

بررسی روند رشد چغندر قند در همدان Study of sugar beet growth pattern in Hamedan

محمدرضا میرزایی^۱ و محمد عبداللهیان نوقایی^{۲*}
تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۲

م.ر. میرزایی و م. عبداللهیان نوقایی. ۱۳۹۰. بررسی روند رشد چغندر قند در همدان. مجله چغندر قند ۲۷(۲): ۱۳۴-۱۱۷

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی روند رشد گیاه چغندر قند در شرایط اقلیمی همدان و شناخت عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت محصول و همچنین شاخص‌های فیزیولوژیک اجراء گردید. دو آزمایش تاریخ کاشت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۱ مرحله برداشت انجام شد. نمونه برداری از کرت‌ها به روش تخریبی و تجزیه رشد به روش رگرسیون و براساس تغییرات شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ و ماده خشک کل که مبنای تجزیه رشد هستند، انجام شد. نتایج نشان داد حداکثر سرعت رشد گیاه زراعی (CGR) در تاریخ کاشت اول ۹۰ روز پس از کاشت و به ترتیب معادل ۲۰/۲ و ۲۳/۳ گرم در مترمربع در روز در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ اندازه‌گیری شد. بیشترین سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت دوم در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به ترتیب پس از ۱۱۰ و ۹۶ روز از زمان کاشت به ۲۹/۵ و ۲۵/۰ گرم در مترمربع در روز رسید. بیشترین شاخص سطح برگ (LAI) تاریخ کاشت اول در حدود سه ماه پس از کاشت در سال ۱۳۸۱ به ۲/۵ و در سال ۱۳۸۲ معادل ۲/۶ شد که از لحاظ زمانی منطبق بر حداکثر میزان سرعت رشد محصول بود ولی در اواخر دوره رشد میزان سطح برگ به آرامی کاهش یافت. سرعت رشد نسبی (RGR) در اوایل دوره رشد در بیشترین مقدار خود بود و در طول دوره رشد چغندر قند به صورت رابطه خطی سیر نزولی داشت. تغییرات سرعت جذب خالص (NAR) در ابتدا به صورت بطنی افزایش و سپس با بزرگ شدن برگ‌ها و سایه‌اندازی آن‌ها روند نزولی پیدا کرد. بیشترین سرعت رشد ریشه چغندر قند (CGR-R) در تاریخ کاشت اول در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به ترتیب ۹۴ و ۹۲ روز پس از کاشت به ۱۰/۱ و ۲۰/۰ گرم در مترمربع در روز اتفاق افتاد و پس از آن روند نزولی داشت. در تاریخ کاشت دوم بالاترین میزان CGR-R نیز ۱۴/۰ و ۱۷/۳ گرم در مترمربع در روز بود که به ترتیب ۱۰۸ و ۹۵ روز پس از کاشت در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به دست آمد. به طور کلی عملکرد بالقوه ریشه در شرایط اقلیمی همدان در کشت زود نسبت به کشت تأخیری طی دو سال اجرای آزمایش برتری قابل توجهی داشت و شاخص‌های فیزیولوژیکی مربوط به روند رشد چغندر قند طی فصل رشد به خوبی با پتانسیل عملکرد محصول همخوانی داشت. لذا با توجه به تغییرات اقلیمی و پدیده گرم شدن کره زمین، کشت چغندر قند در اولین فرصت ممکن در منطقه از لحاظ شاخص‌های فیزیولوژیکی و همچنین عملکرد چغندر قند قابل توجهی و توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، درجه روز رشد، روند رشد، شاخص رشد، شاخص سطح برگ، عملکرد ریشه

۱- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان - همدان
۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات چغندر قند - کرج * - نویسنده مسئول
Noghabi@sbsi.ir

مقدمه

استقرار بوته (مرحله ۴ برگی) ب- مرحله رشد رویشی که استقرار بوته تا ۸۰-۷۰ درصد پوشش سبز کانوپی مزرعه (۳۵-۲۵ روز تا مرحله ۱۶ برگی) ج- شکل‌گیری عملکرد که از پوشش کامل تا زمانی که شروع به کاهش پوشش سبز گردد (۱۲۵-۷۵ روز و پوشش برگی تقریباً ثابت) د- رسیدگی محصول که مرحله حداکثر رسیدن ضریب استحصال و حداکثر شدن محصول شکر (۵۰-۴۰ روز) است.

شاخص سطح برگ از عوامل عمده در اندازه‌گیری رشد گیاه می‌باشد. به نظر واتسون (Watson 1947) سطح برگ یک فاکتور اصلی در تخمین مقدار محصول چغندر قند است و ثابت نموده‌است که محصول ریشه به توسعه سریع شاخص سطح برگ بستگی دارد. وی همچنین دریافت که حداکثر سرعت رشد برای چغندر قند ۳۲ گرم در مترمربع در روز است. در شرایط اقلیمی کرج حداکثر سرعت رشد چغندر قند ۳۱/۸ گرم در مترمربع در روز برای تاریخ کاشت زود (۱۰ فروردین) گزارش شد (Abdollahian- Noghabi 1992). درجه حرارت، شدت نور و طول روز فاکتورهای عمده محیطی محدودکننده رشد برگ محسوب می‌شوند (Milford and Lenton 1976). مطالعات نشان داده که سرعت ظهور برگ چغندر قند در رابطه با افزایش درجه حرارت بالای یک درجه سانتی‌گراد، به صورت خطی است. نتایج مطالعات عکس‌العمل

بررسی روند رشد گیاه چغندر قند در شرایط سرد آب و هوایی همدان و شناخت عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت چغندر قند در دوره رشد رویشی و تعیین ارتباط این عوامل با محیط و روند تغییرات آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین شاخص‌های فیزیولوژیکی، می‌تواند نحوه و میزان تأثیر محیط را در مراحل مختلف رشد محصول نشان دهد که منجر به دستیابی به اطلاعات جامع مورد نیاز جهت برنامه‌ریزی و تحقیقات آینده از جمله مدل‌سازی رشد چغندر قند و پیش‌بینی مقدار محصول و همچنین تعیین نیاز آبی چغندر قند با استفاده از نرم‌افزارهایی نظیر CROPWAT امکان‌پذیر می‌گردد. تجزیه و تحلیل رشد این امکان را می‌دهد تا برآوردی از عملکرد اقتصادی داشته باشیم.

تاریخ کاشت زود معمولاً موجب افزایش طول دوره رشد و در نتیجه استفاده بهینه و بیشتر از پتانسیل اقلیمی منطقه شده و در نتیجه بخشی از فرآورده‌های فتوسنتزی به صورت ماده خشک در اندام‌های مختلف چغندر قند انباشته می‌شود. رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ LAI در کوتاه‌ترین زمان از عوامل عمده و مهم در تعیین عملکرد چغندر قند محسوب می‌شود (Scott and Jaggard 1993).

بر اساس تقسیم‌بندی فائو (Doorenbos and Kassam 1979) چهار مرحله در تقسیم‌بندی مراحل رشد چغندر قند چنین بیان نموده است: الف- جوانه‌زنی ۹۰-۸۰ درصد بذور تا

بازده فتوسنتزی بسیار کم خواهد بود. بنابراین در پوشش گیاهی حداکثر جذب انرژی نورانی در مدت طولانی‌تری از فصل رشد از اهمیت زیادی برخوردار است (Sarmadniya and Koochek 1987). سطح ویژه برگ در طول دوره رشد چغندر قند روند نزولی داشته و مقدار آن بین ۸-۱۰/۵ مترمربع بر کیلوگرم متغیر بود (Khayamim et al. 2003). شکوه فر (Shokohfar 2001) گزارش کرد که سطح ویژه برگ چغندر قند در سال اول آزمایش روند نزولی نسبت به به زمان داشته اما در سال دوم تا ۱۶۰-۱۴۰ روز روند افزایشی و سپس روند نزولی داشت. در این تحقیق تیمار فاصله‌های ردیف ۴۵ و ۷۵ سانتی‌متر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار سطح ویژه برگ بود. همچنین وی تغییرات سطح ویژه برگ را بین ۰/۱۹-۰/۱۳ در سال اول و ۰/۲۱-۰/۱۵ مترمربع بر گرم در سال دوم گزارش نمود. در تحقیق دیگری با افزایش فاصله بوته (کاهش تراکم) در گیاه ماش ضخامت برگ و عملکرد دانه در تک بوته افزایش یافت. همچنین بیان شد که بخش عمده‌ای از افزایش عملکرد دانه در یکی از ژنوتیپ‌ها در نتیجه کاهش SLA (افزایش ضخامت برگ) مربوط بوده است (Habibzade et al. 2006). سطح ویژه برگ شاخسی از ضخامت برگ است. افزایش SLA در اوایل فصل رشد به علت افزایش سریع سطح برگ و کاهش ضخامت آن است و کاهش این شاخص رشد در اواخر فصل به دلیل کاهش سطح برگ در نتیجه عدم تشکیل برگ‌های جدید است (Farahmand-rad et al. 1999).

توسعه برگ به دمای بالای ۳ درجه سانتی‌گراد نشان داد که سرعت گسترش روزانه سطح برگ با انتگرال درجه حرارت روزانه به صورت خطی می‌باشد (Milford and Lenton 1976). از پارامترهای مهم فیزیولوژیک گیاه که نمایانگر رشد آن می‌باشد، سطح ویژه برگ (SLA) است. تعادل بین توسعه سطح برگ و توزیع بیوماس به برگ‌ها می‌تواند توسط سطح ویژه برگ بیان شود. این شاخص تحت تأثیر برخی از پارامترهای محیطی قرار می‌گیرد (Keating and Caberry 1993). سطح ویژه برگ به علت این که سطح برگ‌ها را نسبت به وزن خشک آن‌ها می‌سنجد، معیاری از وزن مخصوص یا نازکی نسبی برگ است. هرچه مقدار این کیفیت زیادتر باشد، نشان‌دهنده نازکی بیشتر برگ و کارایی کمتر آن در فتوسنتز است (Karimi and Azizi 1994). برخی از محققین گزارش نموده‌اند که برگ‌های رشد کرده در سایه معمولاً نازکتر، دارای سطح بیشتر و افقی‌تر می‌باشند و فتوسنتز در واحد سطح این گیاهان نیز در نور زیاد، کمتر می‌باشد (Keating and Caberry 1993). با داشتن سطح ویژه برگ و ماده خشک برگ‌ها می‌توان شاخص سطح برگ را بر آورد کرد (Koocheki and Sarmadniya 1994). جذب تشعشع در تراکم‌های تنک، پایین بوده و ضریب بازده فتوسنتزی چنین تراکم‌هایی بسیار کم است، از طرف دیگر در تراکم‌های بالا که شاخص سطح برگ زیاد است، تشعشع خورشیدی به قدر کافی جذب نمی‌شود، اما به علت سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها،

مطالعه‌ای در رابطه با بررسی تغییرات شاخص‌های رشد چغندر قند صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب دو آزمایش تاریخ کاشت در اولین فرصت ممکن و کاشت دوم با یک ماه تأخیر در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان همدان طی دو سال انجام شد. در سال ۱۳۸۱ آزمایش تاریخ کاشت اول در ۱۷ اردیبهشت و کشت دوم در ۱۵ خرداد انجام گردید. در سال ۱۳۸۲ تاریخ کاشت اول و دوم به ترتیب ۱۸ اردیبهشت و ۱۷ خرداد ماه انجام شد. تحقیق حاضر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۱ مرحله برداشت که زمان شروع برداشت پس از استقرار بوته‌ها انجام شد. در این مطالعه از چغندر قند رقم منوژرم رسول استفاده شد. عملیات تهیه اولیه زمین، شامل شخم و دیسک در پائیز و عملیات ثانویه در بهار صورت گرفت. میزان کود مصرفی براساس آزمایش خاک تعیین و مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). فاصله جویچه‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها پس از تنک و وجین روی خطوط، ۲۰ سانتی‌متر بود. کلیه عملیات داشت اعم از آبیاری نشتی، وجین، تنک، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز و... براساس نیاز مزرعه و طبق توصیه‌های مؤسسه تحقیقات چغندر قند به‌طور یکنواخت انجام شد.

نتایج بررسی روند رشد چغندر قند در کرمانشاه نشان داد که روند تغییرات شاخص سطح برگ و همچنین وزن خشک کل گیاه بر اساس روزهای پس از کاشت از معادله درجه دوم پیروی می‌کند. میزان رشد نسبی با افزایش سن چغندر قند کاهش یافت و بیشترین میزان فتوسنتز خالص در دهه اول مرداد حاصل گردید. حداکثر سرعت رشد ریشه ۱۲ گرم بر مترمربع در روز برآورد شد (Kolivand 1995). در کشت پاییزه چغندر قند در خوزستان ماکزیمم سرعت رشد ریشه چغندر قند در ۱۴۲ روز پس از سبزشدن معادل ۱۷/۲۳ گرم در مترمربع در روز با شاخص سطح برگ ۴/۲ گزارش شده است (Hashemi Dezfouli et al. 1996). در منطقه مغان حداکثر شاخص سطح برگ ۵/۹ و ماکزیمم سرعت رشد محصول و سرعت رشد ریشه به ترتیب ۳۶/۸ و ۱۴/۷ گرم در مترمربع در روز گزارش گردید (Najafinejad 1996). ماکزیمم سرعت رشد ریشه در کرج ۱۸/۸ گرم بر مترمربع در روز (Abdollahian-Noghabi 1992) و در اصفهان ۲۲ گرم بر مترمربع در روز (Ebrahimian and Jahadakbar 1999) گزارش شده است. بنابراین با توجه به شرایط اقلیمی خاص همدان ضرورت دارد در خصوص روند رشد چغندر قند در منطقه که معمولاً سردسیر و طول دوره رشد نیز نسبتاً کوتاه می‌باشد

جدول ۱ نتایج برخی صفات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی از عمق ۰-۳۰ سانتی متری در دو سال زراعی

سال	بافت	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدپته	درصد مواد خنثی شونده	درصد کربن آلی	درصد ازت کل	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)
۱۳۸۱	CL	۱/۰	۷/۸۵	۱۰/۵	۰/۴۲	۰/۰۵	۱۰/۵	۳۵۰
۱۳۸۲	SL	۰/۷	۷/۷	۶	۰/۷	۰/۰۷	۴/۰	۲۳۵

به طور کامل برداشت و به وسیله دستگاه سنجش سطح برگ مساحت آن‌ها اندازه‌گیری شد.

برای انجام آنالیزهای رشد از روش رگرسیون استفاده شد. برای این منظور سه صفت شاخص سطح برگ، وزن خشک پهنک برگ و وزن خشک کل بونه در طول دوره رشد برای هریک از تاریخ‌های کاشت اندازه‌گیری شد. سپس به روش کمترین مربعات بهترین معادله درجه دوم روی لگاریتم طبیعی هریک از صفات مذکور برآزش داده شد (Buttery 1969; Abdollahian-Noghabi 1992; Sadeghzade 2008) در این روابط (معادله‌های ۱، ۲ و ۳) تعداد روزهای پس از کاشت به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. از داده‌های وزن خشک کل (TDW= Total Dry Weight)، وزن خشک برگ (LDW= Leaf Dry Weight) و شاخص سطح برگ (LAI= Leaf Area Index) ابتدا لگاریتم طبیعی (Ln) گرفته شد و سپس نسبت به زمان (t) و با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS اقدام به برآزش بهترین مدل با ضریب تبیین (R^2) قابل قبول گردید (جدول ۲).

$$TDW = e^{(a+bt+ct^2)} \quad (1)$$

به منظور تعیین روند رشد گیاه چغندرقد و محاسبه شاخص‌های فیزیولوژیکی نیاز به اطلاعاتی می‌باشد که این داده‌ها از طریق برداشت‌های متوالی و با فواصل زمانی یکسان جمع‌آوری گردد (Hunt et al. 2002). لذا در این آزمایش پس از استقرار بوته‌ها و انجام تنک، تیمارهای برداشت هر ۱۵ - ۱۴ روز یک بار صورت گرفت. در هر مرحله برداشت، از هر تاریخ کاشت چهار کرت به طور تصادفی انتخاب شد. هر کرت شامل پنج خط به طول ده متر که پس از حذف حاشیه مساحت ۱۴/۴ مترمربع به روش تخریبی برداشت گردید. در هر بار نمونه برداری اندازه‌گیری‌های صفات مختلف روی حدود ۱۴۰ عدد ریشه چغندرقد انجام شد. وزن تر و خشک اندام هوایی و زمینی شامل پهنک برگ، دمبرگ، طوقه و ریشه اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌هایی از اندام‌های مختلف شامل برگ، دمبرگ و به طور جداگانه نمونه‌ای از خمیرریشه را به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ چغندرقد در چهار تکرار هریک به مساحت یک متر مربع زمین (کل بوته‌های واقع در ۱/۶۷ متر طول یک ردیف) برگ‌ها

$$LAI = e^{(a+bt+ct^2)} \quad (۲)$$

برای محاسبه سرعت رشد نسبی (RGR=

$$LDW = e^{(a'+b't+c't^2)} \quad (۳)$$

Relative Growth Rate)، از رابطه تغییرات وزن

خشک کل (معادله ۱) نسبت به زمان مشتق گرفته شد

(Buttery 1969)، لذا سرعت رشد نسبی در هر فاصله

زمانی مستقیماً طبق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$RGR = d(\ln TDW) / dt = b + 2ct \quad (۴)$$

برای شاخص‌های رشد در روش رگرسیون با

توجه به مفاهیم هریک از شاخص‌ها و با در نظر گرفتن

معادله‌های برازش شده (معادله‌های ۱، ۲ و ۳) و

ضرایب آن‌ها محاسبه شدند (Wilson 1981;

Herbert and Litchfield 1984; Bullock 1988;

Hashemi Dezfouli 1990; Abdollahian-

Noghabi 1992).

جدول ۲ ضرایب معادلات نمائی برازش شده برای وزن خشک کل (Ln TDW)، وزن خشک برگ (Ln LDW) و

شاخص سطح برگ (Ln LAI) در دو تاریخ کاشت طی سال ۸۱ و ۸۲

R ² ضریب تبیین	ضرایب معادله درجه ۲			آزمایش	سال	متغیر
	c	b	a			
۰/۹۳	-۰/۰۰۰۴	۰/۱۱۳۹	-۰/۸۷۲۴	زود کاشت	۱۳۸۱	Ln TDW
۰/۹۱	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۹۷۹	۰/۰۴۶۱	دیر کاشت	۱۳۸۱	Ln TDW
۰/۸۵	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۷۹۴	-۴/۰۷۲۲	زود کاشت	۱۳۸۱	Ln LAI
۰/۶۵	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۶۱۷	-۲/۶۸۲۴	دیر کاشت	۱۳۸۱	Ln LAI
۰/۷۷	-۰/۰۰۰۴	۰/۹۲۴۴	-۰/۴۱۴	زود کاشت	۱۳۸۱	Ln LDW
۰/۴۹	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۷۶۳	۰/۴۸۵۵	دیر کاشت	۱۳۸۱	Ln LDW
۰/۸۷	-۰/۰۰۰۴	۰/۱۰۸۶	-۰/۳۳۱	زود کاشت	۱۳۸۲	Ln TDW
۰/۹۲	-۰/۰۰۰۴	۰/۱۱۱۵	-۰/۷۰۴۹	دیر کاشت	۱۳۸۲	Ln TDW
۰/۵۵	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۶۱۹	-۲/۶۹۲۸	زود کاشت	۱۳۸۲	Ln LAI
۰/۴۶	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۴۰۶	-۱/۷۲۰۶	دیر کاشت	۱۳۸۲	Ln LAI
۰/۶۰	-۰/۰۰۰۳	۰/۰۷۶۱	۰/۵۲۳۹	زود کاشت	۱۳۸۲	Ln LDW
۰/۴۵	-۰/۰۰۰۲	۰/۰۵۴۴	۱/۴۶۸۲	دیر کاشت	۱۳۸۲	Ln LDW

$$LAR = LAI/TDW = e^{(a'-a)+(b'-b)t+(c'-c)t^2} \quad (۵)$$

از آن‌جا که: $RGR = NAR \times LAR$ می‌باشد برای

محاسبه NAR (Net Assimilation Rate) از معادله

۶ استفاده شد:

$$NAR = RGR/LAR = (b+2ct)e^{(a-a')+(b-b')t+(c-c')t^2} \quad (۶)$$

با توجه به این‌که نسبت سطح برگ (LAR=

Leaf Area Ratio) نشان‌دهنده نسبت سطح

فتوسنتزکننده گیاه (LAI) به وزن تنفس‌کننده

(TDW) می‌باشد لذا از تقسیم رابطه شاخص سطح

برگ (معادله ۲) بر رابطه وزن خشک کل (معادله ۱)،

نسبت سطح برگ محاسبه شد (معادله ۵):

نسبت وزن برگ (LWR) که بیان‌کننده نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک کل گیاه است مشابه LAR می‌باشد. برای محاسبه بایستی رابطه وزن خشک پهنک برگ (معادله ۳) را بر رابطه وزن خشک کل (معادله ۱) تقسیم نمود تا نسبت وزن برگ محاسبه گردد (معادله ۱۱)

$$LWR = LDW / TDW = e^{(a''-a)+(b''-b)t+(c''-c)t^2}$$

برای محاسبه توابع رشد از نسبت تغییرات وزن خشک به تغییرات شاخص حرارتی استفاده شد (Karimi 1992). شاخص حرارتی یا همان درجه روزهای رشد (GDD= Growing Degree Days) مجموع واحدهای حرارتی مؤثر در رشد چغندرقد طی فصل رشد است که با استفاده از معادله ۱۲ محاسبه گردید.

$$GDD = \sum (T_{max} + T_{min}) / 2 - T_B \quad (12)$$

$$\text{If } T_{min} < 3^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_{min} = 3^{\circ}\text{C}$$

$$\text{If } T_{max} > 30^{\circ}\text{C} \Rightarrow T_{max} = 30^{\circ}\text{C}$$

که در این معادله:

T_{max} = حداکثر دمای روزانه هوا از نزدیک‌ترین ایستگاه

هواشناسی به محل اجرای آزمایش

T_{min} = حداقل دمای روزانه هوا از نزدیک‌ترین ایستگاه

هواشناسی به محل اجرای آزمایش

T_B = دمای پایه یا صفر فیزیولوژیک چغندرقد که

معادل ۳ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (Milford

et al. 1985; Gummerson 1986; Durr and

برای محاسبه سرعت رشد گیاه زراعی (CGR= Crop Growth Rate) از معادله معروف

واتسون (Watson 1952) از معادله ۷ استفاده شد

$$CGR = NAR \times LAI \quad (7)$$

برای محاسبه سرعت رشد ریشه (CGR-r)

براساس رابطه گزارش شده توسط ایزومیاما

(Izumiyama 1984) با لحاظ نمودن سرعت توزیع

فرآورده‌های فتوسنتز (DR= Distribution Rate) در

اندام‌هوایی و زمینی چغندرقد استفاده شد (معادله ۸):

$$CGR-r = CGR \times DR = NAR \times LAI \times DR \quad (8)$$

که CGR-R ، CGR و DR به ترتیب عبارت است از

سرعت رشد گیاه، سرعت رشد ریشه و شاخص توزیع

می‌باشند.

سطح ویژه برگ (SLA) عبارت است از نسبت

سطح برگ به وزن خشک برگ و در واقع سطح واحد

وزن برگ را بیان می‌نماید. لذا از تقسیم رابطه شاخص

سطح برگ (معادله ۲) بر رابطه وزن خشک پهنک برگ

(معادله ۳)، سطح ویژه برگ محاسبه شد (معادله ۹)

$$SLA = LAI / LDW = e^{(a''-a'')+(b''-b'')t+(c''-c'')t^2} \quad (9)$$

وزن مخصوص برگ (SLW) که نسبت عکس

با SLA دارد عبارت است از نسبت وزن خشک برگ به

سطح برگ است و از تقسیم رابطه وزن خشک پهنک

برگ (معادله ۳) بر رابطه شاخص سطح برگ (معادله

۲)، وزن مخصوص برگ محاسبه شد (معادله ۱۰)

$$SLW = LDW / LAI = e^{(a''-a'')+(b''-b'')t+(c''-c'')t^2} \quad (10)$$

مردادماه حادث شد. ولی در کشت با تأخیر یک ماهه بیشترین شاخص سطح برگ همین حدود ولی در دهه اول مهرماه تشکیل شد (شکل ۱). بیشتر بودن شاخص سطح برگ در سال ۱۳۸۱ در مقایسه با سال ۱۳۸۲ احتمالاً به دلیل شرایط آب و هوایی این دو سال در شش ماهه اول سال بود. به طوری که در سال ۱۳۸۱، جمع ساعات آفتابی ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر بیشتر از مدت مشابه در سال ۱۳۸۲ بود. ضمناً در سال ۱۳۸۱ در ماه‌های تیر و مرداد در مقایسه با سال ۱۳۸۲ دمای هوا خنک‌تر بود، لذا مجموعه این شرایط ممکن است باعث شده که در سال ۱۳۸۱ توسعه سطح برگ در تاریخ کاشت دوم نسبت به زودکاشت برتری پیدا نماید (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری بین سال‌های اجرای آزمایش از لحاظ شاخص سطح برگ در دو سال ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ در شرایط اقلیمی کرج توسط صادق‌زاده حمایتی (Sadeghzade Hemayati 2008) نیز گزارش شده است. میلفورد و لنتون (Milford and Lenton 1976) بیان داشته‌اند که درجه حرارت، شدت نور و طول روز احتمالاً فاکتورهای عمده محیطی بوده که محدودکننده رشد برگ محسوب می‌شوند. نتایج سایر محققین مشخص نموده است که تاریخ کاشت، گسترش تاج پوشش گیاهی را از طریق رشد، تعداد، اندازه و سن برگ‌های سبز تحت تأثیر قراردادده و از این طریق، روی میزان تشعشع دریافت شده توسط گیاه در طی دوره رشد اثر می‌گذارد (Rinaldi and Vonella 2006). کیتینگ و کبری (Keating and Caberry

Boifin 1995; Jalilian et al. 2004). برای بیشینه دما نیز اگرچه رفرنس اختصاصی برای تعیین دمای بیشینه چغندر قند مشاهده نشد لکن با اقتباس از تحقیقات مشابه قبلی دمای معادل ۳۰ درجه سانتی‌گراد لحاظ گردید (Abdollahian-Noghabi 1992; Sadeghzade Hemayati 2008).

لازم به ذکر است که مقادیر گزارش شده در متن مقاله برای بیشترین مقدار هریک از شاخص‌های رشد، از طریق مشتق‌گیری از معادله مربوط به هر شاخص و سپس مساوی صفر قرار دادن آن معادله محاسبه شده است.

نتایج و بحث

نتایج تغییرات منحنی شاخص سطح برگ (LAI) در سال ۱۳۸۱ نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ برای تاریخ کاشت زود (نیمه اردیبهشت) حدود ۲/۵ و در نیمه شهریور حادث شد. ولی در کشت دیر چغندر قند (نیمه خرداد) بیشترین شاخص سطح برگ در اواسط مهرماه به حدود ۳ رسید (شکل ۱). با توجه به سردسیر بودن منطقه همدان و بارندگی‌های بهاره، چون اولین فرصت ممکن برای کشت چغندر قند در نیمه اردیبهشت فراهم شد در نتیجه حداکثر شاخص سطح برگ نیز در شهریور ماه حادث گردید. در سال ۱۳۸۲، تغییرات منحنی شاخص سطح برگ (LAI) برای دو تاریخ کاشت نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ برای تاریخ کاشت زود حدود ۱/۸ و در اواخر

(1993) نیز بیان نمودند که تغییرات این شاخص تحت تأثیر برخی از پارامترهای محیطی قرار می‌گیرد.

نسبت سطح برگ (LAR= Leaf area ratio) بیان‌کننده نسبت پهنک برگ (سطح فتوسنتزکننده) به وزن کل خشک گیاه (وزن تنفس‌کننده) و نشان‌دهنده میزان پربری گیاه می‌باشد. طی دو سال اجرای این آزمایش، نسبت سطح برگ برای تاریخ کاشت کرپه چغندر قند در مقایسه با تاریخ کاشت زود در ابتدای فصل رشد بیشتر بود (شکل ۲). با توجه به ماده خشک کل بیشتر در تاریخ کاشت زود نسبت به دیر، سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی تولیدی در اوایل دوره رشد به اندام هوایی اختصاص می‌یابد. سپس در مراحل بعدی رشد شیب جریان مواد فتوسنتزی در برگ‌ها به ریشه بیشتر خواهد شد (مخرج کسر در کاشت زود به دلیل ماده خشک بیشتر زیاد و در نتیجه حاصل کسر کوچک می‌شود). بنابراین در زمان شروع نمونه‌برداری از دو آزمایش، در تاریخ کاشت دیر به دلیل تأخیر در کشت در مرحله توسعه سطح برگ بوده (صورت کسر بزرگ) در نتیجه نسبت بیشتری از ماده خشک کل در پهنک تجمع یافته بود. تندتر بودن شیب کاهش نسبت سطح برگ در سال دوم نسبت به سال اول (شکل ۲) احتمالاً ناشی از گرمای بیشتر هوا در ماه‌های تیر و مرداد در سال ۱۳۸۲ نسبت به سال قبل آن می‌باشد. زیرا در شرایط محدودیت محیطی، میزان رشد به واسطه کاهش تولید برگ به ازای هر واحد وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (Lambers et al. 1995).

ضمناً با توجه به این‌که تغییرات نسبت وزن برگ (LWR، وزن برگ به ازای هر واحد وزن گیاه) کم و بیش مشابه تغییرات نسبت سطح برگ بود فقط به ارائه نتایج نسبت سطح برگ در این مقاله بسنده گردید.

سطح ویژه برگ (SLA) عبارت است از نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ و در واقع سطح واحد وزن برگ را بیان می‌نماید. سطح ویژه برگ در سال ۸۱ حدود ۹۰ روز پس از کاشت در کشت اول و دوم با دریافت به ترتیب ۲۰۰۰ و ۱۸۷۵ درجه روز رشد به حداقل مقدار خود به ترتیب به ۸۵ و ۱۸۳ سانتی‌متر مربع برگ‌گرم رسید. در سال ۸۲ نیز حدود ۹۰ روز پس از کاشت در کشت اول و دوم با دریافت ۲۰۰۰ و ۱۸۷۵ درجه روز رشد در حداقل خود به ترتیب به مقدار ۱۴۶ و ۲۲۳ سانتی‌متر مربع برگ‌گرم رسید. سطح ویژه برگ طی سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ در هر اکشت کمتر از کرپه بود (شکل ۳)؛ به عبارت دیگر پهنک برگ چغندر قند در کشت زود ضخیم‌تر از کشت دیر بود. هرچه مقدار سطح ویژه برگ زیادتر باشد، نشان‌دهنده نازکی بیشتر پهنک برگ و کارایی کمتر آن در فتوسنتز است (Karimi and Azizi 1993; Keating and Caberry 1993). بنابراین کمتر بودن میزان کارایی فتوسنتز در کشت دیر نسبت به کشت زود با کمتر بودن مقدار NAR آن‌ها (شکل ۷) و در نتیجه کاهش عملکرد ریشه در کشت دیر نسبت به کشت زود (شکل ۱۰) قابل توجیه می‌باشد.

سرعت رشد گیاه یا CGR در واقع افزایش وزن ماده خشک در واحد سطح یک جامعه گیاهی در

کاهش طول روز و در نتیجه کاهش انرژی دریافتی همراه گردید. در حالی که حداکثر تاج پوشش در تیمار زود کاشت تقریباً با حداکثر طول روز و شدت تابش خورشیدی در تیر و مرداد ماه هم زمان گردید. همین امر باعث برتری ماده خشک کل در کشت زود نسبت به کشت دیر در دو سال اجرای پژوهش گردید. از آن جا که سرعت رشد محصول تابعی مستقیمی از شاخص سطح برگ و سرعت فتوسنتز خالص در طول دوره رشد بوده و بسته به شرایط محیطی متفاوت می باشد (Naderi et al. 2005)، بنابراین کاهش LAI و همچنین کاهش تابش انرژی خورشیدی و کاهش طول روز و در نتیجه کاهش انرژی دریافتی موجب کاهش CGR می شود.

بیشترین سرعت رشد ریشه چغندر قند (CGR-r) در تاریخ کاشت اول در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به ترتیب ۹۴ و ۹۲ روز پس از کاشت به ۲۰/۰۹، ۱۰/۰۹، ۲۰/۰۱ گرم در متر مربع در روز رسید و پس از آن سیر نزولی داشت. در تاریخ کاشت دوم بیشترین میزان CGR-r نیز ۱۳/۹۵ و ۱۷/۳۴ گرم در متر مربع در روز بود که به ترتیب ۱۰۸ و ۹۵ روز پس از کاشت به دست آمد (شکل ۵). کولیوند (Kolivand 1995) در کرمانشاه حداکثر سرعت رشد ریشه را ۱۲ گرم در متر مربع در روز و هاشمی دزفولی و همکاران (Hashemi Dezfouli et al. 1996) در خوزستان ماکزیمم سرعت رشد ریشه چغندر قند را در ۱۴۲ روز پس از سبز شدن معادل ۱۷/۲۳ گرم در متر مربع در روز و عبداللهیان نوقابی (Abdollahian-Noghabi 1992) ماکزیمم سرعت رشد ریشه در کرج را ۱۸/۸ گرم بر متر مربع در روز، برآورد نمودند. دمای مناسب رشد چغندر قند بین ۲۰ تا

واحد زمان می باشد. در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل بودن پوشش گیاهی و در صد کم جذب تشعشع، میزان CGR پوشش گیاهی پایین بود. با گذشت زمان، به علت توسعه سطح برگها، افزایش در رشد محصول دیده شد. در این شرایط تولید مواد فتوسنتزی در پوشش گیاهی افزایش یافته و به دنبال آن CGR افزایش یافت. بیشترین سرعت رشد گیاه (CGR) در تاریخ کاشت اول در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به ترتیب در حدود ۹۰ روز پس از کاشت به ترتیب به ۲۰/۱۹ و ۲۳/۳۲ گرم در مترمربع در روز رسید و پس از آن سیر نزولی داشت (شکل ۴). مقادیر درجه روزهای رشد دریافتی در حداکثر CGR در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به ترتیب ۱۵۸۴ و ۱۵۷۸ درجه روز بود. کاهش CGR معمولاً به دلیل مسن شدن و یا از بین رفتن برگها اتفاق می افتد. چنانچه ملاحظه می شود سرعت رشد گیاه (CGR) با تعداد روزهای برابر و همچنین تقریباً با دریافت واحد حرارتی برابر در دو سال اجرای تحقیق در تاریخ کاشت اول، زودتر (با دریافت GDD کمتر) به بیشترین مقدار خود رسید (شکل ۴). در تاریخ کاشت دوم بالاترین میزان CGR نیز به مقادیر ۲۹/۵ و ۲۵ گرم در مترمربع در روز، ۱۱۰ و ۹۶ روز پس از کاشت و به ترتیب با دریافت ۲۱۲۳ و ۱۹۶۴ واحد حرارتی (GDD) در طی دو سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به دست آمد. همان طوری که مشاهده می گردد در تیمار دیر کاشت نسبت به زود کاشت تعداد روزهای بیشتر و با دریافت واحد حرارتی بالاتر در اواخر شهریور به حداکثر سرعت رشد محصول رسید که ممکن است به این دلیل باشد که حداکثر تاج پوشش در کاشت کرپه چغندر قند دیرتر حادث شد و این امر با کاهش تابش انرژی خورشیدی و

نهایت منجر به کاهش عملکرد ریشه در کشت کرپه گردید. تغییرات سرعت رشد نسبی و رابطه آن با گذشت زمان به صورت خطی بود. در اوایل دوره رشد سرعت رشد نسبی (RGR) با توجه به عدم رقابت و سایه اندازی برگ‌ها روی هم حداکثر بوده و با افزایش سن چغندر قند کاهش یافت (شکل ۶). با افزایش سن گیاه برگ‌های تحتانی در سایه قرار گرفته و یا به علت پیری قدرت فتوسنتزی خود را از دست می‌دهند و در نتیجه مقدار RGR در طول فصل رشد کاهش می‌یابد (Karimi and Siddique 1991).

میزان فتوسنتز خالص NAR، نشان‌دهنده کارایی فتوسنتز برگ‌ها در گیاه بوده و در زمانی که تمام برگ‌ها در معرض نور کامل قرار دارند بیشترین مقدار را داراست. بنابراین سرعت جذب خالص در اوایل دوره رشد با توجه به عدم رقابت و سایه اندازی برگ‌ها روی هم به صورت بطئی افزایش سپس با گذشت زمان و با افزایش میانگین سن برگ‌ها، و سایه اندازی در نتیجه کاهش کارایی فتوسنتزی، سیر نزولی یافت. حداکثر سرعت جذب خالص (NAR) طی دو سال آزمایش در کاشت زود به ترتیب ۸۰ و ۸۸ روز پس از کاشت در اوایل و اواسط مرداد ماه به ۱۰/۴۷ و ۱۶/۰۴ گرم در مترمربع در روز رسید و در دیرکاشت به ترتیب ۹۷ و ۹۲ روز پس از کاشت در اواخر شهریورماه به ۸/۲۸ و ۱۴/۸۵ گرم در مترمربع در روز رسید (شکل ۷). در کشت زود به دلیل شرایط معتدل اوایل فصل رشد، حداکثر رشد اندام هوایی را داشته در نتیجه همزمان شدن حداکثر پوشش سطح برگ با حداکثر تشعشع خورشیدی در ماه‌های خرداد و تیر منجر شده که در زمان کوتاه‌تری نسبت به کشت کرپه به حداکثر سرعت

۲۴ درجه سانتی‌گراد است، اما انتقال قند از برگ‌ها به ریشه و ذخیره قند در ریشه در دماهای پایین بهتر انجام می‌شود (Scott and Jaggard 1993). میانگین درجه حرارت مناسب برای حداکثر رشد ریشه حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد بوده و در درجه حرارت‌های بالاتر که در تیر و مرداد پیش می‌آید عملکرد نهایی ریشه کاهش و دمای بین ۲۲-۲۶ درجه سانتی‌گراد مناسب برای حداکثر رشد اندام هوایی می‌باشد. لیکن در انتهای فصل، سرعت رشد از درجه حرارت مستقل بود (Kenter et al. 2006). میانگین دمای همدان نسبت به کرج، کرمانشاه و هم‌چنین خوزستان در بهار و تابستان خنک‌تر بوده و دارای حدود دمای مناسب رشد چغندر قند می‌باشد و ممکن است به همین دلیل میزان حداکثر سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد ریشه (CGR-R) نسبت به این سه منطقه بیشتر بوده باشد. چغندر قند به نور زیادی برای رشد و تجمع قند در ریشه نیاز دارد. افزایش طول روز از ۸ به ۱۴-۱۰ ساعت تقریباً وزن ریشه‌ها و مقدار ساکارز تولیدی را دو برابر می‌کند، ولی وزن قسمت‌های هوایی گیاه را چندان افزایش نمی‌دهد. چنانچه در طول دوره رشد آسمان به میزان زیادی ابری باشد، درصد قند آن کاهش می‌یابد (Scott and Jaggard 1993). تشعشع خورشیدی زیاد منجر به افزایش رشد در خلال ۶۵ روز اول بعد از کاشت و در مهرماه می‌شود. در پاییز نقش مؤثر و تعیین کننده درجه حرارت روی رشد چغندر قند، کاهش و هم‌چنین شدت تشعشع خورشیدی محدود می‌شود (Kenter et al. 2006). شاید به همین دلیل در کشت کرپه حداکثر سرعت رشد کل و سرعت رشد ریشه چغندر قند نسبت به کشت زودتر به دست آمده که در

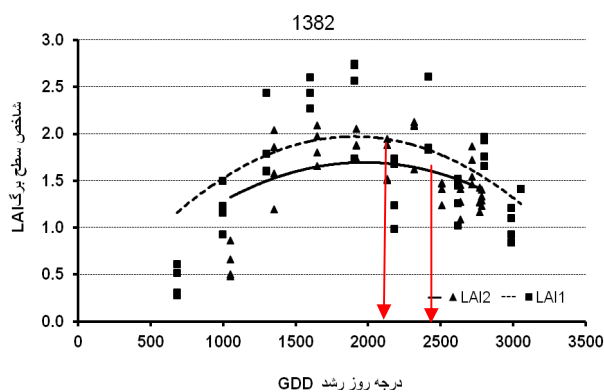
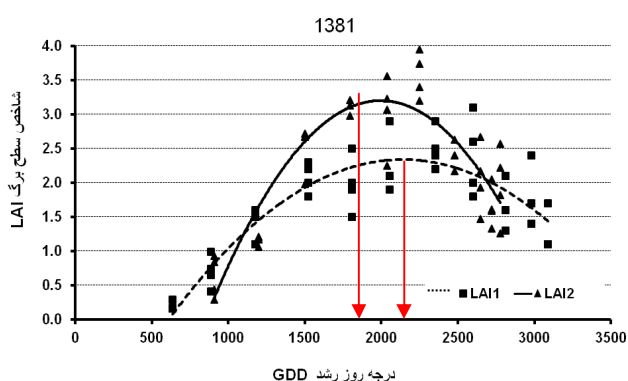
(Hemayati 2008). این مطلب به خوبی مبین و توجیه کننده عملکرد دیرریشه بالاتر در کشت زود هنگام در شرایط نرمال می باشد. البته می توان به همسرعتی بیشتر روند تغییرات سرعت رشد محصول با روند تغییرات وزن مخصوص برگ، نسبت وزن برگ و سطح ویژه برگ، نسبت داد و نتیجه گیری کرد که سطح ویژه برگ کمتر یا ضخامت بیشتر برگ در کشت زود عملکرد ریشه بیشتر را نسبت به کشت دیر تولید و نقش اصلی را در تعیین سرعت رشد محصول داشته است.

سپاسگزاری

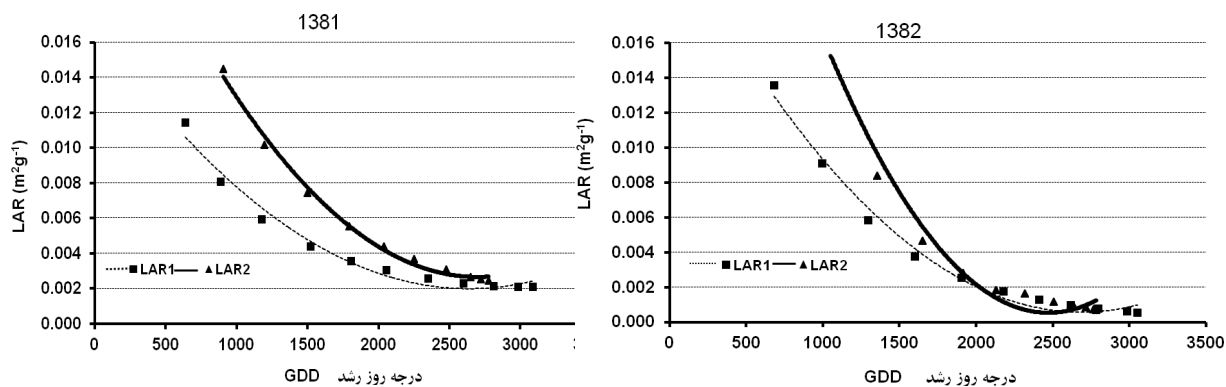
پژوهش حاضر با امکانات و بودجه پژوهشی مؤسسه تحقیقات چغندر قند انجام شده است که بدین وسیله از مدیریت محترم مؤسسه به خاطر فراهم نمودن امکانات اجرای پروژه و کلیه همکاری که به نحوی از انحاء در انجام پژوهش همکاری نمودند تشکر و سپاسگزاری می گردد.

جذب خالص (NAR) دست یابد. همچنین به دلیل ضخامت بیشتر برگ چغندر قند در کشت زود نسبت به کشت دیر، منتج به افزایش میزان فتوسنتز و NAR شده باشد که این یافته با نتایج پژوهشگران متعدد مطابقت داشت. (Caberry 1993; Karimi and Azizi 1994; Keating and Habibzade et al. 2006)

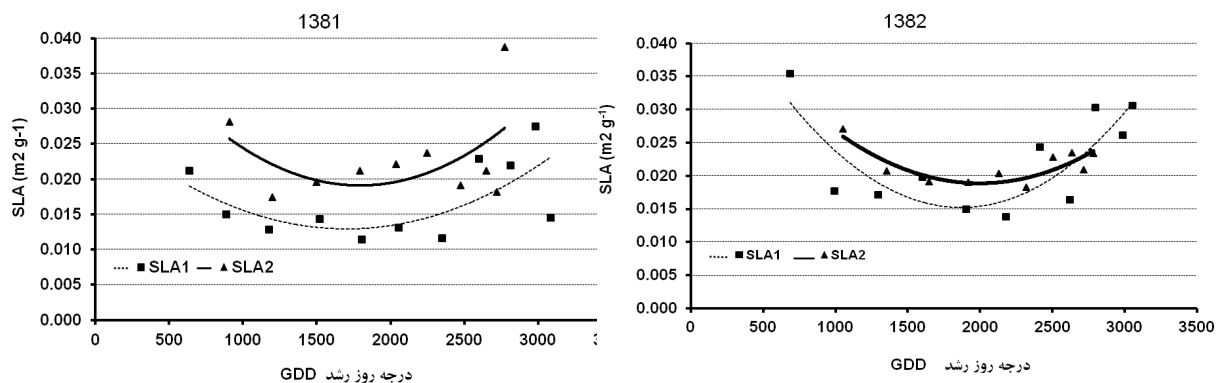
تغییرات عملکرد ریشه چغندر قند (RY) از ابتدا تا انتهای فصل رشد، روند صعودی داشت. تغییرات افزایش عملکرد ریشه ابتدا به صورت سریع و سپس از سرعت ملایمی برخوردار بود (شکل ۸). در نهایت چنانچه در این شکل ها مشاهده می شود پتانسیل عملکرد ریشه در کشت زود نسبت به کشت کرپه طی دو سال اجرای آزمایش برتری نشان داد که احتمالاً ناشی از سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص بیشتر و بیانگر برتری فتوسنتزی و ذخیره سازی مواد در کشت زود نسبت به کشت کرپه است (Sadeghzade



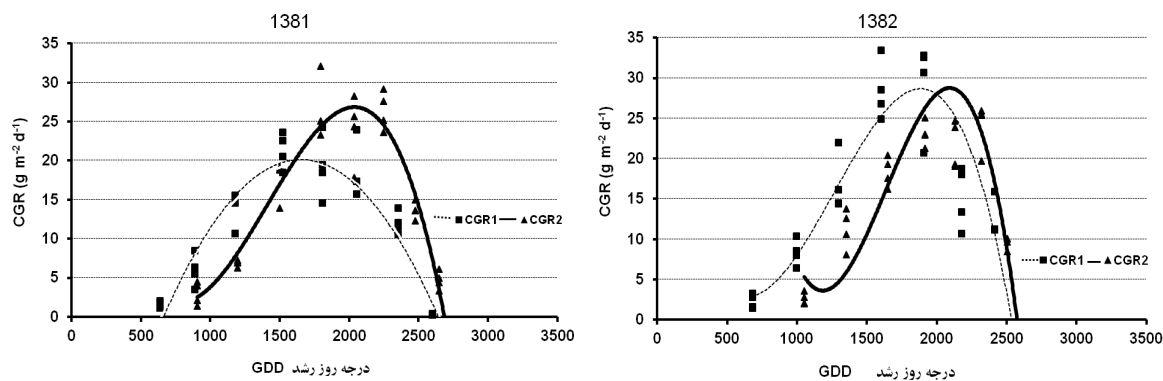
شکل ۱ تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) برای کاشت زود (LAI1) و دیر (LAI2) چغندر قند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲



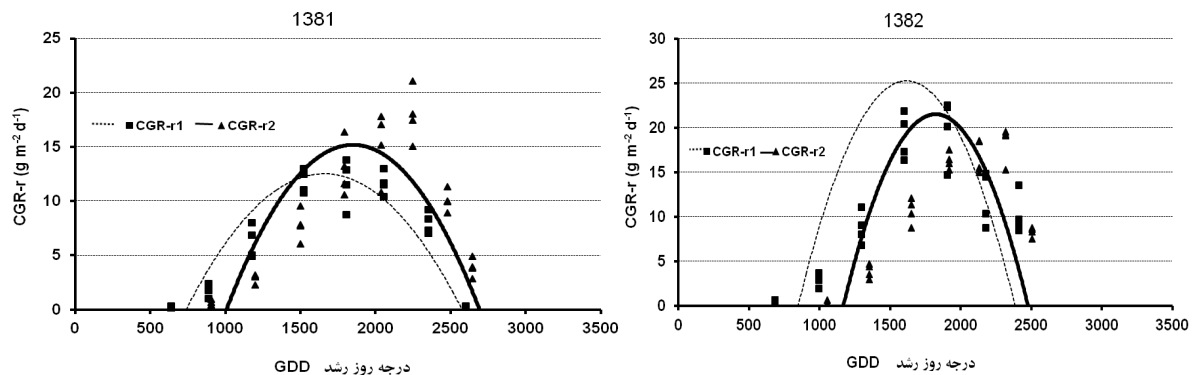
شکل ۲ تغییرات نسبت سطح برگ (LAR) برای کاشت زود (LAR1) و دیر (LAR2) چغندرقد در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲



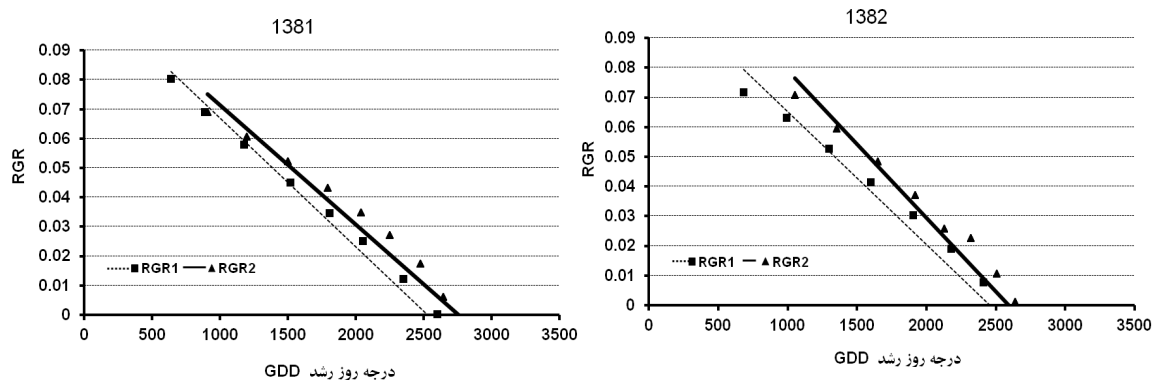
شکل ۳ تغییرات سطح ویژه برگ (SLA) برای کاشت زود (SLA1) و دیر (SLA2) چغندرقد در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲



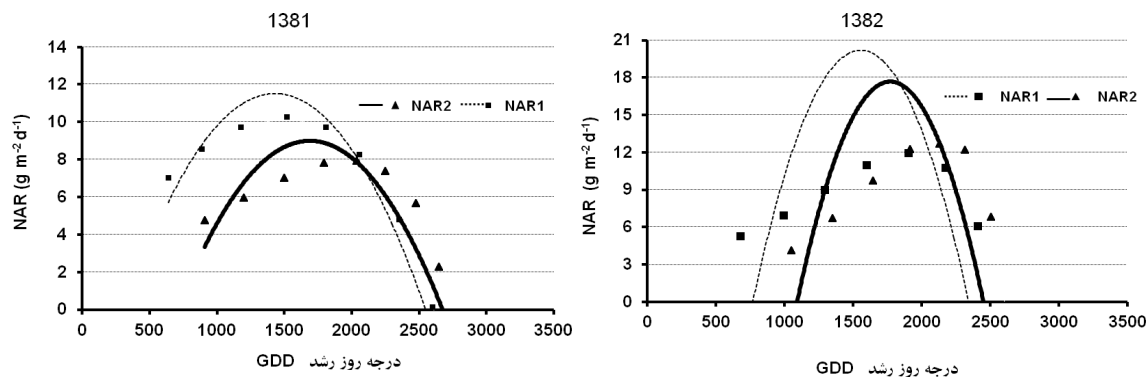
شکل ۴ تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) برای کاشت زود (CGR1) و دیر (CGR2) چغندرقد در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲



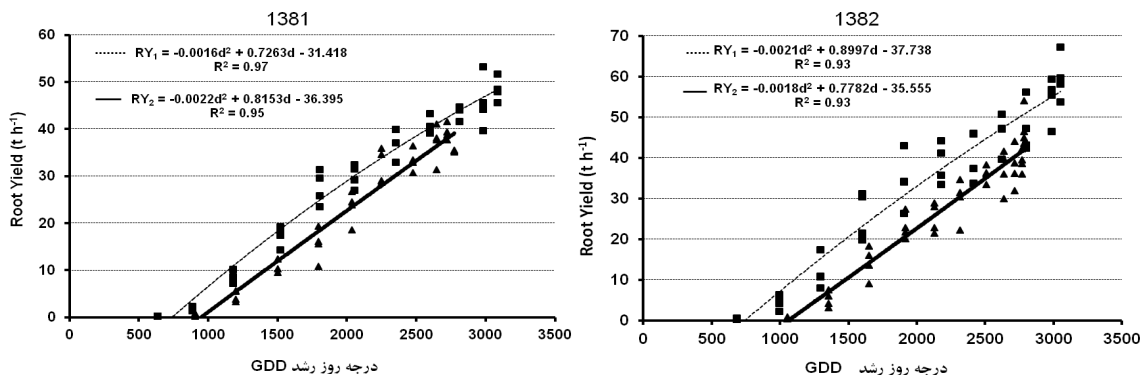
شکل ۵ تغییرات سرعت رشد ریشه (CGR-r) برای کاشت زود (CGR-r₁) و دیر (CGR-r₂) چغندر قند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲



شکل ۶ تغییرات سرعت رشد نسبی محصول (RGR) برای کاشت زود (RGR1) و دیر (RGR2) چغندر قند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲



شکل ۷ تغییرات سرعت جذب خالص (NAR) برای کاشت زود (NAR1) و دیر (NAR2) چغندر قند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲



شکل ۱۰ تغییرات عملکرد ریشه (RY) برای کاشت زود (RY1) و دیر (RY2) چغندر قند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲

References:

منابع مورد استفاده:

- Abdollahian-Noghabi M. Study of changes of quantity and quality traits of sugar beet under various sowing dates and harvesting times (MSc thesis). Tehran: Tarbiat Modarres University; 1992. (in Persian, abstract in English)
- Bullock DG, Nielson RL, Nyquist WE. A growth analysis comparison of corn grown in conventional & equidistant plant spacing. *Crop Sci.* 1988; 28: 254-258.
- Buttery BR. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. *Can J Plant Sci.* 1969; 49: 675-684.
- Doorenbos J, Kassam AH. Yield response to water. Irrigation and Drainage paper FAO, Rome, Italy; 1979. No. 33. 193 pp.
- Durr C, Boifin J. Sugar beet seedling growth from germination to first leaf stage. *J Agric Sci Camb.* 1995; 124: 427-435.
- Ebrahimian HR, Jahadakbar MR. Sugar beet growth pattern in Isfahan. *Sugar Beet J.* 1999; 14 (1&2): 47-60. (in Persian, abstract in English)
- Farahmand-rad Sh, Mazaheri D, Banaei T. Effect of sowing data and plant density on the yield and growth indexes of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Seed and Plant J.* 1999; 15 (2): 84-98. (in Persian, abstract in English)

- Gummerson RJ. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *J. Exp Bot.* 1986; 37: 729-741.
- Habibzadeh Y, Mamaghani R, Kashani A. Effect of plant density on grain yield and morpho-physiological traits in three Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczk) genotypes under Ahvaz conditions. *Iranian J. Crop Sci.* 2006; 8 (1): 66-78.
- Hashemi Dezfouli SA. Manipulation of crowding stresses in corn. (Ph D thesis). Amherst, USA: University of Massachusetts; 1990.
- Hashemi Dezfouli SA, Sharifi H, Gohari J, Alami Saeid Kh. Growth analysis and determination of important quality traits of multigermin sugar beet resistant to bolting in Dezfol region. *Proceedings of the 4th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding*; 1996; Isfahan University of Technology; 1996. P. 109. (in Persian)
- Herbert SJ, Litchfield GV. Growth responses of short season soybean to variations in row spacing and density. *Field Crops Res.* 1984; 9: 163-171.
- Hunt R, Causton DR, Shipley B, Askew AP. A modern tool for classical plant growth analysis. *Ann Bot.* 2002; 90: 485-488.
- Izumiyama Y. Production and distribution of dry matter as a basis of sugar beet yields. *J A R Q.* 1984; 17 (4): 219-224.
- Jalilian A, Mzaheri D, Rhimian H, Tavakkol Afshari R, Abdollahian-Noghabi M, Gohari J. Estimation of base temperature and the investigation of germination and emergence of monogerm sugar beet under various temperatures. *Sugar Beet J.* 2004; 20 (2): 97-112. (in Persian, abstract in English)
- Karimi M, Siddique KHM. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Aust J Agric Res.* 1991; 42 (1): 13 – 20.
- Karimi M. Growth analysis based on thermal units. *Proceedings of the key papers of the 1th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding*; 1993; University of Tehran; 1993. P. 243-253. (in Persian)

- Karimi M, Azizi M. Basic growth analysis. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press. 1994; pp. 111.
(in Persian)
- Kenter C, Hoffmann CM, Marlander B. Effects of weather variables on sugar beet yield development. *Eur J. Agron.* 2006; 24: 62-69.
- Keating BA, Caberry PS. Resource captures and use in intercropping: Solar radiation. *Field Crops Res.* 1993; 34: 273-301.
- Khayamim S, Mazaheri D, Bannayan-Aval M, Gohari J, Jahansooz MR. Assessment of sugar beet physiologic and technologic characteristics at different plant density and nitrogen use levels. *Pajouhesh & Sazandegi.* 2003; 60: 21-29. (in Persian, abstract in English)
- Kolivand M. Study of sugar beet growth pattern in Kermanshah. *Sugar Beet J.* 1995; 11 (1&2): 1-19. (in Persian, abstract in English)
- Koocheki A, Sarmadniya GH. *Crop Physiology.* Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press. 1994; pp. 400. (in Persian)
- Lambers H, Nagel OW, van Arendonk JCM. The control of biomass partitioning in plants from “favourable” and “stressful” environments: a role for gibberellins and cytokinins. *Bulg J Plant physiol.* 1995; 21(2&3): 24-32.
- Milford GFJ, Lenton JR. Effect of photoperiod on growth of sugar beet. *Ann Bot.* 1976; 40: 1309 – 1315.
- Milford GFJ, Pocock TO, Riley J, Messemer AB. An analysis of leaf growth in sugar beet. Part III. Leaf expansion in field crop. *Ann App Biol.* 1985; 106: 187-203.
- Naderi MR, Nour-mohammadi G, Majidi I, Darvish F, Shirani-rad AH, Madani H. Evaluation of summer safflower reaction to different intensities of drought stress at Isfahan region. *Iranian J. Crop Sci.* 2005; 7 (3): 212-225.
- Najafinejad H. Study of changes of sugar beet growth parameters in Moghan. *Proceedings of the 4th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding;* 1996; Isfahan University of Technology; 1996. P. 107. (in Persian)

- Rinaldi M and AV Vonella. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to irrigation in Southern Italy: Water and radiation use efficiency. Field crops Res. 2006; 95:103-114.
- Sadeghzade Hemayati S. The effect of agronomical factors on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) radiation interception, growth and yield (Ph D thesis). Tehran: Islamic Azad University, Science and Research Branch; 2008. (in Persian, abstract in English)
- Sarmadniya GH, Koocheki A. Physiological Aspects of dry land farming. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Press. 1987; pp. 424. (in Persian)
- Scott RK, Jaggard KW. Crop physiology and agronomy. In: The sugar beet crop; Science into practice, Chapman & Hall, London: (eds. DA Cooke and RK Scott), 1993; P. 179-237.
- Shokohfar AR. Study of yield, technical quality, leaf growth, correlation of quantity and quality traits and radiation absorption efficiency under various plant density of late sowing sugar beet in Dezfol. (Ph D thesis). Tehran: Islamic Azad University, Science and Research Branch; 2001. (in Persian, abstract in English)
- Watson DJ. Comparative physiological studies the growth of field crop variation in net assimilation rate and leaf years. Ann Bot. 1947; 11: 41-76.
- Watson DJ. The physiological basis of variation in yield. Adv Agron. 1952; 10: 101-145.
- Wilson J. Analysis of growth photosyntheses and light interception for single plants and stands. Ann Bot. 1981; 22: 37-54.