

فرا تحلیل اثر عوامل زراعی بر تغییرات عملکرد و کیفیت ریشه چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) Meta-analysis of the effect of agronomic factors on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

سمر خیامیم^۱، حمید نوشاد^۲، بابک بابایی^۳، اباذر رجبی^۴ و شهرام خدادادی^۵

چکیده

خیامیم، س.، ح. نوشاد، ب. بابایی، ا. رجبی و ش. خدادادی. ۱۴۰۲. فرا تحلیل اثر عوامل زراعی بر تغییرات عملکرد و کیفیت ریشه چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) نشریه علوم زراعی ایران. ۲۵ (۳): ۳۲۴-۳۱۰.

به منظور ارزیابی اثر عوامل زراعی بر عملکرد و کیفیت ریشه چغندر قند، به ویژه محتوای سدیم ریشه، نتایج تحقیقات انجام شده در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند در ستاد موسسه و مراکز تحقیقاتی شهرستان‌های کشور در سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۹ جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفتند. بر این اساس نتایج ۳۳ گزارش نهایی مرتبط که دارای شاخص‌های مناسب از نظر تیمارهای مدیریت زراعی بودند، به صورت پایگاه داده‌ای شامل ۴۵۰ ردیف در ۲۶ ستون مورد استفاده قرار گرفتند. داده‌های متناظر با تیمارهای مورد ارزیابی از پایگاه داده استخراج و سپس نسبت واکنش، میانگین وزنی نسبت واکنش، انحراف معیار و اثرات معنی‌دار سهم هر یک از عوامل بر صفات کمی و کیفی ریشه چغندر قند محاسبه شدند. نتایج مطالعات فرا تحلیل اثر عوامل زراعی طی ۲۳ سال تحقیقات نشان داد که اثر فاصله ردیف‌های کاشت، فاصله بوته‌ها روی ردیف، روش‌های آماده سازی خاک، نوع تناوب زراعی، تنش خشکی انتهایی فصل، تنش خشکی متوسط و شدید بر محتوای سدیم ریشه اثر معنی‌داری نداشتند. تناوب زراعی باعث افزایش معنی‌دار (حدود ۱۷/۵ درصد) و تنش خشکی ابتدای فصل، تنش خشکی انتهایی فصل و تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه (به ترتیب ۲۱، ۴۲ و ۳۳ درصد) شدند. براساس نتایج فرا تحلیل، در بین عوامل زراعی مورد ارزیابی، تناوب زراعی و مدیریت آبیاری دارای اهمیت بیشتری بوده و بنابراین با رعایت تناوب زراعی و مدیریت بهینه آب در طول فصل، می‌توان از کاهش عملکرد ریشه و قند قابل استحصال چغندر قند اجتناب کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، آماده سازی زمین، تناوب زراعی، چغندر قند، سدیم و عملکرد ریشه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴ این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی شماره ۹۸۰۴۵۳-۲۰۲۰-۲۰۲۰-۲۰۲۰-۲۰۲۰-۲۰۲۰ مصوب موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند می‌باشد
۱- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه کننده: samar.khayam@gmail.com)
۲- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۵- محقق موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

Meta-analysis of the effect of agronomic factors on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.)

Khayamim, S.¹, H. Noshad², B. Babae³, A. Rajabi⁴ and Sh. Khodadadi⁵

ABSTRACT

Khayamim, S., H. Noshad, B. Babae, A. Rajabi and Sh. Khodadadi. 2023. Meta-analysis of the effect of agronomic factors on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 25(3): 310-324. (In Persian).

Introduction: Different environmental and genetic factors such as variety, climate, soil and agronomic practices factors are effective in increasing root sodium content and reducing the yield and quality of sugar beet roots. Therefore, in this research, using meta-analysis, the effect of these factors has been determined and agronomic practices for reducing the sodium content of the roots and increasing the quality of produced sugar. The purpose of this meta-analysis was to determine management practices with significant effects on yield and quality of sugar beet roots in Iran.

Material and Methods: This study was conducted on data collected from the experiments carried out at Sugar Beet Seed Institute (SBSI) in Karaj and Agricultural and Natural Resources Research and Education Center in different provinces in Iran for the period of 1997 to 2020. Data were analyzed from 33 final technical reports of research projects of the the experiment that had appropriate agronomic management treatments. The data and information of these reports were created as a database containing 450 rows in 26 columns. The corresponding data to the investigated treatments were considered from the database and then the reaction ratio, average of the reaction ratio, standard deviation and the significant effect of each factor on sugar beet root yield and quality traits were determined.

Results: The results of meta-analysis of agronomic practices factors in the period of 23 years of research showed that lack of irrigation in the early season after crop establishment caused significant decrease in root sodium content ($\alpha=0.05$). The effects of row and plant spacing, land preparation methods, crop rotation, late season moisture stress, mild and severe drought stresses, on root sodium content were not significant. Crop rotation caused significant increase in root, sugar and white sugar yields by 17.5%, 23.7% and 26.7%, respectively. Early and late season drought stresses and severe drought stress caused significant decrease in root yield by 21%, 42%, 33%, respectively. Reduction in white sugar yield were 18%, 43% and 32% under above mentioned drought stresses conditions.

Conclusion: The crop rotation of legumes-wheat-sugar beet compared to the conventional rotation of wheat-sugar beet increased sugar beet root yield by about 20%. The best method of soil preparation was determined as plowing or using sub-soiler in autumn and carrying out other operations including disc and furrower in spring. Increasing the planting row spacing to 60 cm caused significant decrease in root, raw sugar and white sugar yields by 6% to 10% due to the decrease in plant density. Changing plant spacing within rows from 20 cm to 15 cm did not have significant effect on sugar beet traits. Water deficit at the early season and after the establishment of sugar beet crop decreased the sodium content of sugar beet roots during the season, and also reduced root, sugar and white sugar yields, but the amount of yield reduction was lesser than drought stress at the end of season. Therefore, it is recommended to continue irrigation during the sugar beet technological ripening stage. Irrigation could be applied after 70% decrease of the soil moisture content to reduce water use without any significant reduction in root yield.

Key words: Crop rotation, Irrigation, Root yield, Sodium content, Soil preparation and Sugar beet

Received: October, 2023

Accepted: February, 2024

1. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (Corresponding author) (Email: Samar.khayam@gmail.com)

2. Assistant Prof., Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3. Assistant Prof., Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

4. Professor, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

5. Researcher, Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

مقدمه

چغندر قند یکی از مهم ترین گیاهان صنعتی است که همراه با نیشکر، منبع اصلی تولید شکر در کشور می باشد. محصول چغندر قند علاوه بر تولید شکر، به منظور تولید اتانول و اسید سیتریک نیز مورد استفاده قرار می گیرد. در حال حاضر ۲۹ کارخانه قند فعال در کشور وجود دارند که استحصال شکر از محصول چغندر قند بهاره و پاییزه را انجام می دهند. سطح زیر کشت چغندر قند بهاره و پاییزه در کشور ۱۱۳ هزار هکتار، عملکرد ریشه ۵۳ تن در هکتار، درصد قند ناخالص ۱۶ درصد و راندمان استحصال ۸۰ درصد گزارش شده است (ISFS, 2022).

محتوای سدیم ریشه و برگ چغندر قند به ترتیب ۰/۴۰ تا ۰/۱۱ درصد و ۰/۳ تا ۰/۹ درصد (بر اساس وزن خشک) گزارش شده و میانگین غلظت این عنصر در ماده خشک ریشه ۰/۸ و در برگ ۱/۴ درصد می باشد (Draycott and Christenson, 2003). دامنه قابل قبول محتوای سدیم ریشه چغندر قند برای برآورد قند ملاس بر اساس رابطه راینفلد (Reinefeld *et al.*, 1974) ۰/۳۵ تا ۵/۴۸ میلی اکی والان سدیم در ۱۰۰ گرم خمیر می باشد. بر اساس نتایج یک تحقیق که روی ۹۱۳ نمونه مربوط به پنج آزمایش مقایسه ارقام چغندر قند طی سال های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ انجام شد، میانگین غلظت سدیم ریشه چغندر قند در کرج، مشهد، شیراز و میاندوآب به ترتیب ۲/۴۱، ۳/۰۶، ۶/۹ و ۲/۰۳، با میانگین ۳/۶ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بود که نشان دهنده تفاوت قابل ملاحظه بین مناطق از نظر غلظت سدیم ریشه چغندر قند است (Abdollahian Noghbi, 2004). طی سال های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۱، محتوای سدیم ریشه چغندر قند در ایستگاه مهندس مطهری کرج و در ارقام مختلف، یک تا ۸ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بود (Noshad *et al.*, 2006). این در حالی است که میانگین غلظت سدیم ریشه در چهار کشور اروپایی طی سال های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲، ۱/۴۵ میلی اکی والان

گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه گزارش شده است (Draycott, 2006). گزارش شده است که عدم رعایت تناوب زراعی، مصرف زیاد آب و روش آبیاری غرقابی، مهم ترین عوامل در افزایش جذب و غلظت سدیم ریشه چغندر قند هستند (Noshad and Khayamim, 2017). این موضوع نشان می دهد که عوامل مختلفی در افزایش محتوای سدیم ریشه و در نتیجه کاهش درصد قند و کیفیت چغندر قند موثر هستند که باید به دقت مورد توجه قرار داده شوند.

اصطلاح فرا تحلیل اولین بار توسط گلکس (Glass, 1976) بکار برده شد. فراتحلیل روشی برای مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعات مستقل است که روی یک موضوع انجام شده اند. فراتحلیل نوعی پژوهش درباره سایر پژوهش ها است و با استفاده از آن می توان نتایج پژوهش های متعددی را که در مورد یک موضوع خاص انجام شده اند، مجدداً مورد مطالعه قرار داده و به صورت آماری با یکدیگر مقایسه کرد (Gurevitch and Hedgh, 1999).

از گذشته تا حال آزمایش های متعددی در زمینه های مختلف مانند تاریخ کاشت، تراکم بونه، تیمارهای کودی، تنش های محیطی و غیره انجام شده است. هر چند هر کدام از این آزمایش ها به طور جداگانه ارزش ویژه ای دارند، ولی لازم است نتایج آنها به صورت آماری در کنار یکدیگر بررسی شوند تا بتوان به جمع بندی مناسبی در مورد اثر عوامل موثر بر تولید محصول رسید (Soltani and Soltani, 2014). فراتحلیل در علوم کشاورزی روش نسبتاً جدیدی است که تاکنون کمتر به آن توجه شده و تعداد کمی از محققان به مطالعه فراتحلیل در علوم زراعی پرداخته اند (Lu *et al.*, 2001; Valkama *et al.*, 2008; Linguist *et al.*, 2013; Huang *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2013).

در فراتحلیل مربوط به ۶۹ آزمایش مستقل روی گیاهان مختلف زراعی درباره تغییر روش خاک ورزی

از تجزیه فراتحلیل که یک روش کارآمد در مطالعات تحلیلی است، میزان تاثیر این عوامل مشخص شده و راهکارهای مدیریتی به زراعی جهت کاهش محتوای سدیم ریشه و افزایش کیفیت حصول ارائه شده است. هدف از این تحقیق فراتحلیل تعیین تیمارهای مدیریتی با اثرات معنی‌دار بر صفات کمی و کیفی ریشه چغندر قند بوده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عوامل موثر بر محتوای سدیم و کمیت و کیفیت ریشه چغندر قند، از داده‌های ثبت شده در گزارش‌های نهایی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۹ مربوط به آزمایش‌های مقایسه ارقام چغندر قند که در شرایط یکسان همراه با ارقام شاهد، در ایستگاه مهندس مطهری کرج و سایر مراکز تحقیقاتی شهرستان‌های کشور اجرا شده بودند، استفاده شد. بر این اساس فایل ۷۵۷ گزارش نهایی دریافت و مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت ۳۳ گزارش بر اساس تیمارهای آزمایشی مرتبط با موضوع تحلیل، انتخاب شدند. گزارش‌های مورد استفاده شامل تیمارهای تناوب زراعی، عملیات خاک ورزی و آماده سازی بستر کاشت، آبیاری (زمان و یا شدت وقوع تنش)، آرایش‌های کاشت، تراکم بوته، فاصله ردیف‌های کاشت و فاصله بوته‌ها روی ردیف بودند. داده‌ها از گزارش‌ها استخراج و به فایل اکسل انتقال داده شدند. بر این اساس، ابتدا یک فایل اکسل با ۲۶ ستون و ۴۵۰ ردیف به‌عنوان پایگاه داده‌های اصلی ایجاد شده و سپس برای هر تیمار، داده متناظر از پایگاه داده استخراج گردید.

برای اطمینان از صحت و کیفیت داده‌ها، ابتدا باید ارزیابی دقیقی از نظر عدم تجانس (هتروژنیته) و سایر عوامل مهم موثر در تیمارها انجام شود تا بتوان نتایج تحقیقات نسبتاً مشابه را انتخاب در فراتحلیل وارد کرد (Soltani and Soltani, 2014). ارزیابی عدم تجانس، بر اساس روش فراتحلیل متفاوت است، به‌عنوان مثال در

از شیوه رایج به روش‌های بدون شخم مشخص شد که در اکثر موارد روش‌های بدون شخم تاثیری بر کربن آلی خاک نداشته و اثر نوع گیاه در افزایش محتوای کربن خاک موثرتر بود (Lu et al., 2001). در فراتحلیل نتایج ۴۱ مقاله منتشر شده با ۱۷۴۸ داده، اثر تغییر اقلیم تا سال ۲۰۵۰ روی هفت گیاه زراعی اساسی در اروپا شامل گندم، جو، برنج، ذرت، چغندر قند، سیب زمینی و چاودار مشخص شد که تغییر اقلیم باعث افزایش هشت درصدی میانگین کل محصولات خواهد شد. تغییر اقلیم برای گندم و چغندر قند به ترتیب باعث افزایش ۱۴ و ۱۵ درصدی عملکرد و برای ذرت باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Knox et al., 2016).

در یک تحقیق فراتحلیل درباره آزمایش‌های اجرا شده در ایستگاه مهندس مطهری کرج طی ۱۵ سال روی تیمارهای آبیاری (تنش خشکی ابتدای فصل، تنش مداوم و تنش شدید)، روند تغییرات صفات ریشه چغندر قند مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، عیار قند، نیتروژن مضره و محتوای پتاسیم ریشه نسبت به شاهد بدون تنش افزایش یافت، در مقابل تنش خشکی مداوم شدید باعث کاهش عملکرد ریشه (۳۵ درصد) و عملکرد شکر سفید (۲۲/۴ درصد) شدند (Taleghani, 2021). در یک تحقیق که به‌صورت فراتحلیل روند تغییرات عملکرد ریشه و شکر ژنوتیپ‌های چغندر قند در چند سال در کرج انجام شد مشخص گردید که افزایش عملکرد شکر ژنوتیپ‌های چغندر قند مشابه عملکرد ریشه بود. در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۶ درصد تغییرات عملکرد شکر نسبت به روند عملکرد ریشه کمتر بوده و شیب منفی بین عملکرد ریشه و شکر در ارقام تجاری کمتر بود (Fasahat et al., 2021).

بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده، عواملی مانند نوع رقم، اقلیم، خاک و عوامل مدیریتی بر افزایش جذب سدیم ریشه و کاهش کمیت و کیفیت ریشه چغندر قند موثر هستند، بنابراین در این تحقیق با استفاده

موضوع باعث افزایش دقت اندازه تأثیر تخمین زده خواهد شد. برای وزن دهی آثار سال، تعداد مکان، تکرار و میانگین های سایر تیمارها در آزمایش مشخص شدند. در برخی از آزمایش ها میانگین مرکب داده ها در گزارش ارائه شده بود، بنابراین برای وزن دهی آثار فوق، تفکیک و محاسبه انجام و در وزن دهی مورد استفاده قرار گرفتند. میانگین وزن دهی لگاریتمی نسبت واکنش را که بیشترین دقت (کمترین واریانس) را ایجاد می کند، در رابطه ۱ ارائه شده است.

$$\overline{Ln R} = \frac{\sum(Ln Ri * Wi)}{\sum(Wi)} \quad (\text{رابطه ۱})$$

$\overline{Ln R}$ میانگین وزن دهی نسبت واکنش، Wi : تعداد مشاهدات در هر آزمایش و $Ln Ri$: نسبت واکنش لگاریتمی هستند. پس از محاسبه انحراف معیار و میانگین وزنی هر آزمایش، حد اطمینان بر اساس انحراف معیار و تعداد مشاهدات در سطح احتمال پنج درصد تعیین و معنی داری اثر تیمارهای مختلف بر محتوای سدیم ریشه و سایر صفات کمی و کیفی ریشه مشخص شدند. برای محاسبات و رسم شکل ها از نرم افزار اکسل استفاده شد. با توجه به اینکه تعداد مشاهدات برای هر آزمایش متفاوت بود، تعداد مشاهدات استفاده شده در هر آزمایش در جدول یک ارائه شده است. در شکل ها نقاطی به عنوان معنی دار در نظر گرفته شدند که انحراف استاندارد آن ها با صفر همپوشانی نداشتند (Soltani and Soltani, 2014).

نتایج و بحث

تراکم بوته

به منظور بررسی اثر فاصله ردیف های کاشت، تجزیه فرا تحلیل با استفاده از نتایج ۱۸ آزمایش با تعداد ۳۴ داده برای صفات کمی و کیفی ریشه چغندر قند انجام شد. نتایج نشان داد که فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر در مقایسه با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر (شاهد)، اثر معنی داری بر صفات ریشه چغندر قند داشت. فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر، باعث کاهش معنی دار عملکرد

روش هج و اولکین (Hedges and Olkin, 1985) قبل از جمع آوری داده ها، جذر ریشه متغیرها محاسبه می شود، اما محاسبه Q در آزمون هتروژنیته برای کمتر از ۱۰ و یا بیشتر از ۵۰ آزمایش دقت لازم را ندارد (Mikolajewicz and Komarova, 2019). بر این اساس در روش های فرا تحلیل مانند استوفر (Stouffer, 1949) از این آزمون استفاده نمی شود. برای استخراج و وزن دهی به داده ها و ارزیابی ناهمگنی آن ها، مجدداً فایل گزارش های نهایی مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس روش استوفر، هتروژنیته بر اساس شاخص Q محاسبه نشد. به عنوان مثال در آزمایش های مربوط به آبیاری، تیمارها بر اساس روش های مختلف آبیاری متجانس شدند. نتایج آزمایش هایی مورد استفاده قرار گرفتند که تکرار پذیر بوده و دارای تیمار شاهد بودند. با توجه به زیاد بودن حجم داده ها، آثار تیمارها روی عملکرد ریشه (RY)، عملکرد قند ناخالص (SY)، عملکرد قند خالص (WSY)، درصد قند ناخالص (Pol)، درصد قند خالص (WSC)، محتوای سدیم ریشه (Na)، ضریب استحصال شکر (ECS) و درصد قند ملاس (MS) در ارقام چغندر قند تجاری مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای فرا تحلیل از روش استوفر در اکثر مطالعات زراعی و اکولوژیکی مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده شد. در این روش اندازه اثر محاسبه شده (Osenberg et al., 1999) و حدود اطمینان آن حول میانگین ها و یا شیب ها تعیین می شود (Soltani and Soltani, 2014). ابتدا نسبت واکنش (R) با محاسبه میانگین تیمارها به شاهد هر آزمایش محاسبه و سپس تبدیل لگاریتمی (Ln R) آن بدست آمد. در مرحله بعد نسبت واکنش وزن دهی شد (Ln R*Wi). در تخمین اندازه تأثیر، آزمایش های مختلف دقت های (اشتباه معیار) متفاوتی دارند، بنابراین قبل از فرا تحلیل باید وزن دهی داده ها انجام شده و آزمایش هایی که دقت بالاتری دارند، وزن بیشتری نیز خواهند داشت. این

بهبود گیاه از شرایط محیطی، عملکرد آن افزایش می یابد (Khayamim, 2022). نتایج تجزیه ۱۲ آزمایش با ۲۸ داده برای صفات گیاهی چغندر قند نشان داد که فاصله بوته ۱۵ سانتی متر در مقایسه با فاصله بوته ۲۰ سانتی متر (شاهد) باعث کاهش معنی دار عملکرد ریشه (چهار درصد) شد (شکل ۱). فاصله بوته ۱۵ سانتی متر باعث کاهش عملکرد قند ناخالص و خالص (به ترتیب ۳ و ۲ درصد) شد، اما این کاهش معنی دار نبود (شکل ۱ و جدول ۱). در فاصله بوته ۱۵ سانتی متر محتوای سدیم ریشه ۶ درصد و قند ملاس ۵ درصد کمتر از شاهد بود. میزان قند ناخالص یک درصد و میزان قند خالص ۳ درصد بیشتر از مقدار آن در فاصله بوته ۲۰ سانتی متر بود. کاهش فاصله بوته باعث افزایش تعداد بوته ها در واحد سطح و کوچک تر شدن اندازه ریشه ها می شود. این موضوع ضمن افزایش تراکم بوته باعث افزایش رقابت بین بوته ها شده و عملکرد ریشه کاهش می یابد (Khayamim, 2022). بنابراین بهترین فاصله بوته برای کشت چغندر قند، فاصله ۲۰ سانتی متر است.

تعداد آزمایش ها در مورد فاصله ردیف و فاصله بوته چغندر قند نسبت به سایر تیمارهای زراعی محدودتر بود. در فراتحلیل به روش استوفر حداقل تعداد آزمایش ها ۳۴ آزمایش است (Stouffer 1949). با این وجود در تجزیه فراتحلیل کشاورزی، از نتایج دو تا ۱۰۰۰ آزمایش استفاده شده است (Eskandar *et al.*, 2020)، اما با توجه به اینکه اساس این تحقیق آزمون T است و از این آزمون در شرایطی استفاده می شود که تعداد آزمایش ها کمتر از ۳۰ آزمایش باشد (Mikolajewicz and Komarova, 2019)، تعداد آزمایش های مورد استفاده در این تحقیق برای تجزیه فراتحلیل کافی بوده است. در فراتحلیل با تعداد آزمایش های بیشتر باید از مدل های پیچیده تری برای تلفیق داده ها، شناسایی کمبود داده و برآورد داده ها استفاده شود (Mikolajewicz and Komarova, 2019).

ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به ترتیب ۶، ۷ و ۱۰ درصد) شد (شکل ۱ و جدول ۱). در این فاصله ردیف محتوای قند ملاس به مقدار ۱۳ درصد و به طور معنی داری بیشتر از شاهد بود. محتوای سدیم ریشه در این فاصله ردیف به ترتیب ۲۱ درصد بیشتر از شاهد و درصد قند ناخالص و خالص به ترتیب ۳ و ۶ درصد کمتر از فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر بود؛ هر چند که این تغییرات معنی دار نبودند. فاصله ردیف ۴۵ سانتی متر در مقایسه با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر، اثر معنی داری بر عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص و ناخالص، درصد قند خالص و ناخالص، قند ملاس، محتوای سدیم ریشه و راندمان استحصال چغندر قند نداشت (شکل ۱ و جدول ۱). با این وجود، درصد تغییرات این صفات نسبت به فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر کمتر بود، به طوری که عملکرد ریشه، قند ناخالص و قند خالص نسبت به فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر به ترتیب ۳، ۳ و ۲ درصد و محتوای سدیم ریشه ۷ درصد کاهش نشان دادند که این مقدار کاهش باعث کاهش نیم درصدی قند ملاس و افزایش ۰/۳ درصدی عیار قند خالص شد (شکل ۱ و جدول ۱). نتایج مربوط به تیمارهای فاصله ردیف کاشت نشان داد که فاصله ردیف ۴۵ سانتی متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر تفاوت معنی دار نداشت. فاصله ردیف ۶۰ سانتی متر نیز نسبت به فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر برتری نداشت و ضمن کاهش معنی دار عملکرد ریشه، قند ناخالص و خالص، افزایش محتوای سدیم ریشه باعث افزایش میزان قند ملاس و کاهش قند قابل استحصال شد. بنابراین بهترین فاصله ردیف های کاشت برای چغندر قند، فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر شناخته شد. فاصله ردیف زیاد باعث کاهش تعداد و کاهش عملکرد ریشه شده و فاصله ردیف کم نیز ممکن است در برداشت ماشینی مشکل ایجاد کند (Grove *et al.*, 2018). انتخاب فاصله ردیف کاشت مناسب باعث ایجاد تراکم بوته مطلوب شده و در نتیجه رقابت های بین و درون گونه ای کاهش یافته و با استفاده

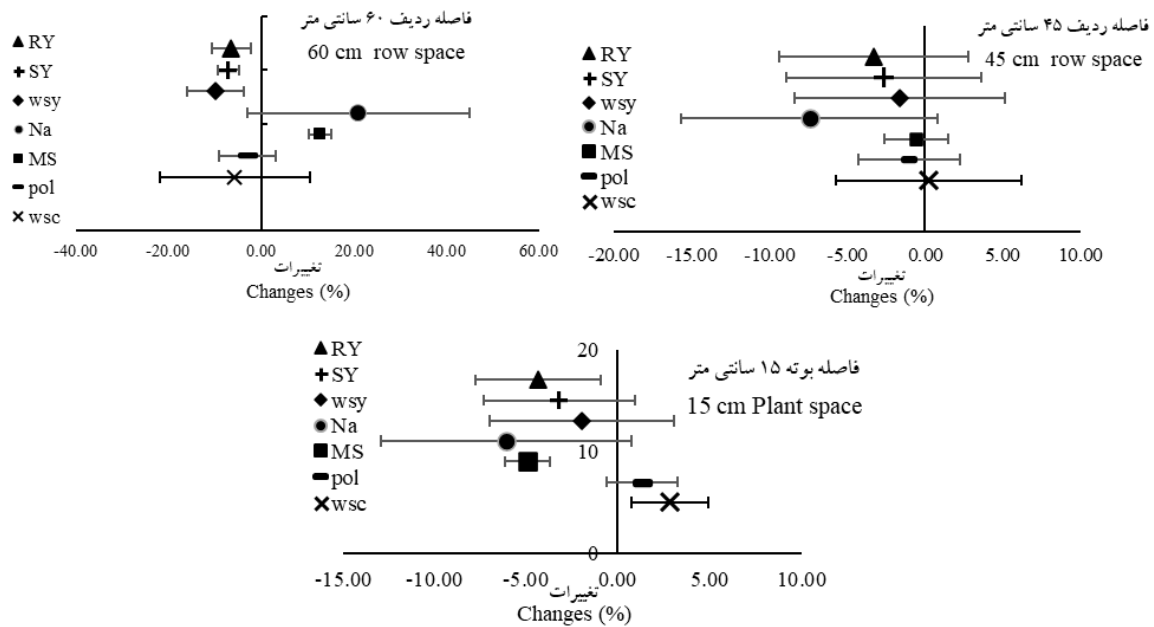
جدول ۱- نتایج فراتحلیل اثر عوامل زراعی بر عملکرد و کیفیت ریشه چغندر قند بر اساس نتایج آزمایش‌های انجام شده طی ۲۳ سال در نقاط مختلف کشور

Table 1. Meta-analysis results for agronomic factors effects on root yield and quality of sugar beet during 23 years experiments in different regions of the country

Agronomic treatments	تیمارهای زراعی	عملکرد ریشه		عملکرد قند ناخالص		عملکرد قند خالص		سدیم ریشه		راندمان استحصال		قند ملاس		درصد قند ناخالص		درصد قند خالص	
		Root yield		Sugar yield		White sugar yield		Root Na content		ECS		Molasses sugar		Sugar content		White sugar content	
		(RY)	(SY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)	(WSY)
		تغییرات		تغییرات		تغییرات		تغییرات		تغییرات		تغییرات		تغییرات		تغییرات	
		تعداد	Changes	تعداد	Changes	تعداد	Changes	تعداد	Changes	تعداد	Changes	تعداد	Changes	تعداد	Changes	تعداد	Changes
		No	(%)	No	(%)	No	(%)	No	(%)	No	(%)	No	(%)	No	(%)	No	(%)
60 cm row space	فاصله ردیف ۶۰	34	-6.46*	34	-7.06*	34	-9.93*	16	21.01 ^{ns}	-	-	16	12.74*	16	-2.91 ^{ns}	16	-5.70 ^{ns}
60 cm row space	فاصله ردیف ۴۵	34	-3.30 ^{ns}	34	-2.60 ^{ns}	34	-1.63 ^{ns}	16	-7.38 ^{ns}	-	-	16	-0.53 ^{ns}	16	-0.98 ^{ns}	16	0.26 ^{ns}
15 cm plant space	فاصله بوته ۱۵	28	-4.36*	28	-3.19 ^{ns}	28	-1.96 ^{ns}	28	-6.09 ^{ns}	-	-	20	-4.93*	28	1.33 ^{ns}	28	2.82*
Rotation	تناوب زراعی	64	17.46*	64	23.70*	64	26.65*	64	13.08 ^{ns}	-	-	64	-0.86 ^{ns}	64	-2.25 ^{ns}	64	-0.49 ^{ns}
Soil preparation	آماده‌سازی خاک	188	-3.48 ^{ns}	188	-4.92 ^{ns}	96	-9.15*	188	-5.02 ^{ns}	96	-1.04*	-	-	188	-1.50*	96	-4.34*
First season drought stress	تنش خشکی ابتدای فصل	328	-20.77*	328	-18.80*	328	-18.25*	328	-12.07*	312	0.36 ^{ns}	328	0.37 ^{ns}	328	2.03 ^{ns}	328	2.08 ^{ns}
Terminal drought stress	تنش خشکی انتهای فصل	304	-41.49*	304	-42.13*	304	-43.13*	304	10.38 ^{ns}	288	-2.69*	304	6.91 ^{ns}	304	-3.85 ^{ns}	304	-6.41 ^{ns}
Moderate drought stress	تنش خشکی متوسط	130	-11.87 ^{ns}	130	-9.28 ^{ns}	130	-8.40 ^{ns}	112	-5.02 ^{ns}	106	1.57 ^{ns}	112	-2.30 ^{ns}	130	3.09 ^{ns}	130	4.52 ^{ns}
Severe drought stress	تنش خشکی شدید	1000	-32.57*	868	-31.98*	904	-32.32*	790	2.44 ^{ns}	748	-2.16*	730	13.53*	1000	1.92 ^{ns}	772*	-6.25 ^{ns}

ns and *: = not significant and significant at 5% probability levels, respectively

n و *: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد



شکل ۱- تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، محتوای سدیم ریشه، قند ملاس، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص چغندر قند در فاصله ردیف ۶۰ و ۴۵ سانتی متر نسبت به فاصله ۵۰ سانتی متر (شاهد) و فاصله بوته ۱۵ سانتی متر در مقایسه با فاصله ۲۰ سانتی متر (شاهد)

Fig. 1. Changes of root yield (RY), sugar yield (SY), white sugar yield (WSY), root sodium content (Na), molasses (MS), sugar content (pol) and white sugar content (WSC) of sugar beet in 60 and 45 cm row spaces compared to 50 cm row space (control) and in 15 cm plant space compared to 20 cm plant space (control)

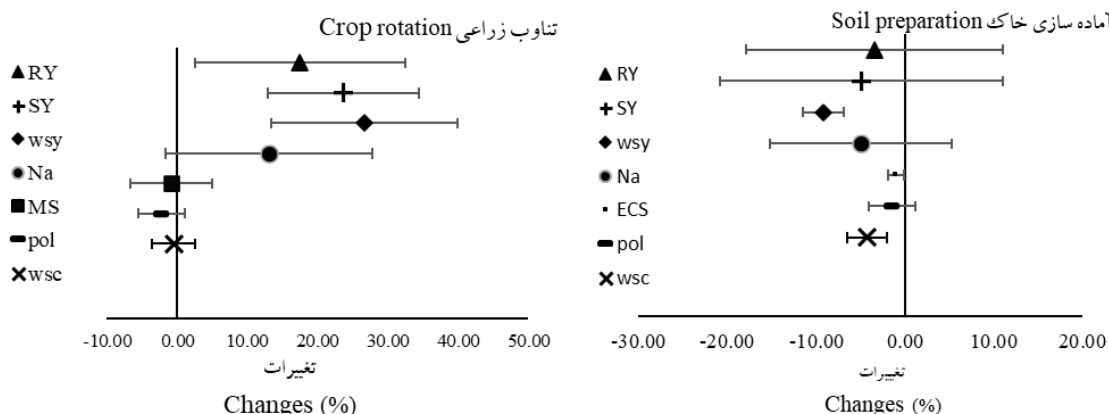
طور معمول از تناوب گندم- چغندر قند استفاده می کنند. نتایج این فراتحلیل نشان داد که تناوب بقولات- گندم- چغندر قند باعث افزایش چشمگیر عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و قند خالص و در نتیجه درآمد بیشتر برای کشاورز از زراعت چغندر قند خواهد شد. استفاده از گیاهان بقولاتی مانند یونجه در تناوب، باعث افزایش دوره تناوب شده و ضمن افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش عملکرد چغندر قند را نیز در بر خواهد داشت. در این تناوب باید توجه داشت که چغندر قند بلافاصله بعد از بقولات کشت نشود، زیرا احتمال آسیب به گیاه در اثر پوسیدگی ریشه بیشتر خواهد شد. کشت غلات بعد از بقولات و قبل از چغندر قند، ضمن کاهش پوسیدگی ریشه، باعث نفوذ بهتر ریشه چغندر قند در خاک خواهد شد (Khayamim, 2022).

تناوب زراعی و آماده سازی خاک

نتایج تجزیه ۲۴ آزمایش با ۶۴ داده مربوط به تناوب زراعی نشان داد که تناوب بقولات- گندم- چغندر قند در مقایسه با تناوب گندم- چغندر قند، باعث افزایش معنی دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به ترتیب ۱۷/۵، ۲۴ و ۲۷ درصد شد (شکل ۲ و جدول ۱). تناوب بقولات- گندم- چغندر قند باعث افزایش غیر معنی دار محتوای سدیم ریشه (۱۳ درصد) نسبت به شاهد شد و قند ملاس، درصد قند ناخالص و خالص به ترتیب یک، ۲ و ۰/۵ درصد کاهش غیر معنی دار داشتند. تناوب زراعی یکی از روش های افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش عملکرد و کاهش آلودگی های زیست محیطی است. نوع گیاهان مورد استفاده در تناوب و جایگاه چغندر قند در تناوب بسیار مهم است (Khayamim, 2022). کشاورزان به

تغییرات معنی دار نبودند، اما درصد قند خالص به مقدار ۴ درصد و به صورت معنی داری کمتر بود. بنابراین با توجه به اینکه روش های مختلف خاک ورزی باعث کاهش عملکرد ریشه و قند چغندر قند می شوند، بهترین روش عملیات خاک ورزی سنگین در پاییز و اجرای دیسک و ایجاد ردیف های کاشت در بهار است. البته در این روش انرژی مصرفی بیشتر است و کاهش عملیات خاک ورزی باعث افزایش حفاظت از خاک و استفاده بهینه از انرژی و سوخت می شود. عملیات کم خاک ورزی (بدون به هم زدن خاک) باعث کاهش عملکرد ریشه می شود و استفاده از ادواتی مانند زیرشکن در پاییز (به جای گاو آهن) می تواند در بهبود مصرف انرژی موثر باشد (Cavalaris and Gemtos, 2002).

فرا تحلیل با استفاده از نتایج ۳۷ آزمایش با تعداد ۹۶ داده در مورد روش های آماده سازی خاک شامل عملیات خاک ورزی سبک و سنگین در پاییز، عملیات خاک ورزی سنگین در پاییز و عملیات خاک ورزی سبک در بهار با استفاده از کمینات، دیسک، روتواتور و پنجه غازی نشان داد که عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص در مقایسه با عملیات خاک ورزی سنگین در پاییز و اجرای دیسک و ایجاد ردیف های کاشت در بهار (شاهد)، به ترتیب ۳/۵ و ۴/۹ درصد کمتر بودند. عملکرد قند خالص ۹/۲ درصد و به طور معنی داری نسبت به شاهد کمتر بود (شکل ۲ و جدول ۱). محتوای سدیم ریشه ۵ درصد، راندمان استحصال یک درصد، درصد قند ناخالص ۱/۵ درصد کمتر از شاهد بودند که این



شکل ۲- تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، محتوای سدیم ریشه، راندمان استحصال، قند ملاس، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص در تناوب گندم - بقولات - چغندر قند نسبت به تناوب گندم - چغندر قند (چپ) و روش های آماده سازی های خاک برای چغندر قند در مقایسه با روش مرسوم (راست)

Fig. 2. Changes of root yield (RY), sugar yield (SY), white sugar yield (WSY), root sodium content (Na), Purity (ECS), molasses (MS), sugar content (pol) and white sugar content (WSC) of sugar beet in rotation of wheat-legume-sugar beet compared to wheat-sugar beet (left) and soil preparations methods compared to conventional method (right)

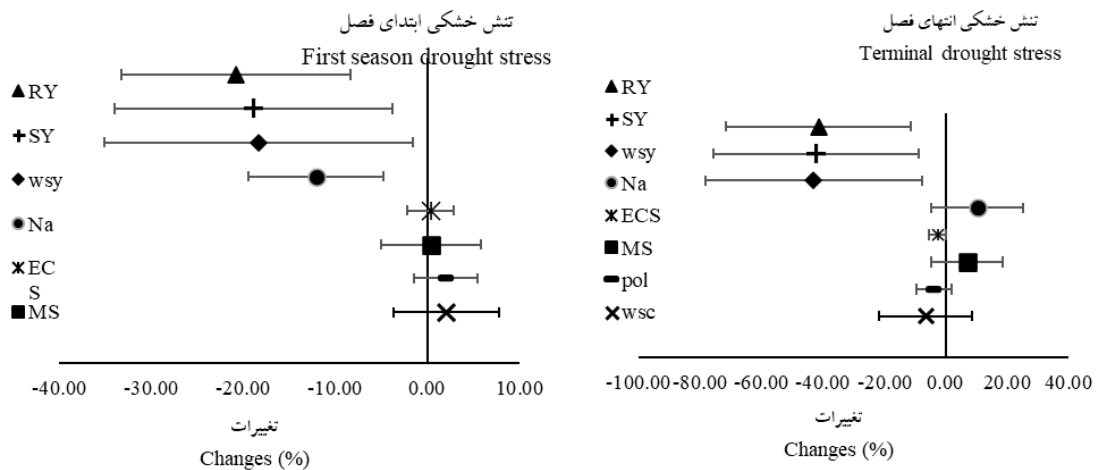
کاهش معنی دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به ترتیب ۲۱، ۱۹ و ۱۸ درصد) شد (شکل ۳ و جدول ۱). محتوای سدیم ریشه حدود ۱۲ درصد و به طور معنی داری نسبت به شرایط بدون تنش (شاهد)

آبیاری

فرا تحلیل با استفاده از نتایج ۲۹ تحقیق از مجموع ۳۱۰ آزمایش موجود درباره آبیاری نشان داد که تنش خشکی ابتدای فصل؛ بعد از استقرار بوته ها، باعث

و شکل ۳). تنش خشکی انتهای فصل باعث افزایش ۱۰ درصد محتوای سدیم ریشه شد که البته معنی دار نبود. این موضوع نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی ابتدای فصل بر کاهش محتوای سدیم ریشه چغندر قند بیشتر از تنش خشکی انتهای فصل است. تنش خشکی انتهای فصل در مقایسه با تنش ابتدای فصل باعث افزایش مقدار ملاس شده و در نتیجه راندمان استحصال، درصد قند ناخالص و خالص به ترتیب ۳، ۴ و ۶ درصد نسبت به شرایط بدون تنش (شاهد) کمتر بودند.

کمتر بود که این موضوع نشان می‌دهد تنش خشکی ابتدای فصل در کاهش محتوای سدیم ریشه چغندر قند موثر است. تغییرات راندمان استحصال و قند ملاس در شرایط تنش خشکی ابتدای فصل کمتر از نیم درصد و غیر معنی دار بودند. درصد قند ناخالص و خالص حدود دو درصد افزایش داشتند که البته نسبت به شاهد معنی دار نبودند. تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش معنی دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص چغندر قند (به ترتیب ۴۲، ۴۲ و ۴۳ درصد) شد (جدول ۱



شکل ۳- تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، محتوای سدیم ریشه، راندمان استحصال، قند ملاس، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص چغندر قند در شرایط تنش خشکی ابتدای فصل (چپ) و تنش خشکی انتهای فصل (راست) در مقایسه با شرایط بدون تنش

Fig. 3. Changes of root yield (RY), sugar yield (SY), white sugar yield (WSY), root sodium content (Na), Purity (ECS), molasses (MS), sugar content (pol) and white sugar content (WSC) of sugar beet in the first season (left) and terminal drought stress (right) compared to normal condition

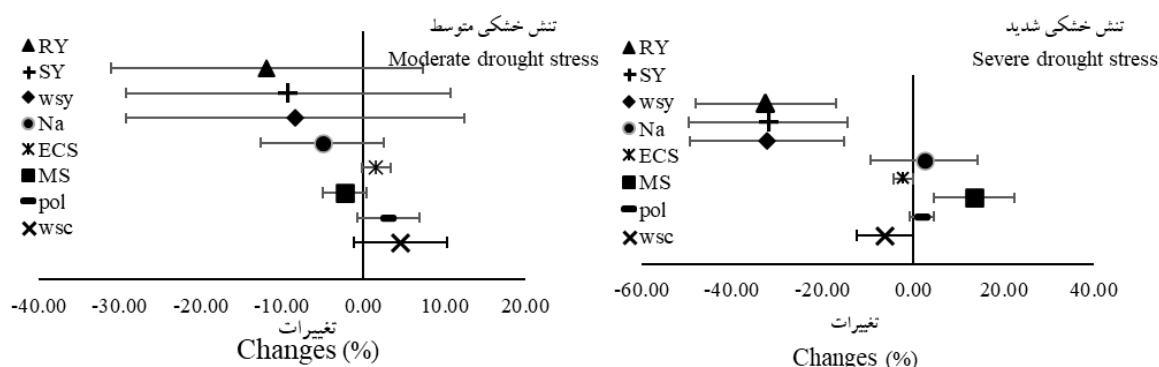
بودند. راندمان استحصال، درصد قند ناخالص و خالص به ترتیب ۲، ۳ و ۵ درصد نسبت به شاهد بیشتر بودند که البته هیچ کدام از آنها معنی دار نبودند. این موضوع نشان می‌دهد که تنش متوسط خشکی اثر معنی داری بر عملکرد ریشه، راندمان استحصال، درصد قند و ناخالصی‌های چغندر قند ندارد. تنش خشکی شدید (آبیاری پس از ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبت و یا ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) در مقایسه با آبیاری کامل

فرا تحلیل نتایج ۷۰ تحقیق از مجموع ۳۱۰ آزمایش موجود درباره مقدار آب مصرفی نشان داد که تنش خشکی متوسط (آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت یا ۱۲۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) باعث کاهش عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به ترتیب ۱۲، ۹ و ۸ درصد) شد (شکل ۴ و جدول ۱). محتوای سدیم ریشه حدود ۵ درصد و قند ملاس حدود ۲ درصد نسبت به آبیاری کامل کمتر

شرایط تنش و افزایش سطح برگ‌ها موثر است (Przemysław, 2013). در مناطقی مانند انگلستان مشاهده شده است که در ابتدای فصل رشد (اردیبهشت) محتوای سدیم ریشه چغندر قند زیاد بوده و در خرداد تا انتهای فصل، مقدار آن کاهش می‌یابد (Hoffman and Kluge-Severin, 2011). کاهش محتوای سدیم و پتاسیم ریشه در طی فصل رشد چغندر قند در شرایط اقلیمی ایران نیز گزارش شده است (Anonymous, 2013). به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی کاهش محتوای سدیم برای بازیابی رشد گیاه انجام می‌شود. کاهش عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص و خالص در شرایط تنش خشکی در آزمایش‌های مختلف گزارش شده است، اما نتیجه تجزیه فرا تحلیل روی تحقیقات انجام شده در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند و کشور طی ۲۳ سال نشان داد که تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش حدود ۳۰ درصد و تنش خشکی شدید (آبیاری پس از تخلیه ۱۰۰ درصد رطوبت خاک و یا ۲۰۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر) باعث کاهش حدود ۴۰

باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص چغندر قند (به ترتیب ۳۳، ۳۲ و ۳۲ درصد) شد (جدول ۱ و شکل ۴). تنش شدید نیز مانند تنش متوسط اثر معنی‌داری بر محتوای سدیم ریشه نداشت و مقدار سدیم حدود ۲ درصد بیشتر بود. براساس نتایج به دست آمده، فقط اثر تنش خشکی ابتدای فصل روی میزان سدیم ریشه معنی‌دار بود. تنش خشکی شدید باعث کاهش راندمان استحصال (۲ درصد) و افزایش معنی‌دار قند ملاس (۱۴ درصد) شد و باعث کاهش ۶ درصد در میزان قند خالص ریشه چغندر قند شد.

نتایج فرا تحلیل نشان داد که تنش خشکی ابتدای فصل (پس از استقرار بوته‌ها) ضمن کاهش اجزای عملکردی چغندر قند، باعث کاهش ۱۲ درصدی محتوای سدیم ریشه شد. سدیم همراه با پتاسیم از عناصر مهم در تبادل کاتیونی است که به راحتی جایگزین پتاسیم می‌شود و در گیاهانی مانند چغندر قند، در افزایش محتوای آب سلول‌های برگ، تنظیم فعالیت سلول‌های محافظ روزنه، بهبود وضعیت آب گیاه در



شکل ۴- تغییرات عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص، عملکرد قند خالص، محتوای سدیم ریشه، راندمان استحصال، قند ملاس، درصد قند ناخالص و درصد قند خالص چغندر قند در تنش متوسط (چپ) و تنش شدید خشکی (راست) در مقایسه با شرایط بدون تنش

Fig. 4. Changes of root yield (RY), sugar yield (SY), white sugar yield (WSY), root sodium content (Na), Purity (ECS), molasses (MS), sugar content (pol) and white sugar content (WSC) of sugar beet in moderate (left) and severe drought stresses (right) compared to normal condition

درصد اجزای عملکرد چغندر قند می‌شوند. این مقدار کاهش عملکرد باعث کاهش تولید شکر و کاهش درآمد کشاورزان خواهد شد، بنابراین مدیریت آبیاری بسیار مهم بوده و می‌تواند در بهره‌وری آب بسیار موثر باشد. نتایج یک تحقیق مدل‌سازی عملکرد چغندر قند در منطقه خراسان نشان داد که عملکرد واقعی کشاورزان (۳۳/۵ تن در هکتار) تنها یک سوم عملکرد قابل حصول (۹۷/۳ تن در هکتار) بوده و پایین بودن بهره‌وری آب آبیاری (۱/۸ تا ۳/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب) در منطقه مورد مطالعه نشان دهنده عدم مدیریت صحیح آبیاری، به‌رغم مصرف بالای آب در برخی از شهرستان‌ها و کاهش بهره‌وری مصرف آب و وقوع تنش خشکی در طول فصل رشد بود (Mohammadi-Ahmadm Mahmoudi et al., 2019). مصرف زیاد آب و آبیاری غرقابی مهم‌ترین عوامل مدیریتی در افزایش محتوای سدیم ریشه چغندر قند شناخته شده‌اند. بر اساس هر عاملی که باعث کاهش تهویه خاک شود، باعث افزایش محتوای سدیم ریشه و کاهش کیفیت و ضریب استحصال قند از ریشه چغندر قند خواهد شد. این موضوع نشان می‌دهد که چندین عامل در افزایش محتوای سدیم ریشه و در نتیجه کاهش درصد قند قابل استحصال و کیفیت چغندر قند موثر هستند (Noshad and Khayamim, 2017).

نتیجه‌گیری

بالا بودن محتوای سدیم ریشه همواره یکی از مشکلات کیفی محصول چغندر قند بوده است. بر این اساس در تحقیق حاضر ضمن استفاده از نتایج تحقیقات انجام شده، نقش برخی از عوامل موثر بر محتوای سدیم ریشه در قالب تجزیه فراتحلیل مورد ارزیابی قرار گرفت. فراتحلیل روی اطلاعات ۲۳ ساله حاصل از پروژه‌های تحقیقاتی اجرا شده در مناطق مختلف کشور، سهم عواملی که اثر معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت ریشه چغندر قند، به‌ویژه محتوای سدیم ریشه، داشتند،

مشخص شد. در بین عوامل مورد بررسی شامل تناوب زراعی، آماده‌سازی خاک، فاصله ردیف‌های کاشت و فاصله بوته‌ها روی ردیف، آبیاری شامل تنش خشکی ابتدا و انتهای فصل و تنش متوسط و شدید، بیشترین اثر مثبت بر صفات ریشه مربوط به رعایت تناوب زراعی بود. تناوب زراعی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص (به‌ترتیب ۱۷/۵، ۲۳/۷ و ۲۶/۷ درصد) شد. تناوب بقولات- گندم- چغندر قند نسبت به تناوب مرسوم گندم- چغندر قند، باعث افزایش اجزای عملکرد چغندر قند در حدود ۲۰ درصد شد. روش‌های آماده‌سازی خاک و استفاده از ادوات مختلف اثر معنی‌داری بر صفات چغندر قند نداشتند و بهترین روش آماده‌سازی خاک، شخم یا زیر شکن در پاییز و اجرای عملیات سبک شامل دیسک و ایجاد ردیف‌های کاشت در بهار شناخته شدند. فاصله ردیف ۴۵ سانتی‌متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر تفاوت معنی‌داری نداشت، اما افزایش فاصله ردیف کاشت به ۶۰ سانتی‌متر به علت کاهش تراکم بوته‌ها، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد ریشه و عملکرد قند ناخالص و خالص به مقدار ۶ تا ۱۰ درصد شد. تغییر فاصله بوته‌ها از ۲۰ سانتی‌متر به ۱۵ سانتی‌متر نیز اثر معنی‌داری بر صفات چغندر قند نداشت. نتایج فراتحلیل نشان داد که تنش خشکی ابتدای فصل باعث کاهش محتوای سدیم ریشه (۱۲ درصد) چغندر قند شد. در ایران کشاورزان معمولاً آخرین آب آبیاری (دان‌آب) را به مصرف مزارع گندم می‌رسانند و ممکن است آب مزرعه چغندر قند را قطع کنند. در صورتی که قطع آب در ابتدای فصل و بعد از استقرار بوته‌های چغندر قند انجام شود، وقوع تنش خشکی ضمن کاهش محتوای سدیم ریشه در طول فصل، باعث کاهش عملکرد ریشه، قند خالص و ناخالص نیز خواهد شد، اما مقدار کاهش عملکرد در مقایسه با تنش خشکی انتهای فصل کمتر خواهد بود. تنش خشکی انتهای فصل در مقایسه با شرایط بدون تنش، باعث بیشترین مقدار کاهش

آب، مقدار عملکرد هم کاهش چندانی نخواهد داشت. تنش خشکی شدید باعث کاهش عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و قند خالص به مقدار ۳۳، ۳۲ و ۳۲ درصد شد، بنابراین با مدیریت صحیح آبیاری در دوره رشد گیاه چغندر قند می توان عملکرد اقتصادی مناسبی بدست آورد.

عواملی مانند شرایط اقلیمی، نوع رقم و سایر عوامل مدیریتی مانند زمان کاشت، مقدار و نوع کودهای مصرفی، آفات و بیماری ها نیز بر محتوای سدیم ریشه، ناخالصی ها و در نتیجه قند قابل استحصال چغندر قند اثر دارند که با استفاده از روش فراتحلیل می توان جهت تعیین میزان اثر آن ها استفاده کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند بابت حمایت از اجرای این پروژه با کد مصوب ۹۸۰۴۵۳-۹۸۰۲۷-۰۲-۰۲-۲ سپاسگزاری می نمایند.

در صفات کمی ریشه چغندر قند شد. مقدار کاهش عملکرد ریشه، عملکرد قند ناخالص و خالص به ترتیب ۴۲، ۴۲ و ۴۳ درصد بودند. برخی از کشاورزان برای افزایش درصد قند ناخالص (شیرین شدن چغندر قند در اصطلاح عامیانه) نسبت به قطع آبیاری در اواخر فصل رشد اقدام می کنند. این اقدام باعث کاهش شدید عملکرد و در نتیجه عملکرد شکر خواهد شد، بنابراین قطع آبیاری در مراحل رسیدگی تکنولوژیکی چغندر قند قابل توصیه نیست. تنش خشکی متوسط (آبیاری پس از ۷۰ درصد تخلیه رطوبت یا ۱۲۰ تا ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر) در مقایسه با آبیاری کامل اثر معنی داری بر عملکرد و کیفیت چغندر قند نداشت. تنش خشکی متوسط باعث کاهش ۸ تا ۱۲ درصدی اجزای عملکرد چغندر قند شد، اما این کاهش معنی دار نبود. با توجه به اینکه درصد قند ناخالص و خالص بر مبنای وزن تر ریشه محاسبه می شوند، عملکرد ریشه حدود سه درصد افزایش یافت، بنابراین به منظور کاهش مصرف آب، می توان مصرف آب را پس از ۷۰ درصد از تخلیه رطوبت خاک انجام داد و به این ترتیب ضمن صرفه جویی در مصرف

References

منابع مورد استفاده

- Abdollahian Noghbi, M. 2004.** Investigation on sugar beet impurities in Iran. Final Report. 22492. Sugar Beet Seed Institute. [In Persian].
- Anonymous. 2013.** Standards for root yield potential of sugar beet and loss assessment in sugar beet fields. Agricultural Insurance Fund. [In Persian].
- Cavalari, C. C. and Gemtos, T. A. 2002.** Evaluation of tillage efficiency and energy requirements for five methods of soil preparation in the sugar beet crop. EE & AE'2002 International Scientific Conference, Apr. 4-6. 2002, Rousse, Bulgaria.
- Draycott, A. P. 2006.** Sugar Beet. Black Well Publishing. DOI: 10.1002/9780470751114.
- Draycott, A. P. and Christenson, D. R. 2003.** Nutrients for sugar beet production. Soil Plant Relationships, CABI Publishing. 242 pages. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1900>
- Eskandar A. A., Muna, A. and Sur, S. A. 2020.** Meta-analysis for agriculture researches (Review). *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 48(4), pp.21-32. <https://doi.org/10.33899/MAGRJ.2020.127947.1064Download>
- Fasahat, P., Aghaezadeh, M., Kakueinezhad, M. and Jabbari, L. 2021.** Meta-Analysis of root yield and

- sugar yield of sugar beet genotypes in Karaj region. *Plant Productions*, 44(3), pp.357-368. [In Persian]. <https://doi.org/10.22055/ppd.2020.32307.1870>
- Glass, G. V. 1976.** Primary, Secondary and Meta-analysis. *Educational Research*, 5(10). <https://doi.org/10.3102/0013189X005010003>
- Grove, T., Holy, M., Cattanch, A. and Christenson, J. 2018.** Narrow row sugar beet production. <https://www.sbreb.org/wp-content/uploads/2018/09/NarrowRowSugarbeet.pdf>. American Crystal Sugar Company.
- Gurevitch, J. and Hedges, L.V. 1999.** Statistical issues in ecological meta-analyses. *Ecology*, 80, pp.1142-1149. <https://doi.org/10.2307/177061>
- Hedges, L. V. and Olkin, I. 1985.** Statistical Methods for Meta-Analysis. Academic Press, New York, USA. <https://www.jstor.org/stable/177062>
- Hoffmann C. M., Kluge-Severin, S. 2011.** Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. *European Journal of Agronomy*, 34, pp.1-9. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.09.001>
- Huang, S., Zeng, Y., Wu, J., Shi, Q. and Pan, X. 2013.** Effect of crop residue retention on rice yield in China: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 154, pp.188-194. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2013.08.013>
- ISFS. 2022.** Yield statistic tables of sugar factories in Iran. Iranian Sugar Factories Syndicate (ISFS) [In Persian]. Available at: <http://www.isfs.ir/amalkard1.htm>
- Khayamim, S. 2022.** Improving Sugar beet production under salinity condition. pp. 459-471. In: Misra, V. et al. (Eds.), Sugar Beet Cultivation, Management and Processing. Springer Nature Singapore Pte. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2730-0_23
- Knox, J., Daccache, A., Hess, T. and Haro, D. 2016.** Meta-analysis of climate impacts and uncertainty on crop yields in Europe. *Environmental. Research. Letter*, 11(2016), 113004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/113004>
- Linquist, B. A., Liu, L., van Kessel, C. and van Groenigen, K. J. 2013.** Enhanced, efficiency nitrogen fertilizers for rice systems: Meta-analysis of yield and nitrogen uptake. *Field Crops Research*, 154, pp.246-254. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.08.014>
- Lu, M., Zhou, X., Luo, Y., Yang, Y., Fang, C., Chen, J. and Li, B. 2001.** Minor stimulation of soil carbon storage by nitrogen addition: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(1-2), pp.234-244. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.010>
- Osenberg, C. W., Sarnelle, O., Cooper, S. D. and Holt, R. D. 1999.** Resolving ecological questions through meta-analysis: goals, metrics, and models. *Ecology*, 80, pp.1105-1117. <https://doi.org/10.2307/177058>
- Mikolajewicz, N. and Komarova, S. V. 2019.** Meta-Analytic methodology for basic research: A practical guide. *Frontiers in Physiology*, 10, pp.203. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00203>
- Mohammadi-Ahmadmahmoudi, E., Deihimfard, R. and Noori, O. 2019.** Assessment of water productivity

- and supply: demand ratio index in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Khorasan Razavi province, Iran using growth simulation models. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 21(3), pp.268-282. [In Persian].
<https://agrobreedjournal.ir/article-1-1060-fa.html>
- Noshad, H. and Khayamim, S. 2017.** Soil management in control of root sodium and increase of sugar beet root quality. 15th Iranian Soil Science Congress. Aug. 28-30, Isfahan University of Technology. Isfahan, Iran [In Persian].
- Noshad, H., Babae, B., Sheikholeslami, R. and Orazizadeh, M. R. 2006.** Effect of year and waterlogging on sodium uptake by sugar beet root. 28th seminar of Sugar Factory Society of Iran. Mashhad. [In Persian].
- Przemysław B. 2013.** The soil Na concentration as a background of fertilizer Na recommendation: A case of sugar beet, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 63(3), pp.206-218.
<https://doi.org/10.1080/09064710.2012.751450>
- Reinefeld, E., Emmerich, A., Baumgarten, G., Winner, C. and Beiss, U. 1974.** Zur voraussage des melassezuckers aus rubenanalysen. *Zucker*, 27, pp.2-15.
- Soltani, E. and Soltani, A. 2014.** Necessity of using meta-analysis in field crops researches. *Crop Production*, 7(3), pp.206-213. [In Persian]. 20.1001.1.2008739.1393.7.3.12.9
- Stouffer, S. A. 1949.** A study of attitudes. *Scientific American Magazine*, 14(5), pp.11-15.
<https://doi.org/10.1038/scientificamerican0549-11>
- Taleghani, D. 2021.** Meta-analysis of some effective factors on quality and quantity characteristic of sugar beet. Final Report 58101. Sugar Beet Seed Institute. [In Persian].
- Valkama, E., Risto, U., Ylivainio, K., Virkajarv, P. and Turtola, E. 2009.** Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 130(3-4), pp.75-85.
<https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2008.12.004>
- Wang, L., Feng, Z. and Schjoerring, J. K. 2013.** Effects of elevated atmospheric O₂ on physiology and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.): A meta-analytic test of current hypotheses. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 178, pp.57-63. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2013.06.013>