که رشد رویشی، فتوسنتز و توسعه ریشه را تقویت کرده‌اند. در این راستا، گزارش دادند که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک (به ترتیب ۶ و ۳ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد ریشه (۷۴ تن در هکتار) و عملکرد قند خالص (۴/۸ تن در هکتار) را به همراه داشت (Ajirlu *et al*., 2024). همچنین محققان بیان کردند که استفاده تلفیقی از اسید هیومیک و محرک‌های زیستی (هشت تیمار محرک زیستی شامل اسید سالیسیلیک، اسید فولویک و هیدروکسی‌پرولین) توانست عملکرد کمی چغندرقند را به‌ویژه تحت تنش‌های محیطی بهبود دهد (Nassar *et al*., 2023).

سدیم ریشه

اثر اصلی رقم و برهمکنش رقم در سطوح تغذیه‌ای به ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری برمحتوی سدیم ریشه چغندرقند داشتند (جدول ۴). تحت برهمکنش عوامل آزمایشی، بیشترین محتوی سدیم ریشه چغندرقند مربوط به رقم هما تحت سطوح تغذیه‌ای F8، F5 و F1 به ترتیب با مقادیر ۵/۰۱، ۴/۲۲ و ۴/۱۸ میلی‌اکی والان

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

بر ۱۰۰ گرم ریشه مشاهده شد. به طور کلی نتایج نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی رقم هما با میانگین ۴ میلی‌اکی والان بر ۱۰۰ گرم ریشه محتوی سدیم ریشه بالاتری نسبت به دو رقم دیگر داشت (جدول ۶).

بررسی تغییرات محتوی سدیم تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی بیانگر تفاوت ژنوتیپی در جذب، انتقال و انباشت یون سدیم در ریشه است. تفاوت‌های ژنتیکی در کارایی انتخاب‌پذیری ریشه برای جذب کاتیون‌ها (به‌ویژه نسبت K^+/Na^+) می‌تواند دلیل این اختلاف باشد (Marschner, 2012). در چغندرقند، سدیم می‌تواند تا حدی جایگزین پتاسیم در تنظیم فشار اسمزی شود، اما افزایش بیش از حد آن موجب کاهش کیفیت تکنولوژیک و افزایش ناخالصی شیره می‌شود. بنابراین، بالا بودن سدیم در رقم هما اگرچه ممکن است بر رشد رویشی اثر منفی نداشته باشد، اما از نظر صنعتی می‌تواند بر راندمان استحصال قند تأثیرگذار باشد. عدم اختلاف معنی‌دار بین اغلب سطوح تغذیه‌ای نشان می‌دهد ترکیب تیمارهای کودی اعمال‌شده نقش مستقیمی در تغییر سدیم نداشته و احتمالاً شرایط خاک (به‌ویژه هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم) عامل اصلی تعیین‌کننده بوده است. به‌طور کلی در این آزمایش، تجمع سدیم بیشتر تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی رقم قرار گرفت و از این نظر و رقم هما تمایل بیشتری به انباشت سدیم در ریشه نشان داد که از نظر کیفیت صنعتی نیازمند توجه در مدیریت تغذیه و انتخاب رقم مناسب است.

پتاسیم ریشه

نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی نشان داد که اثرات اصلی رقم و سطوح تغذیه‌ای به ترتیب در سطوح یک و پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر محتوی پتاسیم ریشه چغندرقند داشتند (جدول ۴). در بین ارقام مورد بررسی رقم ایرانی هما با میانگین ۵/۸ میلی‌اکی والان بر ۱۰۰ گرم ریشه به طور معنی‌داری محتوی پتاسیم بالاتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. میانگین این صفت در رقم آنتک و هانی به ترتیب برابر با ۴/۹ و ۴/۲ میلی‌اکی والان بر ۱۰۰ گرم ریشه بود (جدول ۵).

از نظر محتوی پتاسیم نیز مشاهده شد که رقم ایرانی هما محتوی پتاسیم بالاتری نسبت به دو رقم دیگر داشت. این موضوع می‌تواند ناشی از توان بالاتر این رقم در جذب و انتقال پتاسیم باشد. تفاوت ژنوتیپی در کارایی جذب عناصر غذایی، به‌ویژه کاتیون‌های تک‌ظرفیتی مانند K^+، در چغندرقند گزارش شده است. پتاسیم نقش کلیدی در تنظیم فشار اسمزی، فعال‌سازی آنزیم‌ها و انتقال قند از اندام‌های هوایی به ریشه دارد؛ بنابراین افزایش آن می‌تواند با بهبود عملکرد و کیفیت ریشه مرتبط باشد (Ali *et al*., 2014). در بین سطوح تغذیه‌ای، بیشترین محتوی پتاسیم ریشه در تیمارهای F8 و F2، سپس F1 و F5 مشاهده شد. بالا بودن پتاسیم در F8 می‌تواند ناشی از وجود سولفات پتاسیم و بهبود شرایط جذب به‌واسطه هیومیک اسید باشد که با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، دسترسی K^+ را افزایش می‌دهد (Canellas and Olivares, 2014). همچنین در تیمار F2 (توصیه کودی براساس آزمون خاک) تأمین متعادل عناصر احتمالاً موجب جذب

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

بهینه پتاسیم شده است. کوچک دزفولی و همکاران (۱۳۹۸) نیز طی پژوهشی گزارش دادند که با محلولپاشی پتاسیم و روی در گیاه ذرت، توانایی گیاه برای تنظیم مقدار پتاسیم، افزایش یافته به نحوی که این عنصر به مقدار متعادل از طریق ریشه جذب و به قسمتهای هوایی گیاه منتقل شده است که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

نیتروژن مضر ریشه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیرپذیری درصد نیتروژن مضر ریشه از اثر اصلی رقم و برهمکنش رقم در سطوح تغذیه‌ای به‌ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد بود (جدول ۴). تحت برهمکنش عوامل آزمایشی مشاهده شد که رقم هما تحت تیمار F2 (۳/۱۳ میلی‌اکی والان بر ۱۰۰ گرم ریشه) بیشترین میانگین نیتروژن مضر در ریشه چغندرقند را داشت. در مقابل مشاهده شد که مقدار این صفت در دو رقم آنتک و هانی تحت تمامی سطوح تغذیه‌ای اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و میانگین کمتری از نظر درصد نیتروژن مضر ریشه داشتند. در واقع بررسی میانگین درصد نیتروژن مضر ریشه ارقام مورد بررسی نشان داد که رقم هما با میانگین ۲/۲۹ میلی‌اکی والان بر ۱۰۰ گرم ریشه نسبت به دو رقم دیگر برتری معنی‌داری داشت (جدول ۶). در بین سطوح تغذیه‌ای، تیمار F2 (توصیه کودی بر اساس آزمون خاک) بیشترین میانگین نیتروژن مضر را نشان داد، هرچند با تیمارهای F8، F5 و F1 اختلاف معنی‌داری نداشت.

نتایج به دست آمده از صفت نیتروژن مضر ریشه به وضوح بیانگر آن است که تجمع ترکیبات ازته مضر (مانند آمینواسیدهای آزاد و نیترات باقیمانده) بیش از هر چیز تابع ویژگی‌های ژنتیکی رقم و نحوه واکنش آن به مدیریت تغذیه‌ای است. در این بررسی مشاهده شد که رقم هما تمایل بیشتری به تجمع ترکیبات ازته غیرپروتئینی در ریشه دارد که می‌تواند ناشی از کارایی پایین‌تر در تبدیل نیتروژن معدنی به ساختارهای پایدار کربوهیدراتی باشد. مطالعات نشان داده است مصرف بیش از حد یا عدم تعادل نیتروژن سبب کاهش کیفیت تکنولوژیک و افزایش ناخالصی‌های شیره می‌شود (Marschner, 2012، مهراندیش و همکاران، ۱۳۹۷).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

جدول ۴: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی ارقام چغندرقند تحت سطوح مختلف تغذیه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات												
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کارتنوئیدها	عملکرد ریشه	سدیم ریشه	پتاسیم ریشه	نیتروژن مضر ریشه	قلیائیت	قند موجود	قند قابل استحصال	ضریب استحصال	قند موجود در ملاس
بلوک	۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹	۰/۰۵۸	۰/۰۴	۱۳۷۵	۱/۱۹	۲/۱۷	۰/۴۵	۰/۴۵	۱/۰۹	۲/۴۲	۴۴/۳۲	۰/۸۷
رقم	۲	۰/۰۳۱۳**	۰/۰۳۴**	۰/۱۲**	۰/۰۴۶*	۱۰۱۷**	۱۱/۱۱**	۱۵/۵۳**	۲/۲۸**	۱/۹۴ ns	۱۲/۷**	۳۷/۸**	۴۷۹**	۶/۷۴**
سطوح کودی	۷	۰/۶۴**	۰/۱۸**	۱/۴۹**	۰/۷۵**	۱۰۱۴**	۰/۳۳ ns	۰/۹۲*	۰/۴۹ ns	۰/۴۲ ns	۰/۷۵۰ ns	۱/۷۳ ns	۲۱/۴*	۰/۳۳*
رقم × کود	۱۴	۰/۰۱۲**	۰/۰۰۳ns	۰/۰۱۵*	۰/۰۸۵**	۳۶/۱ ns	۰/۶۳*	۰/۳۰ ns	۰/۴۹۶*	۰/۷۲ ns	۱/۱۱*	۱/۸۵*	۱۶/۱*	۰/۲۱ ns
خطا	۴۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷	۰/۰۱۱	۱۴۶	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۲۷	۰/۶۶	۰/۵۳	۰/۸۰	۷/۱۷	۰/۱۲
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۶۵	۱۴/۵۷	۷/۴۳	۱۲/۴۲	۱۳	۱۶/۹۹	۱۲/۹۶	۲۶/۷۱	۱۸/۵۸	۴/۶۲	۷/۱۵	۳/۳۸	۱۳/۰۲

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات اصلی عوامل آزمایشی بر صفات مورد بررسی چغندرقند

ارقام	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پتاسیم ریشه (میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم ریشه)	قند موجود در ملاس (درصد)
آنتک	۹۲/۵b	۰/۴۵۶a	۴/۹b	۲/۵b
هانی	۸۶/۸b	۰/۴۱۷b	۴/۲c	۲/۲c
هما	۹۹/۸a	۰/۳۸c	۵/۸a	۳/۳a
سطوح تغذیه‌ای				
F۱	۸۱/۹d	۰/۲۴۴e	۵/۱ab	۲/۷ab
F۲	۸۵cd	۰/۲۹۹de	۵/۴a	۳a
F۳	۸۶/۳cd	۰/۳۰۶d	۴/۶b	۲/۵b
F۴	۸۸/۷cd	۰/۳۶۹c	۴/۸ab	۲/۵b
F۵	۸۹/۴cd	۰/۴۱۷c	۵ab	۲/۷ab
F۶	۹۶/۲cb	۰/۴۸۵b	۴/۷b	۲/۵b
F۷	۱۰۳/۵ab	۰/۵۸۴a	۴/۷b	۲/۵b
F۸	۱۱۳/۱a	۰/۶۴a	۵/۴a	۲/۹a

F۱	بدون مصرف کود (شاهد)
F۲	مصرف کود پایه بر اساس نتایج آزمون خاک (توصیه کودی)
F۳	کود پایه + محلول‌پاشی کود حاوی عناصر کم‌مصرف (۱/۵ لیتر در هکتار)
F۴	کود پایه+ عناصر کم مصرف + محلول‌پاشی کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰)
F۵	کود پایه+ عناصر کم مصرف + کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) + اسیدآمینه (محلول‌پاشی)
F۶	کود پایه+ عناصر کم مصرف + کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) + اسیدآمینه +جلبک دریایی (محلول‌پاشی)
F۷	کود پایه+ عناصر کم مصرف+ کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) +اسیدآمینه+جلبک دریایی (محلول‌پاشی) + سولفات پتاسیم
F۸	کود پایه+ عناصر کم مصرف + کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) + اسیدآمینه+جلبک دریایی (محلول‌پاشی) +سولفات پتاسیم + هیومیک اسید (کودآبیاری)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون ازنظر آماری (آزمون LSD در سطح پنج درصد)، تفاوت معنی‌داری ندارند.

قند موجود و قند قابل استحصال

براساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که صفت قند موجود تحت تأثیر اثر اصلی رقم در سطح یک درصد و برهمکنش رقم و سطوح تغذیه‌ای در سطح پنج درصد بود (جدول ۴). بررسی برهمکنش عوامل آزمایشی نشان داد که بیشترین میانگین قند موجود مربوط به رقم هانی تحت تیمار تغذیه‌ای F7 و رقم آنتک تحت تیمار تغذیه‌ای F8 بود (جدول ۶).

همچنین درصد قند قابل استحصال نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر اصلی رقم و برهمکنش رقم و سطوح تغذیه‌ای به ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد بود (جدول ۴). در بررسی برهمکنش عوامل آزمایشی مشخص شد که درصد قند قابل استحصال سطوح تیماری رقم آنتک تحت تیمار تغذیه‌ای F8 (۱۴/۱۳ درصد)، هانی تحت تیمار F4 و F7 (به ترتیب ۱۴/۰۵ و ۱۴/۱۷ درصد) بالاتر از سایر سطوح تیماری داشت (جدول ۶).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

افزایش درصد قند موجود و قند قابل استحصال در تیمارهای تغذیه‌ای F7 و F8 را می‌توان به اثر هم‌افزایی مدیریت تغذیه و تأمین متعادل عناصر غذایی نسبت داد. در این تیمارها، علاوه بر کود پایه، عناصر کم‌مصرف، کود کامل NPK، اسیدهای آمینه، عصاره جلبک دریایی، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک به‌صورت تجمعی مصرف شدند که این امر احتمالاً با بهبود رشد ریشه، افزایش ظرفیت فتوسنتزی، تسهیل انتقال فتوآسیمیلات‌ها به ریشه و افزایش تجمع ساکارز، موجب بهبود کیفیت فناوری ریشه شده است. پتاسیم به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی در انتقال کربوهیدرات‌ها، تنظیم فشار اسمزی سلول‌ها و فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌های دخیل در سنتز و انتقال ساکارز شناخته می‌شود و تأمین مناسب آن می‌تواند موجب افزایش درصد قند قابل استحصال شود. همچنین، اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی با بهبود رشد ریشه، افزایش جذب عناصر غذایی و تحریک فعالیت‌های متابولیکی، شرایط مناسبی برای تجمع قند در ریشه فراهم می‌کنند (Mosaad e*t al*., 2022). نتایج این پژوهش با یافته‌های مطالعات پیشین همخوانی دارد. در پژوهش Abdel-Razek (۲۰۲۶) نشان داده شد که استفاده از برنامه‌های تغذیه‌ای تلفیقی و محرک‌های زیستی علاوه بر افزایش عملکرد ریشه، موجب بهبود درصد قند قابل استحصال و عملکرد شکر می‌شود و مدیریت متعادل تغذیه نقش مهمی در ارتقای کیفیت فناوری چغندرقند دارد. همچنین، گزارش کردند که کاربرد خاکی پتاسیم هیومات همراه با محلول‌پاشی بیواستیمولانت‌ها به‌طور معنی‌داری درصد قند، قند قابل استحصال و عملکرد شکر چغندرقند را افزایش داد (Naser e*t al*., 2023). آنان این بهبود را به افزایش جذب عناصر غذایی، تقویت فعالیت فتوسنتزی و بهبود انتقال کربوهیدرات‌ها به ریشه نسبت دادند که با نتایج پژوهش حاضر، به‌ویژه برتری تیمار F8، همخوانی دارد.

ضریب استحصال

بررسی صفت ضریب استحصال بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر اصلی رقم در سطح احتمال یک درصد و اثر اصلی سطوح تغذیه‌ای و برهمکنش این دوعامل در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت بود (جدول ۴). تحت برهمکنش تیمارهای آزمایشی مشخص شد که بیشترین میانگین ضریب استحصال مربوط به رقم هانی تحت تیمار تغذیه‌ای F4 (۸۴/۸۲ درصد) وجود داشت (جدول ۶). مقایسه بین ارقام و سطوح تغذیه‌ای نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی، رقم هانی با میانگین ۸۲/۵ درصد ضریب استحصال بالاتری نسبت به دو دیگر داشت. ضریب استحصال ارقام آنتک و هما به ترتیب برابر با ۸۰/۸ و ۷۴ درصد بود. در بین سطوح تغذیه‌ای نیز مشاهده شد که بالاترین ضریب استحصال مربوط به تیمار F7 (۸۱ درصد) و F3 (۸۰/۵ درصد) بود، هرچند با سطوح F6 (۸۰/۱ درصد)، F4 (۷۹/۹ درصد)، F5 (۷۸/۵ درصد) و F1 (۷۸/۶ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میانگین نیز مربوط به F2 (۷۶/۷ درصد) بود.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

جدول ۶: مقایسه میانگین صفات مورد بررسی چغندرقند تحت برهمکنش اثرات رقم × سطوح تغذیه‌ای

		کلروفیل a	کلروفیل کل	کارتنوئیدها	قند موجود	سدیم ریشه	نیتروژن مضر ریشه	قند قابل استحصال	ضریب استحصال
		میلی‌گرم بر گرم وزن تر			درصد	(میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم ریشه)		درصد	
آنتک	F۱	۰/۴۷۷ij	۰/۷۷۹ijk	۰/۹۳fg	۱۶/۹۲abc	۲/۶۲gf	۱/۶۲d-g	۱۳/۸۸ab	۸۲/۰۸abc
	F۲	۰/۵۲۴ij	۰/۸۴۹ij	۰/۵۵۴k	۱۵/۴۲e-i	۳/۴۷b-f	۲/۴۳a-d	۱۱/۸۱d-h	۷۶/۵۷fde
	F۳	۰/۵۵۴i	۰/۸۸۵i	۰/۶۳۹jk	۱۵/۸۳b-h	۳/۰۸c-g	۱/۷۹c-g	۱۲/۷۷a-d	۸۰/۶۱a-e
	F۴	۰/۶۶۴h	۱/۰۴۵h	۰/۸۰۲fhg	۱۶/۶۵a-d	۲/۸۶gef	۱/۹۴c-g	۱۳/۴۹abc	۸۰/۹۱a-d
	F۵	۰/۷۹۹fg	۱/۲۵۳fg	۰/۸fhg	۱۵/۷۲c-h	۲/۹۱d-g	۱/۶۳d-g	۱۲/۵۷b-e	۷۹/۹۹cde
	F۶	۰/۸۸fe	۱/۴۰۹de	۰/۷۷jhg	۱۶/۰۲a-g	۲/۴۸g	۱/۳g	۱۳/۲۵a-d	۸۲/۷۲abc
	F۷	۰/۹۳۹de	۱/۵۸۵bc	۱/۰۳۲cd	۱۵/۹۳a-h	۲/۹۲d-g	۱/۶۷c-g	۱۲/۷۸a-d	۸۰/۱۷b-e
	F۸	۱/۱۷۴a	۱/۸۵۲a	۱/۲۹۵a	۱۷/۰۳ab	۲/۴۳g	۱/۳۴g	۱۴/۱۳a	۸۲/۹۷abc
هانی	F۱	۰/۳۸۵kl	۰/۶۲۹lm	۱/۴۲۶a	۱۶/۳۳a-f	۲/۷۵gf	۱/۸۱c-g	۱۳/۳۲abc	۸۱/۵۴abc
	F۲	۰/۴۵۹kj	۰/۷۴۲ljk	۰/۳۴۷l	۱۵/۶۲d-i	۳/۰۷c-g	۱/۷۶c-g	۱۲/۴۷b-f	۷۹/۷۳cde
	F۳	۰/۴۴kj	۰/۷۳۲ljk	۰/۶۲۷jk	۱۶/۴۳a-e	۲/۳۴g	۱/۵۶fge	۱۳/۸۸ab	۸۴/۴۸ab
	F۴	۰/۵۰۴ij	۰/۸۶۴ij	۰/۴۷۹lk	۱۶/۵۷a-e	۲/۴g	۱/۴۶fg	۱۴/۰۵a	۸۴/۸۲a
	F۵	۰/۶۶۱h	۱/۰۷۳h	۰/۷۵۴jh	۱۶/۲۵a-f	۲/۸۷gef	۱/۷۷c-g	۱۳/۴۳abc	۸۲/۵۴abc
	F۶	۰/۹۵cde	۱/۴۰۹de	۱/۱۲۷cd	۱۶/۰۸a-g	۲/۵۸gf	۱/۶۵d-g	۱۳/۴۷abc	۸۳/۸abc
	F۷	۱/۰۱۵cd	۱/۶۳۴b	۱/۱۶۳c	۱۷/۰۸a	۳/۱۱c-g	۱/۸۵c-g	۱۴/۱۷a	۸۲/۹۶abc
	F۸	۱/۱۱۵ab	۱/۷۸۴a	۱/۳۵۴a	۱۶/۰۳a-g	۲/۹d-g	۱/۹۷c-g	۱۲/۸۶a-d	۸۰/۱۲b-e
هما	F۱	۰/۳۱۹l	۰/۵۰۵m	۱/۳۸۹a	۱۴/۱۷j	۴/۱۸ab	۲/۵abc	۱۰/۲۴i	۷۲/۲۸fg
	F۲	۰/۳۸۲kl	۰/۶۷۱lk	۰/۴۷۲lk	۱۵/۱۵f-j	۳/۸۲cb	۳/۱۳a	۱۱/۲e-i	۷۳/۸۴f
	F۳	۰/۴۵۱kj	۰/۷۴۵ljk	۰/۵۵۴k	۱۵/۹۲a-h	۳/۷۷cbd	۲/۳۴a-e	۱۲/۲۱c-g	۷۶/۴fe
	F۴	۰/۶۶۸h	۱/۰۳۳h	۰/۶۲۲jk	۱۴/۴۵ij	۳/۷۵b-e	۱/۹۴c-g	۱۰/۶۸hi	۷۳/۹۴f
	F۵	۰/۷۸۲g	۱/۱۶۶hg	۰/۸۶۴fhg	۱۴/۷۵ijh	۴/۲۲ab	۲/۳۷a-e	۱۰/۷۸ghi	۷۲/۹۷fg
	F۶	۰/۸۶۸fge	۱/۳۳۳fe	۰/۷۷۶jhg	۱۵g-j	۴/۱۱b	۲/۱۹b-f	۱۱/۰۷f-i	۷۳/۷۹f
	F۷	۰/۹۸۹cd	۱/۴۷۶dc	۰/۹۴fg	۱۵/۹۸a-g	۲/۹۵c-g	۱/۶۸c-g	۱۲/۷۹a-d	۸۰/۰۱cde
	F۸	۱/۰۳۴cb	۱/۶۰۷bc	۰/۹۶۹fd	۱۴/۴۷ij	۵/۰۱a	۲/۹۲ab	۱۰i	۶۹/۰۲g

F۱	بدون مصرف کود(شاهد)
F۲	کود پایه بر اساس نتایج آزمون خاک (توصیه کودی)
F۳	کود پایه+ کود حاوی عناصر کم مصرف (یک و نیم لیتر در هکتار) به‌صورت محلول‌پاشی
F۴	کود پایه+ کود حاوی عناصر کم مصرف + محلول‌پاشی کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰)
F۵	کود پایه+ کود حاوی عناصر کم مصرف + کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) + اسیدآمینه (یک و نیم لیتر در هکتار) به‌صورت محلول‌پاشی
F۶	کود پایه+ کود حاوی عناصر کم مصرف + کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) + اسیدآمینه +جلبک دریایی(یک و نیم لیتر در هکتار) به‌صورت محلول‌پاشی
F۷	کود پایه+ کود حاوی عناصر کم مصرف+ کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) +اسیدآمینه+جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی + سولفات پتاسیم
F۸	کود پایه+ کود حاوی عناصر کم مصرف + کود ماکرو (NPK: نسبت ۲۰-۲۰-۲۰) + اسیدآمینه+جلبک دریایی به‌صورت محلول‌پاشی +سولفات پتاسیم + کودآبیاری هیومیک اسید

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون ازنظر آماری (آزمون LSD در سطح پنج درصد)، تفاوت معنی‌داری ندارند.

قند موجود در ملاس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد ملاس تحت تأثیر اثرات اصلی رقم و سطوح تغذیه‌ای به ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد قرار گرفت (جدول ۴). معنی‌دار بودن این دو عامل نشان می‌دهد که میزان قند از دست‌رفته در ملاس تابعی از ویژگی‌های ژنتیکی رقم و نحوه مدیریت تغذیه‌ای است. در بین ارقام مورد بررسی، رقم هما با میانگین (۳/۳ درصد) به طور معنی‌داری درصد ملاس بالاتری از ارقام آنتک (۲/۵ درصد) و هانی (۲/۲ درصد) داشت (جدول ۵).

در بررسی صفات مربوط به درصد قند نتایج بیانگر آن بود که پاسخ ارقام به مدیریت تغذیه‌ای یکسان نیست و هر رقم در سطح خاصی از نهاده‌ها به حداکثر کارایی فیزیولوژیک خود می‌رسد. تیمارهای کامل‌تر تغذیه‌ای حاوی عناصر ماکرو و

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

میکرو به همراه اسیدآمینه، جلبک دریایی و در F8 هیومیک اسید، احتمالاً از طریق بهبود کارایی فتوسنتز و افزایش تولید مواد فتوسنتزی، تسهیل انتقال ساکارز از برگ به ریشه، تنظیم تعادل نیتروژن و جلوگیری از تجمع ترکیبات ازته مضر برای استحصال قند موجود افزایش قند موجود شده‌اند (Ebmeyer and Hoffmann, 2021؛ Ajirlu *et al*., 2024). تغذیه متعادل، به‌ویژه مدیریت صحیح نیتروژن و پتاسیم، نقش کلیدی در افزایش درصد قند و بهبود کیفیت ریشه دارد، زیرا پتاسیم در انتقال قند و تنظیم فشار اسمزی نقش مستقیم ایفا می‌کند (Marschner, 2012). ه همچنین گزارش شده است که محرک‌های زیستی، از جمله اسیدهای هیومیک، عصاره جلبک دریایی و اسیدهای آمینه، با افزایش رشد ریشه، بهبود فعالیت میکروبی ریزوسفر، افزایش جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف و تحریک مسیرهای سیگنالینگ گیاهی، کارایی مصرف عناصر غذایی را افزایش می‌دهند. این ترکیبات همچنین با افزایش سنتز کلروفیل، بهبود ظرفیت فتوسنتزی، افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی تثبیت کربن و تسهیل انتقال فتوآسیمیلات‌ها از برگ به ریشه، متابولیسم کربوهیدرات را تقویت کرده و در نهایت باعث افزایش تجمع ساکارز و بهبود قند قابل استحصال می‌شوند (Calvo et al., 2014). به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد حداکثرسازی قند موجود نیازمند تطابق صحیح بین رقم و سطح تغذیه‌ای است و مدیریت تلفیقی عناصر غذایی می‌تواند ظرفیت ژنتیکی ارقام را در جهت افزایش کیفیت تکنولوژیک محصول فعال کند. پتاسیم با نقش مستقیم در بارگیری آوند آبکشی و انتقال ساکارز از برگ به ریشه، موجب افزایش تجمع قند می‌شود، در حالی که مصرف بیش از حد نیتروژن می‌تواند سبب افزایش ترکیبات ازته محلول، کاهش خلوص شیره و افت قند قابل استحصال گردد (نوشاد و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین گزارش شده است که تعادل مناسب N و K نه تنها عملکرد ریشه را حفظ می‌کند، بلکه کیفیت تکنولوژیک را نیز بهبود می‌بخشد (Ebmeyer and Hoffmann, 2021). بنابراین، بهینه‌سازی همزمان ژنوتیپ و مدیریت تغذیه‌ای راهبردی مؤثر برای افزایش قند قابل استحصال و کاهش ناخالصی‌های فرآیندی در چغندرقند محسوب می‌شود. از طرفی افزایش قند موجود در ملاس معمولاً ناشی از تجمع بیشتر ناخالصی‌های یونی مانند سدیم، پتاسیم و نیتروژن آلفاآمینه در ریشه است که باعث کاهش خلوص شیره و افزایش اتلاف قند در فرآیند استحصال می‌شود (مهراندیش و همکاران، ۱۳۹۷). بالا بودن قند موجود در ملاس در F2 احتمالاً ناشی از افزایش نیتروژن مضر و ترکیبات ازته محلول در ریشه است که موجب افزایش مواد ملاس‌زا و کاهش راندمان استحصال می‌شود. در مورد F8 نیز اگرچه این تیمار عملکرد و برخی شاخص‌های کیفی را بهبود داده است، اما احتمال افزایش برخی کاتیون‌ها (به‌ویژه پتاسیم) می‌تواند در افزایش نسبی ملاس نقش داشته باشد. گزارش شده است که تعادل دقیق بین نیتروژن و پتاسیم برای کاهش قند از دست‌رفته در ملاس ضروری است (نوشاد و همکاران، ۱۳۹۵). تحقیقات نشان داده است که مهم‌ترین عامل افزایش قند ملاس کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی گزارش شده است که سبب افزایش رشد رویشی و انتقال مواد قندی ذخیره

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

شده در ریشه چغندرقند به اندام‌های رویشی می‌گردد. زیاد بودن مقدار ناخالصی سبب کاهش درصد قند ریشه و افزایش درصد قند ملاس می‌گردد (Abdel-Motagally *et al*., 2009).

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش بیانگر تأثیر معنی‌دار نظام‌های مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند و پاسخ متفاوت ارقام به این سطوح بود. مدیریت تغذیه‌ای کامل و تلفیقی، به‌ویژه در تیمار F8، منجر به بیشترین میزان عملکرد ریشه، بهبود شاخص‌های کیفی (از جمله قند قابل استحصال و ضریب استحصال) و کاهش هم‌زمان ناخالصی‌هایی نظیر سدیم، نیتروژن مضر و درصد ملاس گردید. ارتقای عملکرد در تیمارهای تغذیه کامل با بهبود معنی‌دار محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل کل و کاروتنوئیدها) همراه بود که نشان‌دهنده تقویت ظرفیت فتوسنتزی و کارایی فیزیولوژیک گیاه است. همچنین، تعدیل ترکیبات مضر و بهبود تعادل یونی در ریشه، نقشی کلیدی در ارتقای کیفیت تکنولوژیک محصول ایفا نمود. در میان ارقام مورد مطالعه، رقم "هما" از نظر عملکرد ریشه برتری داشت، در حالی که برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک و کیفی در رقم "آنتک" بارزتر بود؛ این امر مؤید وجود تفاوت‌های ژنتیکی در پتانسیل بهره‌برداری از منابع محیطی است. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که مدیریت متعادل عناصر ماکرو و میکرو در ترکیب با محرک‌های زیستی (نظیر اسیدآمینه، عصاره جلبک دریایی و اسید هیومیک)، راهبردی مؤثر جهت افزایش بهره‌وری و ارتقای کارایی تولید چغندرقند محسوب می‌شود. با این حال، دستیابی به حداکثر پتانسیل عملکرد مستلزم انتخاب رقم متناسب با برنامه تغذیه‌ای هدفمند است.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فنآوری دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تأمین هزینه این پژوهش که قسمتی از قرارداد پژوهانه می‌باشد سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

امیری، م.، ابدالی مشهدی، ع.، بخشنده، ع.، دانش شهرکی، ع. و قرینه، م. (۱۴۰۱). اثر تراکم، اسید هیومیک و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد کمی و کیفی بچه ذرت. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۴ (۵۳): ۱۲۱-۱۳۵.

دلف عبودی، ح.، اسفندیار، ف. و آینه بند، ا. (۱۴۰۴). تأثیر محلول‌پاشی نانوذرات روی و آهن و برخی موادآلی بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد گندم. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۷(۶۶): ۱۰۵-۱۲۲.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

کوچک دزفولی، م.، شکوه فر، ع.، لک، ش.، علوی فاضل، م. و مجدم، م. (۱۳۹۸). اثر زمان محلول‌پاشی پتاسیم و روی بر عملکرد دانه، ویژگی‌های مورفولوژیک و میزان عناصر موجود در برگ ذرت در شرایط کم آبیاری. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱ (۴۴): ۹۳-۱۱۳.

مرادی، م.، دادخواه، ع. و رضوانی، ر. (۱۴۰۴). ارزیابی اثر پرایمینگ با هیومیک اسید و سالیسیلیک اسید بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و پارامترهای رشدی ارقام چغندر قند تحت تنش شوری. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۷(۶۷): ۶۷-۸۸.

مهراندیش، م.، جامی معینی، م. و آرمین، م. (۱۳۹۷). اثر منبع و مقدار مصرف پتاسیم بر ویژگی‌های کیفی چغندرقند رقم ارس در شرایط آبیاری کامل و محدود. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۰(۳۴): ۹۷-۱۰۸.

نوشاد، ح.، محمدیان، ر. و خیامیم، س. (۱۳۹۵). اثر سطوح مختلف پتاسیم و نیتروژن بر عملکردهای کمی و کیفی چغندرقند در شرایط تنش خشکی. چغندرقند. ۳۲(۱): ۳۷-۴۹.

Abdel-Motagally, FMF., & Attia, k. (2009). Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. International Journal of Agriculture and Biology. 11(60): 695-700.

Abdel-Razek, U. A. (2026). Nitrogen fertilization and biostimulants in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production: A systematic review, meta-analysis, and nutrient management framework. Scientific Reports, 16(1): 229-242.

Abdollahian-Noghabi, M. (1999). Ecophysiology of sugar beet cultivars & weed species subjected to water deficiency stress. Doctoral dissertation, University of Reading.

Adrees, M., Khan, Z.S., Ali, S., Hafeez, M., Khalid, S., ur Rehman, M.Z., Hussain, A., Hussain, K., Chatha, S.A.S. & Rizwan, M. (2020). Simultaneous mitigation of cadmium and drought stress in wheat by soil application of iron nanoparticles. Chemosphere. 238 (1): 1-9.

Ajirlu, T. F., Farzaneh, S., Tobe, A., Sharifi, R. S., Nouri, M., Gitari, H., & Heydarzadeh, S. (2024). Investigating the effect of seaweed extract and humic acid on the quantitative and qualitative performance of sugar beet under water stress. Plant Physiology. 15(1): 5331-5344.

Ali, SH., El-Shamey, IZ., & Eisa, SS. (2000). Sodium, potassium balance and adaptation of sugar beet to salt stress. Annals of Agricultural Science (Cairo). 1(2): 41-56.

Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z., & Zhao, F. (2012). Function of nutrients: micronutrients. In Marschner's mineral nutrition of higher plants (pp. 191-248). Academic Press.

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil, 383(1): 3–41. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8

Canellas, L. P., & Olivares, F. L. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 1 (3): 12-21. https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3

Cook, D. A. & Scott, R. K. (2017). Sugar beet, from science to practice (translation). Scientific staff members of the research institute. Tehran.

du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae. 196 (1): 3–14. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021

Ebmeyer, H., & Hoffmann, C. M. (2021). Efficiency of nitrogen uptake and utilization in sugar beet genotypes. Field Crops Research. 274(1): 108-128.

El- Safy, N. (2018). Yield and quality of sugar beet under boron and mineral and Bio- nitrogen fertilization. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, Botany. 9(1): 39-49.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

Ghimire, D., & Maharjan, B.(2024). Optimizing nitrogen management to enhance irrigated sugar beet yield and quality. Agronomy Journal. 116(5): 2564-2572.

Havaux, M. (2014). Carotenoid oxidation products as stress signals in plants. The plant journal. 79(4): 597-606. https://doi.org/10.1111/tpj.12386

Ibrahim, M. E., Ali, A. M., & Al-Maracy, S. H. 2023. Influence of compost type, nitrogen fertilizer level and micronutrients on growth, productivity and quality of sugar beet cultivated in sandy soil. Egyptian Sugar Journal. 21(21): 1-12.

Jian, X., Zhang, L., Wang, S., & Li, Y. (2025). The role of nano-fertilizers in sustainable agriculture: Boosting crop yields and enhancing quality. Agriculture. 15(2): 123-132.

Johnson, V. J., & Mirza, A. (2020). Role of macro and micronutrients in the growth and development of plants. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 9(1): 576-587.

Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J. & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. Journal of plant growth regulation. 28(4): 386-399.

Lamlom, S.F., Abdelghany, A.M., El-Banna, A.A., El-Manhaly, M.M., Elsheikh, A.M., Bassiony, N.A., Teiba, I.I., El-Sorady, G.A., Ren, H., Ahmad, S. & Zhang, T. (2025). Cultivar specific nitrogen and potassium recommendations optimize yield and quality attributes in sugar beet. Scientific Reports, 15(1): 1-17.

Lichtenthaler, H. K., Prenzel, U., & Kuhn, G. (1982). Carotenoid composition of chlorophyll-carotenoid-proteins from radish chloroplasts. Naturforsch**.** 37(1): 10–12.

Lu, Q., Jin, L., Tong, C., Liu, F., Huang, B., & Zhang, D. (2024). Research progress on the growth-promoting effect of plant biostimulants on crops. Phyton. 93(4): 661-675.

Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants (3rd ed.). Academic Press. https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9

Mosaad, I. S., Serag, A. H., & Sheta, M. H. (2022). Promote sugar beet cultivation in saline soil by applying humic substances in-soil and mineral nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition, 45(16): 2447-2464.

Nassar, M. A., El-Magharby, S. S., Ibrahim, N. S., & Kandil, E. E. (2023). Response of sugar beet growth to soil application of humic acid and foliar application of some biostimulators under saline soil conditions. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, H. Botany. 14(1): 43-54.

Nemeat-Alla, H. E. A., Alla, E. N., & Mohamed, A. A. E. (2014). Response of sugar beet to micronutrients foliar spray under different nitrogen fertilizer doses. Egyptian Journal of Agronomy. 36(2): 165-176.

Pačuta, V., Rašovský, M., Briediková, N., Lenická, D., Ducsay, L., & Zapletalová, A. (2023). Plant biostimulants as an effective tool for increasing physiological activity and productivity of different sugar beet varieties. Agronomy. 14(1): 62-73.

Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). Plant physiology and development (6th ed.). Sinauer Associates.

Tayyab, M., Wakeel, A., Mubarak, M.U., Artyszak, A., Ali, S., Hakki, E.E., Mahmood, K., Song, B. & Ishfaq, M. (2023). Sugar beet cultivation in the tropics and subtropics: challenges and opportunities. Agronomy. 13(5): 1-16.

Tazikeh, A., Biabani, A., Sabri, A., Rahmi Karizki, A. & Naeimi, M. (2021). The effect of leaf removal on quantitative & qualitative characteristics of autumn sugar beet cultivars in Golestan province. Field Crop Research. 19 (2): 151-141.

Wang, L., Song, B., Ishfaq, M., & Zhao, X. (2025). Optimization of nitrogen fertilizer application enhanced sugar beet productivity and socio-ecological benefits in China: A meta-analysis. Soil and Tillage Research. 251(1): 106-129.

Xing, X., Dong, S., Guo, M., Wei, L., & Shi, S. (2025). Optimizing nitrogen application enhances sugar beet (*Beta vulgaris* L.) productivity by modulating carbon and nitrogen metabolism. Agronomy. 15(5): 11-23.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]

Effects of different nutrient management systems on quantitative yield and Juice quality traits of different sugar beet cultivars under the climatic conditions of Shushtar

M. Rajabzadeh[1], E. Fateh[2*], A. Monsefi[3] and A. Nooshkam[4]
1,2 &3) Plant Production and Genetics Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4) Agricultural Center of Safiabad, Department of sugarbeat, Dezful, Iran.
***Corresponding author: e.fateh@scu.ac.ir**
This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2025.09.08 **Accepted date: 2025.12.16**

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of different nutrient management systems on the quantitative and qualitative traits of sugar beet cultivars. The experiment was carried out during the 2024–2025 growing season in Shushtar, Iran, as a factorial experiment based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The first factor consisted of three sugar beet cultivars, including two foreign cultivars (Antek and Hani) and one Iranian cultivar (Homa). The second factor comprised eight cumulative nutrient management treatments: F1, control (no fertilizer application); F2: basal fertilization based on soil test recommendations; F3: F2 + foliar application of a micronutrient fertilizer (1.5 L ha^{-1}); F4: F3 + foliar application of NPK (20–20–20) fertilizer (3 kg ha^{-1}); F5: F4 + foliar application of amino acids (1.5 L ha^{-1}); F6: F5 + foliar application of seaweed extract (1.5 L ha^{-1}); F7: F6 + foliar application of potassium sulfate (3 kg ha^{-1}) two months before harvest; and F8: F7 + humic acid application (3 kg ha^{-1}) through fertigation. The results showed that among the evaluated cultivars, Homa produced the highest root yield, with a mean of 89.99 t ha^{-1}. Among the nutrient management treatments, F8 and F7 produced the highest root yields, reaching 113 and 103 t ha^{-1}, respectively, corresponding to 38% and 36% increases over the control treatment. Regarding juice quality traits, the highest recoverable sugar percentage was obtained under the F7 and F3 treatments. In addition, integrated nutrient management, particularly under the F8 treatment, significantly increased the contents of photosynthetic pigments, including chlorophyll a, total chlorophyll, and carotenoids, with the most pronounced response observed in the Antek cultivar. Overall, the findings demonstrate that integrated nutrient management, combining balanced mineral fertilization with biostimulants and humic substances, can effectively enhance root yield, recoverable sugar, and photosynthetic performance in sugar beet under the agroecological conditions of Shushtar.

Key words: Sugar percentage, root yield, biostimulants and integrated fertilizer management.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-24]