Journal of Sugar Beet

Journal Home Page: https://jsb.areeo.ac.ir

Analysis of variation in some agronomic and quality traits related to sugar in some sugar beet genotypes

Naser Sabaghnia[1]*, Keiwan Fotouhi[2], Masoumeh Rahimpour[1], Hamid Hatami Maleki[1]

(Received: 18 August. 2024 ; Accepted: 2 Oct. 2024)

How to cite this article:

Sabaghni N, Fotouhi K, Rahimpour N, Hatami Maleki H. Analysis of variation in some agronomic and quality traits related to sugar in some sugar beet genotypes. Journal of Sugar Beet. 2024: (40)1. 1-12. (In Persian with English abstract).
DOI: https://doi.org/10.22092/JSB.2024.366731.1367

Extended Abstract

Introduction

Sugar beet (*Beta vulgaris L.*) is produced worldwide due to its economic importance in sugar production. Evaluation of different traits in sugar beet plays an important role in understanding the interaction between hybrids and their related characteristics. To achieve this goal, researchers use various statistical multivariate methods, which enables a comprehensive interpretation of the interactions of hybrids and traits. As sugar beet production expands beyond conventional areas, breeding is necessary to develop new cultivars and evaluate imported foreign cultivars. Quantitative traits pose challenges in selection programs because heritable variation is often masked by non-heritable variation. This study was conducted with the aim of investigating variety of agronomic and morphological traits of 20 sugar beet hybrids in the cold, semi-arid conditions of northwest Iran (Miandoab) to determine hybrids with high root yield and high sugar percentage.

Materials and Methods

After the usual autumn tillage operation, the plant materials were cultivated in randomized complete block design with six replications. The rows were set to be eight m long with 60 cm the distance between rows. The seeds were planted in rows with 17 cm distance and 3-4 cm depth. Initial seed placement exceeded the optimal final density and thinning performed at 2-4 leaf stage. Weed control in the field included manual weeding at different stages as well as herbicide usage. Harvest was done at the end of October and harvested roots were weighed in each plot. Roots were transferred to the laboratory and various traits such as sugar content (SC), sodium content (Na), potassium amount (K), alpha-amino nitrogen (AN), alkalinity coefficient (ALC), white sugar content (WSC), extraction coefficient of sugar (ECS), molasses sugar (MS), root yield (RY) and tuber size (TS) were measured according to the recommended standard guidelines. Data distribution was tested using Ryan-Joiner's normality test, and several descriptive indices such as average, minimum, maximum and coefficient of variation were calculated for traits to show the hybrids status in the studied traits. The principal components analysis was used to reduce the traits to a limited number of components, and the coefficients of the first two components were drawn in a two-dimensional graph to visually show the relationship between traits. In order to simultaneously display hybrids and traits in a single graph, a two-dimensional biplot was created.

Results and Discussion

The highest and the lowest coefficient of variation (CV) was observed in root yield (10.21%) and extraction coefficient of sugar (0.52%), respectively. The coefficient of variation of sodium content and root size traits was relatively high, while the coefficient of variation of sugar content and white sugar content were low. For other traits, the coefficient of variation was moderate. Principal components analysis showed that four components had eigenvalues above unity and were extracted, which explained about 88% of the variations. These components were named impurity factors,

1 Plant Production and Genetics Department, Faculty of Agriculture University of Maragheh, Maragheh, Iran.
*Corresponding author: sabaghnia@maragheh.ac.ir; sabaghnia@yahoo.com
2 Sugar Beet Research Department, West Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center. Agricultural Research, Education, and Extension Organization(AREEO), Urmia, Iran.

crystallized sucrose inhibitor, yield and, quantity and quality inhibitor, respectively. The graph of the first two components showed a positive relationship between the amount of sodium and alpha-amino nitrogen, as well as between root yield and tuber size. Also, there was a positive correlation between sugar extraction coefficient, sugar grade and white sugar content due to closed angles between vectors. The graph of the first two main components of sugar beet hybrids separated them into four different groups, the fourth group includes 5 hybrids (1, 6, 8, 12 and 13) and in terms of characteristics such as sugar extraction coefficient, white sugar amount, root yield and the size of the tuber was significant. The amount of potassium, alkalinity coefficient and molasses sugar of this group was low, so these hybrids can be introduced to regional performance tests for further investigation to be evaluated in terms of performance and quality. Although, most cultivated varieties of sugar beet in Iran are imported from European countries and have high yield and sugar content, but their environmental adaptability has not been well established, so their evaluation is important to meet the necessary condition. Evaluation of different traits in sugar beet showed that root size was related to root performance, while quality traits (sugar and minerals) were less related to root yield, while qualitative traits (sugar and minerals) were less related to root yield and alkalinity coefficient also had a negative effect. The use of multivariate statistical methods facilitated the valuation of hybrids and traits and can be valuable for selecting the best sugar beet hybrid and providing some basic information for the genetic improvement of sugar beet hybrid and providing some initial information for genetic improvement of sugar beet in future projects.

Conclusion

Five hybrids (1, 6, 8, 12 and 13) were identified as the best hybrids in terms of sugar extraction coefficient, white sugar content, root yield, and tuber size. The biplot graphical method was suitable for understanding the pattern of combination and trait interaction in sugar beet.

Keywords: Biplot, Principal Components analysis, Root yield

References

Abbasi Z, Majidi MM, Arzani A, Rajabi A, Mashayekhi P, Bocianowski J. Association of SSR markers and morpho-physiological traits associated with salinity tolerance in sugar beet (*Beta vulgaris L.*). Euphytica. 2015. 205:785–797. Doi: https://doi.org/10.1007/s10681-015-1408-1

Hu XH, Jian-Zhou C, Hong-Yang Z. Comprehensive evaluation of different sugar beet varieties by using principal component and cluster analyses. Journal of Physics: Conference Series. 2019. 1176:042021. Doi: https://doi.org/10.1088/1742-6596/1176/4/042021

Liu, D., Wang, X., Li, W. Li J, Tan W, Xing w.. Genetic diversity analysis of the phenotypic traits of 215 sugar beet germplasm resources. Sugar Tech. 2022. 24, 1790–1800 Doi: https://doi.org/10.1007/s12355-022-01120-8

نشریه چغندرقند
Journal Home Page: https://jsb.areeo.ac.ir

تحلیل تنوع برخی از صفات زراعی و کیفی مرتبط با قند در برخی از هیبریدهای چغندرقند†

ناصر صباغ‌نیا[1*]، کیوان فتوحی[2] معصومه رحیم‌پور[3] حمید حاتمی ملکی[1]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱۱
نوع مقاله: پژوهشی
DOI: 10.22092/JSB.2024.366731.1367

ن. صباغ‌نیا، ک. فتوحی، م. رحیم‌پور و ح. حاتمی ملکی، ۱۴۰۳. تحلیل تنوع برخی از صفات زراعی و کیفی مرتبط با قندر برخی از هیبریدهای چغندرقند. **چغندرقند ۴۰(۱): ۱-۱۲**

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی ۲۰ هیبرید چغندرقند در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تکرار تحت شرایط سرد نیمه‌خشک شمال غرب ایران (میاندوآب) انجام شد. صفت‌هایی مانند عیار قند، محتوای پتاسیم، سدیم ونیتروژن آمینه ، ضریب قلیایی، ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص، اندازه ریشه، درصد قند ملاس و عملکرد ریشه، اندازه‌گیری گردید. بیشترین ضریب تغییرات در صفت عملکرد ریشه مشاهده گردید. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که چهار مؤلفه دارای مقادیر ویژه بالای یک بوده و استخراج شدند که حدود ۸۸ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. این مؤلفه‌ها به ترتیب عوامل ناخالصی، بازدارنده ساکارز متبلور، عملکردو بازدارنده کمیت و کیفیت، نام‌گذاری شدند. نمودار دو مؤلفه اول ارتباط مثبت بین مقدار سدیم و نیتروژن آمینه و همچنین بین عملکرد ریشه و اندازه ریشه را نشان داد. همچنین همبستگی مثبتی بین ضریب استحصال شکر، عیار قند و درصد قند خالص به‌واسطه زوایای بسته بین بردارها وجود داشت. نمودار دو مولفه اصلی اول هیبریدهای چغندرقند، آن‌ها را به چهار گروه مختلف تفکیک نمود که گروه چهارم شامل ۵ هیبرید (۱، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۳) بوده و از لحاظ ویژگی‌هایی از قبیل ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص، عملکرد ریشه و اندازه ریشه قابل توجه بود. مقدار پتاسیم، ضریب قلیایی و قند ملاس این گروه پایین بوده، لذا این هیبریدها را می‌توان جهت بررسی بیشتر به آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد معرفی نمود تا از نظر عملکرد و کیفیت مورد ارزیابی قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، عملکرد ریشه، نمودار دووجهی

†- این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دانشجویی دوره کارشناسی ارشد است.

۱. استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.
*- نویسنده مسئول: sabaghnia@maragheh.ac.ir; sabaghnia@yahoo.com
۲. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران.
۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) به دلیل اهمیت اقتصادی آن در تولید شکر در سراسر جهان کشت می‌شود. ارزیابی صفات مختلف در چغندرقند نقش مهمی در درک اثر متقابل بین هیبریدها و ویژگی‌های مربوط به آن‌ها دارد. این ارزیابی چندوجهی نه‌تنها بینش‌هایی را در مورد سازگاری محصول با محیط‌های مختلف ارائه می‌دهد، بلکه به‌عنوان پایه‌ای برای برنامه‌های به‌نژادی عمل می‌کند. بهبود صفت‌هایی مانند عملکرد ریشه، عیار قند و ویژگی‌های مورفولوژیکی برای افزایش عملکرد نهایی و ماندگاری اقتصادی محصول بسیار مهم است (Azizi *et al*. 2021). برای دستیابی به این هدف، محققان از روش‌های آماری چندمتغیره مختلفی مانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده می‌کنند که تفسیری جامع از برهمکنش‌های صفات را ممکن می‌سازد. از آنجایی که تولید چغندرقند فراتر از مناطق مرسوم گسترش می‌یابد، به‌نژادی برای ایجاد ارقام جدید و ارزیابی ارقام وارداتی ضروری است. سازگاری و عملکرد این ارقام در محیط‌های جدید نیازمند بررسی دقیق بوده و درک ارتباط بین صفاتی از قبیل عملکرد ریشه با سطح ترکیبات معدنی و آلی برای بهینه‌سازی تولید چغندرقند ضروری است (Hasani *et al*. 2021).

براساس آمار سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد (Anonymous 2022)، سطح زیر کشت چغندرقند در ایران در حدود ۹۰ هزار هکتار بوده که حدود پنج میلیون تن ریشه برداشت می‌شود. این محصول نقش مهمی در تأمین حدود یک‌دهم از تقاضای شکر جهان داشته و به‌طور عمده در مناطق مدیترانه‌ای تولید می‌شود. علیرغم اینکه این گیاه، یک محصول اهلی‌شده نوین با پایه ژنتیکی محدود است، درک ساختار تنوع ژنتیکی صفات زراعی برای برنامه‌های به‌نژادی بسیار مهم است. تولید چغندرقند از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار بوده و به‌عنوان یک ماده خام کلیدی برای تولید شکر در مناطق معتدل آب و هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Mohammadian 2015). در سال ۱۴۰۰، تولید جهانی چغندرقند در حدود۲۶۰ میلیون تن و سطح اراضی مورد کشت در حدود ۲۰ میلیون هکتار بوده است (Anonymous 2022). اگرچه سطح زیرکشت این محصول، در سه دهه گذشته کاهش یافته، کل محصول ریشه تقریباً ثابت بوده که به خاطر استفاده از ارقام نوین پرمحصول که منجر به افزایش عملکرد می‌شوند، می‌باشد. بخش قابل توجهی از چغندرقند جهان (بیش از نیمی از محصول) توسط تولیدکنندگان اصلی مانند روسیه، فرانسه، ایالات‌متحده و آلمان تولید می‌شود. در قاره آسیا، کشورهای چین، ایران و ژاپن از جمله تولیدکنندگان پیشرو هستند (Anonymous 2022). کشت چغندرقند در کشورهای در حال توسعه، پتانسیل سودآوری برای تولیدکنندگان به همراه داشته است. گسترش کشت چغندرقند توانسته جریان درآمد کشاورزان را متنوع نموده و به تأمین مواد خام برای کارخانه‌ها کمک نماید.

در یک مطالعه (Nasri *et al*. 2012)، برازش مدل رگرسیون چندگانه نشان دادکه وزن خشک ریشه، وزن تر کل و وزن تر برگ تأثیرگذارترین صفات عملکرد ریشه چغندرقند بودند و تقریباً همه تغییرات عملکرد ریشه با این مدل توجیه گردید. در آزمایشی، ۴۷ لاین اصلاحی با سه هیبرید شاهد بررسی شده و تفاوت صفات درصد ساقه‌روی، میزان ساکارز، درصد مقاومت به سرما، مساحت برگ، ارتفاع ساقه گل‌دهنده، وزن کل ریشه، طول ریشه و قطر ریشه در بین هیبریدها معنی‌دار بوده و تجزیه خوشه‌ای هیبریدهای مورد بررسی را به پنج گروه مختلف تقسیم نمود (Mohamad-Yosefi *et al*. 2016). در مطالعه دیگری، واکنش هیبریدهای چغندرقند در برابر بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی بررسی شد و در سه خوشه قرار گرفتند که خوشه دوم با امتیازهای مناسب در صفات سبزی برگ، یکنواختی رشد، تعداد بوته سالم، عملکرد ریشه، درصد ناخالصی، درصد شکر خالص، درصد استخراج و بازده شکر خالص به‌عنوان گروه برتر شناسایی گردید (Nabizadeh and Fotohi 2018). هدف از این مطالعه بررسی تنوع صفات زراعی و مورفولوژیکی هیبریدها و تعیین هیبریدهای با عملکرد بالای ریشه و درصد قند بالا بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۵ هیبرید جدید (G1 تا G15) به همراه دو شاهد خارجی و سه شاهد داخلی چغندرقند (جدول ۱) از

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند تهیه شد و در ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب واقع در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار گرفت. این مکان با ارتفاع ۱۳۱۴ متری واجد میانگین بارندگی سالانه ۲۹۰ میلی‌متر بوده وحداقل و حداکثر دمای آن به ترتیب پنج و ۲۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. پس از انجام عملیات خاک‌ورزی معمول پاییزه بر طبق عرف منطقه، مواد گیاهی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تکرار در اولین فرصت ممکن در فصل بهار ۱۳۹۵ کشت شدند. ردیف‌های کشت به طول هشت متر و فاصله بین ردیف‌ها به میزان ۶۰ سانتی‌متر تنظیم گردیدند. بذرها روی ردیف‌ها با فاصله ۱۷ سانتی‌متر و عمق سه تا چهار سانتی‌متر کشت شدند. قرارگیری اولیه بذر روی ردیف‌ها از تراکم نهایی بهینه فراتر رفت و تنک‌کردن در مرحله دو تا چهار برگی انجام شد. کودهای مورد استفاده شامل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار آمونیوم فسفات و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به شکل اوره (نیمی در زمان کاشت + نیمی در مرحله چهار تا شش برگی) استفاده شد. آبیاری گیاه بر اساس نیاز آبی گیاه با استفاده از حجم‌سنج و اتصالات مربوطه برای همه کرت‌ها انجام شد. کنترل علف‌های هرز در مزرعه شامل وجین دستی در مراحل مختلف و استفاده از علف‌کش‌ها بود. برداشت در اواخر مهرماه انجام شده و ریشه‌های برداشت شده در هر کرت توزین شدند. سپس ریشه‌ها به آزمایشگاه منتقل و نمونه خمیر تهیه شد. سپس صفات مختلفی از جمله درصد قند ناخالص، محتوای پتاسیم سدیم و نیتروژن آمینه، ضریب قلیایی، ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص، اندازه ریشه، درصد قند ملاس و عملکرد ریشه، طبق دستورالعمل‌های استاندارد پیشنهادی (Li *et al*. 2022) اندازه‌گیری و یا برآورد شدند.

بررسی توزیع نرمال داده‌ها با استفاده از آزمون رایان–جوینر (Ryan-Joiner) به‌وسیله نرم‌افزار مینی‌تب (Minitab) انجام شد. چندین شاخص توصیفی از قبیل میانگین، کمینه، بیشینه و ضریب تغییرات برای صفات محاسبه شد. از روش چندمتغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای کاهش صفات مرتبط به تعداد محدودی از مؤلفه‌ها استفاده شد و ضرایب مؤلفه‌هایی که مقادیر ویژه آن‌ها بزرگ‌تر از یک بود، برای تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای نمایش بصری ارتباط بین صفات، ضرایب دو مؤلفه اول در یک نمودار دوبعدی ترسیم شد. همچنین برای درک ارتباط بین هیبریدهای چغندرقند و گروه‌بندی آن‌ها، ضرایب دو مؤلفه اول هیبریدها در یک نمودار دوبعدی دیگر رسم گردید. برای نمایش هم‌زمان هیبریدها و صفات در یک نمودار واحد، یک نمودار پراکندگی دووجهی (biplot) ایجاد شد.

جدول ۱ کد و شجره ۲۰ هیبرید چغندرقند مورد بررسی در این تحقیق

Table 1. The code and pedigree of 20 Sugar beet hybrids which studied in this research

کد Code	شجره Pedigree	کد Code	شجره Pedigree	کد Code	شجره Pedigree
G1	(7112×SB36)×SB34-P.1	G8	(7112×SB36)×89053-P.2	G15	(7112×SB36)×31285-P11
G2	(7112×SB36)×SB34-P.6	G9	(7112×SB36)×31283-P.6		
G3	(7112×SB36)×89003-P.5	G10	(7112×SB36)×31283-P.9	G16	SBSI-1
G4	(7112×SB36)×89016-P.2	G11	(7112×SB36)×31285-P1	G17	SBSI-19
G5	(7112×SB36)×89016-P.3	G12	(7112×SB36)×31285-P5	G18	F-20704
G6	(7112×SB36)×89016-P.4	G13	(7112×SB36)×31285-P6	G19	F-20707
G7	(7112×SB36)×89029-P.1	G14	(7112×SB36)×31285-P10	G20	SBSI-4

نتایج و بحث

بررسی آماره‌های توصیفی نشان داد ضریب تغییرات برای صفات مورد بررسی چغندرقند از ۰/۵۲ درصد در ضریب استحصال شکر تا ۱۰/۲۱ درصد در عملکرد ریشه متغیر بود (جدول ۲). مقدار ضریب تغییرات صفات مقدار سدیم و اندازه ریشه نیز نسبتاً زیاد بود در حالی‌که مقدار ضریب تغییرات صفات میزان قند و درصد قند خالص کم بودند. برای سایر صفات، مقدار

ضریب تغییرات در حد متوسطی بود (جدول ۲). این یافته با گزارش سایر محققین (Żarski *et al*. 2020; Artyszak and Gozdowski 2021) که ضریب تغییرات بالاتری را برای عملکرد ریشه چغندرقند در مقایسه با سایر صفات گزارش نمودند، مطابقت دارد. صفات اقتصادی چغندرقند با عوامل محیطی برهمکنش داشته و تحت تأثیر فرآیندهای بیان ژن، اثرات محیط و برهمکنش آن‌ها قرار می‌گیرند. تأثیر عوامل محیطی با صفات ارزیابی‌شده در مواد گیاهی مختلف متفاوت بوده و این امر بر برهمکنش پیچیده بین تأثیرات ژنتیکی و محیطی بر صفات چغندرقند تأکید می‌کند.

جدول ۲ آماره‌های توصیفی صفات کیفی و کمی در ۲۰ هیبرید چغندرقند

Table 2. Description statistics of traits in 20 sugar beet hybrids.

صفات Traits[α]	واحد Unit	میانگین Mean	میانه Median	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)
SC	%	18.63	18.60	18.23	19.26	1.42
Na	mEq/100 g	1.18	1.18	1.01	1.33	7.90
K	mEq/100 g	5.14	5.12	4.95	5.34	2.37
N	mEq/100 g	1.27	1.28	1.13	1.37	4.30
ALC	%	5.08	5.04	4.72	5.49	3.46
WSC	%	16.05	15.98	15.62	16.69	1.86
ECS	%	86.13	85.94	85.52	87.11	0.52
MS	%	1.98	1.98	1.85	2.10	3.02
RY	t/ha	23.08	23.21	19.83	29.33	10.21
RS	cm	31.23	31.45	27.83	34.26	5.51

[α] صفات عبارت‌اند از: عیار قند (SC)، سدیم (Na)، پتاسیم (K)، نیتروژن آمینه (N)،ضریب قلیایی (ALC)، درصد قند خالص (WSC)، ضریب استحصال شکر (ECS)، درصد قند ملاس (MS)، عملکرد ریشه (RY) و اندازه ریشه (RS).

[α] Traits are: sugar content (SC), sodium (Na), potassium (K), *alpha-amino* nitrogen (N), alkalinity coefficient (ALC), white sugar content (WSC), extraction coefficient of sugar (ECS), molasses sugar (MS), root yield (RY) and root size (RS).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (جدول ۳)، نشان داد چهار مؤلفه اول دارای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک بودند و در مجموع حدود ۸۸ درصد از تغییرات مشاهده‌شده را توجیه نمودند. مؤلفه اول که حدود ۴۷ درصد از تغییرات را توجیه نمود، دارای ارتباط مثبت با مقدار سدیم و قند ملاس بود ولی با خواص مربوط به قند مانند درصد قند خالص و ضریب استحصال شکر ارتباط منفی داشت که نشان‌دهنده‌ی تمرکز بر میزان استخراج شکر است. لذا این مؤلفه را می‌توان به مؤلفه عوامل ناخالصی نام‌گذاری نمود. مؤلفه دوم که ۱۸ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین نمود، دارای ضریب مثبت برای مقدار نیتروژن آمینه و ضریب منفی برای ضریب قلیایی بود. لذا می‌توان از آن به‌عنوان مؤلفه بازدارنده ساکارز متبلور یاد نمود (جدول ۳). مؤلفه سوم، ۱۴ درصد تغییرات را توجیه نمود و ارتباط مثبت بالایی برای اندازه ریشه نشان داد بنابراین مؤلفه سوم را می‌توان به‌عنوان اندازه نشان داد. مؤلفه چهارم که حدود ۱۰ درصد به توجیه واریانس داده‌ها کمک کرد، ارتباط منفی با عیار قند، مقدار پتاسیم و عملکرد ریشه نشان داد و در نتیجه، این مؤلفه را می‌توان عامل بازدارنده کمیت و کیفیت نامید (جدول ۳). می‌توان استنباط کرد که مؤلفه‌های استخراج‌شده؛ بیشتر، تنوع موجود را توصیف نموده و یک مؤلفه برای عملکرد و سه مؤلفه برای کیفیت شناسایی شدند و مؤلفه‌های کیفیت (اول، دوم و چهارم)، بیشتر تغییرات (حدود ۷۵ درصد) را به خود اختصاص دادند در حالی‌که مؤلفه عملکرد، تغییرات کمتری (حدود ۱۴ درصد) از داده‌ها را تبیین نمودند. لذا به نظر می‌رسد تنوع موجود در این مواد گیاهی بیشتر برای صفات کیفی چغندر بوده و عملکرد نقش چندانی در ایجاد تغییرات نداشته است.

جدول ۳ مقادیر ضرایب تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای صفات مختلف مورد بررسی در هیبریدهای چغندرقند

Table 3. The principal components analysis (PCA) coefficient for studied traits in sugar beet hybrids

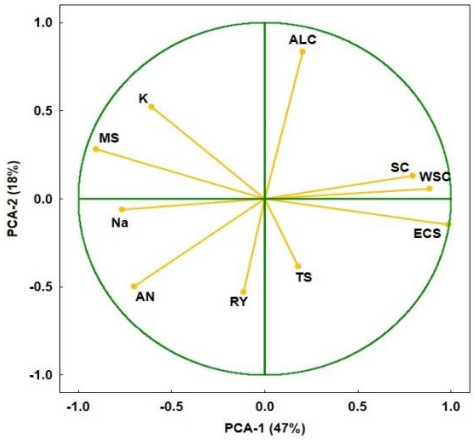
صفات Traits[α]	مؤلفه اصلی اول PCA-1	مؤلفه اصلی دوم PCA-2	مؤلفه اصلی سوم PCA-3	مؤلفه اصلی چهارم PCA-4
SC	-0.366	-0.097	-0.290	-0.420
Na	0.352	0.047	-0.049	0.226
K	0.278	-0.393	-0.011	-0.551
N	0.323	0.374	-0.366	-0.237
ALC	-0.093	-0.628	0.398	0.033
WSC	-0.406	-0.044	-0.243	-0.315
ECS	-0.453	0.109	-0.066	0.015
MS	0.415	-0.210	-0.068	-0.284
RY	0.052	0.298	0.399	-0.425
RS	-0.082	0.288	0.627	-0.226
مقدار ویژه Eigenvalue	4.74	1.77	1.37	1.01
درصد واریانس Proportion variance	47	18	14	10
واریانس تجمعی Cumulative variance	47	65	79	88

[α] صفات عبارت‌اند از: عیار قند (SC)، سدیم (Na)، پتاسیم (K)،نیتروژن آمینه (N)،ضریب قلیایی (ALC)، درصد قند خالص (WSC)، ضریب استحصال شکر (ECS)، درصد قند ملاس (MS)، عملکرد ریشه (RY) و اندازه ریشه (RS).

[α] Traits are: sugar content (SC), sodium (Na), potassium (K), *alpha-amino* nitrogen (N), alkalinity coefficient (ALC), white sugar content (WSC), extraction coefficient of sugar (ECS), molasses sugar (MS), root yield (RY) and root size (RS).

در تحقیق مشابهی، صفات کیفی ۱۴ هیبرید چغندرقند با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مورد بررسی قرار گرفت و چهار مؤلفه به نام‌های قند، سدیم، آمینواسید کل و ضد پتاسیم شناسایی شدند که به ترتیب حدود ۳۹، ۲۴، ۱۸ و ۱۱ درصد از تغییرات مشاهده‌شده را توجیه نمودند (Hu *et al*. 2019). همچنین در تحقیق دیگری، ۴۴ رقم چغندرقند با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مورد بررسی قرار گرفته و دو مؤلفه کیفیت قند و عملکرد ریشه شناسایی شدند که تقریباً همه تغییرات مشاهده‌شده را توجیه نمودند (Hasani *et al*. 2021).

برای نمایش بصری تغییرات صفات مورد بررسی چغندرقند، نمودار دو مؤلفه اصلی اول (PC-1 در برابر PC-2) که در مجموع ۶۵ درصد از تغییرات را تبیین نمودند، رسم گردید (شکل ۱). ارتباط بین این صفات را می‌توان با بررسی فاصله صفات از یکدیگر و از مبدأ مختصات درک نمود. فاصله از مبدأ مختصات یا طول بردار نشان‌دهنده معنی‌داری و یا عدم معنی‌داری ارتباط و کسینوس زاویه بین بردارهای صفات، نشان‌دهنده مقدار ضریب ارتباط است. در شکل۱، محتوای سدیم، آلفا آمینو نیتروژن و قند ملاس همبستگی مثبتی داشته (cos 0° = +1) و اطلاعات نسبتاً مشابهی در مورد پاسخ هیبریدهای چغندرقند ارائه کردند. چنین وضعیتی برای ارتباط بین قند ملاس با مقدار پتاسیم و همچنین برای ارتباط بین مقدار سدیم و آلفا آمینو نیتروژن وجود داشت. آلفا آمینو نیتروژن همچنین همبستگی مثبتی بین ضریب استحصال شکر، عیار قند و درصد قند خالص به واسطه زوایای بسته بین بردارها وجود داشت. چنین وضعیتی برای ارتباط بین عملکرد ریشه و اندازه ریشه صادق بود (شکل ۱). طول بردار عملکرد ریشه و اندازه ریشه کمتر از طول بردار سایر صفات بوده لذا معنی‌داری ارتباط این صفات کمتر از سایر صفات می‌باشد. چنین ارتباط مثبت معنی‌داری بین محتوای سدیم و میزان نیتروژن آلفا آمینه در چغندرقند گزارش شده است (Kiymaz and Ertek 2015). زوایای قائم بین بردارها نشان‌دهنده عدم وجود رابطه است (cos 90° = 0)که می‌توان به عدم وجود رابطه بین ضریب قلیایی با صفات ضریب استحصال شکر، عیار قند و درصد قند خالص اشاره نمود.

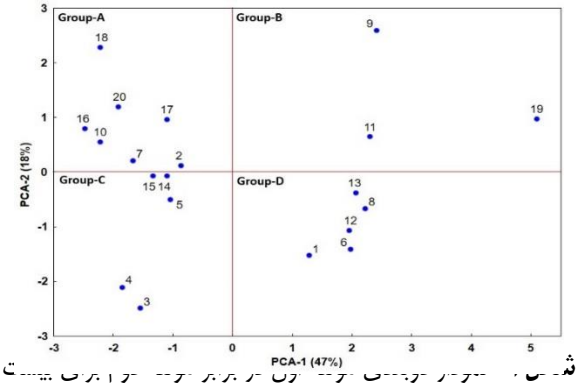


شکل ۱ نمودار دوبعدی مؤلفه اول در برابر مؤلفه دوم برای صفات مختلف مورد بررسی در هیبریدهای چغندرقند

Fig. 1. Two-dimensional plot of the first component versus the second component for various evaluated traits in sugar beet hybrids

همچنین محتوای سدیم، آلفا آمینو نیتروژن با صفات ضریب قلیایی، عملکرد ریشه و اندازه ریشه هیچ رابطه‌ای نداشتند (شکل۱). عدم وجود رابطه معنی‌دار بین صفات ضریب استحصال شکر، عیار قند و درصد قند خالص با عملکرد ریشه و اندازه ریشه نیز مشاهده گردید. اگرچه درصد قند خالص ، ضریب استحصال شکر و عیار قند با اندازه ریشه و عملکرد ریشه رابطه ژنتیکی و محیطی دارد ولی نتایج حاصل چنین چیزی را نشان نداد؛ به عبارت دیگر عدم وجود ارتباط بین صفات ضریب استحصال شکر، عیار قند و درصد قند خالص با عملکرد ریشه و اندازه ریشه به دست آمد که بیانگر وجود نتایج متناقض در برخی مطالعات است که می‌تواند ناشی از اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط باشد. زوایای بیش از ۹۰ درجه بین بردارهای صفات مورد بررسی، نشان‌دهنده همبستگی منفی (cos 180° = -1)، بین آن‌ها است. بر این اساس رابطه بین ضریب قلیایی با صفات عملکرد ریشه و اندازه ریشه منفی است. همچنین همبستگی بین صفات مرتبط با کیفیت (ضریب استحصال شکر، عیار قند و درصد قند خالص) با صفات سدیم و آلفا آمینو نیتروژن و تا حدودی با مقدار پتاسیم و قند ملاس منفی است (شکل۱).

به طرز مشابهی، نمودار دو مؤلفه اصلی اول (PCA-1 در برابر PCA-2)، برای نمایش نموداری ارتباط هیبریدهای چغندرقند رسم گردید (شکل۲). در این نمودار، دو مؤلفه، هیبریدها را به چهار گروه مختلف تفکیک نمودند. گروه اول (Group-A) شامل هفت هیبرید (۲، ۷، ۱۰، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۲۰) بودند. میانگین این گروه از هیبریدها برای صفات نشان داد (جدول ۴)، آن‌ها دارای مقادیر بالای محتوای سدیم، مقدار پتاسیم، ضریب قلیایی و قند ملاس بوده و مقادیر متوسطی از آلفا آمینو نیتروژن و عملکرد ریشه و را داشتند. این گروه از هیبریدهای چغندرقند مقادیر پایینی برای مقدار قند، ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص و اندازه ریشه را به خود اختصاص دادند لذا از نظر اقتصادی فاقد ویژگی‌های مطلوب بودند.



شکل ۲ نمودار دوبعدی مؤلفه اول در برابر مؤلفه دوم برای هیبرید چغندرقند

Fig. 2. Two-dimensional plot of the first component versus the second component in 20 sugar beet hybrids.

بر اساس نمودار دوم، گروه دوم (Group-B) شامل سه هیبرید (۹، ۱۱ و ۱۹) بودند. میانگین صفات برای این گروه نشان داد (جدول ۴) که آن‌ها دارای مقادیر بالای عیار قند، ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص و ضریب قلیایی، مقادیر متوسط مقدار پتاسیم و اندازه ریشه و مقادیر پایین محتوای سدیم، قند ملاس، آلفا آمینو نیتروژن و عملکرد ریشه بودند لذا این گروه یک گروه کیفی محسوب شده و کیفیت خوبی داشتند ولی ایراد عمده آن‌ها، پایین بود عملکرد ریشه بود. گروه سوم (Group-C). شامل پنج هیبرید (۳، ۴، ۵، ۱۴ و ۱۵) بوده و از نظر صفات محتوای سدیم، آلفا آمینو نیتروژن، قند ملاس، و عملکرد ریشه وضعیت خوبی داشتند (جدول ۴). لازم به ذکر است هیبریدهای ۲، ۵، ۷، ۱۴ و ۱۵ مابین گروه‌های اول و سوم قرار دارند و تفاوت‌های بین این گروه‌ها در آنها چندان ملموس نخواهد بود.

جدول ۴ میانگین صفات چغندرقند برای چهار گروه شناسایی شده هیبریدها

Table 4. Means of sugar beet traits for four identified groups of hybrids

صفات Traits[α]	واحد Unit	گروه اول Group-A	گروه دوم Group-B	گروه سوم Group-C	گروه چهارم Group-D
SC	%	18.43	18.95	18.51	18.80
Na	mEq/100 g	1.237	1.062	1.221	1.147
K	mEq/100 g	5.218	5.098	5.158	5.012
N	mEq/100 g	1.275	1.202	1.315	1.251
ALC	%	5.143	5.204	4.935	5.011
WSC	%	15.81	16.44	15.91	16.28
ECS	%	85.72	86.68	85.92	86.54
MS	%	2.024	1.915	2.003	1.920
RY	t/ha	22.43	21.40	24.27	24.44
RS	cm	30.21	31.09	31.77	32.50

[α]صفات عبارت‌اند از: عیار قند (SC)، محتوای سدیم (Na)، مقدار پتاسیم (K)، آلفا آمینو نیتروژن (AN)، ضریب قلیایی (ALC)، درصد قند خالص (WSC)، ضریب استحصال شکر (ECS)، قند ملاس (MS) عملکرد ریشه (RY) و اندازه ریشه (TS).

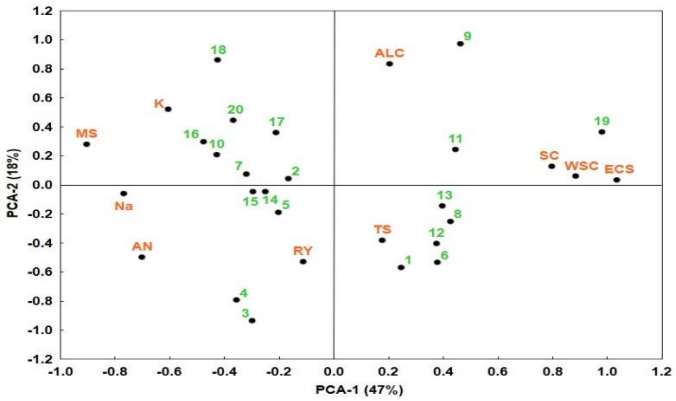
[α] Traits are: sugar content (SC), sodium content (Na), potassium amount (K), alpha-amino nitrogen (AN), alkalinity coefficient (ALC), white sugar content (WSC), extraction coefficient of sugar (ECS), molasses sugar (MS), root yield (RY) and tuber size (TS).

هیبریدهای گروه سوم از نظر صفات مقدار پتاسیم و اندازه ریشه مقادیر متوسط و از نظر صفات عیار قند، ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص و ضریب قلیایی، مقادیر کمی به خود اختصاص دادند؛ بنابراین این گروه پتانسیل عملکرد خوبی دارند ولی کیفیت آن‌ها پایین است. در نهایت، گروه چهارم (Group-D)، شامل پنج هیبرید (۱، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۳) بوده و از لحاظ ویژگی‌هایی از قبیل ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص، عملکرد ریشه و اندازه ریشه قابل توجه است. مقدار پتاسیم، ضریب قلیایی و قند ملاس این گروه پایین بوده و مقادیر عیار قند، مقدار سدیم و آلفا آمینو نیتروژن در حد متوسط می‌باشند لذا این هیبریدها را می‌توان پس از بررسی‌های دقیق‌تر، جهت کشت به زارعین معرفی نمود زیرا از نظر عملکرد و کیفیت در حد قابل قبولی می‌باشند. همه این چهار هیبرید برتر از سایر هیبریدهای مورد آزمایش قرار گرفتند لذا پتانسیل قرارگیری در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد و معرفی به‌عنوان ارقام جدید را دارند. روابط مشاهده‌شده با مطالعه دیگری همخوانی دارد که در ارزیابی ۱۳ ویژگی مورفولوژیکی و زراعی چغندرقند در ۱۶۸ هیبرید مختلف، ارتباط مشابهی برای عملکرد ریشه، آلفا آمینو نیتروژن، محتوای سدیم، مقدار پتاسیم و قند ملاس گزارش نمودند (Abbasi *et al*. 2015).

برای ارزیابی هم‌زمان هیبریدها و صفات، یک بای‌پلات یا نمودار دووجهی ترسیم گردید (نمودار۳). براساس این نمودار، هیبریدهای گروه اول (Group-A)، بیشترین مقادیر قند ملاس را داشتند در حالی‌که هیبریدهای گروه دوم (Group-B)، بیشترین مقادیر عیار قند، ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص و ضریب قلیایی را به خود اختصاص دادند. همچنین هیبریدهای گروه سوم (Group-C)، واجد بیشترین مقادیر محتوای سدیم، ارتفاع گیاه، آلفا آمینو نیتروژن و عملکرد ریشه بودند ولی هیبریدهای گروه چهارم (Group-D)، بیشترین مقدار اندازه ریشه را به خود اختصاص دادند. این نتایج تا حدودی با نتایج جدول چهارم هماهنگ است ولی مقداری اختلاف نیز مشاهده می‌گردد زیرا نتایج جدول بر اساس داده‌های اصیل است ولی نتایج نمودار بر پایه ۶۵ درصد از تغییرات داده‌ها است که توسط دو مؤلفه اول در مدل تبیین شدند؛ به عبارت دیگر اگرچه،

انتظار می‌رود که بیشتر نتایج همسو باشند، ممکن است برخی ناسازگاری‌های جزئی مشاهده شود زیرا تجزیه به مؤلفه‌های اصلی معمولاً کمتر از ۱۰۰ درصد از تنوع کل را توصیف می‌کند. در این مطالعه دو مؤلفه اول ۶۵ درصد از واریانس را تبیین کردند و ۳۵ درصد برای سایر مؤلفه‌ها باقیماند که در نمودار مورد استفاده قرار نگرفتند. با این حال، نتایج کلی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با داده‌های اصیل که از ۱۰۰ درصد واریانس استفاده می‌نماید، تطابق خوبی داشت. روابط مثبت و معنی‌دار شناسایی‌شده برای مقادیر عیار قند، ضریب استحصال شکر، درصد قند خالص و ضریب قلیایی با یکدیگر در چغندرقند با گزارش‌های موجود در این زمینه مطابقت دارد (Tsialtas and Maslaris 2013; Azizi *et al*. 2021).

در این مطالعه، هم از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای بررسی صفات و هیبریدهای چغندرقند استفاده شده و روابط آن‌ها تا حدودی آشکار گردید. ارزیابی صفات مختلف در چغندرقند نشان داد که اندازه ریشه با عملکرد ریشه مرتبط بوده، در حالی که صفات کیفی (قند و مواد معدنی) کمتر با عملکرد ریشه مرتبط بوده و ضریب قلیایی نیز تأثیر منفی دارد. استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره، ارزیابی هیبریدها و صفات را ساده‌ترکرده و می‌تواند برای انتخاب بهترین هیبرید چغندرقند و ارائه برخی اطلاعات اولیه برای بهبود ژنتیکی چغندرقند در پروژه‌های آتی ارزشمند باشد. به‌طور خلاصه، این بحث بر اهمیت تنوع صفت و ارتباط مشاهده‌شده در صفات چغندرقند در مطالعات مختلف تأکید دارد. استفاده از ابزارهای تصویری، مانند نمودار دووجهی (بای‌پلات)، به درک خوبی از الگوی برهمکنش‌های هیبرید و صفت در تولید چغندرقند کمک نموده و زمینه مناسبی برای درک ارتباط صفات فراهم می‌نماید.



شکل۳ نمودار دوبعدی و دووجهی مؤلفه اول در برابر مؤلفه دوم برای صفات بیست هیبرید چغندرقند

Fig. 3. Two-dimensional biplot of PCA-1 and PCA-2 for measured traits of 20 sugar beet hybrids.

نتیجه‌گیری

تنوع خوبی از لحاظ صفات اندازه‌گیری شده در بین هیبریدهای چغندر قند مشاهده گردید. این مطالعه پنج هیبرید (۱، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۳) را به‌عنوان بهترین هیبریدهای چغندرقند برای صفات مهمی همچون عملکرد ریشه و مقدار قند شناسایی نمود، لذا می‌توان پس از آزمون آن‌ها در آزمایش‌های ناحیه‌ای عملکرد، به‌عنوان ارقام جدید به کشاورزان معرفی نمود. برای دستیابی به عملکرد بالاتر، تأکید می‌شود که اندازه ریشه باید در نظر گرفته شود. یافته حاضر به درک روابط پیچیده بین هیبریدها و صفات کمک نموده و بینش عملی برای بهینه‌سازی کشت چغندرقند ارائه می‌کند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

سپاسگزاری

به این وسیله از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند به پاس در اختیار قرار دادن مواد گیاهی تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده: References

Abbasi Z, Majidi MM, Arzani A, Rajabi A, Mashayekhi P, Bocianowski J. Association of SSR markers and morpho-physiological traits associated with salinity tolerance in sugar beet (*Beta vulgaris L.*). Euphytica. 2015. 205:785–797. Doi: https://doi.org/10.1007/s 10681-015-1408-1

Anonymous. Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2022. http://faostat.fao.org [last accessed 11.17.2024].

Artyszak A, Gozdowski D. Influence of various forms of foliar application on root yield and technological quality of sugar beet. Agriculture. 2021. 11:693. Doi: https://doi.org/10.3390/agriculture11080693

Azizi H, Pedram A, Fasahat, P. Identification of effective traits on sugar beet (Beta vulgaris L.) root yield under natural infection conditions to rhizomania virus disease. Journal of Crop Breeding. 2021. 13:197-204.Doi:https://doi.org/10.52547/jcb.13.37.197

Hasani M, Hamza H, Mansori H, Fathullah-Taleghani D, Jalilian A, Soltani-Idliki J, Sharifi M, Kakouinejad M. Evaluation of genetic parameters, relationships between traits and grouping of new sugar beet hybrids in terms of quantitative and qualitative traits under rhizomonia contamination condition. Journal of Crop Breeding. 2021. 13:149-159. Doi: https://doi.org/10.52547/jcb.13.38.149

Hu XH, Jian-Zhou C, Hong-Yang Z. Comprehensive evaluation of different sugar beet varieties by using principal component and cluster analyses. Journal of Physics: Conference Series. 2019. 1176:042021. Doi:https://doi.org/10.1088/1742-6596/1176/4/042021

Kiymaz S, Ertek A. Yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) at different water and nitrogen levels under the climatic conditions of Kırsehir, Turkey. Agricultural Water Management. 2015. 158:156-165.Doi:https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.05.004

Liu, D., Wang, X., Li, W. Li J, Tan W, Xing w.. Genetic diversity analysis of the phenotypic traits of 215 sugar beet germplasm resources. Sugar Tech. 2022. 24, 1790–1800. Doi: https://doi.org/10.1007/s12355-022-01120-8

Mohamad-Yosefi S, Najafi H, Ahmadi M. Study of genetic diversity in sugar beet (Beta vulgaris L.) genotypes for bolting resistant and morpho-physiological traits. Applied Crop Filed Research. 2016; 29: 55-65. Doi: https://doi.org/10.22092/aj.2016.109592

Mohammadian R. Management package to reduce irrigation water and increase water use productivity in sugar beet cultivation. Water Management in Agriculture. 2020. 6(2): 103-114.

Nabizadeh E, Fotohi K. Study of relationships among qualitative and quantitative traits in sugar beet genotypes infected with rhizoctonia. Journal of Crop Breeding. 2018. 10: 94-103. Doi: https://doi.org/10.29252/jcb.10.27.94

Nasri R, Kashani AS, Paknejad F, Ghorbani MSS. Correlation and path analysis of yield and quality of sugar beet in both direct seeding and transplanting of saline lands. Agriculture and Horticulture. 2012. 8:226–313.

Tsialtas JT, Maslaris N. Nitrogen effects on yield, quality and K/Na selectivity of sugar beets grown on clays under semi-arid, irrigated conditions. International Journal of Plant Production. 2013. 7: 355-372. Doi:https://doi.org/10.22069/ijpp.2013.1109

Żarski J, Kuśmierek-Tomaszewska R, Dudek S. Impact of irrigation and fertigation on the yield and quality of sugar beet (Beta vulgaris L.) in a moderate climate. Agronomy. 2020; 10: 166-176. Doi:https://doi.org/10.3390/agronomy10020166