نشریه علمی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد چهاردهم، شماره ۳(۵۵)، پاییز ۱۳۹۹، صفحه ۴۰۰-۳۸۱

مقاله پژوهشی DOI: 10.30495/jcep.2020.679069

تأثیر کود نیتروژن و باکتری محرک رشد بر شاخص‌های رشد چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در کشت تأخیری

نصرت‌الله نصرت[۱]، مرتضی گلدانی[۲*] و جواد رضایی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۱ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۲

چکیده

درکشت تأخیری چغندرقند، استفاده از کود نیتروژن و باکتری محرک رشد، می‌توانند در تسریع رشد و جبران زمان از دست رفته، اهمیت زیادی داشته باشند. برای بررسی این موضوع آزمایشی در سال ۱۳۹۷ به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عامل‌های مورد مطالعه شامل تاریخ کاشت با دو سطح (تاریخ کاشت معمول و تاریخ کاشت تأخیری) به‌عنوان عامل اصلی، کود نیتروژن با دو سطح مصرف کود نیتروژن بر اساس مقدار توصیه شده (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۲۵ درصد کمتر از مقدار توصیه شده (۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل فرعی و باکتری محرک رشد با دو سطح (مایه‌زنی با باکتری و بدون باکتری) به‌عنوان عامل فرعی فرعی درنظر گرفته شدند. صفات مورد مطالعه شامل شاخص سطح‌برگ، تجمع ماده خشک کل، سرعت رشد، سرعت رشد نسبی و سرعت فتوسنتز خالص بودند. بررسی این آزمایش نشان داد بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۰۵)، ماده خشک (۲۸۹۸ گرم بر مترمربع در واحد حرارتی)، سرعت رشد، سرعت رشد نسبی و سرعت فتوسنتز خالص در هر دو تاریخ کاشت معمول و تأخیری، مربوط به تیمار کود نیتروژن براساس توصیه همراه با مایه‌زنی باکتری بودند. کمترین مقدار این صفات در هر دو تاریخ کاشت با کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر ازتوصیه با عدم مایه زنی باکتری محرک رشد به‌دست آمدند. عملکرد ریشه نیز در تیمار باکتری محرک رشد در دو تاریخ کاشت معمول و تأخیری نسبت به دیگر تیمارها به‌طور معنی‌داری ۱۰ درصد برتری نشان داد. بر این اساس، به‌نظر می‌رسد در کشت تأخیری برای جبران زمان از دست رفته در گیاه چغندرقند استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی مؤثر است.

واژگان کلیدی: تاریخ کاشت، سرعت رشد، شاخص سطح برگ، نیترو باکتری.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. (نگارنده‌ی مسئول) Goldani@um.ac.ir

۳- استادیار، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

مقدمه

تقاضای انسان برای مواد غذایی شیرین در سراسر دنیا عمومیت داشته و در حال افزایش است. محصول چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) برای بشر به‌عنوان یک منبع انرژی، حیاتی بوده و موقعیت منحصر به‌فردی را در میان سایر گیاهان زراعی برخوردار است. این محصول از نظر ارزش غذایی در ردیف گیاهانی مانند برنج، ذرت، سیب‌زمینی، حبوبات و غیره قرار دارد. ارزش زیاد چغندرقند به دلیل بازدهی بالای آن است، به‌طوری‌که گیاهان دیگر کمتر قادر هستند تا این حد انرژی خورشیدی را به‌صورت انرژی ذخیره‌ای تبدیل کنند (Rangzad *et al*., 2010). چغندرقند یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در طیف گسترده‌ای از اقلیم‌ها است. این گیاه یک محصول دوساله است اما برای تولید قند در سال اول برداشت می‌شود. دوران رشد این محصول نسبتاً طولانی است. طول این دوره معمولاً از ۱۴۰ تا ۲۰۰ روز گزارش شده است (Jafari *et al*., 2006).

مدیریت نادرست کاشت و مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد ریشه و قند این محصول به شمار می‌رود. همچنین، تاریخ کاشت یکی از مهم‌ترین عوامل مدیریتی مؤثر بر عملکرد و سایر صفات زراعی این محصول است که تأثیر زیادی در تولید چغندرقند دارد. بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که تمام خصوصیات کمی و کیفی محصولات به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط اقلیمی، شیوه‌های کشت و زمان کاشت قرار می‌گیرد (Salmasi *et al*., 2006).

مطالعات انجام شده اوزر (Ozer, 2003) و رابرتسون و همکاران (Robertson *et al*., 2004) نشان داده‌اند که تأخیر در کاشت بسیاری از محصولات منجر به کاهش عملکرد می‌شود. تاریخ کاشت زود دوره رشد را طولانی می‌سازد و این یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده تغییرات عملکرد در چغندرقند است (Draycott, 2006). نتایج حاصل از بررسی تأثیر عوامل محیطی بر رشد و عملکرد ۶ رقم چغندرقند در ۶۲ مکان مختلف نشان داده که تاریخ کاشت بیشترین تأثیر را روی ارقام این گیاه دارد. برخی از محققان معتقدند که بین کیفیت، عملکرد و تاریخ کاشت رابطه خطی وجود دارد (Lauer, 1995).

تأخیر در کاشت چغندرقند ظرفیت تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد. در تاریخ کاشت زود سرعت رشد برگ‌ها به آهستگی افزایش می‌یابد که تأثیر زیادی بر روی عملکرد گیاه دارد (Sadeghzadeh Hemaiaty, 2002). سلیمانی و همکاران (Soleymani *et al*., 2003) دریافتند که شاخص سطح برگ چغندرقند در تاریخ کاشت اول اردیبهشت با سرعت کمتری نسبت به تاریخ کاشت سوم خرداد افزایش پیدا کرد. نتایج آنها نشان داد عملکرد ماده خشک کل در تاریخ کاشت معمول به‌طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ کاشت تأخیری بود. بنابراین، مراحل رشد در تاریخ کاشت معمول نسبت به تاریخ کاشت تأخیری از انطباق بهتری با تغییرات فصلی تابش خورشید و دما برخوردار بود. در آزمایش عبدالهیان نوقابی (Abdollahian Noghabi, 2000)، دوام کمتر حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت دیر سبب کاهش تجمع ماده خشک گردید. این عکس‌العمل موجب شد که عملکرد ریشه و شکر سفید تاریخ کاشت دوم، ۲۳ درصد نسبت به تاریخ کاشت معمول کاهش یابد.

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی و عامل کلیدی در دست‌یابی به عملکرد مطلوب در

محصولات زراعی است. این عنصر در گیاهان بالاترین غلظت را داشته و گلوگاه رشد است و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد، به‌طوری‌که کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد را محدود می‌کند. مهم‌ترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان در کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژن‌دار است. بر این اساس استفاده مناسب از کودهای نیتروژن‌دار برای افزایش تولید محصول و افزایش کارایی استفاده از نیتروژن از مهم‌ترین مباحث است. نیتروژن در تمام بافت‌های گیاهی وجود داشته و ماده اصلی پروتئین‌های گیاهی را تشکیل می‌دهد (Hillel *et al*., 2005).

تأمین نیتروژن از طریق مصرف زیاد کودهای شیمیایی یکی از دلایل اصلی آلودگی چرخه آب و محیط‌زیست است. علاوه بر این، تولید نیتروژن گران و پرهزینه هست و جایگزینی آن با کودهای زیستی می‌تواند نقش مهمی را در کاهش این مشکلات بازی کند (Tilak *et al*,. 2005). در دنیا مطالعات زیادی در زمینه جبران کمبود نیتروژن از راه‌هایی غیر از کودهای شیمیایی، مانند آغشته کردن بذور با میکروارگانیسم‌هایی همچون ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم و سودوموناس صورت گرفته است (El-Fadaly *et al*., 2013). گرچه استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی قدمت زیادی دارد ولی بهره‌برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. با وجود اینکه کاربرد این کودها در چند دهه اخیر کاهش یافته ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌وجود آورده‌اند، استفاده از آنها در کشاورزی مجدداً مطرح شده و سعی بر آن است تا از پتانسیل ارگانیسم خاک و مواد آلی به‌منظور به حداکثر رساندن تولید در ضمن توجه به کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط زیست استفاده گردد (Falahi *et al*., 2009).

کاربرد کودهای بیولوژیک برای حفظ توازن بیولوژیک حاصلخیزی خاک و به حداکثر رساندن روابط بیولوژیک سیستم، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کودهای بیولوژیک به شکل مواد جامد، مایع یا نیمه جامد که دارای یک یا چند باکتری محرک رشد بوده و به‌منظور تأمین عناصر مورد نیاز گیاه، حفظ و سلامت گیاه و یا بهبود رشد و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (Roesti *et al*., 2006).

یکی از راه‌های افزایش عملکرد گیاهان، مایه زنی بذر آنها با باکتری‌های محرک رشد می‌باشد. باکتری محرک رشد گروهی از باکتری‌ها هستند که به‌طور فعال باریشه‌های گیاه همزیستی نموده و منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Falahi *et al*., 2009). از مکانیسم‌های پیشنهاد شده به‌عنوان دلایل افزایش رشد گیاهان مایه‌زنی شده با باکتری محرک رشد، افزایش مقاومت به تنش، تثبیت نیتروژن غیرهمزیستی، حلالیت فسفات غیرآلی یا دیگر مواد معدنی، افزایش دسترسی به مواد غذایی اولیه برای گیاه میزبان، بازدارندگی در برابر عوامل بیماری‌زا، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها و آنزیم‌ها و نیز رقابت با میکروارگانیسم‌های مضره را می‌توان نام برد (Roesti *et al*., 2006). کندیل و همکاران (Kandil *et al*., 2004) و پیتلارز-کوزیکا (Pytlarz-Kozicka, 2005) مصرف کود زیستی به‌صورت بذر مال در کشت چغندرقند را عامل افزایش قابل توجه در وزن خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان فتوسنتز خالص دانستند.

در ایران بخش عمده‌ای از چغندرکاری در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک انجام می‌شود که در این مناطق همواره کشت و کار با مشکل آب روبرو است. در این مناطق معمولاً آخرین نوبت آبیاری غلات که در مرحله حساس پرشدن دانه هست، با مراحل اولیه رشد چغندرقند که عمدتاً ۴ و ۶ برگی است، مصادف می‌شود. بر این اساس، به دلیل تلاقی آبیاری‌های آخر فصل کشت غلات با آبیاری‌های اول فصل زراعت چغندرقند و کمبود منابع آبی در این زمان، برخی از کشاورزان را مجبور به کشت دیرهنگام چغندرقند می‌کند. لذا هدف از این مطالعه دست‌یابی به روشی برای افزایش سرعت رشد گیاه چغندرقند در کشت‌های تأخیری است به‌گونه‌ای که تا حد امکان جبران فصل رشد از دست رفته ناشی از تأخیر در کاشت گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایشی در این طرح عبارتند از: تاریخ کاشت در دو سطح اول اردیبهشت (D_1) و ۱۵ خرداد (D_2) به‌عنوان عامل اصلی، مصرف کود نیتروژن (اوره) در دو سطح، بر اساس توصیه کودی (N_1) و ۲۵ درصد کمتر از مقدار توصیه شده (N_2) به‌عنوان عامل فرعی و نیترو باکتری محرک رشد در دو سطح بدون مایه‌زنی باکتری محرک رشد (B_1) و مایه‌زنی با باکتری محرک رشد (B_2) به‌عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شد. کشت این آزمایش با رقم چغندرقند آرتا (رقم منوژرم مقاوم به ریزومانیا و نماتد سیستی) در کرت‌هایی با ۶ خط کاشت به طول ۵ متر و با ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. به‌منظور عدم اختلاط تیمارهای کودی، بین هر دو کرت فرعی ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. قبل از کشت از خاک مزرعه آزمایشی نمونه خاک تهیه و در آزمایشگاه خاک‌شناسی مورد آزمون قرار گرفت (جدول ۱).

نیتروباکتر به مقدار ۵ لیتر در هکتار استفاده شد به‌طوری‌که در تیمارهای نیترو باکتر به مقدار ۲۵۰ سی‌سی برای هر کرت در نظر گرفته شد و به دو طریق اسپری نمودن بذر قبل از قرار دادن بذر به داخل شیار و اضافه کردن داخل آب با اولین آبیاری در داخل جوی‌ها اعمال شد. باکتری نیتروباکتر از موسسه خوشه‌پروران زیست فن‌آور تهیه شد. تیماری کودی نیتروژن (کود اوره) نیز در دو مرحله هشت برگی چغندرقند و دو هفته بعد از مرحله اول اعمال گردید. مقدار کود استفاده شده از منبع کودی اوره به‌مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس توصیه و برای تیمار ۲۵ درصد کمتر از توصیه شده به مقدار ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد.

برای بررسی روند رشد تیمارهای مختلف، بعد از مرحله ۸ برگی، هر دو هفته یک‌بار ۴ بوته از هرکرت فرعی به‌طور تصادفی از دو خط کاشت وسط کرت‌ها برداشت و برای تعیین مولفه‌های آنالیز رشد (سرعت رشد، شاخص سطح برگ، وزن خشک و فتوسنتز خالص) به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه بوته‌های چغندرقند به ریشه، دمبرگ و پهنک برگ تفکیک و در ابتدا سطح برگ‌های هر نمونه توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل LI-3100C تعیین گردید. از تقسیم سطح برگ بر سطح نمونه‌گیری، شاخص

سطح برگ به‌دست آمد. پس از این مرحله نمونه‌ها به‌صورت جداگانه برگ، ریشه و دمبرگ، به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس داخل آون خشک شدند. پس از آن وزن خشک نمونه‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم تعیین گردید. اعداد حاصل سپس برای سطح یک متر مربع تعمیم داده شد. نمونه‌برداری در طول فصل رشد برای تاریخ کاشت اول اردیبهشت در یازده مرحله و برای تاریخ کاشت تأخیری در هشت مرحله انجام شد. برای برازش معادله وزن خشک نسبت به تغییرات واحد حرارتی از تابع سیگموئیدی استفاده شد (معادله ۱):

$$Y = a/(1+b*\exp(c*x)) \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله Y ماده خشک، x واحد حرارتی و a، b و c ضرایب معادله هستند.

$$X = \sum_{n}^{1}\left(\frac{(TMax + TMin)}{2}\right) - Tb \quad \text{معادله ۲}$$

واحد حرارتی برای هر روز پس از کاشت، بر اساس معادله ۲ محاسبه گردید و مجموع واحدهای حرارتی از کاشت تا هر مرحله رشدی به‌دست آمد. در معادله ۲، TMax درجه حرارت حداکثر روزانه، TMin درجه حرارت حداقل روزانه، Tb دمای پایه صفر فیزیولوژیک چغندرقند که در این مطالعه ۳ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد و n روز nام پس از کاشت است. به‌طور جداگانه برای داده‌های ماده خشک هر تیمار با استفاده از نرم‌افزار اسلایدرایت، معادله وزن خشک برازش داده شد. سپس با مشتق‌گیری از معادله ۱، معادله سرعت رشد محصول (CGR) از طریق معادله ۳ به‌دست آمد. سایر مولفه‌های آنالیز رشد شامل سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت فتوسنتز خالص (NAR) با استفاده از معادلات زیر برآورد شدند.

معادله ۳

$$CGR = a*b*c*\exp(c*x)/((1+b*\exp(c*t)))^2$$

$$RGR = CGR/TDM \quad \text{معادله ۴}$$

$$NAR = CGR/LAI \quad \text{معادله ۵}$$

در معادلات فوق TDM ماده خشک کل و LAI شاخص سطح برگ می‌باشد.

در انتهای فصل رشد، برداشت هر یک از کرت‌های آزمایشی از سطحی معادل ۴ مترمربع از ۲ خط کشت وسط کرت‌ها و به طول ۴ متر انجام شد. بعد از برداشت، ریشه‌های چغندرقند توزین و عملکرد بر مبنای واحد سطح محاسبه شد. از هر کرت فرعی یک نمونه حدوداً ۱۵ کیلوگرمی ریشه به آزمایشگاه تجزیه کیفی بخش تحقیقات چغندرقند خراسان رضوی منتقل و خمیر ریشه‌ها توسط دستگاه خمیرگیر تهیه شدند. خمیرهای حاصل پس از انجماد، به آزمایشگاه تکنولوژی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند جهت تجزیه کیفی ارسال شد. جهت پردازش اولیه داده‌ها از نرم‌افزارهای Excel 2013 و Minitab 17 استفاده گردید و برازش معادلات با استفاده از نرم‌افزار SLIDE WRITE 4.1 انجام گرفت. منحنی‌های مربوطه نیز با نرم‌افزارExcel 2013 رسم شدند.

نتایج و بحث

در جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک کل، درصد عیار قند و عملکرد ریشه در برداشت نهایی آورده شده است. براساس این جدول اثرات متقابل معنی‌دار جهت برآورد مولفه‌های آنالیز رشد مورد استفاده قرار گرفتند.

شاخص سطح برگ LAI

تغییرات شاخص سطح برگ در تمام تیمارها دارای الگوی سیگموئیدی بود. در اوایل مرحله رشد تا ۱۰۰۰ درجه روز، شاخص سطح برگ به دلیل کوچک بودن برگ‌ها و کامل نبودن پوشش گیاهی پایین بود اما از این مرحله به بعد در تمام تیمارها رشد سریع آغاز شد و این مرحله تا رسیدن حداکثر شاخص سطح برگ ادامه یافت، پس از آن به دلیل پیر شدن برگ‌ها، روند تغییرات شاخص سطح برگ به‌صورت کاهشی بود (اشکال ۱ و ۲).

در هر دو تاریخ کاشت معمول و تأخیری در روند تغییرات شاخص سطح برگ اختلاف مشاهده گردید (شکل ۱)، به‌طوری‌که حداکثر شاخص سطح برگ (۳/۳) در تاریخ کاشت معمول در ۳۸۲۲ درجه‌روز رشد به‌دست آمد. در حالی‌که در تاریخ کاشت تأخیری حداکثر شاخص سطح برگ (۳/۴) در ۲۵۸۶ درجه‌روز رشد حاصل شد. به‌طوری‌کلی، کاشت چغندرقند در اردیبهشت ماه به دلیل کوتاه بودن طول روز و مواجه شدن گیاه با شرایط نامطلوب دمایی، شاخص سطح برگ با واحد حرارتی بیشتر به‌دست آمده است. اسکات و جاگارد (Scott and Jaggard, 1995) بیان داشتند که درجه حرارت مطلوب برای رشد برگ‌ها و بسته شدن کانوپی در چغندرقند ۱۸ تا ۲۴ درجه سلسیوس است. در تاریخ کاشت تأخیری حداکثر شاخص سطح برگ به دلیل افزایش درجه حرارت با واحد حرارتی کمتر حاصل‌شده است.

مصرف نیتروژن به میزان توصیه شده همراه با تیمار مایه‌زنی باکتری محرک رشد در حداکثر شاخص سطح برگ تأثیرگذار بوده (شکل ۲ و ۳) به‌نحوی‌که بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۰۵) مربوط به مصرف کود نیتروژن بر اساس مقدار توصیه شده همراه با مایه‌زنی باکتری محرک رشد به دست آمد، این در حالی است که کمترین شاخص سطح برگ مربوط به مصرف کود نیتروژن به مقدار توصیه‌شده و عدم مایه‌زنی باکتری محرک رشد بود. به نظر می‌رسد این موضوع به دلیل اثرات باکتری محرک رشد در طی دوره رشدی، بر رشد رویشی از طریق فراهم‌سازی هورمون‌های رشد و جذب بهتر عناصر غذایی و در نتیجه افزایش اندازه و تقسیم سلول‌های برگ و نهایتاً افزایش شاخص سطح برگ بوده است. نتایج مشابهی را آیولا و ماکینده (Ayoola and Makinde, 2007) و نعمت‌الله و همکاران (Neamatollahi *et al*., 2012) نیز گزارش کردند. بررسی نشان می‌دهند که مصرف کود نیتروژن بر اساس مقدار توصیه همراه با مایه‌زنی باکتری محرک رشد می‌تواند نتیجه بهتر را روی اندام‌های هوایی گیاه داشته باشد. کندیل و همکاران (Kandil *et al*., 2004) گزارش کردند که مصرف کود زیستی به‌صورت بذر مال در کشت چغندرقند، عامل افزایش قابل توجه در وزن خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان فتوسنتز خالص می‌باشد.

تجمع ماده خشک TDM

مکانیسم افزایش ماده خشک در طول فصل رشد در تمام تیمارها به‌صورت سیگموئیدی بود (شکل‌های ۴، ۵ و ۶). بیشترین میزان تجمع ماده خشک در طول فصل رشد در تیمارهایی اتفاق افتاد که بیشترین شاخص سطح برگ را دارا بودند. از این لحاظ پتانسیل تولیدی بیشتری برای تولید ماده خشک داشتند. در ابتدای دوره رشد مقدار و سرعت تجمع ماده خشک به دلیل کم بودن اندام‌های فتوسنتز کننده کم بوده و با گذشت زمان همراه با افزایش سطح برگ میزان فتوسنتز

گیاه افزایش یافته و روند منحنی تجمع ماده خشک سرعت بیشتری گرفت و پس از آن به دلایل مختلف مثل پیر شدن گیاه، زرد شدن برگ‌ها، افزایش تنفس گیاه به‌دلیل افزایش بافت‌های غیرفتوسنتز کننده، شیب منحنی تجمع ماده خشک به‌صورت ثابت باقی ماند (شکل‌های ۴، ۵ و ۶).

روند تغییرات تجمع ماده خشک (شکل‌های ۴، ۵ و ۶) با روند تغییرات شاخص سطح برگ (شکل ۲،۱ و۳) هم‌خوانی داشت، طوری‌که در ابتدای فصل رشد به دلیل کمی جذب نور، کمی سرعت رشد محصول و کم بودن شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک کم بود. روند رشد خطی تجمع ماده خشک در تاریخ کاشت معمول و تأخیری به ترتیب از ۱۲۰۰ و ۱۵۰۰ درجه‌روز رشد پس از کاشت تا انتهای فصل رشد با سرعت بیشتری ادامه یافت. بنابراین، بر اساس گزارش‌های فرازی (Farazi, 2018) و هافمن و کلاگ‌سورین (Hoffmann and Kluge-Severin, 2011) می‌توان چنین استدلال کرد که با افزایش شاخص سطح برگ، جذب نور و فتوسنتز گیاه افزایش‌یافته و روند تجمع ماده خشک روند خطی به خود گرفت. اما این روند در هر دو تاریخ کاشت یکسان نبود به‌طوری‌که در تاریخ کاشت تأخیری این روند شدیدتر از تاریخ کاشت معمول بود.

تیمارهای کودی نیتروژن همراه با مایه‌زنی باکتری محرک رشد در روند تجمع ماده خشک تأثیرگذارتر بودند (شکل‌های ۵ و ۶) به‌طوری‌که بیشترین تجمع ماده خشک (۲۹۸۳ گرم بر مترمربع) با ۳۹۹۰ درجه‌روز رشد از تیمار مصرف کود نیتروژن بر اساس توصیه همراه با مایه‌زنی باکتری محرک رشد به‌دست آمد و کمترین تجمع ماده خشک (۲۰۸۹ گرم بر مترمربع) با ۳۱۸۹ درجه‌روز رشد از تیمار مصرف کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از مقدار توصیه شده و عدم مایه‌زنی باکتری حاصل شد. تجمع ماده خشک تحت تاثیر باکتری محرک رشد نسبت به تیمارهای عدم مایه زنی باکتری افزایش داشت (شکل ۴). به دلیل اینکه باکتری‌های محرک رشد موجودات زنده است و جمعیت آنها در طول فصل رشد گیاه در اثر تکثیر افزایش می‌یابند، بنابراین در طول فصل رشد چغندرقند از طریق بهره‌وری خاک و فراهمی عناصر غذایی و از طرفی با افزایش تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مثل اکسین باعث تسریع رشد و در نهایت باعث تجمع بیشتر ماده خشک گردیده است. جعفرنیا (Jafarnia, 2014) نیز نتایج مشابه را گزارش کرد. الفدالی (El-Fadaly *et al*., 2013) نیز بیان کردند که تأثیر مثبت باکتری بر این صفت بیانگر توانایی میکروارگانیزم محرک رشد با افزایش بهره‌وری خاک و فراهمی عناصر غذایی و همچنین افزایش ساختار و سطح ریشه برای جذب عناصر غذایی بوده و این فرایند سبب تجمع بیشتر ماده خشک شده است.

سرعت رشد محصول CGR

بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول در هر دو تاریخ کاشت معمول و تأخیری به‌صورت سیگموئیدی بود (شکل ۷). در اوایل فصل رشد به‌دلیل کوچک بودن سطح برگ برای دریافت نور و کم بودن فتوسنتز به دلیل میزان کم نور جذب شده، میزان سرعت رشد محصول کمتر بود. با افزایش سطح برگ، جذب نور، فتوسنتز و تولید ماده خشک بیشتر شده و به تعقیب آن سرعت رشد گیاه نیز افزایش یافت. این روند در دو تاریخ کاشت اختلاف داشت به‌طوری‌که حداکثر سرعت رشد محصول در کشت تأخیری ۱/۷ گرم بر

مترمربع در واحد حرارتی و در تاریخ کشت معمول ۱ گرم بر متر مربع در واحد حرارتی بود. با گذشت زمان به دلیل پیر شدن برگ‌ها و کاهش فتوسنتز، سرعت رشد محصول روند کاهشی داشت. به نظر می‌رسد این روند تغییرات با افزایش میزان تنفس نسبت به فتوسنتز کاهش شدیدتر سرعت رشد محصول را در پی داشته است. در آخر فصل رشد، با خنک شدن هوا در پاییز از میزان تنفس کاسته شده و روند تغییرات رشد محصول با آهنگ کمتری دیده شد. بررسی نشان داد که سرعت رشد محصول تحت تأثیر تیمارهای کود نیتروژن با تیمار مایه‌زنی باکتری قرار گرفت (شکل ۸ و ۹). حداکثر سرعت رشد محصول (۱/۸ گرم در متر مربع در واحد حرارتی) از تیمار مصرف کود نیتروژن براساس مقدار توصیه شده همراه با مایه‌زنی باکتری در کشت معمول به‌دست آمد و کمترین سرعت رشد (۱/۴ گرم بر مترمربع در واحد حرارتی) از تیمار مصرف کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از مقدار توصیه شده و عدم مایه‌زنی باکتری حاصل شد. تیلاک و همکاران (Tilak *et al.*, 2005) گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد از طریق بهبود شرایط و یا از طریق تولید مواد آنتاگونیست و یا القای مقاومت علیه پاتوژن‌های گیاهی مستقیماً رشد گیاه را حمایت می‌کنند. اکبری و همکاران (Akbari *et al.*, 2009) نیز بیان کردند که ترکیبات آلی رها شده توسط ریشه گیاه و باکتری محرک رشد، از طریق جذب مواد غذایی، مواد تقویت کننده رشد و هورمون‌های تولید شده توسط باکتری‌های ریزوسفیر سرعت رشد گیاه را از ۵ تا ۱۵ درصد افزایش دادند. جعفرنیا (Jafarnia, 2011) نیز گزارش کرد که باکتری محرک رشد سرعت، رشد گیاه آفتاب‌گردان را ۱۰ تا ۱۵ درصد افزایش داد.

سرعت رشد نسبی RGR

با توجه به شیب نزولی تغییرات در هر دو تاریخ کاشت معمول و تأخیری، سرعت رشد نسبی را می‌توان به سه مرحله تقسیم کرد. در تاریخ کاشت معمول مرحله اول تا حدود ۱۸۰۰ درجه روز رشد و در تاریخ کاشت تأخیری تا حدود ۱۵۰۰ درجه‌روز رشد پس از کاشت این مرحله ادامه داشت، که می‌تواند به علت کم بودن شاخص سطح برگ، کم بودن سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر روی برگ‌های پایینی و همچنین کم بودن بافت‌های غیرفتوسنتزی باشد (شکل ۱۰). در مرحله دوم سرعت رشد نسبی روند نزولی خطی به خود گرفت که می‌تواند به دلیل تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به برگ باشد. این مرحله در تاریخ کاشت معمول تا حدود ۳۸۰۰ درجه روز رشد و در تاریخ کاشت تأخیری تا حدود ۳۵۰۰ درجه روز رشد ادامه داشت در مرحله سوم روند نزولی سرعت رشد نسبی با آهنگ کمتری نسبت به مرحله دوم اتفاق افتاد که می‌تواند به علت کاهش شاخص سطح برگ نسبت به مرحله قبلی باشد (شکل ۱۰). پارسا و همکاران (Parsa *et al.*, 2011) و مالنو و همکاران (Malnou *et al.*, 2008) بیان داشتند که در اوایل فصل رشد میزان سرعت رشد نسبی به علت نفوذ نور به داخل جامعه گیاهی، سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها و در نتیجه تنفس کمتر، بالاتر بوده، اما با افزایش سن گیاه سرعت رشد نسبی گیاه کاهش می‌یابد، زیرا بخش‌های که به گیاه افزوده می‌شود، بیشتر بافت‌های ساختمانی هستند که از لحاظ متابولیکی فعال نبوده و در فتوسنتز نقش ندارند.

این بررسی نشان داد تیمار مصرف کود نیتروژن بر اساس مقدار توصیه شده همراه با تیمار مایه‌زنی باکتری روی سرعت رشد نسبی تأثیر

بیشتری نسبت به دیگر تیمارها داشت و کمترین تأثیر روی سرعت رشد نسبی از تیمار مصرف کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از مقدار توصیه شده همراه با مایه‌زنی باکتری حاصل شد (شکل ۱۱ و ۱۲).

سرعت فتوسنتز خالص NAR

با گذشت زمان وزن خشک کل گیاه (شکل ۶) و شاخص سطح برگ (شکل ۳) افزایش یافت. ولی عمده افزایش وزن خشک مربوط به بافت‌هایی است که از حالت متابولیکی به حالت ساختمانی و ذخیره‌ای تبدیل شده و فعالیت خود را از دست داده‌اند. افزایش شاخص سطح برگ اگرچه باعث افزایش فتوسنتز کل گیاه می‌شود ولی به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر، یک سری از برگ‌ها در سایه برگ‌های دیگر قرار گرفته و قادر نخواهند بود نور کافی حتی برای تأمین مواد فتوسنتزی موردنیاز خود را تأمین کنند و به‌صورت انگل درمی‌آیند. لذا این امر موجب کاهش سرعت فتوسنتز خالص در آنها می‌شود. البته در انتهای دوره رشد به‌دلیل ریزش برگ‌های پیر، مقدار سرعت فتوسنتز خالص، آن‌هم به میزان ناچیز، افزایش یافت (Hoffmann and Kluge-Severin, 2011). این بررسی نشان می‌دهد که روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص در تاریخ کاشت تأخیری نسبت به تاریخ کاشت معمول به دلیل بالا بودن سرعت رشد گیاه کند بود (شکل ۱۳).

سرعت فتوسنتز خالص در تمام تیمارها را می‌توان در سه فاز تقسیم کرد (شکل ۱۴، ۱۳ و ۱۵). فاز اول در اوایل فصل رشد است که روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص نزولی بود و تا حدود ۱۰۰۰ درجه‌روز رشد این روند ادامه داشت. در فاز دوم، تا حدود ۲۵۰۰ درجه روز رشد این روند تا حدودی افزایشی بود. در فاز سوم به‌دلیل پیر شدن گیاه، ریزش برگ‌ها و افزایش اندام‌های غیرفتوسنتزی روند تغییرات شکل نزولی به خود گرفت. این روند تغییرات سرعت فتوسنتز خالص در تیمار مصرف کود نیتروژن بر اساس مقدار توصیه شده همراه با مایه‌زنی باکتری نسبت به دیگر تیمارها به دلیل داشتن اندام‌های هوایی زیاد بیشتر بود (شکل ۱۴ و ۱۵). بنابراین، می‌توان چنین استدلال کرد که تأثیر باکتری محرک رشد روی شاخص سطح برگ، باعث جذب نور بیشتر و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه شده است. کندیل و همکاران (Kandil *et al.*, 2004) مصرف کود زیستی به‌صورت بذر مال در کشت چغندرقند را عامل افزایش قابل توجه در وزن خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و میزان فتوسنتز خالص دانستند.

عملکرد غده

بر اساس تجزیه واریانس اثری باکتری محرک رشد برای عملکرد در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌جز تیمار باکتری هیچ‌یک از تیمارهای دیگر روی عملکرد چغندرقند بر اساس آزمون دانکن در این آزمایش معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار تلقیح باکتری نسبت به عدم تلقیح باکتری عملکرد غده را در هر دو تاریخ کاشت معمولی و تأخیری به ترتیب به مقدار ۳ درصد و ۱۵ درصد در هکتار افزایش داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد باکتری محرک رشد با تثبیت نیتروژن بیشتر و همچنین متعادل کردن جذب عناصر غذایی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه و با سنتز و ترشح مواد محرک رشد نظیر انواع هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین موجب رشد و توسعه غده چغندرقند گردیده و از این طریق باعث افزایش ساختار و جذب مواد غذایی شده و تأثیر خود را در

افزایش عملکرد غده نشان داده است. ال فدالی و همکاران (El-Fadaly *et al.*, 2013) نیز گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد گیاه در منطقه ریزوسفر از طریق مکانیسم‌های مختلفی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند. مکانیسم‌های تأثیرگذاری این باکتری‌ها مانند تثبیت بیولوژیک نیتروژن، تولید هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکنین‌ها و افزایش جذب عناصر غذایی برای گیاه، کنترل عوامل بیماری‌زا و تغییر در مورفولوژی غده به اثبات رسیده است.

عیار قند

نتایج تجزیه واریانس نشان دادند که اثرات متقابل باکتری در تاریخ کاشت بر عیار قند در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین عیار قند در هر دو تاریخ کاشت معمولی (اول اردیبهشت) و تأخیری (۱۵ هم خرداد) نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتری برتری داشت و مقایسه میانگین‌ها برای هر دو سطوح تاریخ کاشت بر اساس پنج درصد نیز معنی‌دار بود (جدول ۳) اما تأثیر باکتری محرک رشد در تاریخ کاشت تأخیری بیشتر از تاریخ کاشت معمولی بود. به نظر می‌رسد کاهش عیار قند در کشت معمولی نسبت به کشت تأخیری در اثر طولانی شدن دوره رشد در اواخر فصل رشد باشد چون در اواخر فصل رشد برگ‌های پیر از بین رفته و برگ‌های جدید تولید شدند و برای افزایش رشد برگ‌های جدید کربوهیدرات بیشتری از غده مصرف گردیده که در نتیجه باعث کاهش عیار شکر در غده چغندرقند گردیده است.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که اثرات مثبت باکتری محرک رشد با عامل کود نیتروژن بر اساس توصیه نسبت به دیگر تیمارها روی شاخص‌های رشد، عملکرد ریشه و قند چغندرقند در شرایط آزمایش حاضر، نتیجه بهتری داشته است. بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۰۵)، ماده خشک (۲۸۹۸ گرم بر مترمربع در واحد حرارتی)، سرعت رشد، سرعت رشد نسبی و سرعت فتوسنتز خالص در هر دو تاریخ کاشت معمول و تأخیری، مربوط به تیمار کود نیتروژن بر اساس توصیه همراه با مایه‌زنی باکتری بود. کمترین مقدار این صفات در هر دو تاریخ کاشت با کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از توصیه با عدم مایه‌زنی باکتری محرک رشد به‌دست آمد. بنابراین، بر اساس نتایج این آزمایش با به‌کارگیری باکتری محرک رشد و کود نیتروژن بر اساس توصیه، می‌توان تأخیر در کاشت را جبران کرد. با توجه به اینکه اکثر کشاورزان در کشت تاخیری چغندرقند، سعی دارند که با مصرف آب و کود شیمیایی بیشتر جبران زمان از دست رفته را بکنند، لذا بر اساس نتایج آزمایش حاضر می‌توان در مصرف آب و کودهای شیمیایی صرفه‌جویی کرد و سبب کاهش آلودگی محیط‌زیست شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

Table 1- Some Characteristics of Soil Field of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

pH	$EC_{ds/m}$	N%	P mg/kg	K mg/kg	OC%	OM%	Texture **بافت خاک**
8.11	0.85	72	12.5	387	0.85	1.45	silty clay loam **سیلتی- رسی- لومی**

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات شاخص سطح برگ و وزن خشک کل بوته در برداشت نهایی

Table 2- Analysis of variance of sugar beet leaf area index and dry matter at final harvest

S.O.V. **منابع تغییرات**		df **درجه آزادی**	LAI **سطح برگ**	TDM **وزن خشک کل بوته**	Sugar content عیار قند	Root Yield عملکرد ریشه
Replication	**تکرار**	2	0.30*	22744.97 ns	8.29**	208641239*
Date	**تاریخ**	1	0.01 ns	112530.44 ns	2.43**	16235327.6 ns
Error	**خطای ۱**	2	3.85	844819.60	11.19	179328899
N Fertilizer	**کود نیتروژن**	1	0.48*	1000967.90**	1.33*	935952.6 ns
D×N	**کودنیتروژن × تاریخ**	1	0.32 ns	656952.23*	0.02ns	76735596.7 ns
Error	**خطای ۲**	1	0.41	200362.80	1.26	18717371.3
Bacteria	**باکتری**	1	0.28 ns	1147234.60**	0.29ns	220615232.2*
D×B	**باکتری × تاریخ**	1	0.34 ns	145126.60 ns	1.83*	8072342.4 ns
N×B	**باکتری × کود**	1	1.57**	369800.67 ns	4.62**	ns477696.5
N×D×B	**باکتری × تاریخ × کود**	1	1.32**	400357.23 ns	0.72ns	27596497.2 ns
Error	**خطای کل**	8	0.70	83978.69	0.20	40193422
C.V.	**ضریب تغییرات** (٪)		10.11	12.62	13.34	9.90

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns, represent significant at the 5% and 1% probability levels and non-significant.

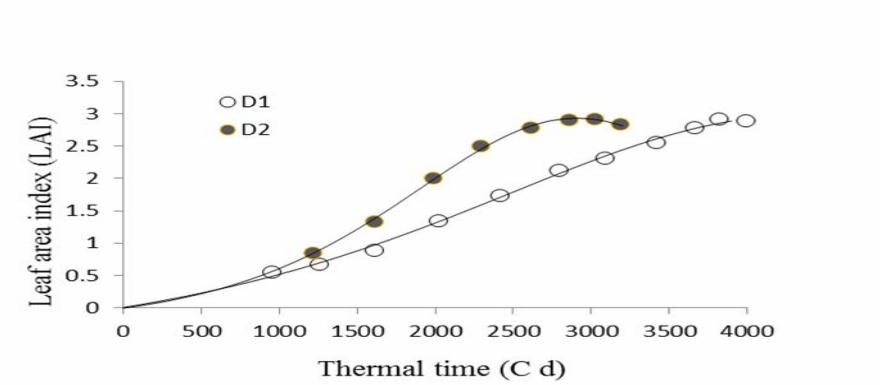
جدول ۳ - مقایسه میانگین صفات عملکرد ریشه و درصد عیارقند بر اساس برداشت نهایی ریشه چغندرقند

Table 3- Comparison of the mean of root yield and sugar content at harvest

		درصد عیار قند Sugar content (%)	**عملکرد ریشه** Root Yield(kg/ha)
تاریخ کاشت Planting date	**معمولی** Regular	13.33 a	64819 a
	تأخیری delayed	13.98 a	63174 a
کود نیتروژنه Nitrogen	**بر اساس توصیه** recommendation	13.41 a	64194 a
	۲۵٪کمتر از توصیه 25% less than recommendation	13.89 a	63799 a
باکتری Bacteria	**بدون باکتری** without bacteria	13.56 b	60965 b
	تلقیح باکتری with bacteria	14.13 a	67028 a

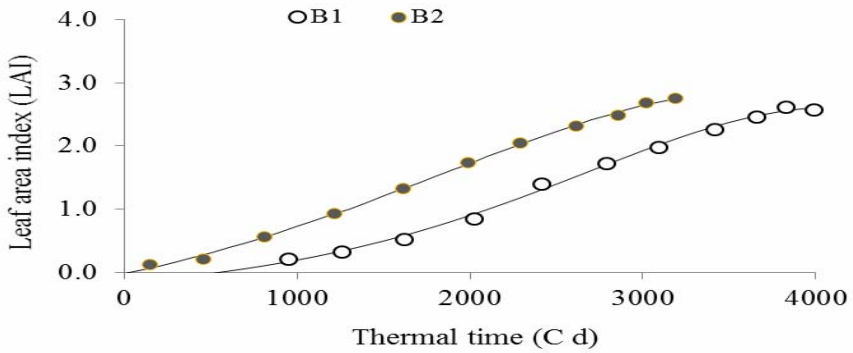
میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون به لحاظ آماری در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارد.

Means that have a common letter, have not significantly different together at 5%.



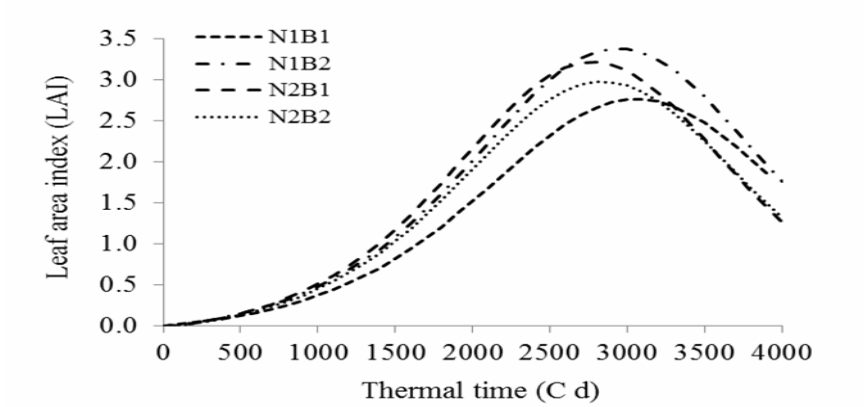
شکل ۱- شاخص سطح برگ (LAI) در دو تاریخ کاشت (D_1) تاریخ کاشت معمولی و (D_2) تاریخ کاشت تأخیری

Figure 1- Leaf area index (LAI) in two planting dates (D_1) of the Regular planting date and (D_2) the delayed planting date.



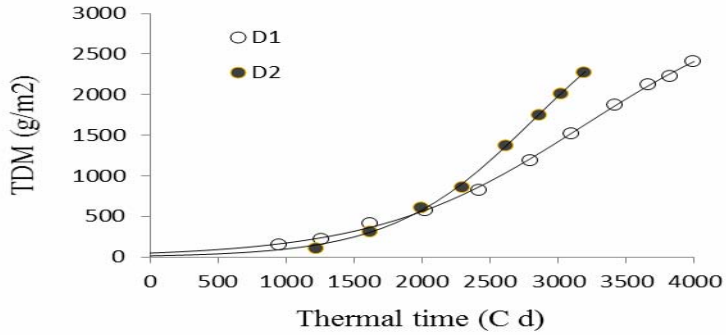
شکل ۲- شاخص سطح برگ (LAI) در تیمارهای بدون باکتری محرک رشد (B_1) و مایه‌زنی با باکتری محرک رشد (B_2)

Figure 2- Leaf area index (LAI) for without growth-promoting bacteria (B_1) and inoculation with growth-promoting bacteria (B_2) treatments



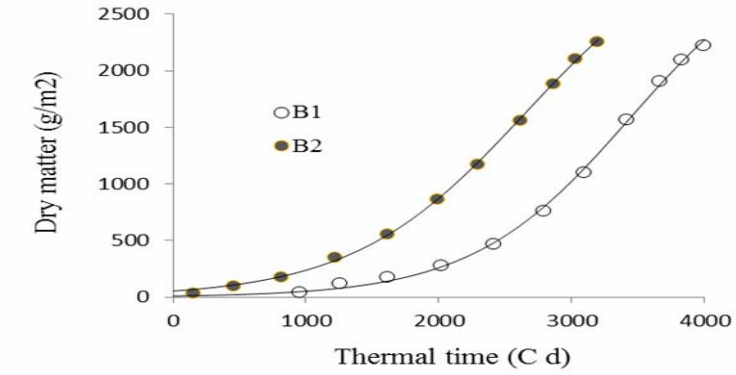
شکل ۳- شاخص سطح برگ (LAI) در تیمارهای کود نیتروژن بر اساس توصیه + بدون مایه‌زنی باکتری N_1B_1، کود نیتروژن بر اساس توصیه + مایه زنی باکتری N_1B_2، کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از توصیه + بدون مایه زنی باکتری N_2B_1، کود نیتروژن ۲۵ کمتر از توصیه + مایه زنی باکتری N_2B_2

Figure 3- Leaf area index (LAI) for nitrogen fertilizer treatments based on recommendation without inoculation of bacteria (N_1B_1), application nitrogen fertilizer based on recommendation with bacterial inoculation (N_1B_2), application of nitrogen fertilizer 25% less than recommendation without inoculation of bacterial (N_2B_1), application nitrogen fertilizer 25% less than Recommendation with bacterial inoculation (N_2B_2)



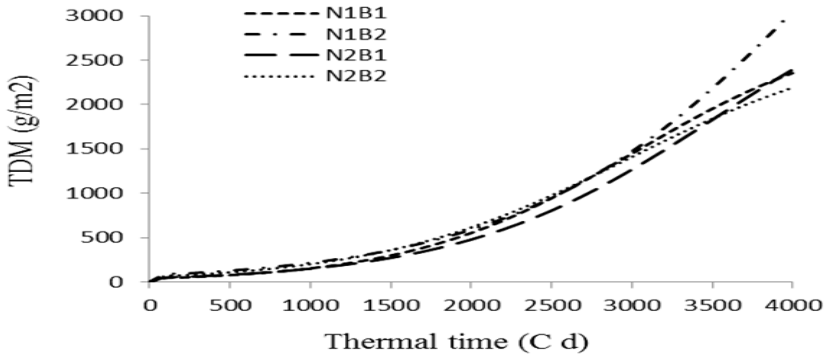
شکل ۴- تجمع ماده خشک کل (TDM) در دو تاریخ کاشت معمول (D_1) و تاریخ کاشت تأخیری (D_2)

Figure 4- Total dry matter (TDM) for two planting dates, regular planting date (D_1) and delayed planting date (D_2)



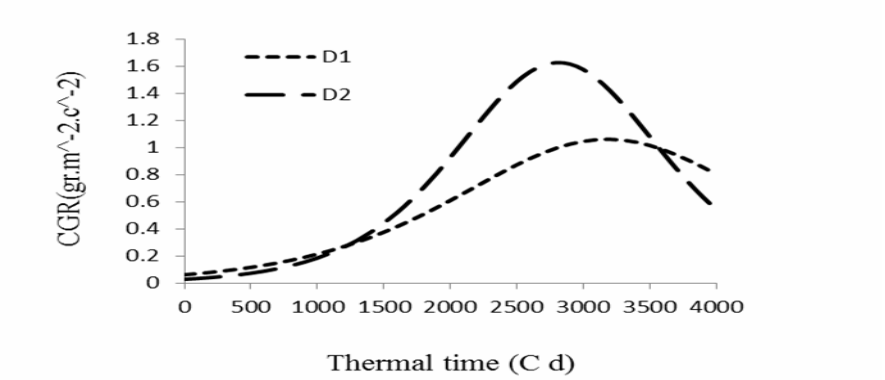
شکل ۵- تجمع ماده خشک کل (TDM) در بدون باکتری محرک رشد (B_1) و مایه زنی با باکتری محرک رشد (B_2)

Figure 5- Total dry matter (TDM) for treatment without growth-promoting bacteria (B_1) and inoculation with growth-promoting bacteria (B_2)



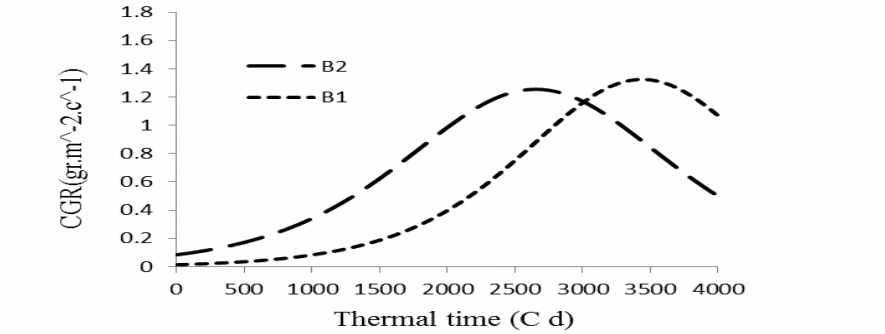
شکل ۶- ماده خشک تجمعی کل (TDM) طی فصل رشد در تیمارهای کود نیتروژن بر اساس توصیه بدون مایه زنی باکتری (N_1B_1)، کود نیتروژن بر اساس توصیه با مایه زنی باکتری (N_1B_2)، کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از توصیه بدون مایه زنی باکتری (N_2B_1)، کود نیتروژن ۲۵ کمتر از توصیه با مایه زنی باکتری (N_2B_2)

Figure 6- Total dry matter (TDM) for nitrogen fertilizer treatments based on recommendation without inoculation of bacteria (N_1B_1), application nitrogen fertilizer based on recommendation with bacterial inoculation (N_1B_2), application of nitrogen fertilizer 25% less than recommendation without inoculation of bacterial (N_2B_1), application nitrogen fertilizer 25% less than recommendation with bacterial inoculation (N_2B_2)



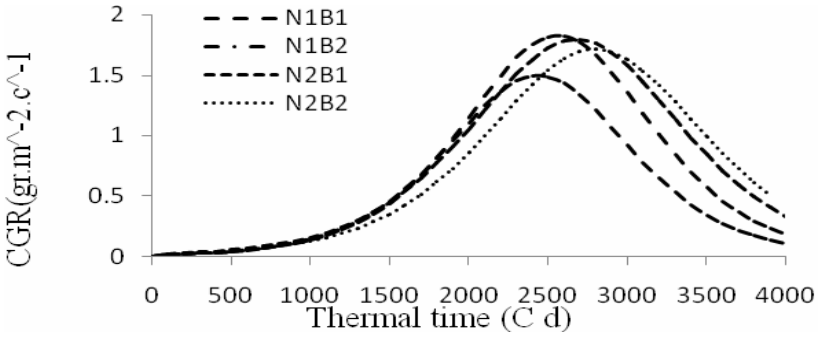
شکل ۷- سرعت رشد محصول (CGR) در تاریخ کاشت معمول (D_1) و تاریخ کاشت تأخیری (D_2)

Figure 7- Crop growth rate (CGR) for regular planting date (D_1) and delayed planting date (D_2)



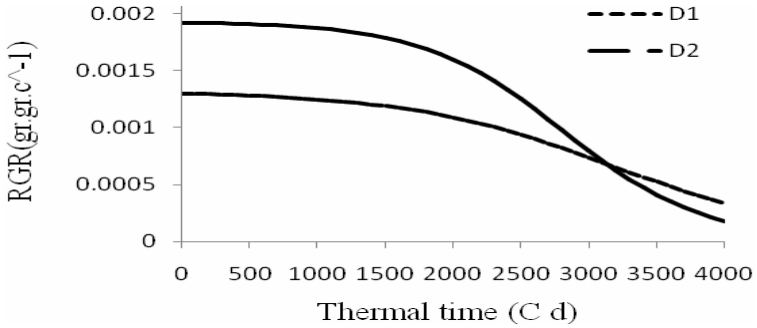
شکل ۸- سرعت رشد محصول (CGR) در تیمار بدون باکتری محرک رشد (B_1) و مایه زنی با باکتری محرک رشد (B_2)

Figure 8- Crop growth Rate (CGR) for treatment without growth stimulating bacteria (B_1) and inoculation with growth stimulating bacteria (B_2)



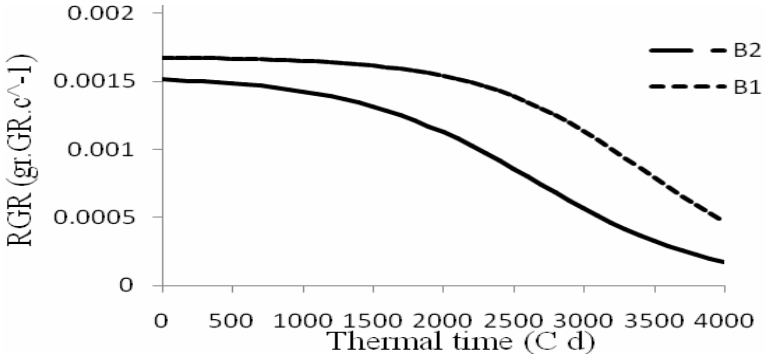
شکل ۹- سرعت رشد (CGR) طی فصل رشد در تیمارهای کود نیتروژن بر اساس توصیه بدون مایه زنی باکتری (N_1B_1)، کود نیتروژن بر اساس توصیه با مایه زنی باکتری (N_1B_2)، کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از توصیه بدون مایه زنی باکتری (N_2B_1)، کود نیتروژن ۲۵ کمتر از توصیه با مایه زنی باکتری (N_2B_2)

Figure 9- Crop growth rate (CGR) for nitrogen fertilizer treatments based on recommendation without inoculation of bacteria (N_1B_1), application nitrogen fertilizer based on recommendation with bacterial inoculation (N_1B_2), application of nitrogen fertilizer 25% less than recommendation without inoculation of bacterial (N_2B_1), application nitrogen fertilizer 25% less than recommendation with bacterial inoculation (N_2B_2)



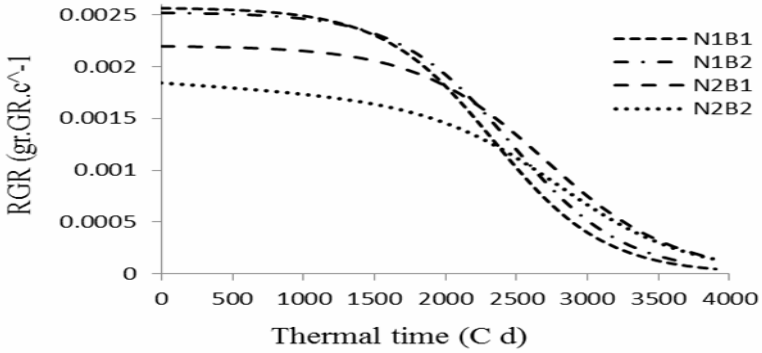
شکل ۱۰- سرعت‌رشدنسبی (RGR) در تاریخ کاشت معمول (D_1) و تاریخ کاشت تأخیری (D_2)

Figure 10 - Relative growth rate (RGR) for regular planting date (D_1) and delayed planting date (D_2)



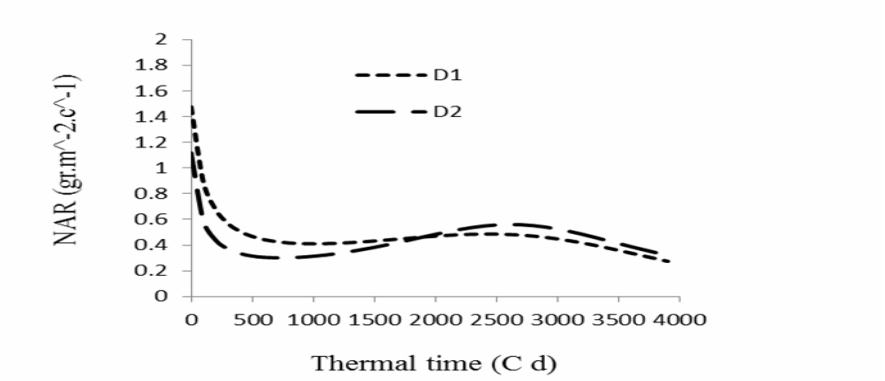
شکل ۱۱- سر عت رشد نسبی (RGR) در تیمار بدون باکتری محرک رشد (B_1) و مایه زنی با باکتری محرک رشد (B_2)

Figure 11 - RGR in for treatment without growth stimulating bacteria (B_1) and inoculation with growth stimulating bacteria (B_2)



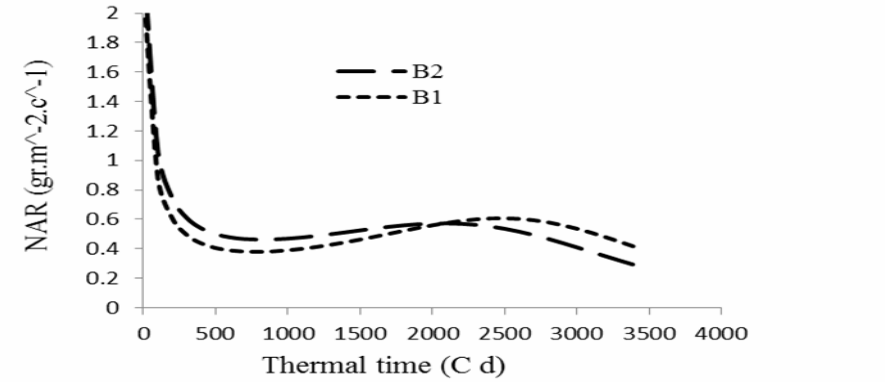
شکل ۱۲- سرعت رشد نسبی (RGR) طی فصل رشد در تیمارهای کود نیتروژن بر اساس توصیه بدون مایه زنی باکتری (N_1B_1)، کود نیتروژن بر اساس توصیه با مایه زنی باکتری (N_1B_2)، کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از توصیه بدون مایه زنی باکتری (N_2B_1)، کود نیتروژن ۲۵ کمتر از توصیه با مایه زنی باکتری (N_2B_2)

Figure 11 - RGR for nitrogen fertilizer treatments based on recommendation without inoculation of bacteria (N1B1), application nitrogen fertilizer based on recommendation with bacterial inoculation (N1B2), application of nitrogen fertilizer 25% less than recommendation without inoculation of bacterial (N2B1), application nitrogen fertilizer 25% less than recommendation with bacterial inoculation (N2B2)



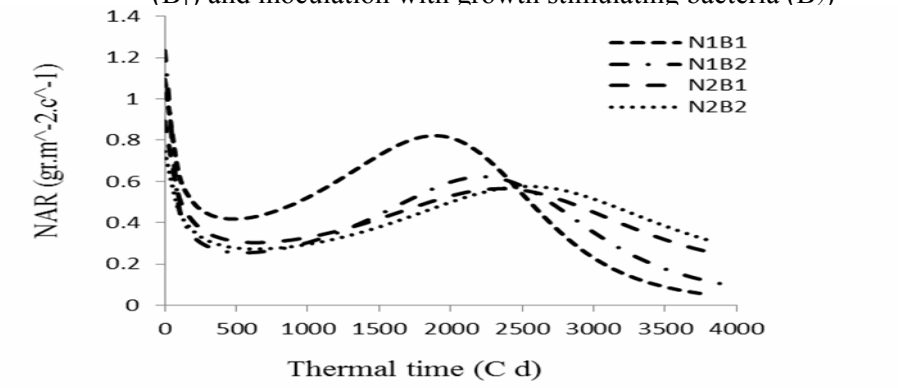
شکل ۱۳- مقایسه سرعت فتوسنتز خالص (NAR) در تاریخ کاشت معمول (D_1) و تاریخ کاشت تأخیری (D_2)

Figure 13 - Net assimilation rate (NAR) for regular planting date (D_1) and delayed planting date (D_2)



شکل ۱۴- مقایسه سرعت فتوسنتز خالص(NAR) در تیمار بدون باکتری محرک رشد (B_1) و مایه زنی با باکتری محرک رشد (B_2)

Figure 14- Net assimilation rate (NAR) for treatment without growth stimulating bacteria (B_1) and inoculation with growth stimulating bacteria (B_2)



شکل ۱۵- سرعت فتوسنتز خالص (NAR) طی فصل رشد در تیمارهای کود نیتروژن بر اساس توصیه بدون مایه زنی باکتری (N_1B_1)، کود نیتروژن بر اساس توصیه با مایه زنی باکتری (N_1B_2)، کود نیتروژن ۲۵ درصد کمتر از توصیه بدون مایه زنی باکتری (N_2B_1)، کود نیتروژن ۲۵ کمتر از توصیه با مایه زنی باکتری (N_2B_2)

Figure 15. Net assimilation rate (NAR) for nitrogen fertilizer treatments based on recommendation without inoculation of bacteria (N_1B_1), application nitrogen fertilizer based on recommendation with bacterial inoculation (N_1B_2), application of nitrogen fertilizer 25% less than recommendation without inoculation of bacterial (N_2B_1), application nitrogen fertilizer 25% less than recommendation with bacterial inoculation (N_2B_2)

References منابع مورد استفاده

- Abdollahian Noghabi, M. 2000. The effect of drought stress and re-irrigation on the dry matter partitioning of three sugar beet cultivars. The 6th Iranian Crop Science Congress Proceeding. University of Mazandaran. (In Persian).
- Akbari, P., A. Ghalavand, and S.A.M. Modarres Sanavy. 2009. Effects of differentnutrition systems and bio fertilizer (PGPR) on phenology period yield and yieldcomponents of sunflower (*Helianthus annuus* L). *Electronic Journal of Crop Production.* 2(3): 119-134. (In Persian).
- Ayoola, O.T., and E.A. Makinde. 2007. Complementary organic and inorganic fertilizerapplication: influence on growth and yield of cassava/maize/melon intercrop withrelayed cowpea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.* 1(3): 187-192
- Draycott. AP. 2006. Sugar beet. First Edition. Blackwell. Publishing. Oxford, UK. 474 p.
- El-Fadaly, H.A., I.H. El-Geddawy, F. El-Hawary, and A. Ebrahim. 2013. Enumeration of rhizobacteria count and growth criteria of sugar beet plant as affected by biofertilization. *Egyption Journal of Agricultural Research*. 91(2): 657-673.
- Falahi, J., A. Kocheki, and M.P. Rezwani. 2009. Investigation of the effect of biological fertilizers on the quantitative and qualitative function of german chamomile (*Matricaria chamomilla*). *Iranian Journal of Crops Research*. (1).135 – 137. (In Persian).
- Farazi, M. 2018. Investigating the effect of silicon and potassium spraying in addition to potassium soil use on quantitative and qualitative yield of sugar beet. (*Beta vulgaris* L.) under moisture stress conditions. Ph.D. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
- Hoffmann, C.M., and S. Kluge-Severin. 2011. Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. *Europian Journal of Agronomy*. 34: 1–9.
- Hillel, D.J., L. Hatfield, D.S. Powlson, C. Rosezweig, K.M. Scow, M.J. Singer, and D. Sparks. 2005. Encyclopedia of soils in the environment. Volums 1-4. Elsevier Academic press, oxford, UK.
- Jafarnia, B. 2014. The impact of plant density, N-fertilizer levels and bio-fertilizer on quantitative and qualitative characters of sugar beet (*Beta vulgaris* L). Ph.D. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.
- Jafari, A., S.S. Mohtasebi, H.E. Jahromi, and M. Omid. 2006. Weed detection in sugar beet fields using machine vision. *Internatinal Journal of Agriculture and Biology*. 8(5): 602-605.
- Kandil, A.A., M.A. Badawi, S.A. El-Mousry, and U.M.A. Abdou. 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and bio-fertilization treatments on growth attributes of sugar beet (*Beta vulgaris*, L.). *Scientific Journal of King Faisal University.* 5(2): 227-237.
- Lauer, J.G. 1995. Plant density and nitrogen rate effects sugar beet yield andquality early in harvest. *Argonomy Journal*. 87: 586-591.

- Malnou, C.S., K.W. Jaggard, and D.L. Sparkes. 2008. Nitrogen fertilizer and the efficiency of the sugar beet crop in late summer. *Europian Journal of Agronomy.* 28: 47-56.
- Neamatollahi, E., M. Bannayan, M.R. Jahansuz, P. Struik, and A. Farid. 2012. Agro-ecological zoning for wheat (*Triticum aestivum*), sugar beet (*Beta vulgaris*) and corn (*Zea mays*) on the Mashhad plain, Khorasan Razavi province. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. 15: 99–112
- Ozer. H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars**.** *European Journal of Agronomy.* 19: 453-463.
- Pytlarz-Kozicka, M. 2005. The effect of nitrogen fertilization and antifungal plant protection on sugar beet yielding. *Plant Soil Environment*. 51(5): 232-236.
- Parsa, M., A. Ganjali, A. Rezaeian Zadah, and A. Nezami. 2011. Effect of supplemental irrigation on performance and growth indices of three chickpea cultivars in Mashhad. *Iranian Journal of Agricultural Research.* 9(3):321-310. (In Persian).
- Rangzad, L., R.A. Mohammadi, and J. Ajeli. 2010. Investigation the effect of different sources and amounts of nitrogen fertilizers on sugar beet quality. Thesis of Shiraz Islamic Azad University. (In Persian).
- Robertson, M.J., J.F. Holland, and R. Bambach. 2004. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44: 43-52.
- Roesti, D. R. Gaur, B. Johri, G. Imfeld, S. Sharma, K. Kawaljeet, and M. Aragno. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio inoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil of Biological and Biochemistry*. 38: 1111–1120. (In Persian).
- Sadeghzadeh Hemaiaty, S. 2002. Agroclimatical analysis of sugar beet monogerm hybrid seed production in Ardabil region at 2001 growing season – with emphasis on effect of planting date upon yield and its quantitative components. *Journal of Sugar Beet*. 17(2): 70-85. (In Persian).
- Salmasi, S.Z., K.G. Golez, and S. Moghbeli. 2006. Effect of sowing date and limited irrigation on the seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.). *Turkish Journal of Agriculture.* 30: 281-286.
- Scott, R.K., and K.W. Jaggard. 1995. The sugar beet crop: Science into practice. In: Cook, D.A. and Scoot, R.K. (Eds). Crop Physiology and Agronomy Chapman and Hall, London, 571 617.
- Soleymani, A., M.R. Khajehpour, G. Nourmohammadi, and Y. Sadeghian. 2003. Effects of planting date and pattern on some physiological growth indices of sugar beet. *Journal of Agricultural Sciences*. 9(1): 105-124. (In Persian).
- Tilak, K.V., B.R. Ranganayaki, N. Pal, K.K. De, R. Saxena, A. K.Shekhar Nautiyal, C. Shilpi Mittal, A.K. Tripathi, and B.N. Johri. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science*. 89: 136-143.

Research Article DOI: 10.30495/jcep.2020.679069

Effect of N Fertilizer and Growth Stimulating Bacteria on Growth Traits of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) under Delayed Sowing Condition

Nosratollah Nosrat[1], Morteza Goldani[2*], and Javad Rezaei[3]

Received: June 2019 , Revised: 18 August 2020, Accepted: 23 August 2020

Abstract

Delayed planting of sugar beet, use of nitrogen fertilizer and growth promoting bacteria are important in accelerating growth and compensating time loss. To study this subject, a split split plot experiment was conducted in a randomized complete block design with 3 replications and 8 treatments in 2018 at the Research Farm of Ferdowsi University of Mashhad. The factors under study consisted of planting date with two levels (regular planting, D_1, and delayed planting, D_2) as the main factor, nitrogen fertilizer with two levels (use of nitrogen fertilizer based on recommended rate, N1 and 25% less than recommended rate, N2) as a subfactors and bacterial growth stimulant with two levels (bacterial inoculation, B_2, and without its use, B_1) were considered as sub-sub- factors. Growth indices under study were leaf area index, total dry matter, crop growth rate, relative growth rate and net assimilation rate. In this study, highest leaf area index (3.5) and dry matter accumulation (2898 $g.m^{-2}$) in thermal unit, as well as growth rate, relative growth rate and net assimilation rate under regular and delayed planting dates were due to the use of recommended rate of nitrogen fertilizer and bacterial inoculation treatments. The least amounts of these traits were obtained at both planting dates and use of nitrogen fertilizer, 25% less than the recommendation, and without using bacteria. Root yield and sugar content sugar beet under treatment of bacterial and nitrogen use, based on recommended rate, showed 8 to 10% higher than other treatments, under both regular and delayed planting date. It seems that the combined use of chemical and biological fertilizers is useful in delayed sowing, to compensate delayed time loss planting of sugar beet.

Key words: Growth rate, Leaf area index, Nitro bacteria, Planting date.

1-Ms.c. of Agronomy, Ferdosi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2-Associate Professor, Department of Agronomy, Ferdosi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3-Assistant Professor, Sugar Beet Research Department Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
**Corresponding Author: Goldani@um.ac.ir*