نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و دوم، شماره سوم، ۱۳۹٤
http://jopp.gau.ac.ir

ارزیابی و مقایسه عملکرد چغندرقند در کشت بهاره و پاییزه در شهرستان‌های مشهد و نیشابور با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی

رضا دیهیم‌فرد[1]* و سجاد رحیمی‌مقدم[2]

[1]استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی،
[2]دانشجوی دکتری گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٤/۳/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: استان خراسان رضوی بیشترین سطح زیر کشت چغندرقند بهاره را در کشور دارا می‌باشد که در این میان سهم دو شهرستان مشهد و نیشابور در این استان قابل توجه می‌باشد. با توجه به مصرف آب بالای چغندرقند بهاره و محدودیت آب در دو شهرستان نیشابور و مشهد نیاز به راهکاری برای مقابله با این چالش است. از جمله راهکارهای مقابله با چالش کم آبی، کشت پاییزه و استفاده از نزولات جوی می‌باشد. به همین دلیل این تحقیق به‌منظور مقایسه عملکرد اندام ذخیره‌ای کشت پاییزه با کشت بهاره چغندرقند و نیز تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت چغندرقند پاییزه در دو شهرستان مشهد و نیشابور در استان خراسان به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها: شبیه‌سازی رشد و نمو چغندرقند در کشت پاییزه و بهاره در شهرستان‌های مشهد و نیشابور با مدل SUCROS در شرایط پتانسیل (بدون محدودیت آب، عناصر غذایی، آفات و بیماری‌ها) انجام شد. واسنجی و اعتبارسنجی مدل با استفاده داده‌های به‌دست آمده از دو آزمایش مستقل انجام شد. آزمایش اول به‌صورت فاکتوریل در چهار تکرار انجام شد و تیمارهای آزمایشی

*مسئول مکاتبه: deihim@sbu.ac.ir

شامل سه رقم چغندرقند (فیاما، ماگنولیا و ناگانو) و چهار سطح نیتروژن (صفر، ۸۰، ۱٦۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) بود. آزمایش دوم در قالب فاکتوریل با چهار سطح آبیاری و چهار سطح نیتروژن (شاهد، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) اجرا شد. همچنین آزمایش‌های شبیه‌سازی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی انجام شد. ترکیب شش تاریخ کاشت شامل دو تاریخ کاشت بهاره (۱۵ اسفند و ۱۵ اردیبهشت) و چهار تاریخ کاشت پاییزه (۱۰ و ۲۵ مهر، ۱۰ و ۲۵ آبان) و دو منطقه مشهد و نیشابور تیمارهای آزمایشی را تشکیل دادند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک اندام ذخیره‌ای چغندرقند به‌ترتیب با مقادیر ۱۰٤۱۹۱ و ۲٦۰٤۷/٦ کیلوگرم در هکتار مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ مهر بود. همچنین نتایج مقایسات گروهی این دو صفت نشان‌دهنده برتری تاریخ کاشت‌های پاییزه نسبت به بهاره بود. از لحاظ بیشینه شاخص سطح برگ، طول دوره رشد و آسیمیلاسون ناخالص در طول فصل رشد نیز تاریخ کاشت‌های پاییزه نسبت به بهاره برتری داشتند. از نظر کارایی مصرف آب تاریخ کاشت پاییزه نسبت به تاریخ کاشت بهاره برتری داشت، به‌طوری که در تاریخ کاشت پاییزه کارایی مصرف آب ۲/۵۷ کیلوگرم ماده خشک اندام ذخیره‌ای به مترمکعب، در حالی‌که در تاریخ کاشت بهاره ۱/٦۷ کیلوگرم ماده خشک اندام ذخیره‌ای به متر مکعب برآورد شد.

نتیجه‌گیری: به طورکلی نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که کشت پاییزه چغندرقند در شهرستان‌های نیشابور و مشهد از مزایای قابل توجهی برخوردار است. کاشت پاییزه نسبت به تاریخ کاشت بهاره دارای بارندگی و کارایی مصرف آب بالاتر و تبخیر و تعرق کمتری است. با توجه به نیاز آبی نسبتاً زیاد چغندرقند در بهار و تابستان، تاریخ کشت پاییزه و استفاده از نزولات آسمانی می‌تواند به تولید چغندرقند در منطقه کمک شایانی کند. با توجه به نتایج به‌دست آمده برای دو منطقه مورد مطالعه، تاریخ کاشت‌های ۱۰ و ۲۵ مهر توصیه شد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی، آسیمیلاسیون، کارایی مصرف آب

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) به‌عنوان یکی از محصولات زراعی مهم کشور، دارای سطح زیر کشت حدود ۱۰۶/۵ هزار هکتار است (۱۵). استان خراسان بیشترین سطح زیر کشت چغندرقند را در کشور دارا می‌باشد، به‌طوری که ۳۳ درصد از سطح زیرکشت این محصول در کشور ایران مربوط به این استان است (۱٤). از این مجموع، سطح زیر کشت چغندرقند شهرستان مشهد ۷۵۰ هکتار و شهرستان نیشابور ۱۰۸۰ هکتار می‌باشد (۱).

خشکی و کم‌آبی مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید چغندرقند در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از جمله ایران است. بر همین اساس در شرایط اقلیمی خشک کشور، تولید محصولاتی مانند چغندرقند به‌دلیل نیاز آبی نسبت زیاد در بهار و تابستان به‌ویژه در شهرستان‌هایی مانند نیشابور و مشهد که با مشکل کم آبی روبه‌رو هستند، از چالش‌های اصلی است. از سوی دیگر کشت گیاهان رقیب مانند خربزه و هندوانه در فصل بهار به‌دلیل ارزش اقتصادی بالاتر سبب کاهش سطح زیر کشت بهاره چغندرقند در سال‌های اخیر شده است (٤٦).

یکی از راهکارهای اساسی برای مقابله با این چالش، کشت پاییزه چغندرقند و استفاده از نزولات آسمانی می‌باشد. کشت پاییزه علاوه‌بر استفاده بهینه از نزولات آسمانی در طول دوره رشد، دارای مزایای دیگر از جمله کاهش میزان تنفس گیاه، افزایش کارآیی مصرف آب، مصرف آب کم‌تر، افزایش عملکرد، کاهش مصرف علف‌کش به‌دلیل پایین بودن جمعیت علف‌های هرز در پاییز و افزایش دوره بهره‌برداری کارخانه‌های قند می‌باشد (٤١). نتایج تحقیق جاگارد و ورکر (۱۹۹۹) نشان داد که کشت پاییزه چغندرقند دارای منافع اقتصادی بیشتری نسبت به کشت بهاره آن می‌باشد. هافمن و کلاج-سروین (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که در کشت پاییزه چغندرقند نسبت به بهاره، تاج پوشش ۳ الی ٤ هفته زودتر تشکیل می‌شود و به‌علت افزایش جذب تابش عملکرد کشت پاییزه ۲٦ درصد بیشتر از بهاره است. دونوان (۲۰۰۲) نشان داد که در تاریخ کاشت بهاره به‌علت افزایش دما در تابستان مقدار تنفس نگهداری افزایش می‌یابد و این موضوع باعث کاهش عملکرد در کشت بهاره می‌شود. رینالدی و ونلا (۲۰۰٦) در آزمایشی روی کارایی استفاده از تابش و آب در چغندرقند بهاره و پاییزه نتیجه‌گیری کردند که که وزن تر و خشک اندام ذخیره‌ای چغندرقند پاییزه نسبت به بهاره بیشتر می‌باشد. این محققین همچنین نشان دادند که در طول سه سال کاشت، ۲٦ درصد از آب مصرفی در کشت پاییزه ذخیره می‌شود.

با این وجود مطالعات اندکی در کشور در خصوص مزایای کشت پاییزه و برتری آن بر کشت بهاره به انجام رسیده است. برای مثال جهاداکبر و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی روی کشت پاییزه چغندرقند در مناطق گرم استان اصفهان و ایذه خوزستان نشان دادند در کشت پاییزه چغندرقند نسبت به کشت بهاره مقدار آب کمتری مصرف می‌شود و گزینه مناسب‌تری برای بهره‌گیری از بارندگی‌های پاییزه و زمستانه و مقابله با بحران کمبود آب می‌باشد. نتایج تحقیق جواهری و همکاران (۲۰۰٦) تحت عنوان بررسی امکان کشت پاییزه چغندرقند در منطقه ارزوئیه (استان کرمان) نیز حاکی از آن است که کشت پاییزه چغندرقند در این منطقه موفقیت‌آمیز بوده و بهترین تاریخ کاشت و برداشت برای این منطقه دهم شهریور و نیمه اول اردیبهشت می‌باشد. حمایتی و همکاران (۲۰۱۲) به‌منظور بررسی کارایی کشت پاییزه چغندرقند در منطقه جیرفت کرمان آزمایشی را انجام دادند. نتایج این آزمایش نشان داد که تاریخ کاشت و برداشت تأثیر معنی‌داری بر عملکرد چغندرقند داشتند ولی اثر تاریخ کاشت نسبت به تاریخ برداشت بر عملکرد بیشتر بود. در این آزمایش بیشترین عملکرد شکر سفید (۱۳/۷۱ تن در هکتار) مربوط به تاریخ کاشت ۱٦ آذر و تاریخ برداشت ۱٦ اردیبهشت بود. نتایج این آزمایش همچنین بیانگر آن بود که منطقه جیرفت با توجه به گرمی هوا و همچنین کمبود آب پتانسیل بالایی برای کشت پاییزه دارد.

انجام چنین مطالعاتی در قالب طرح‌های آزمایشی اگرچه در گذشته مورد توجه بوده اما اجرای آن‌ها در چند سال و چند منطقه[1] و تحت تیمارهای مختلف بسیار پرهزینه و زمان بر است (۸). امروزه بررسی اثرات اقلیمی بر رشد و نمو گیاهان زراعی را می‌توان با کمک مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی بررسی نمود (٦, ٤۳). مدل‌های مختلفی برای شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی ساخته شده است. از جمله مهم‌ترین این مدل‌ها SUCROS[2] است که از انواع مدل‌های تشریحی[3] می‌باشد و توصیفی کمّی از راهبردها و فرآیندهای دخیل در یک بوم‌نظام را نشان می‌دهد. این مدل اولین بار برای گندم بهاره در شرایط پتانسیل به‌کار برده شد. در این مدل تولید ماده خشک روزانه بر اساس سرعت فتوسنتز تاج‌پوشش و با در نظر گرفتن هزینه‌های تنفسی می‌باشد (٤٤). رشد سطح برگ که عامل اصلی جذب‌کننده نور و فتوسنتز می‌باشد، در مدل SUCROS تابعی از سرعت رشد و مرحله نموی گیاه

1- Multi-environment trials (METs)
2- A Simple and Universal CROp growth Simulator
3- Mechanistic model

بوده و شامل دو مرحله رشد نمایی و رشد خطی است. تاکنون مدل SUCROS به‌طور موفقیت‌آمیزی برای شبیه‌سازی رشد بسیاری از گیاهان از جمله گندم بهاره (٤٤)، گندم پاییزه (٥)، کاکائو (٤٨) و چغندرقند (١١) استفاده شده است.

این تحقیق با بهره‌گیری از مدل‌های شبیه‌سازی رشد و عملکرد، به دنبال مقایسه عملکرد اندام ذخیره‌ای کشت پاییزه با کشت بهاره چغندرقند و نیز تعیین مناسب‌ترین تاریخ کاشت چغندرقند پاییزه در دو شهرستان مشهد و نیشابور در استان خراسان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این تحقیق در قالب آزمایش‌های شبیه‌سازی[1] در دو شهرستان مشهد (طول جغرافیای ٢٣ درجه و ١٦ دقیقه، عرض جغرافیایی ٥٩ درجه و ٣٨ دقیقه و ارتفاع ٩٩٩ متر از سطح دریا) و نیشابور (طول جغرافیای ٢٣ درجه و ١٦ دقیقه، عرض جغرافیایی ٥٨ درجه و ٤٨ دقیقه و ارتفاع ١٢١٣ متر از سطح دریا) انجام شد. انتخاب شهرستان‌های مورد مطالعه بر مبنای یک آزمایش پیشین (٤٦) صورت گرفت که در آن میزان ریسک سرمازدگی در کشت پاییزه چغندرقند در ٨ شهرستان از استان خراسان (شامل مشهد، نیشابور، تربت جام، تربت حیدریه، بیرجند، بجنورد، قوچان و قائن) مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق فوق از میان شهرستان‌های مورد بررسی تنها در دو شهرستان مشهد و نیشابور میزان خطر سرمازدگی اندک و عملکرد تولیدی اقتصادی بود (٤٦). لذا این دو شهرستان به‌عنوان مناطق هدف برای مطالعه رشد و عملکرد کشت پاییزه چغندرقند انتخاب شدند.

مدل مورد استفاده و آزمایش‌های شبیه‌سازی: در این تحقیق به‌منظور شبیه‌سازی رشد و نمو چغندرقند در کشت پاییزه و بهاره در شهرستان‌های مذکور از مدل SUCROS در شرایط پتانسیل (بدون محدودیت آب، عناصر غذایی، آفات و بیماری‌ها) استفاده شد. این مدل که در ابتدا برای گندم بهاره نوشته شده است (٤٤)، پیش‌تر توسط نگارنده مقاله برای چغندرقند در منطقه خراسان واسنجی و اعتبارسنجی شده است (١٢ و ١١). واسنجی و اعتبارسنجی مدل با استفاده داده‌های به‌دست آمده از دو آزمایش مستقل انجام شد. آزمایش اول که در مشهد جهت واسنجی مدل انجام شد. آزمایش دوم (٢٧)

1- Simulation experiments

برای تعیین اعتبار مدل استفاده شد. آزمایش اول به‌صورت فاکتوریل در چهار تکرار انجام شده بود و تیمارهای آزمایشی شامل سه رقم چغندرقند (فیاما، ماگنولیا و ناگانو) و چهار سطح نیتروژن (صفر، ۸۰، ۱٦۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. آزمایش دوم در قالب فاکتوریل با چهار سطح آبیاری (٤۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱٦۰ درصد تبخیر از سطح تشتک کلاس A) به‌عنوان یکی از عامل‌ها و چهار سطح نیتروژن (شاهد، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) به‌عنوان عامل دیگر اجرا شده بود. جزئیات بیشتر در خصوص آزمایش‌ها و نحوه انجام واسنجی و اعتبارسنجی مدل در دیهیم فرد (۲۰۱۱) تشریح شده است. در این مدل، سرعت روزانه فتوسنتز تاج‌پوشش بر اساس میزان تشعشع خورشیدی و رابطه بین فتوسنتز تک برگ و شدت نور و سپس انتگرال‌گیری بر حسب شاخص سطح برگ و طول روز محاسبه می‌شود (۱۲). روند تجمعی ماده خشک بر مبنای سرعت فتوسنتز تاج‌پوشش و پس از کسر تلفات ناشی از تنفس نگهداری و تنفس رشد به‌دست می‌آید. آزمایش‌های شبیه‌سازی با استفاده از مدل و به‌صورت آزمایش فاکتوریل انجام شد. ترکیب فاکتوریلی از شش تاریخ کاشت شامل دو تاریخ کاشت بهاره (۱۵ اسفند و ۱۵ اردیبهشت) و چهار تاریخ کاشت پاییزه (۱۰ و ۲۵ مهر، ۱۰ و ۲۵ آبان) و دو منطقه مشهد و نیشابور تیمارهای آزمایشی را تشکیل دادند. بر اساس عرف منطقه، انتخاب تاریخ کاشت ۱۵ اسفند به‌عنوان تاریخ زودهنگام بهاره و ۱۵ اردیبهشت به‌عنوان تاریخ کاشت کرپه در نظر گرفته شد. همچنین تاریخ کاشت‌های پاییزه از ۱۰ مهرماه به فواصل ۱۵ روز به‌منظور تعیین بهترین تاریخ کاشت در کشت پاییزه چغندرقند در نظر گرفته شد.

در این مطالعه سال‌هایی که خطر سرمازدگی در آن‌ها تقریباً نزدیک به صفر بود (بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمایش پیشین (٤٦))، به‌کار گرفته شد تا اثر سرمازدگی در نتایج آزمایشی خللی وارد نکند. بر این اساس شبیه‌سازی‌ها در شهرستان نیشابور در سال‌های ۱۳۷۳، ۱۳۷٤، ۱۳۷٦، ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ و در شهرستان مشهد در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸٤ و ۱۳۸۸ در تمام تاریخ کاشت‌های انجام گرفت. شایان ذکر است که این سال‌ها در تجزیه داده‌ها به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (۳۸) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در این تحقیق به‌منظور پیدا نمودن رابطه بین صفات از همبستگی پیرسون استفاده شد. همچنین به‌منظور مقایسه کلی تاریخ کاشت‌های پاییزه و بهار و بررسی برتری کلی این دو تاریخ کاشت در صفات مختلف از مقایسات گروهی (ارتوگونال) استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد تر و خشک اندام ذخیره‌ای: تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر منطقه و اثر متقابل تاریخ کاشت و منطقه بر این صفات معنی‌دار نبود ولی تأثیر تاریخ کاشت در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تاریخ کاشت‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد تر اندام ذخیره‌ای و وزن خشک اندام ذخیره‌ای به‌ترتیب با ۱۰٤۱۹۱ و ۲٦۰٤۷/٦ کیلوگرم در هکتار مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ مهر و کمترین آن‌ها به‌ترتیب با ٦۷۰۷۸ و ۱٦۷٦۹/٤ کیلوگرم در هکتار مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت بود (جدول ۱). نتایج مقایسات گروهی نیز نشان داد که از نظر عملکرد تر اندام ذخیره‌ای و وزن خشک اندام ذخیره‌ای در بین تاریخ کاشت‌های پاییزه و بهاره اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد و مؤید برتری تاریخ کاشت‌های پاییزه نسبت به بهاره بود (شکل ۱).

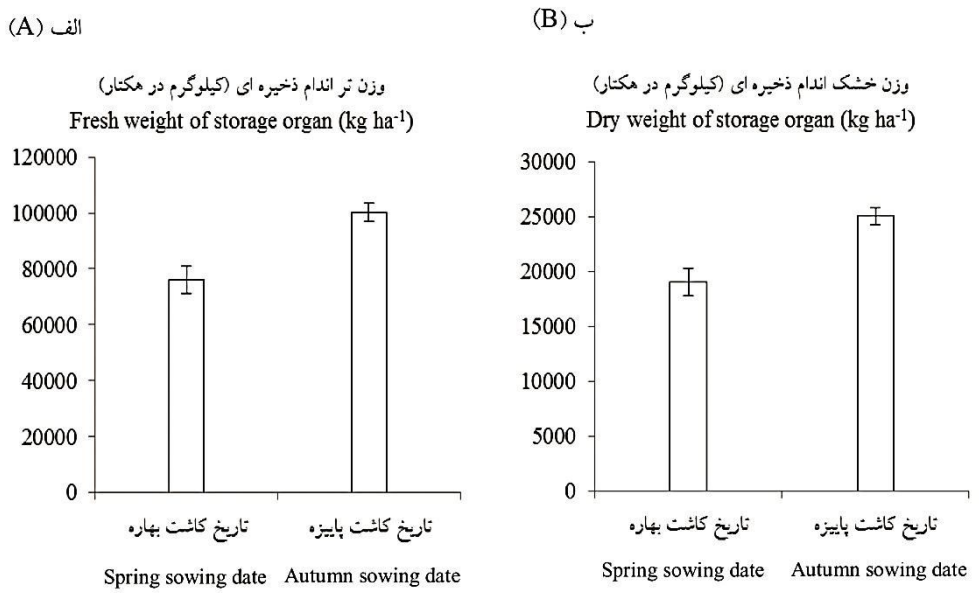
جدول ۱- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی چغندرقند برای شش تاریخ مختلف کاشت.

Table 1. Mean comparison of some sugar beet traits in different sowing dates.

تاریخ کاشت Sowing date	عملکرد تر اندام ذخیره‌ای (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of storage organ ($kg\,ha^{-1}$)	وزن خشک اندام ذخیره‌ای (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of storage organ ($kg\,ha^{-1}$)	بیشینه شاخص سطح برگ Maximum LAI	آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد (کیلوگرم CH_2O در هکتار) Cumulative gross assimilation over growing season ($kg\,CH_2O\,ha^{-1}$)	تنفس تجمعی در طول فصل رشد (کیلوگرم CH_2O در هکتار) Cumulative respiration over growing season ($kg\,CH_2O\,ha^{-1}$)	دوام شاخص سطح برگ (روز) LAID (day)
۱۵ اسفند (6 March)	85154^{d*}	21288.4^{d}	4.8953^{c}	62376^{b}	21287.1^{a}	583.75^{b}
۱۵ اردیبهشت (6 May)	67078^{e}	16769.4^{e}	4.5271^{d}	46914^{c}	15699.6^{d}	476^{c}
۱۰ مهر (2 October)	104191^{a}	26047.6^{a}	5.1367^{bc}	64921^{ab}	14932.1^{d}	671.75^{a}
۲۵ مهر (17 October)	102579^{ab}	25644.6^{ab}	5.4192^{a}	68410^{a}	18100.2^{c}	681.5^{a}
۱۰ آبان (1 November)	98709^{bc}	24677.4^{bc}	5.3613^{ab}	68425^{a}	19783.4^{b}	663.88^{a}
۲۵ آبان (16 November)	95554^{c}	23888.8^{c}	5.2369^{ab}	67159^{a}	20368^{ab}	$640.88a^{b}$

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون آماری LSD می‌باشند.

* Mean in each column followed by similar letter (s) is not significantly different at 5% probability level, using LSD test.



شکل ۱- مقایسات گروهی بین تاریخ کاشت‌های پاییزه و بهاره: الف) وزن تر اندام ذخیره‌ای؛ ب) وزن خشک اندام ذخیره‌ای.

Figure 1. Group comparison between autumn and spring sowing dates: A) Fresh weight of storage organ; B) Dry weight of storage organ.

خطوط میله‌ای روی هر گراف خطای استاندارد (SE) را نشان می‌دهد.

Bar lines in each graph indicate standard error.

از دلایل برتری تاریخ کاشت پاییزه نسبت به بهاره می‌توان به طول دوره رشد بیشتر در تاریخ کاشت‌های پاییزه اشاره نمود (جدول ۲). در واقع افزایش طول فصل رشد سبب افزایش توسعه تاج‌پوشش شده که این امر موجب جذب بیش‌تر تابش و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود (۱۹). همان‌طور که در جدول دو مشاهده می‌شود تاریخ کاشت‌های پاییزه نسبت به تاریخ کاشت‌های بهاره دارای طول دوره رشد بیشتر بوده و به واسطه آن تابش دریافتی بیشتری را در طول فصل رشد دریافت نموده‌اند. نتایج همبستگی هم برای عملکرد تر اندام ذخیره‌ای و هم وزن خشک اندام ذخیره‌ای با طول دوره رشد و تابش تجمعی در طول فصل رشد مؤید این موضوع می‌باشد (جدول ۳).

از دلایل دیگر برتری تاریخ کاشت پاییزه می‌توان به این نکته اشاره کرد که در تاریخ کاشت پاییزه به‌محض افزایش دما گیاه رشد خود را سریع‌تر شروع نموده و از عوامل اقلیمی از جمله تشعشع استفاده کارآمدتر می‌کند. تحقیقات بسیاری از محققین نشان می‌دهد که چغندرقند پاییزه با گرم شدن

تدریجی هوا در بهار رشد خود را از آغاز کرده و به نحو مؤثری از تشعشع استفاده می‌کند و این خود عاملی برای افزایش عملکرد می‌شود (۲۰, ۳۰). حسین‌پور و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود روی کارایی استفاده از تشعشع چغندر پاییزه تحت شرایط مختلف رشدی در دزفول، نشان دادند که تاریخ کاشت بر عملکرد خشک و تشعشع تجمعی در طول فصل رشد تأثیر معنی‌داری دارد و بیشترین عملکرد در تاریخ کاشت ۲۲ مهر به‌دست آمد که از دلایل برتری آن تشعشع تجمعی بیشتر در طول فصل رشد در مقایسه با دو تاریخ کاشت دیگر (۵ مهر و ۹ آبان) بود. در تاریخ کاشت‌های پاییزه همچنین میزان تنفس نسبت به تاریخ کاشت‌های بهاره کمتر بود که خود عاملی برای افزایش عملکرد در تاریخ کاشت‌های پاییزه است (جدول ۱).

جدول ۲- مقایسه میانگین پارامترهای اقلیمی برای شش تاریخ مختلف کاشت.

Table 2. Mean comparison of climatic parameters for six sowing dates.

تاریخ کاشت Sowing date	میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد (درجه سانتی‌گراد) Daily mean temperature over growing season (°C)	بارندگی تجمعی در طول فصل رشد (میلی‌متر) Cumulative precipitation over growing season (mm)	تابش تجمعی در طول فصل رشد (مگاژول در مترمربع) Cumulative radiation over growing season ($MJ\ m^{-2}$)	طول فصل رشد (روز) Length of growing season (day)
۱۵ اسفند (6 March)	23.5^{b*}	104.38^{b}	4441.25^{b}	200.37^{c}
۱۵ اردیبهشت (6 May)	25.12^{a}	41.9^{c}	4114.59^{c}	185.37^{d}
۱۰ مهر (2 October)	14.92^{f}	203.21^{a}	4503.61^{b}	289.5^{a}
۲۵ مهر (17 October)	15.95^{e}	204.93^{a}	4783.76^{a}	291.5^{a}
۱۰ آبان (1 November)	16.7^{d}	107.6^{a}	4913.03^{a}	286.87^{a}
۲۵ آبان (16 November)	17.48^{c}	186.96^{a}	4944.66^{a}	276.37^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون آماری LSD می‌باشند.

* Mean in each column followed by similar letter(s) is not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

جدول ۳- همبستگی عملکرد و سایر صفات گیاهی و اقلیمی در چغندرقند.

Table 3. Correlation coefficients between yield and other plant- climate traits in sugar beet.

(۱۰) (10)	(۹) (9)	(۸) (8)	(۷) (7)	(٦) (6)	(٥) (5)	(٤) (4)	(۳) (3)	(۲) (2)	(۱) (1)	صفت Trait
.71**	.5**	.03	.83**	.71**	.86**	-.87**	.75**	1	1	وزن خشک اندام ذخیره‌ای (۱) Dry weight of storage organ (1)
.71**	.5**	.03	.83**	.71**	.86**	-.87**	.75**	1		وزن تر اندام ذخیره‌ای (۲) Fresh weight of storage organ (2)
.82**	.65**	.28*	.86**	.43**	.75**	-.59**	1			بیشینه شاخص سطح برگ (۳) Maximum LAI (3)
-.42**	-.28*	.28*	-.55**	-.84**	-.87**	1				میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد (٤) Daily mean temperature over growing season (4)
.7**	.67**	.11	.77**	.65**	1					طول فصل رشد (٥) Length of growing season (5)
.23	.12	-.31*	.41**	1						بارندگی تجمعی در طول فصل رشد (٦) Cumulative precipitation over growing season (6)
.91**	.81**	.54**	1							آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد (۷) Cumulative gross assimilation over growing season (7)
.52**	.73**	1								تنفس نگهداری تجمعی در طول فصل رشد (۸) Cumulative respiration over growing season (8)
.78**	1									تابش تجمعی در طول فصل رشد (۹) Cumulative radiation over growing season (9)
1										دوام شاخص سطح برگ (۱۰) LAID (10)

** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح یک و پنج درصد.

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

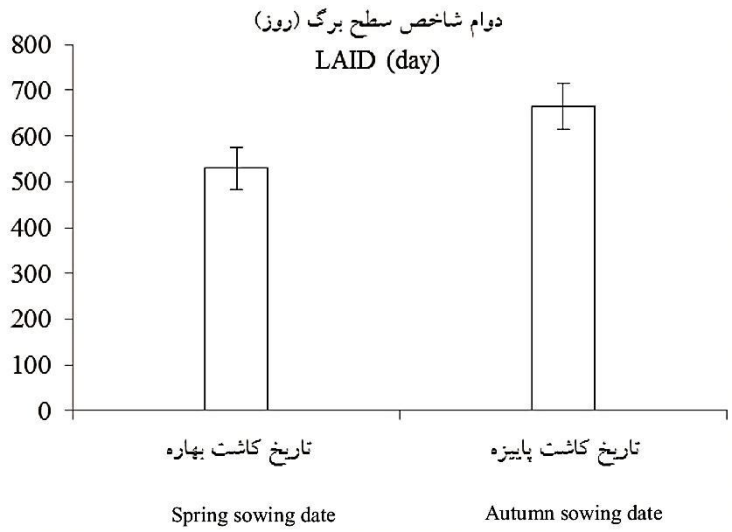
بیشینه شاخص سطح برگ: نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که تأثیر منطقه و اثر متقابل تاریخ کاشت و منطقه بر بیشینه شاخص سطح برگ معنی‌دار نبود ولی تأثیر تاریخ کاشت در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تاریخ کاشت نشان داد که بالاترین بیشینه شاخص سطح برگ با مقدار ٥/٤۱ مربوط به تاریخ کاشت ۲۵ مهر و کمترین آن با مقدار ٤/٥۲ مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت بود (جدول ۱). باید این نکته را مورد توجه قرار داد که کوچکترین تغییرات افزایشی در شاخص سطح برگ منجر به افزایش پوشش سطح سبز وسیع شده که خود می‌تواند در افزایش جذب

تابش و نیز عملکرد تأثیر بسزایی داشته باشد. در واقع بیشینه شاخص سطح برگ یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین کننده عملکرد در چغندرقند است (۳۹).

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در تاریخ کاشت‌های بهاره و پاییزه در هر دو منطقه، شاخص سطح برگ تقریباً در یک زمان به بیشینه مقدار خود رسیده است، با این وجود عملکرد تاریخ کاشت بهاره نسبت به پاییزه کمتر است. باید این نکته را در نظر گرفت که برای به‌دست آمدن عملکرد مطلوب تشکیل این بیشینه شاخص سطح برگ در زمان وجود حداکثر تابش نیاز می‌باشد. علاوه‌بر این مدت زمان سبز بودن یا دوام شاخص سطح برگ و طول دوره رشد گیاه نیز مهم می‌باشد به‌طوری که دوام شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت‌های پاییزه بیشتر بود (شکل ۲). به‌طور مثال تاریخ کاشت ۱۰ و ۲۵ مهر که دارای بیشترین عملکرد می‌باشند، به‌ترتیب با ٦٧١/٧٥ و ٦٨١/٥ روز دارای بیشترین دوام سطح برگ بودند (جدول ۱). صدرآبادی حقیقی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود تحت عنوان بررسی شاخص‌های رشد ارقام تجاری و رایج چغندرقند در کشت کرپه در منطقه چناران (خراسان رضوی)، نشان دادند که دلیل پایین بودن سرعت رشد و عملکرد پایین در چغندرقند کشت کرپه می‌باشد، زیرا به‌دلیل کشت دیرهنگام دوام سطح برگ پایین آمده و کاهش دوام سطح برگ موجب افت سرعت رشد و کاهش عملکرد می‌شود. همچنین سلیمانی و همکاران (۲۰۰۲) نشان داند که سرعت رشد و عملکرد در کاشت دیرهنگام چغندرقند کاهش یافته که دلیل آن کاهش دوام سطح برگ بوده است.

از دیگر دلایل برتری تاریخ کاشت‌های پاییزه نسبت به بهاره طول دوره بیشتر است. همان‌طور که قبلاً اشاره شد در تاریخ کاشت‌های بهاره و پاییزه در هر دو منطقه، شاخص سطح برگ تقریباً در یک زمان به بیشینه مقدار خود رسیده است (شکل ۳)، ولی تاریخ کاشت‌های بهاره نتوانستند عملکرد خوبی تولید کنند. به‌طور مثال تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت با توجه به دوره رشد کوتاه خود (۱۸۵ روز- جدول ۲) نتوانسته عملکرد مطلوبی را کسب نمایند. این در حالی است که تاریخ کاشت ۲۵ مهر ماه با طول دوره رشد طولانی (۲۹۱ روز)، و همچنین بیشینه شاخص سطح برگ بالا توانسته عملکرد مطلوبی تولید نماید (جدول ۲). نتایج آزمون همبستگی بین عملکرد، طول دوره رشد و بیشینه شاخص سطح برگ نیز نشان دهنده این موضوع می‌باشد (جدول ۳). بسیاری از آزمایش‌ها نشان دهنده ارتباط مستقیم بین عملکرد و تشعشع دریافت شده (به‌دلیل شاخص سطح برگ و نیز دوام بیشتر آن) در طول دوره رشد هستند (٤٠، ٣٦، ٣٥ و ١٣) به‌طوری که با افزایش طول دوره رشدی مقدار تشعشع تجمعی

افزایش یافته که به موازات آن عملکرد افزایش می‌یابد. نتایج زارع ابیانه و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که چغندرقند در تاریخ کاشت ۲۱ اردیبهشت- ٦ آبان با طول دوره رشد ۱٦۲ روز در سال ۱۹۹٦ دارای بیشترین عملکرد ریشه (۱۱٦/۸ تن در هکتار) و تاریخ کاشت ۱٤ خرداد- ٥ آبان در سال ۱۹۹٥ کمترین عملکرد ریشه (٥۲/۲۱ تن در هکتار) بود.

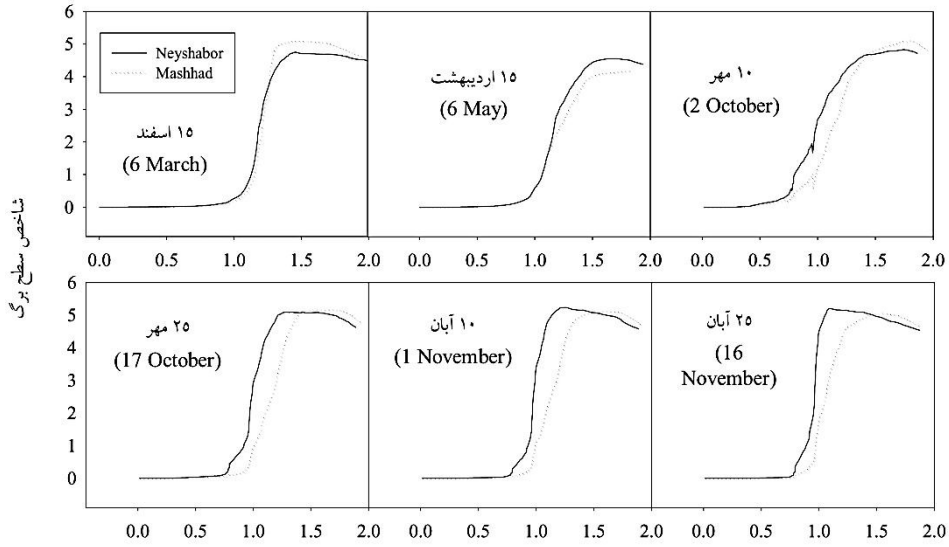


شکل ۲- مقایسات گروهی بین تاریخ کاشت‌های پاییزه و بهاره بر حسب دوام شاخص سطح برگ.

Figure 2. Group comparison between autumn and spring sowing dates in terms of LAID.

خطوط میله‌ای روی هر گراف خطای استاندارد (SE) را نشان می‌دهد.

Bar lines in each graph indicate standard error.



شکل ۳- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ چغندرقند در طول فصل رشد در تاریخ کاشت‌های مختلف دو منطقه.

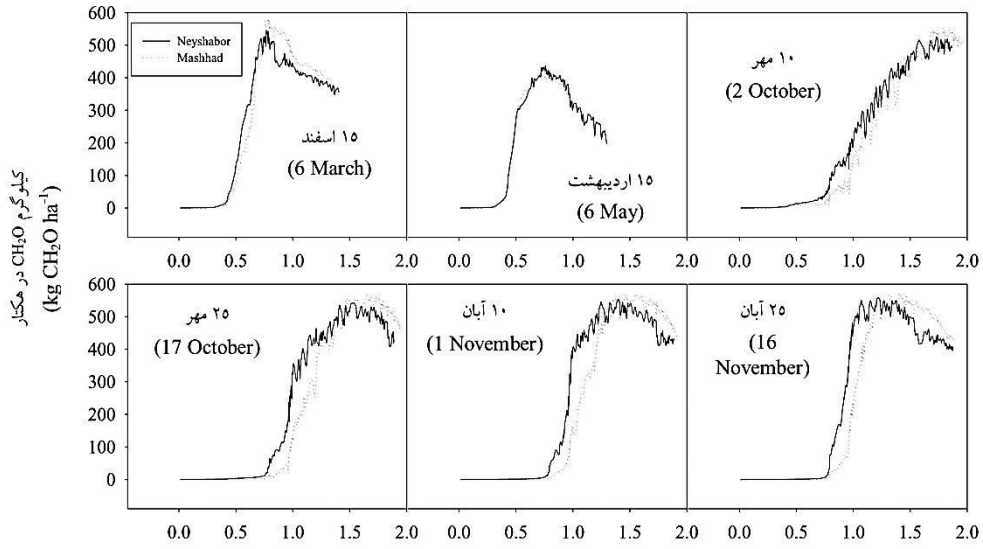
Figure 3. Leaf area index as a function of developmental stage in different sowing dates and locations.

مرحله نموی (صفر: شروع رشد گیاه؛ یک: ۵۰ درصد از رشد رویشی؛ دو: رسیدگی).

Developmental stages (0: Beginning of plant growth; 1: 50% of vegetative growth; 2: Maturity).

آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی و تنفس نگهداری تجمعی در طول فصل رشد: اثر منطقه و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تاریخ کاشت مشخص کرد که بیشترین و کمترین آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ آبان (٦٨٤٢٥ کیلوگرم CH_2O در هکتار) و ۱۵ اردیبهشت (٤٦٩١٤ کیلوگرم CH_2O در هکتار) بود (جدول ۱). به‌طور کلی آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد حاصل عواملی چون سطح برگ، تابش و طول دوره رشد می‌باشد (٤٥ ,۱۸). از دلایل برتری این صفت در تاریخ کاشت‌های پاییزه می‌توان افزایش جذب تابش و همچنین طول دوره رشد بالای چغندرقند در این تاریخ کاشت‌ها اشاره کرد (جدول ۲). از دلایل دیگر این برتری را می‌توان شاخص سطح برگ بالای چغندرقند در تاریخ کاشت‌های پاییزه ذکر نمود (جدول ۱). همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ٤ ملاحظه می‌شود، آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد از روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد تبعیت نموده است. همبستگی مستقیم و

معنی‌دار بین عملکرد تر اندام ذخیره‌ای، آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد، شاخص سطح برگ و تابش تجمعی در طول فصل رشد مؤیدی بر مطالب گفته شده می‌باشد (جدول ۳). جواهری و همکاران (۲۰۰٤) گزارش کردند که در ارزوئیه کرمان تاریخ کاشت دهم شهریور ماه نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر (اول و بیستم مهرماه) چغندرقند به علت شاخص سطح برگ بالا و همچنین طول دوره رشد بیشتر دارای فتوسنتز بالاتر و عملکرد بیشتری می‌باشد. بسیاری از گزارش‌ها حاکی از آن است که رابطه خطی نزدیکی بین تابش جذب شده توسط تاج‌پوشش و شاخص سطح برگ و عملکرد نهایی چغندرقند وجود دارد (۹, ۱۸).



شکل ٤- مقایسه روند تغییرات سرعت آسیمیلاسیون ناخالص روزانه چغندرقند در تاریخ کاشت‌های مختلف دو منطقه در طول فصل رشد.

Figure 4. Daily gross assimilation rate as a function of developmental stage in different sowing dates and locations.

مرحله نموی (صفر: شروع رشد گیاه؛ یک: ۵۰ درصد از رشد رویشی؛ دو: رسیدگی).

Developmental stages (0: Beginning of plant growth; 1: 50% of vegetative growth; 2: Maturity).

آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد در منطقه نیشابور نسبت به مشهد بیشتر بود، به‌طوری که میانگین این صفت در شهرستان نیشابور ٦٤٧٣٥ و در شهرستان مشهد ٦٠٢٠٠ کیلوگرم

CH_2O در هکتار بود (جدول ٤). از عوامل تأثیرگذار برتری آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد در شهرستان نیشابور می‌توان به مقدار تابش تجمعی در طول فصل رشد این شهرستان نسبت به مشهد اشاره کرد (جدول ٤). با این وجود عملکرد تر اندام ذخیره‌ای در شهرستان نیشابور کمتر از مشهد بود (جدول ٤). یکی از عواملی که با وجود آسیمیلاسیون بالا باعث کاهش عملکرد در این شهرستان شده است مقدار بالای تنفس در این شهرستان می‌باشد. همان‌طوری که در جدول ٤ مشاهده می‌شود مقدار تنفس نگهداری در شهرستان نیشابور بیشتر از شهرستان مشهد است. در تحقیقی به‌منظور تأثیر عوامل آب و هوایی در تولید چغندرقند در اروپا به‌این نتیجه رسیدند که تولید چغندرقند از مناطق شمالی به سمت مناطق جنوبی و از مناطق غربی به سمت مناطق شرقی با افزایش میزان تابش دریافتی و تولید زیست‌توده بالا و فتوسنتز بیشتر افزایش یافته است (۳۳).

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات گیاهی و اقلیمی در چغندرقند برای دو منطقه مورد مطالعه.

Table 4. Mean comparison of some plant traits in sugar beet and climatic parameters for two locations.

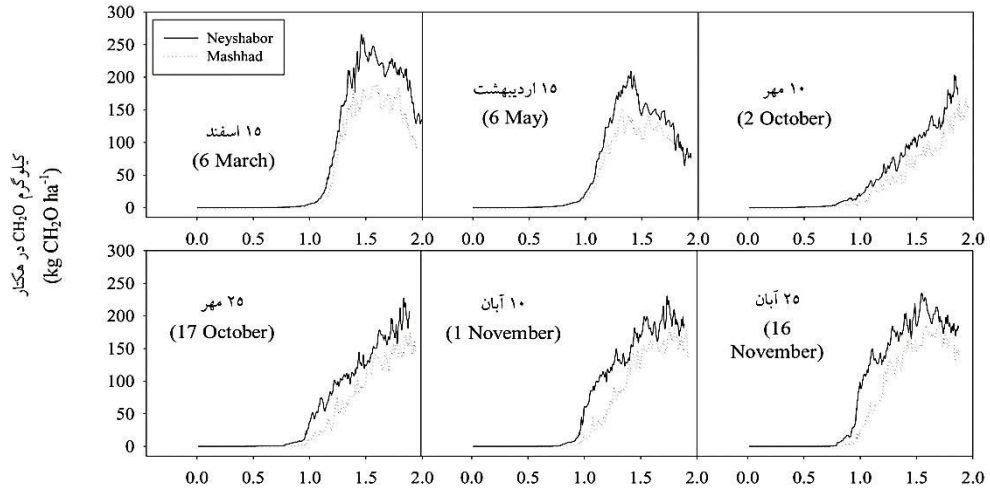
میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد (درجه سانتی‌گراد) Daily mean temperature over growing season (°C)	تابش تجمعی در طول فصل رشد (مگاژول در مترمربع) Cumulative radiation over growing season ($MJ\ m^{-2}$)	تنفس نگهداری تجمعی در طول فصل رشد (کیلوگرم CH_2O در هکتار) Cumulative respiration over growing season ($kg\ CH_2O\ ha^{-1}$)	آسیمیلاسیون ناخالص تجمعی در طول فصل رشد (کیلوگرم CH_2O در هکتار) Cumulative gross assimilation over growing season ($kg\ CH_2O\ ha^{-1}$)	عملکرد تر اندام ذخیره‌ای (کیلوگرم در هکتار) Fresh yield of storage organ ($kg\ ha^{-1}$)	منطقه Region
19.91[a]	4796.29[a]	20490[a]	64735[a]	91193[b]	نیشابور Neyshabor
17.34[b]	4317.69[b]	14814.5[b]	60200[b]	93907[a]	مشهد Mashhad

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون آماری LSD می‌باشند.

*Mean in each column followed by similar letter(s) is not significantly different at 5% probability level, using LSD test.

اثر منطقه و تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر تنفس نگهداری تجمعی در طول فصل رشد معنی‌دار بود که کمترین و بیشترین تنفس نگهداری تجمعی در طول فصل رشد به ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ مهر (۱٤۹۳۲/۱ کیلوگرم CH_2O در هکتار) و ۱۵ اسفند (۲۱۲۸۷/۱ کیلوگرم CH_2O در هکتار) بود (جدول ۱). با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود به استثنای تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت، مقدار تنفس نگهداری تاریخ کاشت‌های پاییزه نسبت به کاشت بهاره کمتر می‌باشد. علت این امر این است که در تاریخ کاشت‌های پاییزه، چغندرقند بخشی از مراحل نموی خود را در فصل

سرد طی می‌کند و از طرفی تا قبل از شروع گرمای تابستانه در استان خراسان، رشد رویشی خود را به اتمام می‌رساند. میانگین کمتر دمای روزانه در طول فصل رشد در تاریخ کاشت‌های پاییزه نسبت به بهاره خود دلیلی بر مقدار کم تنفس نگهداری تجمعی تاریخ کاشت‌های پاییزه می‌باشد (جدول ۲). مختار و همکاران (۲۰۱٤) در تحقیقی خود با عنوان عملکرد چغندرقند تحت درجه حرارت‌های نسبی بالا (خرداد و مرداد)، گزارش کردند که عملکرد ریشه چغندرقند در تاریخ کاشت‌های بهاره و تابستانه نسبت به زمستانه (آبان و دی) ۲۵ تا ۵۰ تن کمتر می‌باشد که دلیل آن دمای بالا در طول فصل رشد و تنفس بالا می‌باشد. بساطی و همکاران (۲۰۰۲) نیز در تحقیق خود، بررسی امکان کشت پاییزه چغندرقند در مناطق گرم استان کرمانشاه، نشان دادند دو تاریخ کاشت بیستم شهریور ماه و دهم مهرماه نسبت به تاریخ کاشت اول شهریور به‌علت برخورد با گرمای اردیبهشت ماه و خرداد ماه و بالا رفتن تنفس در شب عملکرد ریشه کمتر بود. نتایج تحقیقی در آلمان با هدف کمی کردن اثر دما، تابش خورشیدی و بارش روی تغییرات عملکرد چغندرقند، نشان داد که دماهای بالا در تیر و مرداد عملکرد نهایی ریشه را کاهش داده و بنابراین عملکرد شکر سفید کاهش یافته است (۲۸).



شکل ۵- مقایسه روند تغییرات تنفس نگهداری روزانه چغندرقند در تاریخ کاشت‌های مختلف دو منطقه در طول فصل رشد.

Figure 4. Daily maintenance respiration rate as a function of developmental stage in different sowing dates and locations.

مرحله نموی (صفر: شروع رشد گیاه؛ یک: ۵۰ درصد از رشد رویشی؛ دو: رسیدگی).

Developmental stages (0: Beginning of plant growth; 1: 50% of vegetative growth; 2: Maturity).

نتایج مقایسه میانگین تنفس نگهداری تجمعی در طول فصل رشد در بین دو منطقه نیشابور و مشهد نشان داد که میانگین این صفت در شهرستان نیشابور ۲۰٤۹۰ و در شهرستان مشهد ۱٤۸۱٤/۵ کیلوگرم CH_2O در هکتار بود (جدول ٤). این بالا بودن تنفس نگهداری تجمعی در طول فصل رشد در شهرستان نیشابور به‌علت بالا بودن میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد است (جدول ٤). در واقع دو عامل دمای هوا و ماده خشک تولید شده توسط تاج‌پوشش بیشترین تأثیر را بر تنفس نگهداری دارند. در دو منطقه مورد مطالعه، نیشابور با دارا بودن میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد ۱۹/۹۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به مشهد با میانگین دمای روزانه در طول فصل رشد ۱۷/۳٤ درجه سانتی‌گراد دارای تنفس نگهداری بیشتری در طول فصل رشد است (جدول ٤).

مقایسه بارندگی، تبخیر و تعرق و کارایی مصرف آب در تاریخ کاشت‌های مختلف: نتایج مقایسات گروهی نشان داد که از نظر بارندگی تجمعی، تبخیر و تعرق و کارایی مصرف آب در بین تاریخ کاشت‌های پاییزه و بهاره اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (شکل ٦). در بین تاریخ کاشت‌های مختلف بیشترین بارندگی تجمعی در طول فصل رشد مربوط ۲۵ مهر با مقدار ۲۰٤/۹۳ میلی‌متر و کمترین آن ٤۱/۹ میلی‌متر مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت بود (جدول ۲). صرف‌نظر از عملکرد اقتصادی که برای کشاورز مهم است و در کشت پاییزه بیشتر است، با توجه به محدودیت منابع آبی به‌ویژه در استان خراسان (۱۰ ,۳) به‌نظر می‌رسد که گرایش به سمت کشت پاییزه چغندرقند به لحاظ ذخایره آبی و مصرف آب کمتر مقرون به صرفه باشد. همچنین بارندگی‌های پاییزه و به‌ویژه اوایل بهار به‌علت همزمانی با حداکثر سرعت رشد چغندرقند، می‌تواند کمک قابل توجهی به افزایش عملکرد در کشت پاییزه کند. در بررسی جاگارد و همکاران (۲۰۰۳) که در خصوص تأثیر آب و هوا بر عملکرد چغندرقند در سال ۲۰۰۳ در مقایسه با سال ۲۰۰۲ در انگلستان انجام شد، مشخص گردید که در سال ۲۰۰۳ عملکرد و درصد قند نسبت به سال قبل به‌دلیل افزایش باران افزایش زیادی داشت.

نتایج مقایسات گروهی مشخص کرد که تبخیر و تعرق گیاه در طول فصل رشد در کاشت پاییزه (۱۰۱۱۰ متر مکعب در هکتار) نسبت کشت بهاره (۱۱٦٤٦ مترمکعب در هکتار) کمتر بود (شکل ٦). به‌طور کلی کشت پاییزه به‌دلیل این‌که بخشی از رشد خود را در فصل سرد سپری می‌کند نسبت به کشت بهاره دارای تبخیر کمتری هست. همچنین در تاریخ کاشت پاییزه گیاه در معرض دمای کمتری قرار دارد و از این‌رو مقدار تعرق آن کمتر می‌باشد که این موضوع خود می‌تواند در کاهش آبیاری و نیاز آبی کمتر در کشت پاییزه بسیار مؤثر باشد. نتایج تحقیق اشرف و همکاران (۲۰۱۲)، ارزیابی تغییر

مصرف آب گندم و چغندرقند با توجه به اثرات تغییر اقلیم در دو دهه آتی در دشت‌های منتخب استان خراسان رضوی، نشان داد که به‌طور کلی مقدار بارندگی مؤثر در گیاه چغندرقند (کشت تابستانه) در مقایسه با گیاه گندم (کشت زمستانه) به‌طور محسوسی کمتر است و همچنین تبخیر و تعرق در کشت تابستانه چغندر بسیار بالاتر می‌باشد و در نتیجه باید از کشت تابستانه چغندرقند تا حد امکان اجتناب نمود.

از نظر کارایی مصرف آب تاریخ کاشت پاییزه نسبت به تاریخ کاشت بهاره برتری داشت، به‌طوری که در تاریخ کاشت پاییزه کارایی مصرف آب ۲/۵۷ کیلوگرم ماده خشک اندام ذخیره‌ای به مترمکعب، در حالی‌که در تاریخ کاشت بهاره ۱/٦۷ کیلوگرم ماده خشک اندام ذخیره‌ای به مترمکعب بود (شکل ٦). بالایی کارایی مصرف آب در تاریخ کاشت پاییزه نشان‌دهنده عملکرد بالا و میزان مصرف آب کمتر به ازای تولید ماده خشک تولیدی است. در واقع در تاریخ کاشت پاییزه به‌دلیل دمای پایین نسبت به تاریخ کاشت بهاره (جدول ۲) نیاز آبی گیاه کمتر و تعرق آن کمتر (شکل ۵) می‌باشد. نتایج آزمایش رینالدی و ونلا (۲۰۰٤) مشخص کرد که کارایی مصرف آب در چغندرقند پاییزه (۱/۱۵ گرم ساکارز به ازای کیلوگرم آب) نسبت به بهاره (۰/۸٤ گرم ساکارز به ازای کیلوگرم آب) بیشتر می‌باشد. حسین‌پور (۲۰۰٦) در تحقیق خود روی چغندرقند پاییزه در دزفول نشان داد که در تاریخ کاشت ۲۲ مهر بهترین کارایی مصرف آب در کشت زمستانه چغندرقند به‌دست آمد و همچنین این تحقیق نشان داد که با وقوع بارندگی‌های زمستانه به مقدار قابل توجهی می‌توان از آبیاری در فصل بهار (انتهای دوره رشد چغند پاییزه) صرفه‌جویی کرد و کارایی مصرف آب را افزایش داد. بسیاری از تحقیقات هم نشان‌دهنده این موضوع است که کشت پاییزه در مقایسه با کشت بهاره دارای کارایی مصرف آب بالاتری می‌باشد (٤۱، ۳۲ و ۱٦).

شکل ٦- مقایسات گروهی بین تاریخ کاشت‌های پاییزه و بهاره: الف) کارایی مصرف آب؛ ب) تبخیر و تعرق در طول فصل رشد؛ ج) بارندگی تجمعی در طول فصل رشد.

Figure 6. Group comparison between autumn and spring sowing dates: A) Water use efficiency; B) Evapotranspiration over growing season; C) Cumulative precipitation over growing season.

خطوط میله‌ای روی هر گراف خطای استاندارد (SE) را نشان می‌دهد.

Bar lines in each graph indicate standard error.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان می‌دهد که کشت پاییزه چغندرقند در شهرستان‌های نیشابور و مشهد از مزایای قابل توجهی برخوردار است. به‌طور کلی کشت پاییزه از نظر وزن‌تر و خشک اندام ذخیره‌ای، شاخص سطح برگ و آسیمیلاسون ناخالص در طول فصل رشد نسبت به کشت بهاره دارای برتری قابل توجهی است. در بین تاریخ‌های کاشت بیشترین عملکرد تر اندام ذخیره‌ای و وزن خشک اندام ذخیره‌ای به‌ترتیب با ۱۰٤۱۹۱ و ۲٦۰٤۷/٦ کیلوگرم در هکتار مربوط به تاریخ کاشت ۱۰ مهر بود. همچنین با توجه به نیاز آبی نسبتاً زیاد چغندرقند در بهار و تابستان، تاریخ کشت پاییزه و استفاده از نزرولات آسمانی می‌تواند به تولید چغندرقند کمک شایانی کند. همان‌طوری که نتایج این تحقیق آشکار ساخت میانگین بارندگی در تاریخ کاشت‌های پاییزه نسبت به بهاره اختلاف زیادی داشتند که این امر می‌تواند در کاهش مصرف آب به زراعت چغندرقند کمک شایانی بکند. در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده برای دو منطقه موردنظر تاریخ کاشت‌های ۱۰ و ۲۵ مهر مناسب‌ترین می‌باشند.

منابع

1. Agriculture Organization of Khorasan Razavi. 2013. Statistical yearbook of agriculture, assistance of planning and economic affairs, department of agricultural statistics. (In Persian)
2. Akeson, W.R. 1981. Relationship of climate and sucrose content of sugar beet roots. ASSBT. 1: 27- 40.
3. Alizadeh, A., and Khalili, N. 2009. Water - energy productivity at sugar beet cultivation (Case study: Khorasan Razavi province). Iranian J. Irrig. Drain. 3: 2. 123-136. (In Persian)
4. Ashraf, B., Mousavi-Baygi, M., Kamali, G.A., and Davari, K. 2012. Evaluation of wheat and Sugar beet water use variation due to climate change effects in two coming decades in the selected plains of Khorasan Razavi province. Iranian J. Irrig. Drain. 2: 6. 105-117. (In Persian)
5. Bannayan, M., and Crout, N.M.J. 1999. A stochastic modeling approach for real-time forecasting of winter wheat yield. Field Crops Res. 62: 1. 85-95.
6. Bannayan, M., Hoogenboom, G., and Crout, N.M.J. 2004. Photothermal impact on maize performance: a simulation approach. Ecolog. Model. 180: 2. 277- 290.
7. Basati, J., Kolivand, M., Neamati, A., and Zareii, A. 2002. Study of autumn sowing of sugar beet in the tropical areas of kermanshah province. J. Sugar Beet. 18: 2. 119-130. (In Persian)

8. Chenu, K., Deihimfard, R., and Chapman, S.C. 2013. Large-scale characterization of drought pattern: A continent-wide modelling approach applied to the Australian wheatbelt – Spatial and temporal trends. New Phyt. 198: 3. 801–820.
9. Clover, G.R.G., Jaggard, K.W., Smith, H.G., and Azam, S.N. 2001. The use of radiation interception and transpiration to predict the yield of healthy, droughted and virus-infected sugar beet. J. Agric. Sci. 136: 2. 169-178.
10. Dehghanian, S., Ghorbani, M., Shahnoushi. 2003. The application of data envelopment analysis approach to estimating the efficiency of sugar beet producers in Khorasan province. Agric. Sci. Technol. J. 17: 2. 265-295. (In Persian)
11. Deihimfard, R. 2011. Wheat and sugar beet yield gap analysis in the Khorasan province using modeling approach. Ph.D. Dissertation, Ferdowsi University of Mashhad. Tehran, Iran. 163p.
12. Deihimfard, R., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2012. SUCROSBEET: A simple model for simulating growth and development of sugar beet under potential and nitrogen-limited conditions. J. Agron. 2: 1. 1-20. (In Persian)
13. Donovan, T.O. 2002. The Effects of Seed Treatment, Sowing date, Cultivar and Harvest date on the Yield and Quality of Sugar Beet. M.Sc. Thesis, Dublin, Belfield.
14. Fathollah-Taleghani, D., Sharifi, H., Ahmadi, M., Ashrafmansouri, G., Moharamzadeh, M., Javaheri, M.A., Basati, J., Ebrahimian, H.R., Sadeghzadeh Hemayati, S., Aghaeezadeh, M., Abdollahian Noghabi, M., Orazizadeh, M.R., Norani, A., Hoseanpor, M., Sadeghian, S.Y., Mohamadian, R., Mohamadi, S.B., Yosef- Abadi, V. 2010. Development of tropical sugar beet in Iran. Proceedings of the 11th Congress of Agronomy and Plant Breeding Sciences of Iran. Tehran. Pp: 81-94.
15. Food and Agriculture Organization (FAO). 2013. FAOSTAT. Available online at: (*http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor.)*
16. Gohari, J., Sharifi, H., and Orazizadeh, M. 1993. Results of a study on the possibility of sugar beet planting in Izeh region. J. Sugar Beet. 9: 2. 41-55. (In Persian)
17. Hemayati, S.S., Shirzadi, M.H., Aghaeizadeh, M., Taleghani, D.F., Javaheri, M.A., and Aliasghari, A. 2012. Evaluation of sowing and harvesting date effects on yield and quality of five sugar beet cultivars in Jiroft region (autumn planting). J. Sugar beet. 28: 1. 25-42. (In Persian)
18. Hemayatia, S.S., and Shirzadi, M.H. 2011. Study on radiation use efficiency of different sugar beet cultivars. Plant Ecophysid. 3: 1. 5- 13.
19. Hoffmann, C.M., and Kluge-Severin, S. 2010. Light absorption and radiation use efficiency of autumn and spring sown sugar beets. Field Crops Res. 119: 2. 238-244.

20.Hoffmann, C.M., and Kluge-Severin, S. 2011. Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. Europ. J. Agronomy. 34: 1. 1–9.
21.Hosseinpor, M. 2006. Effect of water and radiation use efficiency of winter sugar beet affected by nitrogen, irrigation and growth duration management. Ph.D. Dissertation, Tarbiat Moddares University, Tehran, Iran. 182p. (In Persian)
22. Hosseinpour, M., Mirzashahi, K., Mahmoodi S., Dezfully, N., Pishdar, S., and Gholami, A. 2013. Radiation use efficiency of autumn-sown sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under variable growth duration. World Sci. J. 10: 1. 1-8.
23.Jaggard, K.W., and Werker, A.R. 1999. An evaluation at the potential benefits and of autumn–sown sugar beet in north-west Europe. J. Agric. Sci. 132: 1. 91-102.
24.Jahadakbar, M.R., Ebrahimian, H.R., and Taleghani, D.F. 2013. Sugar beet autumn planting in warm areas of Esfahan province and Izeh Khozestan. Res. Achiev. Field Hortic. Crops. 1: 2. 189- 201. (In Persian)
25.Javaheri, M.A., Najafinezhad, H., and Azad Shahraki, F. 2006. Study of autumn sowing of sugar beet in Orzouiee area (Kerman province). Pajouhesh and Sazandegi 71: 85-93. (In Persian)
26.Javaheri, M.A., Zinaldini, A., and Najafi, H. 2004. Effect of planting date on growth indices of sugar beet in Orzoieh Region (Autumn sowing). Pajouhesh and Sazandegi 62: 58-63. (In Persian)
27.Karimi, A., and Naderi, M. 2008. Different levels of irrigation and nitrogen effects on quantitative and qualitative yield and water use efficiency of Sugar beet. Agric. Sci. Technol. 21: 1. 235-246. (In Persian)
28.Kenter, C., and Hoffmann, C. 2003. Impact of weather on yield formation of sugar beet in Germany. In: Advances in Sugar Beet Research, 5. Institute International de Recherches Betteravières. Pp: 19- 32.
29.Meyer, D.W., and Badaruddin, M. 2001. Frost tolerance of ten seedling legume species at four growth stages. Crop Sci. 41: 6. 1838-1842.
30.Milford, G.F.J. 1976. Sugar concentration in sugar beet: varietal differences and the effects of soil type and planting density on the size of the root cells. Ann. Appl. Biol. 83: 2. 251–257.
31.Mukhtara, S.A., Obeidb, A., and Abdelgaderc, H. 2014. Performance of Sugar beet Sown in Sudan under Comparatively High Temperatures (May-July). Proceedings of the Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development 17 Sep -19 Sep 2014, Czech University of Life Sciences Prague.
32.Orazizadeh, M.R. 1996. Determination of suitable sowing date for obtaining of proper plant population in three sugar beet monogerm varieties. Technical Report, Dezful Agricultural Research Center Dezful, Iran. 35p. (In Persian)

33. Pidgeon. J.D., Werker, A.R., Jaggard, K.W., Richter, G.M., Lister, D.H., and Jones, P.D. 2001. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961–1995. Agric. For. Meteorol. 58: 1. 27- 37.
34. Rinaldi, M., and Vonella, A.V. 2004. Water use efficiency in sugar beet, subjected to different sowing times and irrigation regimes in a Mediterranean environment. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep–1 Oct 2004, Brisbane, Australia.
35. Rinaldi, M., and Vonella, A.V. 2006. 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. 95: 2. 103-114.
36. Sadeghzadeh Hemayati, S., Kashani, A., Fath Elah Taleghani, D., Nourmohammadi, G., and Siadat, S. 2008. Effect of sowing date, planting density and cultivar on solar radiation interception indices in sugar beet I. Radiation interception and extinction coefficient. J. Sugar Beet. 24: 1. 23-42. (In Persian)
37. Sadrabadi Haghighi, R., Amirmoradi, S., and Mirshahi, A. 2012. Investigation of growth analysis of conventional and commercial sugar beet (*Beta vulgaris*) varieties at delayed planting date in Chenaran (Khorasan Razavi Province). Iranian J. Field Crops Res. 9: 3. 505-513. (In Persian)
38. SAS Institute, 2001. SAS System, eighth ed. SAS Inst, Cary, NC.
39. Scott, R.K., and Jaggard, K.W. 1985. Crops physiology and agronomy. In: The sugar beet crop; Science into practice, Chapman and Hall, London: (eds. DA Cooke and RK Scott). Pp: 179- 237.
40. Scott, R.K., English, S.D., Wood, D.W., and Unsworth, M.H. 1973. The yield of sugar beet in relation to weather and length of growing season. J. Agric. Sci, Cambridge. 81: 2. 339-347.
41. Sharifi, H., Sadeghian, S.Y., Hosseinpor, M. 2000. Autumn- sown sugar beet production: present and future. Sugar Beet Seed Institute. (In Persian)
42. Soleimani, A., Khajehpour, M., Noormohammadi, G., and Sadeghian, S. 2002. Evaluation some of the physiological indices of sugar beet under different planting dates and arrangements. Iranian J. Agric. Sci. 9: 1. 105-123. (In Persian)
43. Soltani, A., Robertson, M.J., Mohammad-Nejad, Y., and Rahemi-Karizaki, A. 2006. Modeling chickpea growth and development: leaf production and senescence. Field Crops Res. 99: 1. 14- 23.
44. Van Lar, H.H., Goudriaan, J., Van Keulen, H. 1997. SUCROS97: Simulation of crop growth for potential and water- limited production situations. C.T. de Wit Graduate School for production Ecology and Resource Conservation, The Netherlands, 52p.

45. Yano, T., Aydin, M., and Haraguchi, T. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. Sensors. 7: 10. 2297-2315.
46. Zan, M. 2013. Evaluation root yield of autumn- sowing sugar beet in Khorasan province using SUCROS model. M.Sc. Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. 63p. (In Persian)
47. Zare Abyaneh, H., Farrokhi, E., Bayat Varkeshi, M., and Ahmadi, M. 2012. Determining water demand and effect of its variations on some quantitative and qualitative traits of sugar beet product. J. Sugar Beet. 27: 2. 21-27. (In Persian)
48. Zuidema, P.A., Leefelaar, P.A., Gerritsma, W., Mommer, L., and Anten, N.P.R. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. Agric. Sys. 84: 2. 195-225.