

تأثیر سطوح کود نیتروژن و کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند

Effect of N-fertilizer levels and deficit irrigation on qualitative and quantitative yield of sugar beet

مهدی جوزی*^۱ و حمید زارع ایبانه^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۷/۴

م. جوزی و ح. زارع ایبانه. ۱۳۹۴. تأثیر سطوح کود نیتروژن و کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی چغندر قند. چغندر قند، ۳۱(۲): ۱۵۶-۱۴۱

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک ایران، کم آبیاری یکی از راه کارهای استفاده بهینه آب و صرفه جویی مصرف آب در بخش کشاورزی است. این پژوهش به منظور تعیین عملکرد گیاه چغندر قند تحت تنش آبی و سطوح کود نیتروژنی در قالب طرح بلوک‌های خرد شده بر مبنای بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. بلوک‌های اصلی شامل: تیمارهای آبیاری معمولی (CI)، کم آبیاری ناقص ریشه در سه سطح ۸۵ (PRD₈₅)، ۷۵ (PRD₇₅) و ۶۵ درصد (PRD₆₅) و کم آبیاری تنظیم شده در سه سطح ۸۵ (RDI₈₅)، ۷۵ (RDI₇₅) و ۶۵ درصد (RDI₆₅) نیاز آبی گیاه و بلوک‌های فرعی شامل: دو سطح ۱۰۰ (f₁₀₀) و ۷۵ درصد (f₇₅) نیاز کودی، بود. مقدار آب آبیاری در تیمار CI، ۹۷۶ میلی‌متر شد. نتایج نشان داد بین تیمارهای آبیاری به لحاظ کلیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد ریشه، عیار و عملکرد قند خالص معنی‌دار بود. بین تیمارهای آبیاری بیشترین عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص به ترتیب با ۴۷/۷ و ۶/۸ ton ha⁻¹ به تیمار CI مربوط شد. گرچه اختلاف آن با تیمار PRD₈₅ به ترتیب با ۴۵/۴ و ۶/۷ ton ha⁻¹ معنی‌دار نبود. کمترین این عملکردها با ۲۶/۱ و ۳/۹ ton ha⁻¹ به تیمار RDI₆₅ اختصاص داشت. تیمار کودی f₁₀₀ دارای عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص (۳۹/۵ و ۵/۸ ton ha⁻¹) بیشتری نسبت به تیمار f₇₅ (۳۷/۱ و ۵/۶ ton ha⁻¹) بود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد ریشه، عیار، کم آبیاری تنظیم شده، کم آبیاری ناقص ریشه، نیاز آبی

jovzimehdi11@yahoo.com

*نویسنده مسئول

۱ - دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲ - دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

مقدمه

آبیاری شش روز با آبیاری جویچه‌ای معمولی با دور ۱۰ روز اختلاف معنی‌داری نداشته و موجب صرفه‌جویی ۲۳ درصدی آب آبیاری شده است (Sepaskhah and Kamgar 1997). بررسی اثر کمبود آب بر عملکرد و اجزای عملکرد چغندر قند در یک تحقیق دو ساله در ترکیه نشان داد، کاهش آب آبیاری ضمن کاهش عملکرد ریشه توانسته است عیار قند را افزایش دهد. همچنین بیشترین عملکرد ریشه و قند به ترتیب با ۶۲۳۵۰ و ۹۸۷۰ کیلوگرم در هکتار به تیمار آبیاری بدون تنش آبی با کاربرد ۱۳۳۱ میلی‌متر آب آبیاری اختصاص یافت. بیشترین عیار چغندر قند نیز به مقدار ۱۸/۹ درصد به تیمار آبیاری تحت تنش شدید، با کاربرد ۲۹۸ میلی‌متر آب آبیاری تعلق گرفت (Ucan and Gencoglan 2004). نتایج بررسی تأثیر کم‌آبیاری تنظیم شده بر عملکرد ریشه و کیفیت چغندر قند نشان داد تیمارهای آبیاری بر عملکرد قند، ریشه و برگ، تأثیر معنی‌داری داشتند اما مقدار پتاسیم موجود در ریشه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری قرار نگرفت. به‌طوری‌که تیمار آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی با عملکرد ریشه و قند به ترتیب ۷۸/۵ و ۹/۵۴ تن در هکتار تیمار برتر بود و تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین عیار و درصد قند قابل استحصال به ترتیب با ۱۷/۴۵ و ۱۲/۶۳ درصد بود (Mahmoodi et al. 2008). در تحقیقی اثرات کم‌آبیاری تنظیم شده و سطوح مختلف کود نیتروژنی بر چغندر قند مطالعه گردید نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای آبیاری و کودی بر عملکرد ریشه و درصد قند معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد ریشه در تیمار آبیاری بدون تنش با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد (Esmaili 2011). بررسی اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر روی چغندر قند در کرج نشان داد که بیشترین عملکرد ریشه به مقدار ۴۶/۶۸ تن در هکتار در تیمار بدون تنش آبی با مصرف ۱۴۵۲۵ مترمکعب در هکتار حاصل شد (Mohammadian et

چغندر قند گیاهی است که قابلیت سازگاری با کم‌آبیاری را دارد (FAO 2002). سطح زیرکشت آن در جهان حدود ۵/۰۶ میلیون هکتار (FAO 2011) و در ایران حدود ۱۱۰ هزار هکتار می‌باشد (CICTMAJ 2011). نیاز آبی این گیاه با طول دوره رشد ۱۵۰ روز در حدود ۵۵۰ (مناطق مرطوب) تا ۲۰۰۰ میلی‌متر (مناطق خشک) می‌باشد (Ebrahimipak et al. 2008). با توجه به سطح زیرکشت چغندر قند، نیاز آبی بالای آن، محدودیت منابع آب و شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک ایران، کم‌آبیاری یکی از راه‌کارهای استفاده بهینه از آب و صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی است. از جمله روش‌های کم‌آبیاری می‌توان به کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI= Regulated deficit irrigation) و کم‌آبیاری ناقص ریشه (PRD= Partial root drying) اشاره نمود که هدف از آن‌ها محدود کردن کاربرد آب آبیاری است. PRD روش جدید مدیریت آبیاری است که علاوه بر کاهش غیرمعنی‌دار محصولات زراعی چون سیب‌زمینی (Posadas et al. 2008; Shahnazari et al. 2007) و باغی مثل سیب (Zegbe and Serna Pérez 2011)، موجب بهبود کیفیت آن نیز می‌گردد (Steduto et al. 2012). در کم‌آبیاری ناقص ریشه، در هر نوبت آبیاری تقریباً نیمی از ریشه آبیاری و نصف دیگر آن خشک می‌ماند. در قسمت خشک ریشه که تحت تنش آبی است، مقداری هورمون اسید آبسسیک و یا سیگنال‌های شیمیایی تولید شده که منجر به بسته شدن نسبی روزنه‌ها و در نتیجه انتقال کمتر آب به محیط خارج گیاه می‌شود (Kang and Zhang 2004; Steduto et al. 2012; FAO 2002). نتایج بررسی اثر روش آبیاری شیاری یک در میان در مقایسه با روش آبیاری معمولی بر روی چغندر قند نشان داد که عملکرد ریشه چغندر قند در آبیاری شیاری یک در میان با دور

متر از سطح دریا قرار دارد. براساس آمار هواشناسی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۱، میانگین دما و بارندگی سالیانه به ترتیب ۱۱ درجه سانتی‌گراد و ۳۱۶ میلی‌متر و اقلیم آن مطابق اقلیم‌نمای دومارتن، نیمه‌خشک سرد است (Hamedanian Meteorological Office 2013). برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. منبع آب مورد استفاده، آب زیرزمینی بوده که از چاه تأمین شد. کیفیت آب مورد استفاده براساس طبقه‌بندی آزمایشگاه شوری خاک آمریکا در کلاس C2S1 قرار داشت.

(al. 2011)

هدف اصلی انجام این پژوهش، بررسی عملکرد گیاه چغندر قند تحت اعمال تنش‌های ناشی از کم‌آبیاری ناقص ریشه، کم‌آبیاری تنظیم شده و سطوح مختلف کود نیتروژنی بود.

مواد و روش‌ها

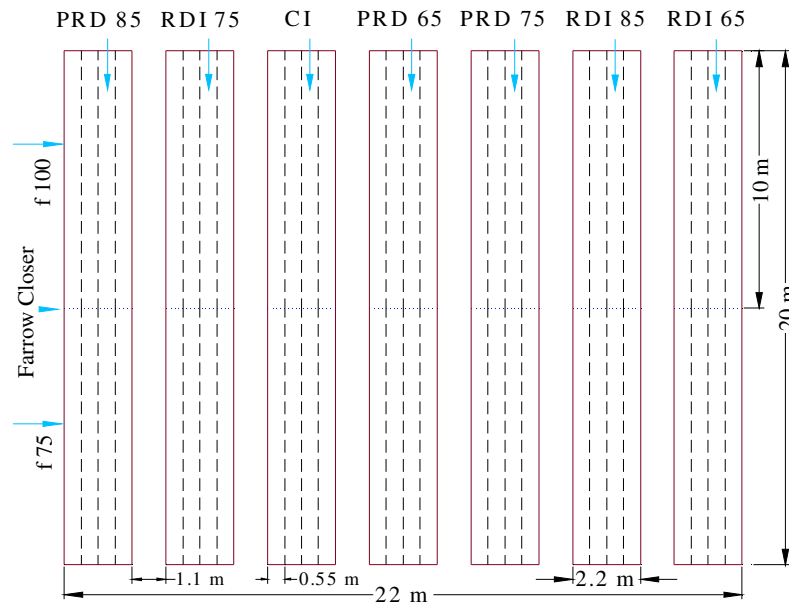
این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۲ در اراضی کشاورزی دشت کرفس شهرستان رزن از استان همدان اجرا شد. منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۹۱۵

جدول ۱ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد پژوهش

عمق نمونه‌برداری (سانتی متر)	بافت	رطوبت (درصد وزنی)		وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی زمینس بر متر)	مواد آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)
		ظرفیت زراعی	نقطه پژمردگی					
۰-۲۰	لوم	۲۱/۳۳	۱۰/۳۶	۱/۱۱	۷/۹	۰/۷	۰/۳۴	۰/۰۳
۲۰-۴۰	رسی	۲۱/۵۲	۱۱/۱۵	۱/۱۰	۷/۸	۰/۷	۰/۵۱	۰/۰۵
۴۰-۷۰	لوم رسی	۲۲/۳۶	۱۱/۸۰	۱/۰۷	۷/۹	۰/۶	۰/۳۸	۰/۰۴
۷۰-۱۴۰	رسی	۲۴/۲۱	۹/۵۸	۱/۰۹	۸/۰	۰/۹	۰/۴۸	۰/۰۵

استقرار گیاه (۸-۶ برگه شدن) به‌طور یکنواخت آبیاری شدند. پس از مرحله استقرار گیاه، عامل اول (آبیاری) به هفت سطح آبیاری شامل: تیمار آبیاری معمولی (CI) به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه (محاسبه شده از روش رطوبت حجمی خاک)، تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم‌شده (RDI) با ۸۵، ۷۵ و ۶۵ درصد نیاز آبی گیاه (RDI₈₅، RDI₇₅ و RDI₆₅)، تیمارهای کم‌آبیاری ناقص ریشه (PRD) با ۸۵، ۷۵ و ۶۵ درصد نیاز آبی گیاه (PRD₈₅، PRD₇₅ و PRD₆₅) اختصاص یافت. شکل ۱ نمای شماتیک از نحوه استقرار یک تکرار از تیمارها را نشان می‌دهد.

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن، کم‌آبیاری‌های ناقص ریشه (PRD) و تنظیم شده (RDI) بر خصوصیات گیاه چغندر قند رقم *Canaria*، تحت دو رژیم آبیاری و مقدار کود نیتروژن، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های خردشده بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سطحی معادل ۱۳۸۶ متر مربع اجرا شد. فواصل پشته‌ها ۵۵ سانتی‌متر، طول آن‌ها ۲۰ متر و انتهای شیارها بسته منظور شد. در هر تیمار پنج ردیف کشت ایجاد شد و بذرها روی پشته‌ها به فواصل ۲۰ سانتی‌متری از یک‌دیگر در عمق سه سانتی‌متری به‌صورت دستی کشت گردیدند. همه تیمارها تا قبل از مرحله



شکل ۱ نمای شماتیک یکی از بلوک‌های آزمایشی اجرا شده در مزرعه

میلی‌متر بود که در هفته پایانی دوره کشت حادث شد. با توجه به در حال برداشت بودن محصول بارش رخ داده فاقد تأثیر بر روی مؤلفه‌های رشد و عملکرد بود. عمق آب آبیاری بر مبنای مقدار تخلیه آب از عمق توسعه ریشه در انتهای روز پیش از آبیاری طبق رابطه ۱ تعیین گردید.

$$dn = \sum_{i=1}^k [(\theta_{FCi} - \theta_{Bi}) \times \rho_{bi} \times D_{RZi}] \quad (1)$$

در رابطه بالا، dn عمق آب آبیاری (mm)، θ_{FCi} رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی در هر لایه i خاک که ریشه تا آن لایه نفوذ کرده (اعشار)، θ_{Bi} رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری در هر لایه (اعشار) که با استفاده از آگر در تیمار CI برداشت می‌شد، ρ_{bi} وزن مخصوص ظاهری خاک در هر لایه (gcm^{-3})، D_{RZi} عمق توسعه ریشه گیاه در هر لایه خاک (mm) و k تعداد لایه‌های خاک که ریشه تا آن عمق نفوذ کرده است. راندمان آبیاری با توجه به بسته بودن انتهای شیارها و کوتاه بودن طول آن‌ها، ۹۰ درصد لحاظ شد (Alizadeh

در تمام تیمارها دو ردیف جویچه در اطراف هر ردیف کاشت ایجاد شد تا آب آبیاری در رژیم‌های آبیاری معمولی (CI) و کم‌آبیاری تنظیم‌شده (RDI) به‌میزان مساوی در بین جویچه‌ها توزیع شود. اما در رژیم کم‌آبیاری ناقص ریشه (PRD) جویچه‌ها به‌صورت یک در میان، آبیاری شدند. حجم آب تحویلی به هر تیمار با استفاده از روش حجمی (مخزن استوانه‌ای به قطر یک و ارتفاع ۱/۲۸ متر) کنترل شده و در اختیار تیمارها قرار می‌گرفت. عامل دوم (کود) بر اساس نتایج آزمون خاک به دو سطح کود نیتروژنی (f_{75} و f_{100})، شامل: تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز کودی توصیه شده اختصاص یافت. مقدار 184 Kg ha^{-1} نیاز خالص کود نیتروژن براساس تجزیه خاک به‌مقدار یک سوم در ۴۸ روز و دو سوم در ۷۱ روز بعد از کاشت به‌صورت سرک از منبع کود اوره اعمال شد. تاریخ کشت ۱۶ خردادماه، برداشت هشت آبان و دور آبیاری معمول منطقه معادل هفت روز بود. مجموع بارندگی‌ها طی فصل رشد ۱۸

خمیر ریشه (meq/100g sugar beet) و قند ملاس (MS) بر حسب درصد می‌باشد.

مقادیر قلیائیت (Alc)، قند قابل استحصال (WSC) و عملکرد قندخالص (WSY) نیز به ترتیب توسط روابط زیر به دست آمدند.

$$\text{Alc} = (\text{K} + \text{Na}) / (\alpha\text{-amino-N}) \quad (۳)$$

$$\text{WSC} = \text{SC} - \text{MS} \quad (۴)$$

$$\text{WSC} \times \text{RY} = \text{WSY} \quad (۵)$$

که در آن‌ها، قلیائیت (Alc) بدون واحد، قند قابل استحصال (WSC) و عیار چغندر قند (SC) بر حسب درصد، عملکرد ریشه (RY) و عملکرد قندخالص (WSY) بر حسب تن در هکتار می‌باشد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS(2006) استفاده گردید. مقایسه میانگین پارامترهای مورد بررسی، با استفاده از آزمون توکی در سطح معنی‌داری پنج و یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آب و هوا

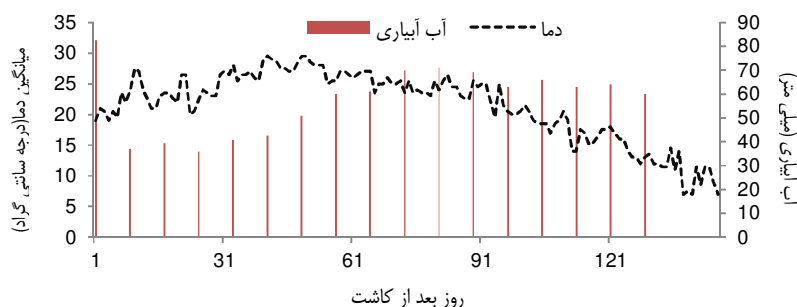
در شکل ۲ تغییرات درجه حرارت روزانه و میزان مصرف آب آبیاری در تیمار آبیاری معمولی (CI) به‌عنوان نمونه نشان داده‌شد.

2007). از ضرب نمودن عمق آب آبیاری در مساحت هر تیمار حجم آب آبیاری مورد نیاز آن تیمار تعیین گردید. سپس با توجه به ثابت بودن سطح مقطع مخزن استوانه‌ای ذکر شده در بالا، حجم آب آبیاری با استفاده از تغییر ارتفاع آب در مانومتر مدرج متصل شده به انتهای مخزن، اندازه‌گیری و در اختیار تیمارها قرار داده می‌شد. مجموع آب مصرفی در تیمارهای ۱۰۰ درصد (CI)، ۸۵ درصد (RDI₈₅ و PRD₈₅)، ۷۵ درصد (RDI₇₅) و ۶۵ درصد (RDI₆₅ و PRD₆₅) نیاز آبی گیاه به ترتیب ۹۷۶۱، ۸۷۱۵، ۸۰۱۷ و ۷۳۱۹ مترمکعب در هکتار بود. در انتهای فصل رشد، ریشه‌های سه ردیف کاشت وسط با حذف حاشیه‌ها در سطحی معادل ۶/۶ مترمربع برداشت شد. پس از شستشوی ریشه‌های برداشت شده و توزین آن‌ها در آزمایشگاه کارخانه قند همدان نمونه‌های خمیری از ریشه‌ها با دستگاه نمونه‌گیر (ماشین اره)، تهیه گردید. نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی منجمد شد و به منظور تجزیه کیفی توسط دستگاه بتالایزر به آزمایشگاه تکنولوژی قند موسسه تحقیقات چغندر قند انتقال یافت. در تجزیه کیفی، عیار چغندر قند (SC) به روش پلاریمتری، مقادیر پتاسیم (K) و سدیم (Na) به روش فلیم فتومتری و مقدار نیتروژن مضره ($\alpha\text{-amino-N}$) به روش عدد آبی اندازه‌گیری گردید. قند ملاس (MS) از رابطه تجربی ۲ محاسبه شد (Reinefeld et al. 1974).

$$\text{MS} = 0.343(\text{K} + \text{Na}) + 0.094 (\alpha\text{-amino-N}) - 0.31 \quad (۲)$$

که در آن مقادیر پتاسیم (K) و سدیم (Na) و نیتروژن مضره ($\alpha\text{-amino-N}$) بر حسب میلی‌اکی‌والانت در ۱۰۰ گرم

تأثیر سطوح کود نیتروژن و کم آبیاری بر عملکرد ...



شکل ۲ میانگین تغییرات روزانه دمای هوا و مقادیر آب آبیاری در تیمار CI طی فصل کشت

برابر ۷/۱ روز (یا ۷ روز) خواهد شد. بر این اساس دور آبیاری هفت روز مورد تایید این تحقیق قرار گرفت. براساس این که طول شیارها کوتاه در نظر گرفته شده، تیمارهای آبیاری مورد نظر، در شرایط واقعی کاربرد با لحاظ نمودن راندمان کمتری نسبت به شرایط این آزمایش قابل کاربرد است.

عملکرد ریشه گیاه

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی چغندرکند در جدول ۲ ارائه شده است. براساس این نتایج، اثر تیمارهای آبیاری و کودی بر روی عملکرد ریشه چغندرکند به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار شد. اما اثرات متقابل بین سطوح آبیاری و کودی غیر معنی دار شد.

همان گونه که شکل ۲، نشان می دهد میزان آب آبیاری با افزایش دما و افزایش عمق توسعه ریشه ها تا حدود روز ۵۰ بعد از کشت، افزایش می یابد ضمن آن که گیاه طی این مدت در مرحله رشد رویشی است. از روز ۵۱ تا حدود روز ۸۱ نیز گرچه دمای هوا کاهش یافت اما به دلیل افزایش عمق توسعه ریشه مقدار نیاز آبی با شدت کمتری نسبت به قبل و البته به نفع حجیم شدن ریشه افزایش داشت. از روز ۸۱ تا انتهای فصل کشت با شدت یافتن کاهش دما و ریزش برگ های مسن، مقدار آب آبیاری کاهش یافت. همچنین براساس شکل ۲، حداکثر مقدار آب آبیاری ۷۱ میلی متر بود. با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۹۰ درصد، مقدار عمق خالص آب آبیاری ۶۳/۹ میلی متر می باشد. ضمن این که در این دوره، حداکثر تبخیر تعرق گیاه چغندرکند ۸/۹۶ میلی متر بر روز بود. لذا دور آبیاری

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژنی بر برخی خصوصیات اندازه گیری شده چغندرکند

منبع متغیر	درجه آزادی	عملکرد ریشه	عیار	نیتروژن مضره	پتاسیم	سدیم	قند ملاس	قلیائیت	قند قابل استحصال	عملکرد قندخالص	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
سطوح آب (a)	۶	۳۷۰/۶ ^{**}	۲/۵۹ ^{**}	۱/۰۰۱ ^{**}	۰/۶۸ ^{**}	۰/۲۵۹ ^{**}	۰/۳ ^{**}	۰/۰۶۲ ^{**}	۱/۴۳ ^{**}	۶/۷ ^{**}	۸۲/۱ ^{**}	۸۷ ^{**}
بلوک (b)	۲	۱۱۴/۹ ^{**}	۰/۳۹ [*]	۰/۱۵۹ ^{**}	۰/۸۲ ^{**}	۰/۳۶ ^{**}	۰/۱۶ ^{**}	۰/۱۱۴ ^{**}	۰/۸۲ ^{**}	۱/۶ ^{**}	۵۲/۲ ^{ns}	۲/۹۹ [*]
اشتباه (a × b)	۱۲	۵/۹	۰/۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۱	۰/۱۰۱	۰/۰۸۸	۴۲/۷	۰/۴۵
سطوح کود (c)	۱	۶۰/۱ [*]	۰/۳۳ [*]	۰/۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۱۹ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۴۳۳ ^{ns}	۰/۷۳ [*]	۹۸/۷ [*]	۱۲/۸ ^{ns}
اشتباه (c × b)	۲	۱/۴	۰/۰۰۷	۰/۱۷۵	۰/۰۵۸	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	۰/۰۱۶	۰/۰۴۹	۰/۰۲۶	۴/۸	۲/۶
سطوح آب × سطوح کود	۶	۲/۳ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۰/۰۵۳ ^{ns}	۴/۲ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}
اشتباه باقی مانده	۱۲	۳/۲	۰/۰۳۲	۰/۰۲۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۳۷	۰/۰۲۲	۲/۲	۰/۳۳
کل	۴۱	۶۴/۴	۰/۴۵	۰/۱۷۵	۰/۱۵۳	۰/۰۶	۰/۰۵۶	۰/۰۲	۰/۳۰۴	۱/۱۳	۱۳۹/۱	۲/۲
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۶۴	۰/۹۸	۴/۲۵	۱/۴۵	۳/۳۳	۲/۱۷	۲/۹۷	۱/۲۸	۴/۷۰	۴/۰۱	۱۱/۱۳

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

امکان استفاده بهتری از مواد مغذی خاک را با نفوذ بیشتر داشته باشد. نتایج تحقیقات گذشته نشان می‌دهد کم‌آبیاری PRD باعث افزایش توسعه ریشه به لایه‌های عمیق‌تر خاک (Dry) (Kang *et al.* 2000; Mingo *et al.* 2004) و جذب مواد مغذی خاک (Wang *et al.* 2009) می‌گردد. مقایسه میانگین تیمارهای کودی نشان داد، تیمار f_{100} با میانگین $3.9/5 \text{ tonha}^{-1}$ عملکرد ریشه بهتر و معنی‌داری نسبت به تیمار f_{75} ($3.7/1 \text{ tonha}^{-1}$) داشت (جدول ۳). مصرف مناسب کود نیتروژن باعث بهبود رشد اندام‌هوایی، افزایش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه باعث افزایش عملکرد ریشه می‌گردد. بر اساس نتایج جدول ۳ افزایش وزن ریشه‌ها به واسطه مصرف مناسب کود را می‌توان به افزایش وزن تر و خشک اندام‌هوایی نسبت داد. به طوری که وزن تر و خشک اندام‌هوایی در تیمار f_{75} $3.5/1$ و $4/6 \text{ tonha}^{-1}$ بود و در تیمار f_{100} $3.8/2$ و $5/7 \text{ tonha}^{-1}$ به دست آمد. در تحقیقی، افزایش کاربرد میزان کود نیتروژن منجر به افزایش سطح و تعداد برگ و کامل شدن سریع سطح سایه‌انداز چغندر قند گردید (Hosseinpour 2006). تحقیق دیگری نیز، نشان می‌دهد با کاربرد نیتروژن کافی موجب تولید سه تا پنج برگ جدید در هفته و افزایش فتوسنتز و عملکرد ریشه شد (Loomis and Nevins 1962). برخی پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهند با افزایش کاربرد کود نیتروژنی، عملکرد ریشه چغندر قند افزایش می‌یابد (El-Gizawy *et al.* 2014). گرچه اثرات متقابل بین سطوح آبیاری و کودی بر روی عملکرد ریشه غیر معنی‌دار شد (جدول ۲) اما با این حال افزایش هم‌زمان هر دو عامل آب آبیاری و کود نیتروژن منجر به افزایش عملکرد ریشه شد (جدول ۳).

بر اساس مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری (جدول ۳)، تیمار CI همراه با PRD_{85} و RDI_{85} به ترتیب با میانگین $4.7/7$ ، $4.5/4$ و $4.2/5 \text{ ton ha}^{-1}$ دارای بیشترین عملکرد ریشه است. تیمار RDI_{65} همراه با PRD_{65} نیز با متوسط عملکرد ریشه به مقدار $2.6/1$ و $3.0/5 \text{ tonha}^{-1}$ دارای کمترین عملکرد در بین تیمارهای آبیاری است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، با کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد ریشه کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد کاهش عملکرد ریشه در شرایط کم‌آبیاری به دلیل کاهش سطح برگ‌ها، مواد فتوسنتزی و به دنبال آن کاهش مواد ذخیره‌ای در ریشه باشد. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۳ کم شدن وزن ریشه‌ها به واسطه کم‌آبیاری اعمال شده را می‌توان به کاهش وزن تر و خشک اندام‌هوایی نسبت داد. به طوری که وزن تر و خشک اندام‌هوایی در تیمار CI به ترتیب از $5.5/6$ و $6.8/8 \text{ tonha}^{-1}$ به $2.1/7$ و $3/6 \text{ tonha}^{-1}$ در تیمار PRD_{65} کاهش یافت. در همین راستا برخی محققین بیان می‌دارند تنش خشکی با کاهش آماس سلولی در گیاه و افزایش قدرت مکانیکی خاک، باعث کاهش رشد ریشه می‌شود. ضمن آن که عامل اصلی رشد ریشه، عرضه کریوهدرات از برگ‌ها بوده و تنش خشکی سبب کاهش عرضه آن و نقصان رشد ریشه و به تبع کاهش عملکرد ریشه می‌شود (Ghooshchi 2004; Bondok 1996; Tognetti *et al.* 2003; Kocheiki and Soltani 2003). بر اساس نتایج جدول ۳، عملکرد ریشه به طور غیر معنی‌دار در همه تیمارهای PRD برای سطوح آبیاری یکسان در مقایسه با تیمارهای RDI بیشتر بود. در تیمار PRD امکان نفوذ بیشتر آب در عمق خاک از سمت جویچه آبیاری شده تیمار PRD وجود داشته و این امر باعث گردیده تا مقاومت مکانیکی خاک در مقابل رشد ریشه کمتر شده و ریشه

جدول ۳ مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژنی بر برخی خصوصیات چغندر قند

عامل	تیمار	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عیار (درصد)	نیتروژن مضره			سدیم (meq/100g sugar beet)	قند ملاس (درصد)	قلیائیت (-)	قند قابل استحصال (درصد)	عملکرد قند خالص (تن در هکتار)	وزن تر اندام هوایی (تن در هکتار)	وزن خشک اندام هوایی (تن در هکتار)
				پتاسیم	نیترات	نیتروژن							
آبیاری	CI	۴۷/۷ ^a	۱۷/۳۸ ^e	۳/۰۹ ^d	۵/۵۳ ^d	۱/۵۳ ^e	۲/۳۹ ^e	۲/۲۸ ^a	۱۴/۳۸ ^c	۶/۸ ^a	۵۵/۶ ^a	۶/۸ ^a	
	RDI ₈₅	۴۲/۵ ^{abc}	۱۷/۶۶ ^{de}	۳/۳۰ ^{dc}	۵/۸۳ ^{bcd}	۱/۶۴ ^{cde}	۲/۵۶ ^{cde}	۲/۲۷ ^a	۱۴/۵۰ ^c	۶/۱ ^{abc}	۴۵/۶ ^{ab}	۶/۳ ^{ab}	
	RDI ₇₅	۳۶/۳ ^{cd}	۱۸/۲۵ ^{bcd}	۳/۶۶ ^b	۶/۰۹ ^b	۱/۸۴ ^{bcd}	۲/۷۶ ^{bc}	۲/۱۷ ^{abc}	۱۴/۹۰ ^{bc}	۵/۴ ^{cd}	۳۵/۶ ^{bcd}	۵/۲ ^{abc}	
	RDI ₆₅	۲۶/۱ ^e	۱۸/۷۸ ^{ab}	۴/۱۹ ^a	۶/۵۱ ^a	۲/۱۲ ^a	۳/۰۴ ^a	۲/۰۶ ^{bc}	۱۵/۱۴ ^{abc}	۳/۹ ^e	۲۵/۱ ^{cd}	۳/۹ ^c	
	PRD ₈₅	۴۵/۴ ^{ab}	۱۷/۹۴ ^{cde}	۳/۲۵ ^d	۵/۶۶ ^{cd}	۱/۶۰ ^{de}	۲/۴۸ ^{de}	۲/۲۳ ^{ab}	۱۴/۸۶ ^{bc}	۶/۷ ^{ab}	۴۰/۳ ^{abc}	۵/۹ ^{ab}	
کود	PRD ₇₅	۳۹/۶ ^c	۱۸/۵۸ ^a	۳/۵۷ ^{bc}	۵/۹۵ ^{abc}	۱/۷۳ ^{bcd}	۲/۶۶ ^{bcd}	۲/۱۶ ^{abc}	۱۵/۳۳ ^{ab}	۶/۱ ^d	۳۲/۷ ^{bcd}	۴/۸ ^{bc}	
	PRD ₆₅	۳۰/۵ ^{de}	۱۹/۲۵ ^a	۴/۰۳ ^a	۶/۳ ^{ab}	۱/۹۱ ^b	۲/۸۵ ^{ab}	۲/۰۳ ^c	۱۵/۸۰ ^a	۴/۸ ^d	۲۱/۷ ^d	۳/۶ ^c	
	f ₁₀₀	۳۹/۵ ^a	۱۸/۱۷ ^b	۳/۶۱ ^d	۵/۹۸ ^d	۱/۷۸ ^a	۲/۶۹ ^a	۲/۱۷ ^a	۱۴/۸۸ ^d	۵/۸ ^d	۳۸/۳ ^d	۵/۷ ^d	
	f ₇₅	۳۷/۱ ^b	۱۸/۳۵ ^a	۳/۵۵ ^a	۵/۹۴ ^a	۱/۷۵ ^a	۲/۶۶ ^a	۲/۱۸ ^a	۱۵/۰۹ ^a	۵/۶ ^b	۳۵/۱ ^b	۴/۶ ^a	

در هر ستون، اعدادی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی داری به روش توکی و در سطح پنج درصد باهم ندارند

عیار

اثر تیمارهای آبیاری و کودی بر عیار چغندر قند به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار شد. اما اثرات متقابل تیمارهای آبیاری و سطوح کودی غیر معنی دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین عیار چغندر قند در بین تیمارهای مختلف آبیاری نشان می‌دهد تیمار PRD₆₅ با میانگین ۱۹/۲۵ درصد دارای بیشترین عیار است. تیمار CI نیز با میانگین ۱۷/۳۸ درصد دارای کمترین عیار می‌باشد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارهای RDI با PRD در سطوح آبیاری یکسان نشان داد تفاوت این دو رژیم آبیاری بر میزان عیار چغندر قند غیر معنی دار بود (جدول ۳). با افزایش تنش آبی، میزان عیار چغندر قند در تیمارهای PRD از ۱۷/۹۴ (PRD₈₅) به ۱۹/۲۵ (PRD₆₅) و در تیمارهای RDI از ۱۷/۶۶ (RDI₈₅) به ۱۸/۷۸ (RDI₆₅) افزایش یافت. نتایج حاصل نشان می‌دهد با افزایش تنش آبی، چغندر قند برای مقابله با کم آبی با افزایش عیار ریشه از خود مقاومت نشان می‌دهد. که در راستای نتایج سایر محققین می‌باشد (Hoffmann et al. 2009; Tognetti et al. 2003; Almani et al. 1997; Barbieri 1987; Carter et al. 1980). برخی پژوهشگران نیز اعتقاد دارند بالا بودن عیار چغندر قند در شرایط تنش خشکی در راستای تبدیل

پلی ساکاریدها به منوساکاریدها جهت افزایش غلظت مواد قندی در سلول‌های ریشه به منظور مقابله با خشکی است (Baradaran Firoozabadi et al. 2004). در پژوهشی اثر سطوح مختلف آب با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای بر عیار چغندر قند مورد ارزیابی قرار گرفت. در آن پژوهش، با افزایش شدت تنش آبی میزان عیار از ۱۴/۶۰ درصد در تیمار بدون تنش آبی به ۲۳/۷۳ درصد در تیمار تنش آبی شدید، افزایش یافت (Ghamarnia et al. 2012). مقایسه میانگین عیار در بین تیمارهای کودی (جدول ۳) نشان داد تیمار f₇₅ با میانگین ۱۸/۳۵ درصد دارای عیار بیشتری نسبت به تیمار f₁₀₀ (۱۸/۱۷ درصد) است. به نظر می‌رسد کاهش مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عیار چغندر قند در بین تیمارهای کودی شده است. نتایج مطالعه‌ای در ذرفول نشان داد مقدار عیار به دلیل کاهش درصد ماده خشک ریشه از ۱۳/۷ درصد در تیمار شاهد به ۱۲/۵ درصد در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، کاهش معنی دار داشت (Hosseinpour 2013). نتایج مطالعه دیگری نشان داد علت کاهش عیار با افزایش کاربرد کود نیتروژن، به دلیل نگره‌داری آب بیشتر در ریشه می‌باشد (Weeden 2000). برخی پژوهشگران بیان می‌دارند با کاهش کاربرد نیتروژن، تولید و گسترش برگ نسبت به فتوسنتز کاهش می‌یابد و ساکاروز

تولیدی از فتوسنتز در ریشه انباشته می‌شود تا این‌که صرف رشد رویشی گردد (Kaffka and Grantz 2014).

ناخالصی‌های ریشه، قند ملاس، قلیائیت

اثر تیمارهای آبیاری بر ناخالصی‌های نیتروژن مضره، پتاسیم و سدیم موجود در ریشه چغندر قند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما تاثیر تیمارهای کودی و اثرات متقابل بین سطوح آبیاری و کودی بر ناخالصی‌های ریشه غیرمعنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ناخالصی‌های نیتروژن مضره، پتاسیم و سدیم در بین تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد تیمار RDI_{65} به ترتیب با میانگین $۴/۱۹$ ، $۶/۵۱$ و $۲/۱۲$ میلی اکسی‌والانت در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، دارای بیشترین مقدار بود. تیمار CI نیز، به ترتیب با میانگین $۳/۰۹$ ، $۵/۵۲$ و $۱/۵۲$ میلی اکسی‌والانت در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، دارای کمترین مقدار ناخالصی‌های فوق است. با شدت یافتن تنش آبی، ساخت ترکیبات نیتروژنی از جمله بتائین و پرولین در برگ‌ها و انتقال آن‌ها به ریشه و جذب ناخالصی‌ها از خاک به منظور تنظیم فشار اسمزی ریشه، افزایش می‌یابد. نتایج پژوهشگران دیگر نیز تأیید کننده این مطلب است (Abdollahian Noghbi and Sadeghian 2002; Baradaran Firoozabadi et al. 2004). نتایج تحقیقی نشان داد اعمال تنش خشکی باعث افزایش غلظت ناخالصی‌های ریشه به خصوص میزان پتاسیم و نیتروژن مضره می‌شود (Ober 2001). پژوهش‌های برخی دانشمندان نیز نشان داد که ترکیبات نیتروژنی مثل پرولین و آلفا آمینو اسیدها در واکنش به تنش آبی و شوری به منظور تنظیم فشار اسمزی در گیاه چغندر قند تجمع می‌یابند (Gzik 1996; Monreal et al. 2007). محققین دیگری در این رابطه اظهار داشتند بیشترین مقدار ناخالصی‌های نیتروژن مضره، پتاسیم و سدیم

به ترتیب با $۶/۵۶$ ، $۸/۱۴$ و $۵/۶۱$ میلی اکسی‌والانت در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه در تیمار تحت تنش آبی شدید به دست آمد. کمترین آن ناخالصی‌ها نیز به ترتیب با $۴/۵۵$ ، $۶/۸۴$ و $۳/۶۶$ میلی اکسی‌والانت در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه در اختیار تیمار آبیاری کامل قرار گرفت (Ghamarnia et al. 2012). براساس نتایج مقایسه میانگین ناخالصی‌های نیتروژن مضره، پتاسیم و سدیم در بین تیمارهای کودی، تیمار f_{100} به ترتیب با میانگین $۳/۶۱$ ، $۵/۹۸$ و $۱/۷۸$ میلی اکسی‌والانت در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه، به طور غیرمعنی‌داری دارای ناخالصی‌های بیشتری نسبت به تیمار f_{75} ($۳/۵۵$ ، $۵/۹۴$ و $۱/۷۵$ میلی اکسی‌والانت در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد با افزایش کاربرد نیتروژن امکان جذب نیتروژن توسط ریشه افزایش می‌یابد. نتایج مطالعه‌ای نشان داد با افزایش کاربرد میزان نیتروژن درصد نیتروژن مضره و پتاسیم ریشه به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Bazoobandi 1996). نتایج یک تحقیق هفت ساله در یونان نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژن از صفر به ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، میزان غلظت نیتروژن مضره، پتاسیم و سدیم موجود در ریشه به ترتیب در حدود ۵۴ ، $۵/۹$ و $۲۹/۶$ درصد افزایش یافت (Maslaris et al. 2010). نتایج مقایسه میانگین صفات نیتروژن مضره، پتاسیم و سدیم موجود در ریشه چغندر قند تیمارهای RDI با PRD در سطوح آبیاری یکسان نشان می‌دهد (جدول ۳) که اختلاف معنی‌داری بین دو نوع کم آبیاری وجود ندارد (به جز سطح آبیاری ۶۵ درصد برای صفت سدیم). در سطح آبیاری ۶۵ درصد نیاز آبی، اختلاف معنی‌داری به لحاظ میزان سدیم جذب شده بین تیمارهای PRD در مقایسه با RDI وجود داشت. به طور کلی تیمارهای کم آبیاری PRD دارای نیتروژن مضره، پتاسیم و سدیم کمتری نسبت به تیمارهای RDI هستند. احتمالاً در تیمارهای کم آبیاری PRD تنش آبی کمتری نسبت به تیمارهای RDI به چغندر قند وارد

گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری (جدول ۳) نشان داد، تیمار CI با میانگین ۲/۲۸ دارای بیشترین قلیائیت بود. هم‌چنین تیمار PRD₆₅ با میانگین ۲/۰۲ دارای کمترین قلیائیت است. با افزایش تنش آبی مقادیر قلیائیت در تیمارهای PRD از ۲/۲۴ به ۲/۰۲ و در تیمارهای RDI از ۲/۲۷ به ۲/۰۶ کاهش داشت. به‌نظر می‌رسد با افزایش تنش آبی قلیائیت کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقی نشان داد میزان قلیائیت چغندر قند از ۵/۷۹ در شرایط بدون تنش آبی به ۲/۲۸ در شرایط تنش آبی کاهش یافت (Oroojnia et al. 2012). نتایج مطالعه‌ای نشان داد قلیائیت چغندر قند از ۲/۶۴ در تیمار آبیاری بدون تنش آبی به ۱/۱۷ در تیمار تحت تنش آبی شدید، کاهش یافت (Ghamarnia et al. 2012). براساس نتایج مقایسه میانگین بین تیمارهای کودی، تیمار f₇₅ با میانگین ۲/۱۸ دارای قلیائیت بیشتری نسبت به تیمار f₁₀₀ (۲/۱۷) است. کاهش مصرف کود نیتروژنی با کاهش تجمع ناخالصی نیتروژن مضره در ریشه، موجب افزایش قلیائیت شده است.

قند قابل استحصال

تأثیر تیمارهای آبیاری بر میزان قند قابل استحصال چغندر قند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اما تأثیر تیمارهای کودی بر این صفت مورد بررسی غیرمعنی‌دار گردید. هم‌چنین، اثرات متقابل بین تیمارهای آبیاری و سطوح کودی غیرمعنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین قند قابل استحصال در بین تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد تیمار PRD₆₅ با میانگین ۱۵/۸۰ درصد دارای بیشترین درصد قند قابل استحصال می‌باشد. تیمار CI نیز با میانگین ۱۴/۳۸ درصد دارای کمترین مقدار قند قابل استحصال است (جدول ۳). نتایج حاصل نشان می‌دهد با افزایش تنش آبی، هرچند که میزان جذب ناخالصی‌ها در ریشه چغندر قند افزایش یافته و این امر

شده است. این امر باعث کاهش جذب ناخالصی‌ها از جمله پتاسیم و سدیم توسط ریشه و کاهش ساخت ترکیبات نیتروژنی توسط برگ‌ها و انتقال آن‌ها به ریشه می‌شود. بنا به مطالعات Stoll et al. (2000) در کم آبیاری PRD یک جریان خالص شبانه آب از ریشه‌های مرطوب‌تر به ریشه‌های موجود در خاک خشک وجود دارد. این امر موجب کاهش تنش خشکی وارده به ریشه و کاهش جذب ناخالصی‌های به‌منظور تنظیم فشار اسمزی ریشه می‌گردد.

براساس نتایج تجزیه واریانس قندملاس، بین تیمارهای مختلف آبیاری اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید. ضمن آن‌که، تأثیر تیمارهای کودی و اثرات متقابل بین دو عامل مورد بررسی غیرمعنی‌دار است (جدول ۲). با توجه به مقایسه میانگین بین تیمارهای آبیاری (جدول ۳)، تیمار CI با ۲/۳۹ درصد، کمترین میزان قندملاس و تیمار RDI₆₅ با ۳/۰۴ درصد بیشترین مقدار قندملاس را نشان داد. با شدت یافتن تنش آبی میزان قندملاس در تیمارهای PRD از ۲/۴۸ به ۲/۸۵ درصد و در تیمارهای RDI از ۲/۵۶ به ۳/۰۴ درصد افزایش یافت. با افزایش تنش آبی، ریشه چغندر قند ناخالصی‌هایی چون پتاسیم و سدیم بیشتری را جذب نموده و باعث افزایش میزان قندملاس می‌گردد. نتایج تحقیقی نشان داد که میزان قندملاس در شرایط تنش آبی نسبت به شرایط بدون تنش به میزان ۱۲/۸ درصد بیشتر بود (Oroojnia et al. 2012). براساس مقایسه میانگین قندملاس در بین تیمارهای کودی (جدول ۳) تیمار f₁₀₀ با ۲/۶۹ درصد دارای قندملاس بیشتری نسبت به f₇₅ (۲/۶۶ درصد) است. لیکن این تفاوت معنی‌دار نبود.

اثر تیمارهای آبیاری بر روی قلیائیت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. اما تأثیر تیمارهای کودی و اثرات متقابل بین سطوح آبیاری و کودی بر این صفت، غیرمعنی‌دار

$6/8 \text{ tonha}^{-1}$ بیشترین عملکرد را در بین تیمارهای مختلف آبیاری داشته است. تیمار RDI_{65} با میانگین $3/9 \text{ tonha}^{-1}$ دارای کمترین عملکرد قندخالص در بین تیمارهای آبیاری می‌باشد. به علت این که عملکرد قندخالص از حاصل ضرب درصد قند قابل استحصال در عملکرد ریشه به دست می‌آید لذا تفاوت بین عملکرد قند خالص می‌تواند به دلیل تفاوت این دو عامل در بین تیمارهای مختلف آبیاری باشد. هرچند که آبیاری کافی به دلیل کاهش عیار چغندر قند باعث کاهش درصد قند قابل استحصال و در نتیجه موجب کاهش عملکرد قند خالص شد اما افزایش عملکرد ریشه در واحد سطح در نهایت باعث افزایش عملکرد قند خالص گردید. با اعمال تنش آبی و کاهش مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری به تناسب شدت تنش از عملکرد قند خالص کاسته شد. برخی محققین در تحقیقات خود نتیجه گرفتند با افزایش تنش آبی عملکرد قندخالص کاهش می‌یابد (Ebrahimipak et al. 2008; Bondok 1996). براساس نتایج جدول ۳ در سطح آبیاری ۶۵ درصد نیاز آبی، اختلاف معنی‌داری به لحاظ عملکرد قندخالص بین تیمارهای PRD در مقایسه با RDI وجود داشت. هم‌چنین مطابق نتایج جدول ۳ در سطوح آبیاری ۸۵ و ۷۵ درصد نیاز آبی، تفاوت عملکرد قندخالص تیمارهای PRD در مقایسه با RDI غیرمعنی‌دار بود. با افزایش تنش آبی، میزان عملکرد قندخالص در تیمارهای PRD از $6/7$ به $4/8 \text{ ton ha}^{-1}$ و در تیمارهای RDI از $6/1$ به $3/9 \text{ tonha}^{-1}$ (RDI_{65}) کاهش یافت. بر این اساس، عملکرد قندخالص تیمارهای PRD در مقایسه با RDI به‌طور غیرمعنی‌داری بیشتر است. همان‌گونه که قبلاً اشاره شد این امر می‌تواند به علت موارد زیر باشد: اعمال تیمار PRD (در مقایسه با تیمار RDI) با کاهش تجمع ناخالصی‌ها در ریشه، موجب افزایش درصد قند قابل استحصال و به تبع آن باعث افزایش عملکرد قندخالص می‌گردد. در کم‌آبیاری PRD امکان

باعث کاهش درصد قند قابل استحصال می‌گردد اما در نهایت با افزایش میزان عیار چغندر قند باعث افزایش درصد قند قابل استحصال می‌شود. نتایج پژوهش دیگری نیز هم‌راستا با نتایج این تحقیق است (Ebrahimipak et al. 2008). نتایج مقایسه میانگین درصد قند قابل استحصال تیمارهای RDI با PRD در سطوح آبیاری یکسان نشان داد تفاوت این دو رژیم آبیاری بر درصد قند قابل استحصال غیرمعنی‌دار است (جدول ۳). اما با این وجود، درصد قند قابل استحصال در تیمارهای PRD بیشتر از RDI است. همان‌گونه که قبلاً بیان شد در تیمارهای کم‌آبیاری PRD تنش آبی کمتر (نسبت به تیمارهای RDI) موجب کاهش تجمع ناخالصی‌هایی چون نیتروژن مضره، پتاسیم و سدیم در ریشه شده و این کاهش تجمع ناخالصی‌ها باعث افزایش درصد قند قابل استحصال در تیمارهای PRD شده است. مقایسه میانگین قند قابل استحصال در بین تیمارهای کودی نشان می‌دهد تیمار f_{75} با میانگین $15/09$ درصد دارای درصد قند قابل استحصال بیشتری نسبت به تیمار f_{100} (۱۴/۸۸ درصد) است (جدول ۳). کاهش مصرف کود نیتروژنی با افزایش عیار چغندر قند و کاهش تجمع ناخالصی نیتروژن مضره، موجب افزایش درصد قند قابل استحصال شده است. تحقیقات دانشمندان دیگر نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژنی، درصد قند قابل استحصال ریشه کاهش می‌یابد (Maslaris et al. 2010; Campbell 2002).

عملکرد قند خالص

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر تیمارهای آبیاری و کودی بر عملکرد قندخالص به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد. اما اثرات متقابل بین دو عامل مورد بررسی غیرمعنی‌دار بود. براساس مقایسه میانگین صورت گرفته بر عملکرد قندخالص (جدول ۳)، تیمار CI با میانگین

داشت. اما مقدار عیار و به تبع آن، درصد قند قابل استحصال چغندر قند کاهش یافت. هم‌چنین تمامی خصوصیات ذکر شده به جز درصد قند قابل استحصال تحت تأثیر مقدار مصرف کود نیتروژن قرار گرفتند. با افزایش کاربرد کود نیتروژن، عملکرد ریشه و قندخالص افزایش داشت. اما مقدار عیار چغندر قند کاهش یافت. افزایش عملکرد ریشه‌ها به واسطه مصرف مناسب کود و آب را می‌توان به افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی نسبت داد. خصوصیات کیفی: نیتروژن مضره، پتاسیم، سدیم، قلیائیت و درصد قند ملاس چغندر قند تحت تأثیر مقدار آب آبیاری قرار گرفتند. ولی این خصوصیات تحت تأثیر میزان مصرف کود نیتروژنی قرار نگرفتند. با کاهش مقدار آب آبیاری، مقادیر نیتروژن مضره، پتاسیم، سدیم و درصد قند ملاس چغندر قند افزایش و مقدار قلیائیت کاهش یافت. این نتایج نشان می‌دهند با افزایش تنش آبی ناخالصی‌های بیشتری توسط ریشه چغندر قند به منظور تنظیم اسمزی گیاه برای مقابله با شرایط تنش آبی جذب می‌شوند. به‌طور کلی در سطوح آبیاری یکسان، رژیم کم آبیاری ناقص ریشه دارای عملکرد ریشه، عیار، قند قابل استحصال و قند خالص بیشتر و دارای نیتروژن، پتاسیم، سدیم، قند ملاس و قلیائیت کمتری نسبت به رژیم کم آبیاری تنظیم شده است. هرچند که به‌طور عمده، تفاوت معنی‌داری بین دو رژیم کم آبیاری بر شاخص‌های ذکر شده وجود ندارد. ولی می‌توان اظهار داشت با کاربرد کم آبیاری PRD در مقایسه با RDI کیفیت ریشه چغندر قند از طریق افزایش درصد قند قابل استحصال و کاهش ناخالصی‌های نیتروژن، پتاسیم و سدیم بهبود می‌یابد و این موجب افزایش عملکرد قندخالص چغندر قند می‌شود. در شرایط کمبود منابع آبی، تیمار PRD₈₅ در بین تیمارهای مختلف آبیاری مناسب‌ترین تیمار می‌باشد. در بین تیمارهای کودی تیمار f₁₀₀ مناسب‌ترین تیمار است. لذا در شرایط مشابه این تحقیق کاربرد تیمار PRD₈₅ و تیمار کودی f₁₀₀ پیشنهاد می‌شود.

نفوذ بیشتر آب در عمق خاک از سمت جویچه آبیاری شده PRD وجود دارد. لذا ریشه با نفوذ به اعماق از مواد مغذی خاک استفاده بیشتری می‌کند. در نتیجه عملکرد ریشه و قندخالص افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج مقایسه میانگین عملکرد قندخالص در بین تیمارهای کودی، تیمار f₁₀₀ با میانگین ۵/۸ tonha⁻¹ عملکرد بیشتری نسبت به تیمار f₇₅ (۵/۶ tonha⁻¹) دارد (جدول ۳). لذا تفاوت عملکرد قندخالص در بین تیمارهای مختلف کودی می‌تواند ناشی از تفاوت دو عامل درصد قند قابل استحصال و عملکرد ریشه باشد. با افزایش کاربرد کود نیتروژنی، عیار چغندر قند و درصد قند قابل استحصال کاهش یافته و منجر به کاهش عملکرد قندخالص می‌گردد. اما به علت افزایش عملکرد ریشه در واحد سطح در نهایت باعث افزایش عملکرد قندخالص می‌شود. به نظر می‌رسد با کاربرد کود مناسب، عملکرد قند خالص افزایش می‌یابد. برخی پژوهشگران بیان می‌دارند با افزایش کاربرد کود نیتروژن، عملکرد قندخالص چغندر قند نیز افزایش می‌یابد (El-Gizawy et al. 2014). نتایج تحقیقی نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژن تا حدود ۱۶۰ Kg ha⁻¹ موجب افزایش عملکرد قندخالص می‌شود. اما با کاربرد بیشتر از آن مقدار، به دلیل افزایش جذب ناخالصی‌ها باعث کاهش عملکرد قندخالص گردید (Kaffka and Grantz 2014). نتایج پژوهشی نشان می‌دهد که با افزایش کاربرد کود نیتروژنی درصد قند کاهش و عملکرد قندخالص و ریشه افزایش یافت (Bazoobandi 1996).

نتیجه‌گیری

نتایج کلی حاصل از این پژوهش نشان داد خصوصیات عملکردهای ریشه، قندخالص، عیار و درصد قند قابل استحصال چغندر قند به شدت تحت تأثیر مقدار آب آبیاری قرار گرفتند. با افزایش مقدار آب آبیاری، عملکرد ریشه و قندخالص افزایش

References:**منابع مورد استفاده:**

- Abdollahian Noghahi M, Sadeghian SY. Changes in the concentrations of glycinebetaine, glutamine and sugars in sugar beet subjected to soil moisture deficit. Proceeding of the 65th IIRB Congress, February 2002, Brussels, Belgium. 2002; pp 357-382.
- Alizadeh A. Irrigation system design, Surface Irrigation system design. Imam Reza University Press, Second edition, 2007; pp. 328. (In Persian)
- Almani MP, Mishani AC, Samadhi BY. Drought resistance in sugar beet genotypes. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 1997; 28:15-25.
- Baradaran Firoozabadi M, Abdollahian Noghahi M, Rahimzade F, Moghaddam M, Ranji Z, Parsaeian M. Effect of different levels of continuous water stress on the yield and quality of three sugar beet lines. Journal of sugar beet, 2004; 19(2): 133-143. (In Persian)
- Barbieri G. Effect of Irrigation and harvesting dates on the yield of spring-sown sugar beet. Agricultural water management, 1987; 33(3): 283-286.
- Bazoobandi M. Effect of planting date and nitrogen fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of two sugar beet varieties. 4th Congress of Agronomy and Plant Breeding of Iran. Isfahan University of Technology, Iran, 1996.
- Bondok MA. The role boron regulating growth yield and hormonal balance in sugar beet. Annals of Agricultural Science Cairo, 1996; 41(1): 15-33.
- Campbell LG. Sugar Beet Quality Improvement. Journal of Crop Production, 2002; 5(1-2): 395-413.
- Carter JN, Jensen ME, Traveller DJ. Effect of mid- to Late- season water stress on sugar beet growth and yield. Agronomy Journal, 1980; 72: 806-815.
- Centre for Information and Communication Technology Ministry of Agricultural Jihad (CICTMAJ). Statistics Agriculture Letter. First volume: Crops Products, Crop year 2010-2011. Ministry of Agricultural Jihad Press, 2011; pp. 121.
- Dry PR, Loveys BR, Düring H. Partial drying of the root-zone of grape. 2. Changes in the pattern of root development. Vitis, 2000; 39: 9-12.
- Ebrahimipak NA, Pazera E, Kaveh F, Abedi MJ, Sabagh farshi AA, Farshi AA. The effect of deficit irrigation in different growth stages on quantity and quality on yield sugar beet and water use efficiency. Pajouhesh & Sazandegi, 2008; 78: 63-73. (In Persian)
- El-Gizawy E, Shalaby G, Mahmoud E. Effects of Tea Plant Compost and Mineral Nitrogen Levels on Yield and Quality of Sugar Beet Crop. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2014; 45:1181-1194.
- Esmaeili 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.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Deficit irrigation practices. Water reports No.22, Rome. 2002; pp 102.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Agriculture production. 2011. Retrieved from: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- Ghamarnia H, Arji I, Sepehri S, Norozpour S, Khodaei E. Evaluation and Comparison of Drip and Conventional Irrigation Methods on Sugar Beets in a Semiarid Region. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 2012; 138(1): 90–97.
- Ghooshchi F. Industrial crop production sugar beet. Pelk Press, 2004; pp.116. (In Persian)
- Gzik A. Accumulation of ROLINE and Pattern of α -Amino Acids in Sugar Beet Plants in Response to Osmotic, Water and Salt Stress. *Environmental and Experimental Botany*, 1996; 36(1): 29-38.
- Hamedanian Meteorological Office. Meteorology Report of Karafs Plain. 2013.
- Hoffmann C M, Huijbregts T, Swaaij NV, Rudolf J. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. *European Journal of Agronomy*, 2009; 30(1): 17–26.
- HosseinPour M. Effects of irrigation and nitrogen management on water use efficiency and light during the growing season of winter sugar beet (PhD thesis). Tarbiat Modares University, Tehran, 2006.
- Hosseinpour M, Paknejad AR, Naderi A, Eslamizadeh R, Uosefabadi V, Sharifi H. Effect of nitrogen rates on growth characteristics, yield and quality of autumn- sown sugar beet. *Journal of sugar beet*, 2013; 29(1): 33-51. (In Persian)
- Kaffka SR, Grantz DA. Sugar Crops. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 2014; 5: 240-260.
- Kang S, Liang Z, Pan Y, Shi P, Zhang J. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area. *Agricultural Water Management*, 2000; 45: 267-274.
- Kang S, Zhang J. Controlled alternate partial root- Zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Experimental Botany*, 2004; 55: 2437-2446.
- Kocheiki A, Soltani A. The Sugar beet crop. Mashhad jehad. Daneshgahi Press. Third Edition, 2003; pp. 200. (Translated in Persian).
- Loomis RS, Nevins DJ. Interrupted nitrogen nutrient effect on growth, sucrose accumulation and foliar development of the sugar beet plant. *Journal of Sugar Beet Research. American Society of Sugar Beet Technologists*, 1962; 12(4): 309-322.
- Mahmoodi R, Maralian H, Aghabarati A. Effects of limited irrigation on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris L.*). *African Journal of Biotechnology*, 2008; 7(24): 4475-4478.
- Maslaris N, Tsialtas IT, Ouzounidis T. Soil Factors Affecting Yield, Quality, and Response to Nitrogen of Sugar Beets Grown on Light-Textured Soils in Northern Greece. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2010; 41:1551–1564.

- Mingo DM, Theobald J, Bacon MA, Davies WJ, Dodd IC. Biomass allocation in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants grown under partial rootzone drying: enhancement of root growth. *Functional Plant Biology*, 2004; 31: 971-978.
- Mohammadian R, Fatollah Taleghani D, Sadeghzadeh hemayati S. Effect of different irrigation managements on quantity and quality of sugar beet. *Journal of sugar beet*, 2011; 26(2):139-156. (In Persian)
- Monreal JA, Jimenez ET, Remesal E, Morillo-Velarde R, Garcia-Maurino S, Echevarria C. Proline content of sugar beet storage roots: Response to water deficit and nitrogen fertilization at field conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 2007; 60: 257-267.
- Ober E. The search for drought tolerance in sugar beet. *British Sugar Beet Review*, 2001; 69(1): 40-43.
- Oroojnia S, Habibi D, Taleghani DF, Safari Dolatabadi S, Pazok A, Moaveni P, Rahmani M, Farshadi M. Evaluation of yield and yield components of different sugar beet genotypes under drought stress. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 2012; 8(1): 127-144. (In Persian)
- Posadas A, Rojas G, Malaga M, Mares V, Quiroz RA. Partial root-zone drying: an alternative irrigation management to improve the water use efficiency of potato crops. Production system and the environmental division working paper No: 2008-2.
- Reinefeld E, Emmerich A, Baumarten G, Winner C, Beiss U. Zur voraussage des melasse zuckers aus Rubenanalysen. *Zucker*. 1974; 27: 2-15.
- SAS Institute. The SAS Systems for Windows 9.1. SAS Institute, Cary, NC. 2006.
- Sepaskhah AR, and Kamgar Haghighi AA. Water use and yield of Sugar beet grown under every other furrow [irrigation](#) with different [irrigation](#) intervals. *Agricultural water management*, 1997; 34:71-79.
- Shahnazari A, Liu F, Andersen MN, Jacobsen SE, Jensen CR. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research*, 2007; 100: 117-124.
- Steduto P, Hsiao TC, Fereres E, Raes D. Crop yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No: 66*. Rome, Italy. 2012; pp 500.
- Stoll M, Loveys B, Dry P. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 2000; 51(350): 1627-1634.
- Taiz L, Zeiger E. *Plant physiology*. SinauerAssociates, Inc., Publishers, 2006; pp. 764.
- Tognetti R, Palladino M, Minnocci A, Delfine S, Alvino A. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. *Agricultural Water Management*, 2003; 60: 135–155.
- Ucan K, Gencoglan C. The Effect of Water Deficit on Yield and Yield Components of Sugar Beet. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2004; 28(3): 163-172.
- Wang H, Liu F, Andersen MN, Jensen CR. Comparative effects of partial root-zone drying and deficit irrigation on nitrogen uptake in potatoes (*Solanum tuberosum L.*). *Irrigation Science*, 2009; 27: 443-447.

Weeden BR. Potential of sugar beet on the Atherton tableland. A report for the rural industries research and development corporation (RIRDC). 2000. Publication No. 00/167: 2-14.

Zegbe JA, Serna Pérez A. Partial root-zone drying maintains fruit quality of 'Golden Delicious' apple at harvest and postharvest. Science of Horticulture, 2011; 127: 455-459.