چغندرقند/ جلد ۳۸/ شماره ۱/ ۱۴۰۱

گزارش کوتاه: بررسی شکر تولیدی از چغندرقند در سال ۱۴۰۰

Short report: Evaluation of sugar production from sugar beet in 2021

بابک بابائی [۱]* و مصطفی حسین پور [۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۷

DOI: 10.22092/jsb.2023.361592.1325

چکیده

نوع رقم، مدیریت زراعی، بیماری‌های خاکزی، شرایط زیست محیطی، نحوه سرزنی و مدت سیلو از عوامل مؤثر بر عملکرد، عیار و راندمان استحصال شکر از چغندرقند می‌باشند. این گزارش با هدف مقایسه اطلاعات بهره‌برداری کارخانه‌های قند شکر کشور برای دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰تنظیم گردید. بررسی آمار بهره‌برداری کارخانه‌های قند شکر کشور در سال ۱۴۰۰ نشان از تولید ۱۴۶۱۹۶۵ تن شکر دارد که ۸۸۱۴۸۰ تن (۶۰/۳ درصد) آن از چغندرقند و ۵۸۰۴۶۵ تن بقیه (۳۹/۷ درصد) از نیشکر می‌باشد. در مقایسه با تولید ۱۶۰۲۶۳۹ تن شکر در سال ۱۳۹۹ که ۷۶۷۰۴۷ تن آن از چغندر قند (۴۷/۹ درصد) و مابقی ۸۳۵۵۹۲ تن (۵۲/۱ درصد) از نیشکر است حدود ۸/۸ درصد کاهش تولید مشاهده می‌شود. این درحالی است که تولید شکر از چغندرقند در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۳۹۹ حدود ۱۲/۴ درصد افزایش داشته و سطح زیرکشت آن در سال ۱۴۰۰ در دوکشت بهاره و پاییزه با سطح سبز ۱۲۱۸۱۳ هکتار در مقایسه با سال ۱۳۹۹ حدود ۱۳/۴ درصد افزایش نشان می‌دهد. اما میانگین عیار و راندمان استحصال در سال ۱۴۰۰ به‌ترتیب با مقدار ۱۶/۳۵ و ۸۰/۵۳ درصد در مقایسه با سال ۱۳۹۹ به ترتیب ۰/۶ و ۱/۴۷ درصد کاهش نشان می‌دهد که می‌تواند در اثر نحوه ناقص سرزنی و مدت نگه‌داری چغندرقند در سیلوی کارخانه‌های قند باشد.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، راندمان استحصال، شکر

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

*- نویسنده مسئول babak_babaee@yahoo.com

مقدمه

افزایش شکر تولیدی از چغندرقند علاوه‌بر افزایش سطح کشت به عملکرد، عیار و راندمان استحصال بستگی دارد. به عبارت دیگر در راستای تولید چغندرقند در مزرعه راندمان استحصال مهم‌ترین عامل در قیمت شکر تولیدی است که به کیفیت فنی چغندرقند و روش‌های استحصال بستگی دارد(Cooke and Scott 1993). استحصال ساکارز در کارخانه‌های قند چغندری با استخراج مواد جامدمحلول یعنی ساکارز و ترکیبات غیرقندی از بافت‌های ریشه به شربت خام و به دنبال آن جداسازی بخش عمده ترکیبات غیرقندی محلول برای افزایش درجه خلوص شربت‌خام انجام می‌گیرد. با وجود انجام عملیات تصفیه تمامی ساکارز موجود در ریشه چغندرقند قابل‌استحصال نیست. دلیل آن وجود بعضی از ترکیبات شامل نمک‌های همراه با سدیم، پتاسیم، آلفاآمینو نیتروژن، قندهای گلوکز و فروکتوز، رافینوز، نیترات و غیره می‌باشند که موجب می‌شوند تا حلالیت ساکارز در شربت غلیظ افزایش و تبلور آن کاهش پیدا کند و در خاتمه بخشی از ساکارز به شکل ملاس در آید (Van der poel *et al*. 1998).

فرمول‌های متعددی جهت تعیین قندملاس در جدول یک ارائه شده است که نشان می‌دهد در مورد تأثیر اصلی ترکیبات چغندرقند بر فرآوری ساکارز اتفاق نظر وجود دارد از طرفی این تصور ایجاد می‌شود که کیفیت ریشه را نمی‌توان با یک مقدار ثابت و پایدار تعیین کرد. عموماً ضرایب فرمول‌های تخمین قندملاس با پیشرفت صنعت قند براساس الزامات صنعتی، پیشرفت در اصلاح ژنتیک گیاه، تغییر شرایط آب و هوایی و روش‌های نوین زراعی براساس دامنه جذب ناخالصی‌های ریشه تغییر می‌کند. به‌عنوان مثال، در آلمان، از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵، غلظت قند ارقام اصلاحی سالیانه ۰/۰۲ درصد افزایش، در حالی که غلظت پتاسیم، سدیم و آلفاآمینو نیتروژن به‌میزان ۰/۷۷، ۰/۱۳ و ۰/۳۸میلی‌مول در کیلوگرم چغندر کاهش یافته است. این تغییرات منعکس‌کننده پیشرفت اصلاح ارقام و بهبود در زراعت مانند کاربرد کود، تراکم‌بوته و کنترل بیماری و هم‌چنین اثرات آب و هوا است (Hoffmann 2010; Pollach *et al*. 1991).

سطح زیرکشت، چغندرقند خریداری شده، چغندرقند مصرفی، افت سیلو، عیار، مجموع قند و شکر تولیدی، راندمان استحصال، تفاله و ملاس تولیدی از جمله متغیرهایی هستند که سالانه به‌عنوان عملکرد کارخانه‌های قند منتشر می‌شوند و ترکیبات ملاس زا ریشه چغندرقند را شامل نمی‌شوند. با این وجود راندمان استحصال از تقسیم مجموع قند و شکر تولیدی بر مقدار ساکارز ریشه (حاصلضرب عیار در چغندرتحویلی) تعیین می‌شود. به عبارتی در کارخانه‌های قند چغندری از ۱۶۰ کیلوگرم شکر موجود در یک تن چغندرقند با عیار ۱۶ درصد ۱۳۳ کیلوگرم شکر استخراج می‌شود (راندمان ۸۳ درصد)، ۲۰ کیلوگرم شکر وارد ملاس و ۷ کیلوگرم در اثر ضایعات ناپیدا کارخانه از بین می‌رود (Campbell 2002).

مقایسه عملکرد کارخانه‌های قند چغندری

مقایسه عملکرد کارخانه‌های قند چغندری بین دو سال زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در جدول ۳ نشان می‌دهد که در سال ۱۴۰۰ مجموع سطح زیرکشت چغندرقند بهاره و پاییزه با ۱۲۱۸۱۳ هکتار حدود ۱۳/۴ درصد و چغندرقند مصرفی با ۶۶۰۰۱۱۷ تن حدود ۱۷/۲ درصد افزایش دارد. به‌علاوه در سال ۱۴۰۰ عملکردریشه چغندرقند در هکتار ۴۹/۶ تن که ۱/۲۴ تن در هکتار بیشتر از سال ۱۳۹۹ بود. مقدار شکر تولیدی نیز در سال ۱۴۰۰ با مقدار ۸۸۱۴۸۰ تن حدود ۱۳ درصد نسبت به سال ۱۳۹۹ افزایش داشت. در مقابل میانگین عیار و راندمان استحصال در سال ۱۴۰۰ به‌ترتیب با ۱۶/۳۵ و ۸۰/۵۳ درصد

در مقایسه با سال ۱۳۹۹ مقدار ۰/۶ درصد در عیار و ۱/۴۷ درصد در راندمان استحصال کاهش داشته است. در ارقام چغندرقند همبستگی منفی بین عملکردریشه و غلظت قند وجود دارد. این منجربه طبقه‌بندی انواع E با عملکردریشه زیاد و انواع Z با غلظت قند بالا می‌شود. این همبستگی منفی به این واقعیت نسبت داده می‌شود که سلول‌های پارانشیم ریشه‌های بزرگ، آب و مواد غیرقندی بیشتری نسبت به سلول‌های ریشه‌های کوچک ذخیره می‌کنند، بنابراین کاهش ۰/۶ درصد عیار و کاهش ۱/۴۷ درصدی راندمان‌استحصال احتمالاً می‌تواند در اثر افزایش ۱/۲۴ تن در هر هکتار عملکردچغندرقند سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۳۹۹ باشد (Babaee *et al.* 2020).

جدول ۱ فرمول‌های برآورد قند ملاس چغندرقند (Hoffmann 2010).

منابع	واحد اندازه‌گیری متغییرهای تجزیه‌ایی	ساکارز در ملاس (گرم در ۱۰۰ گرم چغندرقند)
Dedek, 1927	میلی‌مول بر ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند	MS = 0.342×(K+Na)
استاندارد رسمی آلمان از ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۵ (Reinefeld et al, 1974)	میلی‌مول بر ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند	MS = 0.343×(K+Na) +0.094×amN - 0.31
استاندارد رسمی آلمان از ۱۹۹۶ (Buchholz et al, 1995)	میلی‌مول بر ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند	SML = 0.12×(K+Na) + 0.24 amN +0.48
(Wieninger and Kubadinow, 1971)	میلی‌مول بر ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند	MS = 0.349×(K+Na) for AK >1.8 MS = 0.628×amN for AK<1.8
استاندارد رسمی هلند (Huijbregts, 1999)	میلی‌مول بر ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند	MS = 0.342×(K + Na) for AK ≥3.5 MS = 0.342×(K+Na)+ 0.2×[amN-(K+Na)+3.5]
استاندارد رسمی فرانسه (Devillers, 1988)	میلی‌مول بر ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند گلوکز گرم بر ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند	MS = 0.14×(K+Na)+0.25×amN +3.3×glucose+0.3
استاندارد رسمی اسپانیا (Ruiz-Holst et al, 2003)	میلی‌مول بر ۱۰۰ گرم شکر	MS = (2+0.18×AK) +(1.15×NS) AK = 0.05×(K+Na)- (0.16×amN+0.29×inv)+0.93
(Pollach et al, 1991)	میلی‌مول بر ۱۰۰ گرم شکر	juice factor=2.06+0.085×K+0.068× Na+0.16 amN +0.23×(Glucose+ Fructose)
(Burba and Schiweck, 1993 a,b; Schiweck et al, 1994)	گرم بر کیلوگرم ریشه چغندرقند	MS = NSV×0.168 for IB >0 MS = (NSV-1.15× IB) ×0.168 for IB<0 NSV = 0.92×K +0.75×Na +0.84 amN +1.15×betaine+ 4.95×Raffinose IB=0.92× (K+Na)-(0.57× amN+1.9 inv+ 0.29)

قندملاس (MS: Molasses Sugar)، آلفاآمینونیتروژن (AAN: Alpha Amino Nitrogen)، استاندارد ضایعات‌ملاس (SML: Standard Molasses Loss)، ضریب قلیائیت (ALC: Alkalinity Coefficient)، مقدار ناخالصی (IV: Impurity Value)، قند انورت (IS: Invert Sugar)، غیرقندی (NS: Non Sugar)، تعادل یونی (IB: Ion Balance)، مقدار غیرقندی (NSV: Non Sugar Value)، بتائین (Bet: Betaine)، رافینوز (Raff: Raffinose)، پتاسیم (K: Potassium) و سدیم (Na: Sodium).

طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ بیشترین سطح زیرکشت، چغندرقند مصرفی و قند و شکر تولیدی مربوط به استان آذربایجان‌غربی بود و استان‌های خراسان، اصفهان، کرمانشاه و ... در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. برای هر دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ بیشترین عیار چغندرقند بترتیب با ۱۸/۲۳ و ۱۷/۲۸ درصد مربوط به استان خراسان و کمترین آن ۱۴/۶۷ و ۱۴/۰۳ مربوط به استان اردبیل (دشت مغان) بود. مطالعات انجام شده بر روی ۵۲ رقم چغندرقند در نه منطقه نشان داده که حدود ۸۰ درصد از تغییرات کیفیت ریشه به‌ویژه عیار توسط محیط،

ترکیبی از شرایط آب و هوایی، نوع خاک، تأمین موادمغذی و سایر عوامل زراعی شکل می‌گیرد (Hoffmann *et al*. 2009)

بیشترین ملاس تولیدی در سال ۱۳۹۹ با مقدار ۲/۷۶ درصد مربوط به استان سمنان و در سال ۱۴۰۰ با مقدار ۲/۶۹ درصد مربوط به استان اردبیل (مغان) بود. افزایش درصدملاس با توجه به توضیحات پیش گفته به مقدار جذب ناخالصی‌های سدیم، پتاسیم و ترکیبات آمینی ریشه (نیتروژن مضره) بستگی دارد. بالا بودن قندملاس در بعضی مناطق می‌تواند ناشی از تنش گرمایی باشد (Pidgeon *et al*. 2001). غلظت آب در ریشه چغندرقند زمانی که آب کافی در دسترس گیاه نباشد کاهش پیدا کرده و موجب افزایش غلظت ماده خشک ریشه می‌شود از آنجایی که توانایی چغندرقند برای تنظیم تعرق بسیار محدود است لذا گیاه برای سازگاری‌های متابولیکی و کاهش پتانسیل اسمزی خود، املاح معدنی و اسیدهای آمینه (بتائین) را در ریشه و برگ‌های خود جمع می‌کند تا به‌تواند به رشد خود ادامه دهد (Mack and Hoffmann 2006). از طرفی مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه چغندرقند نیز تأثیر منفی بر کیفیت دارد. استفاده از مقادیر زیاد کودنیتروژن برای به حداکثر رساندن عملکردریشه موجب کاهش غلظت قند می‌شود. به‌علاوه غلظت آلفاآمینو نیتروژن، به‌عنوان یک یون همراه، غلظت یون سدیم را در ریشه افزایش می دهد و نتیجه آن می‌تواند موجب افزایش قندملاس شود (Allison *et al*. 1996).

افزایش قند ملاس از سوی دیگر موجب کاهش شکر قابل‌استحصال و یا به عبارتی موجب کاهش راندمان استحصال می‌شود. بیشترین راندمان استحصال طی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ با ۸۸/۱۳ و ۸۶/۷۵ درصد مربوط به استان لرستان و کمترین راندمان استحصال در سال ۱۳۹۹با ۷۵/۱۳ درصد مربوط به کارخانه‌قند شاهرود و در سال ۱۴۰۰ با ۶۹/۱۵ درصد مربوط به کارخانه قند مغان بود.

جدول ۲ میانگین شاخص‌های کیفی در بخش‌های مختلف ریشه چغندرقند (Abdullahian Nogabi and Babaee 2016).

شاخص‌های کیفی / اجزای ریشه	آلفاآمین-نیتروژن (میلی مول در ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند)	سدیم (میلی مول در ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند)	پتاسیم (میلی مول در ۱۰۰ گرم ریشه چغندرقند)	عملکرد شکر (کیلوگرم در هکتار)	وزن شکر (کیلوگرم در تن)	ساکارز (درصد)	وزن تر ریشه (تن در هکتار)	ضریب استحصال (درصد)
سر	۳/۷۵	۴/۹۰	۹/۲۴	۹۴	۶۵	۶/۴۹	۱/۴۵	۲۴/۶
طوقه	۲/۶۴	۳/۸۳	۷/۳۳	۲۳۴	۱۰۳	۱۰/۲۵	۲/۲۷	۶۳/۳
بدون سر و طوقه	۲/۳۸	۲/۷۳	۵/۷۴	۹۳۱۲	۱۹۴	۱۹/۳۹	۴۸/۰۳	۸۵/۵
بدون سر	۲/۳۹	۲/۷۸	۵/۸۱	۹۵۴۷	۱۹۰	۱۸/۹۸	۵۰/۳۰	۸۴/۹
ریشه کامل	۲/۴۳	۲/۸۴	۵/۹۱	۹۶۴۱	۱۸۶	۱۸/۶۳	۵۱/۷۵	۸۴/۳

ارسال ریشه چغندرقند به کارخانه‌های قند بدون‌حذف سر از عوامل دیگری است که در سال‌های اخیر رعایت نمی‌شود و می‌تواند موجب افزایش قندملاس و کاهش راندمان‌استحصال شود. جدول ۲ میانگین وزن‌تر، ساکارز، وزن شکر، عملکردشکر و مقدار ناخالصی‌های پتاسیم، سدیم، آلفاآمینو نیتروژن و ضریب استحصال در قسمت‌های مختلف ریشه چغندرقند نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود قسمت سر و طوقه به‌ترتیب حدود۳ و ۵ درصد وزن‌کل ریشه چغندرقند را تشکیل

داده که عیار آنها نیز به‌ترتیب حدود ۶ و ۱۰ درصد است. به‌دلیل وجود ناخالصی‌های فراوان در قسمت سر، راندمان استحصال شکر در آن حدود ۲۵ درصد و به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سایر قسمت‌های ریشه است وراندمان استحصال ریشه چغندرقند با حذف سر ریشه حدود ۰/۶ درصد بیشتر از ریشه کامل است.

جدول ۳ مقایسه عملکرد کارخانه‌های قند چغندری در دوسال زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

سال ۱۳۹۹						
استان	سطح کشت (هکتار)	چغندرقند مصرفی (تن)	عملکرد (تن در هکتار)	عیار (درصد)	ملاس (درصد)	شکر تولیدی (تن)
آذربایجان غربی	۳۱۸۷۰	۱۴۵۹۶۴۹	۴۷/۹۹	۱۷/۳۵	۱/۹۷	۲۰۹۹۲۸
خراسان	۲۰۶۵۵	۱۱۷۰۸۵۰	۴۵/۸۷	۱۸/۲۲	۲/۲۴	۱۸۰۳۰۶
اصفهان	۱۰۶۷۰	۶۲۰۶۲۷	۴۰/۹۸	۱۵/۶۸	۲/۰۴	۸۴۱۴۱
کرمانشاه	۸۰۴۴	۴۷۵۲۶۸	۵۹/۳۴	۱۵/۳۱	۲/۲۸	۵۹۲۰۲
همدان	۷۵۶۰	۳۹۰۰۱۱	۵۹/۴۸	۱۶/۲۶	۲/۲۰	۵۳۴۳۷
فارس	۵۵۷۶	۲۸۵۹۶۹	۴۹/۵۹	۱۶/۵۱	۲/۱۷	۲۹۵۷۶
چهارمحال	۴۹۷۱	۲۳۰۰۳۰	۴۸/۰۱	۱۵/۸۲	۱/۸۵	۳۲۲۳۹
خوزستان	۴۹۰۰	۲۸۳۲۳۳	۵۲/۲۵	۱۵/۸۱	۱/۴۰	۳۶۷۸۳
قزوین	۴۱۰۴	۲۳۳۸۸۶	۵۱/۱۶	۱۵/۷۴	۲/۲۸	۲۹۱۸۹
اردبیل (مغان)	۳۵۰۸	۹۷۰۰۰	۲۸/۶	۱۴/۶۷	۲/۳۵	۱۱۵۷۱
لرستان	۲۴۳۴	۱۱۲۷۰۰	۴۶/۴۷	۱۶/۵۸	۱/۷۵	۱۶۵۲۶
سمنان	۱۲۵۱	۱۰۴۵۰۰	۴۱/۵۰	۱۶/۷۶	۲/۷۶	۱۴۱۴۳
مجموع	۱۰۵۵۴۳	۵۴۶۳۷۲۲	۴۸/۳۵	۱۶/۹۵	۲/۱۵	۷۶۷۰۴۷

سال ۱۴۰۰							
استان	سطح کشت (هکتار)	چغندرقند مصرفی (تن)	عملکرد (تن در هکتار)	عیار (درصد)	ملاس (درصد)	شکر تولیدی (تن)	راندمان استحصال (درصد)
آذربایجان غربی	۳۲۲۱۶	۱۴۷۷۴۵۷	۴۵/۵۶	۱۶/۸۰	۱/۸۹	۲۰۹۱۱۹	۸۳/۳۳
خراسان	۲۳۱۵۶	۱۴۱۷۱۱۶	۴۳/۶۱	۱۷/۲۸	۲/۳۳	۱۹۸۱۸۵	۷۷/۸۹
اصفهان	۱۳۳۲۸	۷۱۳۸۲۰	۵۵/۳۴	۱۵/۳۴	۲/۲۹	۸۹۳۷۰	۷۶/۲۶
کرمانشاه	۹۲۰۰	۵۴۲۷۳۶	۵۹/۳۵	۱۵/۱۲	۲/۳۰	۶۵۰۶۵	۷۷/۸۳
همدان	۹۰۳۲	۵۲۳۹۳۵	۶۰/۳۲	۱۵/۸۴	۲/۰۰	۷۰۰۷۵	۸۲/۳۸
فارس	۸۱۱۷	۴۶۰۰۹۶	۵۳/۳۸	۱۵/۹۳	۱/۵۳	۶۳۷۹۹	۸۰/۴۵
چهارمحال	۶۰۸۷	۳۰۰۶۰۰	۵۱/۲۱	۱۵/۶۵	۱/۸۶	۴۱۵۶۵	۸۵/۷۶
خوزستان	۸۴۷۳	۵۰۱۹۹۹	۴۹/۳۸	۱۵/۲۸	۲/۶۰	۶۰۵۹۲	۶۹/۷۷
قزوین	۶۰۵۴	۳۳۰۴۴۸	۵۷/۸۳	۱۵/۱۶	۱/۸۹	۴۲۵۴۹	۸۳/۹۰
اردبیل (مغان)	۲۶۴۹	۹۷۵۵۹	۳۳/۲۰	۱۴/۰۳	۲/۶۹	۹۵۳۴	۶۸/۰۰
لرستان	۲۷۹۸	۱۲۹۷۰۰	۴۶/۹۱	۱۶/۲۰	۱/۶۳	۱۸۴۴۷	۸۶/۷۵
سمنان	۷۰۳	۱۰۴۶۵۰	۴۵/۰۰	۱۶/۷۵	۲/۳۶	۱۳۱۸۲	۷۴/۲۳
مجموع	۱۲۱۸۱۳	۶۶۰۰۱۱۷	۴۹/۵۹	۱۶/۳۵	۲/۱۱	۸۸۱۴۸۰	۸۰/۵۳

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی دو سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ نشان می‌دهد کاهش ۰/۶ درصدی عیار چغندرقند در سال ۱۴۰۰ می‌تواند در اثر افزایش عملکرد ۱/۲۴ تن در هکتار ریشه چغندرقند باشد چرا که در ارقام چغندرقند همبستگی منفی بین عملکردریشه و غلظت قند وجود دارد. همچنین کاهش ۱/۴۷ درصدی راندمان استحصال در سال ۱۴۰۰ می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند ارقام چغندرقند کشت شده، آفات و بیماری‌ها، تنش خشکی و گرمایی، به‌ویژه نحوه سرزنی و مدت نگه‌داری ریشه‌های چغندرقند در سیلوی کارخانه‌های قند باشد.

منابع مورد استفاده: References:

Abdullahian Nougabi M, Babaee B. The correct method of topping sugar beet roots. Extention deparment of agricultural research education and extension organization, 2016; Extensional Magazine, Registration Number 46611. [In Persian]

Allison MF, Armstrong MJ, Jaggard, KW, Todd AD, Milford GF. An analysis of the agronomic, economic and environmental effects of applying N fertilizer to sugar beet (*Beta vulgaris*). Journal of Agricultural Science, Cambridge 1996; 127(4): 475–486. **doi:10.1017/S0021859600078709.**

Babaee B, Khanmohammadi Khorrami MR, Bagheri Gramrudi A, Abdollahian Noghabi M. Effect of sugar beet root weight on estimation of sucrose using densitometry method versus polarimetry method. Journal of Sugar Beet. 2020; 36 (2): 129-138. **doi:10.22092/JSB.2021.356267.1291**. [In Persian]

Buchholz K, Marlander B, Puke H, Glattkowski H, Thielecke K. Neubewertung des technischen wertes vonzuckerru ben. Zuckerindustrie. 1995; 120: 113–121. [In German]

Burba M, Schiweck H. Nichtzuckerbilanz und ionenb ilanz im Dicksaft als grundlagen einer qualita tsbewertung von Zuckerru ben—Teil 2. Zuckerindustrie. 1993; 118: 921–936. [In German]

Campbell LG. Sugar Beet Quality Improvement. Journal of Crop Production. 2002; 5(1/2): 395-413. **doi:10.1300/J144v05n01_16.**

Cooke DA, Scott RK. The Sugar Beet Crop Science in to Practice. Chapman and Hall, 1993; London.

Dedek J. Der Ursprung und das Wesen der Melasse, Zeitschrift des Vereins der deutschen. Zuckerindustrie. 1927; 77: 495–561. [In German]

Devillers P. Pre´vision du sucre me´lasse. Sucre France. 1988; 129: 190–200.

Hoffmann CM, Huijbregts T, Van Swaaij N, Jansen R. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. European Journal of Agronomy. 2009; 30: 17–26. **doi:10.1016/j.eja.2008.06.004.**

Hoffmann CM. Root Quality of Sugar beet. Sugar Tech. 2010; 12 (3-4): 276–287. **doi:10.1007/s12355-010-0040-6.**

Huijbregts T. New Dutch sugar recovery formula for sugar beet. Zuckerindustrie. 1999; 124: 698–701. [In German]

Mack G, Hoffmann CM. Organ-specific adaptation to low precipitation in solute concentration of sugar beet (*Beta vulgaris L.*). European Journal of Agronomy. 2006; 25(3): 270–279. **doi:10.1016/j.eja.2006.06.004.**

Pidgeon JD, Werker AR, Jaggard KW, Richter GM, Lister DH, Jones PD. Climatic Impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961–1995. Agricultural and Forest Meteorology. 2001; 109(1): 27–37. **doi:10.1016/S0168-1923(01)00254-4.**

Pollach G, Hein W, Rosner G, Berninger H. Assessment of beet quality including rhizomania-infected beet. Zuckerindustrie. 1991; 116: 689–700. [In German]

Reinefeld E, Emmerich A, Baumgarten G, Winner C, Beib U. Zur Voraussage des Melassezuckers aus Ru benanalysen. Zucker. 1974; 27: 2–15.

Ruiz-Holst M, Martin FD, Burba M, Elias PD, Diener G. Assessment of the technical quality of sugar beet in Southern Spain. Zuckerindustrie. 2003; 128: 879–887. [In German]

Van der poel PW, Schiweck H, Schwartz T. Sugar technology beet and cane sugar manufacture. Berlin, Dr. Albert Bartens KG. 1998; chapter 2.

Wieninger L, Kubadinow N. Beziehungen zwischen ru benanalysen und technischer bewertung von Zuckerru ben. Zucker. 1971; 24: 599–604. [In German]