

## بررسی برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر بر رشد چغندر قند تحت تأثیر تاریخ و آرایش‌های مختلف کاشت<sup>۱</sup>

علی سلیمانی\*، محمدرضا خواجه پور\*\*\*،  
قربان نورمحمدی\*\*\* و سید یعقوب صادقیان\*\*\*\*

### چکیده

به منظور ارزیابی واکنش رشد چغندر قند (رقم IC<sub>۱</sub>) به تاریخ و آرایش‌های متفاوت کاشت، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۷۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مشهد، بصورت طرح کرت‌های دوبار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل دو تاریخ کاشت (۱۵ اردیبهشت بعنوان کاشت معمول و ۲۰ خرداد پس از آخرین آبیاری جو)، کرت‌های فرعی شامل دو فاصله بین ردیف (۵۰ و ۶۰ سانتیمتر) و کرت‌های فرعی فرعی شامل سه تراکم کاشت (۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در متر مربع) بودند. تأخیر در کاشت، افزایش فاصله بین ردیف و کاهش تراکم بوته موجب کاهش حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر عملکرد ماده خشک کل و سرعت رشد محصول گردید. سرعت اسیمیلاسیون خالص در اثر تأخیر در کاشت کاهش یافت، اما به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر فاصله ردیف و تراکم بوته قرار نگرفت. تراکم ۸ بوته در متر مربع، در هر دو تاریخ کاشت و فاصله ردیف، کمترین شاخص سطح برگ، وزن خشک کل بوته و سرعت رشد محصول را تولید نمود. اما به دلیل راندمان بهره‌وری بالاتر سطح برگ محدود آن از نور، سرعت اسیمیلاسیون خالص بالائی داشت. بر اساس نتایج این مطالعه ممکن است فاصله ردیف کاشت ۵۰ سانتیمتر

۱- قسمتی از پایان نامه دکتری نویسنده اول

\*- دانشجوی دوره دکتری زراعت واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

\*\* - دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

\*\*\* - استاد گروه تخصصی زراعت واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

\*\*\*\* - دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند

تاریخ دریافت مقاله ۸۰/۵/۲۸، تاریخ دریافت نسخه نهایی ۸۱/۲/۲۹

و تراکم ۱۰ بوته در متر مربع برای تاریخ کاشت معمول و دیر هنگام در شرایط مشابه با مطالعه حاضر مناسب باشد.

واژگان کلیدی: چغندر قند، شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، سرعت اسیمیلایون خالص، سرعت رشد محصول

#### مقدمه

چغندر قند دارای هیچگونه مکانیسم خودکنترلی جهت افزایش تجمع ساکارز نیست و به همین دلیل وابسته به محرک‌های خارجی است (۲). دوره رشد طولانی چغندر قند موجب می‌شود که فرآیندهای رشد و تولید آن در شرایط جوی مختلفی از لحاظ دما، تشعشع و رطوبت انجام شود. پویایی تغییرات دما و تشعشع و رژیم‌های رطوبتی، تأثیر قابل توجهی بر تولید تک بوته و پوشش گیاهی دارند (۱۰). تاریخ کاشت از طریق انطباق مراحل رشد و نمو گیاه با وضعیت حرارتی خاک و هوا، طول روز، پتانسیل تبخیر و تعرق، بارندگی، رطوبت هوا و سایر خصوصیات جوی، شیوع آفات و امراض، بیماری‌ها، علف‌های هرز و غیره بر استقرار، رشد رویشی و در نهایت بر عملکرد کمی و کیفی محصول و مسائل برداشت تأثیر می‌گذارد (۴،۳). عملکرد کل ماده خشک نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رویشی است، در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی داشته که به طور یکنواختی توزیع شده باشد و سطح زمین را کاملاً پوشاند. این هدف با تغییر تراکم و توزیع بوته‌ها روی سطح خاک میسر است (۵).

افزایش سریع سطح برگ و رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی<sup>۱</sup> که باعث شود هرچه زودتر میزان فتوسنتز و سرعت رشد گیاه به حداکثر برسد، دارای اهمیت است. این عوامل تضمین کننده عملکرد زیاد و کاهش رقابت علف‌های هرز نیز می‌باشد (۱۱). برای به حداکثر رسیدن سرعت رشد محصول بایستی به میزان کافی برگ در جامعه گیاهی وجود داشته باشد تا بیشترین مقدار نور خورشید را دریافت کند. فتوسنتز انجام شده، خود سبب افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد. بدین لحاظ، شاخص سطح برگ مطلوب و حداکثر سرعت رشد محصول به طور همزمان حادث می‌شوند (۵). با این حال، سرعت رشد محصول در اثر زیاد شدن شاخص سطح برگ تا حدی افزایش می‌یابد که میزان نوری که برای فتوسنتز به برگ‌های پایینی می‌رسد برای جبران تنفس کافی باشد (۱۱). بر طبق نظر گودمن (۱۶)، شاخص سطح برگ مطلوب چغندر قند حدود ۳ است و در زمان برداشت نباید بیشتر از ۲ باشد.

تاریخ کاشت از طریق انطباق مراحل رشد با تغییرات فصلی تابش خورشیدی و دما تأثیر ویژه‌ای بر سطح برگ دارد (۲۸). در مطالعه واتسون (۲۹)، در کاشت زود، بیشترین سطح برگ چغندر در ماه سپتامبر (شهریور) تولید گردید و متعاقباً به آرامی تنزل یافت، ولی سطح برگ در کاشت دیرتر تا ماه نوامبر (آبان) در حال افزایش بود. افزایش عملکرد گیاه در فواصل بین ردیف کم عمده‌تاً به اثرات جذب نور در افزایش سرعت

۱ - شاخص سطح برگ لازم برای اینکه ۹۵٪ نور خورشید توسط پوشش گیاهی دریافت شود.

رشد محصول نسبت داده می شود (۳۱). واتسون (۳۰) ملاحظه کرد که شاخص سطح برگ اثر بارزتری بر بازده ماده خشک در مقایسه با سرعت اسیمیلاسیون خالص دارد، زیرا شاخص سطح برگ تحت تأثیر شرایط محیطی تغییر بیشتری پیدا می کند. وابستگی سرعت اسیمیلاسیون خالص به سطح برگ مثبت بوده و با افزایش سطح برگ یک بوته چغندر قند، سرعت اسیمیلاسیون خالص افزایش می یابد (۱۰). در حالی که در مورد یک پوشش گیاهی، موقعی که گیاهان کوچک بوده و اغلب برگ ها در معرض نور خورشید قرار گرفته اند، سرعت اسیمیلاسیون خالص در حداکثر مقدار خود قرار دارد. همزمان با رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ، برگ های بیشتری در سایه یکدیگر قرار می گیرند و این امر موجب می شود که در طول فصل رشد، با افزایش شاخص سطح برگ، سرعت اسیمیلاسیون خالص کاهش یابد (۵). در آزمایش هایی (۱۰) تحت تراکم های ۵۵، ۷۴، ۱۱۱ و ۱۴۸ هزار بوته در هکتار، تغییرات اندازه سطح برگ در هر گیاه عموماً متناسب با کاهش تعداد گیاه در واحد زمین نبود. در نتیجه تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به سطح برگ در هر بوته روندی معکوس داشت و لذا شاخص سطح برگ در تراکم های بالاتر افزایش بیشتری یافت. در آزمایشی (۲۷) روی چغندر قند در مرحله به حداکثر رسیدن سطح برگ (اواخر مرداد) تحت دو تراکم ۷۵ و ۳۷ هزار بوته در هکتار، به ترتیب ۸۹ و ۷۵ درصد از تشعشع رسیده به وسیله پوشش گیاهی در این تراکم ها دریافت شد. سرعت رشد محصول برای تراکم زیاد ۱۶۹ گرم بر متر مربع در هفته و برای تراکم کم ۱۴۶ گرم بر متر مربع در هفته بود. این مقادیر سرعت رشد محصول با درصد تابش دریافت شده به وسیله برگ ها ارتباط مستقیم داشتند.

نتایج حاصل از آزمایشات مختلف (۱۴، ۱۵، ۲۴، ۲۶) حاکی از آن است که با افزایش تراکم و بهبود آرایش کاشت از طرح مستطیل به مربع، عملکرد ماده خشک گیاه افزایش می یابد. زیرا در تراکم بالا، بوته تحت آرایش مربع، گسترش تاج و ریشه در اوایل دوره رویش بسیار بیشتر است و بهبود ریخت و ساختار درونی تاج و بوته ریشه سبب می شود که گیاه از نور، آب و مواد غذایی بیشتری بهره را ببرد. مطالعات انجام شده برای تعیین بهترین فاصله بین و روی ردیف نشان داد که تراکم ۷/۵ تا ۱۰ بوته در متر مربع با آرایش نزدیک به مربع بیشترین عملکرد را تولید می کند (۸، ۱۳، ۱۶، ۲۲، ۲۳، ۲۶). مطالعات دیگر (۲۱، ۲۵) نشان دادند که افزایش فاصله بین ردیف به بیش از ۵۱ سانتیمتر موجب کاهش عملکرد ریشه و قند می شود.

هدف از این مطالعه بررسی تغییرات برخی از شاخص های مهم فیزیولوژیکی در دوره رشد رویشی چغندر قند شامل شاخص سطح برگ و سرعت اسیمیلاسیون خالص، که اجزای تشکیل دهنده سرعت رشد محصول می باشد، و نیز ارزیابی تأثیر تاریخ و آرایش کاشت بر این شاخص ها و روند تجمع ماده خشک کل بود.

### مواد و روش ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۷۸ بصورت کرت های دوبار خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مشهد اجرا شد. دو تیمار تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی، دو تیمار فاصله ردیف در پلات های فرعی و سه تراکم کاشت در پلات های فرعی فرعی قرار گرفتند.

تاریخ‌های کاشت عبارت بودند از ۱۵ اردیبهشت (تاریخ کاشت معمول) و ۲۰ خرداد (پس از آخرین آبیاری جو). فواصل بین ردیف شامل ۵۰ و ۶۰ سانتی متر بودند و سه تراکم کاشت عبارت بودند از ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در متر مربع. رقم مورد استفاده با توجه به برتری نسبی در چند سال گذشته IC<sub>۱</sub> پلی ژرم انتخاب گردید. هر کرت شامل ۱۰ خط کاشت به طول ۱۲ متر بود.

عملیات تهیه زمین در پاییز سال ۷۷ انجام گردید. فسفر مورد نیاز از منبع سوپر فسفات با توجه به تجزیه خاک به صورت یکنواخت و قبل از شخم عمیق به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. همچنین معادل ۹۰ کیلوگرم در هکتار ازت خالص از منبع اوره به صورت قبل از کاشت مصرف شد. کاشت با استفاده از بندر افشان تک ردیفه به صورت متراکم انجام گرفت و بلافاصله اقدام به آبیاری شد. در مرحله شش برگگی، با توجه به فاصله بوته‌ها در روی ردیف، جهت حصول به تراکم‌های مربوطه، اقدام به تنک شد. در این زمان، به هر کرت معادل ۴۵ کیلوگرم در هکتار ازت خالص اضافه گردید. آبیاری تا پایان شهریور ماه هر ۸ روز یکبار و پس از آن هر ۱۲ روز یکبار صورت گرفت.

جهت تعیین شاخصهای رشد گیاه، نمونه‌برداری از ۳۵ روز پس از سبز شدن آغاز شد و به فاصله ۱۵ روز یکبار تا برداشت نهایی ادامه یافت. مجموعاً ۱۰ نمونه‌برداری برای تاریخ کاشت اول و ۷ مرحله نمونه‌برداری برای تاریخ کاشت دوم در طی دوره رشد از سطح واحدهای آزمایشی بعمل آمد. نمونه‌ها با حذف دو خط کناری از قطعه‌ای به مساحت ۱ متر مربع برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل Li-Cor 2000 NE تعیین شد. نمونه‌ها پس از تفکیک به اجزاء مختلف به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه‌دار در ۷۰ درجه سانتیگراد خشک و سپس توزین شدند. برای تعیین تغییرات میزان شاخص سطح برگ، روند تجمع ماده خشک کل، سرعت اسیمیلسیون خالص و سرعت رشد محصول به ترتیب از روابط (۱)، (۲)، (۳) و (۴) ارائه شده توسط کریمی و سدیک (۱۹) استفاده شد.

$$LAI = c \frac{a_1 + b_1 t + c_1 t^2}{e} \quad (1)$$

$$W = c \frac{a_2 + b_2 t + c_2 t^2}{e} \quad (2)$$

$$NAR = (b_2 + 2c_2 t) e \frac{(a_2 - a_1) + (b_2 - b_1)t + (c_2 - c_1)t^2}{e} \quad (3)$$

$$CGR = NAR \times LAI = (b_2 + 2c_2 t) e \frac{a_2 + b_2 t + c_2 t^2}{e} \quad (4)$$

در روابط فوق، W ماده خشک کل برحسب گرم، t زمان برحسب تعداد روز پس از سبز شدن، LAI شاخص سطح برگ، NAR سرعت اسیمیلسیون خالص، CGR سرعت رشد محصول و  $a_1, b_1, c_1$  و  $a_2, b_2, c_2$

ضرائب رگرسیون می‌باشند.

محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم افزار Stat Graphic و MStat C و رسم گراف‌ها با استفاده از نرم‌افزار Quattro Pro انجام گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ تاریخ کاشت اول تا حدود ۹۰ روز پس از سبز شدن به شدت افزایش یافت، در ۱۱۰ روز پس از سبز شدن به حداکثر میزان خود رسید و از ۱۳۰ روز پس از سبز شدن به سرعت کاهش یافت (شکل ۱). شاخص سطح برگ تاریخ کاشت دوم نیز تا حدود ۷۰ روز پس از سبز شدن افزایش نسبتاً سریعی یافت. روند افزایش شاخص سطح برگ تا حدود ۹۰ روز پس از سبز شدن ادامه داشت و سپس تا انتهای دوره رشد، به علت پائین آمدن دما، روند کاهشی یافت. در تاریخ کاشت دوم، شاخص سطح برگ در هیچ مرحله‌ای از رشد به ۲/۵ نرسید (شکل ۱). در تاریخ کاشت اول، شاخص سطح برگ در آغاز با سرعت کمتری نسبت به تاریخ کاشت دوم افزایش پیدا کرد، اما پس از گذشت ۶۰ روز پس از سبز شدن با سرعت بسیار زیادتری نسبت به تاریخ کاشت دوم افزایش یافت و به بیش از ۳/۵ رسید (شکل ۱). نتایج نشان می‌دهد که با به تعویق افتادن کاشت، گیاهان دارای حداکثر شاخص سطح برگ کمتری بودند و ثانیاً زودتر به سطح برگ حداکثر خود رسیدند. این امر به دلیل کوتاهی فصل رشد در تاریخ کاشت دیرتر و همچنین برخورد مراحل اولیه رشد با دماهای بالاتر نسبت به کاشت معمول بود. مجموع این عوامل تفاوت معنی داری را بین دو تاریخ کاشت از نظر حداکثر شاخص سطح برگ موجب شد (جدول ۱). بنابراین تنها گیاهان تاریخ کاشت اول قادر بودند تا حداکثر بهره را از پتانسیل محیطی موجود بنمایند. گیاهان تاریخ کاشت دوم، در عین اینکه تا حدودی از پتانسیل محیطی موجود استفاده کردند، ولی به علت کوتاهی فصل رشد نتوانستند همانند گیاهان تاریخ کاشت اول از شرایط محیطی موجود استفاده بهینه نمایند. عبدالهیان نوقابی (۶) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرد. در مطالعه وی تاریخ کاشت (۸ تیرماه) به شاخص سطح برگ ۳ نرسید. وی علت افزایش سریع و مناسب‌تر شاخص سطح برگ تاریخ کاشت اول (۱۰ فروردین) و دوم (۲۴ اردیبهشت) را در وجود دمای مساعدتر برای رشد برگ‌ها و بهره‌برداری بهتر آنها از پتانسیل محیط در فصل رشد بیان کرد.

فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر، به طور معنی داری شاخص سطح برگ حداکثر بیشتری را نسبت به فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر ایجاد نمود (جدول ۱). به نظر می‌رسد که توزیع بهتر تشعشع و استفاده بهتر گیاه از فضای رشد موجب برتری فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر نسبت به فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر گردید. کرن (۲۱) بیان داشت که افزایش فاصله بین ردیف به بیش از ۵۰ سانتیمتر موجب کاهش شاخص سطح برگ به دلیل عدم استفاده بهینه از عوامل محیطی و فضای رشد در طی فصل رشد می‌گردد.

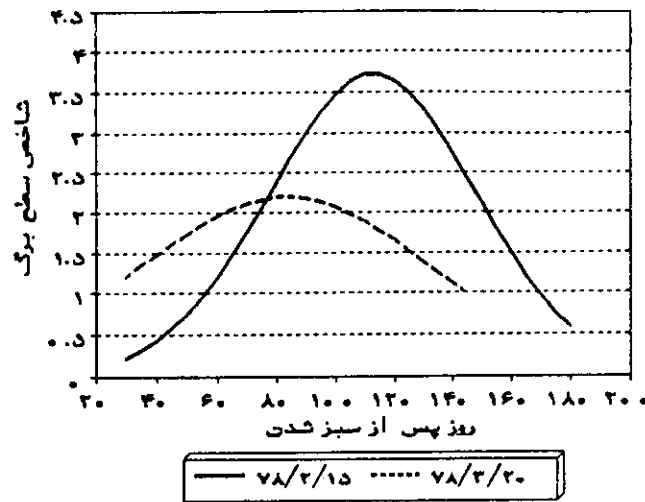
جدول ۱- مقایسه میانگین‌های<sup>+</sup> حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر عملکرد ماده خشک کل در برداشت نهایی و عملکرد ریشه و شکر سفید تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

تیمارهای آزمایشی	حداکثر شاخص سطح برگ (مترمربع بر مترمربع)	عملکرد ماده خشک کل (گرم بر مترمربع)	عملکرد ریشه (تن در هکتار)	عملکرد شکر سفید (تن در هکتار)
<u>تاریخ کاشت</u>				
۷۸/۲/۱۵	۳/۸۰ a	۱۸۱۷/۳ a	۵۲/۷۹ a	۱۰/۱۳ a
۷۸/۳/۲۰	۲/۳۲ b	۱۴۶۷/۲ b	۴۰/۶۵ b	۷/۷۸ b
<u>فاصله بین ردیف (سانتیمتر)</u>				
۵۰	۳/۳۳ a	۱۸۰۳/۲ a	۵۰/۹۱ a	۹/۸۲ a
۶۰	۲/۷۸ b	۱۴۸۱/۲ b	۴۲/۴۸ b	۸/۱۵ b
<u>تراکم (بوته در مترمربع)</u>				
۸	۲/۵۱ b	۱۴۶۵/۴ b	۴۴/۰۳ b	۸/۴۳ b
۱۰	۳/۲۲ a	۱۷۲۴/۴ a	۴۷/۷۴ a	۹/۱۷ a
۱۲	۳/۴۴ a	۱۷۳۷/۱ a	۴۸/۳۲ a	۹/۲۸ a

+ : میانگین‌های هر گروه به طور جداگانه با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. تفاوت هر دو میانگینی که دارای حرف مشترک باشند از نظر آماری معنی‌دار نیست.

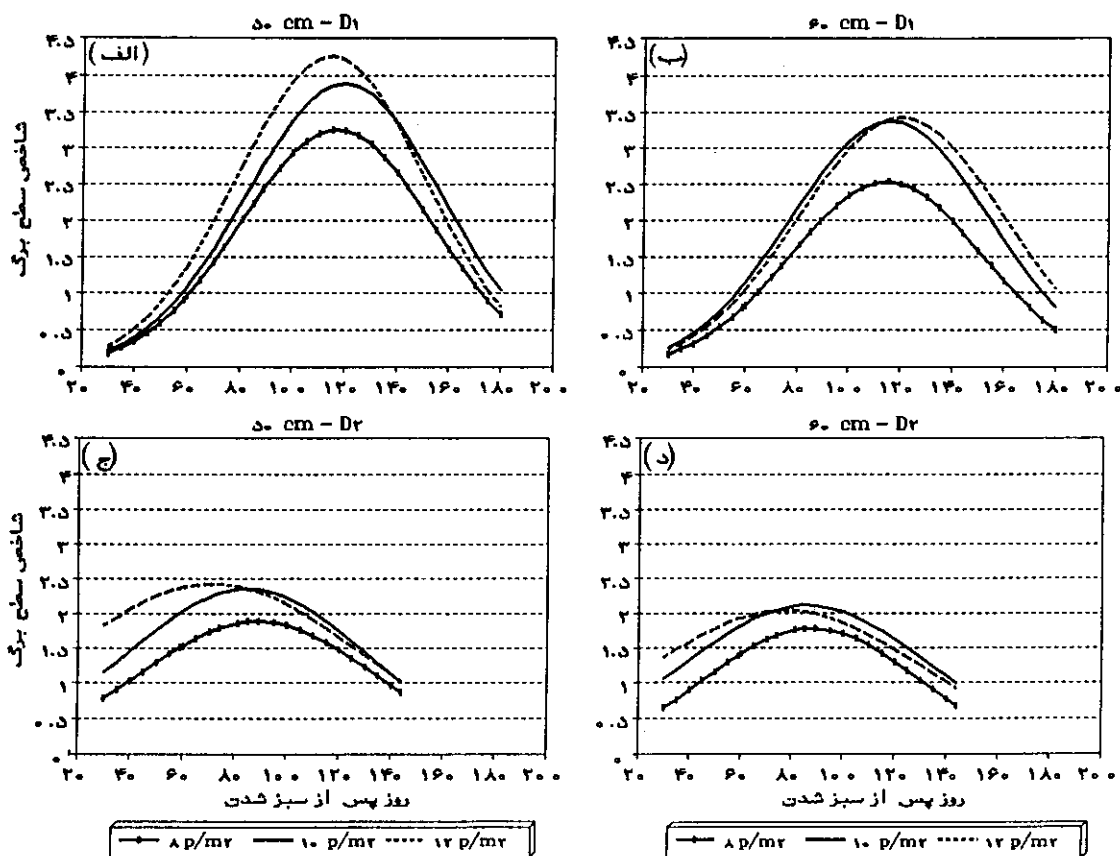
تراکم ۱۲ بوته در مترمربع بیشترین شاخص سطح برگ حداکثر را تولید نمود که تفاوت معنی‌داری با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع نداشت (جدول ۱). این امر نشان‌دهنده کارایی مناسب تاج گیاه در بهره‌وری از نور در واحد سطح زمین در این تراکم می‌باشد. رشد سریع‌تر برگ و پوشش کاملتر زمین با افزایش تراکم تا حد مطلوب توسط درایکوت و وب (۱۳) نیز گزارش شده است.

در تاریخ کاشت اول، فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر در مدت زمان کمتری نسبت به فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر توانست به شاخص سطح برگ ۲/۵ تا ۳ دست یابد. همچنین از شاخص سطح برگ حداکثر



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روز پس از سبز شدن در تاریخ‌های مختلف کاشت

بالاتری نسبت به فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر برخوردار بود. فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر از ۹۰ روز پس از سبز شدن تا ۱۴۰ روز پس از سبز شدن توانست شاخص سطح برگ خود را تا حدود ۳ حفظ نماید، در صورتی که این مدت زمان برای فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر کمتر بود (شکل ۲ الف، ب). در تاریخ کاشت دوم نیز، شاخص سطح برگ حداکثر فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر بیشتر از شاخص سطح برگ حداکثر فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر بود (شکل ۲ ج، د)، هرچند که تفاوت بین این دو فاصله ردیف در تاریخ کاشت دوم کمتر از تاریخ کاشت اول بود. در تاریخ کاشت اول، تفاوت تراکم‌ها در داخل فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر، بیشتر از فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر بود که این امر به دلیل عدم کاهش شدید فاصله بوته‌ها در تراکم بالاتر در فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر و نزدیکی به آرایش مربعی می‌باشد (شکل ۲ الف، ب). در فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر رقابت شدید بین بوته‌ها در تراکم ۱۲ بوته در متر مربع سبب شد که بوته‌ها بسیار کوچک شده و افزایش تعداد آنها نتواند موجب افزایش شاخص سطح برگ نسبت به تراکم ۱۰ بوته در متر مربع شود (شکل ۲ ب). در مطالعه بیات (۱) در خراسان، حداکثر شاخص سطح برگ برای تراکم‌های ۵/۵، ۸/۵ و ۱۱/۵ بوته در متر مربع با فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر به ترتیب ۲/۵ و ۲/۷ بود که پس از دریافت ۱۴۰۰ درجه روز رشد مصادف با ۱۰۵ روز پس از سبز شدن حادث شد. همچنین شاخص سطح برگ حداکثر به مدت ۱۵ روز حفظ شد و سپس تنزل کرد در آزمایش فوق‌الذکر، افزایش تراکم از ۸/۵ به ۱۱/۵ بوته در متر مربع افزایش چشمگیری در شاخص سطح برگ ایجاد نکرد. وی علت آن را کوچک شدن بوته‌ها در اثر شدت رقابت بیان داشت. در مطالعه حاضر، در تاریخ کاشت دوم، فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر نسبت به ۶۰ سانتیمتر از شاخص سطح برگ حداکثر بالاتری برخوردار بود، ولی این تفاوت چندان چشمگیر نبود (شکل ۲ ج، د). واتسون (۳۰) نیز بیان داشت که



شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روز پس از سبز شدن در

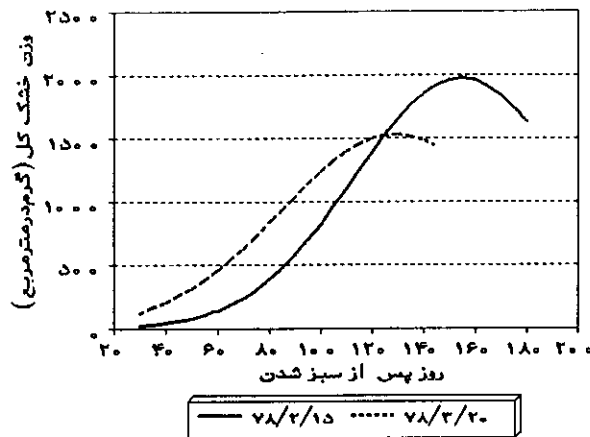
(الف) - تاریخ کاشت اول و فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر (ب) - تاریخ کاشت اول و فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر  
(ج) - تاریخ کاشت دوم و فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر (د) - تاریخ کاشت دوم و فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر

گیاهان دیر کاشت فرصت کمتری دارند تا تاج خود را برای بهره‌وری حداکثر از روزهای بلند و معتدل بهار و اوایل تابستان کامل کند. بنابراین تولید سطح برگ در این گیاهان بیشتر تحت تأثیر رقابت شدید حاصل از افزایش تراکم و فاصله بین ردیف قرار می‌گیرد. احتمالاً گیاهان کاشت دیر فرصت کمتری داشتند تا بتوانند از پتانسیل محیط بهره بیشتری برده و بتوانند اختلافات بارزتری را در شاخص سطح برگ با کاهش فاصله بین ردیف نشان دهند. در هر دو فاصله بین ردیف، تراکم ۱۲ بوته در مترمربع سرعت افزایش شاخص سطح برگ بیشتری داشت، ولی به دلیل رقابت ایجاد شده بین بوته‌ها نتوانست سطح برگ را حفظ کند و دچار کاهش سطح برگ شد (شکل ۲ ج، د).



### ماده خشک کل

روند تجمع ماده خشک کل در تاریخ کاشت اول نشان می‌دهد که تا ۶۰ روز پس از سبز شدن تجمع ماده خشک با سرعت بطئی صورت گرفته و پس از آن تا ۱۲۰ روز پس از سبز شدن تجمع ماده خشک کل با سرعت زیادی افزایش یافت. از ۱۵۰ روز پس از سبز شدن تا برداشت نهایی به دلیل ریزش برگ‌های مسن و حذف ماده خشک پهنک و دم‌برگ‌های خشک شده، وزن خشک کل اندکی کاهش یافت (شکل ۳). تجمع ماده خشک کل تاریخ کاشت دوم به دلیل برخورد با دماهای بالا، از ۵۰ روز پس از سبز شدن تا ۱۰۰ روز پس از سبز شدن به سرعت افزایش یافت و پس از آن تا برداشت نهایی با سرعت کمتری زیاد شد (شکل ۳). عملکرد ماده خشک نهایی تاریخ کاشت اول به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ کاشت دوم بود (جدول ۱). بنابراین مراحل رشد تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم از انطباق بهتری با تغییرات فصلی تابش خورشیدی و دما برخوردار بوده است. ثور (۲۸) نیز بیان داشت که تأخیر در کشت موجب می‌شود که گیاه نتواند از پتانسیل محیط به خوبی استفاده کرده و سطح برگ کافی جهت دریافت تشعشع را فراهم کند. این امر موجب می‌شود که در اثر تأخیر در کشت ماده خشک کمتری تولید شود. ویدن (۳۱) نیز اظهار داشت که عملکرد ماده خشک مستقیماً با مقدار اشعه جذب شده به وسیله برگ‌های گیاه در مدت زمان کاشت تا برداشت ارتباط دارد، و تأخیر در کاشت ظرفیت تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد.



شکل ۳- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل نسبت به روز پس از سبز شدن در تاریخ‌های مختلف کاشت

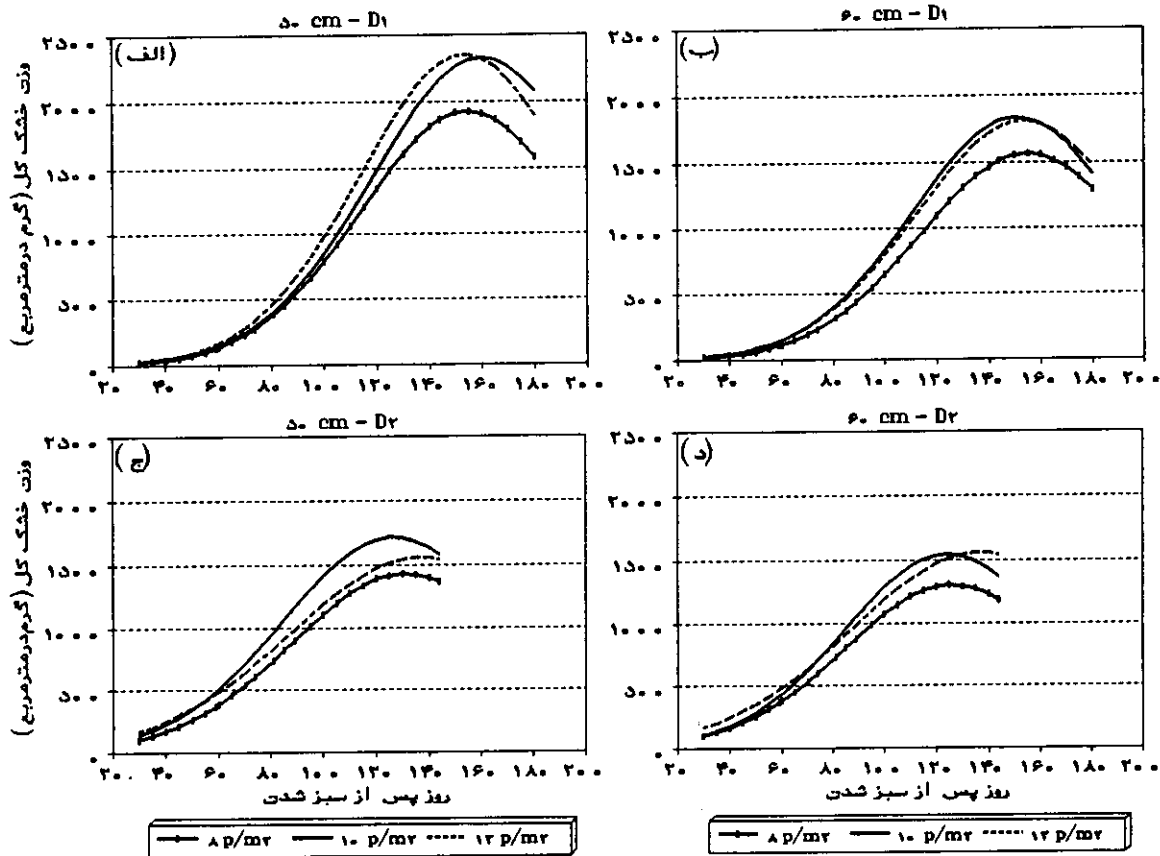
فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر در برداشت نهایی، ماده خشک کل بیشتری را نسبت به فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر ایجاد نمود، که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). در اثر

کاهش فاصله بین ردیف توزیع و نفوذ نور، میزان تهویه بین بوته‌ها، میزان تبخیر و تعرق، حرارت گیاه و خاک، توزیع مواد غذایی و رطوبت خاک دچار تغییر شده و روی عملکرد تأثیر می‌گذارد (۳). آزمایشات دیگر (۲۶، ۲۵، ۱۴) نیز نشان دادند که با کاهش فاصله بین ردیف از ۶۵ به ۵۰ سانتیمتر گسترش تاج و ریشه در آغاز دوره رویش بسیار بیشتر بوده و بهبود ریخت و ساختار درونی تاج و بویژه ریشه سبب شد که گیاه از نور، آب و مواد غذایی بیشترین بهره را برده و نهایتاً ماده خشک کل بیشتری را تولید نماید.

تراکم ۱۲ بوته در متر مربع بیشترین ماده خشک کل را تولید نمود که تفاوت معنی‌داری با تراکم ۱۰ بوته در متر مربع نداشت (جدول ۱). به عبارت دیگر تراکم ۱۰ بوته در متر مربع بخوبی توانسته بود از فضای رشد موجود استفاده کاملی بنماید. مطالعات متعددی (۲۶، ۲۳، ۲۲) نیز نشان دادند که تراکم ۱۰ بوته در متر مربع بیشترین عملکرد ماده خشک را تولید می‌نماید.

در تاریخ کاشت اول، تفاوت بین تراکم‌ها از نظر وزن خشک کل در فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر، بیشتر از فاصله ۶۰ سانتیمتر بود (شکل ۴ الف، ب). در تاریخ کاشت دوم نیز فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر ماده خشک بیشتری را نسبت به فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر تولید کرد، هرچند تفاوت دو فاصله ردیف کمتر بود (شکل ۴ ج، د).

در تاریخ کاشت اول، فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر، تراکم ۸ بوته در متر مربع کمترین ماده خشک کل را تولید کرد این عکس‌العمل نشانگر آن است که فضای رشد موجود بخوبی مورد استفاده گیاهان قرار نگرفته است، در صورتی که تراکم ۱۰ و ۱۲ بوته در متر مربع روند تغییرات وزن خشک کل مشابهی داشتند. به عبارت دیگر تراکم ۱۰ بوته در متر مربع بخوبی توانسته بود از فضای رشد موجود استفاده کاملی بنماید (شکل ۴ الف). در فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر، رقابت شدید بین بوته‌ها در تراکم ۱۲ بوته در متر مربع سبب شد که این تراکم نتواند از نور بخوبی استفاده کرده و موجب افزایش عملکرد ماده خشک نسبت به تراکم ۱۰ بوته در متر مربع شود (شکل ۴ ب). لازم به ذکر است روند تغییرات شاخص سطح برگ تراکم ۱۲ بوته در متر مربع در فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر تأیید کننده این مطلب است (شکل ۲ ب). ویدن (۳۱) نیز اظهار داشت که در تراکم بالا (۱۲ بوته در متر مربع) برگ‌ها روی همدیگر سایه انداخته و هر گیاه ماده خشک کمتری تولید می‌کند و کارایی سطح فتوسنتز کننده کاهش می‌یابد. هریس (۱۷) نیز به نتایج مشابهی دست یافت و بیان داشت که با کاهش فاصله بین ردیف به ۵۰ سانتیمتر و افزایش تراکم تا ۱۰ بوته در متر مربع، در یک تراکم ثابت تاج گیاه در آغاز دوره رشد با رقابت کمی روبرو بود و به سرعت رشد کرد و در نتیجه از نور بهترین بهره را برد. اما در اواسط دوره رشد با افزایش رشد بوته‌ها و افزایش رقابت از رشد تاج کاسته شد و بر رشد ریشه افزوده گردید و بدین ترتیب عملکرد ماده خشک بیشتری حاصل شد.

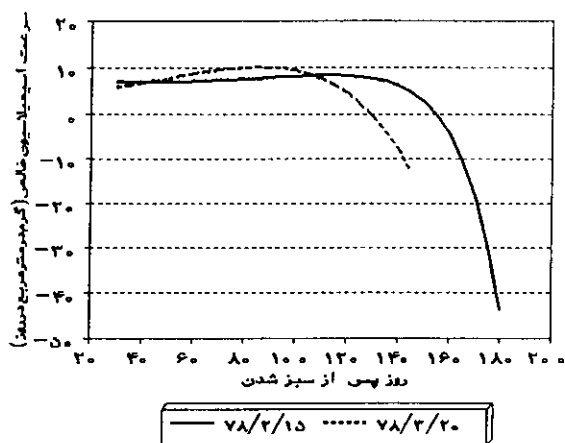


شکل ۴- روند تغییرات تجمع ماده خشک کل نسبت به روز پس از سبز شدن در

در تاریخ کاشت دوم، روند استفاده از فضای رشد در فاصله بین ردیف ۵۰ و ۶۰ سانتیمتر برای تراکم‌های ۸ و ۱۰ بوته در متر مربع تقریباً مشابه تاریخ کاشت اول بود، ولی تراکم ۱۲ بوته در متر مربع در فواصل بین ردیف ۵۰ و ۶۰ سانتیمتر به شدت تحت تأثیر رقابت برای عوامل رشدی قرار گرفت که موجب کاهش ماده خشک کل آن طی دوره رشد گردید (شکل ۴ ج، د). بنابراین گیاهان در کاشت دیر فرصت کمتری داشته که تاج خود را برای بهره‌وری حداکثر از روزهای بلند و معتدل بهار و اوایل تابستان کامل کند. بنابراین تولید سطح برگ و در نتیجه وزن خشک در این گیاهان بیشتر تحت تأثیر رقابت شدید حاصل از افزایش تراکم و فاصله بین ردیف قرار گرفت. واتسون (۳۰) نیز به نتایج مشابهی دست یافت و اظهار داشت که تأخیر در کاشت باعث کاهش سطح برگ هر بوته در ماه جولای (تیر) و اوت (مرداد) شد. بالا بودن سطح برگ و جذب نور توسط پوشش گیاهی و رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی در این دو ماه بیشترین اثر را بر افزایش عملکرد ماده خشک داشت.

## سرعت اسیمیلاسیون خالص

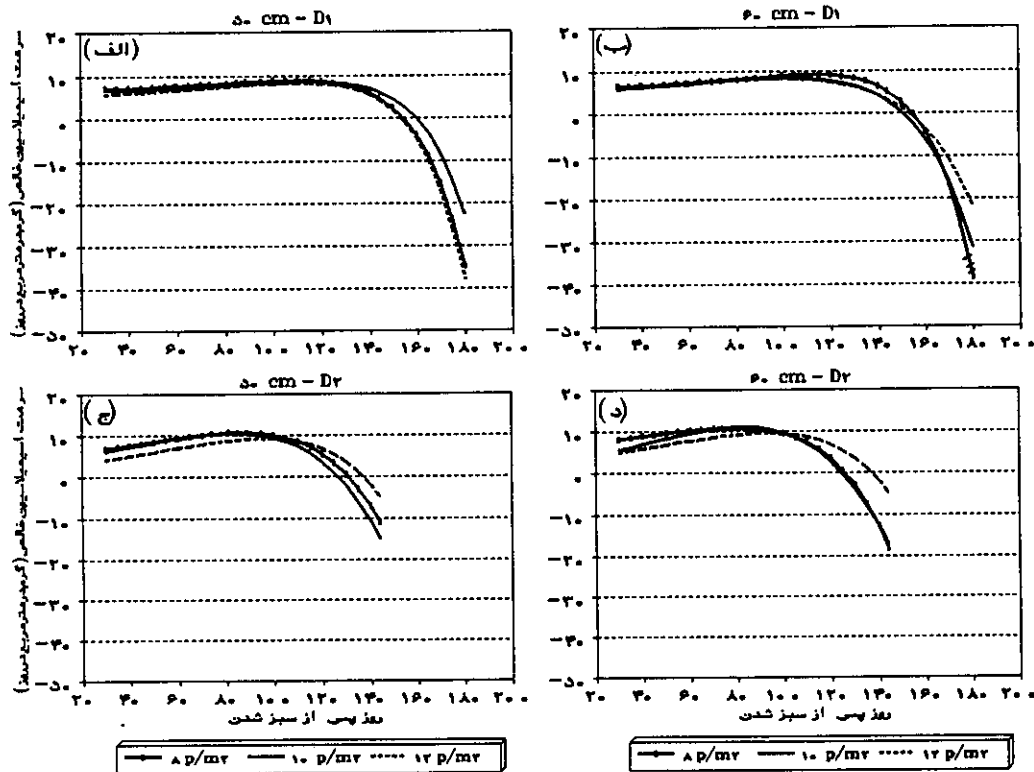
روند سرعت اسیمیلاسیون خالص تاریخ‌های مختلف کاشت نشان می‌دهد که برخورد گیاهان با درجه حرارت‌های بالاتر تاریخ کاشت دوم در اوایل دوره رشد موجب شد که سطح برگ بیشتری را تا حدود ۷۰ روز پس از سبز شدن نسبت به تاریخ کاشت اول تولید کند (شکل ۱) و در نتیجه اندکی سرعت اسیمیلاسیون خالص تاریخ کاشت دوم از حدود ۵۰ روز پس از سبز شدن تا ۱۰۵ روز پس از سبز شدن بیشتر از تاریخ کاشت اول بود (شکل ۵)، زیرا مازاد فتوسنتزی بیشتری تولید شده است. افزایش سریع شاخص سطح برگ تاریخ کاشت اول از حدود ۷۰ روز پس از سبز شدن و انطباق این دوران با شرایط جوی مساعد سبب شد که سرعت اسیمیلاسیون خالص تاریخ کاشت اول تا حدود ۱۴۰ روز پس از سبز شدن ثابت باقی بماند و سپس به دلیل برخورد به دماهای پایین نقصان یابد. اما تاریخ کاشت دوم از حدود ۱۱۰ روز پس از سبز شدن به دماهای پایین برخورد نمود و سرعت اسیمیلاسیون خالص آن نقصان یافت (شکل ۵). عبدالهیان نوقابی (۶) نیز بیان داشت که تولید ماده خشک نسبت به سطح فتوسنتز کننده در طول زمان کاهش می‌یابد. زیرا با افزایش سطح برگ و در نتیجه سایه‌اندازی بیشتر، برگ‌هایی که در قسمت‌های بالاتر پوشش گیاهی قرار گرفته و نور خورشید به طور مستقیم به آنها برخورد می‌کند، در مقایسه با برگ‌هایی که در قسمت‌های زیرین پوشش گیاهی قرار گرفته و نور کمتری به دلیل سایه‌اندازی برگ‌های بالاتر به آنها برخورد می‌کند، کارایی بیشتری خواهند داشت. بنابراین باید انتظار داشت که سرعت اسیمیلاسیون خالص با افزایش سایه‌اندازی و پیری برگ‌ها کاهش یابد و در انتهای دوره رشد به سبب زرد شدن برگ‌ها، کاهش طول روز و سردتر شدن هوا سرعت اسیمیلاسیون خالص منفی می‌شود.



شکل ۵- روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص نسبت به روز پس از سبز شدن در تاریخ‌های مختلف کاشت

در تاریخ کاشت اول، روند تغییرات سرعت اسیمیلایون خالص، تا حدود ۱۲۰ روز پس از سبز شدن در هر دو فاصله ردیف کاشت مشابه بود و در حداکثر میزان خود قرار داشت و سپس این روند در فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر زودتر سیر نزولی به خود گرفت که احتمالاً به دلیل سایه‌دهی متقابل برگ‌ها و کاهش راندمان فتوسنتزی آنها و تسریع پیری برگ‌ها در شرایط رقابت شدیدتر در این فاصله ردیف می‌باشد (شکل ۶ الف، ب) این روند با تغییرات شاخص سطح برگ نیز مطابقت می‌کند (شکل ۲ الف، ب). ایزومیاما (۱۸) نیز روند مشابهی را گزارش نمود و بیان داشت که در مراحل اولیه رشد چغندر قند، به دلیل در حداقل بودن رقابت نوری و سایه‌اندازی، سرعت اسیمیلایون خالص حداکثر است. اما با گذشت زمان و افزایش سطح برگ و متعاقب آن سایه‌اندازی برگ‌ها از اواسط شهریور و با مسن شدن برگ‌ها، راندمان تولید هر برگ کاهش یافته و در نتیجه سرعت اسیمیلایون خالص شروع به کاهش می‌کند.

در تاریخ کاشت دوم، هر دو فاصله ردیف ۵۰ و ۶۰ سانتیمتر روند تغییرات سرعت اسیمیلایون خالص مشابهی داشتند (شکل ۶ ج، د). ظاهراً عدم فرصت برای رشد در تاریخ کاشت دوم سبب شده بود که فرصت لازم برای نمایان شدن تفاوت بین ردیف‌های کاشت به ظهور نرسد (۳۰).



شکل ۶- روند تغییرات سرعت اسیمیلایون خالص نسبت به روز پس از سبز شدن در

- (الف) - تاریخ کاشت اول و فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر
- (ب) - تاریخ کاشت اول و فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر
- (ج) - تاریخ کاشت دوم و فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر
- (د) - تاریخ کاشت دوم و فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر

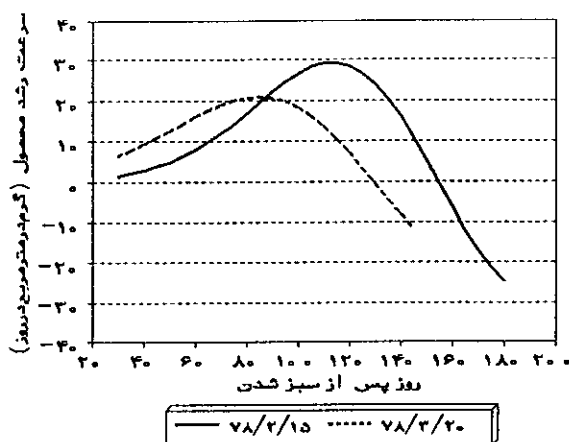
در تاریخ کاشت اول، فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر و تراکم ۱۰ بوته در متر مربع، سرعت اسیمیلایسیون خالص بیشتری نسبت به دو تراکم دیگر در اواخر دوره رشد داشت (شکل ۶ الف)، احتمالاً عدم کفایت شاخص سطح برگ تراکم ۸ بوته در متر مربع و سایه‌اندازی متقابل برگ‌های تراکم ۱۲ بوته در متر مربع و استفاده بهتر تراکم ۱۰ بوته در متر مربع از فضای رشد موجب برتری آن نسبت به دو تراکم دیگر شده است. این نتیجه‌گیری با روند تغییرات شاخص سطح برگ در تراکم‌های مختلف (شکل ۲ الف) و وزن خشک کل (شکل ۴ الف) هماهنگ است. در تاریخ کاشت اول، در فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر تغییرات زیادی در سرعت اسیمیلایسیون خالص با افزایش تراکم حاصل نشد. تراکم ۸ بوته در متر مربع سرعت اسیمیلایسیون خالص مختصراً بیشتری برای مدت طولانی‌تری داشت (شکل ۶ ب). این عکس‌العمل را نمی‌توان با کارایی بیشتر شاخص سطح برگ در تراکم ۸ بوته در متر مربع توجیه نمود، زیرا این تیمار وزن خشک کمتری نسبت به سایر تیمارها ایجاد کرد (شکل ۴ ب).

در تاریخ کاشت دوم، در هر دو فاصله بین ردیف، تا حدود ۱۰۰ روز پس از سبز شدن، سرعت اسیمیلایسیون خالص تراکم ۱۲ بوته در متر مربع کمتر از سایر تراکم‌ها بود (شکل ۶ ج، د). اما این تیمار سرعت اسیمیلایسیون خالص خود را برای مدت طولانی‌تری حفظ کرد (شکل ۶ ج، د). پایینتر بودن سرعت اسیمیلایسیون خالص تراکم ۱۲ بوته در متر مربع تا حدود ۱۰۰ روز پس از سبز شدن، ممکن است با بالاتر بودن شاخص سطح برگ آن در اوایل دوره رشد (شکل ۲ ج، د) و در نتیجه سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها روی یکدیگر توجیه نمود. این امر سبب شد که برگ‌های مسن زودتر تلف شده و شاخص سطح برگ مناسبی با راندمان بالا باقی ماند و سرعت بالاتری از اسیمیلایسیون خالص برای مدت طولانی‌تری بدست آید. این نتیجه‌گیری با روند صعودی وزن خشک کل بوته در اواخر دوره رشد (شکل ۴ ج، د) هماهنگ می‌باشد. فتح‌اله طالقانی (۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرد. وی در مقایسه دو آرایش کاشت مستطیل (۶۰×۱۸) و مربع (۵۰×۲۲) به این نتیجه دست یافت که سرعت اسیمیلایسیون خالص آرایش کاشت مستطیل و مربع به ترتیب تا ۹۵ و ۱۴۴ روز پس از کاشت در حداکثر مقدار خود قرار داشت و سرعت اسیمیلایسیون خالص آرایش کاشت مربع از تداوم بالاتری نسبت به آرایش کاشت مستطیل برخوردار بود. وی علت این امر را سایه‌اندازی متقابل دیرتر برگ‌ها در آرایش کاشت مربع در اثر توزیع مناسب‌تر بوته‌ها دانست.

### سرعت رشد محصول

سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت اول تا حدود ۹۰ روز پس از سبز شدن کمتر از سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت دوم بود، اما پس از آن سرعت رشد محصول در تاریخ کاشت اول فزونی یافت و تا آخر دوره رشد بالاتر باقی ماند. حداکثر میزان سرعت رشد محصول برای تاریخ کاشت اول و دوم به ترتیب در ۱۱۰ و ۸۰ روز پس از سبز شدن حاصل شد (شکل ۷). روند تغییرات سرعت رشد محصول با روند تغییرات شاخص سطح برگ (شکل ۱) هماهنگ‌تر است و هماهنگی کمتری با روند تغییرات سرعت اسیمیلایسیون خالص دارد (شکل ۵). بنابراین شاخص سطح برگ نقش اصلی را در تعیین سرعت رشد محصول داشته است.

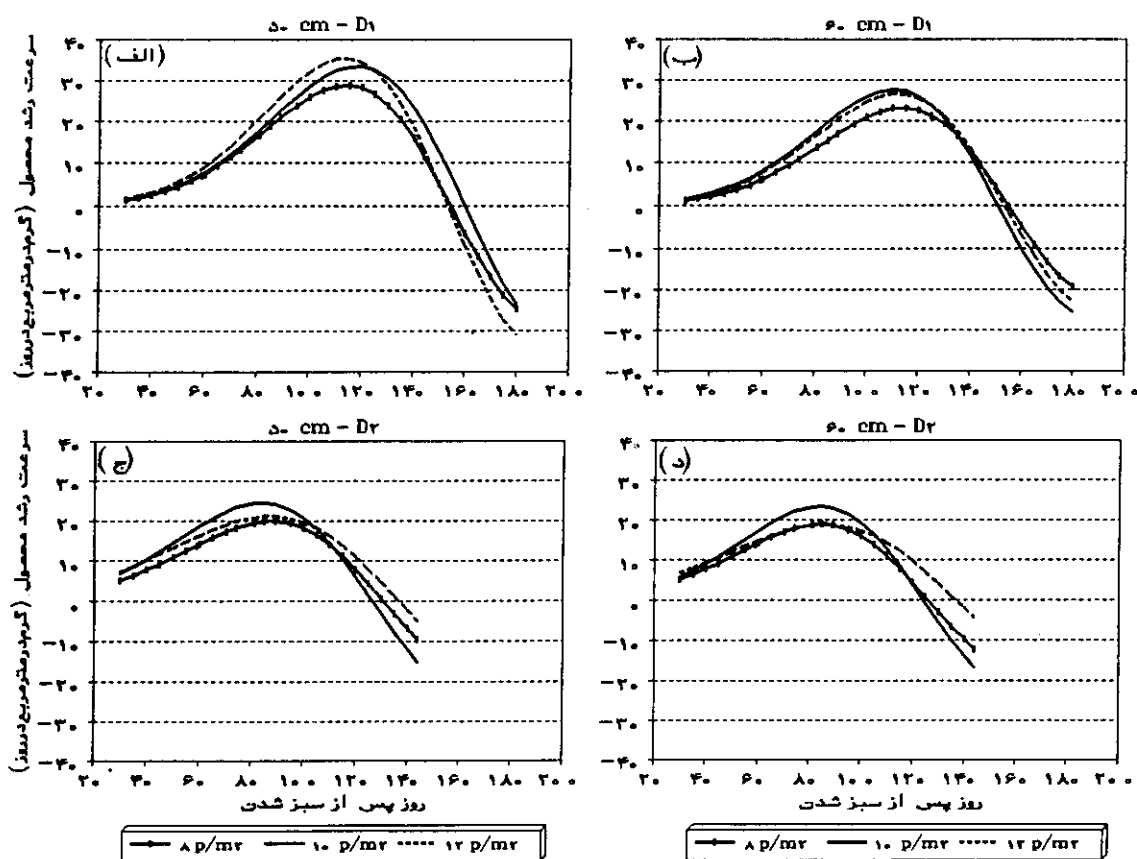
در آزمایش دیگری (۲۰) نیز نتایج مشابهی بدست آمد و نشان داده شد که سرعت رشد محصول گیاه چغندر قند وابستگی بیشتری به شاخص سطح برگ در مقایسه با سرعت اسیمیلایون خالص داشت. پایینی دوام و کمتر بودن حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت دیر سبب کاهش تجمع ماده خشک (شکل ۳) و در نتیجه سرعت رشد محصول گردید (شکل ۷). این عکس العمل موجب شد که عملکرد ریشه و شکر سفید تاریخ کاشت دوم به ترتیب ۲۳ و ۲۳/۲ درصد نسبت به تاریخ کاشت اول کاهش یابد (جدول ۱). این روند با نتایج عزیزی (۷) مطابقت می کند. او نشان داد که با تأخیر در کشت حداکثر سرعت رشد محصول کاهش می یابد. در مطالعه ایشان بهره مندی بهتر کشت اردیبهشت از پتانسیل محیطی موجب افزایش تجمع ماده خشک و در نتیجه سرعت رشد محصول آن نسبت به کشت خرداد ماه گردید.



شکل ۷- روند تغییرات سرعت رشد محصول نسبت به روز پس از سبز شدن در تاریخ‌های مختلف کاشت

در تاریخ کاشت اول، سرعت رشد محصول و حداکثر مقدار آن در فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر بیشتر از فاصله بین ردیف ۶۰ سانتیمتر بود (شکل ۸ الف، ب). در هر دو فاصله بین ردیف هماهنگی کاملی بین روند تغییرات شاخص سطح برگ با سرعت رشد محصول (شکل ۲ الف، ب) و در نتیجه وزن خشک کل گیاه (شکل ۴ الف، ب) مشاهده می شود. افزایش عملکرد گیاه در فواصل بین ردیف کم به اثرات جذب نور در افزایش سرعت رشد محصول نسبت داده می شود (۳۱). در تاریخ کاشت دوم، هر دو فاصله ردیف روند و مقدار سرعت رشد محصول مشابهی داشتند (شکل ۸ ج، د). کمی تفاوت بین این دو می تواند به دلیل عدم فرصت برای بهره گیری مناسب از توزیع مطلوب تر بوته‌ها تحت فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر باشد.

در تاریخ کاشت اول و در فاصله بین ردیف ۵۰ سانتیمتر، تراکم ۱۲ بوته در متر مربع به طور سریع تری به سرعت رشد محصول بالاتری دست یافت، ولی کاهش سرعت رشد محصول شدیدتری داشت (شکل ۸ الف). روند تغییرات سرعت رشد محصول تراکم‌ها در این فاصله ردیف با شاخص سطح برگ (شکل ۲ الف) و وزن خشک کل (شکل ۴ الف) هماهنگ است. در فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر، تفاوت بین



شکل ۸- روند تغییرات سرعت رشد محصول نسبت به روز پس از سبز شدن در

(الف) - تاریخ کاشت اول و فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر  
 (ب) - تاریخ کاشت اول و فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر  
 (ج) - تاریخ کاشت دوم و فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر  
 (د) - تاریخ کاشت دوم و فاصله ردیف ۶۰ سانتیمتر

تراکم‌ها کمتر بود، هرچند در هماهنگی با شاخص سطح برگ و وزن خشک بوته، سرعت رشد محصول در تراکم ۸ بوته در متر مربع، بخصوص در دوران حداکثر سرعت رشد، از سایر تراکم‌ها کمتر بود (شکل ۸ ب). بیات (۱) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرد و بیان داشت که حداکثر سرعت رشد محصول به وسیله بالاترین تراکم اعمال شده یعنی ۱۱/۵ بوته در متر مربع حاصل شد که تطابق خوبی با تغییرات شاخص سطح برگ و وزن خشک کل داشت ولی تراکم‌های پایین‌تر یعنی ۵/۵ و ۸/۵ بوته در متر مربع از هماهنگی کمتری با شاخص سطح برگ و وزن خشک کل برخوردار بودند.

در تاریخ کاشت دوم و در هر دو فاصله ردیف کاشت، حداکثر سرعت رشد محصول تا حدود ۱۱۰ روز پس از سبز شدن به تراکم ۱۰ بوته در متر مربع تعلق داشت. پس از آن سرعت رشد محصول تراکم ۱۲ بوته در متر مربع کاهش کمتری نشان داد (شکل ۸ ج، د). این عکس‌العمل با شاخص سطح برگ تراکم‌ها قابل توجیه



نیست، اما تداوم سرعت رشد محصول در تراکم ۱۲ بوته در متر مربع با تداوم سرعت اسیمیلایسیون خالص آن منطبق است. به نظر می‌رسد تعداد برگ کمتری که در هر بوته تحت این تراکم بوجود آمده است، راندمان فتوسنتزی بالاتری در اواخر فصل رشد داشته است. عزیزی (۷) نیز نتایج مشابهی را گزارش کرد و بیان داشت که در کشت خرداد ماه، تراکم ۱۱/۱ بوته در متر مربع بیشترین سرعت رشد محصول را تا ۱۰۰ روز پس از کاشت داشت و پس از آن تراکم ۱۶/۶ بوته در متر مربع تا آخر دوره رشد از سرعت رشد محصول بالاتری برخوردار بود. در صورتی که تراکم ۱۶/۶ بوته در متر مربع از شاخص سطح برگ کمتری برخوردار بود و در نتیجه با سرعت اسیمیلایسیون خالص بیشتری که در این محدوده زمانی داشت، توانست سرعت رشد محصول اندکی بیشتر را ایجاد کند. مطالعه دیگری (۲۰) نیز نشان داد که افزایش تراکم تا حد مطلوب باعث افزایش شاخص سطح برگ و کاهش سرعت اسیمیلایسیون خالص می‌شود. ولی کاشت با تراکم‌های فشرده‌تر (بیش از ۱۰ بوته در متر مربع) موجب کاهش دوام شاخص سطح برگ و کوچک شدن برگ‌های هر بوته شده و در نتیجه سرعت اسیمیلایسیون بالاتر و به عبارت دیگر راندمان بالاتر فتوسنتزی حاصل شده تا حدی جبران‌کننده اثر کاهش شاخص سطح برگ کمتر، در افزایش سرعت رشد محصول بود. نتایج حاصل از مطالعه حاضر حاکی از آن است که فاصله ردیف ۵۰ سانتیمتر در مقایسه با ۶۰ سانتیمتر زودتر به شاخص سطح برگ حداکثر دست یافت و از حداکثر سرعت رشد محصول بالاتری برخوردار بود این امر موجب شد که با کاهش فاصله بین ردیف از ۶۰ به ۵۰ سانتیمتر عملکرد ریشه و شکر سفید به ترتیب به میزان ۱۶/۶ و ۱۷ درصد افزایش یابد. همچنین با افزایش تراکم از ۸ به ۱۰ بوته در متر مربع سرعت رشد محصول به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت و تراکم ۱۰ بوته در متر مربع نیز توانست نسبت به سایر تراکم‌ها استفاده کاملی از فضای رشد در تجمع ماده خشک داشته باشد این عوامل سبب شدند که با افزایش تراکم از ۸ به ۱۰ بوته در متر مربع عملکرد ریشه و شکر سفید به ترتیب به میزان ۷/۸ و ۸/۱ درصد افزایش یابد در صورتی که تراکم ۱۲ بوته در متر مربع در مقایسه با تراکم ۱۰ بوته در متر مربع افزایش قابل ملاحظه‌ای را در عملکرد ریشه و شکر سفید از خود نشان نداد (جدول ۱). بون و وان استال (۱۲) نیز در مورد اثر الگوهای کاشت بر سرعت رشد محصول چغندر قند بیان داشتند که الگوهای کشتی که به صورت مربع کامل یا نزدیک به آن هستند، دارای حداکثر سرعت رشد محصول زیادتر با تداوم بیشتر نسبت به الگوهای کاشت مستطیل می‌باشد. آنان بهره‌برداری بهتر گیاه از فضای رشد را عامل برتری الگوهای کاشت مربع نسبت به مستطیل عنوان کردند.

#### منابع و مآخذ:

- ۱- بیات، ع. ۱۳۷۷. بررسی اثر تراکم بوته و تاریخ برداشت بر خصوصیات کمی و کیفی سه رقم منوژرم چغندر قند. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده علوم زراعت. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۲- خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۰. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۳- خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۶. اصول و مبانی زراعت (نگارش دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.
- ۴- خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۷. نقش طول روز و دما در انتخاب تاریخ کاشت محصولات زراعی. مجموعه مقالات

- کلیدی پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحات ۳۵ تا ۵۵. مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج ۱۳-۹ شهریور ۱۳۷۷.
- ۵- سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۶- عبدالهیان نوقایی، م. ۱۳۷۱. بررسی تغییرات پارامترهای کمی و کیفی رشد چغندر قند در تاریخ‌های مختلف کاشت. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۷- عزیزی، ق. ۱۳۷۸. تأثیر تاریخ کاشت، تراکم و تاریخ برداشت بر روی برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی چغندر قند در چناران. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۸- غیبی، م. ۱۳۷۴. اثر زمان کاشت، برداشت و آرایش کاشت بر عملکرد ریشه و میزان قند چغندر قند. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۹- فتح‌اله طالقانی، د. ۱۳۷۷. مطالعه کارایی مصرف آب و ازت در شرایط مطلوب و تنش در دو آرایش کاشت چغندر قند. پایان نامه دکترای زراعت. واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی.
- ۱۰- کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۱- کوچکی، ع.، م. ح. راشد محصل، م. نصیری و ر. صدرآبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی مشهد.
- 12- Boon, R., and R. Vanstallen. 1982. Nitrogen fertilizer advice for sugarbeet based on soil analysis. In proceeding of symposium. Nitrogen and sugarbeet of the international institute for beet research, Brussels. 15-16 february 1983. pp 433-445.
- 13- Draycott, A. P., and D. J. Webb. 1971. Effects of nitrogen fertilizer, plant population and irrigation on sugarbeet. I. Yields. J. Agric. Sci., Camb. 76:261-267.
- 14- Draycott, A. P., D. J., Webb, and E. M., Wricht. 1973. The effect of time of sowing and harvesting on growth, yield and N-fertilizer requirement of sugarbeet. 1. Yield and nitrogen uptake at harvest. J. Agric. Sci., Camb. 81:267-275.
- 15- Dunn, G., G. S. Lee, and W. R. Schmehl. 1990. Effect of planting date and nitrogen fertilization on soluble carbohydrate concentration in sugarbeet. J. Sugarbeet Res. 27:1-10.
- 16- Goodman, P. J. 1966. Effect of varying plant population on growth and yield of sugarbeets. Agric. Progr. 41:82-100.
- 17- Harris, P. M. 1972. The effect of plant population and irrigation on sugarbeet. J. Agric. Sci., Camb. 78:289-302.

- 18- Izumiyama, Y. 1984. Production and distribution of dry matter as a basis of sugarbeet yields. *J. Sugarbeet Res.* 17(4):219-224.
- 19- Karimi, M. M., and K. H. M. Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 42:13-20.
- 20- Katagi, I., and Y. Hanai. 1982. Studies on the influence of planting patterns on sugarbeet growth. *Research Bulletin of the Hokkaido National Agricultural Experiment Station.* No. 134. pp 55-88.
- 21- Kern, J. J. 1976. Effects of nitrogen and spacing on the performance of two sugarbeet hybrids in Red River Valley. P. 102-111. In 1975 Sugarbeet Res. and Ext. and Rep. North Dakota State Univ. Ext. Rep. USDA.
- 22- Lauer, J. G. 1995. Plant density and nitrogen rate effects on sugarbeet yield and quality early in harvest. *Agron. J.* 87:586-591.
- 23- Loomis, R. S., and A. Ulrich. 1962. Response of sugarbeets to nitrogen as influenced by plant competition. *Crop Sci.* 2:37-40.
- 24- Milford, G.F. J., K. Z. Travis, T. O. Pocock, K. W. Jaggard, and W. Day. 1988. Growth and dry matter partitioning in sugarbeet. *J. Agric. Sci., Camb.* 110:301-308.
- 25- O'Connor, L. J. 1983. Influence of nitrogen fertilizer, plant density, row spacing and their interaction on sugarbeet yield and quality. *Irish J. Agric. Res.* 22:189-202.
- 26- Robinson, F. E., and G.F., Worker. 1969. Plant density and yield of sugarbeets in an arid environment. *Agron. J.* 61:441-443.
- 27- Scott, R. K., and K. W. Jaggard. 1993. Crop physiology and agronomy. pp 179-233. In Cooke, D. A., and R. K. Scott (eds). *The sugarbeet crop: Science into practice.* Chapman and Hall. London.
- 28- Theurer, J. C. 1979. Growth pattern in sugarbeet production. *J. Am. Soc. Sugarbeet Technol.* 20:343-367.
- 29- Watson, D. J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. Variation in net assimilation rate and leaf area between years. *Ann. Bot.* 11:41-76.
- 30- Watson, D. J. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.* 10:101-145.
- 31- Weeden, B. R. 2000. Potential of sugarbeet on the Atherton tableland. Rural Industrial Research and Development Cooperation. Website : <http://www.ridc.gov.au>.