



"مقاله پژوهشی"

بررسی رابطه صفات عملکردی و فیزیولوژیکی با عملکرد ریشه و قند در هیبریدهای چغندر قند در شرایط نرمال و تنش شوری

عبدالمجید خورشید^۱ و علی اکبر اسدی^۲

۱- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران (نویسنده مسؤل: majidkhor1347@gmail.com)

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹

صفحه: ۲۵ تا ۳۴

چکیده

به منظور تعیین ارتباط میان برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکردی در چغندر قند تحت تنش شوری و نرمال، تعداد ۲۸ ژنوتیپ حاصل از تلاقی بین فول سیب ۸۰۰۱ با سینگل کراس های نرعیق مولتی ژرم C2 و نرعیق منوژرم ۲۳۱×۲۶۱، به همراه دو رقم شاهد در دو محیط به صورت جداگانه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میاندواب به صورت بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت گردید. روابط بین این صفات با عملکرد ریشه و قند با استفاده از همبستگی، تجزیه رگرسیون و تجزیه علت تحت تنش شوری و نرمال مورد بررسی قرار گرفت. در شرایط نرمال عملکرد ریشه با عملکرد قند خالص همبستگی مثبت و با عیار قند و نسبت پتاسیم به سدیم همبستگی منفی نشان داد. در شرایط تنش شوری بین عملکرد ریشه با عملکرد قند، عملکرد قند خالص، نسبت پتاسیم به سدیم و محتوای آب نسبی برگ همبستگی مثبت و با میزان سدیم و قند ملاس همبستگی منفی مشاهده شد. تغییر شرایط محیطی باعث تغییر در روابط بین عملکرد ریشه و برخی صفات شد. نتایج تجزیه رگرسیون و علت نشان داد که در شرایط نرمال اگر عملکرد ریشه متغیر تابع باشد، صفات عملکرد قند خالص و عیار قند تغییرات موجود را توجیه می کنند به طوریکه در تجزیه علت، عملکرد قند خالص بیشترین اثر مستقیم مثبت و عیار قند بیشترین اثر مستقیم منفی را بر روی عملکرد ریشه داشتند. ولی وقتی عملکرد قند متغیر تابع باشد، صفات میزان پتاسیم، میزان نسبی آب از دست رفته و ازت مضره تغییرات موجود را توجیه می کنند و از بین این صفات ازت مضره بیشترین اثر مستقیم مثبت و دو صفت دیگر بیشترین اثر مستقیم منفی را بر روی عملکرد قند دارند. در نقطه مقابل در شرایط تنش شوری، اگر عملکرد ریشه متغیر تابع باشد، صفات عملکرد قند، عملکرد قند خالص، خلوص شربت و عیار قند تغییرات موجود را توجیه می کنند که عملکرد قند خالص بیشترین اثر مستقیم مثبت و عملکرد قند دارای بیشترین اثر منفی و مستقیم بر روی عملکرد ریشه داشتند. ولی وقتی عملکرد قند متغیر تابع باشد، صفات عملکرد قند خالص و خلوص شربت تغییرات موجود را توجیه می کنند و عملکرد قند خالص بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد قند داشت.

واژه های کلیدی: تجزیه رگرسیون، تجزیه علت، صفات فیزیولوژیک

مقدمه

بین صفات مورفولوژیکی و عملکرد ریشه و قند در چغندر قند استفاده کرده اند (۲۵،۲۰،۱۴،۹).

تجزیه ضرایب مسیر (علیت) روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات است که می تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تأثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آنها فراهم کند. سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد کل می تواند به طور مستقیم نیز تحت تأثیر بقیه اجزا قرار گیرد. ارتباط بین عملکرد و مؤلفه های آن پیچیده است و بدیهی است که برخی از صفات تغییرات عملکرد را بهتر از بقیه توجیه می کنند (۱۲). متخصصین اصلاح نباتات تجزیه علت را بیشتر به عنوان ابزاری برای ارزیابی اهمیت صفات مؤثر بر عملکرد و تعیین سهم اجزای عملکرد بکار می برند. محققین زیادی از این روش برای بررسی رابطه بین صفات در چغندر قند استفاده کرده اند (۲۳،۱۵،۷،۱۸،۲۶). نصری و همکاران (۱۵) در مطالعه همبستگی صفات و تجزیه علت عملکرد کمی و کیفی چغندر قند گزارش نمودند که عملکرد ریشه با صفات درصد قند خالص و ناخالص همبستگی منفی و با دیگر صفات مورد بررسی همبستگی مثبت نشان داد. همچنین با استفاده از مدل رگرسیون گام به گام مشخص نمودند که صفات وزن خشک ریشه، وزن تر کل، وزن تر برگ و وزن تر طوقه حدود ۹۹

بهبود عملکرد ریشه و قند از طریق به نژادی و بهبود اجزای آن می تواند از روش های کارآمد در برنامه های اصلاحی چغندر قند باشد و بررسی روابط بین اجزای عملکرد ریشه و قند با عملکرد در این راستا نقش مهمی را ایفا می کند. ضریب همبستگی معیاری از ارتباط بین صفات می باشد. این ضریب در شناسایی صفات مهم می تواند به عنوان شاخص گزینشی مهم مورد استفاده قرار گیرد و همچنین در شناسایی صفاتی که دارای اهمیت ناچیز یا فاقد اهمیت در برنامه های گزینشی می باشند مفید می باشد (۶). از طرف دیگر تجزیه رگرسیون نیز یکی از پر استفاده ترین روش های آماری است که برای تجزیه و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار می گیرد، زیرا روابط بین متغیرها را به سادگی و به صورت با مفهوم بیان می کند. به طور کلی، تجزیه رگرسیون مجموعه ای از روش ها است که برای کمک به درک رابطه بین گروهی از متغیرها مورد استفاده قرار می گیرد (۲۷). از آنجایی که در رگرسیون چند متغیره اثرات متقابل در بین متغیرها وجود دارد. ممکن است یک متغیر در کنار برخی از متغیرها معنی دار باشد، اما در کنار برخی دیگر از متغیرها معنی دار نباشد. به همین علت لازم است متغیرهای مهمی را که تأثیر معنی داری بر عملکرد دارند انتخاب شوند. محققین زیادی از این روش در بررسی رابطه

این پژوهش به منظور ارزیابی عوامل مؤثر بر عملکرد ریشه و قند چغندر قند بر اساس همبستگی، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت روی چغندر قند در شرایط نرمال و تنش شوری در آذربایجان غربی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین میزان همبستگی و ارتباط بین صفات عملکردی و فیزیولوژیکی مؤثر در گزینش در جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی برای شرایط نرمال و شور، ۲۸ هیبرید حاصل از تلاقی بین فول سیب ۸۰۰۱ با سینگل کراس‌های نرعیق مولتی ژرم C2 و نرعیق منوژرم ۲۳۱*۲۶۱، به همراه دو رقم شاهد (در مجموع ۳۰ ژنوتیپ)، در دو آزمایش تحت تنش شوری (در سطح شوری ۱۸/۸۴ دسی‌زیمنس بر متر) و نرمال در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میاندوآب به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت شدند. ایستگاه میاندوآب در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۹۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۳۱۴ متری از سطح دریای آزاد واقع شده است. خاک محل آزمایش دارای بافت سیلتی لومی با pH برابر ۸/۵ می‌باشد. این منطقه از نظر تقسیمات آب و هوایی دارای رژیم دمایی فریک (متوسط دمای سالیانه خاک بین ۸ الی ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و رژیم رطوبتی نیمه خشک است. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل انجام آزمایش در جدول ۱ و بعضی از خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و نتایج کیفی آب منطقه در جدول ۲ آورده شده است. هر کرت آزمایشی شامل سه ردیف به طول هفت متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتیمتر بوده و بذور ژنوتیپ‌های مورد بررسی به صورت دستی بر روی ردیف‌ها کشت شدند. تمامی عملیات زراعی از قبیل آبیاری و وجین علف هرز از زمان کاشت تا استقرار کامل گیاه (مرحله ۶ تا ۸ برگ) برای هر دو آزمایش نرمال و تحت تنش شوری به صورت یکسان انجام شد.

درصد از تغییرات عملکرد ریشه را تبیین می‌کنند و با استفاده از تجزیه علیت نشان دادند که صفت وزن تر برگ بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد ریشه داشت. شریفی (۲۳) در بررسی همبستگی و تجزیه علیت عملکرد شکر سفید با برخی صفات تحت رژیم‌های آبیاری مختلف در ژنوتیپ‌های چغندر قند نشان داد که در شرایط نرمال، صفات درصد قند، میزان سدیم، ضریب استحصال و دمای سایه‌انداز گیاهی اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید نشان دادند، در مقابل در شرایط تنش ملایم علاوه بر صفات ذکر شده، پتانسیل اسمزی و فشاری دارای اثرات مستقیم بالایی بودند. در شرایط تنش شدید به‌غیر از نیتروژن و دمای سایه‌انداز گیاهی، سایر صفات تقریباً دارای اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید بودند. فتوحی و همکاران (۷) در تجزیه علیت تحت شرایط نرمال و تنش شوری در ژرم پلاسما چغندر قند نشان دادند که در شرایط نرمال صفات درصد پوشش سبز و تراکم بوته ۵۶ درصد و در شرایط شوری چهار متغیر سدیم، پتاسیم، درصد پوشش سبز و تراکم بوته ۷۸ درصد از تغییرات عملکرد ریشه را تبیین می‌کنند همچنین تجزیه علیت برای صفت عملکرد ریشه به‌عنوان متغیر تابع نشان داد که در شرایط بدون تنش درصد پوشش سبز دارای اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار و در شرایط تنش شوری پتاسیم و درصد پوشش سبز دارای اثر مثبت و مستقیم بر روی عملکرد ریشه بودند. یونان و همکاران (۲۶) با مطالعه همبستگی بین صفات مهم زراعی و عملکرد ریشه در چغندر قند و تفکیک آن‌ها به اثرات مستقیم و غیرمستقیم نشان دادند که صفت وزن برگ دارای اثر مستقیم و قابل ملاحظه بر روی عملکرد ریشه است و می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی به‌عنوان معیار گزینش جهت بهبود عملکرد ریشه در چغندر قند توجه قرار گیرد. نتایج بررسی اودا سوهیر (۱۸) نشان داد که وقتی عملکرد قند به‌عنوان صفت تابع در نظر گرفته می‌شود عملکرد ریشه و درصد ساکارز دارای بیشترین اثر و سایر صفات دارای اثرات ناچیز و قابل اغماض هستند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (شرایط نرمال و تنش شوری)

Table 1. Physical and chemical properties of test soil (normal conditions and salinity stress)

بافت خاک	پتاسیم PPM	فسفر PPM	کلسیم PPM	آمونیم PPM	نیترات PPM	منیزیم PPM	کربن آلی %	مواد خثی شونده %	اسیدیته	هدایت الکتریکی Ds/m
نرمال	۴۱۷	۱۳/۱۶	۵/۳۳	۱۳/۴۲	۲۰/۶۷	۲/۶	۱/۴۱	۰/۱۸	۷/۹	۱/۲
شوری	۲۵۰	۸/۳	۱۴	-	-	۱۶	۰/۷۲	۱۱	۸/۵	۱۸/۸۴

جدول ۲- کیفیت آب آبیاری محل انجام آزمایش

Table 2. Irrigation water quality at the test site

pH	Ec Ds/m	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺
۸/۴	۰/۵۴۸	-	۴/۴	۱/۲	۱/۲	۳/۲	۱۵	-	۳/۷

(واحد آنیون‌ها و کاتیون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر است)

در این رابطه WF وزن تازه برگ، WT وزن تورژسانس برگ و WD وزن خشک برگ می‌باشد.

میزان نسبی آب از دست‌رفته برگ بر حسب گرم آب از دست‌رفته با استفاده از فرمول زیر (رابطه ۲) محاسبه شد (۲۷):

$$RWL = [(FW - WW) / DW] \times [(t_1 - t_2) / 60] \quad \text{رابطه ۲}$$

صفات اندازه‌گیری شده

مقدار نسبی آب برگ بر حسب درصد به روش مورانت مانسیو و همکاران (۱۳) با استفاده از دیسک‌های برگ و فرمول زیر (رابطه ۱) اندازه‌گیری شد.

$$RWC = [(WF - WD) / (WT - WD)] \times 100 \quad \text{رابطه ۱}$$

در شرایط نرمال عملکرد ریشه با عملکرد قند خالص همبستگی مثبت و با عیار قند و نسبت پتاسیم به سدیم همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳). در شرایط تنش شوری بین عملکرد ریشه با عملکرد قند، عملکرد قند خالص، نسبت پتاسیم به سدیم و محتوای آب نسبی برگ همبستگی مثبت و با میزان سدیم و قند ملاس همبستگی منفی مشاهده شد (جدول ۳). تغییر شرایط محیطی باعث تغییر در روابط بین عملکرد ریشه و برخی صفات شده است به عنوان مثال همبستگی بین عملکرد ریشه و نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط نرمال منفی و در شرایط شوری مثبت است.

عیار قند در هر دو شرایط با میزان ازت مضره، درصد قند قابل استحصال و خلوص شربت همبستگی مثبت و با ضریب قلیائیات همبستگی منفی نشان داد. همچنین در شرایط نرمال با میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم همبستگی مثبت و با عملکرد ریشه و قند ملاس همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳). وجود رابطه منفی بین وزن ریشه و عیار قند مانع از اصلاح همزمان عملکرد و عیار قند چندر قند می گردد (۴، ۲۴).

در شرایط نرمال و تنش شوری عملکرد قند خالص با عملکرد ریشه همبستگی مثبت داشت ولی تنها در شرایط تنش شوری با عملکرد قند، نسبت پتاسیم به سدیم و خلوص شربت همبستگی مثبت و با عملکرد قند، قند ملاس و میزان سدیم همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳).

در شرایط نرمال همبستگی خاصی بین عملکرد قند با بقیه صفات مشاهده نشد ولی در شرایط تنش شوری با عملکرد ریشه، عملکرد قند خالص، نسبت سدیم به پتاسیم، درصد قند قابل استحصال و خلوص شربت همبستگی مثبت و با میزان سدیم و قند ملاس همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳). رنجی و پرویزی آلمانی (۲۱) نتیجه گرفتند که عملکرد ریشه، درصد قند و شکر سفید در هکتار با یکدیگر و همچنین با ازت، سدیم و پتاسیم همبستگی دارند. در تحقیق این افراد، عملکرد قند در هکتار همبستگی مثبتی با عملکرد ریشه داشت و در اراضی شور عملکرد قند تحت تأثیر عملکرد ریشه و درصد قند بود. طبق نظر آن‌ها کاهش عملکرد ریشه موجب بالا رفتن درصد قند شده و این معیار به نوبه خود منجر به بالا رفتن شکر سفید در هکتار می شود در صورتی که در اراضی معمولی شکر سفید بیشتر تحت تأثیر عملکرد ریشه بوده و همبستگی درصد قند با ازت به صورت منفی است. این محققین همچنین بیان نمودند ازت مضره با سدیم و پتاسیم همبستگی مثبت دارد.

در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری همبستگی مثبتی بین میزان سدیم با ضریب قلیائیات، قند ملاس، ازت مضره و همبستگی منفی با نسبت پتاسیم به سدیم، درصد قند قابل استحصال و خلوص شربت مشاهده شد. در شرایط نرمال همبستگی منفی با عیار قند نیز وجود داشت. همچنین در تنش شوری نیز همبستگی مثبت با قند ملاس و همبستگی منفی با عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد قند خالص، نسبت پتاسیم به سدیم، درصد قند قابل استحصال و خلوص شربت دیده شد (جدول ۳). وجود رابطه منفی بین میزان

که در آن FW وزن تر برگ، WW وزن پژمردگی، DW وزن خشک، t₁ زمان لازم برای پژمردگی و t₂ زمان لازم برای خشک شدن است.

شاخص شادابی برگ (گرم بر گرم وزن خشک) حاصل تفاضل وزن خشک برگ از وزن تر برگ بر سطح برگ می باشد (۱۷). وزن ویژه برگ (گرم بر سانتی مترمربع) از تقسیم وزن خشک برگ بر سطح برگ، بر حسب گرم بر سانتی متر مربع به دست آمد (۱۹). پس از شستشوی ریشه ها و توزین آن‌ها، خمیر ریشه (پلپ) تهیه شد. عملکرد قند (تن در هکتار) به روش پلاریمتری، مقدار پتاسیم و سدیم (میلی اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) به روش فلیم فتومتری و مقدار ازت مضره (میلی اکی والان گرم در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه) به روش عدد آبی اندازه گیری شدند. درصد قند در ملاس با استفاده از فرمول راینفلد و همکاران (۲۲) برآورد و عملکرد قند ناخالص SY (تن در هکتار، رابطه ۳)، ضریب استحصال قند WSC (درصد، رابطه ۴) و عملکرد قند خالص WSY (تن در هکتار، رابطه ۵) توسط روابط زیر محاسبه شد. رابطه ۳:

عملکرد ریشه × درصد قند ناخالص = SY

رابطه ۴:

(ضایعات قند در کارخانه + درصد قند ملاس) - درصد قند = WSC
رابطه ۵:

درصد قند خالص × عملکرد ریشه = WSY

برای تعیین مقادیر درصد قند، سدیم، پتاسیم و نیتروژن از دستگاه رفاک تومتر بتا لایزر نوع OR-KERNCHN مرکب از بخش های پلاریمتر، فتومتر و فلیم فتومتر استفاده گردید.

آلکالیتیه یا ضریب قلیائیات AC (درصد) نمونه های مورد آزمایش بر مبنای رابطه پولاخ (رابطه ۶) محاسبه شد. K میزان پتاسیم، Na میزان سدیم و N ازت مضره
رابطه ۶:

$$AC = K + Na/N$$

شربت بر مبنای رابطه زیر (رابطه ۷) صورت گرفت.
رابطه ۷:

$$100 \times \frac{\text{درصد قند خالص یا قابل استحصال}}{\text{درصد قند ناخالص یا کل}} = \text{خلوص شربت}$$

میزان قند ملاس از طریق مقادیر به دست آمده مربوط به میزان های سدیم، پتاسیم و نیتروژن موجود در ریشه توسط کامپیوتر و بر اساس فرمول راین فیلد و همکاران (۲۲) (رابطه ۸) محاسبه گردید.

رابطه ۸:

$$1/0 - \text{ازت} (0/094) + (\text{سدیم} + \text{پتاسیم}) / 34 = \text{میزان قند ملاس}$$

پس از جمع آوری داده ها و آزمودن نرمال بودن، رابطه بین صفات از طریق تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت در دو شرایط نرمال و شوری با استفاده از نرم افزارهای SAS و SPSS بررسی گردید.

نتایج و بحث

بررسی همبستگی بین صفات

سديم و صفات كيفی چندرقلند توسط برادران فيروزآبادی و همكاران (۱) نیز گزارش شده است.

در شرایط نرمال بين صفت ميزان پتاسيم با نسبت پتاسيم به سديم و قند ملاس همبستگی مثبتی وجود داشت. همچنين در شرایط تنش شوری نیز بين اين صفت با قند ملاس همبستگی مثبت و با محتوای آب نسبی همبستگی منفی ديده شد (جدول ۳). سديم و پتاسيم هر دو جزء مواد غير قندی محلول در چندرقلند می باشند که غلظت آنها تحت تنش افزايش و درنتیجه کیفیت ریشه کاهش می یابد (۱۱). به نظر می رسد در شرایط شور با ایجاد محیط رقابتی بين جذب سديم و پتاسيم، ژنوتیپ هایی که توان جذب پتاسيم بیشتری نسبت به سديم داشته باشند، با ایجاد تعادل اسمزی بهتر باعث افزايش عملکرد ریشه و درنتیجه عملکرد قند می شوند (۱۱). برادران فيروزآبادی و همكاران (۱) نیز به اهمیت نقش مهم تر سديم نسبت به بقیه مواد محلول غير قندی تحت تنش اشاره کرده اند.

در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری بين صفت نسبت پتاسيم به سديم با درصد قند قابل استحصال و خلوص شربت همبستگی مثبت و با قند ملاس و ميزان سديم همبستگی منفی وجود داشت. همچنين در شرایط نرمال با عيار قند، ميزان پتاسيم، ازت مضره همبستگی مثبت و با عملکرد ریشه و ضریب قلیائی ات همبستگی منفی ديده شد. به همین ترتیب در شرایط شوری نیز با عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند خالص نیز همبستگی مثبتی مشاهده شد (جدول ۳). نیازيان و همكاران (۱۶) همبستگی بين قند ملاس و درصد قند قابل استحصال را منفی و بسیار معنی دار نشان دادند. به نظر گورهام (۱۰) نسبت پتاسيم به سديم وابستگی نزدیکی با ميزان ورود نمک دارد و همبستگی آن با تحمل به نمک درواقع، تنظیم انتخابی یون است و سديم می تواند جایگزین پتاسيم برای جذب شود. به اعتقاد برسان و همكاران (۳) مکانيسم های مشابهی ممکن است برای هر دو یون انجام پذیرد. سطوح پتاسيم در بافت های توسعه یافته در اکثر گونه های گیاهی با تحمل به نمک ارتباط دارد. همچنين به نظر کلارک و همكاران (۵) ممکن است که شاخص پتاسيم به سديم با تحمل به شوری ارتباط داشته باشد. به نظر می رسد در داخل گیاهان هالوفیت یک همبستگی مثبت بين ميزان ورود سديم و تحمل به نمک وجود داشته باشد.

در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری بين ازت مضره با عيار قند و درصد قند قابل استحصال همبستگی مثبت و با ضریب قلیائی ات همبستگی منفی مشاهده شد. همچنين در شرایط نرمال بين اين صفت با ميزان سديم و نسبت سديم به پتاسيم همبستگی مثبت و با خلوص شربت همبستگی منفی ديده شد. در شرایط تنش شوری نیز بين ازت مضره با محتوای آب ازدست رفته برگ همبستگی منفی مشاهده شد (جدول ۳). رنجی و پرویزی آلمانی (۲۱) همبستگی درصد قند با ازت را به صورت منفی گزارش و نشان دادند که ازت مضره با سديم و پتاسيم همبستگی مثبت دارد.

در شرایط نرمال بين ضریب قلیائی ات با ميزان سديم و قند ملاس همبستگی مثبت و با ازت مضره، درصد قند قابل استحصال و خلوص شربت همبستگی منفی مشاهده شد. همچنين در شرایط تنش شوری همبستگی مثبت با محتوای آب ازدست رفته برگ و همبستگی منفی با عيار قند، عملکرد قند خالص، عملکرد قند، ازت مضره و درصد قند قابل استحصال ديده شد (جدول ۳).

در هر دو شرایط نرمال و تنش درصد قند قابل استحصال با عيار قند، نسبت پتاسيم به سديم و خلوص شربت همبستگی مثبت و با ميزان سديم، ازت مضره، ضریب قلیائی ات و قند ملاس همبستگی منفی داشت (جدول ۳).

در هر دو شرایط نرمال و تنش خلوص شربت با عيار قند، نسبت پتاسيم به سديم و درصد قند قابل استحصال همبستگی مثبت و با صفات ميزان سديم و قند ملاس همبستگی منفی نشان داد. همچنين در شرایط نرمال با ازت مضره و ضریب قلیائی ات همبستگی منفی و در شرایط تنش با عملکرد قند همبستگی مثبت مشاهده شد (جدول ۳).

در هر دو شرایط نرمال و تنش قند ملاس با ميزان سديم و ميزان پتاسيم همبستگی مثبت و با صفات نسبت پتاسيم به سديم، درصد قند قابل استحصال و خلوص شربت همبستگی منفی نشان داد. همچنين در شرایط نرمال با ضریب قلیائی ات همبستگی مثبت و با عيار قند همبستگی منفی مشاهده شد. به همین ترتیب در شرایط تنش نیز با عملکرد ریشه، عملکرد قند و عملکرد قند خالص همبستگی منفی مشاهده شد (جدول ۳). از آنجا که ناخالصی های ازت مضره، پتاسيم و سديم در درصد قند ملاس تاثیر دارند و با افزايش ميزان اين ناخالصی ها قند ملاس نیز افزايش می یابد درنتیجه همبستگی اين صفات با درصد قند ملاس مثبت و معنی دار شده است.

جدول ۳- همبستگی صفات در شرایط نرمال و شور (پای مثلث پایین نرمال و پای مثلث بالا تنش شوری)

Table 3. Correlation between traits in normal and Saline conditions (Low triangle of normal conditions and high triangle of salinity stress)

SLW	LA	Suc I	RWL	RWC	Ms	Pur	WSC	Alk	N	K/Na	K	Na	WSY	SY	SC	RY	
۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۳۷*	-۰/۳۹*	۰/۲۲	۰/۰۵	-۰/۰۸	-۰/۰۴	۰/۴۸**	-۰/۱۴	-۰/۵۱**	۰/۹۷**	۰/۸۹**	-۰/۱۷	۱	RY
۰/۱۴	-۰/۱۴	۰/۰۹	-۰/۳۲	-۰/۳۱	۰/۰۵	۰/۵۸**	۰/۸۶**	-۰/۷۷**	۰/۷۱**	۰/۲۵	۰/۲	-۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۲	۱	-۰/۳۷*	SC
۰/۲۶	۰/۰۶	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۲۹	-۰/۵۴**	۰/۵۷**	۰/۴۵*	-۰/۳۱	۰/۱۵	۰/۶۱**	۰/۱۹	-۰/۶۷**	۰/۹۶**	۱	۰/۱۵	-۰/۲	SY
۰/۲۷	۰/۰۳	۰/۳۱	۰/۲	۰/۳۱	-۰/۳۹**	۰/۳۶	۰/۲۶	-۰/۲۷	۰/۱۴	۰/۵۴**	-۰/۱۲	-۰/۵۶**	۱	-۰/۱۱	۰/۳۲	۰/۷۶**	WSY
-۰/۲۴	-۰/۱۶	-۰/۲۵	-۰/۱۸	-۰/۲	۰/۸**	-۰/۷۶**	-۰/۵۳**	۰/۱۵	۰/۰۲	-۰/۸۳**	۰/۲	۱	-۰/۱۲	-۰/۱۹	-۰/۵۷**	۰/۲۷	Na
-۰/۲۴	۰/۰۶	-۰/۲۹	-۰/۲۳	-۰/۳۹*	۰/۵۸**	-۰/۳۲	-۰/۱	-۰/۳۳	۰/۴	۰/۳۳	۱	-۰/۰۶	-۰/۱۸	-۰/۱	۰/۱۲	-۰/۲۶	K
۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۹	-۰/۴۵*	۰/۵۵**	۰/۴۵*	-۰/۳۳	۰/۲۴	۱	۰/۵۹**	-۰/۸**	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۵۸**	-۰/۳۶*	K/Na
۰/۰۹	-۰/۱۳	-۰/۱۴	-۰/۴۶*	-۰/۲۲	۰/۳۵	۰/۱۶	-۰/۴۵*	-۰/۹۵**	۱	۰/۵۱**	۰/۲۳	۰/۵۸**	۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۴۴*	-۰/۱۲	N
۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۴۲*	۰/۲۲	-۰/۱۷	-۰/۳۳	-۰/۶**	۱	-۰/۹۱**	-۰/۶۳**	-۰/۰۸	۰/۸۳**	-۰/۱۶	-۰/۳۱	-۰/۵۵**	۰/۲۳	Alk
۰/۲۱	-۰/۰۷	۰/۰۴	-۰/۱۱	-۰/۱۵	-۰/۴۷**	۰/۹**	۱	-۰/۶۶**	-۰/۴۶*	۰/۶**	-۰/۰۸	-۰/۷۶**	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۹۵**	-۰/۳۳	WSC
۰/۲	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۳	-۰/۷۶**	۱	۰/۹۲**	-۰/۷۳**	-۰/۴۶*	۰/۵**	-۰/۳	-۰/۸۵**	۰/۳۲	۰/۲	-۰/۷۶**	-۰/۲۱	Pur
-۰/۱۷	-۰/۱	-۰/۲۴	-۰/۳۳	-۰/۲۴	۱	-۰/۹**	-۰/۶۹**	۰/۶۳**	۰/۳۱	-۰/۳۹*	۰/۴۹**	۰/۸۴**	-۰/۱۹	-۰/۱۹	-۰/۴۲*	۰/۱	Ms
-۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۲	۱	-۰/۱	-۰/۰۱	-۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۲۳	-۰/۲۳	-۰/۲۳	۰/۰۵	-۰/۱۸	۰/۰۴	-۰/۱۴	-۰/۰۸	RWC
۰/۰۳	۰/۳۹*	۰/۲	۱	-۰/۱۹	۰/۰۴	-۰/۰۸	-۰/۰۶	۰/۲۱	-۰/۱۶	-۰/۲۲	-۰/۲۴	۰/۲	۰/۰۴	-۰/۲۹	-۰/۰۶	۰/۰۹	RWL
۰/۹۱**	-۰/۴۲*	۱	۰/۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۰۹	*	-۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۵	*	۰/۱۱	۰/۲	-۰/۱۵	Suc I
-۰/۵۴**	۱	۰/۰۲	۰/۲۹	۰/۲۵	-۰/۱۳	*	-۰/۱۲	۰/۰۶	-۰/۱۱	-۰/۲	-۰/۲۷	۰/۰۳	-۰/۱۲	۰/۱	-۰/۲۱	۰/۰۲	LA
۱	-۰/۳۳	۰/۶**	-۰/۳۹*	۰/۰۶	۰/۱۵	*	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۲۳	-۰/۱۳	SLW

RY: عملکرد ریشه، SC: عیار قند، WSY: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد قند، Na: میزان سدیم، K: میزان پتاسیم، K/Na: نسبت پتاسیم به سدیم، N: ازت مضره، Alk: ضریب قلیائیت، WSC: درصد قند قابل استحصال، Pur (Purity): خلوص شربت، MS: درصد قند ملاس، RWC: محتوای آب نسبی، RWL میزان نسبی آب از دست رفته برگ، Suc I: شاخص شادابی برگ، LA: مساحت سطح برگ، SLW: وزن ویژه برگ،

تجزیه رگرسیون

برای تفکیک نقش اجزای تشکیل دهنده صفات اندازه گیری شده، از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد در گام اول متغیر عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع و سایر متغیرها به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. همین وضعیت برای عملکرد قند نیز تکرار شد. برای هر یک از متغیرهای مستقل فاکتور تورم واریانس (VIF) محاسبه و معلوم گردید که بین متغیرهای مستقل، هم خطی وجود ندارد. بنابراین تمامی صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط محیطی و هر دو متغیر عملکرد ریشه و عملکرد قند وارد مدل شدند. نتایج به صورت زیر بود.

شرایط نرمال: وقتی عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع در نظر گرفته شد (جدول ۴) صفات عملکرد قند خالص و عیار قند در مجموع ۹۹ درصد از تغییرات ریشه را توجیه نموده و اثر معنی داری بر آن داشتند. ولی وقتی عملکرد قند به عنوان متغیر تابع در نظر گرفته شد (جدول ۵) صفات عملکرد ازت مضره، میزان آب ازدست رفته برگ و میزان پتاسیم در مجموع ۸۳ درصد از تغییرات ریشه را توجیه نموده و تمامی صفات اثر معنی داری بر آن داشتند. در هر دو متغیر تابع، صفات یکسانی وارد مدل نمی شوند.

شرایط تنش: وقتی عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع در نظر گرفته می شود (جدول ۴) صفات عملکرد قند خالص، عیار قند، عملکرد قند، خلوص شربت و میزان ازت مضره در مجموع ۹۹ درصد از تغییرات ریشه را توجیه می کنند و به غیر از صفت ازت مضره بقیه صفات اثر معنی داری روی عملکرد ریشه دارند. ولی وقتی عملکرد قند به عنوان متغیر تابع در نظر گرفته

می شود (جدول ۵) تنها صفات عملکرد قند خالص و خلوص شربت وارد مدل شده و ۹۸ درصد تغییرات را توجیه کرده و هردوی صفات معنی دار بودند. با توجه به نتایج صرف داشتن همبستگی با صفت متغیر مستقل دلیلی برای داشتن رابطه با این صفت نخواهد بود. غفاری و همکاران (۸) با استفاده از تجزیه رگرسیون نشان دادند که عملکرد ریشه، عیار قند، میزان سدیم و پتاسیم بیش از ۹۹ درصد تغییرات عملکرد شکر سفید را در شرایط تنش خشکی توجیه می کنند. واحدی و همکاران (۲۵) با استفاده از روش تجزیه رگرسیون گام به گام دریافتند زمانی که عملکرد ریشه به عنوان متغیر تابع در نظر گرفته می شود صفات عملکرد شکر سفید، عملکرد شکر، عیار قند و شکر قابل استحصال در مجموع ۹۹/۹۱ درصد از تغییرات ریشه را توجیه نموده و اثر معنی داری بر آن دارند. قاسمی و همکاران (۹) روی ارقام مونوزرم چندرکنند نشان دادند که در بهترین مدل برازش شده، متغیرهای میانگین قطر ریشه در مرحله استقرار و رشد برگ، سطح مخصوص برگ در مرحله استقرار، وزن خشک ریشه در مرحله استقرار و وزن خشک دم برگ در مرحله توسعه ریشه بیشترین تاثیر معنی دار را روی عملکرد قند سفید داشتند. در این مدل ضریب تبیین مدل ۹۸/۴ درصد محاسبه شد، به عبارت دیگر ۹۸/۴ درصد از تغییرات عملکرد شکر سفید ارقام تجاری مونوزرم مورد مطالعه با تغییرات صفات ذکر شده قابل توجیه بودند، به طوری که از بین این متغیرها، میانگین قطر ریشه و وزن خشک ریشه در مراحل ذکر شده دارای اثرات مثبت و وزن خشک دم برگ و سطح ویژه برگ دارای اثرات منفی بر عملکرد قند خالص بودند.

جدول ۴- رگرسیون گام به گام صفات با عملکرد ریشه در شرایط شوری و نرمال

شرایط شوری				شرایط نرمال			
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	R ² Adjust	منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	R ² Adjust
رگرسیون	۵	۲۴۹/۶**	۰/۹۹	رگرسیون	۲	۴۶۹/۴**	۰/۹۹
باقیمانده	۱۰	۰/۴۲		باقیمانده	۱۳	۰/۱۵۱	
کل	۱۵			کل	۱۵		
ضریب رگرسیون				ضریب رگرسیون			
صفات وارد شده به مدل				صفات وارد شده به مدل			
ضریب ثابت		۱۰/۳۳** ± ۲/۶۷		ضریب ثابت		۷۰/۹۶** ± ۱/۴۱	
WSY		۷/۲۹** ± ۰/۵۹		WSY		۷/۴۶** ± ۰/۱۰۲	
SC		-۰/۷۶** ± ۰/۱۶		SC		-۵/۲۹** ± ۰/۱۰۳	
SY		-۳/۵۷** ± ۰/۹۷					
Pur		۰/۱۰۱* ± ۰/۰۴۷					
N		-۰/۲۱۵ ± ۰/۱۳۹					

SC: عیار قند، WSY: عملکرد قند خالص، SY: عملکرد قند، N: ازت مضره، Pur: خلوص شربت

جدول ۵- رگرسیون گام به گام صفات با عملکرد قند در شرایط نرمال و شوری

شرایط شوری				شرایط نرمال			
منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	R ² Adjust	منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	R ² Adjust
رگرسیون	۲	۱۱/۱۲**	۰/۹۸	رگرسیون	۳	۱/۴۵۶**	۰/۸۳۳
باقیمانده	۱۳	۰/۰۱۷		باقیمانده	۱۲	۰/۲۸۷	
کل	۱۵			کل	۱۵		
ضریب رگرسیون				ضریب رگرسیون			
صفات وارد شده به مدل				صفات وارد شده به مدل			
ضریب ثابت		-۲/۱۳** ± ۰/۲۰۵		ضریب ثابت		۸/۶۴** ± ۲/۰۸	
WSY		۰/۶۰۲** ± ۰/۰۲		N		-۰/۶۹۶** ± ۰/۲۶۷	
Pur		۰/۰۳۶** ± ۰/۰۰۴		RWL		-۱/۴۳** ± ۰/۸۶۵	
				K		-۰/۴۰۹** ± ۰/۰۳	

WSY: عملکرد قند خالص، K: میزان پتاسیم، N: ازت مضره، Pur: خلوص شربت، RWL: میزان نسبی آب ازدست رفته برگ

تجزیه علیت

شرایط نرمال: با در نظر گرفتن عملکرد ریشه به عنوان صفت وابسته (جدول ۶) مشاهده شد که عملکرد قند خالص دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت و عیار قند دارای بیشترین اثر مستقیم منفی بر روی عملکرد ریشه بودند. همچنین عیار قند از طریق عملکرد قند خالص دارای اثر غیرمستقیم مثبت و عملکرد قند خالص از طریق عیار قند دارای اثر غیرمستقیم منفی روی عملکرد ریشه بودند. وقتی عملکرد قند به عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد میزان ازت مضره دارای اثر مستقیم مثبت و محتوای آب ازدست رفته برگ و میزان پتاسیم دارای اثر مستقیم منفی روی عملکرد قند بودند. اثر غیرمستقیم قابل توجهی در هیچ کدام از صفات مشاهده نشد. یونان و همکاران (۲۶) نشان دادند که صفت وزن برگ دارای اثر مستقیم و فراوان بر روی عملکرد ریشه است و می تواند در برنامه های اصلاحی به عنوان معیار گزینش جهت بهبود عملکرد ریشه در چغندر مورد توجه قرار گیرد. واحدی و همکاران (۲۵) با انجام تجزیه علیت مشاهده کردند صفات عملکرد قند ناخالص و درصد قند خالص دارای اثر مثبت مستقیم و صفات عیار قند و عملکرد قند خالص دارای اثر مستقیم منفی و معنی دار بر عملکرد ریشه بودند. نتایج تجزیه علیت بر اساس مطالعات اودا سوهیر (۱۸) هنگامی که عملکرد قند به عنوان صفت تابع در نظر گرفته شد، نشان داد عملکرد ریشه و درصد ساکارز دارای بیشترین اثر و سایر صفات دارای اثرات ناچیز و قابل اغماض می باشند.

شرایط تنش شوری: با در نظر گرفتن عملکرد ریشه به عنوان صفت وابسته (جدول ۷) مشاهده شد که عملکرد قند خالص دارای بیشترین اثر مثبت و مستقیم بر روی عملکرد ریشه است. همچنین صفت عملکرد قند دارای اثر مستقیم

منفی بالایی بر عملکرد ریشه می باشد. صفات عملکرد قند، خلوص شربت و ازت مضره از طریق عملکرد قند خالص دارای بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت بر روی عملکرد ریشه هستند که این اثر غیرمستقیم برای عملکرد قند چشمگیر است. همچنین صفات عملکرد قند خالص و خلوص شربت از طریق صفت عملکرد قند دارای بیشترین اثر غیرمستقیم منفی بر روی عملکرد ریشه هستند.

وقتی عملکرد قند به عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد (جدول ۷) عملکرد قند خالص و خلوص شربت دارای بیشترین اثر مثبت و مستقیم بر روی عملکرد قند بودند. همچنین خلوص شربت از طریق عملکرد قند خالص دارای اثر غیرمستقیم مثبت بر روی عملکرد قند می باشد.

نصری و همکاران (۱۵) نشان دادند که صفت وزن تر برگ بالاترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد ریشه داشت. بشیری و همکاران (۲) در شرایط نرمال عملکرد ریشه، درصد قند خالص و ازت مضره و تحت شرایط شوری صفات درصد قند خالص و ازت مضره را به عنوان تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد قند خالص معرفی کردند. شریفی (۲۳) در بررسی همبستگی و تجزیه علیت عملکرد شکر سفید با برخی صفات تحت رژیم های آبیاری در ژنوتیپ های چغندر قند نشان داد در شرایط بدون تنش، درصد قند، سدیم، ضریب استحصال و دمای سایه انداز گیاهی اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید نشان دادند، در شرایط تنش ملایم علاوه بر صفات ذکر شده، پتانسیل اسمزی و فشاری دارای اثرات مستقیم بالا بودند. در شرایط تنش شدید به غیر از نیترژن آمینه و دمای سایه انداز گیاهی، سایر صفات تقریباً دارای اثرات مستقیم بالایی بر عملکرد شکر سفید بودند.

جدول ۶- تجزیه علیت برای عملکرد ریشه و قند در شرایط نرمال

Table 6. Path analysis for root and sugar yield under normal conditions

عملکرد ریشه (Root Yield)				
صفات	WSY	SC	همبستگی	
WSY	۰/۹۷۵	-۰/۳۱۵	۰/۷۶	
SC	۰/۳۰۸	-۰/۶۸۲	-۰/۳۷۴	
عملکرد قند (Sugar Yield)				
صفات	N	RWL	k	همبستگی
N	-۰/۳۳۹	۰/۰۴۸	-۰/۰۵۸	۰/۳۲۹
RWL	-۰/۰۵۵	-۰/۲۹۷	۰/۰۶	-۰/۲۹۲
k	-۰/۰۷۹	۰/۰۷۲	-۰/۲۴۸	-۰/۰۹۷

اعدادی که مشخص شده اند اثرات مستقیم می باشند.

WSY: عملکرد قند خالص، K: محتوای پتاسیم، RWL: میزان نسبی آب ازدست رفته برگ، N: ازت مضره، SC: عیار قند

جدول ۷- تجزیه علیت برای عملکرد ریشه و قند در شرایط شوری

Table 7. Path analysis for root and glucose yield under saline conditions

عملکرد ریشه (Root Yield)					
صفات	WSY	SC	SY	Pur	N
WSY	۱/۴۱۱	-۰/۰۱۲	-۰/۰۴۶	۰/۰۳۵	-۰/۰۰۷
SC	۰/۰۹۵	-۰/۱۳۶	-۰/۰۹۶	۰/۰۵۶	-۰/۰۳۵
SY	۱/۳۵۴	-۰/۰۳۷	-۰/۴۷۹	۰/۰۵۵	-۰/۰۰۷
Pur	۰/۵۱۲	-۰/۱۰۸	-۰/۲۷۴	۰/۰۹۶	-۰/۰۰۸
N	۰/۲۰۱	-۰/۱۳۳	-۰/۰۷۲	۰/۰۱۵	-۰/۰۴۹
عملکرد قند (Sugar Yield)					
صفات	WSY	Pur	همبستگی		
WSY	۰/۸۶۷	۰/۰۹۳	۰/۹۶		
Pur	۰/۳۱۵	۰/۲۵۷	۰/۵۷۲		

اعدادی که مشخص شده اند اثرات مستقیم می باشند

WSY: عملکرد قند خالص، SC: عیار قند، SY: عملکرد قند، N: ازت مضره، Pur: خلوص شربت

نتیجه گیری

صفات یکسانی بر عملکرد ریشه و قند چغندر قند تاثیرگذار هستند و اصلاح در جهت افزایش این صفات قادر است عملکرد ریشه و قند بوته را به نحو مطلوبی افزایش دهد. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به کمی بودن صفات و اثر بالای محیط بر آنها و همچنین به دلیل این که ارقام مورد مطالعه برای اولین بار در شرایط آب و هوایی منطقه مورد آزمایش کشت شده اند، لذا جهت قضاوت بهتر و ارزیابی دقیق تر اثر محیط همراه با بررسی روند تغییرات صفات، تکرار آزمایش در مناطق مختلف و در محیط های با سطح شوری متفاوت ضروری به نظر می رسد.

به طور کلی تجزیه های چند متغیره تصویر مفیدی برای درک ارتباطات عملکرد و صفات مهم وابسته در تمامی گیاهان زراعی از جمله چغندر قند تحت شرایط تنش های زیستی و غیرزیستی ارائه می دهند. بر اساس نتایج حاصل، در شرایط نرمال، صفات عملکرد قند، عیار قند، میزان ازت، میزان پتاسیم و میزان نسبی آب ازدست رفته بر روی عملکرد ریشه و قند تاثیرگذار هستند ولی در شرایط تنش شوری صفات عملکرد قند، عیار قند، عملکرد قند خالص، ازت مضره و خلوص شربت بیشترین تاثیرگذاری را بر عملکرد قند و ریشه نشان دادند. مشاهده می شود که تنها با اختلاف یک یا دو

منابع

1. Baradaran Firouzabadi, M., N. Farrokhi and M. Parsaeyan. 2011. Sequential path analysis of some yield and quality components in sugar beet grown in normal and drought conditions. *Italian Journal of Agronomy*, 6: 44-51.
2. Bashiri, B., T. Mir Mahmoodi and K. Fotohi. 2015. Evaluation of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes for their trait associations under saline conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(2): 243-258.
3. Bressan, R.A., N.K. Singh, A.K. Handa, A. Kononowicz and P.W. Hasegawa. 1985. Stable and unstable tolerance to NaCl in cultured tobacco cells. In: M. Freeling, (ed.) *UCLA Symposium Plant Genetics List*. New York, NY, USA, 755-769.
4. Campbell, L.G. and D.F. Cole. 1986. Relationship between taproot and crown characteristics and yield and quality traits in sugar beets. *Agronomy Journal*, 78: 971-973.
5. Clark, M.S., J.M. Luna, N.D. Stone and R.R. Youngman. 1993. Habitat preferences of generalist predators in reduced-tillage corn, *Journal of Entomological Science*, 28: 404-416.
6. Escribano, M.R., V. Santalla and A.M. De Ron. 1997. Genetic diversity in pod and seed quality traits of common bean populations from northwestern Spain. *Euphytica*, 93: 71-81.
7. Fotohi, K., M. Mesbah, S.Y. Sadeghian Motahar and A.Z. Ranji. 2010. Path analysis under normal and salt stress conditions in sugar beet germplasm. *Journals of Sugar Beet*, 26(1): 1-13 (In Persian).
8. Ghafari, E., A. Rajabi, A. Izadi Darbandi, F. Rozbeh and R. Amiri. 2016. Evaluation of new sugar beet monogerm hybrids for drought tolerance. *Journal of Crop Breeding*, 8(17): 8-16 (In Persian).
9. Ghasemi, H., R. Mohammadian, H. Noushad and M. Danaee. 2010. The study of the effects of some of the morphological and physiological traits on the function of white sugar of six monogerm varieties of sugar beet. *Giyah va Zist Bum*, 23: 67-80 (In Persian).
10. Gorham, J. 1993. Genetics and physiology of enhanced K/Na discrimination. In P. Randall. (eds). *Genetic aspects of plant mineral nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 151-159.
11. Harvey, C.W. and J.V. Dutton. 1993. Root quality and processing. In: Cooke D.A. and R.K. Scott (eds). *The Sugar Beet crop*, London: Chapman and Hall, 571-617.
12. Mansourfar, K. 2008. *Advanced Statistical Methods using Applied Software*. University of Tehran, Second Edition 459 pp.
13. Morant-Manceau, A., E. Pradier and G. Tremblin. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 161: 25-33.
14. Nabizadeh, E. and K. Fotohi. 2018. Study of relationships among qualitative and quantitative traits in sugar beet genotypes infected with rhizoctonia. *Journal of Crop Breeding*, 10(27): 94-103 (In Persian).
15. Nasri, R., A. Kashani, F. Paknejad, M. Sadeghi-Shojae, and S. Ghorbani. 2012. Correlation and path analysis of qualitative and quantitative yield in sugar beet in transplant and direct sowing methods in saline lands. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8: 213-226 (In Persian).
16. Niazian, M., A. Rajabi, R. Amiri, M.R. Orazizadeh and H. Sharifi. 2011. Study of relationship factors affecting root yield and sugar content in sugar beet genotypes o-type for fall planting. *Plant Production Journal*, 35(2): 135-115.
17. Ober, E.S., M.L. Bloa, C.J.A. Clark, A. Royal, K.W. Jaggard and J.D. Pidgon. 2005. Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Research*, 91: 231-249.
18. Ouda Sohier, M.M. 2005. Yield and quality of sugar beet as affected by planting density and nitrogen vaughan; D Linehan. *Plant and Soil*, 44: 445-449.
19. Rajabi, A., H. Griffiths, E.S. Ober, W. Kromdijk and J.D. Pidgeon. 2008. Genetic characteristics of water-use related traits in sugar beet, *Euphytica*, 160: 175-187.

20. Rajabi, A., M. Moghadam, F. Rahimzadeh, M. Mesbah and Z. Ranji. 2002. Evaluation of genetic diversity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) populations for agronomic traits and crop quality. Iranian Journal of Agricultural Science, 33(3): 553-567 (In Persian).
21. Ranji, Z.A. and M. Parvizi Almani. 1996. Screening sugar beet progeny lines for salinity tolerance by comparing potential productivity and stress coefficient under saline and normal soils. Journals of Sugar Beet, 12(1): 2-19 (In Persian).
22. Reinefeld, E., A. Emmerich, G. Baumgarten, C. Winner, and U.M. Beig. 1974. Zur voraussage des melassezuckers aus rübenanalysen. Zucker, 27: 2-15.
23. Sharifi, M. 2014. Correlation and path analysis performance traits under irrigation regimes white sugar with some sugar beet genotypes. Journal of Plant Ecophysiology, 16(17): 74-88 (In Persian).
24. Theurer, J.C. 1979. Growth patterns in sugar beet production, Journal of the American Society of Sugar beet Technologists, 20(4): 342-367.
25. Vahedi, S., M. Mesbah, V. Yousefabadi, R. Amiri, M.R. Bihamta and M. Dehghan Shoar. 2006. Study on the relation between agronomic traits and root morphology and determination of traits affecting root yield and sugar content in monogerm germplasm of sugar beet. Journal of Sugar Beet, 22(2): 19-34 (In Persian).
26. Younan, N.Z., M.H. El-Deeb and M.A. El-Manhaly. 1990. Path coefficient analysis of total soluble solids and root weight in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Minufiya. Journal of Agricultural Research, 15(2): 1921-1929.
27. Zinali, H., E. Naser-Abadi, H. Hossein-zadeh, R. Chugan and M. Sabokdast. 2004. Factor analysis on hybrid of cultivar grain maize, Iranian Journal of Agriculture Science, 36(4): 895-902 (In Persian).

Investigation of Relationship between Physiological and Yield Traits by Root and Sugar Yield in Sugar Beet Hybrids under Normal and Salinity Stress Conditions

Abdolmajid Khorshid¹ and Ali Akbar Asadi²

1- Agriculture and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran, (Corresponding author: majidkhor1347@gmail.com)

2- Crop and Horticultural Science Research Department, Zanzan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Zanzan, Iran.

Received: June 13, 2020

Accepted: May 9, 2021

Abstract

To determine the relationship between some physiological and yield traits under salinity stress conditions and screening quantitative indices of salinity tolerance, 28 sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes derived from the cross between full-sib 8001 with multigerm male-sterile single cross C2 and male-sterile monogerm 231×261 with two control varieties were tested in a randomized complete block design with three replications under salinity and normal conditions at Miandoab Agricultural and Natural Resources Research Station. Relationships between traits with root and sugar yield were investigated using correlation, regression and path analysis. Under normal conditions, root yield showed positive correlation with pure sugar yield and negative correlation with sugar content and potassium to sodium ratio. Under salinity stress conditions, positive correlation was observed between root yield and sugar yield, pure sugar yield, potassium to sodium ratio and relative water content of leaves and negative correlation with sodium content and molasses sugar. Changes in environmental conditions caused change in the relationship between root yield and some traits. The results of regression and path analysis showed that under normal conditions if root yield was variable, sugar content and white sugar yield traits justified the changes, thus, in path analysis white sugar yield had the most positive and direct effect and sugar content had the most direct and negative effect on root yield. However, when sugar yield was variable, the traits potassium content, the relative amount of water loss, and nitrogen content justified the changes and among these traits, nitrogen content had the most positive direct effect and the other two traits had the most negative direct effect on sugar yield. On the contrary, under saline condition, if root yield was variable, sugar yield, white sugar yield, syrup purity, and sugar content explained the changes and white sugar yield had the most positive direct effect and sugar yield had the most negative direct effect on root yield. But, when sugar yield is variable, pure sugar yield and syrup purity justify the changes and white sugar yield had the most positive direct effect on sugar yield.

Keyword: Path analysis, Physiologic traits, Regression analysis