

اثرات سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب در چغندر قند

احمد کریمی* - مهدی نادری^۱

تاریخ دریافت: ۸۶/۴/۹

تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۲۱

چکیده

تاکنون مطالعات زیادی در مورد نیاز آبی چغندر قند در ایران انجام شده است لیکن در مورد عکس العمل گیاه به کم آبیاری و سطوح مصرف نیتروژن، خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک با منابع محدود آب برای آبیاری کمتر شناخته شده است. این تحقیق با هدف دستیابی به برنامه مناسب آبیاری و بررسی اثرات آب و کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو فاکتور مقدار آب در چهار سطح (۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ درصد تبخیر از سطح پوشش کلاس A)، مقدار نیتروژن در چهار سطح (شاهد، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره) در سه تکرار انجام گردید. دور آبیاری برای تمامی تیمارها یکسان و برابر دور معمول منطقه (۷ روز) بود. مقدار آب مصرفی در دوره رشد گیاه با احتساب مقدار آب تا مرحله استقرار ۹۵۰، ۱۱۸۵، ۱۴۵۰ و ۱۶۴۵ میلیمتر به ترتیب در تیمارهای I_1 ، I_2 ، I_3 و I_4 بود. نتایج نشان داد عملکرد ریشه، مقدار شکر و کارایی مصرف آب تحت تأثیر مقدار آب، مقدار نیتروژن و اثر متقابل آنها و درصد قند و شاخص برداشت تحت تاثیر مقدار آب و اثر متقابل آب و نیتروژن قرار گرفت. تیمار (I_4) با ۴۷۹۶۹ کیلوگرم در هکتار و تیمار (I_1) با ۳۶۲۵۷ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد ریشه را داشتند. تیمار (I_2) با ۶۸۵۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار (I_1) با ۵۷۷۹ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد شکر را داشتند. عیار قند در تیمار (I_2) با ۱۶/۴ درصد و در تیمار (I_4) با ۱۳/۹ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد بودند. نتایج نشان داد که در شرایط کم آبیاری عملکرد کاهش و درصد قند، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت افزایش یافت. همچنین اثر نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب تفاوت معنی دار در سطح آماری ۱٪ نشان داد. با افزایش مقدار نیتروژن عملکرد ریشه، شکر، ماده خشک کل و کارایی مصرف آب افزایش نشان داد. درصد قند و شاخص برداشت تحت تاثیر میزان نیتروژن مصرفی قرار نگرفت. اثرات متقابل آب و نیتروژن نشان داد که تیمار I_3N_3 و I_4N_3 به ترتیب با ۵۳۶۲۱ کیلوگرم در هکتار و ۵۳۰۷۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد ریشه، و نیز با ۷۸۸۷ کیلوگرم در هکتار و ۷۶۸۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد شکر را داشتند.

واژه های کلیدی: چغندر قند، عملکرد، کارایی مصرف آب، کم آبیاری، نیتروژن

مقدمه

و حداکثر عملکرد همواره عملکرد اقتصادی نیست (۸ و ۲۱). چغندر قند (*Beta vulgaris L.*) گیاهی دو ساله است که زراعت آن به صورت یکساله انجام می شود. تحقیقات متعددی نشان می دهد که نیاز آبی چغندر قند بر اساس وارته و اقلیمهای گوناگون متفاوت است (۷ و ۲۵). این گیاه در اواخر فصل رشد به خوبی در مقابل کمبود رطوبت مقاومت نشان می دهد و عیار قند آن بیشتر می شود بدون آنکه عملکرد آن کاهش یابد (۴). با کاهش آب مصرفی و صرفه جوئی در آب آبیاری خصوصاً در مراحل آخر فصل

استفاده بهینه از واحد حجم آب جهت افزایش عملکرد از مهمترین مسائلی است که در امر کشاورزی به آن توجه می شود. افزایش جمعیت و نیازهای غذایی بوجود آمده، پدیده تغییر اقلیم و بحران آب مواردی هستند که ضرورت افزایش تولید در واحد سطح را بوجود می آورند. اگر چه آب به عنوان یک نهاده بسیار موثر در افزایش تولیدات کشاورزی است لیکن کارایی مصرف آن در تولید محصول با افزایش آب مصرفی رابطه مستقیم و خطی ندارد

۱ - استادیاران گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهر کرد

* نویسنده مسئول Email: Karimi-a@agr.sku.ac.ir

عملکرد شکر (۷/۵ تن در هکتار) از تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد و با افزایش مصرف نیتروژن درصد قند کاهش یافت. نتایج آنها نشان داد که وزن اندام هوایی واکنش بیشتری نسبت به تغییرات نیتروژن داشت و تا مصرف ۲۸۰ کیلوگرم نیتروژن افزایش یافت. با افزایش ازت از ۱۸۰ به ۲۴۰ کیلوگرم شاخص برداشت از ۰/۵۷ به ۰/۵۴ کاهش یافت (۱۷). تور و بنس سطوح مختلف نیتروژن از صفر تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار را بر روی چغندر قند بررسی و گزارش کردند که افزایش قابل ملاحظه ای در عملکرد تا تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن وجود دارد. کارایی مصرف نیتروژن و درصد قند با افزایش مصرف نیتروژن کاهش یافت (۲۳). لاست و همکاران در مطالعه اثر سطوح مصرف نیتروژن به مقدار صفر، ۴۱، ۸۲، ۱۲۳، ۱۶۴ و ۲۰۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون آبیاری و آبیاری بر رشد، عملکرد و کیفیت چغندر قند گزارش کردند که حداکثر عملکرد شکر از مصرف ۱۲۳ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد و عملکرد شکر با دو عامل مقدار ماده خشک و نیتروژن کل جذب شده به صورت خطی رابطه دارد (۱۲). ویتزر گزارش کرد در چغندر قند افزایش شکر در سطوح بالای مصرف نیتروژن زمانی حاصل می شود که رطوبت خاک محدودیتی برای آن نداشته باشد (۲۶). مالنوا و همکاران سه سطح کودی نیتروژن صفر، ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار را در چغندر قند آزمایش کردند و گزارش نمودند که با افزایش مصرف نیتروژن غلظت آن در گیاه افزایش و عملکرد ماده خشک و غلظت کلروفیل در سطوح مختلف نیتروژن با افزایش مصرف آن نیز افزایش یافت (۱۳). مون رثالا و همکاران گزارش کردند که کم آبیاری عامل اصلی تجمع پرولین در ریشه چغندر قند بوده و باعث کاهش عملکرد و کیفیت ریشه چغندر قند می گردد. نتایج آنها نشان داد همبستگی مثبت و معنی داری بین پرولین و مقدار قند در ریشه چغندر قند وجود دارد که نشانگر وجود رابطه بین عکس العمل تنش، از بین رفتن کربوهیدراتها و تجمع گلوکز و پرولین است (۱۶).

با توجه به محدودیت منابع آب کشور، ضرورت مطالعه در خصوص تغذیه گیاهی و آبیاری آن به منظور افزایش کارایی مصرف آب و کود احساس می شود. بر این اساس این تحقیق با هدف دستیابی به برنامه مناسب آبیاری برای چغندر قند، و بررسی اثرات مقادیر مختلف آب و سطوح مختلف مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب در چغندر قند اجرا گردید.

رشد، عیار قند و عملکرد قند در واحد سطح مطلوب می گردد (۱۱). در مناطق مختلف ایران و جهان میزان تبخیر و تعرق چغندر قند از ۲۵۰ میلیمتر برای مناطق مرطوب تا ۲۷۰۰ میلیمتر برای مناطق گرم و خشک گزارش شده است (۸ و ۲۱). بیشترین مقدار آب مصرفی چغندر قند در کرج ۱۷۵۶ میلیمتر با ۵۹ تن در هکتار محصول و کمترین مقدار آب مصرفی ۵۵۰ میلیمتر با ۱۹ تن در هکتار محصول گزارش شده است (۱). کارتر و همکاران در پژوهشی گزارش کردند که با افزایش تنش رطوبتی در عملکرد ریشه تفاوت معنی داری دیده نشد اما درصد قند در دور آبیاری بالا افزایش نشان داد (۴). مطالعات شارماسرکار و همکاران نشان داد که استفاده از رژیمهای مختلف آبیاری با کوتاه کردن دور آبیاری سبب افزایش کارایی مصرف آب، ازدیاد عملکرد چغندر قند و کاهش تلفات نفوذ عمقی می گردد (۱۹). مطالعات متعددی به منظور شناخت رابطه رشد و محصول چغندر قند و آب آبیاری انجام شده است و نتایج عمدتاً نشان می دهد که با کاهش آب آبیاری، عملکرد ریشه کاهش یافته ولی غلظت قند تحت تاثیر خشکی افزایش می یابد (۸، ۱۰ و ۱۹). توگیتی و همکاران اثر آبیاری بر تجمع ساکاروز، عملکرد ریشه و پاسخ های فیزیولوژیکی چغندر قند را در دو سیستم آبیاری قطره ای و بارانی با مقدار آب کاربردی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ تبخیر و تعرق برآورد شده مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که افزایش مصرف آب باعث افزایش عملکرد ریشه و تجمع شکر در آن می گردد. بیشترین عملکرد ریشه و پاسخ های فیزیولوژیکی در تیمار ۷۵٪ در سیستم آبیاری قطره ای و در تیمار ۱۰۰٪ در سیستم بارانی گزارش شد (۲۲). وظیفه دوست و همکاران گزارش کردند که با کم آبیاری میتوان به عملکرد اقتصادی در شرایط وجود محدودیت منابع آب دست یافت. آنها ۱/۱ کیلوگرم ماده خشک به ازای مصرف یک متر مکعب آب برای چغندر قند گزارش کردند (۲۴). فایرو و همکاران در مطالعه اثر کم آبیاری بر چغندر قند با ۸ سطح آبیاری نسبت به آبیاری کامل گزارش کردند که تفاوت قابل ملاحظه ای در کارایی مصرف آب در سطوح آبیاری وجود دارد. آنها کارایی مصرف آب را بین ۱۷۰-۱۳۰ کیلوگرم بر میلیمتر آب گزارش کردند. در تیمار آبیاری کامل با مصرف ۶۸۹۸ متر مکعب آب در هکتار بیشترین عملکرد ریشه (۱۱۷/۶ تن در هکتار) گزارش شد (۶).

روزیکی و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که بیشترین

مواد و روش ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کرج در مزرعه ای با بافت سطحی، لوم رسی در سال زراعی ۸۱-۸۲ با طرح فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی با دو فاکتور مقدار آب آبیاری در چهار سطح، مقدار نیتروژن در چهار سطح و در سه تکرار انجام گردید. تیمارهای مقادیر متفاوت آب در کرت های اصلی و چهار سطح نیتروژن مصرفی در کرت های فرعی قرار گرفتند. آزمایش در چهار سطح آب، چهار سطح کود و سه تکرار جمعاً در ۴۸ کرت آزمایشی در زمینی به مساحت ۲۵۰۰ مترمربع با احتساب حاشیه ها اجرا گردید. کرت های آزمایشی فرعی به طول ۶ و عرض ۳ متر، فاصله کرت های فرعی ۱/۵ متر، فاصله بین کرت های اصلی ۳ متر و فاصله بین هر تکرار ۴ متر منظور گردید. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه پیش از کاشت چغندر قند با نمونه برداری از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتری اندازه گیری شد که نتایج آن

به ترتیب در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. همچنین برخی خصوصیات شیمیایی آب آبیاری اندازه گیری و در جدول ۳ ارائه گردیده است. در اواخر فروردین ماه زمین مورد نظر آماده و از بذر چغندر قند رقم MSC2 که یک رقم پلی ژرم و دیپلوئید است، جهت کاشت در نیمه اول اردیبهشت بوسیله بذرکار استفاده گردید. میزان بذر مصرفی ۲۰ کیلوگرم در هکتار، فاصله ردیفها ۶۰ سانتیمتر، فاصله بوته ها در ردیف ۲۰ سانتیمتر و عمق کاشت حدود ۳ سانتیمتر بود. کرت بندی آزمایش مطابق نقشه طرح بعد از عملیات کاشت اجرا و در اوایل دوره رشد آبیاری به حد کافی انجام شد. پس از تنک کردن و استقرار گیاه تیمارهای آبیاری اعمال گردید. دور آبیاری برای تمامی تیمارها یکسان و برابر دور معمول منطقه (۷ روز) در نظر گرفته شد. تیمارهای آبیاری شامل I_1 ، I_2 ، I_3 و I_4 (۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ درصد تبخیر از سطح طشتک کلاس A)

جدول (۱) مشخصات فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتیمتر)	فراوانی نسبی اندازه ذرات (درصد)			بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری	جرم مخصوص حقیقی	رطوبت خاک (درصد وزنی)		
	شن	سیلت	رس				PWP	FC	SP
۰-۳۰	۳۰	۴۲	۲۸	لوم رسی	۱/۳۸	۲/۴۳	۳۵	۱۹/۵	۱۰/۵
۳۰-۶۰	۲۸	۳۹	۳۳	لوم رسی	۱/۴۷	۲/۵۲	۲۹	۱۸/۵	۹/۵

SP درصد اشباع، FC ظرفیت زراعی و PWP نقطه پژمردگی دائم است.

جدول (۲) مشخصات شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتیمتر)	EC dS/m	pH	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	کربن آلی	نیتروژن کل		
						آهک	گچ	درصد وزنی
۰-۳۰	۰/۷۶	۷/۴	۱۴	۲۱۵	۰/۵۲	۰/۰۷	۲۳	۰/۶
۳۰-۶۰	۰/۵۲	۷/۷	۸	۱۹۲	۰/۳۴	۰/۰۵	۲۵	۰/۶

جدول (۳) مشخصات شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری

منبع آب	EC dS/m	pH	بیکربنات کلر	سولفات	مجموع آنیون ها	کلسیم + منیزیم	سدیم	مجموع کاتیونها	نسبت جذب سدیم
چاه	۰/۳۷	۷/۷	۱/۴۵	۱/۸۲	۱/۳۵	۴/۶۲	۳/۵۵	۱/۹۴	۵/۴۹

بود. بر این اساس با توجه به تبخیر انجام شده طی یک هفته مقدار آب مورد نیاز در هر نوبت برای تیمارها محاسبه و اعمال گردید. با توجه به مسدود بودن انتهای هر کرت، آب مورد نیاز کرت آزمایشی بوسیله لوله پلی اتیلن در ابتدای هر کرت بین ردیفهای کاشت تقسیم تا بطور یکنواخت در اختیار گیاه قرار گیرد. مقدار آب مصرفی توسط گیاه در هر تیمار آبیاری از طریق اندازه گیری اجزای بیلان آب با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$I = ET - P + D_d + R_o \pm \Delta\theta \quad (1)$$

که در آن I عمق آبیاری بر حسب میلیمتر، P میزان بارندگی بر حسب میلیمتر، ET تبخیر - تعرق گیاه بر حسب میلیمتر، D_d عمق آب زهکشی بر حسب میلیمتر، R_o عمق رواناب بر حسب میلیمتر و $\Delta\theta$ تغییرات ذخیره رطوبت خاک بر حسب میلیمتر است. میزان آب آبیاری برای هر تیمار بوسیله کنتورهای حجمی اندازه گیری شد و میزان بارندگی در طول فصل رشد با استفاده از داده های ایستگاه هواشناسی بدست آمد. به دلیل بسته بودن انتهای کرت های آزمایشی رواناب سطحی وجود نداشت. تغییرات رطوبت خاک در هر نوبت آبیاری به صورت هفتگی در طی فصل رشد گیاه در پروفیل خاک در عمق توسعه ریشه که در هر نوبت آبیاری با نمونه برداری یک گیاه از اطراف کرت آزمایشی تعیین می شد، محاسبه گردید. عمق آب زهکشی نیز به دلیل عدم تلفات عمقی صفر در نظر گرفته شد. مقدار آب مصرفی با احتساب آبیاری تا قبل از استقرار گیاه و تعداد دفعات آبیاری و بارندگی های انجام شده در دوره رشد گیاه ۹۵۰، ۱۱۸۵، ۱۴۵۰ و ۱۶۴۵ میلیمتر به ترتیب در تیمارهای I_1 ، I_2 ، I_3 و I_4 محاسبه گردید. برای تعیین مقدار عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، ابتدا نمونه های خاک از چند نقطه مزرعه تهیه و مورد تجزیه قرار گرفت. ترکیب کودی توصیه شده بر اساس نتیجه تجزیه خاک برای چغندر قند به صورت ۴۰۰ کیلوگرم اوره، ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۵۰ کیلوگرم فسفات دی آمونیم، ۴۰ کیلوگرم سولفات منگنز، ۴۰ کیلوگرم سولفات روی، ۲۰ کیلوگرم سولفات مس، و ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار بود (۲). کود نیتروژنه به عنوان تیمارهای کودی نیتروژن در چهار سطح شامل N_0 ، N_1 ، N_2 و N_4 (شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ درصد کود نیتروژنه توصیه شده) اعمال گردید. بر این اساس مقدار مصرف کود نیتروژن در تیمارهای کودی به ترتیب

صفر، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (از منبع اوره) بود. در هر تیمار کودی نیتروژن، نصف کود مصرفی هنگام کاشت و نصف دیگر آن در مرحله ۸-۷ برگی گیاه و بعد از تنک کردن مصرف گردید. کودهای فسفات و پتاسیم و نیز کودهای حاوی روی، منگنز، مس و بزر در تمام تیمارهای آزمایش قبل از شخم در سطح خاک مصرف گردید تا با عملیات شخم، کود تا عمق ۳۰ سانتیمتری خاک مخلوط گردد تا قابلیت استفاده بیشتر از کود فراهم گردد. در طول فصل رشد به موازات اعمال تیمارهای آبیاری و کودی عملیات دیگر داشت مانند مبارزه با آفات و بیماریها و علفهای هرز صورت گرفت. بعد از رسیدن محصول، در هر تیمار محصول کرتها با حذف حاشیه ها از سطح ۷ متر مربع برداشت و ضمن اندازه گیری عملکرد ریشه، با انتقال نمونه به آزمایشگاه عیار قند تعیین شد. بدین منظور در آزمایشگاه کارخانه قند پس از شستشوی ریشه ها، توسط دستگاه اتوماتیک خمیر ریشه تهیه گردید و سپس ۲۶ گرم از خمیر با ۱۷۷ میلی لیتر سو استات سرب مخلوط و با عبور از فیلترهای خاص عصاره شفاف تهیه گردید. با استفاده از دستگاه اتوماتیک مکنده تجزیه کیفی چغندر قند که بر اساس روش پلاریمتری کار می کند عیار قند در هر تیمار تعیین شد. همچنین عملکرد شکر، وزن خشک کل، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت با استفاده از نتایج بدست آمده برای هر تیمار محاسبه گردید. عملکرد شکر تابعی از درصد قند و عملکرد ریشه است. با توجه به درصد قند بدست آمده و عملکرد ریشه مقدار شکر تولیدی از حاصل ضرب این دو تعیین گردید. شاخص برداشت نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیکی است که نشان می دهد چه مقدار از فرآورده های فتوسنتزی در طی دوره رشد به تولید اقتصادی منجر شده است. این شاخص از تقسیم عملکرد شکر به عملکرد کل ماده خشک در هکتار محاسبه گردید. شاخص کارایی زراعی مصرف آب با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید:

$$WUF_{agr} = \frac{Y}{W} \quad (2)$$

که در آن Y مقدار محصول تولیدی و W مقدار آب مصرفی است. تجزیه و تحلیل آماری داده های بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS و پس از تهیه جدول تجزیه واریانس (ANOVA) مقایسه میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح

۱٪ صورت گرفت.

آبیاری و نیتروژن نشان می دهند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد ریشه، شکر، ماده خشک کل، درصد قند، نسبت عملکرد شکر به عملکرد ماده خشک کل و کارایی مصرف آب در گیاه چغندر قند در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد، عملکرد ریشه، ماده خشک کل، عملکرد شکر و کارایی مصرف آب کل تحت تأثیر میزان آب آبیاری، مقدار نیتروژن مصرفی و اثر متقابل این دو عامل بوده بطوریکه درصد قند و شاخص برداشت تحت تاثیر مقدار آب و اثر متقابل آب و نیتروژن و کارایی مصرف آب فقط تحت تاثیر آب و نیتروژن قرار می گیرد. جداول ۵ و ۶ به ترتیب اثر تیمارهای آبیاری و اثر تیمارهای نیتروژن را بر عملکرد ریشه، شکر، ماده خشک کل، درصد قند، نسبت عملکرد شکر به عملکرد ماده خشک کل و کارایی مصرف آب و مقایسه میانگین را با آزمون دانکن در سطح ۱٪ در تیمارهای مختلف

اثرات تیمارهای آبیاری: عملکرد ریشه، شکر، ماده خشک کل و درصد قند در چغندر قند بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ نشان داد. تیمار ۱۶۰٪ آبیاری (I_4) با ۴۷۹۶۹ کیلوگرم در هکتار ریشه، ۱۲۴۳۴ کیلوگرم در هکتار ماده خشک و تیمار ۴۰٪ آبیاری (I_1) با ۳۶۲۵۷ کیلوگرم در هکتار ریشه، ۹۶۳۹ کیلوگرم در هکتار کل ماده خشک به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را داشتند. همچنین تیمار ۸۰٪ آبیاری (I_2) با ۶۸۵۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار ۴۰٪ آبیاری (I_1) با ۵۷۷۹ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد شکر را داشتند. عیار قند در تیمار ۸۰٪ آبیاری (I_2) با ۱۶/۴ درصد و در تیمار ۱۶۰٪ آبیاری (I_4) با ۱۳/۹ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد بودند. نتایج نشان داد با افزایش مصرف آب به میزان ۲۵، ۵۳ و ۷۳ درصد نسبت به تیمار کمترین آبیاری، عملکرد ریشه به ترتیب ۱۶، ۲۹ و ۳۲ درصد نسبت به تیمار کمترین آبیاری افزایش

جدول (۴) تجزیه واریانس (مقدار F) عملکرد، درصد قند، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در چغندر قند

کارایی مصرف آب		عملکرد شکر		عملکرد شکر	عملکرد کل	عملکرد ریشه	درجه آزادی	منابع تغییر
T.WUE	WUE	به عملکرد کل	درصد قند					
۹۱۵*	۱۴۵۶/۶**	۸۶/۳**	۳۳۵/۱**	۲۶۳/۲**	۸۳۱/۲**	۵۰۳۲/۵**	۳	آب
۵۱۶/۱**	۴۳۳**	۹/۱ ^{ns}	۶/۷۶ ^{ns}	۵۲۱/۶*	۷۳۴/۷**	۳۹۴۰/۹*	۳	نیتروژن
۲۷/۶**	۵/۴ ^{ns}	۱۳/۱**	۱۴/۶**	۲۱/۵**	۳۹/۸**	۴۷/۹**	۱۲	نیتروژن × آب
۱/۵۱	۱/۶۷	۲/۴۸	۱/۵۲	۱/۶۲	۱/۳۰	۰/۶۲		ضریب تغییرات

* معنی دار در سطح ۱٪ ** معنی دار در سطح ۵٪

جدول (۵) مقایسه عملکرد، درصد قند، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری

کارایی مصرف آب (kg/m^3)		عیار قند نسبت شکر به ماده خشک کل (درصد)		عملکرد (kg/ha)		تیمار
بر اساس عملکرد ماده خشک	بر اساس عملکرد شکر	ماده خشک کل	نسبت شکر به ماده خشک کل	ماده خشک	شکر	
۱/۰۲a	۰/۶۱a	۰/۶۰b	۱۵/۹b	۹۶۳۹d	۵۷۷۹c	۳۶۲۵۷d I ₁
۰/۹۳b	۰/۵۸b	۰/۶۳a	۱۶/۴a	۱۱۰۵۰c	۶۸۵۵a	۴۱۹۱۲c I ₂
۰/۸۲c	۰/۴۶c	۰/۵۷c	۱۴/۳c	۱۱۸۷۶b	۶۷۳۱b	۴۶۹۲۰b I ₃
۰/۷۶d	۰/۴۱d	۰/۵۴d	۱۳/۹d	۱۲۴۳۴a	۶۶۹۳b	۴۷۹۶۹a I ₄

میانگین های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار ندارند.

یافت. در شرایط کم آبیاری (تنش) عملکرد ریشه تفاوت قابل ملاحظه ای را نسبت به شرایط آبیاری مطلوب نشان می دهد. دلیل این امر را می توان به حجیم شدن ریشه ها در شرایط وجود آب کافی نسبت داد. وجود آب به مقدار کافی در تیمارهای مرطوبتر باعث رشد و توسعه اندامهای هوایی شده و در نتیجه زمینه فعالیتهای فتوسنتزی بیشتر فراهم می گردد. بر این اساس فرآورده های فتوسنتزی به ریشه ها انتقال یافته و موجب افزایش عملکرد ریشه ها در شرایط عدم کمبود آب می گردد (۱۰ و ۱۹). نتایج نشان داد با افزایش مقدار مصرف آب درصد قند کاهش می یابد و این بیانگر رابطه ای منفی بین افزایش عملکرد ریشه و کاهش درصد قند با افزایش مصرف آب می باشد. در زراعت چغندر قند عملکرد شکر بعنوان محصول اقتصادی تابع عملکرد ریشه و درصد قند موجود در ریشه است.

نتایج این پژوهش بیانگر افزایش درصد قند و کاهش عملکرد ریشه در شرایط تنش رطوبتی است. نتایج بدست آمده با نتایج آماتو و همکاران و هنگ و همکاران مطابقت دارد (۳ و ۱۱). میچل و آلساندر و توانائی فراهمی آب در تولید ریشه، کل ماده خشک و تولید شکر در چغندر قند را در دو تیمار ۱۰۰ و ۶۰٪ تبخیر و تعرق بررسی و گزارش کردند که در آبیاری کامل بیشترین عملکرد ریشه، کل ماده خشک و شکر در مقایسه با کم آبیاری بدست آمد. آنها بیشترین کارایی مصرف آب را بر اساس عملکرد ماده خشک در تیمار کم آبیاری به میزان ۲/۸۳ گرم بر کیلوگرم گزارش کردند (۱۴). نتایج بیانگر آن است که آب نقش موثری در عملکرد شکر دارد هر چند که افزایش آب تا ۸۰٪ تبخیر از سطح طشتک می تواند باعث افزایش عملکرد شکر شده و مصرف بیشتر آب از این مقدار منجر به تولید بیشتر شکر نخواهد شد. زیرا اگر چه افزایش مصرف آب عملکرد ریشه را افزایش می دهد لیکن با افزایش مصرف آب درصد قند کاهش یافته و در مجموع میزان شکر استحصال شده کاهش می یابد. وزن خشک کل که نشان دهنده مقدار مواد فتوسنتزی در طی دوره رشد گیاه است نشان داد که بین تیمارهای آبیاری اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ وجود دارد. تیمار I₄ با ۱۲۴۳۴ کیلوگرم در هکتار و تیمار I₁ با ۹۶۳۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد کل ماده خشک را داشتند. در تیمار I₄ تولید ماده خشک نسبت به سایر تیمارها قابل ملاحظه است نتایج بدست آمده در این مورد با نتایج آماتو و همکاران و گراوز و

همکاران مطابقت دارد (۳ و ۹). نتایج نشان می دهد که مصرف آب به مقدار ۱۶۰٪ تبخیر از سطح طشتک در این منطقه با توجه به دور آبیاری معمول (۷ روز) قادر به تولید ماده خشک قابل ملاحظه است و مصرف بیشتر آب در این منطقه در توانائی گیاه در ایجاد ماده خشک نیازمند مطالعات بیشتر می باشد. کارایی مصرف آب تحت تأثیر مقدار آب آبیاری قرار گرفت. کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر (WUE) و کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد ماده خشک کل (T.WUE) محاسبه گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد ماده خشک کل و عملکرد شکر بین تیمارهای مختلف آبیاری در سطح ۱٪ معنی دار است (جدول ۵ و ۶). در بین تیمارهای آبیاری تیمار I₁ با ۰/۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین و تیمار I₄ با ۰/۴۱ کیلوگرم بر متر مکعب کمترین کارایی مصرف آب را برای تولید شکر دارند. همچنین بر اساس ماده خشک کل تیمار I₁ با ۱/۰۲ کیلوگرم بر متر مکعب بیشترین و تیمار I₄ با ۰/۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب کمترین کارایی مصرف آب را نشان داد.

نتایج نشان داد که با افزایش عملکرد کارایی مصرف آب بر اساس ماده خشک کل و بر اساس عملکرد شکر کاهش می یابد. بیشترین کارایی مصرف آب بر اساس عملکرد شکر در کمترین میزان عملکرد شکر در تیمار کمترین مقدار مصرف آب بدست آمد. دلیل این امر را اینگونه می توان توجیه نمود که عملکرد شکر تابع عملکرد ریشه و عیار قند بدست آمده می باشد. از آنجائیکه با افزایش مصرف آب عملکرد ریشه افزایش یافته و در مقابل عیار قند کاهش نشان می دهد برآیند عیار قند در مقدار ریشه بدست آمده مقدار شکر تولیدی را نشان خواهد داد. بنابر این بیشترین شکر تولیدی در مقادیر آب کمتر نسبت به شرایط تامین آبیاری کامل، به علت افزایش کارایی مصرف آب در مقادیر آب کمتر بدست آمد.

نتایج نشان داد که در شرایط تنش رطوبتی کارایی مصرف آب بیشتر از شرایط تامین مطلوب آب مورد نیاز گیاه می باشد. علت افزایش کارایی مصرف آب در شرایط تنش رطوبتی را شاید بتوان به واکنش فیزیولوژیک گیاه نسبت داد. در شرایط کمبود گیاه قادر است روزنه ها را مقداری بسته تر نگاه دارد. این امر بر روی خروج آب از گیاه و ورود دی اکسید کربن و تجمع ماده خشک اثر می گذارد، لیکن مقدار تاثیر یکسان نیست و خروج آب بیشتر تحت

اثرات تیمارهای کود نیتروژن: جدول ۶ اثر سطوح مختلف کود نیتروژن را در عملکرد، کارایی مصرف آب، درصد قند و شاخص برداشت نشان می دهد. بین تیمارهای کودی نیتروژن اختلاف معنی دار در سطح آماری ۰.۵٪ در عملکرد ریشه، عملکرد شکر، درصد قند و شاخص برداشت و در سطح آماری ۰.۱٪ در عملکرد کل ماده خشک و کارایی مصرف آب وجود دارد.

نتایج نشان داد که تیمار N_3 (مصرف ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) با ۴۸۸۰۴ کیلوگرم در هکتار ریشه، ۷۳۶۶ کیلوگرم در هکتار شکر، ۱۲۵۸۳ کیلوگرم در هکتار ماده خشک کل، ۰/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب کارایی مصرف آب، ۰/۹۸ کیلوگرم بر مترمکعب کارایی مصرف آب کل و تیمار N_0 (بدون مصرف نیتروژن) با ۳۷۷۴۵ کیلوگرم در هکتار ریشه، ۵۷۰۵ کیلوگرم در هکتار شکر، ۱۰۰۳۲ کیلوگرم در هکتار ماده خشک کل، ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب کارایی مصرف آب و ۰/۷۹ کیلوگرم بر مترمکعب کارایی مصرف آب کل به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را دارند. با افزایش مقدار نیتروژن عملکرد ریشه، شکر، ماده خشک کل و کارایی مصرف آب افزایش نشان داد. مقایسه میانگین ها در مقادیر متفاوت نیتروژن مصرفی نشان می دهد که در تیمارهای مصرف نیتروژن (N_1 ، N_2 ، N_3) نسبت به تیمار شاهد (N_0) به ترتیب ۱۰، ۱۹ و ۲۹ درصد افزایش در عملکرد ریشه، ۱۰، ۱۷ و ۲۹ درصد افزایش در عملکرد شکر، ۶، ۱۷ و ۲۵ درصد افزایش در عملکرد ماده خشک کل، ۹، ۱۵ و ۲۶ درصد افزایش در کارایی مصرف آب (WUE) و ۵، ۱۷ و ۲۴ درصد افزایش در کارایی مصرف آب کل بوجود می آید. نتایج نشان می دهد که مصرف کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد ریشه

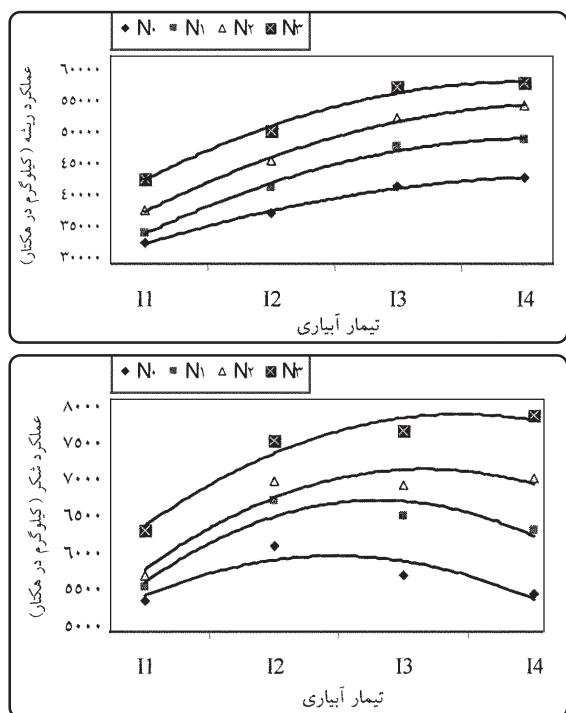
تأثیر قرار می گیرد. بدین ترتیب نسبت ورودی و خروجی در گیاه (کارایی مصرف آب) افزایش می یابد. نتایج این پژوهش با نتایج میلر و همکاران و شارما سرکار و همکاران مطابقت دارد (۱۵ و ۱۹). در مورد افزایش کارایی مصرف آب این نکته را باید مد نظر داشت که در اوایل رشد گیاه در این پژوهش مقدار زیادی آب در تمام تیمارهای آبیاری تا استقرار گیاه مصرف شده است که بیشتر آن صرف تبخیر از سطح خاک می شود و گیاه مقدار کمی از آن را مصرف می کند. بنابر این می توان با دستیابی به روشهای مناسبی مقدار مصرف آب در اوایل دوره رشد را کاهش داد تا بتوان با این اقدام کارایی مصرف آب را افزایش داد.

شاخص برداشت: نتایج بدست آمده نشان داد که اختلاف بین تیمارهای آبیاری از نظر شاخص برداشت در سطح ۰.۱٪ معنی دار بود. تیمار I_2 با ۰/۶۳ و تیمار I_4 با ۰/۵۴ به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. نتایج دلالت بر این دارد که در شرایط تنش رطوبتی شاخص برداشت بیش از شرایط مطلوب رطوبتی است. در شرایط تنش بین ۶۳-۶۰ درصد کل فرآورده های فتوسنتزی ساخته شده صرف تولید شکر شده است و این در حالی است که در شرایط مطلوب رطوبتی بین ۵۷-۵۴ درصد کل فرآورده های فتوسنتزی ساخته شده صرف تولید شکر می گردد. اگر چه در شرایط تنش عملکرد کاهش یافت اما بیشترین آب صرف عملکرد اقتصادی یعنی تولید شکر گردیده و با مصرف آب بیشتر اگر چه عملکرد افزایش نشان می دهد لیکن بیشتر آب صرف عملکرد غیر اقتصادی گیاه می گردد. در این پژوهش بیشترین شاخص برداشت ۶۳ درصد است که در تیمار آبیاری ۰/۸۰ تبخیر از سطح طشتک صرف تولید شکر شده است.

جدول (۶) مقایسه عملکرد درصد قند، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف نیتروژن

تیمار	عملکرد (kg/ha)			عیار قند		نسبت شکر به ماده خشک کل	کارایی مصرف آب (kg/m ³)	
	ریشه	شکر	ماده خشک کل	(درصد)	ماده خشک کل		بر اساس عملکرد شکر	بر اساس ماده خشک
N_0	۳۷۷۴۵d	۵۷۰۵d	۱۰۰۳۲d	۱۵/۲a	۰/۵۷a	۰/۷۹d	۰/۴۶d	
N_1	۴۱۴۴۸c	۶۳۰۱c	۱۰۶۲۳c	۱۵/۳a	۰/۵۹a	۰/۸۳c	۰/۵۰c	
N_2	۴۵۰۶۲b	۶۶۸۶b	۱۱۷۶۲b	۱۴/۹a	۰/۵۷a	۰/۹۲b	۰/۵۳b	
N_3	۴۸۸۰۴a	۷۳۶۶a	۱۲۵۸۳a	۱۵/۱a	۰/۵۸a	۰/۹۸a	۰/۵۸a	

میانگین های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار ندارند.



شکل (۱) اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر تغییرات عملکرد ریشه و شکر در چغندر قند

کودی نشان می دهد. اثرات متقابل آب و نیتروژن نشان داد که تیمار I_4N_3 و I_3N_3 به ترتیب با ۵۳۶۲۱ کیلوگرم در هکتار و ۵۳۰۷۵ کیلوگرم در هکتار در یک گروه قرار گرفته و بیشترین عملکرد ریشه، و نیز با ۷۸۸۷ کیلوگرم در هکتار و ۷۶۸۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد شکر را بدست آورده اند. تیمار I_1N_0 با عملکرد ۳۲۷۲۴ کیلوگرم در هکتار ریشه، ۹۱۴۹ کیلوگرم در هکتار کل ماده خشک و ۵۴۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد شکر کمترین عملکرد را نشان داد. بر این اساس تیمار I_3N_3 را می توان به عنوان تیمار مطلوب آب و کود از نظر دستیابی به بیشترین عملکرد اقتصادی معرفی کرد. در این خصوص انجام مطالعه اقتصادی برای هر تیمار و متناسب با شرایط موجود از نظر دسترسی به آب ضروری و لازم است.

همچنین نتایج نشان داد که درصد قند در شرایط تنش رطوبتی افزایش یافت. تغییرات درصد قند در اثر تنش تحت تاثیر مقدار مصرف کود نیتروژن قرار گرفت. بطوریکه در تیمار کمترین آبیاری (I_1) بدون مصرف نیتروژن بیشترین درصد قند بدست آمد. در تیمار (I_2) نیز بیشترین درصد قند در شرایط بدون مصرف نیتروژن حاصل گردید. بدین ترتیب در مجموع تیمارهای I_1N_0 و

می شود. نتایج بدست آمده با نتایج شریف و همکاران و استانهیل مطابقت دارد (۱۸ و ۲۰).

همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن عملکرد شکر و نیز عملکرد ماده خشک کل افزایش یافت. تفاوت بین تیمارهای کودی از نظر عملکرد شکر و ماده خشک کل در سطح ۵٪ معنی دار بود. در عملکرد شکر عیار قند ریشه موثر است. در این پژوهش با افزایش مصرف نیتروژن درصد قند کاهش نشان داد. لیکن این تفاوت بین تیمارهای مصرف نیتروژن در سطح آماری ۵٪ معنی دار نبود. تیمار N_1 با ۱۵٫۳ درصد قند و تیمار N_2 با ۱۴٫۹ درصد قند به ترتیب بیشترین و کمترین درصد قند را نشان دادند. اثر تیمارهای نیتروژن در شاخص برداشت نیز در سطح آماری ۵٪ تفاوت معنی دار نداشتند. تیمار N_1 با ۵۹ درصد و تیمار N_0 و N_2 با ۵۷ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را داشتند. نتایج نشان می دهد که در سطح کودی نیتروژن به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تبدیل فرآورده های فتوسنتزی به شکر انجام می گیرد. در حالیکه با مصرف نیتروژن بیشتر این تبدیل کاهش می یابد. اگر چه با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد شکر افزایش می یابد ولی اثرات کود نیتروژن بیشتر بر روی عملکرد کل ماده خشک است و عملکرد اقتصادی نسبت به عملکرد کل افزایش نمی یابد.

اثرات متقابل آب و نیتروژن: بررسی اثرات متقابل کود نیتروژن با مقدار آب آبیاری در جدول ۷ برای عملکرد ریشه، عملکرد شکر، عملکرد ماده خشک کل، درصد قند، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت چغندر قند ارائه شده است. همانطور که جدول نشان می دهد در شرایط مختلف مقدار آبیاری مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد ریشه، شکر و نیز کل ماده خشک شده است. لیکن سرعت این افزایش در تیمارهای مختلف رطوبتی متفاوت است. نتایج نشان می دهد که در شرایط مرطوب تر میزان افزایش عملکرد بیشتر از شرایط خشک رطوبتی است. بطوریکه درصد افزایش عملکرد ریشه در تیمارهای مختلف آبیاری (I_4 ، I_3 ، I_2 ، I_1) با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی به ترتیب ۲۶، ۲۹، ۳۲، ۳۰ درصد و عملکرد شکر به ترتیب ۱۷، ۲۳، ۳۴ و ۴۳ درصد افزایش نشان داد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش مقادیر آب و نیتروژن، عملکرد ریشه و شکر افزایش یافت. شکل ۱ چگونگی افزایش عملکرد ریشه و شکر را در تیمارهای آبیاری و

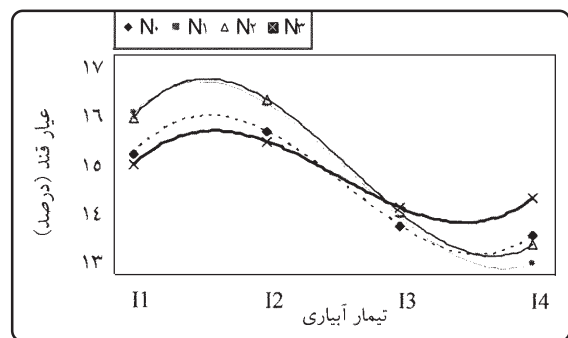
جدول (۷) متوسط کل آب آبیاری، عملکرد ریشه، شکر، عملکرد کل، و کارایی مصرف آب چغندر قند

شاخص برداشت	کارایی مصرف آب کل kg/m ³	کارایی مصرف آب kg/m ³	عیار قند (درصد)	عملکرد (kg/ha)			مقدار آب مصرفی (m ³ /ha)	تیمار کودی	تیمار آبیاری
				ماده خشک کل	شکر	ریشه			
۰/۵۹dc	۰/۹۶d	۰/۵۷ed	۱۶/۵a	۹۱۴۹k	۵۴۲۰i	۳۲۷۲۴l	۹۵۰۰	N ₀	I ₁
۰/۵۹dc	۰/۹۹d	۰/۵۹cd	۱۶/۴ab	۹۴۰۷jk	۵۵۹۱hi	۳۴۱۱۰k	۹۵۰۰	N ₁	
۰/۵۹dc	۱/۰۲c	۰/۶۱c	۱۵/۶d	۹۷۳۵ji	۵۷۵۹h	۳۷۰۱۱j	۹۵۰۰	N ₂	
۰/۶۲bc	۱/۰۸b	۰/۶۷a	۱۵/۴d	۱۰۲۶۵h	۶۳۴۷gf	۴۱۱۸۳i	۹۵۰۰	N ₃	
۰/۶۴b	۰/۸۱g	۰/۵۲f	۱۶/۷a	۹۵۵۰j	۶۱۴۲g	۳۶۷۴۹J	۱۱۸۵۰	N ₀	I ₂
۰/۶۸a	۰/۸۴f	۰/۵۷e	۱۶/۸a	۹۹۴۷hi	۶۷۳۶ed	۴۰۰۸۴i	۱۱۸۵۰	N ₁	
۰/۶۱dc	۰/۹۷d	۰/۵۹c	۱۶/۱cb	۱۱۵۴۶e	۶۹۹۹c	۴۳۴۶۰g	۱۱۸۵۰	N ₂	
۰/۵۷ed	۱/۱۱a	۰/۶۴b	۱۵/۹cd	۱۳۱۵۷b	۷۵۴۴b	۴۷۳۵۶d	۱۱۸۵۰	N ₃	
۰/۵۴gf	۰/۸۳i	۰/۳۸j	۱۴/۳ge	۱۰۵۹۷g	۵۷۵۸h	۴۰۱۹۶i	۱۴۵۰۰	N ₀	I ₃
۰/۵۸dc	۰/۸۷h	۰/۴۵h	۱۴/۴ge	۱۱۱۹۶f	۶۵۳۳ef	۴۵۳۲۹f	۱۴۵۰۰	N ₁	
۰/۵۵eg	۰/۸۷f	۰/۴۸g	۱۴/۱gh	۱۲۶۱۰c	۶۹۴۲cd	۴۹۰۹۸c	۱۴۵۰۰	N ₂	
۰/۵۹dc	۰/۹۰e	۰/۵۳f	۱۴/۵ef	۱۳۱۰۲b	۷۶۸۹ab	۵۳۰۵۷a	۱۴۵۰۰	N ₃	
۰/۵۱h	۰/۶۶j	۰/۳۳k	۱۳/۳i	۱۰۸۳۰g	۵۴۹۸i	۴۱۳۱۰h	۱۶۴۵۰	N ₀	I ₄
۰/۵۳gh	۰/۸۳i	۰/۳۹j	۱۳/۷hi	۱۱۹۴۳d	۶۳۴۵fg	۴۶۲۷۰e	۱۶۴۵۰	N ₁	
۰/۵۴gf	۰/۸۰gh	۰/۴۳i	۱۳/۹gh	۱۳۱۵۷b	۷۰۴۲c	۵۰۶۷۷b	۱۶۴۵۰	N ₂	
۰/۵۷ed	۰/۸۴f	۰/۴۸g	۱۴/۷e	۱۳۸۰۷a	۷۸۸۴a	۵۳۶۲۱a	۱۶۴۵۰	N ₃	

میانگین های هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر پایه آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی دار ندارند.

عملکرد کاهش یافت لیکن درصد قند، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت افزایش می یابد. با افزایش عملکرد کارایی مصرف آب کاهش می یابد. نتایج دلالت بر این دارد که در شرایط تنش رطوبتی شاخص برداشت بیش از شرایط مطلوب رطوبتی است. در شرایط تنش بین ۶۳-۶۰ درصد کل فرآورده های فتوسنتزی ساخته شده صرف تولید شکر شده است و این در حالی است که در شرایط مطلوب رطوبتی بین ۵۷-۵۴ درصد کل فرآورده های فتوسنتزی ساخته شده صرف تولید شکر می گردد. نتایج نشان داد که درصد قند در شرایط تنش رطوبتی افزایش یافت. تغییرات درصد قند در اثر تنش تحت تاثیر مقدار مصرف نیتروژن نیز قرار گرفت. تیمارهای I₂N₀ و I₁N₀ به ترتیب با ۱۶/۵ و ۱۶/۷ درصد قند بیشترین عیار قند را از خود نشان دادند. همچنین ۱۶/۷ درصد قند بیشترین عیار قند را از خود نشان دادند. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار نیتروژن عملکرد ریشه، شکر، ماده خشک کل و کارایی مصرف آب افزایش می یابد. در عملکرد شکر عیار قند ریشه موثر است و با کاهش مصرف نیتروژن عیار

I₂N₀ به ترتیب با ۱۶/۵ و ۱۶/۷ درصد قند بیشترین عیار قند را از خود نشان دادند. شکل ۲ تغییرات درصد قند را تحت تاثیر



شکل (۲) اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر تغییرات عیار قند در چغندر قند تیمارهای آبیاری و کودی نیتروژن نشان می دهد.

نتیجه گیری

نتایج نشان داد که در شرایط کم آبیاری و کاهش مصرف آب،

بیشترین عملکرد ریشه، و نیز با ۷۸۸۷ کیلوگرم در هکتار و ۷۶۸۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد شکر را داشتند. بر این اساس تیمار I_2N_3 را می توان به عنوان تیمار مطلوب آب و کود از نظر دستیابی به بیشترین عملکرد اقتصادی معرفی کرد. در این خصوص انجام مطالعات اقتصادی ضروری و لازم است.

قند افزایش نشان داد بطوریکه در سطح کودی نیتروژن به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تبدیل فرآورده های فتوسنتزی به شکر انجام گرفت و با مصرف نیتروژن بیشتر این تبدیل کاهش یافت. اثرات متقابل آب و نیتروژن نشان داد که تیمار I_3N_3 و I_4N_3 به ترتیب با ۵۳۶۲۱ کیلوگرم در هکتار و ۵۳۰۷۵ کیلوگرم در هکتار

منابع

۱. توکلی، ع.، و ح. فرداد. ۱۳۷۵. بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج. مجموعه مقالات کنگره ملی خاک و آب کشور، تهران.
۲. ملکوتی، م. ج.، و م. ن. غیبی. (۱۳۷۹). تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک کشور. چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی، ۹۲ صفحه.
3. Amato, A., I. Giordano., and G. Ventui. 1983. The effect of different irrigation programes and harvesting dates on sugar beet. Rivista.di. Agronomia. 17: 57-65.
4. Carter, J.N., M.E. Jensen., and D. Traveller. 1980. effect of mid-to-late season water stress on sugar beet growth and yield. Agron. J. 72: 806-815.
5. Doorenbos, J., and A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. Irrigation and Drainage. paper 33. FAO, Rome.
6. Fabeiro. C., F. Martín., R. Lópezb., and A. Domíngueza. 2003. Production and quality of the sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. Agric. Water Manag. 62: 215-227
7. Faller, N. 1984. Sugar content in dry matter of sugar beet roots in Baranjia Area over several years in field crop. ABS 1087 Vol 40: no 12, 155.
8. Gifford, R.M., and L.T. Evans. 1981. Photosynthesis, carbon partitioning, and yield. Annu. Rev. Plant Physiology. 32: 485-509.
9. Groves, S.J., and R.J. Bailey. 1994. Strategies for the sub optimal irrigation of sugar beet. Efficiency of water use in crop systems, Reading, UK, 6-8 july 1994. Aspects of Applied Biology. 38: 201-207.
10. Hang, An N., and D.E. Miller. 1986a. Response of sugar beet to deficit, high frequency irrigation. I. Sucrose accumulation, top and root dry matter production. Agron. J. 78: 10-14.
11. Hang, An N., and D.E. Miller. 1986b. Response of sugarbeet to deficit, high frequency irrigation. II. Sugar beet development and partitioning to root growth. Agron. J. 78: 15-18.
12. Last, P.J., A.P. Draycott., A.B. Messen., and D.J. Webb. 1983. Effect of nitrogen fertilizer and irrigation on sugar beet. 1983. Journal of Aric. Sci. UK. 101: 185-205.

13. Malnoua.C.S., K.W. Jaggarda., and D.L. Sparkesb. 2008. Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. *Euro.J. of Agron.* 28: 47-56
14. Michele, R., and V. Alessandro. 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris L.*) to irrigation in Southern Italy: Water and radiation use efficiency. *Field Crops Rese.* 95: 103-114
15. Miller, D.E., and T.S. Arstad. 1976. Yield and sugar content of sugar beet as affected by deficit high-frequency irrigation. *Agron. J.* 68: 231-234.
16. Monreala. J.A, E.T. Jiménez., E. Remesala., R. Morillo., S. García., and C. Echevarría. 2007. Proline content of sugar beet storage roots: Response to water deficit and nitrogen fertilization at field conditions. *Environ. and Experi. Botany* 60: 257-267.
17. Rozbicki, S., and M.Z. Klinowska. 1993. Investigation on the effect of the morphological structure of the plant stand on the yield and technological value of sugar beet against the background of sowing method and nitrogen fertilizer application. II. Sucrose yield and technological value of root. *Rolniczych. Seria. Produkja. Roslina.* 110: 77-84.
18. Sharif, A.E., and K. Eghbal. 1994. Yield analysis of seven beet varieties under different of nitrogen and dry region of Egypt. *Agribiological Rese.* 47: 231-241.
19. Sharmasarkar, F.C., S. Sharmasarkar., S.D. Miller., G.F. Vance., and R. Zhang. 2001. Assesment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugar beets. *Agric. Water Manag.* 46: 241-251.
20. Stanhill, G., 1986. Water use efficiency. *Adv. Agron.* 39: 53-85.
21. Stewart, B.A., and D.R. Nielsen. 1990. *Irrigation of Agricultural Crops.* ASA, No. 30, Madison, Wisconsin.
22. Tognetti. R., M. Palladinoa., A. Minnocib., S. Delfinea., and A. Alvinoa. 2003. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. *Agric. Water Manag.* 60: 135-155
23. Toor, S.S., and B.G. Bains. 1994. Optimising nitrogen fertilization for higher yield and quality of sugar beet. *Madras Agric. J.* 81: 689-691.
24. Vazifedousta. M., J.C. Vandama., R.A. Feddesa., and M. Feizic. 2008. Increasing water productivity of irrigated crops under limited water supply at field scale. *Agric. Water Manag.* 95:89-102.
25. Winter, S.R. 1980. Suitability of sugar beet for limited irrigation in a semi-arid climate. *Agron. J.* 72: 118-123.
26. Winter, S.R. 1990. Sugar beet response to nitrogen as affected by seasonal irrigation. *Agron. J.* 82: 984-988.

Different levels of irrigation and nitrogen effects on quantitative and qualitative yield and water use efficiency of Sugar beet

A. Karimi* – M. Naderi¹

Abstract

The water requirement of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) has been studied extensively through the Iran. However, there is limited information about the response to deficit irrigation and amount nitrogen fertilizer, particularly on arid and semi-arid region with limited water resources for irrigation. The increasing demand for food as a result of population growth has led to more pressure on the limited water resources for irrigation. For this reason, increase of yield per unit of water is more important as compared with yield per unit of land. The present study was conducted to determine the effect of deficit irrigation and amount nitrogen on yield, sugar content, water use efficiency and harvesting index of sugar beet. Consequently, a field experiment with sugar beet as randomized block, split-plot design with irrigation treatments as main plots and N fertilizer rates as subplots, with three replications, was used. Four levels of the water (40, 80, 120 and 160% evaporation from surface of A class pan, treatments I₁ to I₄) and nitrogen fertilizer (urea) rates (N₀, N₁, N₂, and N₃, respectively 0, 90, 180 and 270 kg N ha⁻¹) were applied. Water frequency was equal for all treatments and every 7 day was irrigated. Irrigation water 950, 1185, 1450 and 1645 mm were applied during the season of growth in I₁, I₂, I₃ and I₄ respectively. The results showed there were significant differences (p≤1%) in root yield, sugar content, total dry matter, sucrose concentration, harvesting index and water use efficiency among water treatments. Treatment I₄ with 47969 kg ha⁻¹, I₁ with 36257 kg ha⁻¹ root yield and Treatment I₂ with 6855 kg ha⁻¹, I₁ with 5779 kg ha⁻¹ sugar content and treatment I₂ with 16.4%, I₄ with 13.9% sucrose concentration had maximum and minimum root yield, sugar content and sugar concentration, respectively. The result showed, sucrose concentration was significantly (p≤1%) higher with limited water than with the adequate. With limited water, root sucrose concentration increased. Also water use efficiency (WUE), total water use efficiency (T.WUE) and harvesting index (HI) decreased with increasing water applied. However, the result indicated with increasing applied water, root yield, sugar content, and dry matter production increased. The results showed there were significant differences (p≤1%) between N treatments. The result showed, root yield, sugar content, total dry matter and WUE increased with increasing applied nitrogen, but sucrose concentration and harvesting index hasn't affected by N treatment. The result indicated interaction between water and N treatments were significant differences (p≤1%). Treatment I₄N₃ with 53621 kg ha⁻¹ root yield, 7887 kg ha⁻¹ sugar content and treatment I₃N₃ with 53075 kg ha⁻¹ root yield, 7689 kg ha⁻¹ sugar content had maximum yield.

Keywords: Sugarbeet, yield, water use efficiency, deficit irrigation, nitrogen

* Corresponding author Email: Karimi-a@agr.sku.ac.ir

1) Contribution from College of Agriculture, Share kord University