

## تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر برخی صفات فیزیولوژیکی و کیفی در چغندر قند

حمید نوشاد<sup>۱\*</sup> و سمر خیامیم<sup>۲</sup>

۱ و ۲. مربی و استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران  
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۲۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱/۱۵)

### چکیده

امروزه از روش‌ها و ابزارهای جدیدی برای کوددهی استفاده می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی سطوح نیتروژن بر صفات چغندر قند و امکان استفاده از دستگاه سبزینه‌سنج (کلروفیل متر) (SPAD 502) برای تمایز رقم‌ها و تشخیص کمبود نیتروژن اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام که عامل اول دو رقم داخلی (زرقان) و خارجی (فلورس) چغندر قند و عامل دوم چهار سطح نیتروژن (۶۰ (موجودی خاک)، ۱۳۰، ۱۶۰ و ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع کود اوره بود. درصد قند، عملکرد ریشه و شکر خالص و محتوای سبزینه و کودپذیری رقم فلورس بیشتر ولی نیتروژن دمبرگ آن، کمتر از رقم زرقان بود. بیشترین درصد افزایش عملکرد ریشه در هر دو رقم از تیمار ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. اثر رقم و نیتروژن تنها تا مرحله استقرار بر میزان نور جذب شده معنی‌دار بود، بین عملکرد ریشه چغندر قند با نیتروژن کل پهنک و دمبرگ و جذب نور در زمان برداشت و بین عملکرد ریشه و قند خالص با مقادیر SPAD اندازه‌گیری شده در زمان ۸-۱۲ برگی (تیرماه و اوایل مردادماه) و نیز بین نیتروژن پهنک با میزان کل SPAD در همین زمان همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. بنابراین با دستگاه سبزینه‌سنج در زمان استقرار چغندر قند می‌توان نسبت به تعیین وضعیت نیتروژن و همچنین انتخاب سریع‌تر رگه (لاین)ها و دورگ (هیبرید)های برتر اقدام کرد. به طوری که در این مرحله از رشد اگر SPAD پایین برگ پنجم کمتر از ۴۵ باشد، کوددهی باعث افزایش محصول خواهد شد و می‌توان با واسنجی (کالیبره کردن) این روش رقم‌های برتر چغندر قند را سریع‌تر گزینش کرد.

واژه‌های کلیدی: چغندر قند، رقم، سبزینه‌سنج، عملکرد ریشه، نیتروژن.

## Effect of soil nitrogen on some physiological characteristics and quality of sugar beet

Hamid Noshad<sup>1\*</sup> and Samar Khayamim<sup>2</sup>

1, 2. Instructor and Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

(Received: Sep. 16, 2015 - Accepted: Apr. 3, 2016)

### ABSTRACT

There are different methods for crop fertilizing nowadays. This study was conducted to assess effects of soil nitrogen on sugar beet traits such as chlorophyll content (SPAD) and also possibility of use of SPAD for sugar beet varieties differentiation as well as a distinguishing lack of nitrogen. A factorial experiment based on completely randomized blocks design with four replications was conducted. The first factor was domestic (Zarghan) and foreign (Flores) sugar beet cultivars and second factor was four nitrogen levels (control, 70, 100 and 130 kg N ha from urea). Sugar content, root and white sugar yields, SPAD and application of nitrogen fertilizer of Flores were more and its petiole total nitrogen was less than Zarghan. The most percentage of root yield increase in both varieties was observed in application of 100 kg/ha in comparison with control treatment. There were positive and significant correlation between sugar beet root yield with blade and petiole total nitrogen and radiation absorption during harvest time and also between root and white sugar yield with SPAD at 8-12 leaf growth stage (June) and also SPAD with blade total nitrogen at the same time. So SPAD could be used in sugar beet establishment growth stage for evaluation of nitrogen status and also for sooner line and hybrid selection. If the value of chlorophyll meter in the bottom of fifth leaf was lower than 45 at establishment, root yield would be increased by nitrogen fertilizer application. Also sugar beet selection would be faster by calibration of this method.

**Keywords:** Cultivar, nitrogen, sugar beet, root yield, SPAD.

### مقدمه

چغندر قند با سطح کشت حدود ۱۰۰ هزار هکتار در سال (Anonymous, 2014) یکی از محصولات مهم صنعتی است که سالانه بذره‌های مختلف متحمل به شرایط تنش‌های زیستی و غیر زیستی آن توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند در اختیار کشاورزان قرار می‌گیرد. از سوی نیتروژن از عنصرهای غذایی ضروری و مهم مورد نیاز گیاه است. از آنجایی که ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته، میزان ماده آلی خاک پایین است و بیشتر گیاهان دچار کمبود نیتروژن هستند. مهم‌ترین راه تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان کاربرد کودهای نیتروژن است (Khademi et al., 2001) که به طور معمول بر پایه آزمون خاک (Noshad, 2010) در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری نترات خاک در طول مدت رشد گیاه و پیش از دادن کود سرک نخستین بار توسط Magdoff et al. (1984) پیشنهاد شد. سپس کارایی این روش به عنوان راه مناسب و مؤثر در استفاده بهتر و مؤثرتر از کودهای نیتروژن در امریکا توسط دیگران به اثبات رسید. برای توصیه درست کودهای نیتروژن برای محصول چغندر قند و یا هر محصول دیگر در آغاز باید میزان کل نیتروژن مورد نیاز محصول برای دستیابی به بیشترین محصول تعیین و آنگاه میزان نیتروژن قابل استفاده خاک بررسی شود. زیرا نداشتن اطلاع کافی از وضعیت نیتروژن قابل استفاده خاک باعث کاربرد کودهای نیتروژن بیشتر و یا کمتر از حد مورد نیاز گیاه می‌شود (Isfan et al., 1991) اما از روش‌های دیگری نیز برای برآورد کود مورد نیاز گیاهان استفاده می‌شود. دستگاه سبزینه سنج (کلروفیل متر) (SPAD 502) برای بهبود مدیریت نیتروژن در گیاهان زراعی و باغی استفاده می‌شود (Markwell et al., 1995). استفاده از دستگاه‌های فیزیولوژی گیاهی از جمله سبزینه سنج به منظور ارزیابی وضعیت نیتروژن گیاه، سریع‌تر از تجزیه بافت گیاهی است و خواندن عدد مربوطه سریع و تکرارپذیر خواهد بود. از سوی شرایط نور مرزعه بر خوانده‌های دستگاه سبزینه سنج بدون تأثیر است. لذا در شرایط مختلف اقلیمی می‌توان از این دستگاه استفاده کرد (Murdock et al., 2004). از سوی

به علت همبستگی زیاد خوانده‌های این دستگاه با میزان نیتروژن برگ و عملکرد نهایی محصول در بسیاری از گیاهان زراعی مانند 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 محصول را بررسی و کمبودها را تشخیص داد (Murdock et al., 2007; Chunjiang et al., 2004). همچنین همبستگی زیاد و گاهی خطی میزان SPAD با مقادیر نیتروژن موجود در خاک در گیاهان زراعی (Javaheri et al., 2012; Murdock et al., 2004; Beckova & Cheng et al 2000) و درختان (Pulkrabek, 2005) نشان می‌دهد که می‌توان از این دستگاه برای توصیه کودی (Murdock et al., 2004) نیز استفاده کرد.

اما این دستگاه چون یک نقطه از یک برگ را اندازه‌گیری می‌کند باید شمار خوانده‌های زیادی انجام شده تا اندازه‌گیری آن قابل اعتماد باشد (Murdock et al., 2004). به علت همبستگی زیاد نقاط مختلف روی یک برگ با خواندن روی برگ‌های دیگر در گیاه گندم، می‌توان با چندین اندازه‌گیری روی یک برگ و پس از آن میانگین‌گیری نسبت به انتخاب ژنوتیپ‌ها اقدام کرد (Hamblin et al., 2014). قسمت‌های مختلف یک برگ نیز می‌تواند مقادیر SPAD متفاوتی داشته باشند. بیشترین همبستگی مقادیر SPAD با عملکرد محصول و نیتروژن کل گیاه در وسط برگ ذرت (Noshad et al., 2001) و وسط و پایین برگ کاج (Posch et al., 2008) مشاهده شد.

SPAD برای اندازه‌گیری میزان سبز بودن (شدت رنگ) برگ استفاده می‌شود که این میزان سبز بودن به طور مستقیم با میزان سبزینه برگ و در نهایت با غلظت نیتروژن موجود در گیاه رابطه مستقیم دارد، زیرا بیشتر نیتروژن برگ به صورت سبزینه است (Murdock et al., 2004). بیشتر از نصف میزان نیتروژن برگ صرف اجزا دستگاه نورساختی (فتوسنتزی) گیاه شامل آنزیم روبیسکو یا سبزینه می‌شود (Evans & Terashima, 1987). از سوی رابطه خوانده‌های SPAD با میزان سبزینه برگ که به صورت غیرخطی (Monje & Bugbee

گذاشته اما در نیمه دوم رشد بازده مصرف نور در این گیاه را بهبود نمی‌دهد (Jaggard *et al.*, 2009). اعداد SPAD تحت تأثیر مراحل نمونه‌برداری قرار می‌گیرد به طوری که در چغندر قند مراحل ۱۵-۸ برگی (Beckova & Pulkrabek, 2005; Javaheri *et al.*, 2012) به عنوان مراحل مناسب برای خواندن اعداد SPAD اشاره شده که بیشترین همبستگی را با نیتروژن کل برگ در این مراحل مشاهده شده است. از سویی بیشترین واکنش‌های فیزیولوژیکی در مراحل مختلف رشد از نظر صفات نورساختی در مرحله دوم رشد چغندر قند (۸ تا ۱۲ برگ، استقرار) (Meier, 2001) مشاهده شد از سویی همبستگی زیاد میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای و میزان کل سبزینه با عملکرد ریشه و شکر، نشان داد که می‌توان از این صفات به عنوان صفات مناسب پیش از رسیدن به مرحله برداشت، برای غربال ژنوتیپ‌ها استفاده کرد (Khayamim *et al.*, 2014).

اعداد خوانده شده توسط دستگاه سبزینه‌سنج وراثت‌پذیری متوسطی داشته و می‌تواند در انتخاب‌ها به کار رود (Richards, 2000). از سویی امکان انتخاب برای تمایز ژنوتیپ‌ها بر پایه SPAD برای گندم بهاره روی یک گیاه یا روی یک ردیف باریک وجود دارد (Hamblin *et al.*, 2014). لذا این پروژه با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر صفات مختلف فیزیولوژیکی دو رقم چغندر قند و نیز امکان استفاده از سبزینه‌سنج (SPAD) برای تمایز دو رقم و بررسی وضعیت و شناسایی کمبود نیتروژن در این گیاه انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی مهندس مطهری کمال‌شهر کرج به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اول، دو رقم چغندر قند شامل: زرقان (رقم داخلی) و فلورس (رقم خارجی) در سوم اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۸ کشت شدند. عامل دوم شامل چهار سطح کود نیتروژن از منبع کود اوره بود. سطوح مختلف نیتروژن بر پایه حد بهینه نیتروژن برای رشد مطلوب

(1992) و نمایی (Markwell *et al.*, 1995) نیز گزارش شده است و این رابطه مستقل از نوع گونه، زاویه اندازه‌گیری، ژنوتیپ‌های مختلف یک‌گونه و نوع SPAD است لذا SPAD قادر به برآورد سریع و تا حدی دقیق سبزینه برگ خواهد بود (Markwell *et al.*, 1995).

جذب و ساخت (آسیمیلایسیون) دی‌اکسید کربن ارتباط بسیار نزدیکی با محتوای نیتروژن برگ دارد زیرا شمار زیادی از آنزیم‌ها یا پروتئین‌های دخیل در فرآیند نورساخت با نیتروژن برگ در ارتباط هستند (Cheng *et al.*, 2000). انتقال الکترون و فعالیت کلی روبیسکو همبستگی خطی نزدیکی با میزان نیتروژن برگ دارند که نشان می‌دهند واکنش‌های نوری و تاریکی نورساخت به طور یکسان با نیتروژن برگ تغییر می‌کند (Evans, 1996). در شرایط نور زیاد و با افزایش نیتروژن برگ، میزان مازاد نور جذب‌شده در فرآیند جذب ساخت دی‌اکسید کربن، کاهش می‌یابد. یعنی در سطوح کم نیتروژن برگ، خاموشی غیر فتوشیمیایی تحریک شده تا آسیب احتمالی اکسایش نوری (فتواکسیداسیون) ایجاد شده با نور اضافی، کاهش یابد (Cheng *et al.*, 2000). تغییر تأمین نیتروژن باعث تغییر غلظت روبیسکو و سبزینه می‌شود (Chen *et al.*, 2003) از سویی همبستگی مثبت و معنی‌دار هدایت روزنه‌ای با میزان سبزینه برگ نشان می‌دهد غلظت کم سبزینه برگ می‌تواند باعث محدود شدن ظرفیت تبادل روزنه شود (Matsumoto *et al.*, 2005). که این امر بر دریافت نور و کارایی جذب نور (Evans & Terashima, 1987; Muller *et al.*, 2005) و در نتیجه بر نورساخت، واکنش نوری و بازداری نوری اثر می‌گذارد (Posch *et al.*, 2008).

در شرایط مطلوب زراعی که هیچ عامل محدودکننده دیگری موجود نباشد، میزان نور جذب‌شده توسط گیاه در چرخه فصل رشد مشخص‌کننده‌ترین عامل تولید ماده خشک است (Huges *et al.*, 1987). کاربرد نیتروژن به همراه تراکم مناسب باعث افزایش جذب نور توسط برگ‌های گیاه و افزایش کارایی جذب تشعشع خواهد شد (Ghalambaran *et al.*, 1998). نقش اصلی نیتروژن در چغندر قند تولید سایه‌انداز گیاه است. نیتروژن می‌تواند روی بازده مصرف نور اثر

سال ساب سویلر، افسست و تسطیح انجام شد. سپس کود گوگرد گرانوله به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین داده و پس از آن افسست زده شد. در بهار پیش از کشت و با مناسب شدن رطوبت خاک کمبینانت زده و خطوط کشت ایجاد شد. حدود ۲۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل به زمین داده شد. هر کرت شامل شش خط کاشت به طول ۸ متر، فاصله بین خطوط کاشت ۵۰ سانتی متر و فاصله بین هر بوته روی خطوط کاشت ۲۰-۱۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. همه کود نیتروژن به صورت سرک پس از تنک و وجین و یا مرحله رشدی ۴-۶ برگی در کف جویچه ریخته، آنگاه کولتیواتور زده و بی درنگ آبیاری انجام شد. در طول فصل داشت آبیاری بر پایه تبخیر از سطح تشتک کلاس A به ازای هر ۸۵ تا ۹۰ میلی متر، آبیاری به روش فارو و با سیفون انجام شد. دیگر مراقبت‌ها از جمله مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها به‌هنگام بر پایه نتایج تحقیقات و با نظر کارشناس مربوطه انجام شد.

چغندر قند تعیین شد. حد بهینه نیتروژن، بر پایه نیتروژن نیتراتی باقی مانده در خاک کف جویچه در مرحله چهار تا شش برگی پس از تنک و وجین به میزان ۲۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک در نظر گرفته شد (Noshad 2010). بر همین پایه در این پروژه تیمارهای مختلف کود نیتروژن شامل: ۶۰ (N1)، ۱۳۰ (N2)، ۱۶۰ (N3) و ۱۹۰ (N4) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. با توجه به اینکه میزان موجودی نیترات خاک در حدود ۶۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱)، در این تیمار هیچ کودی مصرف نشد و به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای این پروژه در جدول ۱ آمده است. زمین مورد آزمایش پس از یک دوره تناوب شامل سه سال یونجه، یک سال گندم و یک سال آیش به کشت چغندر قند اختصاص یافت. در بهار سال آیش، پیش از به بذر رفتن علف‌های هرز، شخم عمیق زده شد و در پاییز همان

جدول ۱. برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical characteristics of experiment soil

Stature	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	S.P. (%)	O.C (%)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	NH4 (mg/kg)	NO3 (mg/kg)	EC (do/m)	PH	depth (Cm)
Silty Clay	15.6	38.9	45.5	57.0	1.46	614.7	15.3	5.9	15.2	1.1	8.2	0-30
clay	17.6	33.6	48.8	53.4	0.52	496.52	9.43	5.79	9.71	1.32	8.12	30-60

ویژگی‌های کیفی ریشه شامل: درصد قند، درصد قند قابل استحصال، عنصرهای سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره و قند ملاس اندازه‌گیری و محاسبه شد. داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری (MSTATC 1986) MSTSTC تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین تیمارها بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. برای بررسی همبستگی بین صفات مختلف از نرم‌افزار SPSS 16 (SPSS 16, 2007) استفاده و برای برازش منحنی و رسم نگاره‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

### نتایج و بحث

اثر رقم و سطوح مختلف نیتروژن بر درصد قند ناخالص (عیار) و عملکرد قند خالص به ترتیب در سطح آماری ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود. از سویی عملکرد ریشه چغندر قند تحت تأثیر رقم و تیمارهای

در طول فصل رشد میزان نور عبور کرده و جذب شده توسط سایه‌انداز چغندر قند با کمک دستگاه SUNSCAN و به روش (Khayamim et al., 2003)، اندازه‌گیری شد. عدد SPAD به شمار دست کم بیست بوته در هر کرت (Noshad et al., 2001) و در بالا، وسط و پایین برگ پنجم هر بوته چغندر قند (Javaheri et al 2012)، هر دو هفته یکبار و در مجموع به شمار هفت بار در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن کل پهنک و دم‌برگ به روش کج‌لدال (Bremner & Mulvaney, 1982) در زمان استقرار و در زمان رسیدگی چغندر قند انجام شد. برداشت در پنجم آبان ماه انجام و از چهار خط وسط پس از حذف ۱ متر از بالا و ۱ متر از پایین در هر کرت به‌عنوان حاشیه، نمونه‌گیری انجام شد. پس از سرزنی و شمارش شمار ریشه، نمونه‌ها توزین و

آزمایش‌های دیگر نیز مشاهده شده است ( Khayamim, 2006; Yousefabdi & Abdolahian Noghabi, 2011).

درصد افزایش عملکرد ریشه در هر دو رقم زرقان و فلورس نسبت به تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار تا حدودی برابر بود. به طوری که درصد افزایش عملکرد ریشه رقم‌های زرقان و فلورس در تیمار کاربرد ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به ترتیب معادل ۳۴/۶ و ۳۸/۹ درصد بود. بیشترین درصد افزایش عملکرد ریشه نسبت به تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار، در هر دو رقم زرقان و فلورس، به ترتیب معادل ۴۲ و ۴۴/۵ درصد، مربوط به تیمار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد (شکل ۱). این نتایج نشان می‌دهد در شرایطی مانند شرایط این آزمایش که میزان نیتروژن موجود در خاک بالا باشد (جدول ۱) بیشینه با کاربرد ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، عملکرد ریشه و قند خالص مناسبی به دست آورد و از کاربرد بیشتر کود که باعث آلودگی محیط‌زیست از بین رفتن پایداری در کشاورزی می‌شود، می‌توان جلوگیری کرد. با افزایش کاربرد کود نیتروژن درصد تغییرات عملکرد قند خالص نسبت به تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار، در رقم زرقان کاهش و در رقم فلورس افزایش نشان داد به طوری که در تیمارهای ۱۶۰ و ۱۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص میزان عملکرد قند خالص رقم فلورس به ترتیب ۵ و ۱۱ درصد افزایش یافت (شکل ۱). بر همین پایه می‌توان گفت که کودپذیری رقم فلورس نسبت به رقم زرقان بیشتر بوده است. به طوری که رقم زرقان تنها با نیتروژن موجود در خاک عملکرد قند خالص بیشتری نشان داد و افزایش نیتروژن خاک به علت برخی تغییرپذیری‌های فیزیولوژیکی (در زیر به آن‌ها اشاره خواهد شد) منجر به افزایش ناخالصی‌های ریشه و در نهایت کاهش عملکرد قند ناخالص در این رقم شده است.

اثر رقم بر غلظت نیتروژن کل برگ و دمبرگ برگ پنجم چغندر قند در طول فصل رشد متفاوت بود. به طوری که در مراحل آغازین رشد غلظت نیتروژن برگ و دمبرگ دو رقم همسان و تفاوت معنی‌داری بین دو رقم وجود نداشت. اما با وجودی که نیتروژن برگ و دمبرگ رقم فلورس در اوایل فصل رشد بیشتر از رقم زرقان بود، در انتهای فصل رشد (آبان ماه و هنگام برداشت) نیتروژن

مختلف نیتروژن به ترتیب در سطح آماری ۵ و ۱ درصد قرار گرفت (جدول ۲). میانگین درصد قند رقم فلورس (۱۵/۸۴ درصد) حدود ۱۰ درصد بیشتر از رقم زرقان (۱۴/۴۴ درصد) بود در حالی که عملکرد ریشه و قند خالص این رقم (به ترتیب حدود ۶۲ و هفت تن در هکتار) به ترتیب ۹ و ۳۰ درصد بیشتر از رقم زرقان (حدود ۵۷ و ۵ تن در هکتار) بود (جدول ۴). این نتایج نشان می‌دهد، با وجودی که درصد قند و عملکرد ریشه این دو رقم حدود ۱۰ درصد با هم اختلاف دارند، اما ناخالصی‌های بیشتر ریشه چغندر قند در رقم زرقان (جدول ۴) باعث کاهش بیشتر بازده استحصال و عملکرد قند خالص این رقم شده است.

با افزایش میزان کاربرد نیتروژن درصد قند و بازده استحصال نسبت به تیمار اول کاهش، و میزان سدیم ریشه، قند ملاس و عملکرد ریشه افزایش معنی‌دار یافت (جدول‌های ۲ و ۴). مقادیر نیتروژن تنها در سطح ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار بدون کاربرد کود نیتروژن (۶۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد ریشه چغندر قند را به طور معنی‌داری افزایش داد. با وجودی که تیمارهای ۱۳۰، ۱۶۰ و ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در گروه آماری همسان قرار گرفت اما بیشترین عملکرد ریشه با میزان حدود ۶۶ تن در هکتار از تیمار ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۴). این در حالی است که بر پایه میزان نیتروژن خاک که با شاخص نیتروژن نیتراتی موجود در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری می‌شود، و نیز بر پایه عملکرد کرت شاهد نسبت به دیگر کرت‌هایی که کود نیتروژن دریافت کرده‌اند، مشخص شد که اضافه کردن نیتروژن با موجودی نیترات و دیگر ویژگی‌ها همانند این خاک عملکرد ریشه را افزایش داده است ولی چون همزمان باعث افزایش ناخالصی‌های موجود در ریشه از جمله نیتروژن مضره شده، سبب شد که قند خالص نتواند به طور معنی‌داری همانند عملکرد ریشه، افزایش یابد. در نتیجه عملکرد قند ناخالص تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از دیگر تیمارهای کودی بوده که البته این تفاوت معنی‌دار هم نبود. لازم به یادآوری است که ضریب تغییرپذیری نیتروژن مضره در این آزمایش زیاد بود (جدول ۲) که به علت ماهیت این صفت بوده و در

می‌توان با این دستگاه نسبت به تعیین وضعیت نیتروژن چغندر قند و تشخیص احتمالی وجود کمبود نیتروژن اقدام کرد ( Murdock *et al.*, 2004; Chunjiang *et al.*, 2007).

در کل دوره رشد، تأثیر رقم بر میزان عدد خوانده شده با دستگاه سبزینه سنج معنی‌دار بود (جدول ۳) و همواره میزان این عدد در رقم فلورس بیشتر از زرقان بود (جدول ۵)، این در حالی است که عملکرد ریشه این رقم نیز بیشتر از رقم زرقان بود (جدول ۴). از سویی تأثیر کود نیتروژن از تیرماه تا آخر مردادماه بر میزان سبزینه خوانده شده برگ‌ها با دستگاه سبزینه سنج معنی‌دار بود و پس از آن تیمارهای کودی اثر معنی‌داری بر میزان این عدد روی برگ نداشتند (جدول ۳). این امر نشان می‌دهد که اثر کود نیتروژن بر رشد برگ و افزایش نورساخت منبع تا پایان مرحله استقرار و رشد برگ بوده و پس از آن با آغاز مرحله رسیدگی و تغییر بین منبع و مخزن میزان عدد خوانده شده با دستگاه سبزینه سنج کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده کاهش سبزینه برگ است. همچنین تأثیر رقم بر میزان نور جذب شده تنها تا پایان تیرماه یعنی مرحله استقرار گیاه معنی‌دار بود. کود نیتروژن نیز تنها تا همین مرحله اثر معنی‌دار روی این صفت گذاشت (جدول ۳). این بدان معنی است که در اواخر تیر و در نهایت تا اواخر مرداد (شکل ۲ a) سایه‌انداز گیاه کامل شده و در جذب میزان نور بین تیمارها تفاوتی مشاهده نمی‌شود لذا لازم است که همه عملیات نورسنجی پیش از کامل شدن سایه‌انداز گیاه صورت پذیرد.

با وجودی که میزان عدد SPAD روی برگ رقم فلورس، در همه مراحل رشد بیشتر از زرقان بود، اما میزان جذب نور در آخر تیرماه در رقم زرقان بیشتر است در حالی که در طول فصل و به‌ویژه در پایان فصل میزان جذب نور این دو رقم با هم برابر بود. این می‌تواند شاید به علت سطح برگ بیشتر رقم زرقان باشد. سطح برگ بیشتر باعث می‌شود رنگدانه‌های سبزینه در سطح برگ پخش و میزان جذب نور بیشتر اما بازده جذب نور کمتر خواهد بود. در حالی که فلورس از نظر ظاهری سطح برگ کمتر و میزان رنگدانه‌های سبزینه متراکم‌تر دارد لذا بالا بودن عدد SPAD نشان

دمبرگ فلورس به‌طور معنی‌داری کمتر از زرقان بود (جدول‌های ۳ و ۵). این امر منجر به کاهش نیتروژن مضره و دیگر ناخالصی‌های این رقم به‌ویژه سدیم ریشه و در نهایت کاهش قند ملاس و افزایش قند خالص و ناخالص شده است (جدول ۴). این امر بیانگر آن است که رقم فلورس در انتقال مواد بین منبع و مخزن و انتقال نیتروژن برای آنزیم‌های قند سازی مؤثرتر عمل کرده است. زیرا مهم‌ترین آنزیم قندسازی ساکارز سینتاز است که این آنزیم تحت تأثیر ترکیب‌های مختلف نیتروژن و میزان آن قرار می‌گیرد و بیشترین تأثیر ساختی (سنتری) این آنزیم هنگامی مشاهده می‌شود که نسبت نیترات به آمونیم برابر ۱ باشد (Caifeng *et al.*, 2007).

تأثیر تیمارهای مختلف نیتروژن بر غلظت نیتروژن کل برگ و دمبرگ برگ پنجم که در زمان ۸-۱۲ برگی (تیرماه) در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کمترین غلظت نیتروژن مربوط به تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار که در برگ و دمبرگ برگ پنجم به ترتیب برابر ۳/۹۳ و ۱/۷۱ درصد بود و سطوح مختلف نیتروژن، نیتروژن همسان در برگ و دمبرگ و به ترتیب با میانگین ۵ و ۲/۲ درصد داشت (جدول ۵). اما در زمان برداشت (آبان ماه) سطوح مختلف نیتروژن روی نیتروژن برگ در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در این زمان (برداشت) نیز کمترین میزان نیتروژن برگ به تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت و با کاربرد بیشتر کود میزان نیتروژن برگ افزایش یافت. افزایش بیشتر نیتروژن برگ به ازای کاربرد بیشتر کود در یافته‌های دیگر محققان نیز مشاهده شده است (Cai & Ge 2004; Nal & Gunez 1995).

نیتروژن کل پهنک در زمان رسیدگی (آبان ماه) با عملکرد ریشه و اندام‌های هوایی چغندر قند در سطح ۱ درصد و با اعداد SPAD در زمان ۸-۱۲ برگی (تیرماه) و اوایل مردادماه در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. میزان نیتروژن دمبرگ نیز با عملکرد ریشه و اعداد SPAD در زمان ۸-۱۲ برگی همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول ۶). این نتایج نشان می‌دهد، به علت همبستگی زیاد اعداد خوانده شده توسط دستگاه سبزینه سنج در زمان ۸-۱۲ برگی با میزان نیتروژن پهنک در زمان برداشت،

ریشه جلوگیری کرده که این امر در کاهش آلکالیتیه و افزایش عملکرد قند خالص و در نهایت کودپذیری آن بسیار مؤثر بوده است.

بیشترین همبستگی عملکرد ریشه با میزان سبزینه برگ در مرحله استقرار (تیرماه و اوایل مردادماه) بود. همبستگی عملکرد ریشه با نور جذب شده در آبان ماه و عملکرد اندام‌های هوایی با نور جذب شده در تیرماه و آبان ماه در سطح ۵ درصد معنی‌دار و مثبت بود (جدول ۶) اما درصد قند ناخالص و خالص با میزان جذب نور تنها در زمان استقرار در تیرماه همبستگی معنی‌دار و منفی نشان داد (جدول ۶). همبستگی مثبت نور با عملکرد ریشه و اندام‌های هوایی نشان می‌دهد که گیاه با جذب نور و انجام نورساخت به توسعه اندام خود می‌پردازد به عبارتی کربوهیدرات‌های ساختاری افزایش می‌یابند. در گیاهانی که در نور زیاد رشد کردند، بین نشاسته و قند محلول برگ با سطح ویژه برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. با انتقال این گیاهان به محیط نور ثابت میزان نشاسته و قند محلول برگ تغییری ایجاد نشد (Travis & Prendergast, 1987). این در حالی است که تجمع ساکارز در اواخر دوره رشد انجام و با انتقال دوباره از اندام‌های هوایی صورت پذیرفته و تجمع ساکارز توسط توان مخزن تنظیم می‌شود به عبارتی کربوهیدرات محلول برگ مانند ساکارز به ریشه منتقل و در آنجا ذخیره می‌شوند (Thomas 1999). لذا نور جذب شده در تیرماه با درصد قند همبستگی منفی نشان می‌دهد. از سویی همبستگی منفی و معنی‌دار قندهای محلول با میزان نورساخت (Travis & Prendergast, 1987) می‌تواند توجیه‌کننده همبستگی منفی ساکارز با نور جذب شده نیز باشد.

همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد ریشه و عملکرد قند خالص و ناخالص با سبزینه برگ در مرحله استقرار (تیرماه) و نیز همبستگی میزان نیتروژن برگ با میزان خواندن سبزینه در این مرحله که در آزمایش‌های محققان دیگر نیز گزارش شده (Javaheri *et al.*, 2012; Beckova & Pulkrabek 2005)، گویای آن است که می‌توان با اندازه‌گیری این صفات در مرحله استقرار گیاه (۱۲-۸ برگی) در انتخاب زود هنگام رقم (واریت‌های برتر استفاده کرد به عبارتی انتخاب بر پایه اعداد SPAD در

از بیشتر بودن میزان سبزینه در برگ‌های این رقم است. همچنین رقم فلورس زودتر از زرقان پوشش سایه‌انداز خود را کامل می‌کند و در پایان تیرماه شدت نور زیاد است (شکل ۲). نور بر میزان SPAD برگ‌هایی با محتوای سبزینه زیاد به علت توزیع غیریکنواخت کلروپلاست‌ها تأثیر می‌گذارد و حتی برای دقت بیشتر اندازه‌گیری SPAD توصیه شده است که اندازه‌گیری در صبح زود انجام شود (Nascimento & Marengo, 2010). همچنین گزارش شده است که بزرگ شدن کلروپلاست در اثر افزایش غلظت، نشاسته کلروپلاست را به سمت مرکز یاخته هدایت کرده و باعث کاهش انتقال دی‌اکسید کربن در یاخته می‌شود (Travis & Prendergast, 1987). به عبارتی می‌توان نتیجه گرفت در پایان تیرماه که میزان تشعشع زیاد است، کلروپلاست‌های رقم فلورس که سبزینه بیشتری دارد به‌طور غیریکنواخت توزیع شده در نتیجه بازده جذب نور آن کمتر خواهد بود. از سویی گزارش شده است که هرچه برگ‌ها کلفت‌تر و گوشتی‌تر باشند میزان SPAD بیشتر خواهد بود (Marengo *et al.*, 2009). برای تأیید این فرضیه باید سطح ویژه برگ اندازه‌گیری و نیز سبزینه دو رقم به‌صورت شیمیایی تجزیه شود.

به‌طور کلی کاربرد بیشتر نیتروژن باعث افزایش میزان نیتروژن برگ، میزان سبزینه (Posch *et al.*, 2008) و افزایش جذب نور توسط برگ‌های گیاه (Posch *et al.*, 1998; Ghalambaran *et al.*, 2008) شد (جدول ۵). همان‌طور که بیان شد با افزایش کاربرد کود، عملکرد قند ناخالص در رقم فلورس افزایش یافت که این امر مبین کود پذیر بودن بیشتر این رقم نسبت به رقم زرقان بود. با افزایش کاربرد کود میزان ضریب قلیائیت (آلکالیتیه) ریشه که نشان‌دهنده مجموع ناخالصی‌های ریشه چغندر قند است در رقم فلورس به‌شدت کاهش یافت (شکل ۱ د). این در حالی است که نیتروژن برگ و دم‌برگ این رقم (شکل ۱ ه و ز) نیز با افزایش نیتروژن روند افزایشی داشته و نسبت به رقم زرقان بیشتر بود. همچنین در مراحل پایانی رشد میزان عدد SPAD برگ فلورس در نتیجه کاربرد کود نسبت به زرقان بیشتر بود (شکل ۱ ج). به عبارتی این رقم نیتروژن مازاد ناشی از کود نیتروژن را در برگ‌ها و دم‌برگ خود نگه‌داشته و از انتقال آن به

عملکرد ریشه چغندر قند بنا بر رابطه ۲ برآورد شد که ضریب‌های تبیین آن در جدول ۷ نیز ارائه شده است. با فرض اینکه حد بحرانی نیتروژن کل در پهنک برگ چغندر قند برابر ۳/۹۸ درصد (Ulrich & Hills 1990) باشد حد بحرانی عدد SPAD حدود ۴۴ (رابطه ۱) و عملکرد ریشه حدود ۴۰ تن در هکتار خواهد بود (رابطه ۲). همچنین میزان عدد SPAD پایین برگ در اول مردادماه در سطوح شاهد (بدون کاربرد کود نیتروژن) برای رقم زرقان حدود ۴۰ و برای رقم فلورس حدود ۴۳ است (جدول ۵). بنابراین می‌توان گفت که حد بحرانی عدد SPAD در هنگام استقرار چغندر قند برای برآورد وضعیت نیتروژن برگ و کمترین عملکرد کمتر از ۴۵ است. در گزارش دیگری نیز این حد بحرانی برای چغندر قند حدود ۳۹/۱ گزارش شده است (Javaheri *et al.*, 2012).

$$\text{Chl}=0.11 (\text{bN})-0.16 \quad (1)$$

$$\text{Chl} = 0.009(\text{RY})^2-0.651(\text{RY}) + 51.1 \quad (2)$$

در این رابطه‌ها chl خواندن SPAD پایین برگ پنجم در اوایل مردادماه، bN نیتروژن کل پهنک در پایان فصل رشد و RY عملکرد ریشه چغندر قند است.

مرحله استقرار می‌تواند در نمودر پدیده‌شناختی (فنولوژیکی) سریع‌تر گیاهان برتر مؤثر باشد.

به‌طور کلی اعداد خوانده‌شده توسط دستگاه سبزینه‌سنج در پایین برگ کوچک‌تر و در بالای برگ بزرگ‌تر و در وسط برگ در حد وسط این دو بود. برای تعیین بهترین نقطه خواندن این دستگاه، منحنی‌هایی بین خوانده‌های پایین، وسط و بالای برگ با صفات مختلف روی اطلاعات کل تیمارها (N=8) برازش یافت. بهترین رابطه، رابطه غیرخطی (Polynomial) بود و بر پایه ضریب تبیین بیشترین رابطه به ترتیب بین اعداد خوانده‌شده در وسط برگ و پس‌از آن در پایین برگ با صفات مختلف به دست آمد (جدول ۷). بنابراین بهترین نقطه خواندن اعداد با دستگاه سبزینه‌سنج که بیشترین همبستگی را با نیتروژن برگ در مراحل مختلف رشد و نیز عملکرد ریشه چغندر قند دارد وسط برگ پنجم است. در گیاه ذرت نیز بهترین نقطه خواندن این دستگاه وسط برگ چسبیده به بلال معرفی شده است (Noshad *et al.*, 2001).

رابطه بین عدد SPAD پایین برگ پنجم و نیتروژن پهنک بنا بر رابطه ۱ و رابطه عدد SPAD

جدول ۲. میانگین مربعات صفات مختلف کمی و کیفی ریشه چغندر قند تحت تأثیر رقم و تیمارهای مختلف کود نیتروژن  
Table 2. Mean square of qualitative and quantitative sugar beet root traits in effects of varieties and different nitrogen fertilizers levels

SOV	df	Na	K	Amino nitrogen	Sugar content	White sugar content	Extraction coefficient	Molasses	Root yield	Sugar yield	White sugar yield
Rep	3	0.45	0.39	0.23	<b>3.55*</b>	3.92	20.56	0.16	<b>189.27*</b>	5.80	1.64
Genotype	1	<b>10.39*</b>	0.00	0.48	<b>15.55**</b>	<b>26.23**</b>	<b>271.50**</b>	<b>1.39*</b>	<b>226.26*</b>	<b>20.69*</b>	<b>21.09**</b>
Nitrogen	3	<b>8.06*</b>	0.40	0.31	<b>3.68*</b>	<b>7.33*</b>	<b>98.08*</b>	<b>0.68*</b>	<b>644.11**</b>	0.27	0.28
Nit.* gen.	3	2.44	0.20	0.06	1.62	2.55	39.94	0.19	10.70	1.98	1.68
Error	21	1.70	0.14	0.15	0.78	1.41	25.37	0.19	53.47	2.52	1.87
C.V.		20.33	6.34	33.56	11.27	5.83	5.83	7.31	10.96	12.3	17.68

\*, \*\*: significant in  $\alpha=0.05$  and  $0.01$  respectively

\*\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطح آماری ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. میانگین مربعات صفات نیتروژن برگ و دم‌برگ، کل سبزینه و تابش جذب‌شده توسط چغندر قند تحت تأثیر رقم و تیمارهای مختلف کود نیتروژن در فصل رشد  
Table 3. Mean square of leaf and petiole nitrogen, leaf chlorophyll, absorbed light by sugar beet in effects of varieties and nitrogen fertilizers during growth season

SOV	df	Total leaf Nitrogen in July	Total petiole Nitrogen in July	Total leaf Nitrogen in Nov.	Total petiole Nitrogen in Nov.	SPAD bottom of leaf (July)	SPAD middle of leaf (July)	SPAD top of leaf (July)	SPAD bottom of leaf (Aug)	SPAD middle of leaf (Aug)	SPAD top of leaf (Aug)	SPAD bottom of leaf (last Aug)	SPAD middle of leaf (sep)	SPAD middle of leaf (Oct)	SPAD middle of leaf (Nov)	Absorbed PAR (July)
Rep	3	0.18	0.04	0.22	0.06	77.21	42.12	42.15	99.31**	107.56*	85.25*	101.57*	64.90*	13.17	61.44*	10.81
Genotype	1	0.28	0.09	0.29	0.75**	68.97	151.77*	349.21**	262.26**	244.92**	416.16**	172.05**	663.76**	221.87**	427.78**	6.85*
Nitrogen	3	2.44**	0.66**	1.77**	0.13	85.05*	91.99*	95.33*	24.25*	35.57**	29.96*	31.31*	10.62	24.33*	0.17	7.73**
Nit.* gen.	3	0.26	0.06	0.06	0.09	18.00	14.06	26.02	17.06	16.07*	15.94	3.13	6.52	4.49	10.55	0.361
Error	21	0.39	0.09	0.26	0.06	17.44	19.63	25.96	6.40	4.11	5.70	5.94	8.70	6.73	7.41	0.958
C.V.		13.13	14.13	12.66	11.96	9.19	9.55	10.08	4.63	3.7	4.16	5.32	5.88	5.21	4.92	13.5



جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مختلف کمی و کیفی ریشه چغندرقدند تحت تأثیر رقم و تیمارهای مختلف کود نیتروژن بر پایه آزمون دانکن

Table 4. Mean comparison of qualitative and quantitative sugar beet root traits in effects of varieties and different nitrogen fertilizers levels base on Duncan analysis

Treatment	Na	K	Amino nitrogen $\alpha$	Sugar content	White sugar content	ECS	Molasses	Root yield	Sugar yield	White sugar yield
	Meq/gr pulp			%				t/ha		
Zarghan	<b>6.99 a</b>	5.81	1.29	<b>14.44 b</b>	<b>9.65 b</b>	<b>66.02 b</b>	<b>4.20 a</b>	<b>56.78 b</b>	<b>8.17 b</b>	<b>5.44 b</b>
Flores	<b>5.85 b</b>	5.79	1.05	<b>15.84 a</b>	<b>11.46 a</b>	<b>71.84 a</b>	<b>3.78 b</b>	<b>62.09 a</b>	<b>9.78 a</b>	<b>7.06 a</b>
N0	<b>4.92 b</b>	6.11	0.88	<b>16.09 a</b>	<b>11.93 a</b>	<b>74.09 a</b>	<b>3.56 b</b>	<b>46.26 b</b>	8.72	6.47
N1	<b>6.95 a</b>	5.60	1.23	<b>14.85 b</b>	<b>10.14 b</b>	<b>67.22 b</b>	<b>4.11 a</b>	<b>63.27 a</b>	8.98	6.13
N2	<b>7.01 a</b>	5.70	1.31	<b>14.51 b</b>	<b>9.74 b</b>	<b>66.42 b</b>	<b>4.17 a</b>	<b>66.28 a</b>	9.02	6.06
N3	<b>6.80 a</b>	5.79	1.26	<b>15.13 b</b>	<b>10.4 b</b>	<b>67.98 b</b>	<b>4.13 a</b>	<b>61.95 a</b>	9.16	6.32
Zarghan N0	5.01	6.29	1.02	15.83	11.57	73.01	3.66	44.96	8.34	6.10
Zarghan N1	7.20	5.69	1.43	14.48	9.64	66.08	4.25	60.50	8.54	5.66
Zarghan N2	8.33	5.60	1.46	13.43	8.22	60.70	4.61	63.84	8.08	4.94
Zarghan N3	7.43	5.64	1.26	14.04	9.16	64.27	4.29	57.83	7.72	5.04
Flores N0	4.83	5.93	0.74	16.34	12.29	75.18	3.45	47.56	9.11	6.85
Flores N1	6.71	5.50	1.03	15.21	10.64	68.37	3.98	66.04	9.42	6.60
Flores N2	5.68	5.80	1.16	15.59	11.26	72.14	3.74	68.73	9.96	7.19
Flores N3	6.18	5.95	1.26	16.22	11.65	71.69	3.97	66.06	10.61	7.60

میانگین ستون‌های با حرف‌های متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد توسط آزمون چند دامنه دانکن هستند.

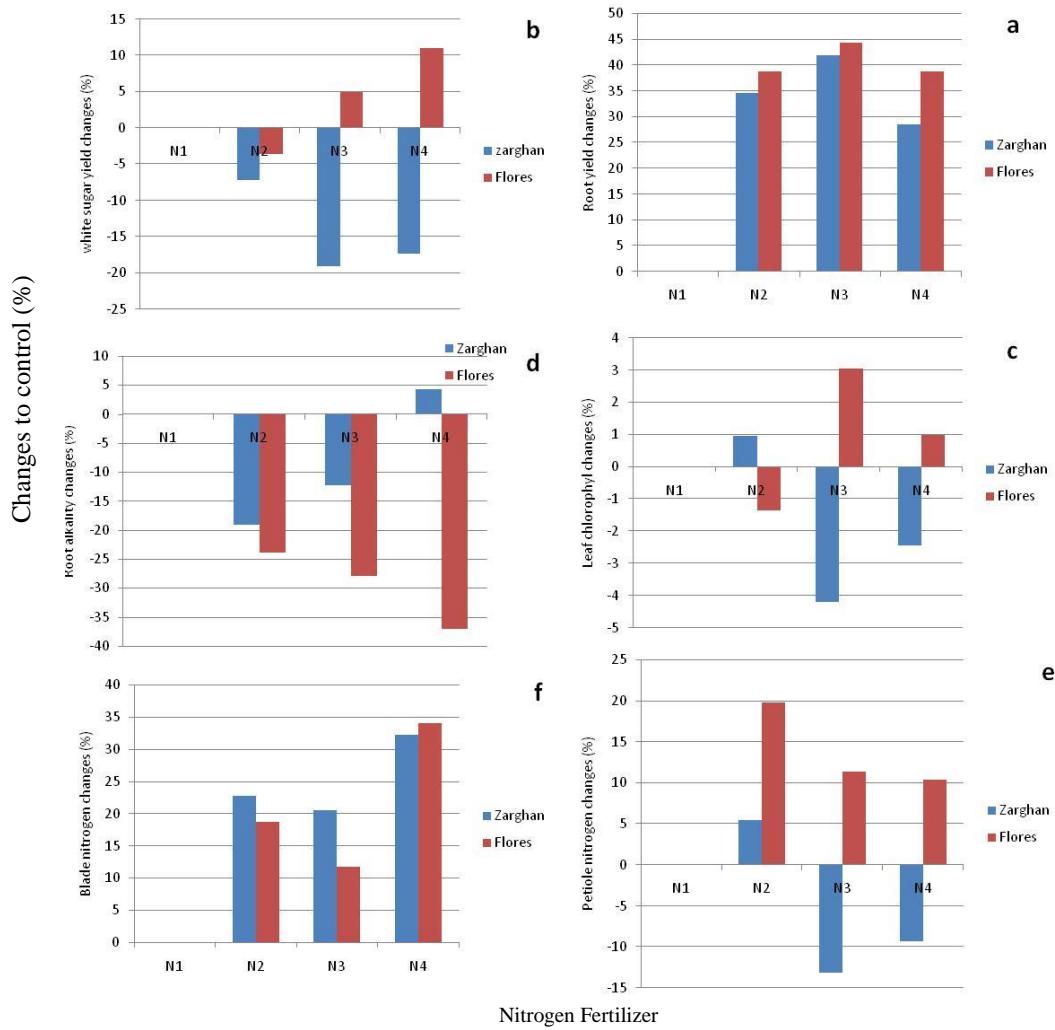
Columns with different alphabetic letters are statistically significant at  $\alpha=0.05$  based on Duncan analysis.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات نیتروژن برگ و دم‌برگ (درصد)، کل سبزینه (بدون واحد) و تابش جذب‌شده توسط چغندرقدند (مگا ژول بر مترمربع در روز) تحت تأثیر رقم و تیمارهای مختلف کود نیتروژن در طی فصل رشد بر پایه آزمون دانکن

Treatment	Total leaf Nitrogen in July	Total petiole Nitrogen in July	Total leaf Nitrogen in Nov	Total petiole Nitrogen in Nov	SPAD bottom of leaf (July)	SPAD middle of leaf (July)	SPAD top of leaf (July)	SPAD bottom of leaf (Aug)	SPAD middle of leaf (Aug)	SPAD top of leaf (Aug)	SPAD bottom of leaf (last Aug)	SPAD middle of leaf (Sep)	SPAD middle of leaf (Oct)	SPAD middle of leaf (Nov)	Absorbed PAR (July)	Total leaf Nitrogen in July	Total petiole Nitrogen in July
	%																
Zarghan	4.66	2.05	3.93	<b>2.16 a</b>	43.96	<b>44.21 b</b>	<b>47.24 b</b>	<b>51.72 b</b>	<b>52 b</b>	<b>53.8 3 b</b>	<b>43.54 b</b>	<b>45.57 b</b>	<b>47.13 b</b>	<b>51.69 b</b>			<b>579.13 a</b>
Flores	4.85	2.15	4.12	<b>1.86 b</b>	46.90	<b>48.56 a</b>	<b>53.85 a</b>	<b>57.44 a</b>	<b>57.53 a</b>	<b>61.07 a</b>	<b>48.18 a</b>	<b>54.68 a</b>	<b>52.40 a</b>	<b>59.00 a</b>			<b>509.66 b</b>
N0	<b>3.93 b</b>	<b>1.71 b</b>	<b>3.43 c</b>	1.97	<b>40.55 b</b>	<b>41.3 b</b>	<b>45.39 b</b>	<b>52.24 a</b>	<b>51.8 b</b>	<b>54.76 b</b>	<b>43.24 b</b>	<b>48.58</b>	<b>48.54 ab</b>	<b>55.52</b>			<b>436.98 b</b>
N1	<b>5.06 a</b>	<b>2.15 a</b>	<b>4.14 ab</b>	2.20	<b>47.28 a</b>	<b>48.18 a</b>	<b>51.80 a</b>	<b>54.35 ab</b>	<b>54.81 a</b>	<b>57.86 a</b>	<b>45.82 a</b>	<b>50.29</b>	<b>50.56 ab</b>	<b>55.37</b>			<b>555.36 a</b>
N2	<b>5.07 a</b>	<b>2.13 a</b>	<b>3.98 b</b>	1.92	<b>46.75 a</b>	<b>48.08 a</b>	<b>52.45 a</b>	<b>55.55 a</b>	<b>55.82 a</b>	<b>57.88 a</b>	<b>46.4 a</b>	<b>50.24</b>	<b>48.12 b</b>	<b>55.32</b>			<b>591.3 a</b>
N3	<b>4.96 a</b>	<b>2.41 a</b>	<b>4.57 a</b>	1.95	<b>47.14 a</b>	<b>47.97 a</b>	<b>52.54 a</b>	<b>56.2 a</b>	<b>56.62 a</b>	<b>59.35 a</b>	<b>48.00 a</b>	<b>51.38</b>	<b>51.84 a</b>	<b>55.17</b>			<b>593.95 a</b>
Zarghan N0	4.01	1.66	3.31	2.26	39.49	39.96	43.57	51.11	50.73	53.24	41.61	45.33	45.08	52.43			451.80
Zarghan N1	4.88	2.08	4.06	2.38	44.19	44.85	46.65	50.17	51.02	53.33	43.49	44.95	48.50	52.93			595.07
Zarghan N2	5.09	2.19	3.99	1.96	44.62	44.81	47.90	51.59	51.75	53.49	43.26	45.36	45.05	50.24			622.83
Zarghan N3	4.66	2.26	4.38	2.05	47.55	47.22	50.85	54.01	54.48	55.36	45.81	46.64	49.89	51.15			646.83
Flores N0	3.85	1.77	3.55	1.68	41.62	42.64	47.22	53.36	52.87	56.27	44.86	51.84	52.00	58.61			422.16
Flores N1	5.23	2.22	4.22	2.01	50.36	51.52	56.96	58.53	58.60	62.38	48.15	55.64	52.61	57.81			515.65
Flores N2	5.04	2.07	3.97	1.87	48.88	51.36	57.00	59.50	59.89	62.27	49.54	55.12	51.19	60.40			559.77
Flores N3	5.27	2.56	4.76	1.86	46.73	48.73	54.23	58.39	58.76	63.35	50.18	56.11	53.78	59.19			541.07

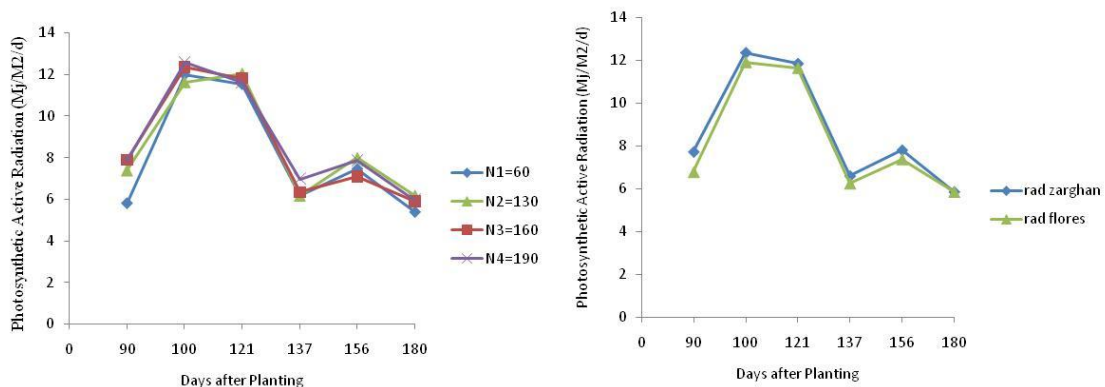
میانگین ستون‌های با حرف‌های متفاوت، دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵ درصد توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن هستند.

Columns with different alphabetic letters are statistically significant at  $\alpha=0.05$  based on Duncan analysis.



شکل ۱. درصد تغییرات عملکرد ریشه (a) ( $S\bar{x}=0.14$ )، قند خالص (b) ( $S\bar{x}=0.17$ )، سبزینه برگ (c) ( $S\bar{x}=0.60$ ) ضریب قلیابیت (آلکالیته) ریشه (d) ( $S\bar{x}=0.29$ )، نیتروژن دمبرگ (e) ( $S\bar{x}=0.46$ ) و نیتروژن پهنک (f) ( $S\bar{x}=0.35$ ) رقم زرغان و فلورس در تیمارهای مصرف کود نیتروژن شامل N2= 130, N3=160, N4=190 kg/ha نسبت به تیمار بدون مصرف کود (N1).

Figure 1. Percentage of Changes in root yield ( $S\bar{x}=0.14$ ) (a), white sugar yield ( $S\bar{x}=0.17$ ) (b), leaf chlorophyll ( $S\bar{x}=0.60$ ) (c), Root alkalinity coefficient ( $S\bar{x}=0.29$ ) (d), petiole nitrogen ( $S\bar{x}=0.46$ ) (e), blade nitrogen ( $S\bar{x}=0.35$ ) of Zarghan and Flores Varieties under different nitrogen fertilizers levels including: control (N1), N2= 130, N3= 160, N4=190 kg/ha.



شکل ۲. روند تغییرات میزان تابش فعال نورساختی جذب شده در طول فصل رشد چغندر قند رقم زرغان و فلورس (راست) و در سطوح مختلف نیتروژن (چپ)

Figure 2. Absorbed photosynthetic active radiation during sugar beet growth stage in Zarghan and Flores varieties (Right) and different nitrogen levels (Left)

جدول ۶. ضریب همبستگی بین صفات مختلف چغندر قند

Table 6. Correlation coefficient of sugar beet different traits

	sc	wsc	ecs	ms	ry	sy	wsy	shy	btn8	ptn8
Sugar	1.00									
wsc	0.994**	1.00								
ecs	0.975**	0.991**	1.00							
ms	-0.915**	-0.954**	-0.976**	1.00						
ry	-0.29	-0.34	-0.39	0.48	1.00					
sy	0.71	0.65	0.59	-0.46	0.46	1.00				
wsy	0.891**	0.860**	0.817*	-0.718*	0.17	0.945**	1.00			
shy	-0.61	-0.65	-0.66	0.713*	0.70	-0.06	-0.31	1.00		
btn8	-0.35	-0.42	-0.49	0.59	0.962**	0.38	0.08	0.743*	1.00	
ptn8	-0.25	-0.34	-0.43	0.56	0.795*	0.38	0.10	0.61	0.853**	1.00
chlmid4	-0.18	-0.11	-0.07	-0.07	0.07	-0.26	-0.18	0.18	-0.03	-0.09
chlup4	-0.20	-0.23	-0.28	0.30	0.863**	0.38	0.18	0.59	0.802*	0.720*
chllow51	-0.03	-0.06	-0.12	0.15	0.880**	0.55	0.37	0.52	0.795*	0.69
chlmid51	0.14	0.11	0.05	-0.02	0.803*	0.66	0.51	0.33	0.71	0.63
chlup51	0.41	0.39	0.33	-0.28	0.63	0.786*	0.711*	0.05	0.52	0.51
chlmid52	0.50	0.45	0.38	-0.30	0.63	0.880**	0.795*	0.07	0.55	0.54
chlup52	0.36	0.32	0.25	-0.16	0.708*	0.816*	0.70	0.21	0.61	0.67
chlmid61	0.65	0.62	0.56	-0.49	0.46	0.907**	0.885**	-0.10	0.32	0.38
chlup61	0.60	0.58	0.51	-0.46	0.48	0.872**	0.844**	-0.08	0.36	0.39
chlmid62	0.62	0.60	0.53	-0.49	0.46	0.870**	0.852**	-0.12	0.34	0.33
chlup62	-0.04	-0.06	-0.13	0.15	0.56	0.30	0.19	0.41	0.52	0.709*
chlmid7	0.49	0.45	0.37	-0.31	0.43	0.749*	0.70	0.19	0.38	0.40
chlup7	0.57	0.53	0.45	-0.39	0.34	0.755*	0.736*	0.00	0.25	0.46
chlmid8	0.70	0.69	0.64	-0.62	0.02	0.65	0.736*	-0.34	-0.12	0.09
chlup8	0.733*	0.712*	0.68	-0.60	0.37	0.929**	0.936**	-0.11	0.22	0.18
abs4	-0.834**	-0.861**	-0.859**	0.885**	0.60	-0.33	-0.58	0.812*	0.63	0.62
abs7	-0.43	-0.51	-0.61	0.70	0.723*	0.17	-0.12	0.707*	0.855**	0.782*

\* , \*\* significant in  $\alpha=0.05$  and  $0.01$  respectively (df=6)

\* و \* به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد.

درصد قند ناخالص (SC)، قند خالص (WSC)، راندمان استحصال (ecs)، ملاس (ms)، عملکرد ریشه (ry)، قند ناخالص (sy)، قند خالص (wsy)، عملکرد اندام هوایی (Shy)، نیتروژن پهنک (btn8)، نیتروژن دم‌برگ ابان ماه (ptn8)، کلروفیل SPAD (chl)، پایین برگ (low)، وسط برگ (mid)، بالا برگ (up)، تیر ماه (4)، اول مرداد (51)، آخر مرداد (52)، اول شهریور (61)، آخر شهریور (62)، مهر ماه (7)، آبان (8)، نور جذب شده (abs)

Sugar content (SC), white sugar content (WSC), extraction coefficient (ecs), molasses (ms), root yield (ry), Sugar yield (sy), white sugar yield (wsy), shoot yield (shy), blade nitrogen at Nov (btn8), petiole nitrogen at Nov. (ptn8), SPAD Chlorophyll (chl), bottom of leaf (low), middle of leaf (mid), top of leaf (up), July (4), First Aug (51), Last Aug (52), First Sep (61), Last Sep. (62), October (7), Nov. (8), Absorbed light (abs)

جدول ۷. ضریب رگرسیون. تبیین بین اعداد SPAD در بالا، وسط و پایین برگ چغندر قند در اول مردادماه با صفات مختلف بر پایه مدل‌های برازش یافته

Table 7. Regression (r) and correlation coefficients ( $R^2$ ) of SPAD read at top, middle and bottom of the sugar beet leaf in Aug with different traits based on fitted models

SPAD	Root Yield			Blade nitrogen in harvest time			petiole nitrogen in harvest time		
	( $r^2$ )	(r)	sig	( $r^2$ )	(r)	sig	( $r^2$ )	(r)	sig
Bottom of leaf	0.89	0.79	0.02	0.80	0.63	0.02	0.74	0.54	0.04
Middle of Leaf	0.84	0.72	0.04	0.71	0.50	0.05	0.66	0.43	0.07
Top of leaf	0.80	0.64	0.08	0.52	0.28	0.18	0.50	0.25	0.21

چنین نتیجه گرفت، در روندهای اصلاح رقم صفات فیزیولوژیکی می‌تواند بسیار در امر گزینش مؤثر بوده و ما را به رقم‌هایی با ظرفیت و قابلیت‌های پایدارتر برساند.

کوددهی بر پایه آزمون خاک و میزان نیتروژن نیتراستی موجود در خاک مطمئن‌ترین روش کوددهی است که افزون بر تأمین نیاز گیاه می‌تواند از کاربرد بی‌رویه کود و آلودگی زیست‌محیطی جلوگیری کرده و کام مؤثری در کشاورزی پایدار باشد. به طوری که در این پروژه نظر به اینکه میزان نیتروژن موجود در خاک

### نتیجه‌گیری

برتری یک رقم نسبت به رقم دیگر که با عملکرد نمود می‌یابد با بسیاری از صفات فیزیولوژیکی قابل توجیه است. به طوری که رقم فلورس در انتقال مواد بین منبع و مخزن و تغییر ترکیب نیتروژن برای آنزیم‌های قندسازی مؤثرتر عمل کرده بود که این امر در بیشتر بودن میزان SPAD، توانایی نورساختی، کودپذیری و بازده استحصال این رقم و کمتر بودن نیتروژن دم‌برگ در زمان برداشت، ناخالصی‌های ریشه و قند ملاس نسبت به رقم زرقان مشاهده شد. به عبارتی می‌توان

معنی‌دار (۹۰-۸۰ درصدی) عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص چغندر قند با اعداد SPAD خوانده شده در ماه‌های تیر تا مرداد مبین این ادعا بوده که می‌توان در ارزیابی رگه‌های چغندر قند از این روش استفاده کرد.

این نتایج نشان می‌دهد، از آنجاکه دستگاه سبزینه‌سنج برای اندازه‌گیری میزان سبز بودن برگ به کار می‌رود و از سویی میزان سبز بودن با میزان سبزینه برگ مربوط است، بنابراین امکان انتخاب برای تمایز ژنوتیپ‌ها بر پایه عدد SPAD وجود دارد (Hamblin *et al.*, 2014). اضافه بر این سنجش حدودی سبزینه برگ با SPAD، وراثت‌پذیری متوسطی داشته و می‌تواند در انتخاب‌ها به کار رود (Richards 2000).

در مرحله استقرار چغندر قند چنانچه عدد SPAD پایین برگ پنجم کمتر از ۴۵ باشد احتمال کاهش عملکرد وجود دارد، لذا در این مرحله می‌توان نسبت به کوددهی برای افزایش محصول اقدام کرد. البته به دست آوردن عدد دقیق SPAD برای این منظور نیاز به واسنجی روی شمار بیشتری از رقم‌ها دارد.

(تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار) زیاد بود بیشترین درصد افزایش عملکرد ریشه نسبت به تیمار شاهد، در هر دو رقم زرقان و فلورس، به ترتیب معادل ۴۲ و ۴۴/۵ درصد، مربوط به تیمار ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به دست آمد که در این سطح کود نیتروژن میزان اعداد SPAD روی برگ نیز در زمان استقرار بیشترین میزان بود.

از سویی امروزه با پیشرفت فناوری‌ها و به‌کارگیری دستگاه‌ها و روش‌های نوین می‌توان نسبت به شناخت سریع‌تر کمبودها و توصیه احتمالی کودها اقدام کرد. به علت همبستگی ۸۰ درصدی و معنی‌دار میزان SPAD در زمان استقرار با میزان نیتروژن پهنک و دمبرگ در زمان برداشت می‌توان با دستگاه سبزینه‌سنج نسبت به تعیین وضعیت نیتروژن چغندر قند در زمان استقرار و تشخیص احتمالی کمبود نیتروژن و یا دیگر عامل‌هایی که باعث ایجاد نشانه‌های همسان با کمبود نیتروژن کرده، اقدام کرد. دستگاه سبزینه‌سنج افزون بر شناسایی کمبود نیتروژن می‌تواند در شناخت رگه‌ها و رقم‌های برتر چغندر قند در مراحل استقرار بسیار مؤثر باشد. همبستگی زیاد و

## REFERENCES

1. Anonymous. (2014). Sugar yield status of sugar beet and sugar cane factories in Iran during 2014. Iranian Sugar
2. Factory Syndicate. <http://www.isfs.ir/amalkard/HTML/sugar%2093.pdf>. (in Farsi)
3. Beckova, L. & Pulkrabek, J. (2005). Evaluation of chlorophyll meter use for optimization of sugar beet nitrogen fertilizing. University of Josip Juraj Strossmayer u Osijek Croatian. Symposium on Agriculture.
4. Bremner, J. M. & Mulvaney, C. S. (1982). Total Nitrogen. P: 595-624. In: A. L. Page (Ed.). Methods of soil analysis. Part II. 2nd-Ed. Monograph- No.9. American Society of Agronomy. Madison, WI.
5. Cai, B. & Ge, J. (2004). The effect of nitrogen level on main nutrient of sugar beet. *Nature and Science*, 2(4), 79-83.
6. Caifeng, L., Fengming, M. A., Wenhua, L., Rui, W., Shengyong, Ch. & Yu, L. (2007). Regulation of sucrose synthesis activity and sugar yield by nitrogen in sugar beet. *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 04, 289-293.
7. Chen, Y. Z., Murchie, E. H., Hubbart, S., Horton, P. & Peng, S. B. (2003). Effects of season-dependent irradiance levels and nitrogen-deficiency on photosynthesis and photo inhibition in field-grown rice (*Oryza sativa*). *Physiologia Plantarum*, 117(3), 343-351.
8. Cheng, L., Fuchigami, L. H. & Breen, P. J. (2000). Light absorption and partitioning in relation to nitrogen content in 'Fuji' apple leaves. *Journal of American Society Horticulture and Science*, 125(5), 581-587.
9. Chunjiang, Z., Aning, J., Wenjiang, H., Keli, L., Liangyun, L., *et al.* (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>.
10. Evans, J. R. (1996). *Developmental constraints on photosynthesis: effects of light and nutrition*. (p. 281-304). In: Baker, N. R (Ed.). Photosynthesis and the Environment. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht the Netherlands.

11. Evans, J. R. & Terashima, I. (1987). Effect of nitrogen nutrition on electron transport components and photosynthesis in spinach. *Australian Journal of Plant Physiology*, 14, 59-68.
12. Fellows, R. J. & Geiger, D. R. (1974). Structural and physiological changes in sugar beet leaves during sink to source conversion. *Plant Physiology*, 54, 877-885.
13. Ghalambaran, M. R., Fathi, Gh. A. & Siadat, A. A. (1998). Evaluation of radiation use efficiency during soybean growth under using nitrogen fertilizer and plant pattern. In: *Proceedings of Fifth Iranian Agronomy and Plant breeding congress*. Karaj. (in Farsi)
14. Hamblin, J., Stefanova, K. & Angessa, T. T. (2014). Variation in chlorophyll content per unit leaf area in spring wheat and implications for selection in segregating material. *PLOS ONE*, 9(3), e92529. doi:10.1371/journal.pone.0092529.
15. Hughes, G., Koatin, J. D. H., Cooper, P. J. M. & Dee, N. F. (1987). Solar radiation interception and utilization by chickpea (*Cicer arietinum* L.) crops in northern Syria. *Journal of Agriculture Science*, 108, 419-424.
16. Isfan, D., Cserni, A. & Tabi, M. (1991). Genetic variation of the physiological efficiency index of nitrogen in triticale. *Journal of Plant Nutrition*, 14, 1381-1396.
17. Jaggard, K. W., Qi, A. & Ober, E. S. (2009). Capture and use of solar radiation, water and nitrogen by sugar beet (*Beta Vulgaris* L.). *Journal of Experimental Botany*, 1-7 Doi: 10.1093/jxb/rep 110.
18. Khademi, Z., Mohajermilani, P., Balali, M. R., Dorodi, M. S., Shahbazi, K. & Malakouti, M. J. (2001). *A comprehensive computer model for fertilizer recommendation towards sustainable agriculture*. Soil and Water Research Institute, Iran, Tehran. (in Farsi)
19. Khayamim, S. (2006). *Determination of sugar beet extinction coefficient and potential production at different plant density and nitrogen use levels*. Final Report of Sugar Beet Seed Research Institute. (in Farsi)
20. Khayamim, S., Mazaheri, D., Bannayan, M., Gohari, J. & Jahansooz, M. R. (2003). Determination of sugar beet extinction coefficient and radiation use efficiency at different plant density and nitrogen use levels. *Journal of Sugar Beet*, 18(1), 51-66. (in Farsi)
21. Khayamim, S., Jahad Akbar, M. R., Noshad, H., Ruzbeh, F. & Zavieh Mavadat, L. (2014). Effect of salt stress on photosynthetic components of sugar beet under greenhouse and field conditions. *Journal of Sugar Beet*, 30(1), 59-73. (in Farsi)
22. Javaheri, Sh., Abdollahian Noghabi, M., Kashani, A., Habibi, D. & Noshad, H. (2012). Using of chlorophyll meter for recognize nitrogen deficiency in sugar beet. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 7(4), 55-66. (in Farsi)
23. Magdoff, F. R., Ross, D. & Amadon, J. (1984). A soil test for nitrogen availability to corn. *Soil Science Society. American Journal*, 48, 1301-1304.
24. Marengo R.A., Antezana-vera S.A. & Nascimento H.C.S. (2009). Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species. *Photosynthetica*, 47(2), 184-190.
25. Markwell, J., Osterman, J. C. & Mitchel, J. L. (1995). Calibration of Minolta-SPAD- 502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, 46, 467-472.
26. Matsumoto, K., Ohta, T. & Tanaka, T. (2005). Dependence of stomatal conductance on leaf chlorophyll concentration and meteorological variables. *Agricultural and Forest Meteorology*, 132 (1-2), 44-57.
27. Monje, O. A. & Bugbee, B. (1992). Inherent limitation of nondestructive chlorophyll meters: A comparison of two types of meters. *Horticulture Science*, 27, 69-71.
28. MSTAT-C. (1986). *MSTAT-C A microcomputer program for the design, arrangement and analysis of agronomic research*. Michigan State University, East Lansing.
29. Muller, O., Hikosaka, K. & Hirose, T. (2005). Seasonal changes in light and temperature affect the balance between light harvesting and light utilization components of photosynthesis in an evergreen understory shrub. *Oecologia*, 143, 501-508.
30. Murdock, L., Cal, D. & James, J. (2004). Comparison and use of chlorophyll meters on wheat (reflectance vs. transmittance/absorbance). UK Cooperative extension service, University of Kentucky. College of Agriculture. Agri108:1-4.
31. Nal, A. & Gunez, A. (1995). Effects of nitrogenous fertilization on yield and nitrate accumulation in sugar beet. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 1(1), 2727-30.
32. Nascimento, H. C. S. & Marengo, R. A. (2010). SPAD-502 readings in response to photon fluence in leaves with different chlorophyll content. *Revista Ceres Vicosa*, 57(5), 614-620.
33. 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 Farsi)
34. Noshad, H., Ronaghi, A. M. & Karimian, N. A. (2001). Improvement of nitrogen fertilizer utility in corn planting with measuring soil  $\text{NO}_3$  and leaf chlorophyll. *Agriculture Science and Technology*, 5(3), 65-77. (in Farsi)

35. Posch, S., Warren, C. H., Kruse, J., Guttenberger, H. & Adams, M. A. (2008). Nitrogen allocation and the fate of absorbed light in 21-year-old *Pinus radiata*. *Tree Physiology*, 28, 375-384.
36. Richards, R. A. (2000). Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of Experimental Botany*, 51, 447-458.
37. SPSS 16. (2007). TEAM EQX 6<sup>th</sup> Birthday 1337 production. [www.ibm.com/software/analytics/SPSS](http://www.ibm.com/software/analytics/SPSS)
38. Thomas, T. H. (1999). Sugar Beet. In: Smith, D. L. & Hamel, C. (eds), *Crop Yield: physiology and process*, (p311-331) Springer.
39. Travis, R. L. & Prendergast, G. (1987). Effect of leaf sugar and starch concentration on apparent photosynthesis in Alfalfa. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 159, 51-58.
40. Ulrich, A. & Hilss, F. J. (1990). Plant analysis as an aid in fertilizing sugar beet. In: Westerman, R. L. (Ed) *Soil testing and plant analysis*. Soil Science Society of America, Madison 429-444.
41. Yousef abadi, V. & Abdollahian Noghabi, M. (2011). Effect of split application of nitrogen fertilizer and harvest time on root yield and quality characteristics of sugar beet. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(3), 521-532.