نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و دوم، شماره دوم، ۱۳۹٤
http://jopp.gau.ac.ir

بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی محصول در ارقام چغندرقند

*رضا دیهیم‌فرد[۱] و شهرام نظری[۲]

[۱]استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران،
[۲]دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بوعلی همدان، همدان

تاریخ دریافت: ۹۳/٦/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱٦

چکیده

سابقه و هدف: به‌علت اهمیت نیتروژن در رشد چغندرقند، مطالعات گسترده‌ای در دنیا طی دهه‌های اخیر صورت گرفته است. طبق این مطالعات مدیریت بهینه نیتروژن در زراعت چغندرقند برای تولید عملکرد بالا و نیز بهبود کیفیت آن موضوع ضروری و مهم می‌باشد، زیرا کاربرد اندک نیتروژن، موجب کاهش عملکرد و مصرف زیاد باعث کاهش کیفیت و افزایش هزینه تولید می‌شود. لذا این پژوهش با هدف بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن و رقم بر کیفیت و کمّیت محصول چغندرقند در استان خراسان رضوی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. آزمایش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل سه رقم چغندرقند (ماگنولیا، فیاما و ناگانو) و مقادیر کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۸۰، ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) بود. پس از برداشت ریشه، میزان محصول ریشه در هکتار، مقدار ماده خشک تولیدی در بالای سطح خاک، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص اندازه‌گیری شد. همچنین با استفاده از مقادیر درصد قند، درصد قند قابل استحصال و نیز عملکرد ریشه، عملکرد شکر و کارایی شکر قابل استحصال در واحد سطح محاسبه گردید.

*مسؤل مکاتبه: deihim@sbu.ac.ir

یافته‌ها: نتایج نشان داد که عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی، درصد نیتروژن اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای تا ۱۰۱ روز بعد از سبز شدن و همچنین کلیه صفات کیفی به استثنای غلظت پتاسیم ریشه تحت تأثیر کاربرد مقادیر مختلف کود نیتروژن قرار می‌گیرد. اثر متقابل بین مقادیر مختلف نیتروژن و رقم بر درصد نیتروژن مضره ریشه و کلیه صفات کمّی به استثنای عملکرد ناخالص شکر و عملکرد شکر سفید تأثیر معنی‌داری داشته است. بیشترین عملکرد ریشه نیز در رقم فیاما با ۱۲۰ تن در هکتار با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. بیشترین عملکرد اندام هوایی با مصرف ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب با ۳٦/۹ و ۳٤/۳۱ تن در هکتار به‌دست آمد. بیشترین درصد قند ناخالص و درصد قند خالص به‌ترتیب با ۱۷/۳۳ و ۱۵/۷۳ درصد در تیمار عدم کاربرد نیتروژن و کمترین مقدار نیز با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد. با افزایش مقدار مصرف نیتروژن، نیتروژن مضره و سدیم در هر سه رقم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی نتایج بیانگر این موضوع است که مصرف نیتروژن به‌طور مستقیم بر افزایش عملکرد ریشه چغندرقند تأثیر می‌گذارد، ولی قابلیت تحرک بالای این عنصر و همچنین تأثیر منفی آن بر کیفیت چغندرقند مؤثر می‌باشد. بالاترین عملکرد ریشه به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه اقتصادی زراعت چغندرقند با مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در رقم فیاما به‌دست آمد. با افزایش میزان سدیم و نیتروژن مضره نیز کارآیی شکر قابل استحصال کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، نیتروژن، ارقام، عملکرد کمّی و کیفی

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که نقش مهمی در صنایع غذایی از جمله تولید شکر دارد. با توجه به افزایش جمعیت کشور و نیاز به شکر، محصول چغندرقند در میان گیاهان زراعی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. افزایش تقاضا برای این محصول توأم با کمبود تولید داخلی، به واردات شکر منجر شده است. به‌طوری که میزان واردات شکر کشور از ۱۱۱ هزار تن در سال ۱۳٦۰ به ۱۵۷۹۰۰۰ تن در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است (۱۲). چغندرقند دومین منبع مهم تولیدکننده شکر بعد از نیشکر است که ۳۰ درصد نیاز جهان را تأمین می‌کند (۳۰). از جمله دلایل اصلی گسترش این گیاه زراعی می‌توان به اهمیت محصول و نیز قدرت تطابق آن با شرایط گوناگون اقلیمی اشاره کرد (۲۲). با این وجود متوسط عملکرد این گیاه در کشور هنوز اختلاف قابل توجهی با پتانسیل آن دارد. از دلایل پایین بودن متوسط عملکرد چغندرقند در ایران می‌تواند به عوامل مدیریتی، شرایط محیطی و فنلی اشاره نمود که در این میان، مدیریت نادرست در مصرف کودهای شیمیایی یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد ریشه و قند می‌باشد (۳۳).

مدیریت چغندرقند برای تولید عملکرد بالای ریشه همراه با کیفیت مطلوب مستلزم توجه دقیق به میزان حاصلخیزی خاک به‌خصوص مقدار نیتروژن خاک طی فصل رشد می‌باشد. باتوجه به اهمیت بالای کود نیتروژن در زراعت چغندرقند، مقدار و چگونگی مصرف آن در طول دوره رشد گیاه از اهمیت خاصی برخوردار است. کمبود این عنصر باعث کاهش شدید عملکرد می‌گردد. گرچه افزایش مصرف نیتروژن به‌طور مستقیم بر افزایش عملکرد ریشه چغندرقند تأثیر می‌گذارد، ولی قابلیت تحرک بالای این عنصر و نقش آلایندگی آن در محیط‌زیست و منابع آب زیرزمینی و همچنین تأثیر منفی آن بر کیفیت صنعتی چغندرقند، در صورت عدم توجه به طول دوره رشد و مرحله رشدی گیاه در زمان مصرف، از عمده عوامل محدود کننده مصرف نیتروژن به‌شمار می‌روند (٤٤). لذا مصرف بی‌رویه و غیر اصولی آن علاوه‌بر کاهش کارایی کود مصرفی (۱۰) موجب افزایش آلفا آمینه نیتروژن در ریشه (۲۸)، کاهش بلوره شدن قند (۱۱)، تیره شدن قند، تولید برگ‌های جدید در اواخر دوره رشد (۳۵)، نقصان در ارسال مواد فتوسنتزی به ریشه (۲۵) و کاهش قند استحصالی می‌شود (۳۸). از طرفی کمبود نیتروژن سبب تأخیر در رشد برگ (۲۵)، زرد شدن برگ و به‌دنبال آن کاهش غلظت کلروفیل (۹)، مرگ زودرس برگ (٦)، کاهش مقدار جذب نور و در نتیجه موجب کاهش عملکرد ماده خشک می‌شود. به‌همین دلیل مدیریت نیتروژن در زراعت چغندرقند برای تولید عملکرد بالا و بهبود کیفیت

آن از حساسیت خاصی برخوردار است. بنابراین تعیین مقدار مطلوب مصرف کود نیتروژن در زراعت چغندرقند از اهمیت زیادی برخوردار است.

علاوه‌بر نیتروژن به‌عنوان یک عامل مدیریتی، رقم نیز به‌عنوان یک عامل ژنتیکی نقش به‌سزایی در خصوصیات کمّی و کیفی چغندرقند دارد. پاسخ‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک ارقام مختلف چغندرقند به کود نیتروژن، پاسخ‌های متفاوتی را از لحاظ زمان حداکثر جذب منابع، سرعت جذب و سرعت رشد به‌وجود می‌آورد. از این‌رو می‌تواند بر عملکرد کمّی و کیفی چغندرقند تأثیرگذار باشد. هافمن (۲۰۰۵) طی آزمایشی دو ساله با بررسی سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد کمّی و کیفی چهار رقم چغندرقند گزارش داد که با افزایش مصرف نیتروژن در واحد سطح مقدار سدیم، نیتروژن مضره، بتائین و عملکرد ریشه افزایش ولی مقدار درصد ساکارز در هر چهار رقم مورد بررسی کاهش داشت (۱٤). آلبایراک و یوکسل (۲۰۱۰) طی آزمایش دو ساله با بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر روی یک رقم چغندرقند گزارش کردند که بالاترین عملکرد ریشه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هر دو سال به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با مقادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم مشاهده نشد (۲). همچنین آن‌ها بیان داشتند که بین تیمارهای مختلف کودی از نظر درصد قند به‌دست آمده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. با افزایش مقادیر نیتروژن درصد قند ریشه کاهش می‌یابد، زیرا بین اندازه ریشه و میزان قند آن رابطه منفی وجود دارد. مارلاندر و همکاران (۲۰۰۳) نیز با بررسی مقادیر مختلف کود نیتروژن در آلمان نیز گزارش کردند که بالاترین درصد قند ریشه چغندرقند در محدوده ۱۲۵-۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. مقدار کود نیتروژن موردنیاز چغندرقند را باید با توجه به عملکرد مورد انتظار و موجودی خاک تعیین نمود (۲٤). جاهدی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تیمارهای مختلفی کودی (۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در استان همدان اظهار داشتند که با افزایش مقدار نیتروژن در واحد سطح، عملکرد ریشه، عملکرد شکر سفید، اسیدهای آمینه آلفا و درصد قند ملاس افزایش یافت، در مقابل نیز درصد شکر کاهش داشت (۱۷). مقدار شکر استحصالی از هر تن ریشه به عیار و مقدار ناخالصی‌های ریشه، به‌خصوص یون‌های سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره بستگی دارد. مواد جامد غیرقندی سبب کاهش بلوره شدن ساکارز می‌گردند. به‌طور کلی، تمامی ترکیبات غیرقندی مانند قندهای اینورت، بتائین، رافینوز، پلی‌فنول‌ها و رزین‌ها که در جریان کربناسیون حذف نمی‌شوند، منجربه اتلاف قند به‌صورت ملاس می‌گردند (۱۸). به‌علت اهمیت

نیتروژن در رشد چغندرقند و اثر سوء آن بر غلظت قند مطالعات گسترده‌ای در دنیا صورت گرفته است. طبق این مطالعات مقادیر بالای نیتروژن از طریق افزایش ناخالصی‌های شکر موجب کاهش غلظت قند و درجه خلوص آن می‌شود (۵، ۷، ۱۳، ۲۱ و ٤۳). صحابی و همکاران (۲۰۱۰) به نقل از وب و همکاران (۱۹۹۷) اظهار داشتند در صورت کاربرد زیاد نیتروژن، رشد اندام‌های هوایی بیشتر از ریشه‌ها افزایش می‌یابد (۳۳ و ٤۱) در حالی‌که در شرایط کاربرد اندک نیتروژن، گیاه توزیع مواد را به جای اندام‌های هوایی، بیشتر جهت تأمین رشد اندام‌های ذخیره‌ای (ریشه‌ها) به‌کار می‌برد (۱۸).

اکثر پژوهش‌های انجام شده در خصوص تأثیر نیتروژن بر کمّیت و کیفیت ریشه چغندرقند حاکی از کاهش درصد قند و افزایش نسبی در عملکرد ریشه، شکر و ناخالصی‌های موجود در ریشه می‌باشد. به‌همین دلیل مدیریت بهینه نیتروژن در زراعت چغندرقند برای تولید عملکرد بالا و نیز بهبود کیفیت آن (با در نظر گرفتن ارقام مختلف) موضوع ضروری و مهم می‌باشد زیرا کاربرد اندک نیتروژن، موجب کاهش عملکرد و مصرف زیاد باعث کاهش کیفیت و افزایش هزینه تولید می‌شود. لذا این پژوهش با هدف بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن و رقم بر کیفیت و کمّیت محصول چغندرقند در استان خراسان رضوی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پـژوهش در سـال زراعـی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در مزرعـه تحقیقـاتی دانشـکده کشـاورزی دانشـگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۱٦ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳٦ دقیقه و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن منطقه از نظر خصوصیات آب و هوایی دارای اقلیم خشک سرد بـا میـانگین بارنـدگی ۲٥٤/۲ میلی‌متر در سال است که بخش عمده آن نیز در زمسـتان حـادث مـی‌شـود (٤). زمـین محـل آزمایش در دو سال قبل اجرای آزمایش به‌صورت کشت جو- آیش بود. مشخصـات شـیمیایی خـاک مزرعه پیش از کاشت چغندرقند با نمونه‌برداری از سـه عمـق ۱۵-۰، ۳۰-۱۵ و ٦۰-۳۰ سـانتی‌متـری اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول یک ارائه شده است. آزمایش به‌صـورت آزمـایش فاکتوریـل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفـت. تیمارهـا شـامل سـه رقـم چغندرقنـد (ماگنولیا، فیاما و ناگانو) و مقادیر کود نیتروژن در چهـار سـطح (صـفر، ۸۰، ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلـوگرم در هکتار نیتروژن خالص) بود. در اوایل اسفندماه زمین را شخم و توسط دیسک و هرس شرایط مناسـب

برای بستر بذر مهیا شد و بذر چغندرقند در ۲۰ اسفندماه به‌وسیله دست کشت گردید. براساس نتایج آزمون خاک مقدار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۲۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و نیمی از مقادیر نیتروژن تیمارهای آزمایش هنگام آماده‌سازی زمین به‌صورت دستپاش پخش و توسط دیسک با خاک مخلوط شد. همچنین باقی‌مانده هر سطح نیتروژن به دو قسمت مساوی تقسیم و در دو مرحله (٤٥ و ۷۵ روز بعد از سبز شدن) به خاک اضافه گردید. هر کرت شامل شش خط کاشت با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متری، فاصله بوته در ردیف ۱۱-۱۰/۵ سانتی‌متر و عمق کاشت حدود ۳ سانتی‌متر بود. جهت جلوگیری از هر گونه انتقال جانبی نیتروژن، بین کرت‌های اصلی آزمایش دو متر و بین تکرارها چهار متر فاصله در نظر گرفته شد. در طول فصل رشد به موازات اعمال تیمارهای کودی، عملیات مبارزه با علف‌های هرز در ٤ مرحله (۲۰ فروردین، ۹ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت و ۱۲ مرداد) نیز صورت گرفت.

عملیات برداشت چغندرقند در ۱۳ آبان ماه ۱۳۸۸ برای هر کرت به‌طور جداگانه و با حذف حاشیه‌ها از سه ردیف وسط هر کرت (مساحتی معادل ۲/۵ مترمربع) انجام شد. بعد از توزین ریشه‌های برداشت شده، با انتقال نمونه به آزمایشگاه تحقیقات و خدمات زراعی چغندرقند استان، عیار قند و سایر خصوصیات کیفی تعیین شد. بدین منظور در آزمایشگاه پس از شستشو ریشه‌ها، توسط دستگاه اتوماتیک خمیر ریشه تهیه گردید و با استفاده از روش برانشوایک، غلظت سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره چغندرقند تعیین شد. پس از برداشت ریشه، میزان محصول ریشه در هکتار، مقدار ماده خشک تولیدی در بالای سطح خاک، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص اندازه‌گیری شد. همچنین مقدار ملاس نیز با استفاده از روش راینفلد و همکاران (۱۹۷٤) برآورد و پس از آن درصد قند قابل استحصال از تفاضل درصد قند ملاس از درصد قند محاسبه شد (۲۹). با استفاده از مقادیر درصد قند، درصد قند قابل استحصال و نیز عملکرد ریشه، عملکرد شکر و کارایی شکر قابل استحصال در واحد سطح محاسبه گردید (۱). جهت تعیین وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی (دمبرگ + پهنک) نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند و پس از توزین آن‌ها وزن خشک اندام هوایی محاسبه گردید. در این تحقیق همچنین نیتروژن کل اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای به روش کجلدال و توسط دستگاه CFA[1] در دو تاریخ ۱۰۱ و ۱۹۰ روز بعداز سبزشدن اندازه‌گیری شد.

1- Continuous Flow Analyzer

داده‌های حاصل از آزمایش نیز به روش تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح ۱ درصد استفاده گردید. تمامی محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS (SAS Institute, 2000) انجام شد (۳٤). برای رسم شکل‌ها نیز از نرم‌افزار Excel 2010 استفاده شد.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 1. Physical and chemical properties of the studied soils.

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	وزن مخصوص ظاهری Bulk density ($g\ cm^{-3}$)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($ds\ m^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم Potassium ($mg\ kg^{-1}$)
0-15	Loam	1.57	1.11	0.035	12	100
15-30	Loam	1.98	1.78	0.047	10.2	90
30-60	Loam	1.65	2.25	0.022	3.8	70

نتایج و بحث

خصوصیات کمی

عملکرد ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مختلف نیتروژن، بر مقدار عملکرد ریشه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). با این وجود روند تغییر میزان عملکرد ریشه با مصرف سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که مصرف کود نیتروژن تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش عملکرد ریشه شد ولی با افزایش نیتروژن از ۸۰ به ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار گیاه واکنش معنی‌داری به آن نشان نداد و همواره روند نسبتاً ثابتی داشت (جدول ۳). مصرف مقدار بالای نیتروژن (۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم) نمی‌تواند موجب افزایش خطی در عملکرد ریشه گردد، زیرا هر عاملی که سبب کاهش یا محدودیت افزایش عملکرد می‌شود، نیاز به عناصر غذایی خاک را کاهش می‌دهد. تارکالسون و همکاران (۲۰۱۲) طی آزمایشی سه ساله با بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن (صفر، ٥٦، ۱۱۲، ۱٦۸ و ۲۲٤ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد ریشه اظهار داشتند که با افزایش مصرف نیتروژن تا ۱۱۲ کیلوگرم در هکتار عملکرد ریشه افزایش ولی با مصرف ۱٦۸ و ۲۲٤ کیلوگرم عملکرد آن کاهش یافت (۳۹). آن‌ها همچنین بیان داشتند زمانی که نیتروژن به وفور در خاک موجود باشد، بخش عمده آن به طرف برگ‌های جوان چغندرقند روانه می‌شود و برگ‌ها با سرعتی بیش از رشد ریشه رشد می‌کند.

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که بین ارقام از نظر عملکرد ریشه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲) و ارقام ماگنولیا، ناگانو و فیاما به‌ترتیب با ۱۰۲/۰۸، ۹۹/۳۷ و ۱۰۲/۹۲ تن در هکتار عملکرد ریشه در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۳). برهمکنش نیتروژن و رقم نشان داد کمترین عملکرد ریشه در هر سه رقم در عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده شد. بیشترین عملکرد ریشه نیز در ارقام ماگنولیا، ناگانو و فیاما به‌ترتیب با ۱۰۵، ۱۰۷/۷۸ و ۱۲۰ تن در هکتار با مصرف ۲٤۰، ۱٦۰ و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (شکل ۱- الف).

عملکرد اندام‌های هوایی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای کودی نیتروژن اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۱ درصد در عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی وجود دارد (جدول ۲). به‌طوری‌که با افزایش مقدار مصرف نیتروژن عملکرد اندام‌های هوایی افزایش نشان داد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که مصرف ۸۰، ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب ۲۳، ۳۹ و ۳٤ درصد نسبت تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) موجب افزایش عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی شد. نتایج مطالعات رضوانی و همکاران (۲۰۰۸) بر روی چغندرقند در آزمایشی با پنج سطح کود نیتروژن (صفر، ٦۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲٤۰ کیلوگرم در هکتار) نشان دادند که بالاترین عملکرد اندام هوایی مربوط به مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن نیز مربوط به به تیمار عدم کاربرد و ٦۰ کیلوگرم نیتروژن بود (۳۱). نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با ۳٦/۹ و ۳٤/۳۱ تن در هکتار بیشترین عملکرد اندام هوایی را دارا بودند که از نظر آماری اختلاف آماری معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (جدول ۳). فراوانی نیتروژن خاک، سبب تحریک تولید برگ‌های جدید از ناحیه مریستم انتهایی ساقه و جوانه‌های جانبی برگ‌های مسن و سرانجام افزایش عملکرد اندام‌های هوایی می‌گردد. بین ارقام اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد از نظر عملکرد اندام‌هایی مشاهده شد (جدول ۲). رقم ماگنولیا با ۳٤/۷۹ تن در هکتار بیشترین و ارقام ناگانو و فیاما به‌ترتیب با ۲۹/۱٦ و ۲۸/٤٤ تن در هکتار کمترین عملکرد اندام هوایی را به خود اختصاص دادند. تأثیر مقدار مصرف نیتروژن و رقم بر عملکرد اندام‌های هوایی در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). همان‌طور که روند تغییرات عملکرد اندام‌های هوایی در شکل ۱- ب نشان می‌دهد در هر سه رقم مورد مطالعه کمترین عملکرد اندام هوایی در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده می‌شود. ولی با افزایش مصرف نیتروژن تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار در هر سه رقم، عملکرد اندام‌های هوایی افزایش داشت که شیب این افزایش عملکرد در رقم ماگنولیا شدیدتر بود

به‌طوری که با تولید ٤٢/٧٨ تن ماده خشک اندام هوایی در کلاس بالاتری قرار گرفت. با افزایش مصرف نیتروژن تا ١٦٠ و ٢٤٠ کیلوگرم در هکتار در هر سه رقم مورد مطالعه، عملکرد اندام‌هوایی واکنش معنی‌داری به این سطوح نشان نداد و همواره روند نسبتاً ثابتی داشت (شکل ١- ب). البته باید توجه داشت افزایش عملکرد اندام هوایی به‌خصوص در دو تا سه ماه آخر دوره رشدی یک صفت نامطلوب به‌شمار می‌آید، زیرا از طریق افزایش نسبت وزن اندام هوایی به وزن ریشه سبب کاهش عملکرد شکر می‌شود.

عملکرد ناخالص شکر و شکر سفید: عملکرد ناخالص شکر و عملکرد شکر سفید تحت تأثیر مقدار نیتروژن قرار نگرفت (جدول ٢). مقدار عملکرد شکر سفید به‌عنوان عملکرد اقتصادی زراعت چغندرقند، مهم‌ترین صفت مورد بررسی و مبنای مقایسه چگونگی تأثیر تیمارهای اعمال شده در تحقیقات این محصول محسوب می‌گردد (٤٤). از آن‌جایی که عملکرد شکر در واحد سطح از حاصل ضرب عملکرد ریشه در واحد سطح و درصد قند به‌دست می‌آید، بنابراین به‌دلیل عدم تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد ریشه (جدول ٢)، عملکرد شکر نیز تحت تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن قرار نگرفت. در همین راستا تسیالتس و ماسلاریس (٢٠١٣) با بررسی سطوح مختلف کود نیتروژن تحت شرایط مدیترانه‌ای در یونان گزارش کردند که عملکرد شکر سفید و عملکرد ناخالص شکر تحت نیتروژن قرار نگرفت (٤٠). اثر ارقام چغندرقند بر عملکرد شکر ناخالص و شکر خالص، مشابه مقادیر مختلف نیتروژن تحت تأثیر قرار نگرفت (جدول ٢). نتایج به‌دست آمده مؤید آن است که همبستگی مثبت و کاملاً معنی‌داری بین عملکرد ریشه با عملکرد ناخالص شکر ($r=0/85^{**}$) و عملکرد شکر سفید ($r=0/75^{**}$) وجود دارد (جدول ٦)، به‌طوری که با افزایش عملکرد ریشه عملکرد ناخالص شکر و شکر سفید افزایش یافت.

مقایسه عملکردهای شکر ناخالص و شکر خالص تحت تأثیر برهمکنش رقم و مقدار نیتروژن قرار نگرفت (جدول ٢) و نتایج حاکی از آن است که با افزایش مصرف نیتروژن تا ٨٠ کیلوگرم در هکتار در هر سه رقم عملکردهای شکر ناخالص و خالص با آهنگ بسیار کندی افزایش می‌یابد که این شیب افزایش در رقم فیاما نسبت به ارقام ماگنولیا و ناگانو بیشتر بود و سپس با افزایش مصرف کود نیتروژن تا ١٦٠ کیلوگرم تغییر خاصی در عملکرد شکر خالص و ناخالص مشاهده نشد. همچنین مشاهده شد با مصرف ٢٤٠ کیلوگرم نیتروژن روند کاهشی داشت (شکل ١-ج و د). با توجه به این‌که بیشترین عملکرد ناخالص شکر (١٩/٤٢ تن در هکتار) و عملکرد خالص شکر (١٧/٣١ تن در هکتار) در

مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد، می‌توان این افزایش عملکرد را به بالا بودن عملکرد ریشه (۱۲۰ تن در هکتار) در رقم فیاما تحت شرایط مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن (شکل ۱–الف) نسبت داد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح نیتروژن و رقم بر خصوصیات کمّی چغندرقند.

Table 2. Analysis of variance for quantitative traits of sugar beet as affected by nitrogen and cultivar.

منابع تغییرات S.O.V		درجه آزادی df	عملکرد ریشه Root yield	عملکرد اندام‌های هوایی Abovegroud biomass	عملکرد ناخالص شکر Gross sugar yield	عملکرد شکر سفید White sugar yield	۱۰۱ روز بعد از کاشت 101 days after sowing		۱۹۰ روز بعد از کاشت 190 days after sowing	
							نیتروژن اندام‌های هوایی Above ground nitrogen	نیتروژن اندام‌های ذخیره‌ای N in storage organes	نیتروژن اندام‌های هوایی Aboveground nitrogen	نیتروژن اندام‌های ذخیره‌ای N in storage organes
رقم	Block	2	926.23	115.72	14.08	9.57	0.07	0.03	0.13	0.17
نیتروژن	Nitrogen	3	254.66^{ns}	350.85**	0.82 $^{n.s}$	7.32 $^{n.s}$	0.25**	0.6*	0.19 $^{n.s}$	0.19 $^{n.s}$
رقم	Cultivar	2	41.14$^{n.s}$	145.09*	5.78 $^{n.s}$	0.98 $^{n.s}$	0.02 $^{n.s}$	0.15 $^{n.s}$	0.14 $^{n.s}$	0.2 $^{n.s}$
نیتروژن در رقم	Nitrogen×Cultivar	6	203.19$^{n.s}$	60.53**	2.44 $^{n.s}$	1.88 $^{n.s}$	0.03 $^{n.s}$	0.2 $^{n.s}$	0.15 $^{n.s}$	0.12 $^{n.s}$
خطا	Error	22	244.84	48.64	6.61	5.64	0.04	0.14	0.14	0.07
ضریب تغییرات	CV	-	15.42	22.64	15.33	16.07	28.05	19.74	28.25	21.22

n.s غیر معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و یک درصد

ns: Non significant, * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

جذب نیتروژن توسط گیاه: نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر سطوح مختلف نیتروژن بر میزان درصد نیتروژن اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای تا ۱۰۱ روز بعد از سبزشدن به‌ترتیب در سطح آماری ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار ولی بر درصد نیتروژن اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای تا ۱۹۰ روز بعد از سبزشدن اثر معنی‌دار نداشت. الگوی درصد نیتروژن در اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای در ۱۰۱ روز بعد از سبز شدن بالا و در ۱۹۰ روز بعد از سبزشدن کاهش یافت. در واقع می‌توان اذعان داشت که تغییرات غلظت نیتروژن در قسمت‌های مختلف گیاه از الگوی رشد آن‌ها در طول فصل رشد پیروی می‌کند. در این راستا مک و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان داشتند که درصد نیتروژن در قسمت‌های

مختلف چغندرقند در ۱۰۰ روز بعد از کاشت افزایش و از ۱۰۰ تا ۱۸۰ روز بعد از کاشت روند نزولی داشت. بالاترین نیتروژن تجمع یافته در اندام‌های هوایی در ۱۰۱ و ۱۹۰ روز بعد از سبز شدن به‌ترتیب با ۲/۲۱ و ۱/٦٤ درصد در تیمار کودی ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (جدول ۳). با کاهش مصرف نیتروژن در واحد سطح مقدار نیتروژن در اندام‌های هوایی در ۱۰۱ و ۱۹۰ روز بعد از کاشت روند کاهشی نشان داد. روند مشابهی از نظر درصد نیتروژن در اندام‌های ذخیره‌ای مشاهده شد. البته میزان نیتروژن تخصیص یافته در اندام‌های هوایی در ۱۰۱ و ۱۹۰ روز بعد از کاشت بیشتر از اندام‌های ذخیره‌ای بود (جدول ۳). مالنو و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی نیتروژن تجمع یافته در برگ، پهنک و ریشه چغندرقند گزارش کردند که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی در واحد سطح، درصد نیتروژن موجود در برگ نسبت به پهنک و ریشه افزایش محسوسی داشت (۲۳). افزایش نیتروژن در ریشه موجب افزایش ناخالصی ریشه و کاهش درصد بلوره شدن ساکارز می‌گردد. نتایج نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد قند خالص و درصد تجمع نیتروژن در اندام‌های ذخیره‌ای در ۱۰۱ روز بعد از کاشت وجود دارد (جدول ٦). براساس آن با افزایش نیتروژن تجمع یافته در ریشه درصد قند خالص کاهش یافت.

مقدار درصد نیتروژن موجود در اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای در هر سه رقم مورد مطالعه در ۱۰۱ روز بعد از کاشت بیشتر از ۱۹۰ روز بعد از کاشت بود. همچنین در ۱۰۱ روز بعد از سبز شدن بیشترین درصد نیتروژن در اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای به‌ترتیب در ارقام ناگانو (۲/۰۵ درصد) و ماگنولیا (۰/۷٤ درصد) مشاهده شد. کمترین درصد نیتروژن اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای تا ۱۰۱ روز بعد از کاشت نیز به‌ترتیب در ارقام فیاما (۱/۹۳ درصد) و ناگانو (۰/٦٦ درصد) گزارش شد. بیشترین نیتروژن تخصیص یافته در ۱۹۰ روز بعد از کاشت در هر دو اندام هوایی و ذخیره‌ای در رقم ماگنولیا و کمترین نیز در رقم فیاما مشاهده شد (جدول ۳). مطالعه برهمکنش نیتروژن و رقم نشان داد که با مصرف مقادیر بیشتر کود، در هر سه رقم مورد بررسی درصد نیتروژن تجمع یافته در اندام‌های هوایی و ۱۰۱ روز بعد از سبز شدن بیشتر از اندام‌های ذخیره‌ای و ۱۹۰ روز بعد از سبز شدن می‌باشد. بنابراین تجمع نیتروژن توسط اندام‌های هوایی و ذخیره‌ای مطابق با دوره رشد آن‌ها است. این الگو، نتایج به‌دست آمده توسط حسین‌پور و همکاران (۲۰۱۳) را تأیید می‌کند (۱۵). در همین راستا درایکوت (۱۹۹۳) نیز گزارش داد که در چغندرقند اندام هوایی نسبت به ریشه دارای نیتروژن بیشتری می‌باشد و درصد نیتروژن در برگ، دمبرگ و ریشه به‌ترتیب ۳، ۱/۲ و ۰/٦ درصد بود (۸). ۱۰۱ روز بعد از کاشت چغندرقند بیشترین و

کمترین درصد نیتروژن موجود در اندام‌هایی هوایی به‌ترتیب در رقم فیاما با ۲/۳٤ درصد (۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن) و رقم ماگنولیا با ۱/٤ درصد (عدم کاربرد نیتروژن) مشاهده شد (شکل ۲- الف). در حالی‌که در ۱۹۰ روز بعد از کاشت بیشترین و کمترین درصد نیتروژن تجمع یافته به‌ترتیب در ارقام ماگنولیا با ۱/۷٦ درصد (۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن) و ناگانو با ۱/۰۳ درصد (عدم کاربرد نیتروژن) گزارش شد (شکل ۲- ج). بیشترین درصد نیتروژن در اندام‌های ذخیره‌ای در هر دو زمان (۱۰۱ و ۱۹۰ روز بعد از کاشت) به‌ترتیب در رقم ماگنولیا و با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن حادث شد (شکل ۲-ب و د). افزایش مصرف نیتروژن علاوه‌بر کاهش نسبت ماده خشک ریشه به ماده خشک کل موجب افزایش غلظت نیتروژن در برگ‌ها، طوقه و ریشه می‌گردد (۳۷).

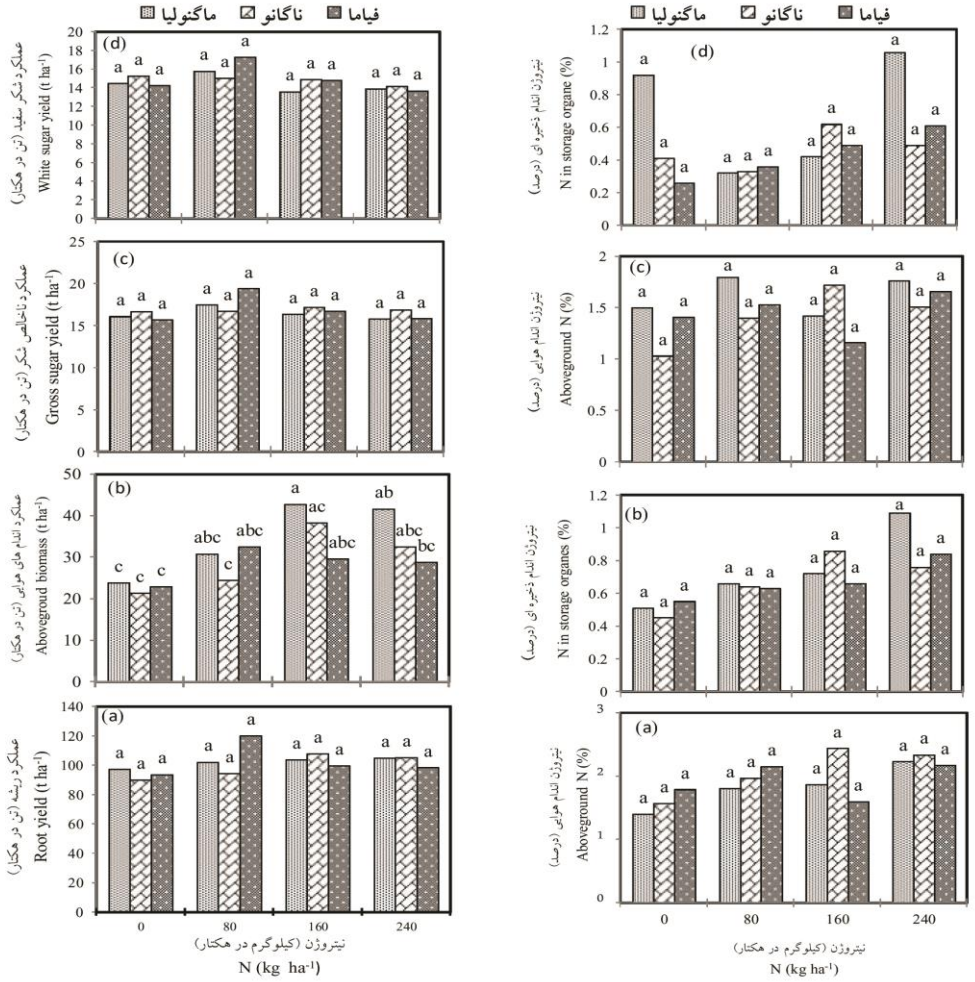
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن و رقم بر ویژگی‌های کمّی چغندرقند.

Table 3. Effects of nitrogen and cultivar on some quantitative traits of sugar beet.

۱۹۰ روز بعد از کاشت 190 days after sowing		۱۰۱ روز بعد از کاشت 101 days after sowing		عملکرد شکر سفید White sugar yield	عملکرد ناخالص شکر Gross sugar yield	عملکرد اندام‌های هوایی Aboveg roud biomass	عملکرد ریشه Root yield	تیمار Treatments
نیتروژن اندام‌های ذخیره‌ای N in storage organes	نیتروژن اندام‌های هوایی Abovegr ound nitrogen	نیتروژن اندام‌های ذخیره‌ای N in storage organes	نیتروژن اندام‌های هوایی Abovegr ound nitrogen					
درصد (%)				t ha^{-1} تن در هکتار				نیتروژن Nitrogen
0.57^{a}	1.31^{a}	0.5^{b}	1.59^{b}	14.68^{a}	16.18^{a}	22.73^{b}	93.66^{a}	0
0.34^{a}	1.58^{a}	0.64^{ab}	1.98^{ab}	16.04^{a}	17.89^{a}	29.26^{ab}	105.56^{a}	80
0.51^{a}	1.43^{a}	0.75^{ab}	1.97^{ab}	14.45^{a}	16.79^{a}	36.9^{a}	103.75^{a}	160
0.68^{a}	1.64^{a}	0.9^{a}	2.21^{a}	13.93^{a}	16.2^{a}	34.31^{a}	102.87^{a}	240
								رقم Cultivar
0.65^{a}	1.62^{a}	0.74^{a}	1.82^{a}	14.56^{a}	16.43^{a}	34.79^{a}	102.08^{a}	Magnolia
0.48^{a}	1.44^{a}	0.66^{a}	2.05^{a}	14.85^{a}	16.89^{a}	29.16^{b}	99.37^{a}	Fiama
0.45^{a}	1.41^{a}	0.67^{a}	1.93^{a}	15.02^{a}	16.94^{a}	28.44^{b}	102.92^{a}	Nagano

میانگین‌های دارای حرف مشابه در داخل هر ستون طبق آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح P= ۰/۰۵ دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test).



شکل ۱- برهمکنش ارقام و نیتروژن بر تغییرات عملکرد ریشه (الف)، عملکرد اندام هوایی (ب)، عملکرد ناخالص شکر (ج) و عملکرد شکر سفید (د) چغندرقند.

Figure 1. The interaction effect of cultivar and nitrogen on root yield (a), aboveground biomass (b), gross sugar yield (c) white sugar yield (d).

شکل ۲- برهمکنش ارقام و نیتروژن بر تغییرات نیتروژن ۱۰۱ روز بعد از کاشت چغندرقند در اندام هوایی (الف) و اندام ذخیره‌ای (ب) و تغییرات نیتروژن ۱۹۰ روز بعد از سبز شدن چغندرقند در اندام هوایی (ج) و اندام ذخیره‌ای (د).

Figure 2. The interaction effect of cultivar and nitrogen on N concentration in aboveground biomass (a) and storage organs (b) at 101 days after sowing, and N concentration in aboveground biomass (c) and storage organs (d) at 190 days after sowing.

ویژگی‌های کیفی

درصد قند ناخالص (عیارقند) و قند خالص: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف کود نیتروژن بر درصد قند ناخالص ($P\leq$۰/۰۵) و قند خالص ($P\leq$۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ٤). به‌طوری که با افزایش کود نیتروژن در واحد سطح، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص کاهش یافت. بسیاری از پژوهش‌گران نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند (۳، ۲۰ و ۳۲). بیشترین درصد قند ناخالص و درصد قند خالص به‌ترتیب با ۱۷/۳۳ و ۱۵/۷۳ درصد در تیمار شاهد (عدم کاربرد نیتروژن) مشاهده گردید. به‌نظر می‌رسد بالا بودن درصد قند خالص و درصد قند ناخالص در تیمار شاهد به‌دلیل عدم تحرک رشد هوائی باشد. برگ‌ها و دمبرگ‌ها در هوای گرم و در صورت فراوانی رطوبت و نیتروژن خاک بزرگ‌تر شده و تولید برگ‌های جدید تحریک می‌گردد و عمر برگ‌های مسن کوتاه می‌شود. این امر سبب اتلاف عوامل محیطی رشد و کاهش درصد قند ناخالص و قند ناخالص می‌گردد. بیشترین درصد قند ناخالص و درصد قند خالص به‌ترتیب با ۱۷/۳۳ و ۱۵/۷۳ درصد در تیمار عدم کاربرد نیتروژن و کمترین نیز با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد.

همچنین کمترین درصد قند ناخالص (۱۵/۷۸) و درصد قند خالص (۱۳/۵٦) نیز در مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (جدول ۵). افزایش مصرف کود نیتروژن باعث تحریک رشد رویشی و افزایش حجم ریشه می‌شود (۳۳). از طرفی، بین اندازه ریشه و درصد قند ناخالص ($r= -۰/٤۹^{**}$) و درصد قند خالص ($r= -۰/٤۷^{**}$) همبستگی منفی وجود دارد (جدول ٦). لذا با افزایش مصرف نیتروژن، موجب تحریک رشد رویشی، سایه‌اندازی برگ‌ها، افزایش نسبت تنفس به فتوسنتز و بزرگترشدن ریشه‌ها می‌شود که در نتیجه چنین شرایطی سبب کاهش درصد قند نیز خواهد شد. ویدن (۲۰۰۰) کاهش درصد قند با افزایش نیتروژن را به نگهداری آب بیشتر در ریشه نسبت داد (٤۲). صحابی و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن از ۷۰ به ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار با وجود بزرگتر شدن ریشه، درصد قند کاهش یافت (۳۳). نتایج جدول همبستگی نشان داد که درصد قند خالص و درصد قند ناخالص همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد اندام-هوایی (به‌ترتیب $r= -۰/٤۸^{**}$ و $r= -۰/۵۲^{**}$) داشته است (جدول ٦). که با نتایج نصری و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. به‌نظر می‌رسد تحریک رشد رویشی از طریق افزایش نسبت تنفس به فتوسنتز سبب کاهش درصد قند خالص و ناخالص می‌گردد (۲۷).

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر ارقام بر درصد قند ناخالص و درصد قند خالص از نظر آماری معنی‌داری نبود (جدول ٤) ولی با این وجود بیشترین درصد قند ناخالص و درصد قند خالص بین ارقام، در رقم ناگانو مشاهده شد (جدول ٥). همچنین نتایج به‌دست آمده بیانگر این مسئله بود که برهمکنش ارقام و نیتروژن نیز بر درصد قند ناخالص و درصد قند خالص اثر معنی‌داری نداشت (جدول ٥). برهمکنش ارقام و نیتروژن در شکل ٣ (الف و ب) نشان داد که بیشترین درصد قند ناخالص و درصد قند خالص به‌ترتیب با ١٨/٤٨ و ١٦/٨٨ درصد در رقم ناگانو در شرایط عدم کاربرد نیتروژن مشاهده شد. ولی به‌طور کلی بررسی روند برهمکنش حاکی از آن است که پاسخ هر سه رقم مورد مطالعه در برابر افزایش کود نیتروژن همواره روند نزولی داشت که این شیب کاهش در رقم فیاما نسبت به ارقام ناگانو و ماگنولیا کمتر بود (شکل ٣- الف و ب).

میزان درجه آلکالوئیدی، پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره: اثر مقدار کود نیتروژن بر میزان درجه آلکالوئیدی، نیتروژن مضره و سدیم از نظر آماری در سطح ١ درصد معنی‌دار بود ولی پتاسیم تحت تأثیر میزان کود نیتروژن قرار نگرفت (جدول ٤). مقدار نیتروژن مضره و سدیم با افزایش مقدار مصرف نیتروژن در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که مقدار شکر استحصالی از هر تن ریشه به عیار و مقدار ناخالصی‌های ریشه (بخصوص یون‌های سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره) چغندرقند بستگی دارد. مواد جامد غیرقندی سبب کاهش بلوره‌شدن ساکارز می‌گردند. مقدار نیتروژن مضره از ٠/٦٢ در تیمار عدم کاربرد نیتروژن به ٢/١٩ میلی‌اکی‌والان در صد گرم ریشه در تیمار ٢٤٠ کیلوگرم نیتروژن، و مقدار سدیم از ٤/٠٨ در تیمار عدم کاربرد نیتروژن به ٦/١٦ میلی‌اکی‌والان در صد گرم ریشه در تیمار ٢٤٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت (جدول ٥). حسین‌پور و همکاران (٢٠١٣) نیز با بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن (٠، ٦٠، ١٢٠، ١٨٠ و ٢٤٠ کیلوگرم در هکتار) بر ویژگی‌های کیفی چغندرقند طی آزمایش دو ساله نتایج مشابهی در مورد پتاسیم، نیتروژن مضره و سدیم ریشه گزارش دادند (١٥). همچنین خوگالی و همکاران (٢٠١١) نیز طی آزمایشی دو ساله با بررسی ویژگی‌های کیفی چغندرقند اظهار داشتند که با افزایش مصرف نیتروژن، درصد نیتروژن مضره و سدیم ریشه افزایش یافت ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف نیتروژن از نظر درصد پتاسیم، کلسیم، گوگرد و منیزیم ریشه مشاهده نگردید (١٩). تسیالتس و ماسلاریس (٢٠١٣) طی آزمایشی چهار ساله بیان داشتند که همبستگی مثبتی بین مقدار سدیم و نیتروژن آمینه ریشه با افزایش مصرف نیتروژن در واحد سطح وجود دارد (٤٠).

میزان درجه آلکالوئیدی برخلاف نیتروژن مضره و سدیم با افزایش مصرف نیتروژن در واحد سطح روند کاهشی داشت (جدول ۵). در این آزمایش درجه آلکالوئیدی همبستگی منفی و بالایی با میزان نیتروژن مضره (r= −۰/۹٤**) داشت، به‌طوری که با افزایش مصرف نیتروژن درجه آلکالوئیدی کاهش در مقابل نیتروژن مضره افزایش داشت (جدول ٦). بیشترین میزان پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره ریشه به‌ترتیب با ٤/۲۳، ۵/۵٦ و ۱/٦۷ میلی‌اکی‌والان در صد گرم خمیر ریشه در رقم ناگانو مشاهده شد. همچنین درجه آلکالوئیدی در هر سه رقم مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

برهمکنش نیتروژن و ارقام بر نیتروژن مضره و سدیم ریشه با افزایش مصرف نیتروژن در هر سه رقم مورد مطالعه افزایش یافت و در رقم ناگانو این افزایش ملموس‌تر بود به‌طوری که در تیمار ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، درصد سدیم و نیتروژن مضره در رقم ماگنولیا به‌ترتیب ۵/۷ و ۰/۹۹، رقم فیاما ۵/۹۵ و ۲/۵۱ و رقم ناگانو ٦/۸۳ و ۳/٤۱ درصد بود. همچنین نتایج نشان داد پتاسیم ریشه و درجه آلکالوئیدی با افزایش مصرف نیتروژن روند نزولی داشت (شکل ٤- الف- د). در این رابطه آساد و همکاران (۲۰۰۰) گزارش دادند که افزایش نیتروژن باعث افزایش ناخالصی‌ها یعنی نیتروژن، سدیم و پتاسیم شده، ولی درجه آلکالوئیدی را کاهش داده است (۳).

درصد قند ملاس و کارایی شکر قابل استحصال: نتایج تجزیه واریانس نشان داد در سطح آماری ۱ درصد کارایی شکر قابل استحصال و درصد قند ملاس تحت تأثیر مقدار نیتروژن قرار گرفت (جدول ٤). کمترین درصد قند ملاس با ۱/٦٦ درصد در تیمار عدم کاربرد نیتروژن و بیشترین نیز با ۲/۲۲ درصد در تیمار کودی ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد (جدول ۵). نتایج جدول همبستگی نشان دهنده همبستگی مثبت و کاملاً معنی‌دار میزان سدیم (r=۰/۸٤**) و نیتروژن مضره (r=۰/۸۳**) با درصد قند ملاس است (جدول ٦). ترکیباتی مانند سدیم و نیتروژن مضره منجربه اتلاف قند به‌صورت ملاس می‌گردند (۳٦). همچنین همبستگی معکوسی بین درصد قند خالص و درصد قند ملاس وجود دارد (جدول ٦).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر سطوح نیتروژن و رقم بر ویژگی‌های کیفی چغندرقند.

Table 4. Analysis of variance for qualitative traits of sugar beet as affected by nitrogen and cultivar.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	قند ناخالص Sugar content	درصد قند خالص Sucros concentration	پتاسیم K	سدیم Na	نیتروژن مضره N	درجه آلکالوئیدی Alkaloids	قند ملاس Molasses sugar	درصد قند قابل استحصال Extraction coefficient of sugar
بلوک Block	2	5.35	10.01	0.32	22.71	1.2	30.06	0.6	38.39
نیتروژن Nitrogen	3	4.86*	10.02**	0.21 n.s	9.81**	4.19**	130.26**	0.63**	41.02**
رقم Cultivar	2	3.12 n.s	2.5 n.s	0.45*	1.64**	2.11*	51.09 n.s	0.27*	4.03 n.s
نیتروژن در رقم Nitrogen×Cultivar	6	1.61 n.s	2.03 n.s	0.07 n.s	1.21 n.s	1.08**	20.94 n.s	0.07 n.s	3. 8 n.s
خطا Error	22	1.23	1.21	0.16	1.77	0.37	24.97	0.05	2.79
ضریب‌تغییرات CV	-	6.69	7.51	9.92	27.75	25.77	27.27	11.88	1.89

n.s غیر معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و یک درصد

ns: Non significant, * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

درصد کارایی شکر قابل استحصال در تیمارهای عدم کاربرد نیتروژن و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن به‌ترتیب با ۹۰/۵۷ و ۸۹/۷۱ درصد بیشترین و تیمارهای کودی ۱٦۰ و ۲٤۰ به‌ترتیب با ۸۷/۳۵ و ۸۵/۹۲ درصد کمترین می‌باشد (جدول ۵). همچنین نتایج تجزیه واریانس در جدول ٤ نشان داد که اثر رقم بر درصد قند ملاس در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود ولی بر کارایی شکر قابل استحصال تأثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین درصد ملاس در رقم ناگانو با ۲/۰۵ درصد مشاهده شد ولی در ارقام ماگنولیا و فیاما به‌ترتیب با ۱/۷٦ و ۱/۸۷ درصد اختلاف معنی‌داری حاصل نشد (جدول ۵). میزان سدیم و نیتروژن مضره همبستگی منفی و معنی‌داری با درصد کارایی شکر قابل استحصال (به‌ترتیب $r= -۰/۸۹^{**}$ و $r= -۰/۷۲^{**}$) دارا بودند (جدول ٦).

نتایج برهمکنش نیتروژن و رقم نشان داد که در هر سه رقم مورد مطالعه با افزایش مصرف نیتروژن، درصد قند ملاس افزایش یافت. کمترین درصد قند ملاس (۱/۵۷ درصد) در رقم فیاما در تیمار عدم کاربرد نیتروژن و بیشترین نیز درصد قند ملاس (۲/٦) در رقم ناگانو و با مصرف ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد (جدول ۵). جاهدی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند هنگامی‌که مصرف نیتروژن تا ۲٤۰ کیلوگرم در واحد سطح افزایش می‌یابد، مقدار ساکارز به تدریج کاهش خواهد یافت (۱۷). اثر برهمکنش نیتروژن و رقم نیز بر درصد کارایی شکر قابل استحصال معنی‌دار نبود. ولی

با وجود این در هر سه رقم با افزایش مصرف نیتروژن درصد کارایی شکر قابل استحصال با آهنگ کندی کاهش یافت (شکل ٤- ب).

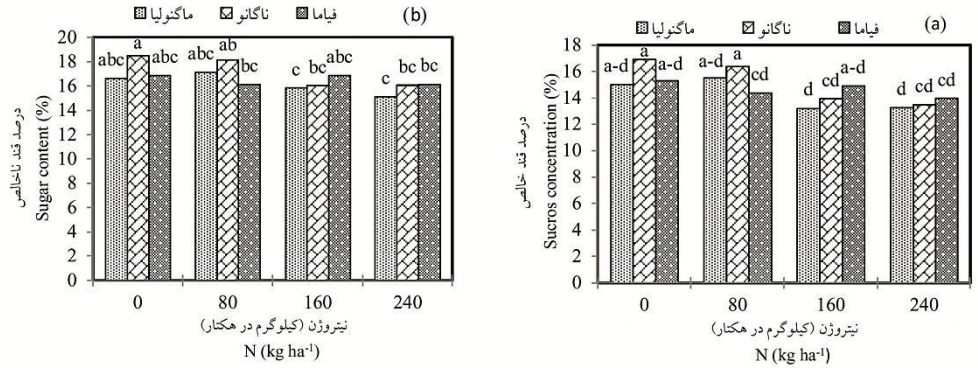
جدول ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح نیتروژن و رقم بر ویژگی‌های کیفی چغندرقند.

Table 5. Effect of nitrogen and cultivar on some qualitative traits of sugar beet.

درصد قند قابل استحصال Extractionc oefficient of sugar	قند ملاس Molasses sugar	درجه آلکالوئیدی Alkaloids	پتاسیم P	سدیم S	نیتروژن مضره N	قند خالص Sucros concentration	قند ناخالص Sugar content	تیمار Treatments
درصد (%)			meq .100 g^{-1} beet			درصد (%)		نیتروژن Nitrogen
90.57^{a}	1.66^{c}	15.41^{a}	0.62^{b}	4.08^{b}	4.23^{a}	15.73^{a}	17.33^{a}	0
89.71^{a}	1.74^{bc}	11.43^{a}	0.92^{b}	4.47^{ab}	4.21^{a}	15.42^{ab}	17.14^{a}	80
87.35^{b}	2^{ab}	7.4^{ab}	4^{a}	5.95^{a}	3.95^{a}	14^{bc}	16.24^{a}	160
85.92^{b}	2.22^{a}	6.58^{ab}	2.19^{ab}	6.16^{a}	3.94^{a}	13.56^{c}	15.78^{a}	240
								رقم Cultivar
88.85^{a}	1.76^{b}	12.49^{a}	0.84^{b}	5.12^{a}	3.86^{a}	14.25^{a}	16.18^{a}	Magnolia
87.57^{a}	2.05^{a}	8.38^{a}	1.67^{ab}	5.56^{a}	4.23^{a}	15.16^{a}	17.18^{a}	Fiama
88.57^{a}	1.87^{b}	10.74^{a}	1.3^{ab}	4.82^{a}	4.16^{a}	14.63^{a}	16.51^{a}	Nagano

میانگین‌های دارای حرف مشابه در داخل هر ستون طبق آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ =P دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the α=0.05 (LSD test).



شکل ۳- برهمکنش ارقام و نیتروژن بر درصد قند خالص (الف) و ناخالص (ب) در چغندرقند.

Figure 3. The interaction effect of cultivar and nitrogen on sucrose concentration (a) and sugar content (b) in sugar beet.

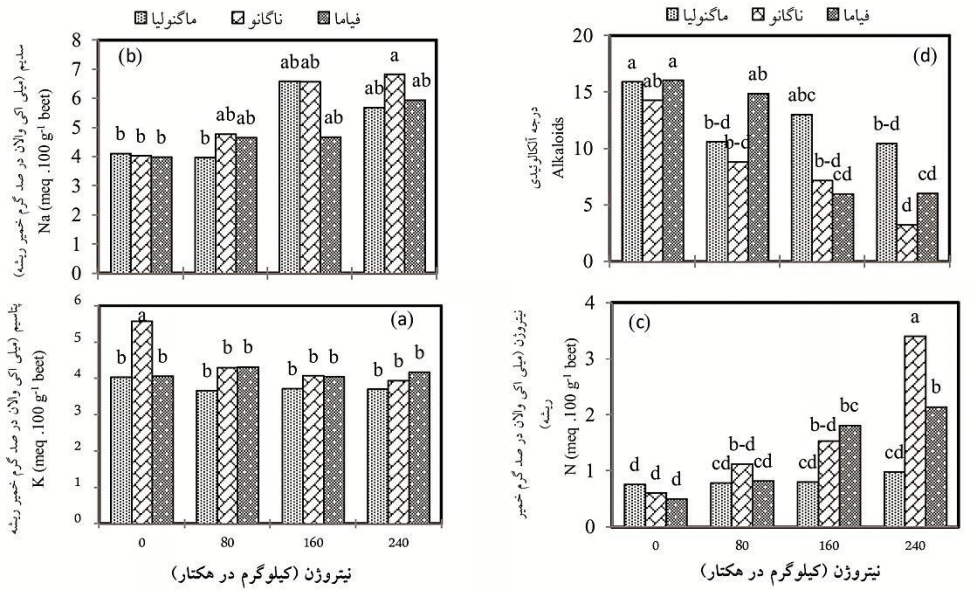
جدول ٦- ضرایب همبستگی مؤلفه‌های کمی و کیفی چغندرقند.

Table 6. Correlation coefficients between the quantitative and qualitative traits of sugar beet.

	نیتروژن اندام‌های ذخیره‌ای (۱۹۰ روز) N in storage organes (190 day)	نیتروژن اندام‌های هوایی (۱۹۰ روز) Abovegroun d N (190 day)	نیتروژن اندام‌های ذخیره‌ای (۱۰۱ روز) N in storage organes (101 day)	نیتروژن اندام‌های هوایی (۱۰۱ روز) Abovegrou nd N (101 day)	عملکرد شکر سفید White sugar yield	عملکرد ناخالص شکر Gross sugar yield	عملکرد اندام‌های هوایی Abovegroud biomass	عملکرد ریشه Root yield	درصد قند قابل استحصال Extraction coefficient of sugar	قند ملاس Molasses sugar	درجه آلکالوئیدی Alkaloids	پتاسیم K	سدیم Na	نیتروژن مضره N	درصد قند خالص Sucrose concentr ation	درصد قند ناخالص Sugar content	
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
1																1	1
2															1	0.92**	2
3														1	0.57**	0.62**	3
4													1	-0.37*	0.81**	-0.65**	4
5												1	0.48**	-0.11	-0.39*	-0.25	5
6											1	-0.94**	-0.23	0.03	0.19	0.07	6
7										1	-0.64**	0.83**	0.84**	-0.15	-0.63**	-0.45**	7
8									1	-0.92**	0.53**	-0.72**	-0.89**	0.36*	0.86**	0.71**	8
9								1	-037*	0.26	-0.07	0.17	0.36*	-0.46**	-0.47**	-0.49**	9
10							1	0.52**	-0.39*	0.23	-0.29	0.31	0.24	-0.49**	-0.48**	-0.52**	10
11						1	0.33*	0.85**	-0.04	0.06	-0.05	0.07	0.07	-0.17	-0.02	-0.007	11
12					1	0.94**	0.26	0.75**	-0.13	-0.12	0.02	-0.04	-0.11	-0.14	0.15	-0.006	12
13				1	0.04	0.08	0.23	0.16	-0.43**	0.43**	-0.36*	0.41*	0.38*	-0.09	-0.29	-0.23	13
14			1	0.54**	-0.09	-0.05	0.39*	0.12	-0.44**	0.37*	-0.46**	0.49**	0.29*	-0.36*	-0.41*	-0.43**	14
15		1	0.23	0.16	-0.26	-0.24	0.18	-0.15	-0.26	0.19	-0.05	0.08	0.22	-0.02	-0.19	-0.19	15
16	1	0.37**	0.45**	0.15	-0.27	-0.29	0.18	-0.21	-0.24	0.21	-0.31	0.31	0.08	-0.11	-0.12	-0.15	16

* and **, are significant at 5 and 1% of probability levels, respectively.

* و ** به‌ترتیب معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد.



شکل ٤- برهمکنش ارقام و نیتروژن بر تغییرات پتاسیم (الف)، سدیم (ب)، نیتروژن (ج) و درجه آلکالوئیدی (د) چغندرقند.

Figure 4. The interaction effect of cultivar and nitrogen on potassium (a) sodium (b) nitrogen (c) and alkaloids (d) in sugar beet.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق در ارتباط با تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند حاکی از این است که بسیاری از صفات مورد مطالعه تحت تأثیر برهمکنش رقم در نیتروژن قرار داشت. بالاترین عملکرد ریشه (۱۲۰ تن در هکتار) و شکر سفید (۱۷/۳۱ تن در هکتار)، به‌عنوان مهم‌ترین مشخصه اقتصادی زراعت چغندرقند با مصرف ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در رقم فیاما به‌دست آمد. همچنین در بسیاری از موارد بین صفات کمّی و کیفی چغندرقند رابطه معکوسی مشاهده شد. برای مثال همبستگی منفی و معنی‌داری بین درصد قند خالص و درصد تجمع نیتروژن در اندام‌های ذخیره‌ای در ۱۰۱ روز بعد از کاشت وجود داشت. با افزایش میزان سدیم و نیتروژن مضره نیز کارایی شکر قابل استحصال کاهش یافت. همچنین افزایش مصرف نیتروژن موجب شد که سهم وزن خشک اندام‌های هوایی، درصد نیتروژن اندام هوایی و ناخالصی‌های ریشه افزایش یابد که همین عامل مهم‌ترین دلیل کاهش درصد قند می‌باشد که با کاهش درصد ماده خشک ریشه همراه بود.

منابع

1. Abdollahian-Noghabi, M., Shaikholeslami, R., and Babaei, B. 2005. Technical terms of sugar beet yield and quality. J. Sugar Beet. 21(1): 101-104. (In Persian)
2. Albayrak, S., and Yulsel, O. 2010. Effect of nitrogen fertilization and harvest time on root yield and quality of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *crassa* Mansf). Turkish J. Field Crops. 15(1): 59-64.
3. Asad, M.T., Kheradnam, M., Kamkar Haghighi, A.A., Karimian, N.A., and Farsinejad, K. 2000. Sugar beet response to N and irrigation levels and time of N application. Iranian J. Agric. Sci. 31 (3): 427-443. (In Persian)
4. Azarakhsi, M., Farzadmehr, J., Eslah., M., and Sahabi, H. 2013. An investigation on trends of annual and seasonal rainfall and temperature in different climatologically regions of Iran. J. Range Watershed Manage. 66 (1): 1-16. (In Persian)
5. Bravo, S., Lee, G.S., and Schmehl, W.R. 1989. The effect of planting date, nitrogen fertilizer and harvest date on seasonal concentration and total content of six macronutrient in sugar beet. J. Am. Soc. Sugar Beet Technol. 26: 1. 34-49.
6. Burcky, K., and Biscoe, P.V. 1983. Stickstoff imR¨ubenblatt und N-Translokation aus alternden Bl¨attern. In: Proceedings of the IIRB Winter Congress, Brussels, Pp: 63–75.
7. Carter, J., and Traveller, J. 1981. Effect of time and amount of nitrogen on sugar beet growth and yield, Agron. J. 73: 655-671.
8. Draycott, A.P. 1993. Nutrition. In: Cooke, D.A., and Scott, R.K. (eds) The Sugar Beet Crop– Science into Practice. Chapman and Hall, London, Pp: 239–278.
9. Draycott, A.P., and Christenson, D.R. 2003. Nutrients for Sugar Beet Production: Soil–Plant Relationships. CAB International, Wallingford, 242p.
10. De Koeijer, T.J., de Buck, A.J., Wossink, G.V.A., Oenema, J., Renkema, J.A., and Struik, P.C. 2003. Annual variation in weather: its implications for sustainability in the case of optimizing nitrogen input in sugar beet. Eur. J. Agron. 19: 251-264.
11. Dutton, J., and Huijbregts, T. 2006. Root Quality and Processing. In: Draycott, A.P. (eds), Sugar Beet. Blackwell Publishing, Oxford, Pp: 409–442.
12. FAOSTAT. 2013. Statistical databases and data sets of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://faostat.fao.org/default.aspx.
13. Gohari, J. 1994. The effect of different amount and source of nitrogen fertilizer on sugar beet yield and quality. J. Sugar Beet. 10: 1 and 2. 23-34. (In Persian)
14. Hoffmann, C.M. 2005. Changes in N composition of sugar beet varieties in response to increasing N supply. J. Agron. Crop Sci. 191: 138-145.
15. Hossein Poor, M., Paknejad, A.R., Naderi, A., Eslami Zadeh, R., Yosef Abadi, V., Sharifi, H. 2013. Effect of nitrogen rates on growth characteristics, yield and quality of autumn- sown sugar beet. J. Sugar Beet. 29: 1. 33-51. (In Persian)

16. Hauck, R.D. 1984. Nitrogen in Crop Production. Soil Science Society of America (SSSA), Madison, Wisconsin, USA. 41: 601-613.
17. Jahedi, A., Noorozi, A., Hassani, M., and Hamdi, F. 2012. Effect of irrigation methods and nitrogen application on sugar beet yield and quality. J. Sugar Beet. 28(1): 23-28.
18. Khajehpour, M.R. 2007. Industrial crop production. Isfahan technology University, Jehad daneshgahi Press. 580p. (In Persian)
19. Khogali, M., Dagash, Y.M.I., and El-Hag, M.G. 2011. Nitrogen fertilizer effects on quality of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *Crassa*). Agric. Biol. J.N. America. 2(2): 270-278.
20. Kozicka, M.P. 2005. The effect of nitrogen fertilization and anti- fungal plant protection on sugar beet yielding. Plant Soil Environ. 51: 5. 232–236.
21. Lee, G.S., Dunn, G., and Schmehl, W.R. 1987. Effect of date of planting and nitrogen fertilization on growth component of sugar beet. J. Am. Soc. Sugar Beet Technol. 24: 1. 80-100.
22. Mack, G., Hoffmann, C.M., and Marlander, B. 2007. Nitrogen compounds in organs of two sugar beet genotypes (*Beta vulgaris* L.) during the season. Field Crops Res. 102: 210-218.
23. Manlou, C.S., Jaggard, K.W., and Sparkes, D.L. 2008. Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. Europ. J. Agron. 28: 47-56.
24. Märländer, B., Hoffmann, C., Koch, H.J., Ladewig, E., Merkes, R., Petersen, J., and Stockfisch, N. 2003. Environmental situation and yield performance of the sugar beet crop in Germany: heading for sustainable development. J. Agron. Crop Sci. 189: 201-226.
25. Milford, G.F.J., Pocock, T.O., Jaggard, K.W., Biscoe, P.V., Armstrong, M.J., Last, P.J., and Goodman, P.J. 1985. An analysis of leaf growth in sugar-beet. 4. The expansion of the leaf canopy in relation to temperature and nitrogen. Ann. Appl. Biol. 107: 335–347.
26. Milford, G.F.J., Travis, K.Z., Pocock, T.O., Jaggard, K.W., and Day, W. 1988. Growth and dry matter partitioning in sugar-beet. J. Agric. Sci. Camb. 110: 301–308.
27. Nasri, R., Kashani, A., Paknjad, F., SadeghI Shoa, M., Ghorbani, S. 2013. Correlation and path analysis of qualitative and quantitative yield in sugar beet in transplant and direct cultivation method in saline lands. Iran. J. Agron. Plant Breed. 8(1): 213-226. (In Persian)
28. Pocock, T.O., Milford, G.F.J., and Armstrong, M.J. 1990. Storage root quality in sugar-beet in relation to nitrogen uptake. J. Agric. Sci. Camb. 115: 355–362.
29. Reinefeld, E., Emmerich, B., Baumgarten, G., Winner, C., and Beiss, U. 1974. Zur voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. Zucker. 27: 2-15.

30. 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 J. Agri. Sci. 6(5): 589-594.
31. Rezvani, S.M., Noorozi, A., Azari, K., and Jafari, A.M. 2013. Determination of an appropriate model for optimum use of N fertilizer in furrow irrigation. J. Sugar Beet. 29: 1. 56-69. (In Persian)
32. Salami, M., and Saadat, S. 2013. Study of potassium and nitrogen fertilizer levels on the yield of sugar beet in jolge cultivar. J. Nov. Appl. Sci. 2: 94-100.
33. Sahabi, H., Nassiri Mhallati, M., and Koocheki, A. 2010. The Effect of Split Nitrogen Application on Patterns of Dry Matter partitioning in Sugar beet. Iran. J. Field Crops Res. 8(4): 569-576. (In Persian)
34. SAS Institute. 2000. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.2. SAS Institute Inc. Cary. NC. USA.
35. Scott, R.K., Jaggard, K.W., and Sylvester-Bradley, R. 1994. Resource capture by arable crops. In: J.L., Monteith, R.K., Scott and M.H., Unsworth. (eds), Resource Capture by Crops. Nottingham University Press, Pp: 279–302.
36. Shalaby, N.M.E., Osman, A.M.H., and El-Labbody. 2011. Evaluation of some sugar beet varieties as affected by harvesting dates under newly reclaimed soil. Egypt. J. Agric. Res. 89(2): 605-614.
37. Shock, C.C., Seddigh, M., Sounders, L.D., Stiber, T.D., and Miller, J.G. 200. Sugar beet nitrogen uptake and performance following heavily fertilized onion. Agron. J. 92: 11-15.
38. Stevens, W.B., Violett, R.D., Skalsky, S.A., and Mesbah, A.O. 2008. Response of eight sugarbeet varieties to increasing nitrogen application: I. Root, sucrose, and top yield. J. Sugar Beet Res. 45: 65-83.
39. Tarkalson, D.D., Bjorneberg, D.L., and Moore, A. 2012. Effects of tillage system and nitrogen supply on sugar beet production. J. Sugar Beet Res. 49 (3&4): 79-12.
40. Tsiltas, J.T., and Maslaris, N. 2013. Nitrogen effects on yield, quality and K/Na selectivity of sugar beets grown on clays under semi-arid, irrigated conditions. Int. J. Plant Prod. 7 (3): 355-371.
41. Webb, C.R., Werker, A.R., and Gilligan, C.A. 1997. Modelling the dynamical components of the sugar beet crop. Ann. Botan. 80: 427-436.
42. Weeden, B.R. 2000. Potential of sugar beet on the Atherton tableland. A report for the rural industries research and development crop ration (RIRDC). Publication No. 00/167. 2-14.
43. Winter, S.R. 1990. Sugar beet response to nitrogen as affected by seasonal irrigation. Agron. J. 82: 984-988.
44. Yousef Abadi, V., and Abdollahian-Noghabi, M. 2011. Effect of split application of nitrogen fertilizer and harvest time on the root yield and quality characteristics of sugar beet. Iran. J. Crop Sci. 13 (3): 521-532. (In Persian)