واکنش صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های چغندرقند به تاریخ‌های مختلف کاشت و برداشت

Response of quantitative and qualitative characteristics of sugar beet genotypes to different sowing and harvesting dates

هدایت وحیدی[۱]، بهرام میرشکاری[۲*]، سعید صادق‌زاده حمایتی[۳]، ابادر رجبی[۴] و مهرداد یارنیا[۵]

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۲۰

ه. وحیدی، ب. میرشکاری، س. صادق زاده حمایتی، ا. رجبی و م. یارنیا. ۱۳۹۷. واکنش صفات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های چغندرقند به تاریخ‌های مختلف کاشت و برداشت. چغندرقند، ۳٤(۱): ۱- ۱۵. DOI:10.22092/jsb.2018.120304.1175

چکیده

در مناطق نیمه‌خشک مانند ایران، آب عمده‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد چغندرقند محسوب می‌شود. از جمله روش‌های کاهش مصرف آب در زراعت چغندرقند می‌توان به اصلاح رقم‌هایی با قابلیت‌انعطاف طول دوره رشد بسته به شرایط محیطی اشاره کرد. این مطالعه طی دو سال زراعی ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات چغندرقند مرحوم مطهری کرج به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی به تاریخ‌کاشت (شامل دو سطح دهه سوم فروردین و دهه اول تیر) و ترکیب فاکتوریل سه تاریخ‌برداشت (بیستم مهر، دهم و سی‌ام آبان) و شش رقم شامل هیبریدهای امیدبخش 5RR-87-HF.33*(7112*261) و 261*276.P.77.SP.19 و رقم‌های تجارتی پارس، جلگه، پایا و IR7 به‌عنوان کرت‌های فرعی درنظر گرفته شدند. پتانسیل تولید محصول ریشه و شکرخام به‌ازای هر هفته تأخیر در کاشت معادل ۳/۸-۳/۵ درصد کمتر شد. معنی‌دار شدن اثرمتقابل تاریخ‌کاشت × ژنوتیپ در سطح احتمال پنج درصد نشان داد واکنش ژنوتیپ‌های مختلف نسبت به کوتاه شدن دوره رشد متفاوت است. ژنوتیپ‌های برتر برای کشت دیرهنگام از طریق ترکیب دو مؤلفه کمترین واکنش به تأخیر در کاشت و در عین حال، بیشترین عملکرد در شرایط کشت دیرهنگام به‌ترتیب از لحاظ عملکرد شکرخام رقم‌های IR7 و پایا بودند. باوجود آن‌که اثر مستقیم تاریخ‌برداشت بر عملکرد ریشه و شکرخام و عیار قند به‌واسطه معنی‌دار شدن اثرمتقابل سال × تاریخ برداشت، معنی‌دار نشد اما در مجموع طی سال ۱۳۹٤ به‌تأخیر انداختن برداشت از بیستم مهر به دهم آبان موجب افزایش ۲۱و۳۸ درصدی عملکرد ریشه و شکرخام و هم‌چنین افزایش ۱/۷۲ واحدی عیار قند شد. بنابراین، تاریخ برداشت دهم آبان، مناسب‌ترین زمان برداشت چغندرقند در منطقه کرج محسوب می‌شود. عدم تأثیر معنی‌دار اثرمتقابل تاریخ‌کاشت × تاریخ‌برداشت بر صفات مختلف نشان داد نمی‌توان با به‌تعویق انداختن تاریخ‌برداشت، اثرات تأخیر در کاشت را جبران کرد. در مجموع، نتایج مطالعه حاضر نشان داد به‌ازای هر روز تعجیل در کاشت (حدفاصل دهه سوم فروردین و دهه اول تیر)، عملکرد ریشه، عملکرد شکرخام به‌ترتیب معادل ٤۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، و به‌ازای هر روز به‌تعویق انداختن برداشت (حدفاصل بیستم مهر تا دهم آبان)، صفات یادشده به‌ترتیب معادل ۳۷۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، شکر، عملکرد ریشه، کشت بهاره، کشت تابستانه

۱- دانشجوی دکتری زراعت،گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران *- نویسنده مسئول mirshekari@iaut.ac.ir

۳- استادیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۴- دانشیار مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۵- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

مقدمه

تنش خشکی یکی از عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان در مقیاس جهانی است. این معضل نه‌تنها برای مناطق خشک (مانند ایران) بلکه در نواحی معتدل نیز به‌عنوان یک عامل محدود کننده محسوب می‌شود (Yordanov *et al.* 2000; Ahmadi *et al.* 2017). در رابطه با تولید چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) نیز آب عمده‌ترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد است (Barbanti *et al.* 2010). در تنش خشکی علاوه بر کاهش عملکرد ریشه، از طریق افزایش نیتروژن مضره بر خصوصیات کیفی محصول تأثیر منفی می‌گذارد. البته باید در نظر داشت که مقدار پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره بسته به ژنوتیپ متغیر است (Bloch and Hoffmann 2005). به هر حال، همبستگی بین عملکرد ریشه چغندرقند با مجموع تبخیر و تعرق این فرضیه را مطرح می‌کند که عملکرد با طولانی شدن دوره رشد در نتیجه آن افزایش مقدار آب مصرفی ـ بهبود خواهد یافت (Dunham 1993).

روش‌های متعددی برای کاهش مصرف آب در زراعت چغندرقند پیشنهاد شده است. از جمله می‌توان به گزینش ژنوتیپ‌های با دوره رشد کوتاه و ژنوتیپ‌های با درصد قند بالا بدون افت عملکرد ریشه و پاسخ مثبت به عملیات زراعی (Campbell 2002) اشاره کرد. البته، بهتر است به‌جای رقم‌های زودرس، رقم‌هایی با قابلیت انعطاف طول دوره رشد بسته به شرایط محیطی اصلاح کرد (Levitt 1980).

به لحاظ زراعی، عوامل اصلی و تعیین‌کننده عملکرد و کیفیت چغندرقند، وزن ریشه ذخیره‌ای و مقدار قند ذخیره شده در ریشه است. این عوامل به‌نحو بارزی به مدیریت زراعی واکنش نشان می‌دهند (Zhang *et al.* 2017). از جمله عوامل مؤثر زراعی، استقرار اولیه بوته‌ها در سطح مزرعه (Winter 1980)، کاشت زودهنگام چغندرقند (Lee *et al.* 1986; Campbell and Enz 1991)، کاهش فاصله بین بوته‌ها و ردیف‌های کاشت (Yonts and Smith 1997) و در نهایت، افزایش تراکم بوته (Winter 1989) است.

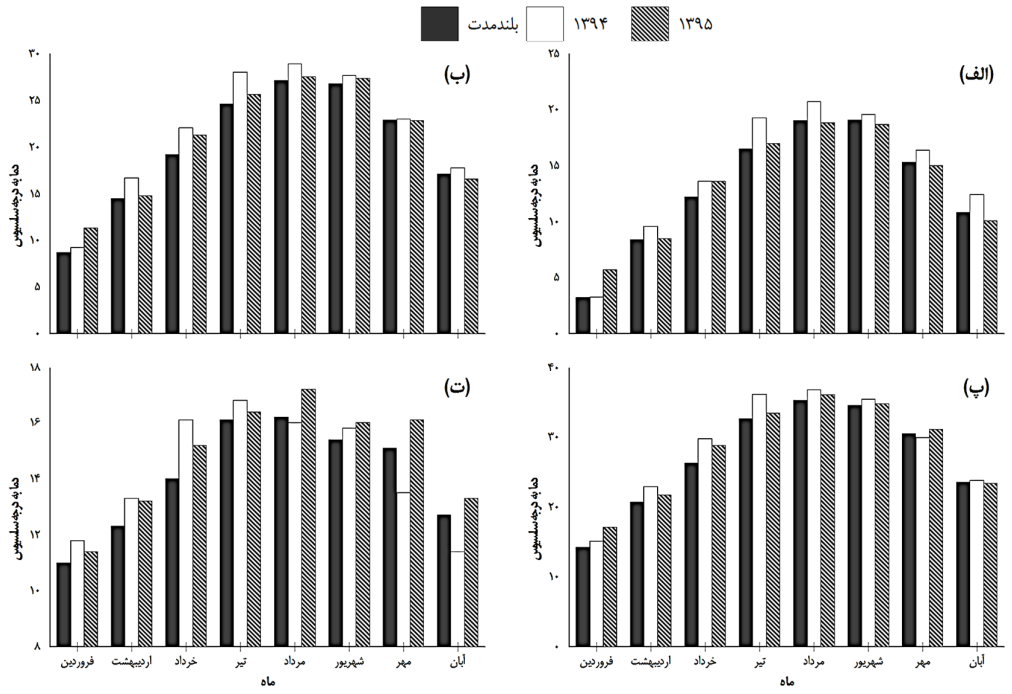
تاریخ کاشت را می‌توان یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد و کیفیت چغندرقند دانست (Feller and Fink 2004; Jalilian and Najafi 2017) و بنابراین، یکی از اثرات بارز تأخیر در کاشت، کاهش عملکرد چغندرقند در شرایط مختلف محیطی است (Durrant *et al.* 1993; Freckleton *et al.* 1999). چغندرقند به‌عنوان یک گیاه یکساله بهاره از فصل بهار تا اواسط پاییز به‌مدت ۱۸۰ تا ۲۰۰ روز رشد می‌کند و طولانی شدن دوره رشد به‌واسطه افزایش دریافت تشعشع موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود (Jaggard and Werker 1999, Hoffmann and Kluge Severin 2010). علاوه بر تعجیل در کاشت، تأخیر در برداشت نیز می‌تواند موجب افزایش عملکرد شود. تأخیر در زمان برداشت به مدت ۳۰ روز اثر مشابه با تعجیل در زمان کاشت به‌مدت ۱۸ روز داشت (Lauer 1997). در یک مطالعه تأخیر در برداشت طی سال‌های ۱۹۶۳ تا ۱۹۶۷ نیز نشان داد که میانگین افزایش عملکرد روزانه ریشه طی مهر و آبان به‌ترتیب حدود ۳۰ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار در روز گردید (Doney *et al.* 1981). در مطالعه دیگر، به‌تأخیر انداختن زمان برداشت، ضمن بهبود کیفیت محصول تأثیر اندکی روی عملکرد گذاشت و میزان افت عیار قند و کیفیت تکنولوژیکی محصول پس از برداشت در کاشت زودتر و برداشت دیرتر به حداقل رسید (Malec 1992). در آزمایشی دیگر در استان خراسان رضوی اختلاف معنی‌داری بین کشت زودهنگام و کشت پاییزه وجود نداشت (Ahmadi *et al.* 2017). ولی محققین دیگر ضمن گزارش تأثیر تاریخ کاشت و برداشت بر

عملکرد شکرسفید اعلام کردند که تاریخ کاشت مؤثرتر از تاریخ برداشت می باشد. به نحوی که کاهش طول دوره رشد به مدت دو ماه موجب کاهش عملکرد شکر سفید به میزان ۷۲/۵ درصد و افزایش دوره رشد به همین میزان تنها موجب افزایش عملکرد سفید به مقدار ۵۵ درصد شد. بررسی اثر تاریخ های کاشت و برداشت نشان داد که بیشترین عملکرد ریشه (۵۲/۵۳ تن درهکتار) از کاشت زودهنگام (۱۶ فروردین) و برداشت دیرهنگام (۲۱ آبان) و بیشترین عیار قند (۱۷/۴درصد) از کشت دیرهنگام (۱۳ اردیبهشت) و برداشت دیرهنگام (۲۱ آبان) حاصل شد (Özturk *et al.* 2008). در ترکیه، افزایش حاصل از تأخیر در برداشت (از ۲۴ شهریور به ۲۳ مهر) برای وزن ریشه از ۴۴۰ به ۶۷۵ گرم، درصد قند از ۱۶/۰۹ به ۱۸/۰۲ درصد و خلوص شربت از ۸۶/۷۶ به ۸۸/۳۹ درصد تغییر گزارش شده است(Cakmakci and Tingir 2001). گرچه تأخیر در برداشت می‌تواند موجب افزایش عملکرد ریشه و قند قابل‌استحصال شود (Lauer 1995)، اما اهمیت زمان اندوخته شده برای گیاه در اثر کشت زودهنگام در بهار، بیشتر از زمان افزوده شده به طول دوره رشد درنتیجه‌ی برداشت دیرهنگام است (Lauer 1997). به‌هرحال، دست‌یابی به عملکرد پتانسیل محصول مستلزم کشت در اولین فرصت ممکن و برداشت دیرهنگام محصول است(Cakmakci and Oral 2002).

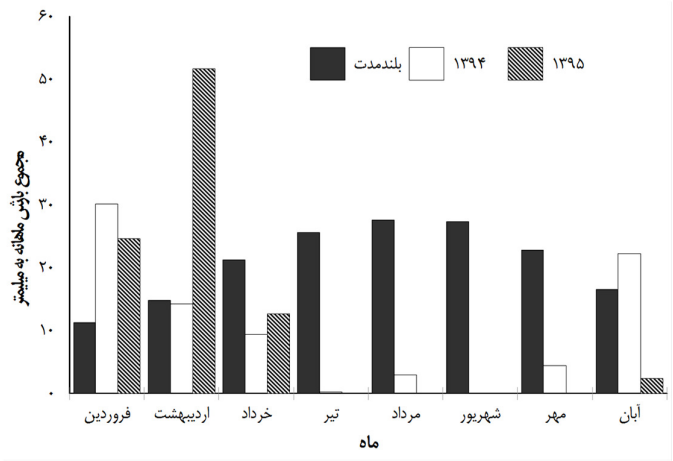
با فرض اینکه، کشت تابستانه چغندرقند از طریق کاهش طول دوره لازم برای آبیاری موجب کاهش مصرف آب گردد، موضوع کاهش عملکرد و کیفیت، نقطه بحرانی برای تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از این راه‌کار برای کاهش مصرف آب محسوب می‌شود. هدف این مطالعه بررسی واکنش صفات کمی و کیفی چغندرقند به تاریخ‌های مختلف کاشت و برداشت در منطقه کرج بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه طی سال‌های زراعی ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات چغندرقند مرحوم مطهری (کمال‌شهر کرج) با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۲۴۴ متر از سطح دریاهای آزاد اجرا شد. این منطقه با داشتن ۱۸۰–۱۵۰ روز خشک، جزو مناطقی با زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک محسوب می‌شود. میانگین سالانه حداقل، حداکثر و متوسط دمای منطقه کرج به‌ترتیب معادل ۳/۵، ۱۹/۳ و ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد است. متوسط بارش منطقه کرج معادل ۲۵۲ میلی‌متر است که خرداد، تیر، مرداد و شهریور کمترین مقدار بارش ماهانه، اسفند و فروردین بیشترین بارش را در بین ماه‌های مختلف سال دارند. از نقطه نظر نحوه توزیع فصلی بارش نیز، فصل‌های زمستان (۴۳)، پاییز (۳۰)، بهار (۲۴) و تابستان (۲) درصد به ترتیب بیشترین سهم از مجموع بارش سالانه را به خود اختصاص می‌دهند. شرایط دمایی، بارش و تعداد ساعات آفتابی ماهیانه سال‌های اجرای آزمایش (۹۵–۱۳۹۴) همراه با میانگین بلندمدت منطقه (۲۰۱۰–۱۹۸۵) در شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است.



شکل ۱ مقایسه تغییرات (الف) حداقل، (ب) متوسط، (پ) حداکثر دمای ماهیانه و (ت) اختلاف دمای شبانه‌روز فصل رشد در سال‌های اجرای آزمایش با میانگین بلندمدت (۲۰۱۰–۱۹۸۵) منطقه کرج



شکل ۲ مقایسه میزان بارش ماهانه در سال‌های اجرای آزمایش با میانگین بلندمدت (۲۰۱۰–۱۹۸۵) منطقه کرج

آزمایش به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی به تاریخ کاشت (شامل دو سطح دهه سوم فروردین و دهه اول تیر) و ترکیب فاکتوریل سه تاریخ برداشت (بیستم مهر، دهم و سی‌ام آبان) و شش رقم شامل هیبریدهای امیدبخش (7112*261)*5RR-87-HF.33 و 261*276.P.77.SP.19، پارس، جلگه، رقم شاهد متحمل به خشکی داخلی (پایا) و رقم خارجی (IR7) به‌عنوان کرت‌های فرعی درنظر گرفته شدند. هر کرت آزمایشی شامل سه خط کاشت به طول هشت متر و فاصله بین دو خط کاشت ۵۰ سانتی‌متر بود. بین کرت‌های فرعی مجاور یک خط نکاشت و بین کرت‌های اصلی چهار خط نکاشت در نظر گرفته شد.

کلیه عملیات زراعی شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، آبیاری، کنترل علف‌های هرز، تنک و وجین بر اساس روش‌های متعارف در منطقه به‌طور یکنواخت برای تیمارهای آزمایشی اعمال شد.

در زمان برداشت، در ردیف‌های کاشت ریشه‌های ردیف وسط پس از حذف نیم متر حاشیه بالا و پایین در سطح ۳/۵ مترمربع برداشت و پس از سرزنی و شستشو جهت برآورد عملکرد ریشه (RY) توزین و یادداشت‌برداری صورت گرفت. خمیر ریشه توسط دستگاه Venema در آزمایشگاه تکنولوژی چغندرقند ایستگاه مهندس مطهری تهیه و جهت آنالیز کیفی به‌وسیله دستگاه بتالایزر مدل D3016 به آزمایشگاه مرجع ستاد مؤسسه تحقیقات چغندرقند ارسال شد. اندازه‌گیری عملکرد شکر و شکرخام از رابطه (۱) محاسبه شد:

رابطه (۱) $SY=(RY\times SC)/100$

در این رابطه SY، عملکرد شکرخام (تن در هکتار)؛ RY، عملکرد ریشه (تن در هکتار) و SC عیار قند می‌باشد. داده‌های آزمایشی پس از تست یکنواختی واریانس (آزمون بارتلت) با فرض تصادفی بودن تأثیر سال با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد آنالیز آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزار QPRO ترسیم شد.

نتایج و بحث

عملکرد ریشه

عامل سال در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد ریشه تأثیر گذاشت (جدول ۱). عملکرد ریشه در سال ۱۳۹۴ (۶۷/۵۶ تن در هکتار) حدود ۲۰ درصد بیشتر از سال ۱۳۹۵ (۵۳/۸۵ تن در هکتار) شد (جدول ۲). با توجه به اهمیت اثر مکان و سال در تعیین عملکرد پتانسیل چغندرقند و اثر عوامل زراعی بر آن (Özturk *et al.* 2008) و مصرف آب نسبتاً مساوی طی دو سال (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) اجرای آزمایش به‌ترتیب ۱۱۲۶۵ و ۱۱۰۱۷ مترمکعب در هکتار، عملکرد بیشتر ریشه در سال ۱۳۹۴ را می‌توان ناشی از مناسب بودن شرایط آب و هوایی طی دوره رشد گیاه در این سال دانست (شکل ۱ و ۲). در بررسی‌های بلندمدت تأثیر مؤلفه‌های هواشناسی روی عملکرد چغندرقند نیز بخش عمده‌ای از نوسانات عملکرد، ناشی از تغییرات دمای مرداد و بارندگی طی ماه تیر (Freckleton et al. 1999; Qi *et al.* 2004)؛ دریافت تشعشع توسط گیاه در اوایل تابستان (Scott *et al.* 1973; Scott and Jaggard 2000; Qi *et al.* 2004) و تحت تأثیر قرار گرفتن آن از زمان ظهور ریشه و سرعت رشد پوشش گیاهی در فصل بهار گزارش شده است (Scott and Jaggard 1993).

با وجود آن‌که، عملکرد ریشه در کشت بهاره (۷۵/۰۴ تن در هکتار) معادل ۳۸ درصد بیش از کشت تابستانه (۴۶/۳۸ تن در هکتار) بود (جدول ۲)، اما به‌واسطه معنی‌دار شدن اثر متقابل سال × تاریخ‌کاشت در سطح احتمال یک درصد، اثر مستقیم تاریخ‌کاشت بر عملکرد ریشه معنی‌دار نشد(جدول ۱). مطالعات پیشین نشان داده است که افزایش عملکرد ناشی از کاشت زودهنگام در سال‌هایی با شرایط اقلیمی مناسب محسوس‌تر است (Dillon and Schmehl 1971) با فرض نه‌چندان متقن خطی بودن واکنش عملکرد ریشه نسبت به طول دوره‌رشد (Durrant *et al.* 1993; Jaggard *et al.* 1995; Freckleton *et al.* 1999)، مقایسه کشت بهاره (دهه سوم فروردین) و تابستانه (دهه اول تیر) نشان داد که به‌ازای هر روز به‌تعویق انداختن تاریخ‌کاشت در منطقه کرج، عملکرد ریشه معادل ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت که بیش از ۲۰۰ کیلوگرم ریشه در هکتار به‌ازای هر روز تأخیر در هلند (Smit 1993) و ۱۶۲-۱۳۴ کیلوگرم در هکتار در ترکیه (Cakmakci and Oral 2002) است، که با مطالعه پیشین در این منطقه کاملاً انطباق دارد (Sadeghzade Hemayati 2006).

جدول ۱ خلاصه تجزیه‌واریانس مرکب اثر تاریخ‌کاشت و تاریخ‌برداشت بر خصوصیات کمی و کیفی چغندرقند در منطقه کرج طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۴

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ریشه	شکر خام	عیار قند
سال	۱	۱۳۵۳۹/۷۲**	۲۳۷/۱۸۴**	۱/۱۰۶^{ns}
تکرار(سال)	۶	۱۱۰/۵۵۸	۲/۲۶۸	۲/۵۰۹
تاریخ کاشت	۱	۵۹۱۲۷/۸۷^{ns}	۹۳۲/۹۷۶^{ns}	۲۲/۳۰۶^{ns}
سال*تاریخ کاشت	۱	۴۹۳۱/۲۳۸^{ns}	۱۱۳/۹۳۰**	۷/۶۲۱^{ns}
خطا(a)	۶	۴۵/۰۲۲	۱/۶۵۹	۴/۸۷۰
رقم	۵	۸۱۴/۳۸^{ns}	۲۶/۲۲۶**	۵۰/۲۸۰^{ns}
سال*رقم	۵	۱۷۵/۹۴۸^{ns}	۳/۴۶۷^{ns}	۲/۳۴۰^{ns}
تاریخ کاشت*رقم	۵	۳۱۸/۸۸۲*	۸/۰۰۳*	۷/۶۴۳^{ns}
سال*تاریخ کاشت*رقم	۵	۵۷/۹۷۸^{ns}	۰/۹۸۰^{ns}	۱/۸۹۹*
تاریخ برداشت	۲	۱۵۰۰/۸۷۵^{ns}	۱۳۳/۸۳۲^{ns}	۱۱۸/۹۶۶^{ns}
سال*تاریخ برداشت	۲	۷۴۵/۶۶۵**	۱۹/۶۸۰**	۱۰/۸۵۰**
تاریخ کاشت*برداشت	۲	۷۲/۹۷۶^{ns}	۲/۱۳۶^{ns}	۵/۱۷۸^{ns}
سال*تاریخ کاشت*برداشت	۲	۵۴۹/۰۷۲**	۹/۲۱۱**	۱/۴۶۳^{ns}
رقم*تاریخ برداشت	۱۰	۱۰۸/۹۹^{ns}	۱/۶۰۴^{ns}	۰/۸۹۰^{ns}
سال*رقم*تاریخ برداشت	۱۰	۴۶/۱۴۷^{ns}	۱/۳۱۸^{ns}	۰/۶۴۹^{ns}
تاریخ کاشت*رقم*تاریخ برداشت	۱۰	۷۸/۸۹^{ns}	۱/۸۷۱^{ns}	۰/۷۴۷^{ns}
سال*تاریخ کاشت*رقم*تاریخ برداشت	۱۰	۶۹/۳۶^{ns}	۱/۱۳۵^{ns}	۰/۵۱۹^{ns}
خطا(b)	۲۰۴	۱۰۳/۹۴	۲/۳۷۳	۱/۰۹۶
ضریب تغییرات	-	۱۶/۷۹	۱۸/۵۲	۷/۶۱

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲ مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی چغندرقند در سطوح موردمطالعه تاریخ‌کاشت و برداشت بر ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند در منطقه کرج طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۴

تیمار	سطوح مورد مطالعه	عملکرد ریشه (تن/هکتار)	شکر خام (تن/هکتار)	عیار قند
سال	۱۳۹۴	۶۷/۵۶ a	۹/۲۳ a	۱۳/۶۹ a
	۱۳۹۵	۵۳/۸۵ b	۷/۴۱ b	۱۳/۸۲ a
تاریخ کاشت	به هنگام (آخر فروردین)	۷۵/۰۴ a	۱۰/۱۲ a	۱۳/۴۷ a
	دیر هنگام(اول تیر)	۴۶/۳۸ a	۶/۵۲ a	۱۴/۰۳ a
رقم	(7112*261)*5RR-87-HF.33	۵۹/۷۹ a	۸/۱۷ bc	۱۳/۷۲ b
	261*276.P.77.SP.19	۵۴/۰۳ a	۷/۴۱ c	۱۳/۷۷ b
	پارس	۶۴/۸۴ a	۸/۵۳ b	۱۳/۳۲ bc
	پایا	۶۵/۳۰ a	۸/۳۰ bc	۱۲/۷۰ c
	جلگه	۵۹/۶۰ a	۷/۹۱ bc	۱۳/۳۱ bc
	IR7	۶۰/۶۸ a	۹/۶۱ a	۱۵/۶۹ a
تاریخ برداشت	۲۰مهر	۵۶/۱۹ a	۶/۹۶ a	۱۲/۴۸ a
	۱۰آبان	۶۳/۵۳ a	۸/۹۸ a	۱۴/۲۶ a
	۳۰آبان	۶۲/۴۱ a	۹/۰۲ a	۱۴/۵۲ a

در هر ستون اعدای که حداقل دارای یک ضریب مشترک باشند در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

میزان کاهش عملکرد ریشه در این مطالعه (۳/۸ درصد کاهش عملکرد به‌ازای هر هفته تأخیر در کاشت)، با مقادیر گزارش شده که حدود ۹-۶ درصد است (Cakmakci and Oral 2002) مطابقت دارد. صرف‌نظر از نوع رابطه ریاضی،

طول دوره رشد همواره به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل توصیف‌کننده تغییرات عملکرد چغندرقند محسوب می‌شود (Durrant *et al.* 1993; Jaggard *et al.* 1995; Freckleton *et al.* 1999).

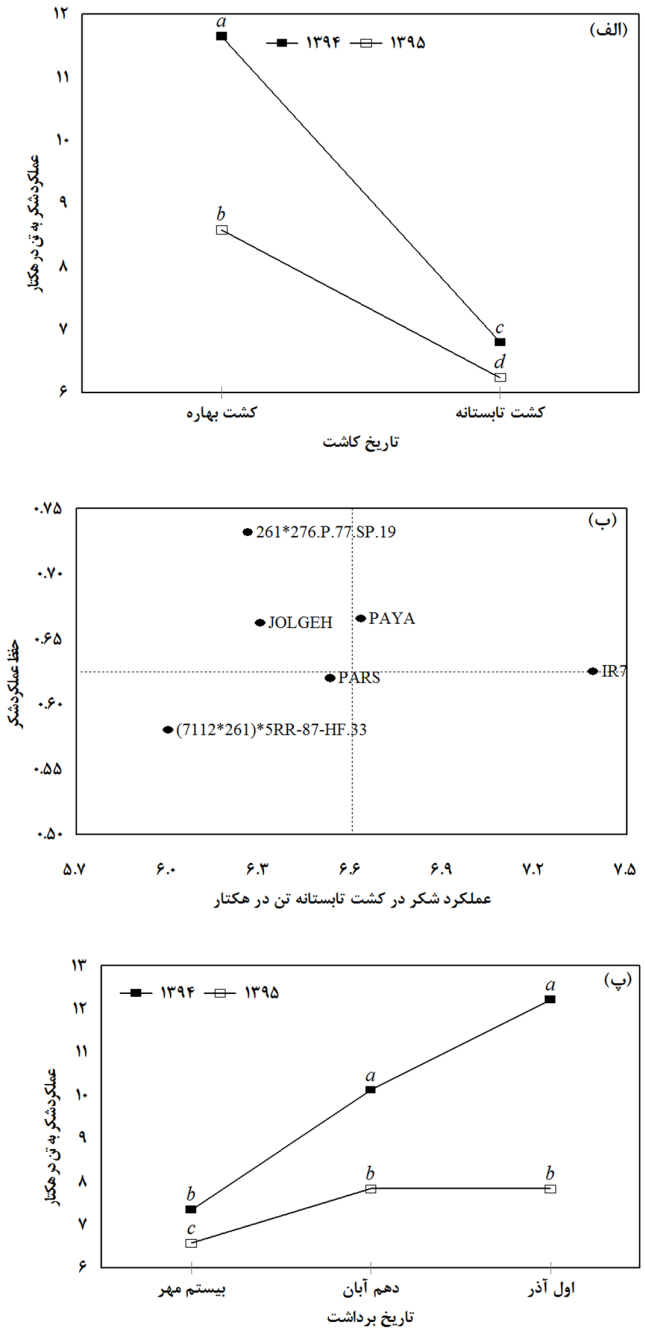
عملکرد ریشه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه (۶۵/۳۰–۵۴/۰۳ تن در هکتار) تفاوت معنی‌دار آماری نشان نداد (جدول‌های ۱ و ۲). مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای کشت دیرهنگام از طریق ترکیب دو مؤلفه کمترین واکنش به تأخیر در کاشت و در عین حال، بیشترین عملکرد در شرایط کشت دیرهنگام به‌ترتیب به رقم‌های پایا، IR7 و پارس تعلق داشت (شکل ۳ب).

تأثیر تاریخ‌برداشت بر عملکرد ریشه معنی‌دار نشد (جدول ۱). به‌تأخیر افتادن تاریخ برداشت از بیستم مهر به دهم آبان در سال ۱۳۹۴ موجب افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه از ۶۰/۰۹ به ۷۲/۹۶ تن در هکتار شد و ادامه دوره رشد به‌مدت بیست روز دیگر، تأثیر معنی‌داری بر آن نگذاشت و این در حالی بود که در سال ۱۳۹۵، تأخیر در برداشت تأثیر معنی‌داری روی عملکرد ریشه نگذاشت (شکل ۳پ). در مجموع دو سال، تاریخ برداشت دهم آبان با تولید عملکردی معادل ۶۳/۵۳ تن در هکتار از شرایط بهتری برخوردار بود (جدول ۲). اثر متقابل تاریخ کاشت × تاریخ برداشت بر عملکرد ریشه معنی‌دار نشد (جدول ۱) و نشان داد نمی‌توان با به‌تعویق انداختن تاریخ‌برداشت، اثرات تأخیر در کاشت را جبران کرد. با وجود آن‌که گزارش‌های متعددی مبین افزایش عملکرد ریشه چغندرقند همراه با افزایش طول دوره رشد (به‌واسطه کشت زودهنگام یا برداشت دیرهنگام) است (Scott and Jaggard 1978; Minx and Rikanov 1987; Olesen *et al.* 1990; Malec 1992; Durrant *et al.* 1993; Freckleton *et al.* 1999; Roshdi and Rezadoost 2001; Sögüt and Aroglu 2004; Feller and Fink 2004; Özturk *et al.* 2008; Habibi *et al.* 2004; Ashraf Mansouri 2000).

عیار قند

از نظر میزان قند ریشه چغندرقند در بین دو سال اجرای آزمایش اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). مشابه یافته‌های این تحقیق، کروساوا و همکاران (Kurosowa et al. 1987) نیز نشان داده‌اند که ضریب تغییرات سالانه عیارقند معنی‌دار نیست. اثر تاریخ‌کاشت بر عیار قند معنی‌دار نشد (جدول ۱). البته با وجود گزارش در خصوص عدم تأثیر تاریخ کاشت بر عیار قند (Fortune 2002)؛ گزارش‌های متعدد مؤید افزایش عیار قند در واکنش نسبت به تأخیر در عملیات کاشت است (Qasim and Al-Rawi 1971; Malec 1992; Özturk *et al.* 2008).

اثر ژنوتیپ بر عیار قند در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نشد (جدول ۱). بیشترین (۱۵/۶۹ درصد) و کمترین (۱۲/۷۰ درصد) عیار قند به‌ترتیب به رقم‌های IR7 و پایا تعلق داشت و سایر ژنوتیپ‌ها در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند (جدول ۲). هم‌چنان‌که در جدول ۳ دیده می‌شود، به‌استثنای دو رقم پارس و IR7 که در سال ۱۳۹۵ عیار قند بیشتری نسبت به سال ۱۳۹۴ داشتند، بقیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه فاقد اختلاف معنی‌داری بین دو سال اجرای آزمایش بودند. اختلاف اثر رقم‌ها در مکان‌ها و زمان‌های مختلف از نظر درصد قند گزارش شده است (Carboni *et al.* 2000).



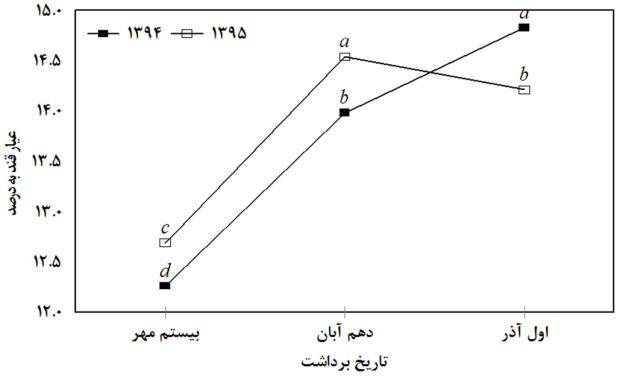
شکل ۳ (الف) اثرمتقابل سال × تاریخ‌کاشت و (ب) توزیع دوبعدی ژنوتیپ‌های موردمطالعه از لحاظ حفظ عملکرد و عملکرد در کشت تابستانه همراه‌با (پ) اثرمتقابل سال × تاریخ‌برداشت بر عملکرد ریشه در منطقه کرج

گرچه، به‌تعویق انداختن تاریخ برداشت از بیستم مهر به دهم آبان موجب شد تا عیار قند معادل ۱/۷۸ واحد افزایش یابد (جدول ۲) اما، اثر تاریخ برداشت بر عیار قند به‌واسطه معنی‌دار شدن اثرمتقابل سال × تاریخ‌برداشت در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار نشد (جدول ۱). کاکماکی و تینجیر (Cakmakci and Tingir 2001) نیز اذعان داشتند به‌ازای

هر روز تأخیر در برداشت، عیار قند معادل ۰/۰۷ واحد افزایش می‌یابد. در سال ۱۳۹۴، به‌تعویق انداختن تاریخ برداشت به‌مدت بیست و چهل روز نسبت به بیستم مهر به‌ترتیب موجب شد تا عیار قند ۱/۷۲ و ۰/۸۵ واحد افزایش نشان دهد و این در حالی بود که در سال ۱۳۹۵، تنها بیست روز تأخیر در برداشت موجب افزایش عیار قند به‌میزان ۱/۸۵ واحد شد و تأخیر بیشتر در برداشت حتی موجب کاهش معنی‌دار عیار قند شد (شکل ۴).

جدول ۳ اثرمتقابل سال × ژنوتیپ بر عیار قند چغندرقند در منطقه کرج طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۴

رقم	۱۳۹۴	۱۳۹۵
(7112*261)*5RR-87-HF.33	۱۳/۷۹c	۱۳/۶۶c
261*276.P.77.SP.19	۱۴/۰۱c	۱۳/۵۳cd
پارس	۱۳/۰۲e	۱۳/۶۳c
پایا	۱۲/۷۹e	۱۲/۶۱e
جلگه	۱۳/۰۹de	۱۳/۵۴cd
IR7	۱۵/۴۶b	۱۵/۹۲a



شکل ٤ اثرمتقابل سال × تاریخ‌برداشت بر عیار قند چغندرقند در منطقه کرج

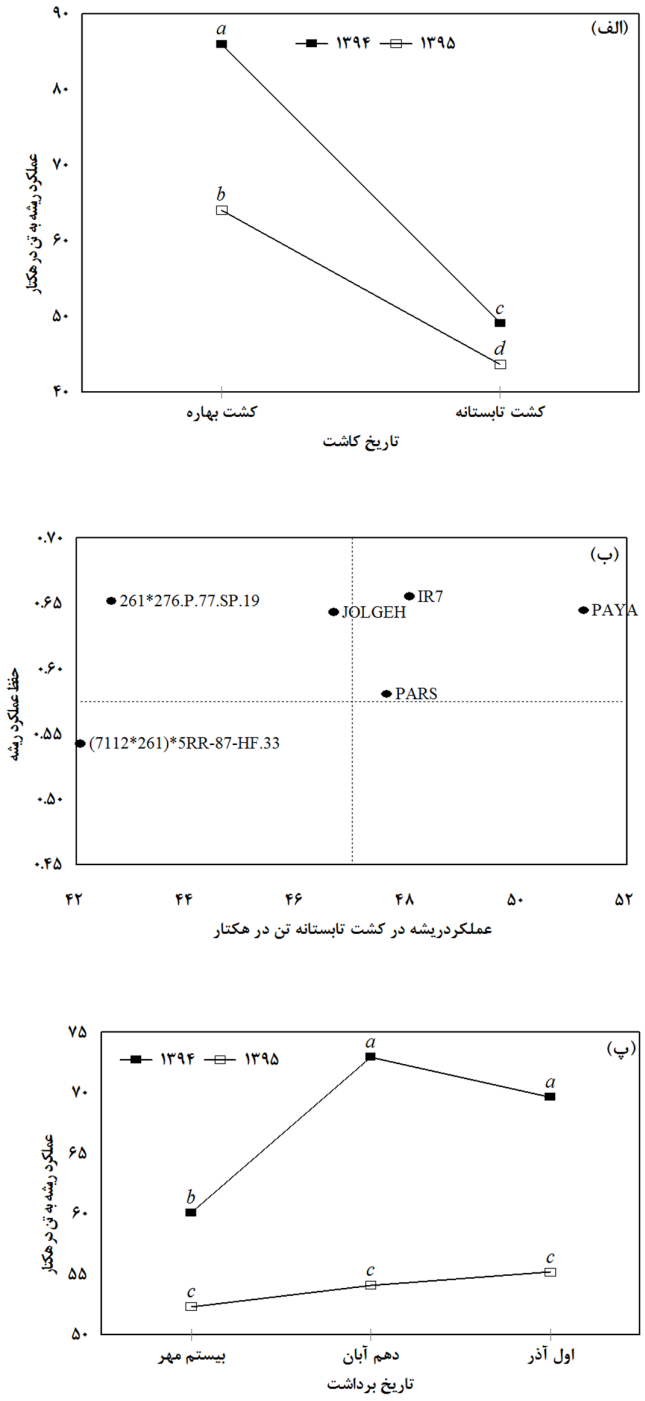
عملکرد شکر خام

اثر سال روی عملکرد شکر خام در سطح احتمال یک درصد (جدول ۱) معنی‌دار شد. عملکرد شکر خام در سال ۱۳۹۴ (۹/۲۳ تن در هکتار) حدود ۱۹/۷ درصد بیشتر از سال ۱۳۹۵ (۷/۴۱ تن در هکتار) بود (جدول ۲). افزایش ۲۰/۳ درصدی عملکرد ریشه در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۹۵، موجب بروز چنین تفاوتی در عملکرد شکر خام شد. از سوی دیگر، با توجه به اهمیت مجموع تشعشع دریافتی و دمای محیط طی مراحل مختلف رشد روی عملکرد قند در چغندرقند (Schiphouwer 1991; Sögüt and Aroglu 2004)، بخشی از این اختلاف احتمالاً به شرایط مناسب اقلیمی در سال ۱۳۹۴ مربوط می‌شود. در سال ۱۳۹۴، میانگین دمای ماهانه در سه‌ماهه فصل بهار (فروردین، اردیبهشت و خرداد) به‌ترتیب معادل ۱/۹، ۰/۸ و ۲/۴ درجه سانتی‌گراد (به‌طور متوسط ۱/۶۹ درجه سانتی‌گراد) نسبت به سال ۱۳۹۵ بیشتر بود (شکل ۱). ازآن‌جایی‌که، کاهش هر درجه سانتی‌گراد دما در این دوره موجب کاهش عملکرد شکر تا ۱۰ درصد می‌شود (Scott and Allen 1978)، می‌توان چنین استنباط کرد که ۱۶/۹ درصد از

کاهش عملکرد شکر خام در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۹۴ ناشی از تفاوت شرایط آب‌وهوایی بین دو سال اجرای آزمایش بوده است.

با وجود کاهش عملکرد شکر خام به‌میزان ۳۵/۶ درصد طی کشت تابستانه نسبت به کشت بهاره (۵۰ کیلوگرم شکر خام در هکتار به‌ازای هر روز تأخیر در زمان‌کاشت) (جدول ۲) که بیش از کاهش سه گرم در مترمربع به‌ازای هر روز تأخیر در کاشت در هلند بود (Smith 1993)، اثر مستقیم تاریخ کاشت بر عملکرد شکر خام معنی‌دار نشد (جدول ۱). این درحالی بود که اثرمتقابل سال × تاریخ‌کاشت در سطح احتمال یک درصد عملکرد شکر خام را متأثر کرد (جدول ۱). دلیل معنی‌دار شدن اثر متقابل سال×تاریخ کاشت، تفاوت در شدت واکنش عملکرد شکر خام نسبت به تغییرات تاریخ‌کاشت طی دو سال اجرای آزمایش بود (شکل ۵الف). میزان کاهش عملکرد شکر خام در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب معادل ۴۱/۶ و ۲۷/۳ درصد (۶۷/۴ و ۳۲/۵ کیلوگرم به‌ازای هر روز تأخیر در کاشت) بود (شکل ۵الف). در ایرلند نیز یک ماه تأخیر در زمان‌کاشت چغندرقند (نیمه‌دوم اسفند درمقایسه با نیمه‌دوم فروردین) موجب شد تا عملکرد شکر تا حدود ۱/۱ تن در هکتار کاهش یابد (Fortune 2002) که با مقدار به‌دست آمده در این آزمایش (۳/۶ تن در هکتار کاهش به‌واسطه ۷۲ روز تأخیر) مطابقت دارد (جدول ۲). اما یافته‌های مطالعه مشابه در ترکیه (Cakmakci and Oral 2002) نشان داده است که به‌ازای هر هفته تأخیر در زمان‌کاشت، عملکرد شکر حدود ۹/۷-۸/۳ درصد کاهش می‌یابد. در تحقیق حاضر، این مقدار معادل ۳/۵ درصد به‌ازای هر هفته تأخیر در زمان‌کاشت بود. احتمال می‌رود دلیل اختلاف در میزان کاهش عملکرد شکر، در نتیجه تأخیر در زمان‌کاشت در مطالعات مختلف به زمانی از فصل‌رشد بستگی دارد که گیاه از دست داده است. به‌عنوان مثال، مقدار کاهش عملکرد شکر در ماه‌های آوریل و می به‌ترتیب معادل ۴ و ۱۵ گرم شکر در هر مترمربع به‌ازای هر روز تأخیر در زمان‌کاشت برآورد شده است (Smith 1993). در مجموع، کاهش عملکرد شکر به‌واسطه کشت دیرهنگام چغندرقند توسط بسیاری از پژوهشگران (Smith 1993; Ashraf Mansouri 2000; Lauer 1997) اثبات شده است.

اثر ژنوتیپ بر عملکرد شکر خام در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین (۹/۶۱ تن در هکتار) و کمترین (۷/۴۱ تن در هکتار) عملکرد شکرخام به‌ترتیب به رقم IR7 و ژنوتیپ 261*276.P.77.SP.19 اختصاص داشت و بقیه ارقام مورد مطالعه در گروه آماری مشابه قرار گرفتند (جدول ۲). اثر متقابل تاریخ‌کاشت×ژنوتیپ بر عملکرد شکرخام تأثیر معنی‌دار گذاشت (جدول ۱). هم‌چنان‌که در شکل ۵ب دیده می‌شود، بیشترین توانایی در حفظ عملکرد شکر خام در شرایط کشت تابستانه به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های 261*276.P.77.SP.19، پایا و جلگه (با توانایی حفظ عملکرد تا بیش از ۶۵ درصد شرایط کشت بهاره) و بیشترین عملکرد شکر خام در شرایط کشت تابستانه به‌ترتیب به IR7، پایا و پارس (بیش از ۶/۵ تن در هکتار) تعلق داشت. ترکیب این دو مؤلفه، مناسب‌ترین رقم‌ها جهت کشت تابستانه IR7 و پایا را به‌دست می‌دهد. دامنه تغییرات عملکرد شکر خام ژنوتیپ‌های مختلف در کشت بهاره و تابستانه به‌ترتیب معادل ۳/۲۷ و ۱/۳۹ تن در هکتار بود. این موضوع پیش‌تر نشان داده شده بود که در کشت دیرهنگام از دامنه اختلافات موجود بین ژنوتیپ‌های مختلف کاسته می‌شود (Lauer 1997) و بنابراین، منطقی است که از ژنوتیپ‌های دیررس برای کشت زودهنگام و از ژنوتیپ‌های زودرس جهت کشت دیرهنگام یا برداشت زودهنگام استفاده شود.



شکل ۵ (الف) اثرمتقابل سال × تاریخ‌کاشت و (ب) توزیع دوبعدی ژنوتیپ‌های موردمطالعه از لحاظ حفظ عملکرد و عملکرد شکر در کشت تابستانه همراه‌با (پ) اثرمتقابل سال × تاریخ‌برداشت بر عملکرد شکرخام در منطقه کرج

نتایج مؤید افزایش عملکرد شکرخام از ۶/۹۶ تن در هکتار طی برداشت بیستم مهر تا ۸/۹۸ و ۹/۰۲ تن در هکتار با برداشت دهم و سی‌ام آبان بود (جدول ۲). به‌عبارت دیگر با به‌تعویق انداختن برداشت به‌مدت بیست و چهل روز به‌ترتیب

۲۹ و ۳۰ درصد بر عملکرد شکر خام افزوده شد. این نتایج نشان می‌دهد که تاریخ برداشت دهم آبان، مناسب‌ترین زمان برداشت چغندرقند در منطقه کرج محسوب می‌شود. در سال ۱۳۹۴، به‌تعویق افتادن تاریخ‌برداشت از بیستم مهر به دهم و سی‌ام آبان موجب شد تا عملکرد شکرخام به‌ترتیب ۳۸ و ۶۶ درصد بیشتر شود که البته تفاوت معنی‌داری بین تاریخ‌برداشت‌های آبان وجود نداشت و این درحالی بود که در سال ۱۳۹۵، افزایش عملکرد شکرخام به‌واسطه تأخیر در برداشت تنها معادل ۱۹ درصد برآورد شد (شکل ۵پ).

نتیجه‌گیری:

نتایج این تحقیق نشان داد که نمی‌توان با به‌تعویق انداختن تاریخ‌برداشت، اثرات تأخیر در کاشت را جبران کرد. از طرفی پتانسیل تولید محصول ریشه و شکر خام به‌ازای هر هفته تأخیر در کاشت معادل ۳/۸–۳/۵ درصد کمتر شد. از این رو ژنوتیپ‌های برتر برای کشت دیرهنگام از لحاظ عملکرد ریشه، رقم‌های پایا، IR7 و پارس، و از نظر عملکرد شکر خام، رقم‌های IR7 و پایا بودند. در مجموع طی سال ۱۳۹۴ به‌تأخیر انداختن برداشت از بیستم مهر به دهم آبان موجب افزایش ۲۱ و ۳۸ درصدی به ترتیب عملکرد ریشه و شکر خام و همچنین افزایش ۱/۸۳ واحدی عیار قند شد. بنابراین، تاریخ برداشت دهم آبان، مناسب‌ترین زمان برداشت چغندرقند در منطقه کرج محسوب می‌شود.

منابع مورد استفاده:

References:

Ahmadi M, Taleghani D, Shahbazi HA. Study on possibility of autumn sowing sugar beet cultivation in south Khorasan razavi province. Journal of Sugar Beet, 2017;33(1): 33-46.(in Persian, abstract in English)

Ashraf Mansouri Gh. Effect of sowing date and plant population on two sugar beet cultivars root yield and sugar content in Darab region. Final research report, Agricultural and Natural Resource Research Center of Fars.2000. (in Persian)

Barbanti J, Bettini G, Ciufreda G, Fabbri A, Gabellini E. Enhancing irrigation water use efficiency to reinforce sugar beet competitiveness in northern Italy.2010. In IIRB 72 Congress, Copenhagen.

Beckett JL. Variety × environment interactions in sugar beet variety trials. J. Agric. Sci., UK. 1982;98(2):425-435.

Bloch D, Hoffmann C. Seasonal development of genotypic differences in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and their interaction with water supply. Journal of Agronomy and Crop Science 2005;191: 263-272.

Cakmakci R, Oral E. Root yield and quality of sugar beet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. Turk. J. Agric. Forest, 2002;26:133-139.

Çakmakçi R, Tingir N. "Vejetasyon periyodu uzunluğunun şeker pancarı gelişim verim ve kalitesi üzerine etkisi", Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, cilt.32, ss.41-49, 2001

Campbell LG. Sugar beet quality improvement. Journal of Crop Production.2002; 5(1/2):395-413.

Campbell LG, Kern JJ. Relationships among components of yield and quality of sugar beets. J. Am. Soc. Sugar Beet Technol.1983; 22:135-145.

Campbell LG, Enz JW. Temperature effects on sugar beet seedling emergence. J. Sugar Beet Res. 1991; 28(3-4):129-140.

Carboni G, Fois M, Lendini M, Virdis A. Sugar beet cultivars for autumn sowing in Sardinia. Informative Agrario.2000; 56(41):61-63.

Dillon MA, Schmehl WR. Sugar beet as influenced by row width, nitrogen fertilization, and planting date. J.A.S.S.B.T. 1971;16(7): 585-594.

Doney DL, Wyse RE, Theurer JC. The relationship between cell size, yield, and sucrose concentration of the sugar beet root. Can. J. Plant Sci.1981; 61:447-453.

Dunham R. Water use and irrigation. In the sugar beet crop. Science into practice, ed. D.A. Cooke, and R.K. Scott, London: Chapman & Hall.1993; 279–309.

Durrant MJ, Marsh SJ, Jaggard KW. Effects of seed advancement and sowing date on establishment, bolting and yield of sugar beet. J. Agric. Sci. 1993; 121: 333-341.

Feller C, Fink M. Nitrate content, soluble solids content, and yield of table beet as affected by cultivar, sowing date and nitrogen supply. Hort. Sci.2004; 39(6):1255-1259.

Fortune RA. Effects of cultural technique on establishment and growth of early-sown sugar beet. Crops Res. Centre, Oak Park, 2002; No 22, 29p.

Freckleton RP, Watkinson AR, Webb DJ, Thomas TH. Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. Agric. Forest Meteor.1999; 93:39-51.

Habibi D, Noormohammadi GH, Karimi Abachi MM, Majidi Heravan E, Darvish F. Effects of sowing date and plant population on root yield and sugar content. Iranian Agricultural Sciences Journal, 2004;10(1):22-33. (in Persian, abstract in English)

Hoffmann CM and Kluge- Severin S. Light absorption and radiation use efficiency of autumn and spring sown sugar beets. Field Crops Res.2010; 119, 238–244.

Jaggard KW, Limb M, Proctor GH. Sugar Beet: A Grower's Guide, The Sugar Beet Research and Education Committee, London.1995.

Jaggard KW, Werker AR. An evaluation of the potential benefits and costs of autumn-sown sugar beet in NW Europe. J Agric Sci. Camb.1999; 132(1):91-102.

Jalilian A, Najafi R . Estimation of best sowing of sugar beet using climate parameters in different areas of Kermanshah province. Journal of Sugar Beet. 2017; 33(2): 121- 133.(in Persian, abstract in English)

Kurosawa K, Saitoh H, Kinoshita T. Yearly fluctuation of yielding characters and the influence of meteorological factors in sugar beet cultivars. Memoirs of the Fac. of Agric., Hokkaido Univ. 1987;15(4):363-370.

Lauer JG. Plant density and nitrogen rate effects on sugar beet yield and quality early in harvest. Agron. J.1995; 87:586-591.

Lauer JG. Sugar beet performance and interactions with planting date, genotype, and harvest date. Agron. J.1997; 89 (3):469-475.

Lee GS, Dunn G, Schmehl WR. Effect of date of planting and nitrogen fertilization on growth components of sugar beet. J. Am. Soc. Sugar Beet Technol. 1986;24(1): 81-100.

Levitt J. Responses of plants to environmental stresses. In: Kozlowski TT (ed) Water, radiation, salt and other stresses, Vol 2, 2nd edn. Academic, New York.1980; pp 93–186.

Malec J. Influence of sowing and harvesting dates on quality changes during storage. Proc. of the Meet. of the Scient. Comm. Bratislava, Slovakia. 15-17 June 1992.

Minx L, Rikanov J. Yield depression of sugar beet caused by gaps in stands sown on different dates. Rostlinna Vyroba.1987; 33:959-964.

Olesen JE, Fenhann J (ed.); H. Larsen (ed.); G.A. Mackenzie (ed.); B. Rasmussen. Assessing impact of climatic change on crop production using growth models. Environmental models: emissions and consequences.1990; 139-147.

Özturk O, Topal A, Akinerdem F, Akgun N. Effects of sowing and harvesting dates on yield and some quality characteristics of crops in sugar beet cereal rotation system. J. of the Sci. of Food and Agric. 2008;88(10):141-150.

Qasim ZS, Al-Rawi KM. A study on the effect of planting date on yield, sucrose percentage and purity of twenty-six commercial varieties of sugar beet. Mesopotamia J. of Agric.1971; 7:3-11.

Qi AM, Jaggard K .Uses of mathematical models in sugar beet agriculture. Int. Sugar J. 2004;106:36-41.

Roshdi M, Rezadoost S. The effect of date of planting on the indices of growth yield of four different types of sugar beet. J. of Agric. Sci. Islamic Azad Univ.2001; 6(4):71-88.(in Persian,abstract in English)

Sadeghzadeh-hemayati S, Shirzadi MH, Aghayizadeh M, Taleghani D, Javaheri MA, Asgari A. Effect of sowing and harvesting dates on yield and quality of five sugar beet varieties in autumn cultivation in Jiroroft. Journal of Sugar Beet. 2012;28(1):25-42.

Schiphouwer T. Cultivar, soil and climate fix the yield. Maandbla Suiker Unie.1991; 25(9):9-10.

Scott RK, Allen EJ. Crop physiological aspects of importance to maximum yields - potatoes and sugar beet. UK, Agricultural Development and Advisory Service; Agricultural Research Council: Maximizing yields of crops. Proceedings of a symposium organized jointly by the Agricultural Development and Advisory Service and the Agricultural Research Council. 1978;25-30.

Scott RK, Jaggard KW. Theoretical criteria for maximum yield. In: Proc. of the 41st Winter Cong. Institute Int. de Recherché, Betteravieres.1978; pp. 179-198.

Scott RK, Jaggard KW. Crop physiology. In: D.A. Cooke and R.K. Scott (ed.) The sugar beet crop: Science into Practice. Chapman and Hall, London. 1993; pp 279-309.

Scott RK, Jaggard KW. Impact of weather, agronomy and breeding on yields of sugar beet grown in the UK since 1970. J. Agric. Sci. Camb.2000; 134:341-352.

Scott RK, English SD, Wood DW, Unsworth MH. The yield of sugar beet in relation to weather and length of growing season. J. of Agric. Sci., UK. 1973;81(2):339-347.

Smit AL. The influence of sowing date and plant density on the decision to resow sugar beet. Field Crops Res.1993; 34(2):159-173.

Sögüt T, Aroglu H. Plant density and sowing date effects on sugarbeet yield and quality. Journal of Agron. 2004;3(3):215-218.

Winter SR. Planting sugar beet to stand when establishment is erratic. Agron. J. 1980, 72:654-656.

Winter SR. Sugar beet yield and quality response to irrigation, row width, and stand density. J. Sugar Beet Res. 1989, 26(1):26-33.

Yonts CD, Smith JA. Effects of pant population and row width on yield of sugar beet. J. Sugar Beet Res. 1997, 34(1-2):21-30.

Yordanov I, Velikova V, Tsonev T. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. Photosynthetica. 2000, 38:171–186.

Zhang YF, Li GL, Wang XF, Sun YQ, Zhang SY. Transcriptomic profiling of taproot growth and sucrose accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) at different developmental stages. PLoS ONE, 2017, 12(4):1-28.