بررسی روندرشد چغندرقند در همدان

Study of sugar beet growth pattern in Hamedan

محمدرضا میرزایی[1] و محمد عبداللهیان نوقابی[2]*

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۱۲

م.ر. میرزایی و م. عبداللهیان نوقابی. ۱۳۹۰. بررسی روندرشد چغندرقند در همدان. **مجله چغندرقند ۲۷(۲): ۱۳٤ - ۱۱۷**

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی روند رشد گیاه چغندرقند 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. نمونه‌برداری از کرت‌ها به‌روش تخریبی و تجزیه رشد به‌روش رگرسیونی و براساس تغییرات شاخص سطح‌برگ، 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 پس‌از کاشت و به‌ترتیب 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 و۹٦ روز از زمان کاشت به ۲۹/۵ و۲۵/۰ گرم در مترمربع در روز رسید. بیشترین شاخص سطح برگ (LAI) تاریخ کاشت اول در حدود سه ماه پس‌از کاشت در سال ۱۳۸۱ به ۲/۵ و در سال ۱۳۸۲ معادل ۲/٦ 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 چغندرقند به‌صورت رابطه خطی سیر نزولی داشت. تغییرات سرعت جذب خالص (NAR) در ابتدا به‌صورت بطئی افزایش و سپس با بزرگ شدن برگ‌ها و سایه‌اندازی آن‌ها روند نزولی پیدا کرد. بیشترین سرعت رشد ریشه چغندرقند (CGR-r) در تاریخ کاشت اول در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به ترتیب ۹٤ و ۹۲ روز پس‌از کاشت به ۱۰/۱ و ۲۰/۰ گـرم در مترمربـع در روز اتفاق افتاد و پس از آن روند نزولی داشت. در تاریخ کاشت دوم بالاترین میزان CGR-r نیز ۱٤/۰ و ۱۷/۳ گرم در مترمربع در روز بود که به ترتیب ۱۰۸ و ۹۵ روز پس‌از کاشت در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به‌دست آمد. به‌طور 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 چغندرقند طی فصل رشد به خوبی با پتانسیل عملکرد محصول همخوانی داشت. لذا با توجه به تغییرات اقلیمی و پدیده گرم شدن کره‌زمین، کشت چغندرقند در اولین فرصت ممکن در منطقه از لحاظ شاخص‌های فیزیولوژیکی و هم‌چنین عملکرد چغندرقند قابل توجیه و توصیه می‌باشد.

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

۱- مربی پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان- همدان

۲- دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات چغندرقند- کرج *- نویسنده مسئول Noghabi@sbsi.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بررسی روندرشد گیاه چغندرقند در شرایط سرد آب و هوایی همدان و شناخت عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت چغندرقند 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 منجربه دستیابی به اطلاعات جامع موردنیاز جهت برنامه‌ریزی و تحقیقات آینده از جمله مدل‌سازی رشد چغندرقند و پیش‌بینی مقدار محصول و هم‌چنین تعیین نیاز آبی چغندرقند 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 به‌صورت ماده خشک در اندام‌های مختلف چغندرقند انباشته می‌شود. رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ LAI در کوتاه‌ترین زمان از عوامل عمده و مهم در تعیین عملکرد چغندرقند محسوب می‌شود (Scott and Jaggard 1993).

بر اساس تقسیم‌بندی فائو (Doorenbos and Kassam 1979) چهار مرحله در تقسیم‌بندی مراحل رشد چغندرقند چنین بیان نموده است: الف- جوانه‌زنی ۹۰-۸۰ درصد بذور تا 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 سبزگردد (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 چغندرقند است و ثابت نموده‌است که محصول ریشه به توسعه سریع شاخص سطح‌برگ بستگی دارد. وی هم‌چنین دریافت که حداکثر سرعت رشد برای چغندرقند ۳۲ گرم در مترمربع در روز است. در شرایط اقلیمی کرج حداکثر سرعت رشد چغندرقند 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 چغندرقند در رابطه با افزایش درجه‌حرارت بالای یک درجه سانتی‌گراد، به‌صورت خطی است. نتایج مطالعات عکس‌العمل

Archive of SID
www.SID.ir

توسعه برگ به دمای بالای ۳ درجه سانتی‌گراد نشان داد که سرعت گسترش روزانه سطح‌برگ با انتگرال درجه حرارت روزانه به‌صورت خطی می‌باشد (Milford and Lenton 1976).

از پارامترهای مهم فیزیولوژیک گیاه که نمایان‌گر رشد آن می‌باشد، سطح ویژه برگ (SLA) است. تعادل بین توسعه سطح‌برگ 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، 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 چغندرقند روند نزولی داشته و مقدار آن بین ۱۰/۵–۸ مترمربع بر کیلوگرم متغیر بود (Khayamim et al. 2003). شکوه فر (Shokohfar 2001) گزارش کرد که سطح ویژه برگ چغندرقند 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. دراین 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 ۰/۰۱۹– ۰/۰۱۳ در سال اول و۰/۰۲۱–۰/۰۱۵ مترمربع بر گرم در سال دوم گزارش نمود. در تحقیق دیگری با افزایش فاصله بوته (کاهش تراکم) در گیاه ماش ضخامت برگ و عملکرددانه در تک بوته افزایش یافت. هم‌چنین بیان شد که بخش عمده‌ای از افزایش عملکرددانه در یکی از ژنوتیپ‌ها در نتیجه کاهش SLA (افزایش ضخامت برگ) مربوط بوده است (Habibzade et al. 2006). سطح ویژه برگ شاخصی 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 به‌دلیل کاهش سطح برگ در نتیجه عدم تشکیل برگ‌های جدید است (Farahmand-rad et al. 1999).

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج بررسی روند رشد چغندرقند در کرمانشاه نشان داد که روند تغییرات شاخص سطح برگ و هم‌چنین وزن خشک کل گیاه بر اساس روزهای پس‌از کاشت از معادله درجه دوم پیروی می‌کند. میزان رشد نسبی با افزایش سن چغندرقند 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 چغندرقند در خوزستان ماکزیمم سرعت رشد ریشه چغندرقند 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 به‌ترتیب 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 روندرشد چغندرقند در منطقه که معمولاً سردسیر و طول دوره رشد نیز نسبتاً کوتاه می‌باشد مطالعه‌ای در رابطه با بررسی تغییرات شاخص‌های رشد چغندرقند 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 به‌ترتیب 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 چغندرقند رقم منوژرم رسول استفاده شد. عملیات تهیه اولیه زمین، شامل شخم و دیسک در پائیز و عملیات ثانویه در بهار صورت گرفت. میزان کودمصرفی 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 چغندرقند به‌طور یکنواخت انجام شد.

Archive of SID
www.SID.ir

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

سال	بافت	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	درصد مواد خنثی‌شونده	درصد کربن‌آلی	درصد ازت کل	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم‌درکیلوگرم)	پتاسیم‌قابل‌جذب (میلی‌گرم‌درکیلوگرم)
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 منظور تعیین روند رشد گیاه چغندرقند 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 به‌طور تصادفی انتخاب شد. هر کرت شامل پنج خط به طول ده متر که پس از حذف حاشیه مساحت ۱۴/۴ مترمربع به‌روش تخریبی برداشت گردید. در هر بار نمونه‌برداری اندازه‌گیری‌های صفات مختلف روی حدود ۱۴۰ عدد ریشه چغندقند انجام شد. وزن‌تر 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 به‌طور جداگانه نمونه‌ای از خمیرریشه را به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ چغندرقند در چهار تکرار هریک به مساحت یک متر مربع زمین (کل بوته‌های واقع در ۱/۶۷ متر طول یک ردیف) برگ‌ها به‌طور کامل برداشت و به‌وسیله دستگاه سنجش سطح برگ مساحت آن‌ها اندازه‌گیری شد.

برای انجام آنالیزهای رشد از روش رگرسیونی استفاده شد. برای این منظور سه صفت شاخص سطح برگ، وزن خشک پهنک برگ و وزن خشک کل بوته در طول دوره رشد برای هریک از تاریخ‌های کاشت اندازه‌گیری شد. سپس به‌روش کمترین مربعات بهترین معادله درجه دوم روی لگاریتم طبیعی هریک از صفات مذکور برازش داده شد (Buttery 1969; Abdollahian-Noghabi 1992; Sadeghzade Hemayati 2008) در این روابط (معادله‌های ۱، ۲ و ۳) تعداد روزهای پس از کاشت به‌عنوان 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 وسپس نسبت به زمان (t) و با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SPSS اقدام به برازش بهترین مدل با ضریب تبیین (R^2) قابل قبول گردید (جدول ۲).

$$TDW = e^{(a+bt+ct^2)} \quad (۱)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$LAI = e^{(a'+b't+c't^2)} \quad (۲)$$

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

برای شاخص‌های رشد در روش رگرسیونی 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 Litchtield 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

متغییر	سال	آزمایش	ضرایب معادله درجه ۲			R^2
			a	b	c	ضریب تبیین
Ln TDW	۱۳۸۱	زود کاشت	−۰/۸۷۲۴	۰/۱۱۳۹	−۰/۰۰۰۴	۰/۹۳
Ln TDW	۱۳۸۱	دیرکاشت	۰/۰۴۶۱	۰/۰۹۷۹	−۰/۰۰۰۳	۰/۹۱
Ln LAI	۱۳۸۱	زود کاشت	−۴/۰۷۲۲	۰/۰۷۹۴	−۰/۰۰۰۳	۰/۸۵
Ln LAI	۱۳۸۱	دیرکاشت	−۲/۶۸۲۴	۰/۰۶۱۷	−۰/۰۰۰۲	۰/۶۵
Ln LDW	۱۳۸۱	زود کاشت	−۰/۴۱۴	۰/۹۲۴	−۰/۰۰۰۴	۰/۷۷
Ln LDW	۱۳۸۱	دیرکاشت	۰/۴۸۵۵	۰/۰۷۶۳	−۰/۰۰۰۳	۰/۴۹
Ln TDW	۱۳۸۲	زود کاشت	−۰/۳۳۱	۰/۱۰۸۶	−۰/۰۰۰۴	۰/۸۷
Ln TDW	۱۳۸۲	دیرکاشت	−۰/۷۰۴۹	۰/۱۱۱۵	−۰/۰۰۰۴	۰/۹۲
Ln LAI	۱۳۸۲	زود کاشت	−۲/۶۹۳۸	۰/۰۶۱۹	−۰/۰۰۰۳	۰/۵۵
Ln LAI	۱۳۸۲	دیرکاشت	−۱/۷۲۰۶	۰/۰۴۰۶	−۰/۰۰۰۲	۰/۴۶
Ln LDW	۱۳۸۲	زود کاشت	۰/۵۲۳۹	۰/۰۷۶۱	−۰/۰۰۰۳	۰/۶۰
Ln LDW	۱۳۸۲	دیرکاشت	۱/۴۶۸۲	۰/۰۵۴۴	−۰/۰۰۰۲	۰/۴۵

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):

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

از آن‌جا که: $RGR = NAR \times LAR$ می‌باشد برای محاسبه NAR(Net Assimilation Rate) از معادله ۶ استفاده شد:

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

برای محاسبه سرعت رشد نسبی (RGR= 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:

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

Archive of SID

www.SID.ir

برای محاسبه سرعت رشد گیاه زراعی (CGR= Crop Growth Rate) از معادله معروف واتسون (Watson 1952) از معادله ۷ استفاده شد

$$CGR = NAR \times LAI \quad (۷)$$

برای محاسبه سرعت رشدریشه (CGR-r) براساس رابطه گزارش شده توسط ایزومیاما (Izumiyama 1984) با لحاظ نمودن سرعت توزیع فرآورده‌های فتوسنتز (DR= Distribution Rate) در اندام‌هوایی و زمینی چغندرقند استفاده شد (معادله ۸):

$$CGR\text{-}r= CGR \times DR = NAR \times LAI \times DR \quad (۸)$$

که CGR ، CGR-R و DR به‌ترتیب عبارت است از سرعت رشدگیاه، سرعت رشد ریشه و شاخص توزیع می‌باشند.

سطح ویژه برگ (SLA) عبارت است از نسبت سطح‌برگ به وزن‌خشک برگ و در واقع سطح واحد وزن برگ را بیان می‌نماید. لذا از تقسیم رابطه شاخص سطح‌برگ (معادله ۲) بر رابطه وزن خشک پهنک برگ (معادله ۳)، سطح ویژه برگ محاسبه شد (معادله ۹)

$$SLA = LAI / LDW = e^{(a'-a'')+(b'-b'')t+(c'-c'')t^2} \quad (۹)$$

وزن مخصوص برگ (SLW) که نسبت عکس با SLA دارد عبارت است از نسبت وزن‌خشک برگ به سطح‌برگ 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)

$$SLW = LDW / LAI = e^{(a''-a')+(b''-b')t+(c''-c')t^2} \quad (۱۰)$$

نسبت وزن برگ (LWR) که بیان‌کننده نسبت وزن‌خشک برگ به وزن‌خشک 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)

$$LWR = LDW / TDW = e^{(a''-a)+(b''-b)t+(c''-c)t^2} \quad (۱۱)$$

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 چغندرقند طی فصل رشد است که با استفاده از معادله ۱۲ محاسبه گردید.

$$GDD = \sum (T_{max}+T_{min}) / 2 - T_B \quad (۱۲)$$

$$\text{If } T_{min} < 3°c \Rightarrow T_{min} = 3°c$$

$$\text{If } T_{max} > 30°c \Rightarrow T_{max} = 30°c$$

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 چغندرقند که معادل ۳ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (Milford et al. 1985; Gummerson 1986; Durr and

Archive of SID

www.SID.ir

(Boifin 1995; Jalilian et al. 2004). برای بیشینه دما نیز اگرچه رفرنس اختصاصی برای تعیین دمای بیشینه چغندرقند 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 سطح‌برگ (LAI) در سال ۱۳۸۱ نشان داد که حداکثر شاخص سطح‌برگ برای تاریخ کاشت زود (نیمه اردیبهشت) حدود ۲/۵ و در نیمه شهریور حادث شد. ولی در کشت دیر چغندرقند (نیمه خرداد) بیشترین شاخص سطح‌برگ 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 چغندرقند در نیمه اردیبهشت فراهم شد در نتیجه حداکثر شاخص سطح‌برگ نیز در شهریور ماه حادث گردید. در سال ۱۳۸۲، تغییرات منحنی شاخص سطح‌برگ (LAI) برای دو تاریخ کاشت نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ برای تاریخ کاشت زود حدود ۱/۸ و در اواخر مردادماه حادث شد. ولی در کشت با تأخیر یک ماهه بیشترین شاخص سطح‌برگ همین حدود ولی در دهه اول مهرماه تشکیل شد (شکل ۱). بیشتر بودن شاخص سطح‌برگ در سال ۱۳۸۱ در مقایسه با سال ۱۳۸۲ احتمالاً به‌دلیل شرایط آب و هوایی این دو سال در شش ماهه اول سال بود. به‌طوری‌که 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 سطح‌برگ در تاریخ کاشت دوم نسبت به زودکاشت برتری پیدا نماید (شکل ۱). تفاوت معنی‌داری بین سال‌های اجرای آزمایش از لحاظ شاخص سطح‌برگ 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 درجه‌حرارت، 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 قرارداده 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

Archive of SID

www.SID.ir

(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 تنفس کننده) و نشان‌دهنده میزان پر برگی گیاه می‌باشد. طی دو سال اجرای این آزمایش، نسبت سطح برگ برای تاریخ کاشت کرپه چغندرقند در مقایسه با تاریخ کاشت زود در ابتدای فصل رشد بیشتر بود (شکل ۲). باتوجه 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 می یابد. سپس در مراحل بعدی رشد شیب جریان مواد فتوسنتزی در برگ‌ها به ریشه بیشتر خواهد شد(مخرج کسر در کشت زود به‌دلیل ماده خشک بیشتر زیاد ودر نتیجه حاصل کسر کوچک می‌شود). بنابراین در زمان شروع نمونه‌برداری از دو آزمایش، در تاریخ کاشت دیر به‌دلیل تأخیر در کشت در مرحله توسعه سطح‌برگ 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 ناشی‌از 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 وزن‌برگ (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 می نماید. سطح ویژه برگ در سال ۸۱ حدود ۹۰ روز پس از کاشت در کشت اول و دوم با دریافت به‌ترتیب ۲۰۰۰ و ۱۸۷۵ درجه روز رشد به حداقل مقدار خود به‌ترتیب به ۸۵ و ۱۸۳ سانتی‌متر مربع برگرم 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 برگرم رسید. سطح ویژه برگ طی سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ در هراکشت کمتر از کرپه بود (شکل ۳)؛ به‌عبارت دیگر پهنک برگ چغندرقند 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 عملکردریشه 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

Archive of SID

www.SID.ir

واحد زمان می‌باشد. در مراحل اولیه رشد به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی ودر 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 سال۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به‌ترتیب در حدود ۹۰ روز پس از کاشت به‌ترتیب 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 به‌دلیل مسن شدن و یا از بین رفتن برگ‌ها اتفاق می افتد. چنانچه ملاحظه می‌شود 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 و۲۵ گرم در مترمربع در روز، ۱۱۰ و۹۶ روز پس‌از کاشت و به‌ترتیب با دریافت ۲۱۲۳ و۱۹۶۴ واحد حرارتی (GDD) در طی دو سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به‌دست آمد. همان‌طوری‌که مشاهده می‌گردد در تیمار دیرکاشت نسبت به زودکاشت 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 تاج‌پوشش در کاشت کرپه چغندرقند دیرتر حادث شد و این امر با کاهش تابش انرژی خورشیدی و کاهش طول روز و در نتیجه کاهش انرژی دریافتی همراه گردید. در حالی‌که حداکثر تاج‌پوشش 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 وسرعت فتوسنتز خالص در طول دوره رشد بوده و بسته به شرایط محیطی متفاوت می‌باشد (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 می‌شود.

بیشترین سرعت رشد ریشه چغندرقند (CGR-r) در تاریخ کاشت اول در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ به‌ترتیب ۹۴ و ۹۲ روز پس‌از کاشت به ۱۰/۰۹، ۲۰/۰۱ گرم در متر مربع در روز رسید و پس‌از آن سیر نزولی داشت. در تاریخ کاشت دوم بیشترین میزان CGR-r نیز ۱۳/۹۵ و ۱۷/۳۴ گرم در مترمربع در روز بود که به‌ترتیب ۱۰۸ و۹۵ روز پس‌از کاشت به‌دست آمد (شکل ۵). کولیوند (Kolivand 1995) در کرمانشاه حداکثر سرعت رشدریشه را ۱۲ گرم در مترمربع در روز و هاشمی دزفولی و همکاران (Hashemi Dezfouli et al. 1996) در خوزستان ماکزیمم سرعت رشد ریشه چغندرقند را در ۱۴۲ روز پس از سبزشدن معادل ۱۷/۲۳ گرم در مترمربع در روز و عبداللهیان نوقابی (Abdollahian-Noghabi 1992) ماکزیمم سرعت رشد ریشه در کرج را ۱۸/۸ گرم بر مترمربع در روز، برآورد نمودند. دمای مناسب رشد چغندرقند بین ۲۰ تا

Archive of SID
www.SID.ir

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 ۲۶-۲۲ 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 چغندرقند 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. چغندرقند 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 درجه‌حرارت روی رشد چغندرقند، کاهش و هم‌چنین شدت تشعشع خورشیدی محدود می‌شود (Kenter et al. 2006). شاید به همین دلیل در کشت کرپه حداکثر سرعت‌رشد کل و سرعت رشد ریشه چغندرقند نسبت به کشت زودتر به‌دست آمده که در نهایت منجربه کاهش عملکردریشه در کشت کرپه گردید. تغییرات سرعت رشد نسبی و رابطه آن با گذشت زمان به‌صورت خطی بود. در اوایل دوره رشد سرعت رشد نسبی (RGR) با توجه به عدم رقابت و سایه‌اندازی برگ‌ها روی هم حداکثر بوده و با افزایش سن چغندرقند 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 خالصNAR، 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 سایه‌اندازی برگ‌ها روی هم به‌صورت بطئی افزایش سپس با گذشت زمان و با افزایش میانگین سن برگ‌ها، وسایه‌اندازی در نتیجه کاهش کارایی فتوسنتزی، سیر نزولی یافت. حداکثر سرعت جذب خالص (NAR) طی دو سال آزمایش در کاشت زود به‌ترتیب ۸۰ و ۸۸ روز پس‌از کاشت در اوایل و اواسط مرداد ماه به ۱۰/۴۷ و۱۶/۰۴ گـرم در مترمربـع در روز رسید و در دیرکاشت به‌ترتیب ۹۷ و ۹۲ روز پس از کاشت در اواخر شهریورماه به ۸/۲۸ و ۱۴/۸۵ گـرم در مترمربـع در روز رسید (شکل ۷). در کشت‌زود به‌دلیل شرایط معتدل اوایل فصل رشد، حداکثر رشد اندام هوایی را داشته در نتیجه همزمان شدن حداکثر پوشش سطح‌برگ با حداکثر تشعشع خورشیدی در ماه‌های خرداد و تیر منجر شده که در زمان کوتاه‌تری نسبت به کشت کرپه به حداکثر سرعت

Archive of SID

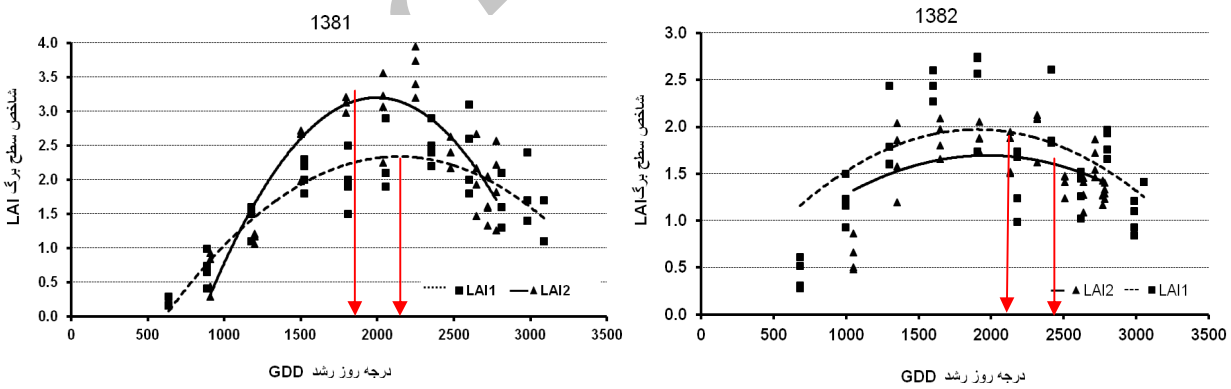
www.SID.ir

جذب خالص (NAR) دست یابد. هم‌چنین به دلیل ضخامت بیشتر برگ چغندرقند 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 عملکردریشه چغندرقند (RY) از ابتدا تا انتهای فصل رشد، روند صعودی داشت. تغییرات افزایش عملکردریشه ابتدا به‌صورت سریع و سپس ازسرعت ملایمی برخوردار بود (شکل ۸). در نهایت چنانچه در این شکل‌ها مشاهده می‌شود پتانسیل عملکردریشه درکشت 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 ذخیره‌سازی مواد در کشت زود نسبت به کشت کرپه است (Sadeghzade Hemayati 2008). این مطلب به‌خوبی مبین و توجیه کننده عملکردریشه بالاتر درکشت زود هنگام در شرایط نرمال می‌باشد. البته می‌توان به همسرعتی بیشتر روند تغییرات سرعت رشد محصول با روند تغییرات وزن مخصوص برگ، نسبت وزن برگ و سطح ویژه برگ، نسبت داد و نتیجه‌گیری کرد که سطح ویژه برگ کمتر یا ضخامت بیشتر برگ در کشت زود عملکردریشه بیشتر را نسبت به کشت دیر تولید و نقش اصلی را در تعیین سرعت رشد محصول داشته است.

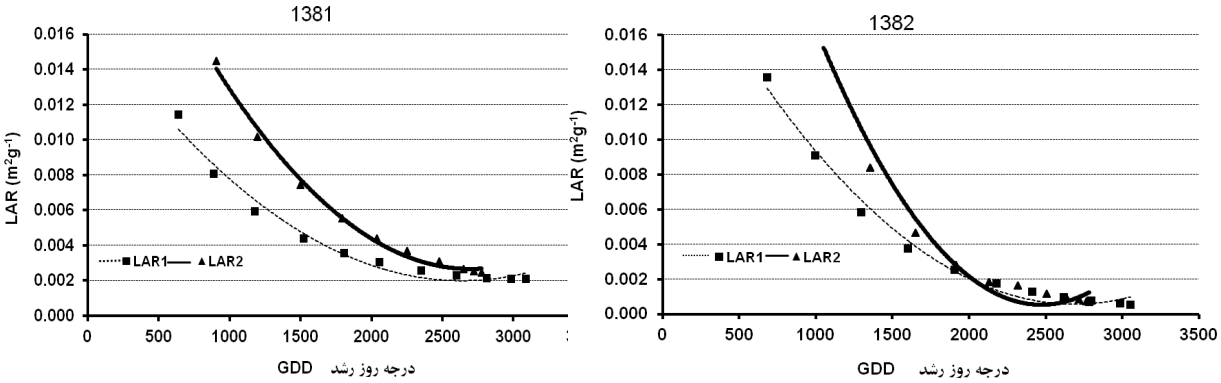
سپاسگزاری

پژوهش حاضر با امکانات و بودجه پژوهشی مؤسسه تحقیقات چغندرقند انجام شده است که بدین‌وسیله از مدیریت محترم مؤسسه به‌خاطر فراهم نمودن امکانات اجرای پروژه و کلیه همکارانی که به نحوی از انحاء در انجام پژوهش همکاری نمودند تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

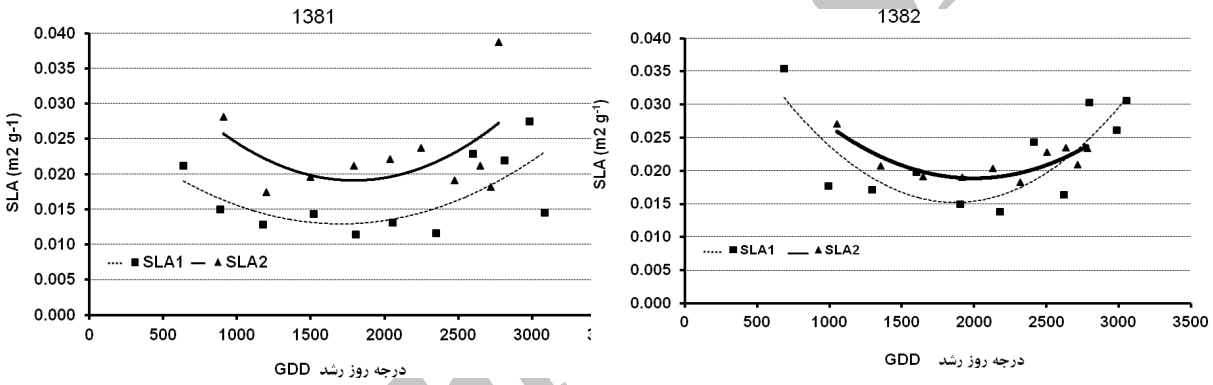


شکل ۱تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) برای کاشت‌زود (LAI1) و دیر (LAI2) چغندرقند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲

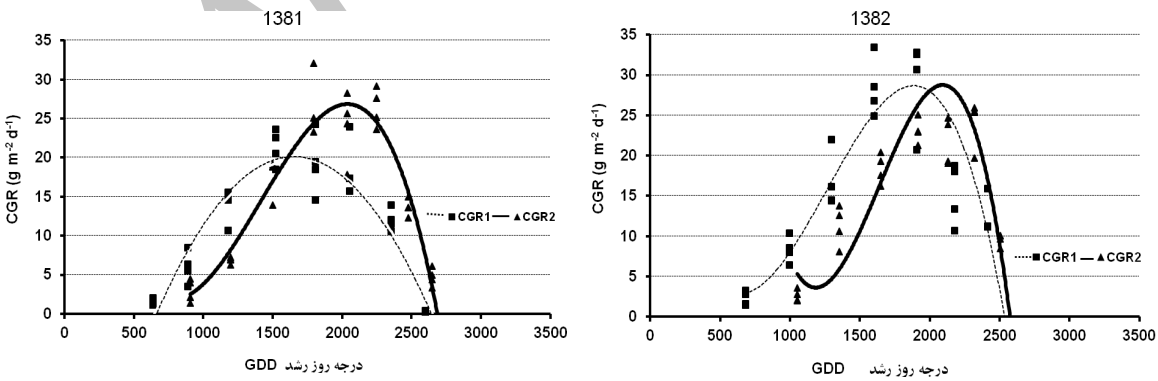
Archive of SID
www.SID.ir



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

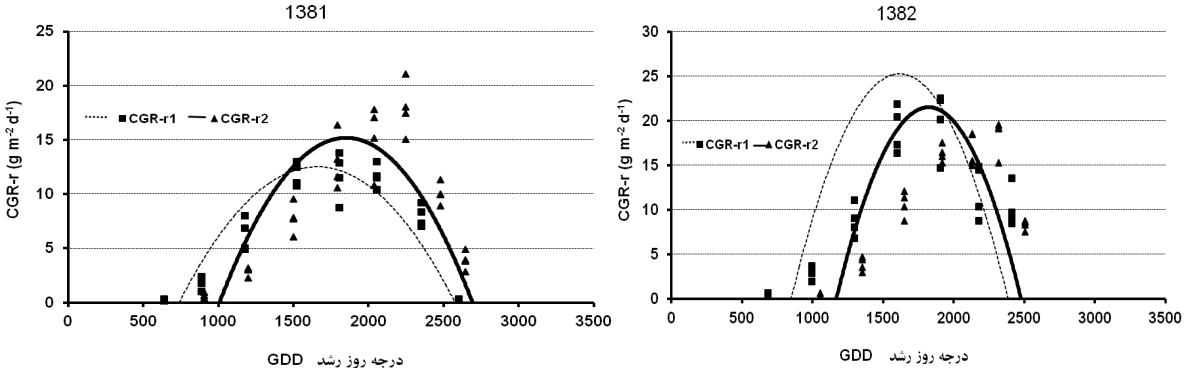


شکل ۳ تغییرات سطح ویژه برگ (SLA) برای کاشت زود (SLA1) و دیر (SLA2) چغندرقند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۳۸۲

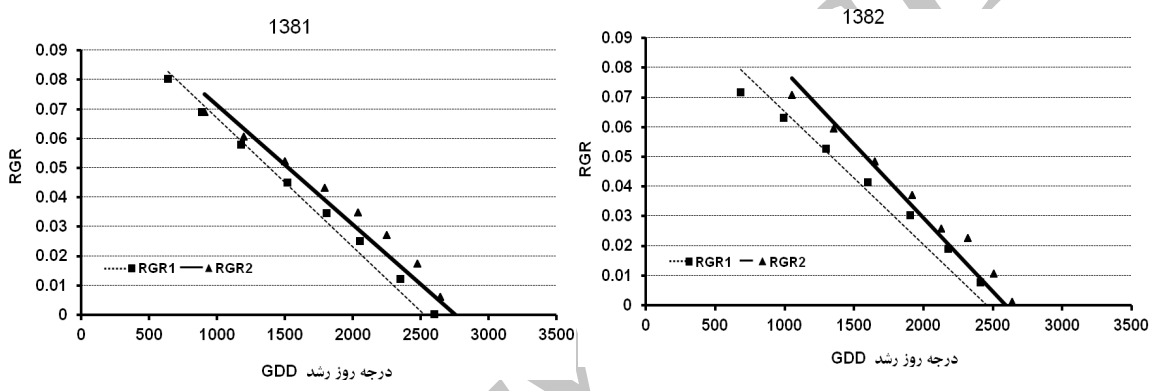


شکل ٤ تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) برای کاشت زود (CGR1) و دیر (CGR2) چغندرقند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲

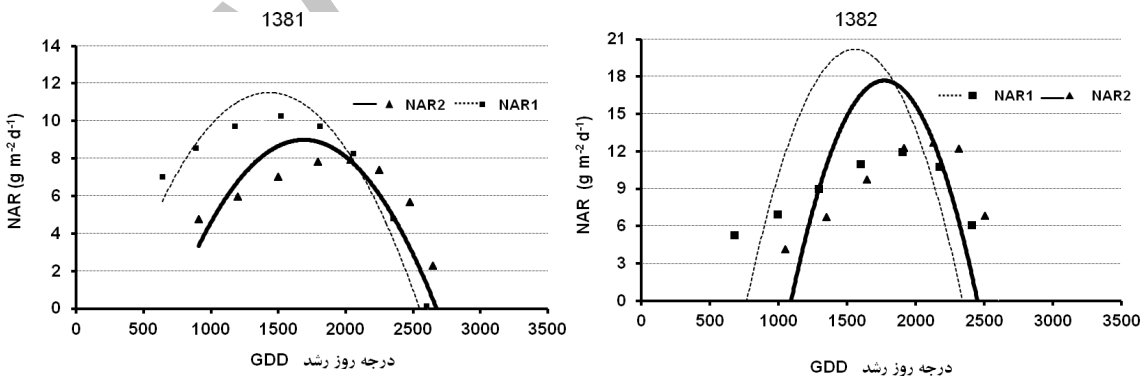
www.SID.ir



شکل ۵ تغییرات سرعت رشد ریشه (CGR-r) برای کاشت زود ($CGR\text{-}r_1$) و دیر ($CGR\text{-}r_2$) چغندرقند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲

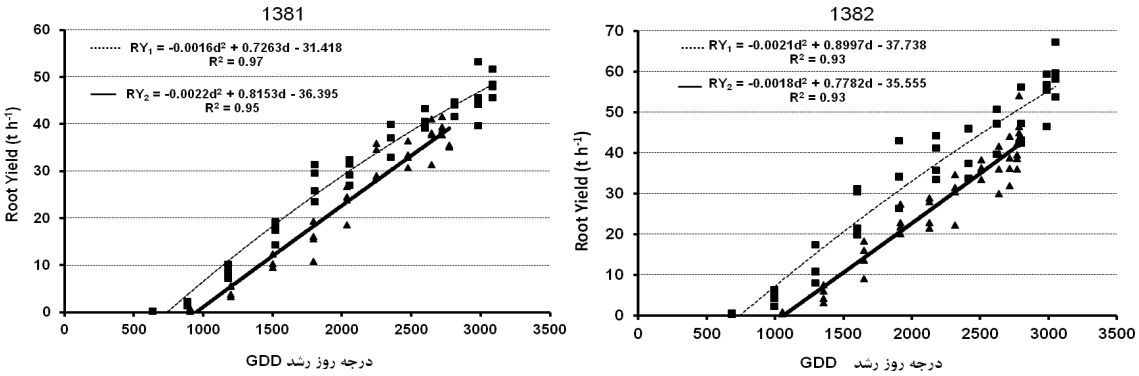


شکل ٦ تغییرات سرعت رشد نسبی محصول (RGR) برای کاشت زود (RGR1) و دیر (RGR2) چغندرقند در همدان در سال ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲



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

www.SID.ir



شکل ۱۰ تغییرات عملکردریشه (RY) برای کاشت زود (RY1) و دیر (RY2) چغندرقند 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)

Archive of SID

www.SID.ir

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 rediata* (L.) Wilczk) genotypes under Ahvaz conditions. Iranian J. Crop Sci. 2006; 8 (1): 66-78.

Hashemi Dezfouli SA. Manipulation of crowding sterss in corn. (Ph D thesis). Amherst, USA: University of Massachusetts; 1990.

Hashemi Dezfoli SA, Sharifi H, Gohari J, Alami Saeid Kh. Growth analysis and determination of important quality traits of multigerm 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, Litchtield GV. Growth respons 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, Abdolahian-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)

Archive of SID

www.SID.ir

Karimi M, Azizi M. Basic growth analysis. Jehad-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. Jehad-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 "streessful" 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, Messem 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)

Archive of SID

www.SID.ir

Rinaldi M and AV Vonella. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta volgaris* 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. Jehad-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. Comparitive physiological studies the growth of field crop variation in net assimilation rate and leaf years. Ann Bot. 1947; 11: 41-76.

Watson DJ. The physilogical 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.

Archive of SID

www.SID.ir