

Research Article

Plant Prod., 2021, 44(3), 357-368
<http://plantproduction.scu.ac.ir//>


ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Meta-Analysis of Root Yield and Sugar Yield of Sugar Beet Genotypes in Karaj Region

Parviz Fasahat^{1*}, Mohsen Aghaezadeh², Mozhdeh Kakueinezhad³, Leila Jabbari⁴

- 1- ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (parviz.fasahat@gmail.com)
- 2- Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- 3- Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
- 4- M.Sc. of Plant Biotechnology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Citation: Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Kakueinezhad, M., & Jabbari, L. (2021). Meta-analysis of root yield and sugar yield of sugar beet genotypes in Karaj region. *Plant Productions*, 44(3), 357-368.

 10.22055/ppd.2020.32307.1870

Received: 18 January, 2020

Accepted: 20 May, 2020

Abstract

Introduction

Food security is affected by many factors, including increased demand, high input prices, soil degradation, the need to limit greenhouse gas emissions, and increased competition for land and non-potable water. In addition, climate change is expected to have an increasing impact on performance, with statistical analysis of product performance indicating that such an event is taking place. The purpose of plant breeding programs is to develop new varieties with improved characteristics such as yield and nutritional quality. Sugar beet is a root crop specific to temperate regions mainly produced as a sucrose source for human diets. Sugar beet can be planted on any continent except Antarctica, but it performs best in temperate climates. Worldwide production of sugar beet is relatively stable. Studies on the effect of environment and year on sugar beet yield has a long history in Iran. However, it is difficult to achieve a general conclusion due to the dispersion and disparity in the results of various studies. In this study, a meta-analysis method was used to integrate and re-analyze results of independent experiments to achieve a single result.

Materials and Methods

Twenty-one experiments carried out at Motahhari Research Station in Karaj, Iran during 2002-17



were evaluated. The effect size was calculated and studies were weighted by replication. Then, the mean effect sizes were estimated followed by confidence intervals, effect size back-transforming and graphs were designed.

Results and Discussion

Among studied years, the highest mean root yield of 89.5, 89.1 and 87.8 t ha⁻¹ were obtained in 2018, 2006 and 2012, respectively. Results integration showed that in 2006, 2011, 2014, and 2017, root yield of sugar beet increased by 19.2%, 2.2%, 2.8% and 18.6%, respectively. Different parameters can be used to describe improved agricultural productivity; one of which is the yield increase over time attributed to advances in plant breeding as well as changes in crop operations and environmental conditions (especially climate). Another parameter is the yield potential of a crop described as the performance of a cultivar grown in compatible environments without nutrient and water restrictions and under the effective control of pests, diseases, weeds, and other stresses. Meta-analysis results showed that increase in sugar yield of sugar beet genotypes was similar to the root yield, with the difference that in the years 2006, 2011, 2014 and 2017, variations in percentage was less than root yield. One of the most important results in this study was the illustration of the reduction in slope of negative relationship between root yield and sugar yield in commercial cultivars.

Conclusion

In this study, trials were performed under normal conditions and in a disease-free environment. According to the obtained results, use of meta-analysis method in breeding programs to estimate the effect of year on performance along with other statistical methods is recommended.

Keywords: Environment effect, Evaluation, Year effect

فرا تحلیل عملکرد ریشه و عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندر قند در منطقه کرج

پرویز فصاحت*^۱، محسن آقائی زاده^۲، مژده کاکویی نژاد^۳، لایلا جباری^۴

۱- *نویسنده مسئول: استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (parviz.fasahat@gmail.com)

۲- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

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

۴- کارشناس ارشد بیوتکنولوژی گیاهی، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸

چکیده

مطالعات مربوط به ارزیابی اثرات محیط و سال بر عملکرد چغندر قند سابقه‌ای طولانی در ایران دارد. با این حال، به دلیل پراکندگی و اختلاف موجود در نتایج مطالعات مختلف دستیابی به نتیجه گیری کلی دشوار می‌باشد. در این مطالعه سعی شده است تا با استفاده از روش فراتحلیل بتوان با تلفیق و آنالیز مجدد یافته‌های آزمایشات مستقل به نتیجه‌ای واحد دست یافت. بدین منظور، ۲۱ آزمایش انجام شده در ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری در شهر کرج در خلال سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. شرط لازم برای استفاده از داده‌های آزمایشات، وجود اطلاعاتی از قبیل تعداد تکرار، داده‌های مربوط به شاهد آزمایش و داده‌های مربوط به صفات عملکرد ریشه و عملکرد شکر بود. در میان سال‌های مورد مطالعه، بیشترین میانگین عملکرد ریشه به میزان ۸۹/۵، ۸۹/۱ و ۸۷/۸ تن در هکتار به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۱ بدست آمد. تلفیق یافته‌ها نشان داد که در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ عملکرد ریشه چغندر قند به ترتیب ۱۹/۲، ۲/۳، ۲/۸ و ۱۸/۶ درصد روند افزایشی داشته است. نتایج فراتحلیل نشان داد روند افزایش عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندر قند نیز مشابه عملکرد ریشه بود با این تفاوت که در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ درصد تغییرات نسبت به روند عملکرد ریشه کمتر بود. یکی از نتایج مهم در این تحقیق، نشان دادن کاهش شیب رابطه منفی بین عملکرد ریشه و عملکرد شکر در ارقام تجاری می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: اثر سال، اثر محیط، ارزیابی

مقدمه

طور فزاینده‌ای بر عملکرد تأثیر گذاشته که تجزیه و تحلیل آماری عملکرد محصولات نشان می‌دهد که چنین واقعه‌ای در حال صورت پذیرفتن است. هدف از برنامه‌های اصلاحی گیاهان، توسعه ارقام جدید با ویژگی‌های بهبود یافته مانند عملکرد و کیفیت غذایی است. از آنجا که ارقام گیاهی تازه معرفی شده در مناطق

امنیت غذایی تحت تأثیر عوامل بسیاری از جمله افزایش تقاضا، قیمت بالای نهاده‌ها، تخریب خاک، نیاز به محدود کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای، و افزایش رقابت برای زمین و آب مصرفی غیر شرب قرار دارد. علاوه بر این، انتظار می‌رود که تغییرات آب و هوایی به

جمعیت نقشه‌یابی شده شناسایی کردند. جالب توجه است که تنها دو جایگاه ژنی دخیل در صفات کمی عملکرد ریشه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، که به‌طور کلی به‌عنوان یک صفت غیرافزایشی لحاظ می‌شود (Fasahat et al., 2018). با فرض این که شرایط آب و هوایی را نتوان تغییر داد، در این صورت پتانسیل ژنتیکی گیاه عامل کلیدی برای عملکرد بالقوه است. به منظور ارزیابی این که آیا افزایش عملکرد دیده شده در ارقام چغندر قند در آینده پیشرفت خواهد کرد، اساس فیزیولوژیکی گیاه باید مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور، (Loel et al., 2014) ۱۷ واریته قدیمی و جدید چغندر قند را مورد مقایسه قرار داد. آن‌ها دریافتند که سرعت تشکیل برگ و تعداد حلقه‌های کامبیوم گسترش یافته در ریشه ذخیره‌ای در دوره ثبت ارقام از سال ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۳ تغییر نکرده است. از این رو، علت بهبود در عملکرد، نه مربوط به افزایش جذب نور و فعالیت منبع (برگ) است و نه افزایش ظرفیت مخزن (ریشه ذخیره‌ای)؛ در عوض، اصلاح گیاه به بالابردن توزیع مواد فتوسنتزی در داخل آن کمک کرده است (Hoffmann and Kenter, 2018).

روش فراتحلیل یک تکنیک آماری رسمی برای خلاصه کردن نتایج آزمایشات مستقل به منظور ارزیابی کمی مستقیم و شدت اثر یک تیمار است (Huang et al., 2013). با استفاده از این روش می‌توان بر روی مطالعات مختلف متعدد، پراکنده و حتی متناقض انجام شده بر روی یک موضوع خاص تحلیل آماری انجام داده و نتیجه‌گیری قابل اعتماد بدست آورد. (Barker et al., 2019) از روش فراتحلیل برای بررسی ۳۵۲ مجموعه (داده) ژنتیکی، محیطی و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط جمع‌آوری شده از ۷۲ مطالعه مربوط به بیدیان (Salicaceae) برای مقایسه اثر این منابع تغییر در صفات گیاهی (رشد، نیتروژن برگ و ترکیبات دفاعی)، معیارهای عملکردی حشرات گیاهخوار (مانند بقا، رشد و باروری) و شرایط محیطی (از قبیل مواد مغذی خاک، آب، و برگ‌ریزی) استفاده کردند. نتایج حاکی از آن بود که تغییرات در سطوح ترکیبات دفاعی و عملکرد حشرات گیاه‌خوار عمدتاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی قرار

با اکولوژی مختلف زراعی کشت می‌شوند، بسیار مهم است که ژنوتیپ‌های کاندید شده برای معرفی به‌عنوان رقم جدید در نقاط مختلف جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و در سال‌های مختلف آزمایش شوند و اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط بررسی شود (Niazian et al., 2012; Fasahat et al., 2014). به همین دلیل، لاین‌ها و ارقام جدید توسعه یافته در برنامه‌های اصلاحی گیاهان معمولاً تحت آزمایشات چندساله قرار می‌گیرند.

چغندر قند یک محصول ریشه‌ای مختص مناطق معتدل است که عمدتاً به‌عنوان منبع ساکارز برای رژیم غذایی انسان تولید می‌شود. چغندر قند را در هر قاره‌ای به غیر از قطب جنوب می‌توان کشت کرد اما بهترین عملکرد را در آب و هوای معتدل نشان می‌دهد. تولید کل چغندر قند در سراسر جهان نسبتاً پایدار است. تولید چغندر قند در واحد سطح از اوایل دهه ۱۹۶۰ دو برابر شده است و در نتیجه کل مساحت اختصاص داده شده به کشت آن در سراسر جهان کاهش یافته است (McGrath and Townsend, 2015). برنامه‌های اصلاحی بر روی عملکرد شکر متمرکز شده است، که حاصل ضرب عملکرد ریشه در نسبت ساکارز در ریشه‌های برداشت شده منهای تلفات ساکارز به شکل ملاس (به علت وجود ناخالصی‌ها) است. واریته‌های چغندر قند به‌طور مداوم برای عملکرد شکر و عیار قند اصلاح می‌شوند، و پیش‌بینی شده است که نیاز به شکر در آینده با همان تعداد هکتار چغندر قند و یا کمتر که در حال حاضر کشت می‌شوند، برآورده شود. تولید ساکارز در چغندر قند مانند سایر گیاهان اتفاق می‌افتد، اگرچه مکانیزم مولکولی انباشت آن در ریشه به تازگی در حال شناخته شدن کامل است (Fasahat et al., 2018). واریته‌های حاصل از گزینش‌های مکرر برای ساکارز بالا در جمعیت‌های اصلاحی ناهمگون تفرق می‌یابند و درصد ساکارز به صورت کمی با وراثت پذیری بالا کنترل می‌شود. (Schneider et al., 2002) پنج جایگاه ژنی دخیل در صفات کمی مرتبط با درصد ساکارز را در آزمایشات چندمنطقه‌ای مزرعه‌ای با استفاده از یک

استفاده شد. داده‌های سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸ در دسترس نبود. ایستگاه مذکور در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. این منطقه با داشتن ۱۸۰-۱۵۰ روز خشک جزو مناطق دارای آب و هوای مدیترانه‌ای گرم و خشک و با داشتن زمستان سرد و مرطوب و تابستان گرم و خشک جزو رژیم رطوبتی خشک محسوب می‌شود. آزمایشات هرساله در فصل بهار در مزارع آزمایشی پیاده شده و برداشت نمونه‌ها در پاییز همان سال صورت می‌گیرد. ریشه‌های چغندر قند پس از سرزنی و شست و شو توزین شده و میزان عملکرد نهایی ریشه (بر اساس وزن تر) بر حسب تن در هکتار محاسبه می‌شود. خمیر ریشه تهیه شده از نمونه‌ها جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه تکنولوژی قند واقع در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند ارسال شد.

بدین منظور داده‌های مورد نظر از مجلات معتبر دانشگاهی، پایگاه‌های اطلاعاتی استنادی جهان اسلام، مگیران و گزارشات نهایی چاپ شده در کتابخانه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند که در آن ژنوتیپ‌های مختلف در مقابل شاهد مقایسه شده بودند، جمع‌آوری شد (Qaemi and Qolizadeh, 2004; Ranji and Ebrahimian, 2006; Ranji and Ebrahimian, 2007; Orazizadeh, 2008; Orazizadeh, 2009; Orazizadeh, 2010; Orazizadeh, 2011; Orazizadeh, 2012; Fasahat et al., 2020). لازم برای استفاده از داده‌های آزمایشات، وجود اطلاعاتی از قبیل تعداد تکرار، داده‌های مربوط به شاهد آزمایش و داده‌های مربوط به صفات عملکرد ریشه و عملکرد شکر بود. عملکرد ریشه بر اساس وزن ریشه و مساحت برداشت تعیین می‌شود. حال آن که عملکرد شکر بر اساس عیار قند و وزن ریشه‌های برداشت شده محاسبه شده و مبنای پرداخت به کشاورزان می‌باشد. غالب آزمایشات انجام پذیرفته در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تکرارهای مختلف بودند. در مجموع داده‌های مربوط به ۲۱ آزمایش از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ مورد استناد قرار گرفت. داده‌های هواشناسی مربوط به سال‌های مورد نظر در جدول ۱ آورده شده است. رویکرد فراتحلیلی مورد استفاده در این مطالعه، روش هگنز

داشت در حالی که تنوع در رشد گیاهی و نیتروژن برگی بیشتر تحت تأثیر محیط قرار داشت. علاوه بر این، رشد گیاه، سطوح نیتروژن برگی و عملکرد حشرات گیاهخوار در سرتاسر مناطق مختلف (سال × محل) تفاوت داشت. در تحقیقی دیگر توسط هوانگ و همکاران (Huang et al., 2013) اثرات نگهداری بقایای گیاهی در مزرعه بر روی عملکرد برنج در کشور چین و نیز ارزش کودی آن برای تولید برنج با استفاده از روش فراتحلیل بررسی شد. نتایج نشان داد که نگهداری بقایای گیاهی سبب افزایش معنی دار عملکرد برنج به میزان ۵/۲ درصد در کشور چین شده است. Linquist et al. (2013) مزایای استفاده از کودهای نیتروژن با کارایی بالا را از لحاظ عملکرد و جذب نیتروژن و نیز بهترین شرایط تأثیر با بکارگیری روش فراتحلیل تحت بررسی قرار دادند. بدین منظور ۴۶ آزمایش شامل ۲۶۰ مشاهده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد کودهای فوق الذکر سبب ۵/۷ درصد افزایش در عملکرد محصول و ۸ درصد افزایش در جذب نیتروژن شد. در تحقیق دیگری، (Munnich et al. 2017) اثرات افزودن تفاله چغندر قند در تغذیه گاوهای شیری را با روش فراتحلیل بررسی کردند. اثر تفاله چغندر قند بر مقدار جذب ماده خشک به میزان بالایی بستگی به میزان مصرف غذا در گاوها داشت. مقدار جذب ماده خشک با افزایش سطح تفاله چغندر قند در گاوهایی که میزان مصرف غذا بالا بود کاهش یافت اما در گاوهای با میزان مصرف غذای پائین کاهش نیافت. اضافه نمودن تفاله چغندر قند در رژیم غذایی هیچ گونه اثری بر تولید شیر نداشت اما تولید شیر چرب و شیر تصحیح شده بر اساس چربی را افزایش داد. با توجه به مقدمه بیان شده، هدف از این تحقیق، اجرای روش فراتحلیل برای بررسی عملکرد ریشه و عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندر قند بهاره در منطقه کرج در یک بازه زمانی ۱۵ ساله بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از داده‌های مربوط به آزمایشات مقایسه ارقام تجاری چغندر قند که در مجموع ۱۵ سال اخیر در ایستگاه تحقیقات مهندس مطهری کرج اجرا شده است

(Khaliliaqdam et al., 2018). تمامی محاسبات در محیط نرم افزار Excel-2016 و رسم نمودارها در محیط SAS v.9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

برای توصیف بهبود بهره‌وری کشاورزی، می‌توان از پارامترهای مختلف استفاده کرد؛ یکی از این پارامترها، افزایش عملکرد محصول با زمان است که به پیشرفت در اصلاح گیاهی و نیز تغییرات در عملیات زراعی و شرایط محیطی (خصوصاً آب و هوا) نسبت داده می‌شود (Loel et al., 2014). پارامتر دیگر پتانسیل عملکرد یک محصول است که به‌عنوان عملکرد یک رقم زمانی که در محیط‌های سازگار با آن بدون محدودیت مواد مغذی و آب و تحت کنترل مؤثر آفات، بیماری‌ها، علف‌های هرز، ورس و دیگر تنش‌ها رشد می‌کند، اطلاق می‌شود. پیشرفت اصلاحی معمولاً منجر به افزایش پتانسیل محصول می‌شود که تنها زمانی می‌توان آن را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد که عملکرد ارقام با سال‌های مختلف ثبت (معرفی) تحت شرایط مشابه محیطی مقایسه شود. همانند دهه‌های گذشته که در آن پیشرفت فوق‌العاده‌ای در موفقیت‌های اصلاحی به وقوع پیوست، اصلاح برای مقاومت و تحمل به آفات (مانند نماتد سیستمی) در چغندر قند نیز اهمیت بیشتری یافته است. اگر چه اثرات مثبت آن بر عملکرد نیز می‌تواند به دلیل پیشرفت مراحل فنولوژیکی چغندر قند با وقوع دمای بالاتر در بهار همزمان شود، اما این اثرات به دلیل بروز زودرس آفات چغندر قند، از جمله نماتدهای سیستم چغندر قند سکون یافته است.

(Hedges, 1992) بود. پس از جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا اندازه اثر تعیین شد؛ بدین منظور، مقادیر میانگین ژنوتیپ‌ها در هر آزمایش بر مقادیر میانگین شاهد آزمایش تقسیم و نسبت واکنش محاسبه شد (Gurevitch and Hedges, 1999):

$$R = \frac{\bar{X}G}{\bar{X}C} \quad (1)$$

که در آن XG و XC به ترتیب میانگین ژنوتیپ‌ها و شاهد آزمایش می‌باشند. در مرحله بعد، لگاریتم (L) مقادیر نسبت واکنش بدست آمد (Hedges et al., 1999; Bengtsson et al., 2005):

$$L = \ln R = \ln \left(\frac{\bar{X}G}{\bar{X}C} \right) \quad (2)$$

سپس وزن‌دهی داده‌ها صورت گرفت. به دلیل آن که تمامی آزمایشات مورد بررسی از دقت یکسانی برخوردار نمی‌باشند لذا برای هر آزمایش متناسب با دقت آن وزنی محاسبه شده و سپس مقدار اندازه اثر هر آزمایش به کمک آن موزون می‌شود:

$$\bar{L}^* = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * L_i}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (3)$$

که در این رابطه i شماره آزمایش و w تعداد تکرار در هر آزمایش است. سپس میانگین اندازه اثر و حدود اطمینان (۹۵ درصد) برای هر آزمایش تعیین و برای تفسیر داده‌ها، از مقادیر به‌دست آمده آنتی لگاریتم گرفته شد. داده‌های به‌دست آمده به‌صورت درصد افزایش یا کاهش نسبت به میانگین ارائه شدند

Table 1. Average temperature and rainfall during studied years

No.	Year	Average temperature (°C)	Rainfall (mm)	No.	Year	Average temperature (°C)	Rainfall (mm)
1	2002	15.3	262.18	9	2012	15.3	306.4
2	2003	14.5	268.5	10	2013	15.5	156.7
3	2004	15.2	270.1	11	2014	15.4	211.0
4	2006	15.6	355.2	12	2015	16.0	196.1
5	2007	15.2	392.5	13	2016	15.9	159.2
6	2008	14.9	167.9	14	2017	15.9	159.6
7	2010	16.8	243.6	15	2018	*-	-
8	2011	15.0	447.0				

*Not available

اکنون ارقام تولیدی هم مقاوم به بیماری ویروسی ریزومانیا و هم نماتد سیستی مانند شکوفا و آریا هستند که در سال ۱۳۹۴ معرفی شدند. در سال ۱۳۸۲، دو آزمایش جداگانه جهت بررسی عملکرد ارقام منوژرم و مولتی ژرم انجام شد اما در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۷، اکثر ارقام مورد بررسی منوژرم بودند که علاوه بر یکنواختی بیشتر در ارقام مورد بررسی، موفقیت موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند در بهبود عملکرد هیبریدهای تجاری چغندر قند را نشان می‌دهد. هنگامی که یک سطح از عملکرد بالا به دست می‌آید، پیشرفت اصلاحی برای بهبود عملکرد در آینده ضروری است، زیرا افزایش عملکرد حاصل از بهبود تکنولوژی (به‌عنوان مثال، بهینه سازی مصرف کود و حفاظت از محصول) نمی‌تواند تکرار شود (Jaggard et al., 2010).

شکر را شاید بتوان به‌عنوان یک منبع شیمیایی خالص و تجدیدپذیر با فراوانی بالا و دسترسی آسان نام برد که علاوه بر تأمین نیاز غذایی انسان برای تولید انرژی مانند اتانول از آن استفاده می‌شود. حدود ۵۰ درصد از افزایش عملکرد و کیفیت (۲/۲۲ درصد در یک هکتار برای عملکرد شکر) با پیشرفت اصلاحی به‌دست آمده است که منعکس‌کننده افزایش در پتانسیل عملکرد می‌باشد (Hoffmann and Kenter, 2018). میانگین عملکرد شکر ژنوتیپ‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است.

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود بیشترین عملکرد ریشه به میزان ۸۹/۵، ۸۹/۱ و ۸۷/۸ تن در هکتار به ترتیب در سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۱ و کمترین میزان عملکرد ریشه نیز در سال ۱۳۸۲ به‌دست آمده است. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند در گذشته بر روی تهیه ارقام مولتی ژرم کار می‌کرده است. از دهه ۱۳۶۰ به بعد با به دست آوردن تکنولوژی تولید بذر منوژرم تمرکز به سمت بذر منوژرم رفت. این بذر نیاز به تنک کردن را حذف می‌کند و بخش زیادی از هزینه کارگری مربوط به تنک کردن را از بین می‌برد. در گذشته که مشکل بیماری‌هایی مانند ریزومانیا، ریزوکتونیا و نماتد سیستی وجود نداشت، ارقام منوژرم کلاسیک (غیرمقاوم به بیماری یا آفات) تولید می‌شدند. بنابراین در ابتدا کار بر روی تولید بذر منوژرم کلاسیک مانند ارقام رسول، شیرین، گدوک و سایر ارقام صورت گرفت. بعد از آن که مشکل بیماری‌ها از ابتدای دهه نود شروع شد، مخصوصاً بیماری ویروسی ریزومانیا که یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های چغندر قند هست و در کل دنیا اهمیت اول را در زراعت چغندر قند دارد مؤسسه به سمت تهیه ارقام مقاوم به این بیماری گرایش یافت. اولین رقم منوژرم مقاوم به بیماری که در اختیار زارعین قرار گرفت رقم زرکان بود. به تدریج گزینه‌ها به سمت تهیه ارقام مقاوم تر یا مقاوم به ۲-۳ بیماری سوق یافت. هم

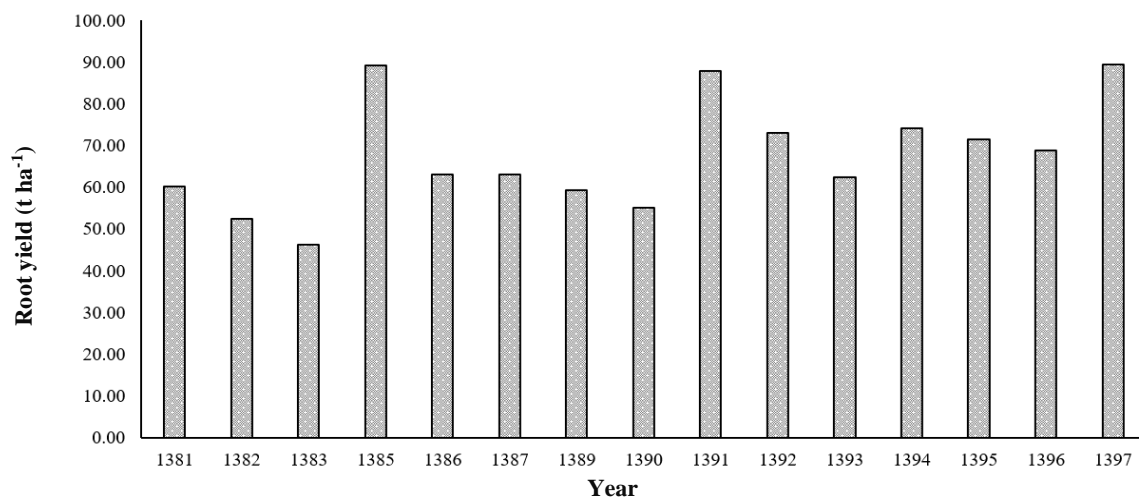


Figure 1. Mean root yield of sugar beet genotypes during 2002-18

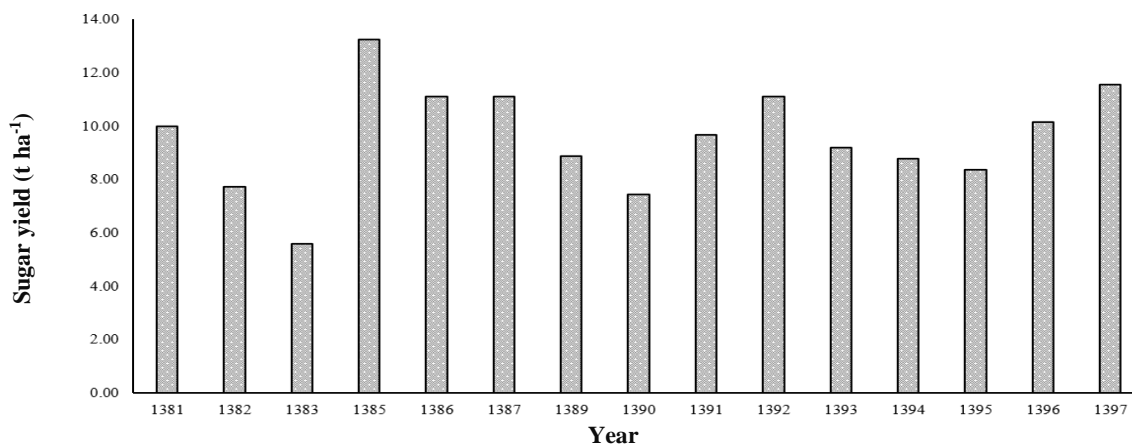


Figure 2. Mean sugar yield of sugar beet genotypes during 2002-18

مؤسسه به سمت تولید ارقام مقاوم به بیماری‌ها می‌باشد. شیوع گسترده بیماری‌های ریزومانیا و پوسیدگی ریشه در مزارع چغندرقد در استان‌های مختلف کشور، تولید ارقام مقاوم را در اولویت برنامه‌های اصلاحی قرار داد. سیر نزولی پیشرفت در عملکرد ریشه و عملکرد شکر به دلیل توجه بیشتر به بحث مقاومت به بیماری در ارقام مختلف می‌باشد و انتظار می‌رود که در سال‌های پیش‌رو شیب عملکرد افزایش یابد. این مسأله برای سال‌های متمادی پذیرفته شده بود که بهبود عملکرد ریشه به هزینه کاهش کیفیت انجام می‌شود و برعکس. اما معرفی ارقام جدید و مشابهت نتایج نمودارهای شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده است که به‌نژادگران می‌توانند در هر دو خصوصیت به‌طور همزمان بهبود ایجاد کنند. (2018) Hoffmann and Kenter بیان کردند که نسبت مارک (مقدار مواد جامد غیر محلول موجود در ریشه چغندرقد) به شکر در آزمایشات انجام شده از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۲ و نیز از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴ به وضوح بیانگر تجمع بیشتر کربوهیدرات ذخیره‌ای (شکر) به کربوهیدرات ساختمانی (برگ، ترکیبات دیواره سلولی) است. بنابراین، عملکرد شکر به واسطه کاهش مقدار ماده خشک برگ و ترکیبات دیواره سلولی در ریشه ذخیره‌ای به طرز چشمگیری افزایش یافت، به‌طوری‌که محتوای مارک‌های موجود در چغندرقد امروزه بسیار پایین‌تر از گذشته است. این فرآیند ادامه یافته و محتوای مارک موجود در واریته‌های فعلی اغلب کمتر از ۴ درصد است.

مشابه با عملکرد ریشه، بیشترین میزان عملکرد شکر به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۵ (۱۳/۲ تن در هکتار) و ۱۳۹۷ (۱۱/۵ تن در هکتار) به‌دست آمده است. همانگونه که در جدول ۱ نشان داده شده است میزان بارش در سال‌های فوق بالا بوده است که این موضوع بیانگر اثر محیط بر روی عملکرد ژنوتیپ‌های فوق می‌باشد. Akesson (1981) تأثیر بارندگی اواخر فصل رشد را بر درصد قند چغندر بررسی کرده و پی برد میزان بارندگی در مهرماه نزدیک به ۶۷ تا ۹۸ درصد تغییرات سالیانه درصد قند را در هشت منطقه توجیه می‌نماید. در فراتحلیل اثر سال بر روی عملکرد ژنوتیپ‌های چغندرقد، نتایج نشان داد که در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ عملکرد ریشه چغندرقد به ترتیب ۱۹/۲، ۲/۳، ۲/۸ و ۱۸/۶ درصد روند افزایشی داشته است. در نمودار شکل ۱ بیشترین عملکرد ریشه در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۷ به‌دست آمد اما در شکل ۳ از میان سال‌های مذکور تنها در سال ۱۳۸۵ روند افزایشی عملکرد ریشه مشاهده می‌شود. دلیل عمده تفاوت بین دو شکل فوق، محاسبه عملکرد ژنوتیپ‌ها نسبت به شاهد آزمایش در شکل ۳ می‌باشد.

نتایج درباره اثر سال بر روی عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندرقد نیز مشابه اثر آن بر عملکرد ریشه می‌باشد با این تفاوت که در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ درصد تغییرات نسبت به روند عملکرد ریشه به ترتیب ۳، ۲/۱، ۲/۱ و ۱۳/۴ درصد کمتر بود (شکل ۴). یکی از دلایل نوسان عملکرد ریشه و شکر در سال‌های مورد بررسی، گرایش

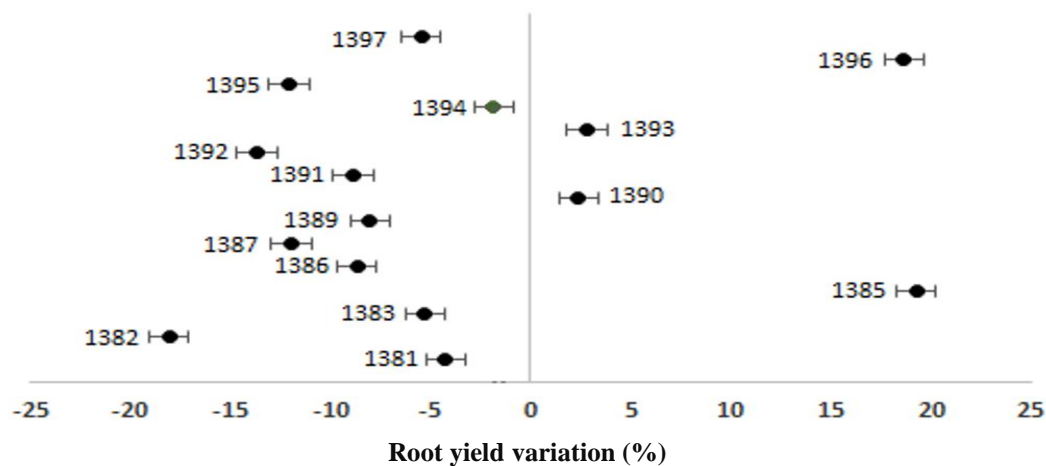


Figure 3. Effect of different years on root yield of sugar beet genotypes

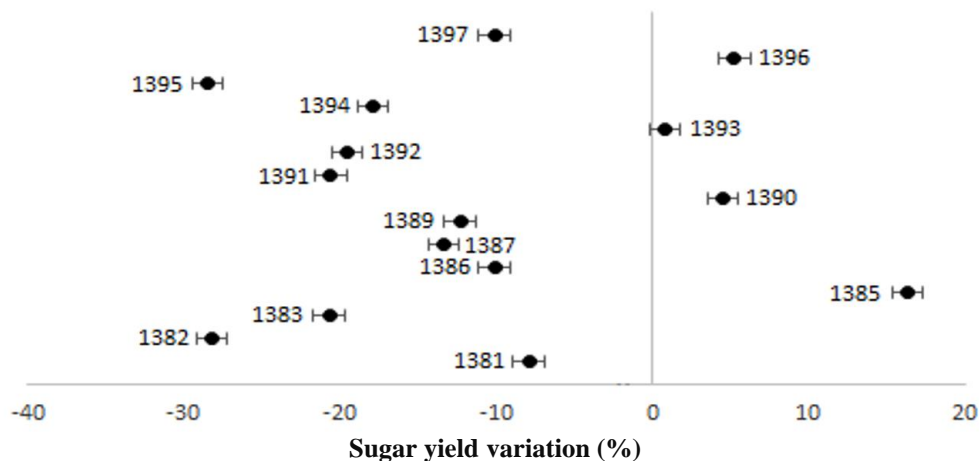


Figure 4. Effect of different years on sugar yield of sugar beet genotypes

به نظر می‌رسد که پیشرفت اصلاحی چغندر قند هنوز محدود نشده است. این که آیا افزایش بیشتر در جذب دی‌اکسید کربن وجود خواهد داشت، سؤال است که هنوز به آن پاسخ داده نشده است. پیشرفت بیشتر در توزیع زیست‌توده امکان‌پذیر است با این شرط که شکل‌گیری برگ‌ها تنها به سطح برگ مطلوب محدود شود که در این صورت مواد فتوسنتزی اضافی در دسترس می‌تواند برای افزایش عملکرد شکر استفاده شود. انتخاب ارقام با مقاومت چندگانه و صفات متحمل در برابر آفات و بیماری‌ها و همچنین تنش‌های غیرهوازی، اهمیت زیادی برای پیشرفت اصلاحی بیشتر چغندر قند خواهد داشت. اگرچه بهبود تحمل گیاه به تنش به افزایش پتانسیل عملکرد کمک نمی‌کند، اما در

در مطالعه‌ای توسط King and Tarkalson (2017) ارتباط بین شرایط آب و هوای فصلی و عملکرد شکر چغندر قند در ایالات آیداهوی جنوبی و اورگان شرقی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور داده‌های مربوط به ۷۴ ایستگاه دریافت‌کننده چغندر قند جهت فراوری در خلال سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۴ مورد بررسی قرار گرفت. مشابه با تحقیق حاضر، عملکرد شکر در سال‌های مختلف دارای نوسان بود به گونه‌ای که در یک سال به شدت افزایش و در برخی سال‌ها به شدت کاهش داشت. آن‌ها حضور برخی عوامل متغیر سالانه را در این امر مؤثر دانستند. از نظر King and Tarkalson (2017) دمای هوا در ابتدا و میانه رشد گیاه چغندر قند بیشترین تأثیر را بر درصد قند و متناوب آن عملکرد شکر دارد.

فراتحلیل در برنامه‌ای اصلاحی، باید دقت خاصی در انتخاب شاهد آزمایش صورت پذیرد؛ چه بسا انتخاب شاهد ضعیف در یک سال، برتری ژنوتیپ‌ها و انتخاب شاهد قوی در یک سال، نزول عملکرد ژنوتیپ‌ها در آمار ارائه‌شده را در بر خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، آزمایشات در شرایط نرمال و در محیط فاقد بیماری اجرا شده بودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، استفاده از روش فراتحلیل در برنامه‌های اصلاحی برای برآورد اثر سال بر روی عملکرد در کنار سایر روش‌های آماری توصیه می‌شود.

سپاس‌گزاری

از مدیریت بخش به‌نژادی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند به جهت راهنمایی‌های صورت پذیرفته در جهت گردآوری و بررسی اطلاعات تقدیر می‌شود.

شرایط مختلف محیطی، به افزایش ثبات عملکرد کمک می‌کند. اگر تغییرات آب و هوایی منجر به افزایش درجه حرارت در طول زمان شود، افزایش میزان ساکارز در چغندر قند برای بهینه‌سازی تولید شکر و اقتصاد صنعتی با استفاده از ابزارهای مدیریت ژنتیکی و زراعی مهم خواهد بود. در این تحقیق، اگرچه نوسان عملکردی در سال‌های مختلف برای ارقام تولیدی وجود دارد اما موفقیت در کاهش شیب رابطه منفی بین عملکرد ریشه و عملکرد شکر حاصل شده و ثبات در عملکرد در آینده نزدیک قابل انتظار می‌باشد. در این تحقیق، برای نخستین بار اثر سال بر روی عملکرد ژنوتیپ‌های چغندر قند از طریق روش فراتحلیل ارزیابی شده است. به دلیل آن که در روش فراتحلیل عملکرد ژنوتیپ‌ها نسبت به شاهد آزمایش سنجیده می‌شود اما در روش‌های معمول ارزیابی عملکرد، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در یک سال مورد بررسی قرار می‌گیرد لذا در استفاده از روش

References

- Akeson, W. R. (1981). Relationship of climate and sucrose content of sugarbeet roots. *Journal of the ASSBT*, 21(1), 27-40.
- Barker, H. L., Holeski, L. M., & Lindroth, R. L. (2019). Independent and interactive effects of plant genotype and environment on plant traits and insect herbivore performance: A meta-analysis with Salicaceae. *Functional Ecology*, 33(3), 422-435.
- Bengtsson, J., Ahnstrom, J., & Weibull, A. (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 261-269.
- Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Kakueinezhad, M., & Jabbari, L. (2020). A meta-analysis of genotype × environment interaction on sugar beet performance. *Biometrical Letters*, 57(2), 221-236.
- Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Jabbari, L., Hemayati, S. S., & Townson, P. (2018). Sucrose accumulation in sugar beet: from fodder beet selection to genomic selection. *Sugar Tech*, 20(6), 635-644.
- Fasahat, P., Muhammad, K., Abdullah, A., Rahman, B. M. A., Siing, N. M., Gauch, J. H. G., & Ratnam, W. (2014). Genotype × environment assessment for grain quality traits in rice. *Communications in Biometry and Crop Science*, 9(2), 71-82.
- Gurevitch, J., & Hedges, L. V. (1999). Statistical issues in ecological Meta-Analysis. *Ecology*, 80(4), 1142-1149.
- Hedges, L. V. (1992). Modeling publication selection effects in meta-analysis. *Statistical Science*, 7(2), 246-255.
- Hedges, L. V., Gurevitch, J., & Curtis, P. S. (1999). The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. *Ecology*, 80(4), 1150-1156.

- Hoffmann, C. M., & Kenter, C. (2018). Yield potential of sugar beet—have we hit the ceiling?. *Frontiers in Plant Science*, 9, 289.
- Huang, S., Zeng, Y., Wu, J., Shi, Q., & Pan, X. (2013). Effect of crop residue retention on rice yield in China: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 154, 188-194.
- Jaggard, K. W., Qi, A., & Ober, E. S. (2010). Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 365(1554), 2835-2851.
- Khaliliaqdam, N., Hasanai, R., & Mir-Mahmoodiand, T. (2018). Meta-analysis of some effective factors on wheat production in Iran. *Crops Improvement*, 20(1), 191-204.
- King, B. A., & Tarkalson, D. D. (2017). Irrigated sugarbeet sucrose content in relation to growing season climatic conditions in the northwest US. *Journal of Sugar Beet Research*, 54(1&2), 60-74.
- Linguist, B. A., Liu, L., Van Kessel, C., & Van Groenigen, K. J. (2013). Enhanced efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: Meta-analysis of yield and nitrogen uptake. *Field Crops Research*, 154, 246-254.
- Loel, J., Kenter, C., Marlander, B., & Hoffmann, C. M. (2014). Assessment of breeding progress in sugar beet by testing old and new varieties under greenhouse and field conditions. *European Journal of Agronomy*, 52, 146-156.
- McGrath, J. M., & Townsend, B. J. (2015). Sugar beet, energy beet, and industrial beet. In *Industrial Crops*. New York, NY: Springer.
- Munnich, M., Khiaosa-Ard, R., Klevenhusen, F., Hilpold, A., Khol-Parisini, A., & Zebeli, Q. (2017). A meta-analysis of feeding sugar beet pulp in dairy cows: Effects on feed intake, ruminal fermentation, performance, and net food production. *Animal Feed Science and Technology*, 224, 78-89.
- Niazian, M., Rajabi, A., Amiri, R., Orazizadeh, M.R., & Sharifi, H. (2012). Surveying the relations among traits affecting root yield and sugar content in o-type lines of sugar beet for winter sowing. *Journal of Plant Production*, 35(2), 115-135. [In Farsi]
- Orazizadeh, M. R. (2007). *Evaluation of the quality and quantity of monogerm commercial sugar beet varieties in different climates of the country*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-56. [In Farsi]
- Orazizadeh, M. R. (2008). *Comparison of the quality and quantity of monogerm commercial sugar beet varieties in different climates of the country*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-72. [In Farsi]
- Orazizadeh, M. R. (2009). *Comparison of the quality and quantity of monogerm and multigerm commercial sugar beet varieties in different climates of the country*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-122. [In Farsi]
- Orazizadeh, M. R. (2010). *Comparison of the quality and quantity of monogerm and multigerm commercial sugar beet varieties in different climates of the country*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-91. [In Farsi]
- Orazizadeh, M. R. (2011). *Comparison of the quality and quantity of monogerm and multigerm commercial sugar beet varieties in different climates of Iran*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-75. [In Farsi]
- Orazizadeh, M. R. (2012). *Comparison of quality and quantity of monogerm and multigerm commercial sugar beet varieties in different climates of Iran*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-68. [In Farsi]

- Qaemi, A., & Qolizadeh, R. (2004). *Investigation of some physiological and morphological indices influencing qualitative and quantitative yield increase in sugar beet*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-41. [In Farsi]
- Ranji, Z., & Ebrahimian, H. R. (2006). *Investigation of quality and quantity of native foreign commercial sugar beet varieties*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-69. [In Farsi]
- Ranji, Z., & Ebrahimian, H. R. (2007). *Investigation on quality and quantity of native foreign monogerm commercial sugar beet varieties*. Final Report, Sugar Beet Seed Institute, pp. 1-42. [In Farsi]
- Schneider, K., Schafer-Pregl, R., Borchardt, D. C., & Salamini, F. (2002). Mapping QTLs for sucrose content, yield and quality in a sugar beet population fingerprinted by EST-related markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 104(6-7), 1107-1113.