

اثر کود نیتروژن، آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت ریشه و شاخص‌های فیزیولوژیک
چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) رقم پارس در شرایط آبیاری قطره‌ای - نواری
Effect of nitrogen fertilizer, planting pattern and plant density on root yield
and quality and physiological indices of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cv. Pars
under tape-drip irrigation condition

حمید قاسمی^۱، رحیم محمدیان^۲ و محمدعلی اسماعیلی^۳

چکیده

قاسمی. ح.، ر. محمدیان. و م. ع. اسماعیلی. ۱۳۹۵. اثر کود نیتروژن، آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت ریشه و شاخص‌های فیزیولوژیک چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) رقم پارس در شرایط آبیاری قطره‌ای - نواری. مجله علوم زراعی ایران. ۱۸ (۴): ۳۱۹-۳۳۳.

این تحقیق با هدف تعیین اثر مقادیر کود نیتروژن و تراکم بوته بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و کیفیت چغندر قند رقم پارس انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده نواری بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار با آبیاری قطره‌ای - نواری در دو سال (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳) در ایستگاه تحقیقاتی مطهری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند واقع در کمال شهر کرج اجرا شد. عامل آرایش کاشت در دو سطح (۵۰-۶۰ و ۶۰-۷۰) و کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه شده در آبیاری ثقلی) به صورت فاکتوریل به عنوان عوامل عمودی و تراکم بوته (فاصله بوته روی خطوط کاشت) در دو سطح (۱۴ و ۲۰ سانتی متر)، به عنوان عامل افقی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثر کود نیتروژن بر عملکرد ریشه و قند معنی‌دار بود و کاهش مصرف کود نیتروژن تا ۷۵ درصد مقدار توصیه شده، اثر معنی‌داری بر عملکرد و قند ناخالص ریشه چغندر قند نداشت. عملکرد ریشه و قند ناخالص در این تیمار کودی به ترتیب ۷۰/۶ و ۱۰/۲۵ تن در هکتار بود. در میانگین دو سال، کمترین و بیشترین مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه (۹۹/۹ و ۲۴۰/۳ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب مربوط به سطح صفر و ۱۰۰ درصد کود نیتروژن بود. از کل نیتروژن جذب شده، ۵۸ درصد به اندام زیرزمینی و ۴۲ درصد به اندام هوایی گیاه اختصاص یافتند. بیشترین کارایی استفاده از نیتروژن در تولید قند ناخالص، مربوط به تیمار عدم مصرف کود بود (۵۰/۸ کیلوگرم قند به ازای هر کیلوگرم نیتروژن موجود در خاک) (به ترتیب ۲۱/۷، ۲۴/۸ و ۳۱/۳ درصد بیشتر از تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقادیر کودی توصیه شده). با افزایش تراکم بوته و کود نیتروژن، تابش بیشتری توسط پوشش گیاهی جذب شد. در فواصل بوته ۱۴ در مقایسه با ۲۰ سانتی‌متر حدود ۸ درصد، در آرایش کاشت ۵۰-۶۰ در مقایسه با ۶۰-۷۰ درصد و در سطح کودی ۷۵ درصد توصیه شده در روش آبیاری ثقلی در مقایسه با عدم مصرف کود نیتروژن، حدود ۴۱ درصد نور کمتری به کف پوشش گیاهی رسید. مصرف کود نیتروژن بر میزان سبزیگی برگ، میزان کلروفیل، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ و تعداد برگ‌ها اثر معنی‌داری داشت. نتایج این آزمایش نشان داد که با کاهش مصرف کود نیتروژن تا ۷۵ درصد مقدار توصیه شده در روش آبیاری قطره‌ای - نواری، ضمن صرفه‌جویی در مصرف کود، کاهش محسوسی در صفات مهم کمی و کیفی چغندر قند مشاهده نشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای - نواری، چغندر قند، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ و کلروفیل متر.

این مقاله مستخرج رساله دکتری نگارنده اول می باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

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

عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: r_mohammadian@hotmail.com)

۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقدمه

نیتروژن عنصر اصلی و پایه‌ای بسیاری از مواد مهم گیاهی نظیر کلروفیل، نوکلئوتیدها، پروتئین‌ها، آلکالوئیدها، آنزیم‌ها، هورمون‌ها و ویتامین‌هاست (Fang *et al.*, 2006). اثر نیتروژن بر افزایش وزن خشک گیاه به شرکت این عنصر در ساختار مولکول‌های بزرگ نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک نسبت داده شده است (Zhao *et al.*, 2006). گیاهان نیتروژن را از خاک به صورت نترات (NO_3^-) و آمونیوم (NH_4^+) جذب می‌کنند (Fang *et al.*, 2006).

در زراعت چغندر قند ارتباط بین میزان نیتروژن در دسترس گیاه و محصول قند، هدف بسیاری از مطالعات بوده است که نتایج کلی حاصله را می‌توان در سه بخش خلاصه نمود: ۱- همانند بسیاری از گیاهان، کاهش مصرف نیتروژن باعث کاهش رشد برگ، افزایش سرعت پیری برگ، کاهش میزان جذب تابش خورشیدی و کاهش مقدار محصول می‌گردد (Milford *et al.*, 1988). این کاهش محصول در اثر افزایش میزان ذخیره قند نسبت به استفاده از مواد پرورده برای رشد، تا حدودی جبران می‌شود (Scott *et al.*, 1994)، ۲- در مقابل، نیتروژن زیاد باعث افزایش بیش از پیش تولید برگ شده (Milford *et al.*, 1988) و این موضوع تا حدودی باعث افزایش ناچیزی در جذب نور می‌شود (Scott *et al.*, 1994) که منجر به کاهش نسبت قند ذخیره شده می‌گردد (Milford *et al.*, 1988). این موضوع با تجمع ترکیبات نیتروژن‌دار در ریشه همراه است که باعث کاهش معنی‌دار در کیفیت چغندر قند می‌شود (Giller, 2004)، ۳- برآورد میزان بهینه کود مورد نیاز گیاه به مقدار زیادی تحت تاثیر تغییرات پویایی نیتروژن از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر و از سالی به سال دیگر بوده و فرآیندی بسیار مشکل و پیچیده است، بنابراین یافتن همبستگی مناسب بین نیتروژن و یا پتانسیل نیتروژن موجود در خاک با کود مورد نیاز، حلقه

مفقوده این زنجیره می‌باشد (Allison *et al.*, 1996).

از طرف دیگر با توجه به کمبود شدید آب در مناطق خشک و نیمه خشک جهان امروزه بسیاری از تحقیقات کشاورزی بر افزایش بهره‌وری مصرف آب از طریق تهیه ارقام متحمل به خشکی و یا مدیریت آبیاری در تولید محصولات کشاورزی متمرکز شده است (Topak *et al.*, 2010). روش آبیاری قطره‌ای به همراه کود آبیاری به عنوان یکی از بهترین روش‌ها برای بهبود کارایی آب و کود پیشنهاد شده است (Abalos *et al.*, 2014). تحقیقات انجام شده در کشور چین نشان داده است که روش آبیاری قطره‌ای به همراه کود آبیاری در زراعت گوجه فرنگی در مقایسه با روش آبیاری قطره‌ای، ضمن افزایش عملکرد باعث کاهش مصرف کود نیتروژن و آب و در نتیجه بهبود کارایی مصرف کود و آب و همچنین باعث کاهش آلودگی نترات گردید (Fan *et al.*, 2014). همچنین گزارش شده است که مدیریت آبیاری و همچنین کودهای نیتروژنه می‌تواند در مزارع شالیزار، باعث بهبود عملکرد برنج، افزایش بازایافت نیتروژن و کاهش هدرروی نیتروژن و در نتیجه بهبود وضعیت محیط زیست و کاهش آلودگی زیست محیطی گردد (Yang *et al.*, 2015).

بر اساس نتایج آزمایش‌های جاهدی و همکاران (Jahedi *et al.*, 2012)، در آبیاری قطره‌ای میزان مصرف آب ۵۰ درصد کمتر از آبیاری ثقلی بود، در عین حال تفاوت مقدار محصول ریشه در دو نوع شیوه آبیاری معنی‌دار نبود، و بر همین اساس روش آبیاری قطره‌ای در مناطق با کمبود آب قابل توصیه است. در گیاه چغندر قند دو سوم آب مورد نیاز از لایه‌های سطحی و تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک تامین می‌شود. در زراعت چغندر قند در ایالات متحده در طول ۳۰ سال گذشته، استفاده از روش آبیاری ثقلی تا ۴۸ درصد کاهش یافته و استفاده از روش‌های مختلف آبیاری تحت فشار به طور میانگین ۴۹ درصد افزوده شده است

(Eckhoff and Flynn, 2008). استفاده از روش‌های نوین آبیاری یا روش آبیاری تحت فشار باعث کاهش هزینه‌های کارگری، افزایش کارایی مصرف آب و کاهش فرسایش و هدرروی مواد غذایی خاک می‌شود (Evans *et al.*, 2010). بعلاوه وضعیت ظاهری (تعداد و رنگ برگ‌ها) و فیزیولوژیک گیاه (میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی، میزان نیتروژن اندام‌های گیاهی و فلورسانس کلروفیل) نیز نشان دهنده قابل دسترس بودن آب، مواد غذایی و نور می‌باشند (Ulrich and Hills, 1990). بر این اساس، شناسایی مناسب‌ترین مقدار کود نیتروژن، بهترین آرایش کاشت و فاصله بوته روی ردیف‌های کاشت در کشت چغندر قند در آبیاری قطره‌ای-نواری و بررسی اثرات این عوامل بر عملکرد و کیفیت و برخی خصوصیات فیزیولوژیک چغندر قند از اهداف آزمایش حاضر بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی مطهری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند واقع در کمال‌شهر کرج با استفاده از رقم تجاری چغندر قند پارس اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده نواری با استفاده از شانزده تیمار شامل دو عامل آرایش کاشت در دو سطح (۴۰-۵۰ و ۶۰-۴۰ با قرار دادن نوارهای تیپ در وسط ردیف‌های ۴۰ سانتیمتری) و کود نیتروژن در چهار سطح (صفر؛ عدم مصرف، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه شده در آبیاری ثقلی) به صورت فاکتوریل به عنوان عوامل عمودی و عامل تراکم بوته (فاصله بوته روی خطوط کاشت) در دو سطح (۱۴ و ۲۰ سانتی

متر)، به عنوان عامل افقی در نظر گرفته شدند که در چهار تکرار و با آبیاری به روش قطره‌ای-نواری اجرا شد. قبل از کشت نمونه برداری از خاک جهت تعیین خصوصیات خاک و تامین نیاز غذایی گیاه، بر اساس توصیه آزمایشگاه شیمی خاک (در شرایط آبیاری ثقلی) انجام شد. خصوصیات شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. کرت‌های اصلی شامل چهار ردیف کاشت به طول ۲۱ متر (۱۰ متر طول برای هر سطح تراکم و یک متر فاصله بین دو سطح تراکم) در نظر گرفته شد. بین تکرارها نیز دو متر فاصله در نظر گرفته شد. محاسبه مقدار کود نیتروژن مورد نیاز برای سطوح مختلف نیتروژن، براساس ۱۵ کیلوگرم در هکتار اوره جهت افزایش هر یک میلی گرم در کیلوگرم نیترات خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری بود (Noshad *et al.*, 2010). کود مورد نیاز از طریق کودآبیاری در چند مرحله آبیاری با فاصله دو آب بر اساس سطح کودی، برای هر تیمار مصرف شد. فاصله قطره‌چکان‌ها روی نوارهای آبیاری قطره‌ای ۲۰ سانتیمتر و آبدهی هر قطره‌چکان در فشار ۰/۶ بار، ۱/۲ لیتر در ساعت بود. وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. کلیه عملیات زراعی طی فصل رشد شامل وجین علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها بطور یکنواخت در کلیه کرت‌ها اعمال شد. در انتهای فصل رشد جهت اندازه‌گیری عملکرد و کیفیت ریشه چغندر قند، پس از حذف حاشیه، از دو خط وسط هر یک به طول هشت متر محصول برداشت شده و پس از توزین ریشه‌ها، نمونه‌گیری برای استفاده در دستگاه بتالایزر انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳)

Table1. Physical and chemical properties of the soil of experimental site (2013-2014)

سال	عمق خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی	فسفر	سدیم	پتاسیم	آمونیم	نترات	ماده آلی	بافت خاک
Year	Soil depth (cm)	pH	EC(dS.m ⁻¹)	P(mg.kg ⁻¹)	Na(meq.l ⁻¹)	K mg.kg ⁻¹	NH ₄ mg.kg ⁻¹	NO ₃ mg.kg ⁻¹	OC (%)	Soil Texture
۱۳۹۲	0-30	7.8	1.2	11.1	6.5	560.2	5.8	16.4	0.9	Clay Loam
(2013)	30-60	7.8	1.1	11.6	6.2	510.9	6.1	13.5	0.9	Clay Loam
۱۳۹۳	0-30	7.8	1.0	8.8	2.4	584.5	6.8	14.1	0.8	Loam
(2014)	30-60	7.9	0.9	7.9	2.6	592.5	7.6	13.8	0.8	Clay Loam

محتوای نیتروژن کل اندام‌های مختلف گیاه چغندر قند شامل برگ، دمبرگ، طوقه و ریشه به روش کجلدال و بر اساس دستورالعمل برمنر (Bremner, 1965) صورت گرفت. این روش یکی از بهترین روش‌های اندازه‌گیری نیتروژن کل گیاه است (Bremner and Mulvaney, 1982).

کارایی استفاده از نیتروژن در تولید قند ناخالص (Nitrogen Use Efficiency; sugar) نسبت عملکرد بخش اقتصادی گیاه (در اینجا قند ناخالص) به نیتروژن معدنی موجود در خاک یا در دسترس گیاه، با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Fan *et al.*, 2004):

(رابطه ۱)
$$NUEs = \frac{\text{کود نیتروژن} + \text{نیتروژن معدنی خاک تا عمق } 60 \text{ سانتی متری}}{\text{عملکرد قند ناخالص}}$$

در اواسط دوره رشد گیاه، زمانی که تمامی کود نیتروژن مصرف شد، نمونه‌گیری از برگ انجام و سپس اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b و کلروفیل کل (مجموع کلروفیل a و b) با استفاده از روش لیختن‌تالر و ولبورن (Lichtenthaler and Wellburn, 1983)، انجام شد.

در اواسط دوره رشد گیاه، میزان سبزیگی برگ‌ها با استفاده از کلروفیل‌متر (SPAD 502, Minolta, Japan) از قسمت میانی پهنک ۱۰ برگ (برگ پنجم هر بوته) در یک طرف رگبرگ اصلی اندازه‌گیری شد.

در اواسط دوره رشد گیاه (بسته شدن پوشش گیاهی) زمانی که تمامی کود نیتروژن در تیمارهای مختلف آزمایشی مصرف شد، میزان فلورسانس کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورسانس متر (PSM mark II Plant Stress Meter) در ۱۰ برگ کاملاً توسعه یافته از بوته‌های هر کرت اندازه‌گیری شده و سپس حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm) محاسبه شد (Van Kooten and Snel, 1990):

(رابطه ۲)
$$\text{حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲}$$

$$Fv/Fm = (Fm - Fo) / Fm$$

Fm: فلورسانس حداکثر و F0: فلورسانس حداقل می‌باشند.

در اواسط دوره رشد گیاه در چهار مرحله (۱۵ تیر

تا ابتدای شهریور) برگ شماری به فاصله هر ۲۰ روز یکبار انجام شد و در هر مرحله برگ‌های زرد از گیاه جدا شده و آخرین برگ سبز شمارش شده نیز با بستن یک نوار به دور آن علامت گذاری شد. همزمان با هر مرحله برگ شماری، بین ساعات ۱۱ تا ۱۳، میزان تابش در بالا و کف پوشش گیاهی با استفاده از دستگاه تابش سنج (Line Quantum Sensor, Licor) اندازه‌گیری شد (Yunusa *et al.*, 1993).

برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.2 استفاده شد. به دلیل عدم امکان استفاده از تجزیه مرکب، پس از بررسی نتایج آزمون هارتلی (Pearson and Hartley, 1970)، صفات مشترک در دو سال به صورت جداگانه تجزیه واریانس و مقایسه میانگین شدند. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تراکم (فاصله بوته روی خطوط کاشت) بر هیچ یک از صفات کمی و کیفی گیاه معنی‌دار نبود. تیمارهای آرایش کاشت نیز غیر از میزان آلfa آمینو نیتروژن در سال ۱۳۹۳، بر سایر صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری نداشت.

اثر تیمارهای کود نیتروژن بر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و میزان آلfa آمینو نیتروژن در هر

دو سال آزمایش معنی‌دار بود. در سال ۱۳۹۳ میزان نیتروژن آمینه در آرایش کاشت ۵۰-۴۰ بطور معنی‌داری کمتر از آرایش کاشت ۶۰-۴۰ بود (جدول ۲). این کاهش را به تعداد بیشتر بوته و کمتر بودن نیتروژن در دسترس برای تک بوته‌ها می‌توان نسبت داد. در سال ۱۳۹۲ نیز با وجود کمتر بودن آن در آرایش کاشت ۵۰-۴۰ در مقایسه با ۶۰-۴۰ و همچنین در هر دو سال آزمایش، کمتر بودن آن در فواصل بوته ۱۴ در مقایسه با ۲۰ سانتی‌متر این موضوع مشاهده شد، اگر چه که این تفاوت معنی‌دار نبود. این موضوع ممکن است به بالاتر بودن ضریب تغییرات آلفا آمینو نیتروژن مربوط باشد. به نظر می‌رسد که بالاتر بودن میزان تغییرات آلفا آمینونیتروژن به علت ماهیت این صفت بوده که در آزمایشات دیگری نیز مشاهده شده است (Yousefabadi and Abdolalian Noghabi, 2011). نکته حائز اهمیت در مورد تیمار نیتروژن، برتری سطح کودی ۷۵ درصد توصیه شده در آبیاری ثقلی نسبت به سایر سطوح کودی از نظر محصول ریشه و عملکرد قند ناخالص که از صفات مهم کمی در چغندر قند می‌باشند، بود. بر این اساس در این سطح کودی، میزان محصول ریشه به طور میانگین در دو سال آزمایش ۷۰/۶ تن در هکتار بود. این سطح کودی با عملکرد قند ناخالص برابر با ۱۰/۸ و ۹/۷ تن در هکتار به ترتیب در سال ۹۲ و ۹۳ در گروه برتر آماری قرار گرفت (جدول ۲). نتایج یک آزمایش نشان داد که درصد قند و عملکرد ریشه تحت تاثیر نوع آبیاری تغییر معنی‌داری ندارد، اما میزان نترات موجود در آب زهکش در آبیاری ثقلی بیشتر از آبیاری بارانی است و بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که در روش‌های نوین آبیاری، میزان نیتروژن کمتری جهت زراعت چغندر قند مورد نیاز است، زیرا مقدار نیتروژن هدر رفته به واسطه آبشویی کمتر می‌باشد (Eckhoff and Flynn, 2008). با توجه به نتایج سایر تحقیقات و نیز نتایج حاصل از آزمایش حاضر چنین استنباط می‌شود که در آبیاری

قطره‌ای - نواری می‌توان با کاهش ۲۵ درصد از کود نسبت به میزان توصیه شده در آبیاری ثقلی، محصول ریشه و قند مشابهی از چغندر قند به دست آورد. اثر تیمار تراکم بوته بر میزان نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های گیاه معنی‌دار نبود، اما در سال ۹۳ اثر تیمارهای آرایش کاشت بر میزان نیتروژن ذخیره شده در اندام زمینی و کل گیاه معنی‌دار بود (جدول ۳). بر این اساس در اندام زمینی و کل گیاه در آرایش کاشت ۶۰-۴۰ به ترتیب ۱۰۳/۶ و ۱۶۲/۱ و در تیمار ۵۰-۴۰ به ترتیب ۹۲/۲ و ۱۴۸/۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ذخیره شد (جدول ۳). لازم به ذکر است که در بیشتر موارد نیز میزان نیتروژن در تراکم‌های کم، بیش از تراکم‌های بالا بود. اگر چه که این تفاوت‌ها بجز مورد ذکر شده، معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان نیتروژن ذخیره شده در تمام اندام‌های گیاه افزایش یافت (جدول ۳). در دو سال آزمایش به طور میانگین در سطح کودی بدون مصرف کود، همواره در تمام اندام‌ها کمترین میزان نیتروژن ذخیره شد، حال آنکه در سطح ۱۰۰ درصد توصیه کودی، بیشترین میزان نیتروژن در اندام‌های گیاه ذخیره شد. به این ترتیب در دو سال آزمایش به صورت میانگین در تیمار ۱۰۰ درصد کود توصیه شده در آبیاری ثقلی، ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در اندام‌های هوایی (به ترتیب ۲۳/۸ درصد، ۴۰/۸ درصد و ۶۱/۲ درصد بیشتر از تیمارهای ۷۵، ۵۰ و صفر درصد توصیه کودی در آبیاری ثقلی)، ۱۳۵/۳ کیلوگرم نیتروژن در اندام زمینی (به ترتیب ۱۳/۷ درصد، ۴۵/۳ درصد و ۵۶/۳ درصد بیشتر از تیمارهای ۷۵، ۵۰ و صفر درصد توصیه کودی در آبیاری ثقلی) و ۲۴۰/۳ کیلوگرم نیتروژن در تمام اندام‌های گیاهی (به ترتیب ۱۸/۱ درصد، ۴۷/۳ درصد و ۵۸/۴ درصد بیشتر از تیمارهای ۷۵، ۵۰ و صفر درصد توصیه کودی در آبیاری ثقلی) در هکتار ذخیره شد. بر خلاف مضر بودن نیتروژن در ریشه جهت استحصال قند و فرآیند

کریستاله شدن آن، وجود نیتروژن کافی در اندام‌های فتوسنتزی گیاه حائز اهمیت می‌باشد، زیرا، جذب و تحلیل دی اکسید کربن ارتباط بسیار نزدیکی با محتوای نیتروژن برگ دارد و تعداد زیادی از آنزیم‌های موثر در فرآیند فتوسنتز با محتوای نیتروژن برگ در ارتباط هستند (Cheng *et al.*, 2000; Pocock *et al.*, 1990) از این رو به نظر می‌رسد که با توجه به کاهش محتوای نیتروژن موجود در اندام‌های زیرزمینی گیاه در سطح کودی ۷۵ درصد نسبت به ۱۰۰ درصد توصیه کودی، می‌توان با کاهش ۲۵ درصد نیتروژن مصرفی، از اثرات منفی نیتروژن بر استحصال قند جلوگیری نمود، در حالیکه کاهش بیشتر از این مقدار به دلیل کاهش محتوای نیتروژن برگ، کمبود نیتروژن مورد نیاز جهت فرآیند فتوسنتز بوجود خواهد آمد. چغندر قند قادر است بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از بقایای نیتروژن موجود در خاک جذب نماید (Bundy and Andraski, 2005). کریستنسن و همکاران میزان نیتروژن خالص مورد نیاز برای یک تن چغندر قند را ۴/۵ کیلوگرم در هکتار بیان کردند (Christenson *et al.*, 1992). میزان نیتروژن مورد نیاز چغندر قند ممکن است بر اساس محصول ریشه و یا بر اساس عملکرد قند قابل استحصال باشد که بر اساس تحقیقات (Christenson and Butt, 2000) میزان مورد نیاز نیتروژن بر اساس عملکرد قند، ۴۰ تا ۵۰ کیلوگرم کمتر از مقدار مورد نیاز برای حصول حداکثر عملکرد ریشه می‌باشد. طی آزمایشی در برومبارن (انگلستان) در سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۱ که از صفر تا ۲۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار استفاده شد، محتوای نیتروژن جذب شده در محصول ۹۸ تا ۳۲۳ کیلوگرم بود و تنها ۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در خاک باقی مانده بود (Malnou *et al.*, 2008).

کارایی مصرف از نیتروژن نشان دهنده توانایی گیاه در جذب و استفاده از نیتروژن در تولید قند می‌باشد. در این آزمایش در هر دو سال، تراکم بوته و آرایش

کاشت، بر کارایی مصرف نیتروژن اثر معنی‌داری نداشتند، اما تیمارهای کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف نیتروژن داشتند. افزایش مصرف نیتروژن همراه با کاهش کارایی مصرف نیتروژن بود (جدول ۳). بر این اساس بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن همواره مربوط به تیمار عدم استفاده از کود نیتروژن بود. در این سطح کودی گیاه چغندر قند به طور میانگین از هر کیلوگرم نیتروژن موجود در خاک جهت تولید ۵۰/۸ کیلوگرم قند ناخالص (به ترتیب ۲۱/۶، ۲۴/۸ و ۳۱/۳ درصد بیشتر از سطوح کودی ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی در آبیاری ثقلی) استفاده نموده است. ضمناً به طور میانگین در دو سال آزمایش میزان کارایی مصرف نیتروژن، ۴۰/۹ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد. عبارت دیگر به ازای هر کیلوگرم نیتروژن معدنی موجود در خاک تا عمق ۶۰ سانتی متری و همچنین نیتروژن افزوده شده توسط کود آبیاری، میزان ۴۰/۹ کیلوگرم قند ناخالص به دست آمد و با مصرف کود بیشتر، میزان کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافت. با توجه به اطلاعات جدول ۲، میزان کاهش عملکرد در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن نسبت به زمانی که از ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد نیتروژن توصیه شده در آبیاری ثقلی استفاده شد، می‌توان دریافت که برقراری تناسب بین عملکرد قند و کارایی مصرف نیتروژن، باید مورد توجه قرار گیرد. از نتایج این آزمایش می‌توان جهت برآورد تقریبی عملکرد قند از روی میزان نیتروژن موجود در خاک در کشت چغندر قند در سیستم آبیاری قطره‌ای - نواری استفاده نمود. جیانگ و هول (Jiang and Hull, 1998) گزارش کردند که در بلوگراس (*Poa pratensis*)، کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد، زیرا مصرف زیاد نیتروژن از طریق تحریک افزایش جذب نترات و اشباع فرآیندهای متابولیسم نیتروژن، باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن و کاهش کارایی مصرف نیتروژن

" اثر کود نیتروژن، آرایش کاشت و..."

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد ریشه و صفات کیفی چغندر قند در تیمارهای تراکم بوته، آرایش کاشت و کود نیتروژن (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳)

Table 2. Mean comparison of root yield and quality characteristics of sugar beet in plant density, planting pattern and nitrogen fertilizer treatments (2013 -2014)

				عملکرد ریشه		عملکرد قند ناخالص		سدیم		پتاسیم		آلفا آمینو نیتروژن		
				Root yield		Sugar yield		Sodium		Potassium		α -Amino nitrogen		
				ton.ha ⁻¹						(meq. 100 g ⁻¹ beet pulp)				
				۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۳	
Treatments				2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	
Nitrogen	نیتروژن	0% N Recommended in furrow irrigation	صفر	54.1c	64.7b	8.5c	8.5b	2.4a	4.1a	4.5a	3.4a	0.3b	2.5b	
		50% N Recommended in furrow irrigation	۵۰ درصد توصیه شده آبیاری ثقلی	61.3b	66.8ab	9.6b	9.3ab	2.6a	3.6a	4.3a	3.5a	0.7ab	2.7ab	
		75% N Recommended in furrow irrigation	۷۵ درصد توصیه شده آبیاری ثقلی	69.2a	72.0a	10.8a	9.7a	2.8a	4.1a	4.5a	3.4a	0.7ab	3.1a	
		100% N Recommended in furrow irrigation	۱۰۰ درصد توصیه شده آبیاری ثقلی	71.3a	68.8ab	11.3a	9.5a	2.8a	3.7a	4.4a	3.5a	0.9a	2.9ab	
Plant density	تراکم بوته	14 cm		64.3a	68.7a	10.1a	9.4a	2.6a	3.8a	4.4a	3.4a	0.8a	2.7a	
		20 cm		63.7a	67.4a	10.0a	9.1a	2.6a	3.9a	4.4a	3.5a	0.8a	2.9a	
Planting pattern	آرایش کاشت	40-50 cm		63.3a	69.7a	9.8a	9.5a	2.6a	3.8a	4.4a	3.4a	0.7a	2.6b	
		40-60 cm		64.6a	66.4a	10.3a	9.0a	2.6a	3.9a	4.4a	3.5a	0.8a	3.0a	
Mean				میانگین	64	68.1	10.0	9.3	2.6	3.8	4.4	3.4	0.8	2.8

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۳- مقایسه میانگین محتوای نیتروژن اندام‌های گیاهی (کیلوگرم در هکتار) و کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم) چغندر قند در تیمارهای تراکم بوته، آرایش کاشت و کود نیتروژن (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳)

Table 3. Mean comparison of nitrogen content (kg.ha⁻¹) and nitrogen use efficiency (kg.kg⁻¹) of sugar beet in plant density, planting pattern and nitrogen fertilizer treatments (2013 -2014)

Treatments		نیتروژن اندام هوایی Nitrogen content of shoot	نیتروژن اندام زمینی Nitrogen content of root	نیتروژن تمام گیاه Nitrogen content of whole plant	کارایی مصرف نیتروژن NUEs	
		۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۲
		2013	2014	2013	2014	2013
Nitrogen	0% N Recommended in furrow irrigation	51.3d	30.3c	57.4c	60.9d	108.8d
	50% N Recommended in furrow irrigation	71.1c	34.3c	72.4c	75.6c	143.5c
	75% N Recommended in furrow irrigation	91.6b	68.4b	114.4b	119.3b	206.1b
	100% N Recommended in furrow irrigation	113.4a	96.6a	134.6a	136.0a	248.0a
Plant density	14 cm	85.2a	54.4a	92.3a	93.1a	177.5a
	20 cm	78.6a	60.2a	97.1a	101.9a	175.7a
Planting pattern	40-50 cm	82.7a	56.2a	93.6a	92.2b	176.3a
	40-60 cm	81.1a	58.5a	95.8a	103.6a	176.9a
Mean		81.9	57.3	94.7	97.9	176.6

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

می‌شود. در آزمایش دیگری کارایی مصرف نیتروژن در چغندر قند به مقدار نیتروژن قابل دسترس خاک، مقادیر کود نیتروژن مصرفی و میزان آب قابل دسترس نسبت داده شد (Lopez-bellido *et al.*, 2005). تجزیه واریانس و مقایسات میانگین صفات نشان داد که سطوح تراکم بوته و آرایش کاشت بر میزان سبزی‌نگی برگ اثر معنی‌داری نداشتند. اثر کود نیتروژن بر میزان سبزی‌نگی برگ و میزان کلروفیل *a* و کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل *a* و کلروفیل کل و میزان سبزی‌نگی برگ در دو سطح ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی بود که در یک گروه آماری قرار گرفتند و کمترین میزان این صفات نیز مربوط به سطوح صفر و ۵۰ درصد توصیه کودی بود (جدول ۴). با وجود پیروی محتوای کلروفیل *b* از روند تغییرات در سطوح مختلف کود نیتروژن، مشابه با کلروفیل *a* و کلروفیل کل، اثر نیتروژن بر این صفت معنی‌دار نبود. براین اساس می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، محتوای کلروفیل گیاه و عملکرد قند افزایش یافته و در شرایط استفاده از روش آبیاری قطره‌ای-نواری، بهترین سطح کودی از نظر عملکرد قند با در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی و اقتصادی و همچنین بهترین شرایط سبزی‌نگی گیاه، ۷۵ درصد مقدار کود نیتروژنی است که در شرایط آبیاری ثقلی برای گیاه چغندر قند مصرف می‌شود. این موضوع می‌تواند به دلیل بالاتر بودن کارایی مصرف نیتروژن به واسطه کود آبیاری باشد. استفاده از روش‌هایی مانند کلروفیل متری به منظور ارزیابی وضعیت نیتروژن گیاه، سریع‌تر از سایر روش‌های تجزیه بافت گیاهی بوده و در ضمن تکرار پذیر است، اما نشان دهنده محتوای نیتروژن اضافی گیاه نیست (Blackmer and Schepers, 1995). بعلاوه به دلیل همبستگی بالای بین قرائت‌های دستگاه کلروفیل متر با محتوای نیتروژن برگ و عملکرد نهایی محصول در بسیاری از گیاهان زراعی مثل گندم

(Murdock *et al.*, 2004)، ذرت (Noshad *et al.*, 2001)، چغندر قند (Javaheri *et al.*, 2012) و برخی درختان (Posch *et al.*, 2008)، می‌توان با این دستگاه وضعیت نیتروژن گیاه را بررسی و کمبودها را تشخیص داد (Chunjiang *et al.*, 2007). همبستگی بالا و گاهی خطی میزان سبزی‌نگی برگ (عدد SPAD) با محتوای نیتروژن موجود در خاک در گیاهان زراعی (Javaheri *et al.*, 2012; Beckova and Pulkrabek, 2005) و درختان (Cheng *et al.*, 2000) نشان داده شده است. بنابراین استنباط می‌شود که می‌توان از این دستگاه برای تعیین وضعیت نیتروژن گیاه چغندر قند و تشخیص احتمالی کمبود آن استفاده کرد (Chunjiang *et al.*, 2007). نتایج نشان داد که اثر کود نیتروژن بر حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (F_v/F_m) و تجمع نیتروژن در اندام‌های گیاهی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاهش مصرف کود نیتروژن از ۱۰۰ به ۷۵ درصد مقدار توصیه شده، باعث کاهش F_v/F_m و به عبارت دیگر تنش کمبود کود نیتروژن نشد، اما کاهش کوددهی تا ۵۰ درصد میزان توصیه شده در آبیاری ثقلی، باعث کاهش شدید در میزان F_v/F_m شد، تا حدی که از نظر آماری با تیمار عدم مصرف کود نیتروژن در یک گروه قرار گرفتند، بنابراین استنباط می‌شود که در آبیاری قطره‌ای-نواری استفاده از ۵۰ درصد کود نیتروژن توصیه شده در آبیاری ثقلی، باعث وقوع تنش کمبود نیتروژن می‌شود. در مقابل کاهش سطح کودی تا ۷۵ درصد میزان توصیه شده در آبیاری ثقلی، نه تنها باعث تنش کمبود نیتروژن نشد، بلکه باعث بهبود عملکرد نهایی قند نیز گردید (جدول‌های ۲ و ۴). در آزمایشی توسط شارما و همکاران (Sharma *et al.*, 2015)، نشان داده شد که ارقام گندم با F_v/F_m بالاتر دارای محتوای کلروفیل بیشتر، فتوستز بیشتر و وزن خشک بیشتر از ارقام با F_v/F_m پایین بودند. در هنگام مواجه شدن گیاهان با تنش‌های محیطی، کاهش فتوستز، باعث کاهش

کارایی کربوکسیلاسیون، کاهش سرعت بازسازی RUBP، کاهش فراهمی دی اکسید کربن از روزنه‌ها و یا کاهش انتقال کربوهیدرات‌ها به خارج از سلول‌های مزوفیل شده و در نتیجه، باعث کاهش سرعت مصرف NADPH و ATP در چرخه کالوین می‌گردد. این موضوع باعث کاهش سرعت انتقال الکترون و کاهش F_v/F_m می‌شود. به دلیل کاهش تولید ATP، لومن به شدت اسیدی شده و افزایش اختلاف پتانسیل الکترو شیمیایی در دو طرف غشای تیلاکوئید باعث افزایش خاموشی غیر فتوشیمیایی (NPQ) می‌گردد، زیرا با اسیدی تر شدن لومن، فعالیت آنزیم دی‌اپوکسیداز افزایش می‌یابد و به دنبال آن F_v/F_m کاهش یافته و کاهش سرعت برانگیختگی مراکز واکنش فتوسیستم دو و بازداری کوئینون از پذیرش الکترون، صورت می‌گیرد (Baker and Rosenqvist, 2004). جین و همکاران (Jin *et al.*, 2015) نشان دادند که افزایش مصرف نیتروژن، باعث افزایش F_v/F_m ، افزایش اسیملاسیون CO_2 فتوسنتزی، افزایش وزن خشک برگ و میزان نیتروژن برگ ذرت شد. بنابراین کاهش F_v/F_m در تیمارهای با مصرف کمتر نیتروژن در تحقیق حاضر نیز می‌تواند به دلایل ذکر شده بالا صورت گرفته باشد.

نتایج نشان داد که از بین تیمارهای مورد بررسی، تنها تیمارهای نیتروژن دارای اثر معنی‌دار بر تعداد برگ سبز و زرد گیاه بودند. در سطوح کودی صفر و ۵۰ درصد توصیه کودی، بیشترین تعداد برگهای زرد و کمترین تعداد برگهای سبز مشاهده شد. بوته‌های مربوط به تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد توصیه کودی، دارای بیشترین تعداد برگ سبز و کمترین تعداد برگ زرد بودند (جدول ۴)، بنابراین به نظر می‌رسد که بهترین سطح مصرف کود از لحاظ زیست محیطی در این نوع کشت برای گیاه چغندر قند، ۷۵ درصد میزان توصیه شده در آبیاری ثقلی می‌باشد. در یک آزمایش دیگر بیشترین تعداد برگ در گیاه در تیمار

۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به دست آمد (Caswell and Zilberman 1985).

نتایج نشان داد که با بسته شدن پوشش گیاهی، میزان تابش رسیده به کف پوشش در تمام تیمارها از یک مرحله به مرحله بعد، کاهش یافت (جدول ۴). مقایسه میانگین در هر چهار مرحله نورسنجی برای عامل تراکم بوته و آرایش کاشت بر میزان تابش رسیده به کف پوشش گیاهی معنی‌دار بود. با افزایش تراکم بوته (کاهش فاصله بین خطوط و فاصله بوته روی ردیف کاشت، میزان تابش رسیده به کف پوشش گیاهی کاهش یافت (جدول ۴). این موضوع به دلیل هم پوشانی بیشتر برگ‌ها در تراکم‌های بالاتر گیاهی قابل توجه است. اثر تیمارهای کود نیتروژن بر میزان تابش رسیده به کف پوشش گیاهی نیز در هر چهار مرحله نورسنجی معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین میزان تابش رسیده به کف پوشش گیاهی مربوط به سطح کودی ۷۵ و ۱۰۰ درصد بود. ملنو و همکاران (Malnou *et al.*, 2008) در آزمایش خود به این نتیجه رسیدند که نیتروژن اضافی باعث ایجاد شاخ و برگ اضافی و افزایش اندازه پوشش گیاهی در چغندر قند می‌شود و محتوای کلروفیل برگ‌ها نیز در پی آن افزایش می‌یابد، اما تاثیری بر حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ ندارد، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در روش آبیاری قطره‌ای - نواری، استفاده از ۷۵ درصد کود نیتروژن توصیه شده در روش آبیاری ثقلی، برای به حداکثر رساندن اندازه پوشش گیاهی کفایت می‌کند. عملکرد چغندر قند به میزان تابش نفوذ کرده به درون پوشش گیاهی و به شدت تبخیر و تعرق وابسته است (Werker and Jaggard, 1998). گزارش شده است که در شرایط آبیاری ثقلی چغندر قند با تراکم‌های بوته ۳۷، ۷۴، ۱۲۵ هزار بوته در هکتار و در تیمارهای صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، در تراکم‌های کمتر تابش کمتری توسط بوته‌ها دریافت و

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک چغندر قند در تیمارهای تراکم بوته، آرایش کاشت و کود نیتروژن (۱۳۹۳)

Table 4. Mean comparison of some physiological characteristics of sugar beet in plant density, planting pattern and nitrogen fertilizer treatments (2014)

Treatments		میزان کلروفیل			سبزیگی برگ		فلورسانس کلروفیل		تعداد برگ ها (۴ مرحله)		مقدار تابش در کف پوش گیاهی			
		Chlorophyll content							No. of leaves	The amount of poto under the canopy(μmol s ⁻¹ m ⁻²)	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم
		(mg.g ⁻¹ FW)												
		تیمارهای آزمایشی	a	B	a+b	SPAD Value	(Fv/Fm)	سبز	زرد	1 st level	2 nd level	3 rd level	4 th level	
Nitrogen	نیتروژن	0% N Recommended in furrow irrigation	صفر	4.7b	1.0a	5.7b	45.1b	0.3b	23.9b	9.3a	667.8ab	629.8a	630.4a	624.1a
		50% N Recommended in furrow irrigation	۵۰ درصد توصیه شده آبیاری قلی	5.2b	1.1a	6.4b	46.1b	0.3b	24.6b	9.3a	682.0a	590.2a	573.9b	560.5b
		75% N Recommended in furrow irrigation	۷۵ درصد توصیه شده آبیاری قلی	7.0a	1.9a	8.9a	49.1a	0.5a	29.6a	7.6b	540.4c	408.6b	284.2c	252.0c
		100% N Recommended in furrow irrigation	۱۰۰ درصد توصیه شده آبیاری قلی	6.5a	1.6a	8.0a	50.6a	0.5a	29.1a	8.1b	606.7bc	397.5b	297.7c	259.7c
Plant density	تراکم بوته	14 cm		5.7a	1.5a	7.2a	47.5a	0.4a	26.3a	8.5a	577.1b	457.7b	355.9b	238.6b
		20 cm		5.9a	1.2a	7.2a	47.8a	0.4a	27.3a	8.7a	671.3a	55.3a	537.1a	509.5a
Planting pattern	آرایش کاشت	40-50 cm		5.9a	1.2a	7.1a	47.2a	0.4a	26.9a	8.6a	557.8b	430.5b	387.2b	368.9b
		40-60 cm		5.7a	1.5a	7.3a	48.2a	0.4a	26.7a	8.6a	690.6a	582.5a	505.8a	479.2a
Mean		میانگین	5.8	1.3	7.2	47.6	0.4	26.8	8.6	624.2	506.5	446.5	424.0	

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

عملکرد نیز کاهش یافت. در تراکم ۳۷ هزار بوته در و در تراکم ۷۵ هزار بوته، ۸۹ درصد تابش توسط گیاه جذب گردید (Cook and Scott, 1993)، بنابراین می توان استنباط کرد که عملکرد قند در این آزمایش و در تراکم های بالاتر از ۷۵ هزار بوته در هکتار به علت هم پوشانی زود هنگام برگ ها و دریافت تابش کمتر، افزایش پیدا نمی کند. در آزمایشی که محتوای مواد آلی خاک کم بود، با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، رشد پوشش گیاهی چغندر قند سریع بوده و در اوایل مرداد، بیش از ۸۵ درصد تابش خورشید را دریافت کرد و پوشش گیاهی گیاه کامل شد، به عبارت دیگر با بسته شدن پوشش گیاهی، مقدار جذب انرژی تفاوتی نداشت. اگرچه مقادیر بیشتر از ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث رشد بیشتر برگ ها شد، اما در جذب تابش و عملکرد، افزایشی مشاهده نشد (Cook and Scott, 1993).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصله از این آزمایش به نظر

می رسد که به دلیل فراهمی بهتر نیتروژن در طول فصل رشد، آبیاری و هدرروی کمتر نیتروژن و کارایی بالاتر مصرف کود در آبیاری قطره ای - نواری نسبت به آبیاری ثقلی (Hanon and Kaffka, 2004)، مصرف ۷۵ درصد از کود نیتروژن توصیه شده در روش آبیاری ثقلی، باعث ایجاد تغییر معنی دار در عملکرد و محتوای کلروفیل برگ، میزان سبزینگی برگ، تعداد برگ ها، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ و مقدار تابش رسیده به کف پوشش گیاهی، نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن توصیه شده در روش آبیاری ثقلی نشد، اما کاهش بیشتر کود (تا ۵۰ درصد مقدار توصیه شده)، باعث کاهش عملکرد قند خالص و ناخالص، جذب نیتروژن، محتوای کلروفیل، میزان سبزینگی برگ، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ و تعداد برگ سبز و زرد و مقدار تابش رسیده به کف پوشش گیاهی گردید، بنابراین در شرایط آبیاری قطره ای - نواری می توان ۷۵ درصد از کود نیتروژن توصیه شده در روش آبیاری ثقلی را جهت حصول عملکرد مطلوب چغندر قند مورد استفاده قرار داد.

References

- Abalos, D., L. Sanchez-Martin, L. Garcia-Torres, J. Willem van Groenigen, A. Vallejo. 2014.** Management of irrigation frequency and nitrogen fertilization to mitigate GHG and NO emissions from drip-fertigated crops. *Science of The Total Enviro.* 490: 880-888.
- Allison, M. F., M. J. Armstrong, K. W. Jaggard, A. D. Todd and G. F. J. Milford. 1996.** An analysis of the agronomic, economic and environmental effects of applying N fertilizer to sugar beet (*Beta vulgaris*). *Agric. Sci. J., Cambridge.* 127: 475-486.
- Baker, N. R. and E. Rosenqvist. 2004.** Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *J. Exp. Bot.* 403: 1607-1621.
- Beckova, L. and J. Pulkrabek. 2005.** Evaluation of chlorophyll meter use for optimization of sugar beet nitrogen fertilizing. University of Josip Juraj Strossmayer u Osijek, 40th Croatian Symposium on Agriculture with International Participation, Opatija, Croatia, 15-18 February 2005
- Blackmer, T. M. and J. S. Schepers. 1995.** Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. *J. Prod Agric.* 8(1): 56-60.

منابع مورد استفاده

- Bremner, J. M. 1965.** Total nitrogen. p. 1149-1178. In C. A. Black (Eds.) Methods of Soil Analysis. Part II. Agronomy 9. American Society of Agronomy, Madison, WI. USA.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982.** Total Nitrogen. p. 595-624. In: A. L. Page (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd-Ed. Monograph- No.9. American Society of Agronomy, Madison, WI. USA.
- Bundy, L. G. and T. W. Andraski. 2005.** Recovery of fertilizer nitrogen in crop residues and cover crop on an irrigated sandy soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 69: 640-648.
- Caswell, M. F. and D. Zilberman. 1985.** The choices of irrigation technology in California. Am. J. Agric. Economic, 224-234.
- Cheng, L., L. H. Fuchigami and P. J. Breen. 2000.** Light absorption and partitioning in relation to nitrogen content in 'Fuji' apple leaves. J. Am. Soc. Hort. Sci. 125(5): 581-587.
- Christenson, D. R., D. D. Warncke, M. L. Vitosh, L. W. Jacobs and I. G. Dahl. 1992.** Fertilizer recommendations for field crops in Michigan. Mich. State Univ. Ext. Bull. E-550A
- Christenson, D.R. and Butt, M.B., 2000.** Response of sugarbeet to applied nitrogen following field bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). *Journal of sugar beet research*, 37(1), pp.1-16.
- Chunjiang, Z., J. Aning, H. Wenjiang, L. Keli and L. Liangyun. 2007.** Evaluation of variable-rate nitrogen recommendation of winter wheat based on SPAD chlorophyll meter measurement. New Zealand Journal of Agricultural Research, 50(5): 735-741. Available: <http://dx.doi.org/10.1080/00288230709510345>.
- Cook, D. A. and R. K. Scott. 1993.** The sugar beet crop, science into practice. Chapman and Hall, London, UK.
- Eckhoff, J. L. A. and C. R. Flynn. 2008.** Sugar beet Response to nitrogen under sprinkler and furrow irrigation. J. Sugar Beet Res. 45(1-2): 19-29.
- Evans, R. G., W. B. Stevens and W. M. Iversen. 2010.** Development of strip tillage on sprinkler irrigated sugar beet. Appl. Eng. Agric. 26: 59-69.
- Fan X., F. Li, F. Liu and D. Kumar. 2004.** Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. J. Plant Nutr. 27(5): 853-862.
- Fan, Z., S. , S. Lin, X. Zhang, Z. Jiang, K. Yang, D. Jian, Y. Chen, J. Li, Q. Chen, J. Wang. 2014.** Conventional flooding irrigation causes an overuse of nitrogen fertilizer and low nitrogen use efficiency in intensively used solar greenhouse vegetable production, Agri. Water Manage. 144: 11-19.
- Fang, Q., Q. Yu, E. Wang, Y. Chen, G. Zhang, J. Wang and L. Li. 2006.** Soil nitrate accumulation and crop nitrogen use influenced by fertilization and irrigation an in intensive wheat-maize double cropping system in the North China Plain. J. Plant Soil. 284(1-2): 335- 350.
- Giller, K. E. 2004.** Emerging technologies to increase the efficiency of use of fertilizer nitrogen. In: A.R. Mosier, J. K. Syers and J.R. Freney (Eds.), Agriculture and the Nitrogen Cycle. Scope 65. Island Press Washington DC, USA.
- Hanon, B. and S. Kaffka. 2004.** The use of drip irrigation for sugar beet production. (On-line) <http://www.use>

of drip irrigation.com.

- Jahedi, A., A. Norouzi, M. Hasani and F. Hamdi. 2012.** Effect of irrigation methods and nitrogen application on sugar beet yield and quality. *J. Sugar Beet*. 28(1): 23-28. (In Persian with English abstract).
- Javaheri, Sh., M. Abdollahian Noghabi, A. Kashani, D. Habibi and H. Noshad. 2012.** Using of chlorophyll meter for recognize nitrogen deficiency in sugar beet. *J. Agron. Plant Breed*. 7(4): 55-66. (In Persian with English abstract).
- Jiang, Z. and R. J. Hull. 1998.** Interrelationships of nitrate uptake, nitrate reductase and nitrogen use efficiency in selected Kentucky bluegrass cultivars. *Crop Sci*. 38: 1623-1632.
- Jin, X., G. Yang, C. Tan and C. Zhao. 2015.** Effects of nitrogen stress on the photosynthetic CO₂ assimilation, chlorophyll fluorescence and sugar-nitrogen ratio in corn. *Sci. Reports*. 5: 9311.
- Lichtenthaler, H. K. and A. R. Wellburn. 1983.** Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. *Biol. Soc. Trans*. 11: 591-592.
- Lopez Bellido, L., R. J. Lopez Bellido and R. Redondo. 2005.** Nitrogen efficiency in wheat under Mediterranean condition as affected by split nitrogen application. *Field Crops Res*. 94: 86-97.
- Malnou, C. S., K. W. Jaggard and D. L. Sparkes. 2008.** Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. *Europ. J. Agron*. 28: 47-56.
- Milford, G. F. J., K. Z. Travis, T. O. Pockock, K. W. Jaggard and W. Day. 1988.** Growth and dry matter partitioning in sugar beet. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 110: 301-308.
- Murdock, L., D. Cal and J. James. 2004.** Comparison and use of chlorophyll meters on wheat (reflectance vs. transmittance/absorbance). UK Cooperative Extension Service, University of Kentucky. College of Agriculture. *Agri*, 108: 1-4.
- Noshad, H. 2010.** Improving nitrogen use efficiency in sugar beet using soil and soil nitrate and ammonium test, sampling position. Final Report Sugar Beet Seed Research Institute. (In Persian).
- Noshad, H., A. M. Ronaghi and N. A. Karimian. 2001.** Improvement of nitrogen fertilizer utility in corn planting with measuring soil NO₃ and leaf chlorophyll. *Agric. Sci. Technol*. 5(3): 65-77. (In Persian with English abstract).
- Pearson, E. S. and H. O. Hartley. 1970.** *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol1, ISBN: 0-521-05920-8.
- Pocock, T. O., G. F. J. Milford and M. J. Armstrong. 1990.** Storage root quality in sugar beet in relation to nitrogen uptake. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 115: 355-362.
- Posch, S., C. H. Warren, J. Kruse, H. Guttenberger and M. A. Adams. 2008.** Nitrogen allocation and the fate of absorbed light in 21-year-old *Pinus radiata*. *Tree Physiol*. 28: 375-384.
- Scott, R. K., K. W. Jaggard and R. Sylvester-Bradley. 1994.** Resource capture by arable crops. In: *Resource Capture by Crops* (Eds.) J. L. Monteith, R. K. Scott and M. H. Unsworth. pp 279-302. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

- Sharma, D. K., S. B. Andersen, C. O. Ottosen and E. Rosenqvist. 2015.** Wheat cultivars selected for high Fv/Fm under heat stress maintain high photosynthesis, total chlorophyll, stomatal conductance, transpiration and dry matter. *Physiol. Plantarum*, 153(2): 284-298.
- Topak, R., S. Süheri, B. Acar. 2011.** Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian, Turkey. *Irrig. Sci.* 29: 79-89.
- Ulrich, A. and F. J. Hills. 1990.** Plant analysis as an aid in fertilizing sugar beet. In: Westerman, R. L. (Ed.) *Soil testing and plant analysis*. Soil Sci. Soc. Am. Madison. USA. PP.429-444.
- Van Kooten, O. and J. F. H. Snel. 1990.** The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynthesis Res.* 25: 147-150.
- Werker, A. R. and K. W. Jaggard. 1998.** Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agric. Meteor.* 89: 229-240.
- Yang, S., S. Peng, J. Xu, Y. He, Y. Wang, 2015.** Effects of water saving irrigation and controlled release nitrogen fertilizer managements on nitrogen losses from paddy fields. *Paddy and Water Enviro.* 13: 71-80.
- Yousefabadi, V. and M. Abdollahian Noghabi. 2011.** Effect of split application of nitrogen fertilizer and harvest time on root yield and quality characteristics of sugar beet. *Iran. J. Crop Sci.* 13(3):521-532 (in Persian with English abstract).
- Yunusa, I. A. M., K. H. M. Siddique, R. K. Belford and M. M. Karimi. 1993.** Effect of canopy structure on efficiency of radiation interception and use in spring wheat cultivars during the pre-anthesis period in a Mediterranean-type environment. *Field Crops Res.* 35: 113-122.
- Zhao, R. F., X. P. Chen, F. S. Zhang, H. Zhang, J. Schroder and V. Romheld. 2006.** Fertilization and nitrogen balance in a wheat-maize rotation system in North China. *Agron J.* 98: 935-945.

Effect of nitrogen fertilizer, planting pattern and plant density on root yield and quality and physiological indices of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cv. Pars under tape-drip irrigation condition

Ghasemi, H.¹, R. Mohammadian² and M. A. Esmaili³

ABSTRACT

Ghasemi, H., R. Mohammadian and M. A. Esmaili. 2017. Effect of nitrogen fertilizer, planting pattern and plant density on root yield and quality and physiological indices of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cv. Pars under tape-drip irrigation condition. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 18(4): 319-333. (In Persian).

Effect of nitrogen fertilizer and plant density on root yield, quality and physiological traits of sugar beet (cv. Pars) under tape-drip irrigation condition was assessed in strip factorial plot arrangement using randomized complete block design with four replications. Two levels of planting patterns (40-60 cm and 40-50 cm) and four levels of nitrogen fertilizer; zero (N0), 50% (N1), 75% (N2) and 100% (N3) of the recommended levels for furrow irrigation) were assigned to vertical plots and two levels of row spacing (14 and 20 cm) randomized in horizontal plots. The experiment was carried out in two successive sugar beet growing seasons (2013 and 2014) in the research field station of Sugar Beet Research Institute, Karaj, Iran. Nitrogen fertilizer had significant effect on root and sugar yields. Decreasing nitrogen fertilizer to 75% of recommendation didn't significantly influence root and sugar yields. The least and highest nitrogen accumulation of 99.9 and 240.3 kg.ha⁻¹ were measured at zero and 100% levels of recommended nitrogen fertilizer, respectively. Accumulated nitrogen was partitioned greater in roots (58%) than shoots (42%). The highest Nitrogen Use Efficiency (NUE) for producing sugar was 50.8 (50.8 kg of sugar.kg⁻¹ of nitrogen) in the treatment without nitrogen fertilizer application which was 21.7, 24.8 and 31.3 percent higher than treatments with 50%, 75% and 100% of recommended nitrogen fertilizer, respectively. Radiation penetration under the canopy showed that more radiation was intercepted in denser plant population and higher nitrogen fertilizer applications. Nitrogen fertilizer had significant effect on physiological traits such as SPAD value, chlorophyll content, maximum photochemical efficiency of photosystem II (Fv/Fm) and number of leaves. It was concluded that tape-drip irrigation system could reduce 25% of nitrogen fertilizer application without significant changes in important qualitative, quantitative and physiological traits of sugar beet.

Key words: Chlorophyll meter, Photochemical efficiency of photosystem II, Sugar beet and Tape-drip irrigation.

Received: November, 2016

Accepted: February, 2017

1. Ph.D. Student, Sari Agriculture and Natural Resource University, Sari, Iran

2. Associate Prof., Sugar Beet Seed Research Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: r_mohammadian@hotmail.com)

3. Associate Prof., Sari Agriculture and Natural Resource University, Sari, Iran