

اثر سطوح مختلف پتاسیم و نیتروژن بر عملکردهای کمی و کیفی چغندر قند در شرایط تنش خشکی

The Effect of different nitrogen and potassium levels on quantitative and qualitative traits of sugar beet under drought stress

حمید نوشاد^{۱*}، رحیم محمدیان^۲ و سمر خیامیم^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۸

ح. نوشاد، ر. محمدیان و س. خیامیم. ۱۳۹۵. اثر سطوح مختلف پتاسیم و نیتروژن بر عملکردهای کمی و کیفی چغندر قند در شرایط تنش خشکی. چغندر قند، ۳۲(۱): ۳۷-۴۹. DOI:10.22092/jsb.2016.106724

چکیده

برآورد نیاز غذایی چغندر قند به دو عنصر پرمصرف نیتروژن و پتاسیم در شرایط تنش خشکی بسیار حائز اهمیت است. برای این منظور ژنوتیپ متحمل به خشکی BP کرج به صورت آزمایش اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار طی سه سال در ایستگاه مهندس مظهری کرج مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارهای آبیاری شامل: آبیاری بدون اعمال تنش (شاهد)، آبیاری با تنش اول فصل و آبیاری با تنش در طول فصل رشد، در کرت اصلی بود. ۱۲ تیمار ترکیبی با چهار سطح نیتروژن خالص از منبع اوره (+، ۵۰، ۱۰۰، و ۱۵۰) و سه سطح پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (+، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بیشترین عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص از تیمار آبیاری شاهد به ترتیب به میزان ۴۹/۴۳ و ۵/۹۴ تن در هکتار به دست آمد. عملکرد ریشه در تیمارهای تنش اول فصل و تنش در طول فصل به ترتیب ۳۹/۸۴ و ۳۴/۸۵ تن در هکتار بوده که به ترتیب ۱۹ و ۳۰ درصد کاهش عملکرد نسبت به تیمار آبیاری شاهد نشان دادند. اثر متقابل نیتروژن و پتاسیم بر عملکرد ریشه، قند ناخالص و قند خالص در سطح اطمینان پنج درصد ($P < 0.05$) معنی‌دار بود. مناسب‌ترین ترکیب کود نیتروژن و پتاسیم تحت شرایط این آزمایش جهت دستیابی به بیشترین عملکرد قند خالص و بالاترین راندمان مصرف آب، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم خالص در هکتار به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عناصر پرمصرف

۱- مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. * - نویسنده مسئول
hamidnoshad@yahoo.com

۲- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۳- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

مقدمه

چغندر قند یکی از منابع مهم تولید شکر است که علاوه بر تغذیه انسان و دام در تناوب زراعی نقش مهمی دارد. چغندر قند همانند سیب زمینی از محصولات پرتوقع به پتاسیم می باشد. جهت تولید ۶۷ تن ریشه چغندر قند در هکتار حدود ۳۴۰ کیلوگرم پتاسیم، ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۶ کیلوگرم در هکتار فسفر از خاک برداشت می شود. مقایسه اعداد مذکور نشان می دهد که چغندر قند مقدار پتاسیم بیشتری نسبت به نیتروژن و فسفر جذب می کند (Malakouti and Gheibee 1997). پتاسیم، به علت مقدار جذب بالا و اهمیت نقش فیزیولوژیک، در گیاهان مختلف به ویژه چغندر قند از مهم ترین کاتیون ها محسوب می شود. یکی از مهمترین نقش های بیوفیزیکی پتاسیم، تنظیم فشار اسمزی سلول، تحت شرایط محیطی است. گیاهان دارای پتاسیم کافی، به آب کمتری جهت تولید مواد آلی در گیاه نیاز دارند. بحرانی ترین زمان مصرف پتاسیم در مراحل اولیه رشد می باشد. در این زمان ساقه و برگ در حال رشد ممکن است تحت تأثیر کود مصرفی باشد. در نواحی کم باران و مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل عدم شستشو و هوازدگی بیشتر، مقدار پتاسیم خاک زیاد بوده و گیاه نسبت به مصرف کودهای پتاس عکس العمل چندانی نشان نمی دهد. البته در همین مناطق به دلیل وجود رس زیاد و تثبیت بیشتر پتاسیم، گاهی کمبود پتاسیم دیده می شود (Ahmadi 1984). در تنش خشکی علاوه بر تولید فرم های فعال اکسیژن که باعث آسیب به برگ ها و کاهش عملکرد می شود، رشد ریشه و جذب پتاسیم کاهش می یابد. از طرفی کاهش جذب پتاسیم مقاومت گیاه نسبت به تنش خشکی را نیز کاهش می دهد. بنابراین حفظ مقادیر کافی پتاسیم گیاه برای تحمل به تنش خشکی ضروری است و ارتباط نزدیکی بین وضعیت تغذیه با پتاسیم و تحمل به خشکی وجود دارد (Wang et al. 2013). منابع و روش های مختلف مصرف پتاسیم تأثیرهای

متفاوتی بر عملکرد کمی و کیفی محصولات مورد آزمایش گذاشته است به طوری که مصرف کلرور پتاسیم به میزان سه برابر بیشتر از مقدار توصیه شده بر اساس آزمون خاک، عملکرد چغندر قند را تا ۷۴/۵ تن در هکتار در مقابل تیمار شاهد با تولید ۵۴ تن ریشه در هکتار، افزایش داده و مصرف کلرور پتاسیم در مقایسه با سولفات پتاسیم به عنوان بهترین تیمار معرفی شده است (Ghani Shayeste et al. 2003). از طرفی مصرف مقادیر مختلف کودهای پتاسیمی بخصوص سولفات پتاسیم تأثیر مثبتی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان مختلف از جمله سیب زمینی داشته و مصرف برگ پاش پتاسیم به ویژه در خاک های سنگین رسی عملکرد کمی و کیفی محصول را بهبود بخشیده است. مصرف سرک کودهای پتاسیم نسبت به مصرف یک جای آن نیز عملکرد محصول را حدود شش درصد افزایش داده است (Marchand and Bourrie 1999a). خادمی و همکاران (2001) به نقل از (Durrant et al. 1974) بیان کردند از ۲۰۰ آزمایش انجام شده که نقش کودهای پتاسیم روی چغندر قند مطالعه شده است، معلوم گردید که چغندر قند در مقابل افزایش پتاسیم به شدت واکنش نشان داده و پتاسیم برای دستیابی به حداکثر محصول مورد نیاز است (Khademi et al. 2001).

نیتروژن از عناصر غذائی ضروری گیاهان و از مهم ترین عناصری است که باید حتماً به صورت کود در اختیار گیاه قرار گیرد. زیرا کمتر خاکی است که دارای مقدار کافی نیتروژن به فرم قابل دسترس نیترات یا آمونیوم باشد (Khademi et al. 2001). مصرف کودهای شیمیائی بر اساس اندازه گیری نیتروژن قابل استفاده خاک، باعث کاهش میزان مصرف کودهای نیتروژن و کاهش آلودگی محیط زیست می شود. ترکیبات مختلف نیتروژن در خاک وجود دارند که بیش از ۹۸ درصد آن ها برای گیاهان غیر قابل جذب می باشند. تغییر و تبدیل این ترکیبات، به دما، رطوبت، تهویه، نوع ماده آلی و اسیدیته خاک

کوددهی متعادل نیتروژن و پتاسیم در گیاهان زراعی باعث افزایش رشد و جذب بهتر دو عنصر می‌شود. هم‌چنین تلفات نیترات در طی فصل رشد و بعد از آن کاهش می‌یابد. کیفیت عملکرد نیز با نسبت نیتروژن به پتاسیم مرتبط است (Marchand and Bourrie 1999b). هم‌چنین مصرف زیاد کود نیتروژن و کمبود پتاسیم باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصولات زراعی در نواحی مختلف شده است. کوددهی متعادل و مؤثر پتاسیم در ترکیب با عناصر غذایی دیگر مثل نیتروژن نه تنها در رشد، عملکرد و کیفیت پایدار گیاه زراعی مؤثر است، بلکه در سلامت گیاه و کاهش خطرهای محیطی بسیار مؤثر می‌باشد (Wang et al. 2013).

با توجه به اهمیت پتاسیم در تنش‌های خشکی و نیز تأثیر میزان رطوبت خاک بر مقدار جذب نیتروژن، این تحقیق با هدف بررسی عکس‌العمل چغندر قند به عناصر نیتروژن و پتاسیم در شرایط مختلف کمبود آب اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی مهندس مطهری (کمال شهر کرج) طی سه سال ۸۵-۸۳ اجرا شد. قبل از کاشت، نمونه برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک انجام و برخی ویژگی‌های مهم آن اندازه‌گیری گردید (جدول ۱).

بستگی دارد (Crozier et al. 1994). اندازه‌گیری نیترات خاک در طول مدت رشد گیاه و قبل از دادن کود سرک برای اولین بار توسط (Magdoff et al. 1984) پیشنهاد گردید. سپس کارائی این روش به‌عنوان راه‌کار مناسب و مؤثر در استفاده بهتر و مؤثرتر از کودهای نیتروژن در آمریکا توسط دیگران به اثبات رسید. جهت توصیه صحیح کودهای نیتروژن برای محصول چغندر قند و یا هر محصول دیگر ابتدا باید میزان کل نیتروژن مورد نیاز محصول جهت دستیابی به حداکثر محصول تعیین و سپس میزان نیتروژن قابل استفاده خاک بررسی شود. زیرا عدم اطلاع کافی از وضعیت نیتروژن قابل استفاده خاک باعث مصرف کودهای نیتروژن بیشتر و یا کمتر از حد مورد نیاز گیاه می‌شود (Isfan et al. 1991). قابلیت استفاده نیتروژن خاک تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد. از جمله می‌توان شرایط اقلیمی منطقه مثل: درجه حرارت، رطوبت و تهویه را نام برد. هم‌چنین میزان کودآلی، وضعیت زهکشی، اسیدیته خاک، میزان کود نیتروژن مصرف شده، مدیریت مزرعه، نوع محصول قبلی و برخی از خواص خاک تأثیر مهمی در این فاکتور دارند (Al-Kaisi 2001). همان‌طور که بیان شد رطوبت خاک از عوامل مهم مؤثر در قابلیت استفاده نیتروژن خاک می‌باشد. بنابراین در شرایط تنش خشکی باید براساس میزان رطوبت و نیز قابلیت استفاده نیتروژن که با اندازه‌گیری نیترات و آمونیوم خاک تعیین می‌شود، نسبت به برآورد نیتروژن مورد نیاز چغندر قند اقدام نمود. از طرفی

جدول ۱ برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری طی سال‌های ۸۵-۸۳.

سال	نیتروژن کل درصد	نیتروژن نیتراتی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	کربن آلی درصد	واکنش خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	ترکیب دانه بندی		
								رس	سیلت	ماسه
۱۳۸۳	۰/۲۶	۱۰/۵	۵	۲۵۰	۰/۸	۷/۸۸	۰/۶۴	۳۳	۴۷	۲۰
۱۳۸۴	۰/۳۰	۱۳	۹	۴۹۱	۱	۷/۸۱	۱/۰۷	۳۱	۵۷	۱۲
۱۳۸۵	۰/۳۵	۱۴	۱۳/۳	۴۶۱	۱/۱	۷/۶	۰/۵	۲۴	۴۱	۳۵

مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها در زمان لازم براساس نتایج تحقیقات و با نظر کارشناس مربوطه انجام شد. در زمان برداشت، ریشه‌های دو خط وسط هر کرت به طول شش متر و به مساحت شش متر مربع برداشت شد. هنگام برداشت، ریشه‌ها شمارش شده و جهت اندازه‌گیری عملکرد صفات ریشه، قندخالص و قندناخالص و مقدار سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، قند ملاس، راندمان استحصال، درصد قند خالص و ناخالص به آزمایشگاه تکنولوژی قند موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند ارسال شد. کارایی مصرفی نیتروژن براساس مقدار قند خالص تولیدی به ازای کود مصرفی و مقدار نیتروژن باقی مانده در خاک (معادله ۱)، و همچنین راندمان مصرفی آب به ازای قند خالص تولید شده به مقدار آب مصرفی (معادله ۲) محاسبه شد.

$$\text{NUE} = \text{WSY}/\text{N} \quad \text{معادله (۱):}$$

$$\text{WUE} = \text{WSY}/\text{W} \quad \text{معادله (۲):}$$

که در آن NUE کارایی مصرفی نیتروژن، WSY عملکرد شکر خالص (کیلوگرم در هکتار) و N میزان کود مصرفی نیتروژن بر حسب کیلوگرم در هکتار، WUE راندمان مصرفی آب و W مقدار آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار می‌باشد.

تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS و گروه‌بندی تیمارها با کمک نرم افزار MSTATC انجام شد و به منظور تعیین یکنواختی واریانس‌ها آزمون بارتلت انجام و سپس آزمون واریانس مرکب صورت گرفت. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ ارائه شده است، چنانکه جدول مذکور نشان می‌دهد، اثر سال بر درصد قند،

سه سطح عامل آبیاری به‌صورت تصادفی در کرت‌های اصلی قرار گرفتند که شامل: ۱- آبیاری به‌روش معمول (آبیاری براساس ۸۰ تا ۸۵ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) ۲- تنش اول فصل (پس از مرحله ۴-۶ برگی، وجین و تنک اولیه انجام گردید و پس از اعمال تیمارهای کود نیتروژن به‌صورت سرک، یک آبیاری انجام شد، سپس در یک دوره ۶۰ روزه آبیاری قطع و پس از طی این مدت، آبیاری به‌روش معمول از سر گرفته شد). ۳- آبیاری یک دور در میان یا تنش مداوم طی فصل رشد (آبیاری براساس ۱۶۰ تا ۱۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A). سطوح تیمارهای نیتروژن از منبع اوره (شامل چهار سطح بر مبنای ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (شامل سه سطح بر مبنای ۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم خالص) به‌صورت فاکتوریل (ترکیب چهار سطح نیتروژن و سه سطح پتاسیم) که به‌طور تصادفی در کرت‌های فرعی که در داخل کرت‌های اصلی خرد شدند قرار گرفتند.

بعد از آماده سازی بستر و قبل از کاشت، تیمار کود پتاسیم در کرت‌ها دست‌پاش شده و با استفاده از دیسک با خاک مخلوط گردید. کود نیتروژن نیز در زمان چهار تا شش برگی پس از مرحله تنک و وجین در داخل نشتی‌ها دست‌پاش و با کولتیواتور با خاک کاملاً مخلوط گردیده و بلافاصله آبیاری انجام شد. هر کرت فرعی شامل چهار خط، به طول ده متر، به عرض ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر منظور شد تا تراکم مطلوب ۱۰۰ هزار بوته در هکتار بدست آید (Yousefabadi and Khayamim 2013). جهت کاشت، از بذر یک ژنوتیپ مولتی‌ژرم متحمل به خشکی (BP کرج) استفاده گردید. براساس نتایج تجزیه خاک در هر سال مقادیر متفاوت کود سوپر فسفات تریپل به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به خاک افزوده شد. سایر عملیات زراعی شامل

مناسب است (Ahmadi et al. 2015). در سال ۱۳۸۵ مقدار فسفر خاک به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر و مقدار موادآلی و نیتروژن خاک نیز تا حدی بهتر از دو سال قبل بود (جدول ۱). بنابراین در این سال اغلب صفات کمی و کیفی چغندرقدند بیشتر از سال‌های دیگر آزمایش است (جدول ۳).

عملکرد ریشه، عملکرد قندناخالص، عملکرد قندخالص و کارایی مصرف نیتروژن و راندمان مصرف آب معنی‌دار است ($P < 0.01$). این مساله می‌تواند به اثر اقلیم و نوع خاک مربوط شود به طوری که در سال ۱۳۸۵ خاک سبک‌تر و حاصلخیزتر از دو سال قبل بود (جدول ۱). به طور کلی خاک‌هایی حاصلخیز با بافت متوسط (لومی) و زهکشی خوب، برای رشد چغندرقدند

جدول ۲ میانگین مربعات انحرافات صفات اندازه‌گیری شده ریشه چغندرقدند تحت تنش خشکی، کودهای نیتروژن و پتاسیم طی سه سال آزمایش (۱۳۸۳-۱۳۸۵) در ایستگاه مهندس مطهری کرج.

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد قند	عملکرد ریشه	عملکرد قند ناخالص	عملکرد قند خالص	کارایی مصرف نیتروژن	راندمان مصرف آب
سال	۲	۴۴۵/۰۹**	۲۰۲۸۰**	۳۵۵/۰۰**	۳۸۱/۰۰**	۱۸۰۳۸/۹۶**	۷/۴۸**
تکرار در سال	۹	۱/۶۰ ^{ns}	۵۸/۶ ^{ns}	۱/۴۴ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۴۵/۳۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
آبیاری	۲	۴۷/۰۰ ^{ns}	۷۹/۱۳ ^{ns}	۲۳۹/۴۰*	۱۷۵/۷۰*	۱۱۱۹۸/۱۷*	۰/۱۵ ^{ns}
سال در آبیاری	۴	۶۲/۱۰**	۱۰۸۸**	۲۳۷/۰**	۲۰/۸۰**	۱۳۶۰/۶۳**	۰/۱۱ ^{ns}
خطا	۱۸	۱۰/۴۰	۱۷۲/۷۰	۵/۰۹	۴/۴۰	۲۵۸/۴۲	۰/۰۵
نیتروژن	۳	۸/۴۰ ^{ns}	۱۱۸۰/۰۰*	۱۶/۶۰*	۷/۵۴ ^{ns}	۴۵۱۴۹/۸۵**	۰/۰۵ ^{ns}
سال در نیتروژن	۶	۳/۵۰ ^{ns}	۱۳۶/۶۰ ^{ns}	۲/۸۰ ^{ns}	۱/۹۶ ^{ns}	۴۳۹/۲۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
آبیاری در نیتروژن	۶	۱/۷۰ ^{ns}	۲۷۹ ^{ns}	۵/۰۸ ^{ns}	۳/۲۰ ^{ns}	۲۹۵/۹۰ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
سال در آبیاری در نیتروژن	۱۲	۳/۰۰ ^{ns}	۱۷۶/۸۰ ^{ns}	۵/۵۰ ^{ns}	۴/۷۰ ^{ns}	۴۶۰/۷۴ ^{ns}	۰/۰۵*
پتاسیم	۲	۲/۰۰ ^{ns}	۱۱۲/۰۰ ^{ns}	۶/۰۰ ^{ns}	۴/۹۰ ^{ns}	۲۲۸/۰۵ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}
سال در پتاسیم	۴	۳/۸۰ ^{ns}	۱۵۴/۴۰ ^{ns}	۴/۰۰ ^{ns}	۳/۰۶ ^{ns}	۶۶/۰۶ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
آبیاری در پتاسیم	۴	۰/۵۰ ^{ns}	۷۶/۰۰ ^{ns}	۱/۳۰ ^{ns}	۰/۹۰ ^{ns}	۲۱۷/۰۵ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
سال در آبیاری در پتاسیم	۸	۲/۲۰ ^{ns}	۸۱/۴۰ ^{ns}	۲/۰۰ ^{ns}	۱/۴۴ ^{ns}	۱۷۶/۰۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
نیتروژن در پتاسیم	۶	۱/۴۰ ^{ns}	۱۹۴/۰۰*	۵/۰۰*	۴/۰۰*	۱۳۲/۷۵ ^{ns}	۰/۰۴*
سال در نیتروژن در پتاسیم	۱۲	۰/۹۰ ^{ns}	۴۹/۸۰ ^{ns}	۱/۴۰ ^{ns}	۱/۱۰ ^{ns}	۱۳۱/۵۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
آبیاری در نیتروژن در پتاسیم	۱۲	۱/۸۰ ^{ns}	۷۲/۶۰ ^{ns}	۲/۲۰ ^{ns}	۱/۷۰ ^{ns}	۲۳۲/۵۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
سال در آبیاری در نیتروژن در پتاسیم	۲۴	۱/۴۰ ^{ns}	۱۳۱/۰۰ ^{ns}	۳/۱۷ ^{ns}	۲/۴۰ ^{ns}	۳۳۳/۳۵**	۰/۰۲ ^{ns}
خطا	۲۹۷	۱/۳۵	۲۴۰/۰۰	۵/۲۸	۴/۶۰	۷۸/۶۲	۰/۰۱

ns: تفاوت غیرمعنی‌دار، * و ** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد قندناخالص، قندخالص و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۲، $P < 0.05$). کاهش عملکرد ریشه در اثر تنش اول فصل و تنش مدام در طول فصل رشد حدود ۱۹ و ۳۰ درصد بود. این در حالی است که کاهش عملکرد قندناخالص در اثر تنش اول فصل و تنش مدام به ترتیب ۲۱ و ۳۴ درصد شد. همچنین کاهش عملکرد قندخالص در این سطوح تنش به ترتیب ۲۳ و ۳۷ درصد بود (جدول ۳). در آزمایشات دیگر بسته به نوع رقم

مقدار کل آب مصرفی در تیمار آبیاری معمول طی سه سال آزمایش حدود ۲۰، ۱۴ و ۱۱ هزار مترمکعب در هکتار بود. این مقدار در تیمار تنش اول فصل به ترتیب حدود ۱۲، ۹ و ۱۰ هزار مترمکعب و در تنش آخر فصل حدود ۱۱، هفت و شش هزار مترمکعب طی سه سال آزمایش مشاهده شد. به همین دلیل است که راندمان مصرف آب طی سه سال آزمایش تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۲، $P < 0.01$). بیشترین راندمان آبیاری در سال سوم آزمایش مشاهده شد.

(Mirzaee and Rezvani 2007). بیشترین عملکرد قندخالص در تیمار آبیاری معمول و به مقدار حدود شش تن در هکتار و کمترین عملکرد قندخالص نیز به میزان حدود چهار تن در هکتار مربوط به تیمار تنش مداوم طی فصل رشد بود (جدول ۳). به دلیل طولانی بودن دوره رشد چغندر قند، در صورت مناسب بودن شرایط زراعی، چغندر قند می‌تواند پس از تنش در اوایل فصل رشد، عملکرد خود را تا حد زیادی بهبود دهد (Chegini 2012; Mohammadian *et al.* 2010).

کاهش عملکرد ریشه در تنش اول فصل بین ۲۰-۳۰ درصد و در تنش مداوم در طول فصل بین ۳۵-۴۵ درصد گزارش شده است (Chegini 2012). با وجودی که تنش کوتاه مدت در زمان برداشت باعث افزایش درصد قند می‌شود، اما نتایج این تحقیق نشان داد تنش طولانی مدت آخر فصل باعث کاهش درصد قند ناخالص گردید، گرچه این کاهش نسبت به تنش اول فصل معنی‌دار نبود. قطع آبیاری در مراحل آخر فصل رشد و در زمان قندسازی چغندر قند با افزایش ناخالصی‌های ریشه موجب کاهش درصد قندخالص و راندمان استحصال می‌شود.

جدول ۳ گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد بر اساس تجزیه مرکب سه ساله تیمارهای مختلف برای اثرات اصلی

کارایی مصرف	راندمان مصرف آب (کیلوگرم شکر به مترمکعب آب)	نیتروژن (کیلوگرم شکر به کیلوگرم کود)	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	قند ریشه (درصد)	تیمار
	۰/۳۰ c	۴۱/۸۷ b	۴/۲۹b	۵/۷۹b	۴۳/۹۴b	۱۳/۰۳c	سال ۱۳۸۳
	۰/۳۵ b	۳۱/۲۰c	۳/۴۱c	۴/۶۹c	۲۸/۴۳c	۱۶/۵۲a	سال ۱۳۸۴
	۰/۷۲ a	۵۳/۵۸ a	۶/۵۶a	۷/۷۹a	۵۱/۷۵a	۱۵/۱۰b	سال ۱۳۸۵
	۰/۴۲ a	۵۱/۷۱۲۱ a	۵/۹۴a	۷/۴۷a	۴۹/۴۳a	۱۵/۴۰a	آبیاری معمول (شاهد)
	۰/۴۶ a	۴۰/۶۷ b	۴/۶۰ab	۵/۸۷b	۳۹/۸۴ab	۱۵/۰۰a	آبیاری با تنش اول فصل
	۰/۴۹ a	۳۴/۲۸ c	۳/۷۴b	۴/۹۲b	۳۴/۸۵b	۱۴/۳۰a	تنش مدام در طول فصل
	۰/۴۳ a	۷۰/۱۷ a	۴/۴۰a	۵/۵۲b	۳۶/۵۹b	۱۵/۲۴a	نیتروژن صفر (شاهد)
	۰/۴۶ a	۴۳/۶۹b	۴/۷۸a	۶/۱۴a	۴۱/۷۷a	۱۴/۷۶a	نیتروژن ۵۰ کیلو گرم در هکتار
	۰/۴۸ a	۳۱/۸۶ c	۵/۰۴a	۶/۴۵a	۴۳/۸۲a	۱۴/۹۲a	نیتروژن ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار
	۰/۴۵ a	۲۳/۱۵ d	۴/۸۱a	۶/۲۵a	۴۳/۳۰a	۱۴/۵۹a	نیتروژن ۱۵۰ کیلو گرم در هکتار
	۰/۴۵ a	۴۲/۲۳ a	۴/۷۶a	۶/۱۲a	۴۱/۵۶a	۱۴/۸۵a	پتاسیم صفر (شاهد)
	۰/۴۶ a	۴۳/۴۲ a	۴/۹۴a	۶/۳۰a	۴۲/۱۵a	۱۵/۰۱a	پتاسیم ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار
	۰/۴۳ a	۴۰/۹۱ a	۴/۵۷a	۵/۸۸a	۴۰/۴۱a	۱۴/۷۹a	پتاسیم ۲۰۰ کیلو گرم در هکتار

اعدادی که در هر ستون با حروف مشابه نمایش داده شده از نظر آماری معنی‌دار نیستند.

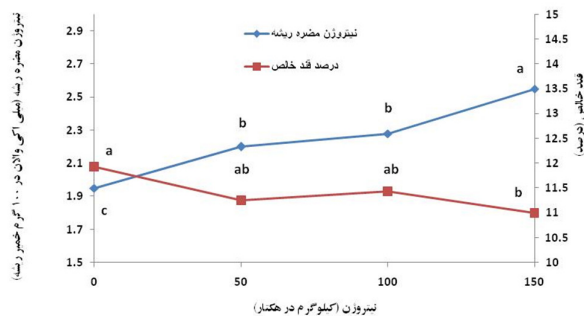
به ترتیب باعث کاهش ۲۱ و ۳۴ درصدی کارایی مصرف نیتروژن نسبت به شاهد گردید (جدول ۳). کارایی مصرف نیتروژن در اراضی تحت کشت آبی در آسیا، حدود ۳۱ درصد (Doberman and Witt 2002) و در مناطق مختلف آفریقا در مزارع کشاورزان حدود ۱۹ الی ۵۰ درصد گزارش شده است (Haefele *et al.* 2003). کارایی مصرف نیتروژن در چغندر قند

تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار کارایی مصرف نیتروژن گردید (جدول ۲، $P < 0.05$). مقدار این کارایی از ۳۴ تا ۵۲ درصد به ترتیب در تیمارهای آبیاری تنش مداوم در طول فصل و آبیاری معمول متفاوت بود (جدول ۳). به عبارتی بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در تیمار آبیاری معمولی مشاهده شد و تنش اول فصل و تنش مدام در طول فصل

ریشه و قند ناخالص به ترتیب حدود ۳۷ و ۵/۵ تن در هکتار به سطح شاهد نیتروژن (عدم استفاده از کود نیتروژن) اختصاص داشت (جدول ۳). با وجود تفاوت غیر معنی‌دار بین سطوح نیتروژن، بیشترین عملکرد قندخالص به مقدار پنج تن در هکتار از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد (جدول ۳) و این به علت اثر نیتروژن بر افزایش میزان ناخالصی‌های ریشه شامل سدیم، نیتروژن مضره، قندملاس و در نتیجه کاهش راندمان استحصال چغندر قند بود. به عبارتی مصرف بیش از حد نیتروژن باعث افزایش نیتروژن مضره و کاهش درصد قند خالص و در نتیجه کاهش عملکرد قندخالص شد (شکل ۱). بنابراین نتایج حاصل از این آزمایش تأیید نمود که در خاکی با نیترات حدود ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص، حد بهینه مصرف نیتروژن در مزرعه می‌باشد. این نتیجه با نتایج محققان دیگر (Noshad *et al.* 2012; Hoseinpoor 2006) مطابقت دارد.

به میزان نیتروژن قابل دسترس خاک، مقادیر کود نیتروژن مصرفی و میزان آب قابل دسترس بستگی دارد (Lopez- bellido *et al.* 2005). این کارایی با افزایش میزان آب مصرفی افزایش می‌یابد. آب نقش مهمی در فرآیند جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد دارد. هنگامی که مقدار آب مصرفی افزایش می‌یابد، امکان جذب بیشتر نیتروژن فراهم شده و در نتیجه کارایی مصرف نیتروژن زیاد می‌شود (Karimi 2009).

اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکردهای ریشه، قند ناخالص در سطح احتمال پنج درصد و بر کارایی مصرف نیتروژن در سطح یک درصد، معنی‌دار بود (جدول ۲). اما اثرات آن بر عملکرد قند خالص معنی‌دار نشد (جدول ۲، $P > 0.05$). اثرات اصلی پتاسیم نیز بر هیچ یک از صفات ذکر شده معنی‌دار نبود (جدول ۲). میانگین عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص تیمارهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۳). کمترین عملکرد



شکل ۱ مقادیر نیتروژن مضره ریشه و درصد قندخالص چغندر قند در سطوح مختلف نیتروژن

نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب باعث کاهش کارایی به مقدار ۱۹، ۲۴، ۳۵ و ۳۶ درصد گردید که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (Noshad *et al.* 2012). کارایی مصرف نیتروژن به عوامل مختلفی بستگی دارد (Al-Kaisi 2001). با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، کارایی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد.

با افزایش مقدار نیتروژن خاک، کارایی مصرف نیتروژن به طور معنی‌داری کاهش داشت. با مصرف ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، کارایی مصرف نیتروژن به ترتیب ۳۸، ۵۵ و ۶۷ درصد کاهش یافت (جدول ۳). در آزمایش دیگری مصرف ۱۲۰، ۱۶۰، ۲۰۰ و ۲۴۰ کیلوگرم

تغییرات در کارایی استفاده از نیتروژن می‌باشد (Drycott and Christenson 2003).

کارایی مصرف نیتروژن (NUE) از حاصل ضرب کارایی جذب نیتروژن (UPE) در کارایی استفاده از نیتروژن (UTE) به دست می‌آید. معنی دار شدن کارایی مصرف نیتروژن بیشتر مربوط به

جدول ۴ مقایسه میانگین عملکردهای چغندر قند در اثر متقابل تیمار نیتروژن و پتاسیم به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد

تیمار	قند ریشه (درصد)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم شکر به کیلوگرم کود)	راندمان مصرف آب (کیلوگرم شکر به مترمکعب آب)
سطح شاهد نیتروژن × سطح شاهد پتاسیم	۱۵/۳۸ a	۳۶/۲۱ ef	۵/۵۰ cd	۴/۳۸ cd	۷۰/۶۸ a	۰/۴۲ bc
سطح ۵۰ نیتروژن × سطح شاهد پتاسیم	۱۵/۳۰ a	۳۸/۷۴ de	۵/۹۱bc	۴/۷۱ bcd	۷۱/۸۸ a	۰/۴۶ b
سطح ۱۰۰ نیتروژن × سطح شاهد پتاسیم	۱۵/۰۷ a	۳۴/۸۲ f	۵/۲۰ d	۴/۱۲ d	۶۷/۹۵ a	۰/۴۰ c
سطح ۱۵۰ نیتروژن × سطح شاهد پتاسیم	۱۴/۶۹ a	۴۳/۲۵ abc	۶/۳۷ b	۴/۹۷ bc	۴۴/۳۹ a	۰/۴۷ ab
سطح شاهد نیتروژن × سطح ۱۰۰ پتاسیم	۱۴/۷۲ a	۴۱/۵۵ bcd	۶/۰۸ bc	۴/۷۱ bcd	۴۳/۴۸ a	۰/۴۵ bc
سطح ۵۰ نیتروژن × سطح ۱۰۰ پتاسیم	۱۴/۸۹ a	۴۰/۵۲ cd	۵/۹۷ bc	۴/۶۶ bcd	۴۳/۱۹ a	۰/۴۵ bc
سطح ۱۰۰ نیتروژن × سطح ۱۰۰ پتاسیم	۱۴/۹۵ a	۴۳/۶۰ abc	۶/۴۵ ab	۵/۰۳ b	۳۱/۷۴ a	۰/۴۸ ab
سطح ۱۵۰ نیتروژن × سطح ۱۰۰ پتاسیم	۱۵/۲۱ a	۴۶/۹۶ a	۷/۰۵ a	۵/۶۲ a	۳۵/۵۳ a	۰/۵۴ a
سطح شاهد نیتروژن × سطح ۲۰۰ پتاسیم	۱۴/۶۲ a	۴۰/۹۰ cd	۵/۸۵ bc	۴/۴۸ bcd	۲۸/۲۲ a	۰/۴۲ bc
سطح ۵۰ نیتروژن × سطح ۲۰۰ پتاسیم	۱۴/۳۸ a	۴۳/۱۹ abc	۶/۱۶ bc	۴/۶۹ bcd	۲۲/۵۱ a	۰/۴۵ bc
سطح ۱۰۰ نیتروژن × سطح ۲۰۰ پتاسیم	۱۴/۸۳ a	۴۱/۳۴ cd	۶/۰۸ bc	۴/۷۳ bc	۲۲/۷۷ a	۰/۴۴ bc
سطح ۱۵۰ نیتروژن × سطح ۲۰۰ پتاسیم	۱۴/۵۷ a	۴۵/۴۲ ab	۶/۵۰ ab	۵/۰۲ b	۲۴/۱۷ a	۰/۴۶ b

تفاوت اعدادی که با حروف مشابه انگلیسی نمایش داده شده از نظر آماری معنی دار نیستند.

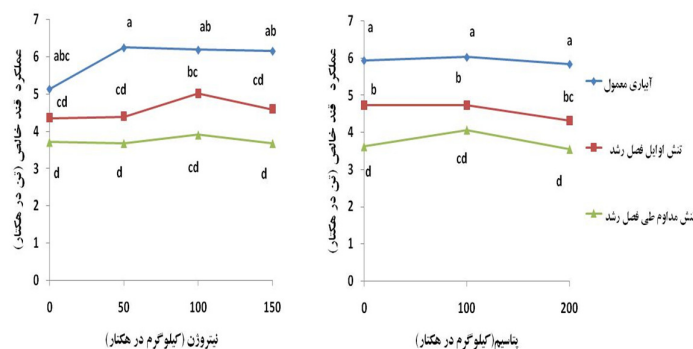
عملکرد قندخالص بود (جدول ۳) اما نتایج نشان داد کود نیتروژن به تنهایی نمی‌تواند سبب افزایش معنی‌دار عملکرد قندخالص شود و مصرف کود پتاسیم جهت افزایش عملکرد ریشه، قندناخالص و قندخالص ضروری است. از طرفی بیشترین راندمان مصرف آب به ازای شکر تولیدی به میزان ۵۲ درصد از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم حاصل شد (جدول ۴). به‌طور کلی برای از بین بردن فاصله عملکرد با شرایط مطلوب و دستیابی به تولید بیشتر، افزایش معنی‌دار مصرف کود پتاسیم مورد نیاز است زیرا آزمایش‌ها در بسیاری از مناطق نشان داده که مصرف زیاد نیتروژن بدون مصرف پتاسیم باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی شده است (Wang et al. 2013). از طرفی مشخص شده، چه در سال‌های مرطوب و چه در سال‌های خشک اگر

اثر متقابل سطوح مختلف پتاسیم و نیتروژن بر عملکردهای ریشه، قند ناخالص، قند خالص و راندمان مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲، $P < 0.05$). به عبارت دیگر عکس‌العمل عملکرد ریشه، قندناخالص و قندخالص در سطوح مختلف پتاسیم با افزایش نیتروژن متفاوت بود. بیشترین عملکرد ریشه، قندناخالص و قندخالص به ترتیب به میزان حدود ۴۷، هفت و شش تن در هکتار، از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به‌دست آمد. این در حالی است که کمترین مقدار عملکرد ریشه، قند ناخالص و قند خالص به ترتیب به مقدار ۳۵، پنج و چهار تن در هکتار مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدون مصرف پتاسیم بود (جدول ۴). با وجودی که تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار دارای بیشترین

در تیمارهای معمول مشاهده نشد (شکل ۲). از طرفی کارایی مصرف کود نیتروژن نیز در شرایط معمول بیشترین مقدار بود (جدول ۳). نتایج سایر تحقیقات نیز نشان می‌دهد که افزایش مقدار نیتروژن بر عملکرد قند در شرایط معمول بیش از شرایط تنش می‌باشد (Esmaeili 2011). به‌طور کلی در شرایط تنش رطوبتی، افزایش نیتروژن باعث کاهش رشد و عملکرد محصولات مختلف شده است (Ashraf *et al.* 2001; Khezerlo *et al.* 2010). عکس‌العمل عملکرد ریشه و قند با توجه به شرایط اقلیمی نیز متفاوت است. در شرایط اقلیمی نرمال افزایش نیتروژن تا ۱۰۸ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد و مصرف بیش از آن باعث کاهش عملکرد گردید. در حالی که در سال گرم و خشک مصرف بیش از ۵۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد را کاهش داد (Kristek *et al.* 2008). از طرف دیگر گزارش شده است که افزایش مصرف پتاسیم، مقدار فتوسنتز، رشد گیاه، عملکرد و مقاومت به خشکی را در گیاهان زراعی مختلف تحت شرایط کمبود آب افزایش می‌دهد. به‌علاوه رابطه خوبی بین مقدار پتاسیم برگ و محتوای آبی گیاه تحت شرایط کمبود آب مشاهده شده است (Moinuddin and Imas 2007). با این وجود در زراعت چغندر قند، افزایش مصرف پتاسیم تنها در شرایط معمول و تنش متعادل می‌تواند بر عملکرد اثر مثبت داشته باشد و مصرف بالای آن در شرایط تنش زیاد ممکن است به دلیل برهم‌زدن تعادل عناصر غذایی اثرات مضر بر عملکرد نهایی داشته باشد (Mohammadian *et al.* 2005). کاربرد متعادل کود پتاسیم باعث افزایش عملکرد، از طریق کاهش اثرات مضر خشکی می‌شود. با این وجود در شرایط کمبود شدید آب مصرف کود پتاسیم نمی‌تواند همانند شرایط بدون محدودیت باعث افزایش عملکرد گردد (Thomas 2007).

کلیه عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر به مقدار کامل در اختیار چغندر قند قرار گیرد، کارایی مصرف نیتروژن نسبت به شرایطی که یکی از این عناصر در حد کمتر از مطلوب باشد، بیشترین مقدار خواهد بود (Szczeplaniak *et al.* 2012). بنابراین با توجه به نتایج این آزمایش به‌طور کلی در خاک‌ها و شرایط اقلیمی مشابه، جهت حصول حداکثر عملکرد می‌توان، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن همراه با ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم را توصیه کرد. در آزمایشات دیگر نیز مصرف نیتروژن با پتاسیم در افزایش عملکرد ریشه و قند مؤثر بود؛ به‌طوری که در بیشترین مقدار پتاسیم (۱۱۴ کیلوگرم در هکتار) و مقادیر مختلف نیتروژن، درصد قند و عملکرد قندخالص و برخی صفات کیفی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در حالی که در بیشترین سطح نیتروژن (۲۸۵ کیلوگرم در هکتار) و مقادیر مختلف پتاسیم، ناخالصی‌های ریشه و قند ملاس به‌طور معنی‌داری افزایش داشتند. همچنین افزایش نیتروژن تا ۲۸۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون مصرف پتاسیم، ناخالصی‌ها و قند ملاس را به‌طور معنی‌داری افزایش و عملکرد قندخالص را کاهش داد (Abdel-Motagally and Attia 2009).

براساس جدول تجزیه واریانس اثر متقابل تیمارهای آبیاری در نیتروژن و آبیاری در پتاسیم بر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و قند خالص از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (جدول ۲، $P > 0.05$). در هر سطح عامل آبیاری روند تغییرات عملکرد قندخالص با افزایش نیتروژن یا پتاسیم تقریباً مشابه می‌باشد. هر چند در شرایط معمول، افزایش نیتروژن تا حد ۵۰ کیلوگرم در هکتار توانست تا حدی بیشتر از شرایط دارای تنش عملکرد قند را افزایش دهد. همچنین در هر دو سطح تنش آبی، افزایش نیتروژن یا پتاسیم به بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تا حدی باعث کاهش مقدار عملکرد قندخالص شد. اما این شرایط



شکل ۲. برهم‌کنش نیتروژن (چپ) و پتاسیم (راست) در سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد قندخالص چغندر قند

نتیجه‌گیری

کیلوگرم نیتروژن خالص، حد بهینه مصرف نیتروژن در مزرعه می‌باشد و مصرف بیش از این مقدار ضمن کاهش معنی‌دار کارایی مصرف کود و کاهش راندمان مصرف آب باعث آلودگی بیشتر محیط زیست می‌گردد. بیشترین عملکرد ریشه، قندناخالص، قندخالص و راندمان مصرف آب در چغندر قند به ترتیب به میزان حدود ۴۷، هفت، شش تن در هکتار و ۵۲ درصد، از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به دست آمد. به عبارتی با وجودی که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث افزایش عملکرد ریشه گردید، اما مصرف توأم کود پتاسیم همراه با نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار عملکرد قندخالص شد. بنابراین می‌توان استنباط نمود که مصرف توأم پتاسیم با نیتروژن در شرایط تنش خشکی می‌تواند باعث بهبود عملکرد کمی و کیفی چغندر قند گردد.

در مجموع با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان استنباط کرد که در شرایط کمبود آب، توصیه کودی با شرایط معمول متفاوت است و طبق نتایج این تحقیق نیاز به مصرف مقدار کمتری از کود می‌باشد. کاهش عملکرد قندخالص در اثر تنش اول فصل و تنش مداوم در طول فصل بیشتر از عملکرد ریشه و قندناخالص بود که نشان می‌دهد اثر تنش بر صفات کیفی ریشه بیشتر از عملکرد آن بوده است. بیشترین عملکرد قندخالص به مقدار حدود پنج تن در هکتار از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد زیرا با افزایش مقدار نیتروژن مقدار ناخالصی‌های ریشه چغندر قند به طور معنی‌داری افزایش یافت. بنابراین نتایج حاصل از این آزمایش تأیید نمود که در خاکی با نیترات حدود ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم و در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، مصرف ۱۰۰

References:

منابع مورد استفاده:

- Ahmadi M, Khayamim S, Mohammadian R, Mahmudi SB, Noshad H, Yousefabadi V et al. Sugar Beet Guide (Planting, Protection, Harvst). Agriculture Education Publication. 2015. Pp.245. (in Persian).
- Abdel-Motagally FMF, Attia KK. Response of sugar beet plants to nitrogen and potassium fertilization in sandy calcareous soil. International Journal of Agriculture and Biology. 2009; 11(60): 695- 700.
- Ahmadi N. Plant physiology (Nutrition and Photosynthesis). Shiraz university publication center. 1984; pp: 166-168. (in Persian, abstract in English)

- Al-Kaisi M. Value of crop rotation in nitrogen management. Iowa State University, Department of Agronomy. 2001; IC-486 (6): 49. Available from: <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/icm/2001/4-23-2001/valuen.html>
- Ashraf M, Shabaz M, Ashraf MY. Influence of nitrogen supply and water stress on growth and nitrogen phosphorous, potassium and calcium contents in pearl millet. *Biologia. Plantarum*. 2001; 44(3):459-462.
- Chegini MA. Physiological evaluation of drought tolerance in sugar beet as a result of nitrogen and potassium application. Final Report, Sugar beet Seed Research Institute. 2012; 42174. (in Persian, abstract in English)
- Crozier CR, King LD, Hoyt GD. Tracing nitrogen movement in Corn production system in the North Carolina piedmont analysis of nitrogen pool size. *Agronomy Journal*. 1994; 86: 642-649.
- Doberman A, Witt C. The evaluation of site specific nutrient management in irrigated systems of Asia. *Field Crops Research*. 2002; 87: 167-178.
- Draycott AP, Christenson DR. Nutrients for sugar beet production: Soil- Plant relationships. CAB International, Wallingford, UK, 2003; pp. 242
- Esmaili MA. Evaluation of the effects of water stress and different levels of nitrogen on sugar beet (*Beta Vulgaris*). *International Journal of Biology*. 2011; 3(2): 89-93.
- Ghani Shayeste F, Taibenejad H, Malakouti MJ. Effect of potassium sources and amounts on potassium absorb and sugar beet quality and quantity. The 8th Iranian Soil Science Congress. 2003 Sept, Rasht Gilan; PP: 310-312. (in Persian, abstract in English)
- Haefele SM, Wopereis MCS, Ndiaye MK, Barro SE, Isselmou M. Internal nutrient efficiencies, fertilizer recovery rates and indigenous nutrient supply of irrigated lowland rice in Sahelian West Africa. *Field Crops Research*. 2003; 80: 19-32.
- Hoseinpour M. The relationship between amount of nitrogen with biomass partitioning, leaf number and leaf area index, nitrogen use efficiency and autumn sugar beet yield. (PhD Thesis). Tarbiat Modarres University. 2006. (in Persian, abstract in English)
- Isfan D, Cserni A, Tabi M. Genetic variation of the physiological efficiency index of nitrogen in triticale. *Journal of Plant Nutrition*. 1991; 14: 1381-1396.
- Karimi A. Assessment of flood irrigation regimes on nitrogen use efficiency for sugar beet. *Journal of Plant Production, (Journal of Agricultural Science and Natural Resources)*. 2009; 16(1): 133-148. (in Persian, abstract in English)
- Khademi Z, Mohajermilani P, Balali MR, Dorodi MS, Shahbazi K, Malakouti MJ. A comprehensive computer model for fertilizer recommendation towards sustainable agriculture. Soil and Water Research Institute, Iran Tehran. 2001. (in Persian, abstract in English)
- Khezerlo F, Jalili F, Khalili Mahaleh J. The effect of drought stress and different amounts of nitrogen and potassium fertilizer on productivity of forage sorghum variety Speed feed. *Journal of Research in Crop Science*. 2010; 2(8): 51-66. (in Persian, abstract in English)

- Kristek S, Kristek A, Evačić M. Influence of nitrogen fertilization on sugar beet root yield and quality. *Cereal Research Communications*. 2008; 36: 371-374. Available from: <http://bib.irb.hr/lista-radova?projekt=079-0791843-1933>
- Lopez-Bellido L, Lopez-Bellido RJ, Redondo R. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. *Field Crops Research*. 2005; 94: 86-97.
- Magdoff FR, Ross D, Amadon J. A soil test for nitrogen availability to corn. *Soil Science Society American Journal*. 1984; 48: 1301-1304.
- Malakouti M, Gheibee N. Determination of nutrition elements critical limited of strategic productions and fertilizer recommendation in country. *Publication of Agricultural Education, Karaj, Iran*. 1997; pp. 56. (in Persian, abstract in English)
- Marchand M, Bourrie B. Crop yield and quality response to different application methods of potash fertilizers. *Regional Symposium on Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium*. SWRI-Teheran, Iran. 1999 a; P:251-261.
- Marchand M, Bourrie B. Use of potash fertilizers through different application methods for high yield and quality crops. In: Anac D, Martin-PrÉvel P. (ed). *Improved crop quality by nutrition management*. Springer Netherland. 1999 b; p: 13-17.
- Mirzaee MR, Rezvani SM. Effects of water deficit on quality of sugar beet at different growth stages. *Journal of Sugar Beet*. 2007; 23(1): 29-42. (in Persian, abstract in English)
- Mohammadian R, Fatollah Taleghani D, Sadeghzade Hemayatee S. Effect of different irrigation managements on quantity and quality of sugar beet. *Journal of Sugar Beet*. 2010; 26(2):139-156. (in Persian, abstract in English)
- Mohammadian R, Ahmadi M, Kelarestaghi K, Ghalebi S. Effects of potassium application under different irrigation intervals on yield and water use efficiency of two genotypes of sugar beet in furrow irrigation. *Journal of Sugar Beet*. 2005; 20(1):55-72. (in Persian, abstract in English)
- Moinuddin M, Imas P. Evaluation of Potassium Compared to Other Osmolytes in Relation to Osmotic Adjustment and Drought Tolerance of Chickpea Under Water Deficit Environments. *Journal of Plant Nutrition*. 2007; 30(4): 517-535.
- Noshad H, Abdollahian Noghabi M, Babaee B. Effect of Nitrogen and Phosphorous Application on the Efficiency of Nitrogen Uptake and Consumption in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Iranian Journal of field crop science*. 2012; 43(3):529-539. (in Persian, abstract in English)
- Szczepaniak W, Grzebisz W, Barlóg P, Cyna K, Pepliński K. Effect of differentiated fertilizing systems on nitrogen accumulation patterns during the growing season – sugar beet. *Journal of Elementary Science*. 2012; 669-688. DOI: 10.5601/jelem.2012.17.4.10
- Thomas P. The effect of simulated drought and potassium fertilization on yield of triticale and sugar beet. *International Potash Institute, Research 2007; Findings: no. 12*. Available from: <http://www.ipipotash.org/en/eifc/2007/12/4>

Wang M, Zheng Q, Shen Q, Guo S. The critical role of Potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Science*. 2013; 14(4):7370-7390.

Yousefabadi V, Khayamim S. Sugar Beet Planting. In: *Agricultural Insurance Fund Writers. Determining the potential standards and evaluation of damages for management and environmental factor separately in different sugar beet growth stages on farms*. Agricultural Education and Extension publisher. 2013. 55-89. (in Persian)