University of Birjand

Journal homepage:
https://escs.birjand.ac.ir

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences

Vol. 17, No. 1, pp. 105-119 (Spring 2024)

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5461.2152

Original article

Effect of different mediums and salinity on drought tolerant half sib sugar beet family

S. Khayamim[1*], H. Noshad[2], M. Aghaeezadeh[2]

1. *Assistant Prof. of Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran*
2. *Assistant Prof. of Sugar Beet Seed Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Karaj, Iran*

Received 10 July 2022; Accepted 12 October 2022

Extended abstract

Introduction

Green house studying especially for salinity stress needs suitable medium. It is necessary to determine suitable medium in greenhouse studies for screening germplasm, which is easily available, stable in terms of electrical conductivity and cost-effective. Soil, and Perlite are common mediums which are used in green house researches generally, but there weren't enough reports for study hydroponic system for screening sugar beet germplasm. Drought and salinity stress happens at the same time in most regions of Iran and because of similar tolerance mechanisms for these stresses, drought tolerant germplasm could be used in screening for salinity.so the goal of this project was to evaluate different medium especially hydroponic to screening sugar beet drought tolerance genotype in salinity stress.

Materials and methods

The project was conducted in two experiments: (a) A factorial experiment based on completely randomized design with four replications was conducted in SBSI research greenhouse. The first factor was three planting media in combination with nutrition solution as follows: 1) loamy soil with about 5% organic matter, 2) perlite with Hoagland solution, 3) hydroponic environment with Hoagland solution. The second factor consisted of two levels of salinity including normal and salinity (16 dS m^{-1}) treatments and the third factor consisted of two sensitive and tolerant genotypes. (b) 17 selected genotypes were investigated in greenhouse with perlite medium under control and salinity 16 dS m-1 in factorial experiment based on completely randomized design with four replications. Different quantitative and qualitative traits such as root. Shoot and total dry weights, K/Na, Soluble carbohydrates, glycine betaine were measured in both experiments and statistical analysis were done by MSTATC and SPSS and mean were compared in Duncan multiple range test at (α=0.05).

Results and discussion

Cross effects of medium and salinity were significant on total and shoot dry weights, P, K/Na. Cross effects of medium, salinity and genotypes were significant on most of the traits. Crop yields under salinity stress were less in soil in comparison to other mediums, also salinity had significant effect on soil EC and Na ($P \leq 0.01$), soil and perlite were salinized respectively 6 and 2 times in comparison to normal condition. Which shows that soil is not stable medium for salinity study in green house. The

* Corresponding author: Samar Khayamim; E-Mail: samar.khayam@gmail.com

© 2024, The Author(s). Published by University of Birjand. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

highest yield (3.31 g p^{-1}) was obtained from hydroponic. Yields achieved from hydroponic and perlite mediums were similar under salinity, but water consumption was more in hydroponic than perlite. In establishment stage, the total dry weight, soluble carbohydrates, glycine betaine and K/Na ratio were suitable for selection of sugar beet genotypes under salinity stress. According to all measurements, the clustering in establishment stages and Stress Tolerance Index (STI), HSF-91018, HSF-91040, HSF-92870, HSF-92881, HSF-92884, genotypes were selected as tolerant genotypes as controls.

Conclusion

Sensitive and tolerant genotypes were not distinguished well in hydroponic medium, which related to its potential and was mentioned in other reports. Hydroponic and perlite were in the same group for different traits especially they became less salty than soil but hydroponic system is not useful for root beet but it would be suitable for forage beet because biomass production is more in this condition. Also, soil is not suitable medium for study salinity researches because it became seven times more salty than normal condition. As a result perlite is the best medium for salinity studies in sugar beet because it becomes less salty, it has low weight and cost and has less side effects on environment. According to all measurements, the clustering in germination and establishment stages and Stress Tolerance Index (STI), HSF-91018, HSF-91040, HSF-92870, HSF-92881, HSF-92884, genotypes were selected as tolerant genotypes as controls.

Acknowledgments

The Authors' thanks Sugar Beet Seed Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension organization, Karaj, Iran for supporting this research.

Keywords: Glycine Betaine, Hydroponic, Nutrition solution, Salinization

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد هفدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳

https://dx.doi.org/10.22077/ESCS.2023.5461.2152

مقاله پژوهشی

اثر بستر کاشت و تنش شوری بر فامیل‌های نیمه خواهری متحمل به خشکی چغندرقند

سمر خیامیم[1*]، حمید نوشاد[2]، محسن آقایی‌زاده[2]

۱. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
۲. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
آبکشت
شوری
گلایسین بتائین
محلول غذایی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۷/۲۰

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۳

۱۱۹-۱۰۵ :۱۷(۱)

چکیده

در مطالعات گلخانه‌ای تنش شوری لازم است محیط کشت علاوه بر داشتن ثبات هدایت الکتریکی، از نظر اقتصادی نیز مقرون‌به‌صرفه باشد تا در غربالگری ژرم‌پلاسم بتوان از آن‌ها استفاده کرد. از طرفی باوجود مکانیسم‌های مشترک بین تنش‌هایی مثل خشکی و شوری، می‌توان از ژرم‌پلاسم متحمل به خشکی برای تولید ارقام متحمل به این تنش‌ها استفاده کرد. لذا دو آزمایش به‌صورت مجزا طراحی شد. آزمایش اول به‌صورت فاکتوریل با سه فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل ۱) خاک لومی ۲) پرلیت با محلول هوگلند، ۳) آبکشت با هوگلند بود. فاکتور دوم تیمار شاهد (آب نرمال منطقه) و سطح شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر و فاکتور سوم شامل دو ژنوتیپ حساس و متحمل به شوری چغندرقند بود. در آزمایش دوم، تعداد ۱۷ ژنوتیپ در بستر پرلیت با محلول هوگلند در شرایط شاهد و شور به ترتیب با هدایت الکتریکی یک و ۱۶ دسی زیمنس بر متر با چهار تکرار مورد آزمون قرار گرفت. در شرایط تنش شوری، مقدار عملکرد گیاه در بستر خاک کمتر از پرلیت و آبکشت بود زیرا خاک در اثر تنش شوری حدود شش برابر و پرلیت حدود دو برابر نسبت به شرایط شاهد، شور شدند. بیشترین مقدار عملکرد به مقدار ۳/۳۱ گرم در بوته از محیط آبکشت به دست آمد اما در شرایط شور این تیمار با پرلیت در گروه مشترک قرار گرفت. در آزمایش دوم، برهمکنش شوری در ژنوتیپ بر اکثر صفات کمی و کیفی معنی‌دار بود. درمجموع ژنوتیپ‌های HSF-91018، HSF-91040، HSF-92870، HSF-92881 و HSF-92884 بر اساس کلیه صفات و شاخص تحمل به تنش، به‌عنوان منابع ژنتیکی متحمل به شوری شناسایی شدند.

مقدمه

بستر مناسب کشت، از فاکتورهای بسیار مهم در مطالعات گلخانه‌ای تنش شوری است. بسترهای رشد معمولاً شامل مخلوطی از مواد خام مختلف می‌باشند تا تعادل بین ظرفیت نگهداری هوا و آب برای رشد خوب گیاه و ثبات طولانی‌مدت بستر به دست آید (Nair et al., 2011). هزینه، قابلیت استفاده مجدد و یا پتانسیل بازیافت عوامل تعیین‌کننده‌ی نوع بستر مناسب هستند (Klados and Tzortzakis, 2014).

محیط‌های کشت گلخانه می‌تواند به محیط‌های کشت خاکی و بدون خاک تقسیم شود. کشت‌های خاکی باوجودی که مشابه شرایط واقعی مزرعه بوده، هزینه کمتری دارند و به محلول غذایی جهت تغذیه نیاز ندارند اما به علت افزایش شوری، وجود عوامل بیماری‌زا و بذر علف‌های هرز استفاده از آن‌ها محدود می‌شود (Aghdak et al., 2010).

کشت‌های بدون خاک شامل کشت‌های آئروپونیک (هواکشت)، هیدروپونیک (آب‌کشت) و کشت در مواد دانه‌بندی شده آلی (پیت، کوکوپیت و ...) و معدنی (ماسه) است (McCall and Nakagawa, 1970). پرلیت ازجمله مواد دانه‌بندی شده برای محیط‌های بدون خاک است که به علت دارا بودن ظرفیت بالا در نگهداری آب، سبک و ارزان بودن موردتوجه است. در بسیاری از مطالعات پرلیت بهتر از سایر بسترهای کشت بوده و عملکرد و رشد گیاه در آن نیز حداکثر بوده است (Aghdak et al., 2010).

* نگارنده پاسخگو: سمر خیامیم. پست الکترونیک: samar.khayam@gmail.com

کشت هیدروپونیک یک سیستم کشت در محیط بدون خاک با چرخش آب‌وهوا و تأمین عناصر غذایی مستقیماً در کنار ریشه گیاه است (Wootton, 2019). در مکان‌هایی که امکان کاشت در خارج از فصل رشد وجود ندارد و یا کیفیت خاک کشاورزی مناسب نیست به عبارتی خاک شور، فقیر یا سمی باشد می‌توان از آبکشت استفاده کرد. به‌خصوص در نواحی خشک به علت بازچرخش آب و همچنین کاهش سطح تبخیر و زهکشی آبکشت می‌تواند گزینه مناسبی باشد (El-Behairy, 2015). تاکنون امکان استفاده از این سیستم بر روی گیاه چغندرقند و در شرایط تنش شوری موردبررسی قرار نگرفته بود. لذا یکی از اهداف این پروژه بررسی این سیستم در این شرایط بود.

تنش خشکی و شوری در خیلی از مناطق به‌صورت هم‌زمان اتفاق می‌افتد و با توجه به روند رو به افزایش خشک شدن رودخانه‌ها و شور شدن اراضی کشاورزی لازم است ژنوتیپ‌های متحمل به این دو تنش شناسایی شوند. در سال‌های اخیر تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی در ژرم‌پلاسم‌های چغندرقند از نظر تحمل به خشکی و کارایی مصرف آب طی انتخاب‌های دوره‌ای به دست آمده است (Taleghani, 2016). سازگاری فیزیولوژیکی به تنش شوری با سازگاری برای تحمل تنش‌های سرما، نوری و خشکی تقریباً مشابه است. به نظر می‌رسد اصلاح برای تحمل به خشکی، می‌تواند تحمل به شوری را در گیاه افزایش دهد (Munns, 2002).

تاکنون تعداد محدودی ارقام متحمل به شوری در گیاهان غده‌ای مثل چغندرقند به دنیا ارائه شده است؛ زیرا مدیریت تنش شوری یک مدیریت چندبعدی در زمینه اصلاح گیاهان متحمل، مدیریت زراعی و استفاده از مواد محافظ گیاهی است (Chourasia et al., 2022). در آزمایشی در تنش شوری ژنوتیپ‌های ۲۳۱*(۱۰۱۳*۲۳۱)*FC709 (متحمل به رایزومانیا)، SBSI-DRI–HSF14-P.7 و SBSI-DR I–HSF14-P.35 (ژنوتیپ‌های دارای زمینه تحمل به خشکی) از نظر عملکرد ریشه و شکر سفید و کربوهیدرات محلول در اصفهان و میاندوآب بهتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند (Khayamim, 2014). در آزمایش‌های تنش شوری بر روی گیاه چغندرقند در بین گرده‌افشان‌های متحمل به خشکی، تعدادی از پروژنی‌ها (SBSI-DRI-HSF 11, SBSI-DRI-HSF 14) هم در گلخانه و هم در مزرعه بهترین بودند (Abbasi et al., 2018). بررسی اثر تنش شوری بر منابع ژنتیکی چغندرقند بر اساس صفات عملکرد و شاخص تحمل نشان داد ژنوتیپ‌های ۹۳۰۸۸۲، OT 11025-90، SBSI-DRI–HSF14-P.35، S1940655 در شرایط تنش شوری بهتر از سایر ژنوتیپ‌ها بودند (Anagholi et al., 2018).

باوجود مکانیسم‌های مشترک فیزیولوژیکی در گیاهان جهت مقابله با تنش‌های محیطی، از طرفی در دسترس بودن لاین‌های متحمل به خشکی در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، بررسی واکنش این لاین‌ها نسبت به تنش شوری و بررسی بستر مناسب برای غربال این مواد ژنتیکی در اولویت قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش اول: این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل ۱) خاک لومی با حدود ۵ درصد ماده آلی، ۲) پرلیت با محلول هوگلند، ۳) آبکشت (آب شهری) با هوگلند؛ فاکتور دوم شامل تیمار شاهد (آب مطلوب منطقه با هدایت الکتریکی یک دسی زیمنس بر متر) و سطح شوری با کلرید سدیم به میزان ۱۶ دسی زیمنس بر متر و فاکتور سوم شامل دو ژنوتیپ ۱۹۱ (حساس) و ۷۲۳۳ (متحمل به شوری) چغندرقند بود.

دو هفته پس از کاشت در مرحله دوبرگی حقیقی بوته‌ها تنک شده و تیمار شوری اعمال شد. برداشت و نمونه‌گیری از برگ‌های چهار و پنج در یک مرحله و حدود دو ماه بعد از اعمال تنش شوری، در زمان استقرار چغندرقند که گیاه هشت برگی بود انجام شد و از هر تیمار در هر تکرار پنج برگ نمونه گرفته شد. وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، سدیم و پتاسیم، فسفر و کربوهیدرات محلول برگ‌ها اندازه‌گیری شدند. هر هفته در طول دوره رشد نمونه‌هایی از بسترهای کشت جهت کنترل هدایت الکتریکی، pH و در آخر دوره رشد نمونه‌گیری از خاک برای اندازه‌گیری عناصر سدیم و پتاسیم، کلسیم، منیزیم، فسفر، نیترات و آمونیوم گرفته شد.

آزمایش دوم با هدف بررسی لاین‌های متحمل به خشکی تحت تنش شوری انجام شد. نظر به این‌که تنوع ژرم‌پلاسم شوری محدود است لذا از این لاین‌های متحمل به خشکی در بررسی تنوع تحمل به شوری استفاده شد. برای این منظور از فامیل‌های نیمه خواهری که طی سه دوره تحت شرایط مطلوب و تنش برای خشکی گزینش شدند استفاده گردید.

۱۷ ژنوتیپ برتر در آزمایش‌های جوانه‌زنی از بین ۱۱۶ ژنوتیپ (جدول ۱) در شرایط گلخانه کرج با محیط کشت پرلیت با محلول هوگلند، تحت دو شوری شاهد و ۱۶ دسی

زیمنس بر متر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار موردبررسی قرار گرفتند. بر اساس مطالعات قبلی (Khayamim, 2014) از نظر صفات مناسب غربال‌گری در این مرحله رشد شامل صفات کمی وزن خشک اندام هوایی، ریشه و کل، درصد استقرار و گلایسین بتائین مورد ارزیابی قرار گرفت و درنهایت ژنوتیپ‌های برتر مشخص شدند.

جدول ۱. ژنوتیپ‌های چغندرقند کشت‌شده در گلخانه تحت تنش شوری

Table 1. Sugar beet genotypes planted in green house under saline condition

شماره No	نام ژنوتیپ Genotype	شماره No	نام ژنوتیپ Genotype
1	HSF-91018	10	HSF-92865
2	HSF-91040	11	HSF-92866
3	HSF-91328	12	HSF-92870
4	HSF-91389	13	HSF-92871
5	HSF-91479	14	HSF-92881
6	HSF-91487	15	HSF-92884
7	HSF-92842	16	7233.P.29
8	HSF-92851	17	F-20843
9	HSF-92862		

از زمان کاشت تا زمان اعمال تیمار (حدود دو هفته بعد از کاشت) به کلیه جعبه‌ها محلول غذایی هوگلند نصف غلظت داده شد (Fotuhi et al., 2006) دو هفته پس از رشد، گیاهان تنک و یک بوته در هر حفره گلدان نگهداری و بوته‌ها تحت شرایط تیمار شاهد (آب نرمال منطقه) و سطح شوری با کلرید سدیم به میزان ۱۶ دسی زیمنس بر متر نگهداری شدند (Khayamim et al., 2014). در آخر دوره رشد (حدود دو ماه) کلیه بوته‌های هر گلدان برداشت و بخشی از نمونه جهت اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی و ریشه، توزین و به آون ۱۰۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت برای اندازه‌گیری ماده خشک منتقل و بخش دیگر نمونه‌ها که از برگ‌های چهار و پنج تمام بوته‌ها در هر گلدان تهیه شده بود پس از شستشو در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. سپس توسط آسیاب پودر شده و صفاتی نظیر عناصر سدیم، پتاسیم و فسفر بر اساس روش (Emami, 1996) و کربوهیدرات محلول به روش فنل اسیدسولفوریک (Wrolstad et al., 2005) و گلایسین بتائین (Grieve and Grattan, 1983) بر روی نمونه‌های خشک‌شده اندازه‌گیری شد.

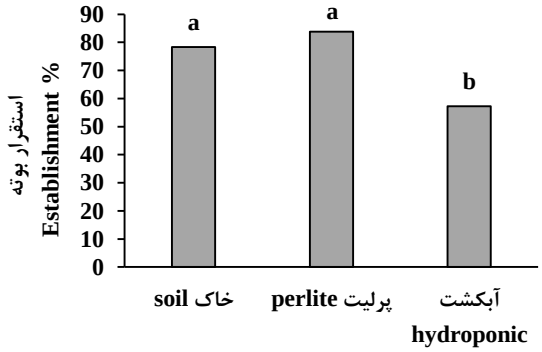
داده‌ها در کل آزمایش‌ها توسط نرم‌افزارهای (MSTATC, 1986) و SPSS 16 تجزیه و مقایسات میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. همبستگی صفات و گروه‌بندی خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد. با توجه به این‌که اثر متقابل ژنوتیپ در شوری برای اکثر صفات معنی‌دار بود برش‌دهی انجام شد یعنی ژنوتیپ‌ها در سطوح نرمال و شور به‌صورت بلوک کامل تصادفی با هم مقایسه شدند (Soltani, 2010).

نتایج و بحث

نتایج آزمایش اول

استقرار بوته

اثر محیط کشت و ژنوتیپ بر درصد سبز شدن و استقرار بوته‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی بسترهای مختلف کشت نشان داد که محیط کشت پرلیت و بستر خاک دارای بالاترین درصد سبز شدن (به ترتیب با میانگین ۸۳/۸۵ و ۷۸/۳۸ درصد) بودند و بستر کشت هیدروپونیک دارای کمترین میانگین این صفت (۵۷/۲۹ درصد) بود (شکل ۱). میانگین درصد استقرار ژنوتیپ متحمل ۷۲۳۳ بیشتر از ژنوتیپ حساس ۱۹۱ مشاهده شد (داده‌ها به علت کثرت جداول نشان داده نشده است).



شکل ۱. مقایسه درصد استقرار بوته‌های چغندرقند در بسترهای مختلف خاک، پرلیت و آبکشت در گلخانه

Fig. 1. sugar beet establishment percentage in different plant mediums in green house.

وزن خشک

اثر محیط کشت، تنش شوری، اثر متقابل سه‌گانه محیط کشت در تنش شوری در ژنوتیپ بر وزن خشک اندام هوایی، ریشه و کل ماده خشک در سطح یک درصد، اثر محیط و تنش شوری بر این صفات در سطح پنج درصد و اثر شوری

در ژنوتیپ بر ماده خشک ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ریشه و کل در بستر کشت هیدروپونیک تحت شرایط بدون تنش شوری و ژنوتیپ ۷۲۳۳ به ترتیب با میانگین ۲/۲۹، ۰/۹۱ و ۳/۳۱ گرم بر بوته بود و کمترین میانگین ماده خشک اندام هوایی در بستر هیدروپونیک تحت شرایط تنش شوری در ژنوتیپ ۷۲۳۳ با میانگین ۰/۵۲ گرم مشاهده شد. درحالی‌که کمترین میانگین وزن خشک ریشه در بستر کشت خاک لومی تحت تنش شوری در هر دو ژنوتیپ و همچنین در بستر کشت هیدروپونیک تحت تنش شوری در ژنوتیپ ۷۲۳۳ با میانگین ۰/۳۱ گرم به دست آمد. کمترین میانگین وزن خشک کل نیز در بستر کشت خاک لومی تحت شرایط تنش شوری در هر دو ژنوتیپ ۱۹۱ و ۷۲۳۳ به ترتیب با میانگین ۱/۰۶ و ۱/۱۳ گرم مشاهده شد (جدول ۳).

از نظر صفات کمی بیشترین مقدار در محیط هیدروپونیک به دست آمده است؛ بنابراین، این محیط می‌تواند در شرایطی که عملکرد کمی مهم است مثل ارزیابی و تولید چغندر علوفه‌ای مدنظر قرار گیرد. کمترین مقدار صفات کمی در محیط خاک و به‌خصوص در شرایط تنش شوری مشاهده شد. لذا خاک در اثر شوری بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته و باعث کاهش مقدار ماده خشک تولیدی در بوته می‌شود. به عبارتی، خاک در مطالعات شوری از ثبات کمتری برخوردار است.

جدول ۲. میانگین مربعات صفات مختلف در تیمارهای محیط کشت، شوری و ژنوتیپ چغندرقند در گلخانه

Table 2. Mean square of different traits for planting medium, salinity and sugar beet genotypes in green house

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	استقرار establishment	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک کل Total dry weight	فسفر برگ P	پتاسیم به سدیم K/Na	کربوهیدرات محلول Soluble carbohydrate
محیط Medium (A)	2	3147.7**	1.48**	0.29**	3.27**	0.07**	381**	112385**
شوری Salinity (B)	1	3.26	5.24**	0.29**	8.13**	0.005	981**	154633**
ژنوتیپ Genotype(C)	1	5156.3**	0.0002	0.001	0.02	0.002	23**	57105**
AB	2	46.6	0.45*	0.06*	0.71*	0.03**	386**	89391**
AC	2	180.4	0.08	0.01	0.07	0.009	18**	9621
BC	1	50.9	0.34	0.08*	0.54	0.007	26**	18493*
ABC	2	126.1	0.96**	0.14**	1.56**	0.003	24**	2795
خطا Error	36	141.9	0.10	0.01	0.17	0.002	1.5	3673
ضریب تغییرات CV%		*24.32*	*27.4*	*22.49*	*29.24*	*16.34*	*24.40*	*18.85*

**و ** به ترتیب معنی دار درسطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** significant at α=0.05 and 0.01 respectively

فسفر گیاه

میزان فسفر تحت تأثیر محیط کشت و محیط کشت در تنش شوری تغییر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۲). در اثر تنش شوری در محیط خاک و پرلیت میزان فسفر برگ گیاه افزایش یافت که نشان‌دهنده دفع انرژی توسط گیاه است اما در محیط آبکشت این مقدار کاهش یافت (شکل ۲).

کربوهیدرات محلول

اثرات اصلی تیمارها و نیز اثر متقابل محیط کشت در تنش شوری در سطح یک درصد و تنش شوری در ژنوتیپ در سطح پنج درصد بر میزان کربوهیدرات محلول برگ معنی‌دار بود (جدول ۲).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل بستر کشت در تنش شوری نشان داد بیشترین میانگین این صفت در بستر کشت پرلیت تحت شرایط بدون تنش شوری با میانگین ۵۴۶ میلی‌گرم بر گرم بود. شوری باعث کاهش معنی‌دار کربوهیدرات محلول در هر سه محیط نسبت به شاهد گردید بااین‌وجود مقدار کاهش در پرلیت بیشتر بود (شکل ۳).

در اثر متقابل شوری در ژنوتیپ، تحت شرایط شور ژنوتیپ متحمل ۷۲۳۳ مقدار کربوهیدرات محلول بیشتری نسبت به ۱۹۱ داشت. از طرفی، مقدار کربوهیدرات محلول در ژنوتیپ

۷۲۳۳ در همه محیط‌ها غیر از هیدروپونیک بیشتر از ۱۹۱ بود (داده‌ها ارائه نشده است).

کاهش کربوهیدرات محلول برگ در اثر تنش شوری در سایر مطالعات نیز مشاهده شده است به‌طوری‌که کاهش کربوهیدرات محلول باعث تحریک سنتز پروتئین شده لذا گیاه با تحریک پروتئین‌سازی در شرایط تنش، کمتر آسیب می‌بیند (Geissler et al., 2009). در این شرایط معمولاً ژنوتیپ متحمل میزان کربوهیدرات محلول بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس داشته است (Khayamim et al., 2021; Taghizadegan et al., 2019).

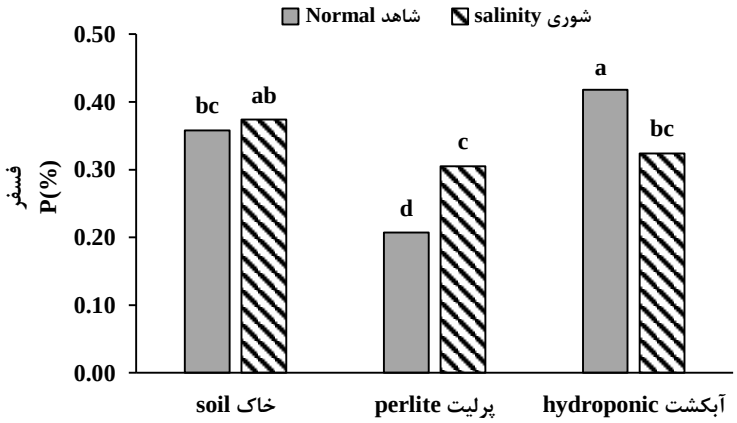
جدول ۳. مقایسه میانگین صفات کمی چغندرقند (برحسب گرم در بوته) و صفات کیفی در اثر محیط کشت، شوری و ژنوتیپ در گلخانه که توسط آزمون چند دامنه دانکن انجام شد.

Table 3. Mean comparison of sugar beet quantitative (g p^{-1}) and qualitative traits in cross effect of plant medium, salinity and genotype in green house, which was, conducted with Duncan multiple test

محیط کشت Planting medium	تنش شوری salinity	ژنوتیپ genotype	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک کل بوته Total dry weight	نسبت پتاسیم به سدیم K/Na	سدیم Na	پتاسیم K ppm
			----------g p^{-1}----------				-------ppm------	
آبکشت Hydroponic	شاهد Control	191	1.71 ^{bc}	0.56 ^{b}	2.4 ^{b}	15.53 ^{b}	0.45^{e}	8.37^{ab}
		7233	2.29 ^{a}	0.91 ^{a}	3.31 ^{a}	20.48 ^{a}	0.43^{e}	8.81^{a}
	تنش شوری Salinity	191	1.40 ^{bcd}	0.55 ^{b}	2.02 ^{b}	0.9 ^{d}	6.18^{c}	5.53^{d}
		7233	0.52 ^{f}	0.31 ^{c}	1.07 ^{c}	0.46 ^{d}	10.61^{a}	4.73^{ef}
پرلیت perlite	شاهد Control	191	1.79 ^{ab}	0.45 ^{bc}	2.38 ^{b}	5.13 ^{c}	1.33^{e}	6.81^{c}
		7233	1.55 ^{bcd}	0.44 ^{bc}	2.00 ^{b}	4.93 ^{c}	1.26^{e}	6.38^{c}
	تنش شوری Salinity	191	1.1 ^{de}	0.40 ^{bc}	1.59 ^{bc}	0.65 ^{d}	6.95^{bc}	4.53^{f}
		7233	1.4 ^{bcd}	0.42 ^{bc}	1.97 ^{b}	0.81 ^{d}	6.79^{bc}	5.54^{d}
خاک لومی Loamy soil	شاهد Control	191	1.21 $^{b-e}$	0.42 ^{bc}	1.72 ^{bc}	2.20 ^{c}	3.20^{d}	6.99^{c}
		7233	1.14 ^{cde}	0.3 ^{c}	1.56 ^{bc}	2.59 ^{c}	2.99^{d}	7.74^{b}
	تنش شوری Salinity	191	0.74 ^{ef}	0.25 ^{c}	1.06 ^{c}	0.69 ^{d}	7.41^{b}	5.09^{def}
		7233	0.8 ^{ef}	0.27 ^{c}	1.13 ^{c}	0.72 ^{d}	7.51^{b}	5.37^{de}

حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Different letters in each column show significant difference at α=0.05 based on Duncan multiple range test

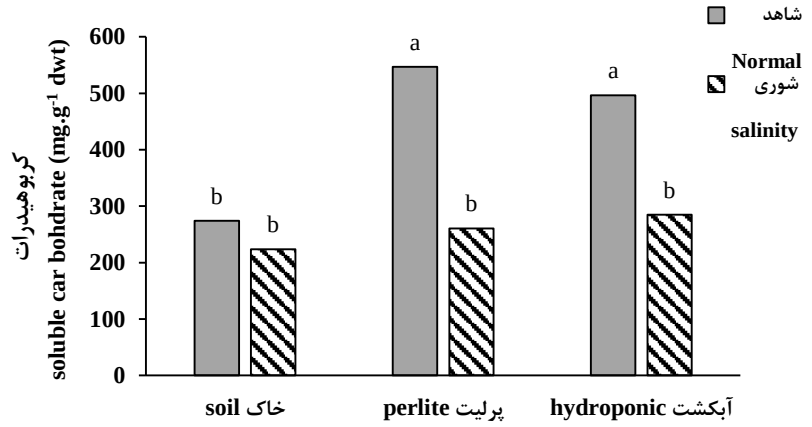


شکل ۲. مقایسه درصد فسفر گیاه چغندرقند در محیط‌های مختلف کشت تحت تنش شوری و شرایط شاهد

Fig. 2. sugar beet phosphorus percentage in different plant medium in saline and normal condition

در آزمایشی تجمع مواد غیر آلی در شرایط هیدروپونیک ۹۵-۸۸ درصد کل پتانسیل محلول بوده درحالی‌که تجمع مواد آلی ۸-۳ درصد گزارش شده است. این در حالی است که تجمع مواد آلی گیاه تحت تنش شوری در خاک گلدان و مزرعه حدود ۴۰-۴ درصد بود. به عبارتی در محیط خاک یا مزرعه ارقام متحمل مقدار سدیم و کلر کمتر و تجمع مواد آلی بیشتری داشتند (Tavakkolli et al., 2012). در آزمایش حاضر نیز تجمع کربوهیدرات محلول برگ در شرایط

تنش شوری در هر سه محیط کاهش یافت اما ژنوتیپ متحمل ۷۲۳۳ در شرایط تنش شوری در محیط هیدروپونیک میانگین کربوهیدرات محلول کمتری نسبت به شاهد حساس داشت. این نشان می‌دهد در محیط هیدروپونیک تنظیم اسمزی بیشتر توسط مواد غیر آلی انجام می‌شود. همچنین تجمع کربوهیدرات‌های محلول، به‌طور وسیعی در گیاهان تحت تنش خشکی و شوری مشاهده شده است؛ که این کربوهیدرات‌ها نقش محافظت و تنظیم اسمزی، ذخیره کربن و از بین برنده فرم‌های فعال اکسیژن را دارد. قندهایی مثل تری‌هالوز نقش حفاظت از غشا و پروتئین‌های سلول را دارد به‌طوری‌که از تجزیه پروتئین جلوگیری می‌نماید (Parvaiz and Satyawati, 2008).



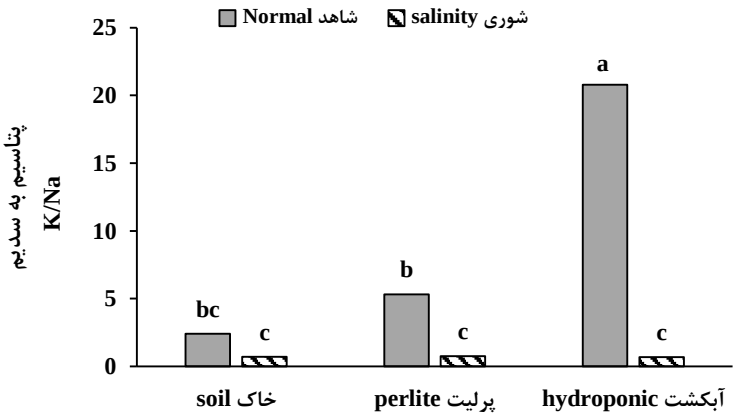
شکل ۳. مقدار کربوهیدرات محلول در برگ چغندرقند در محیط‌های مختلف کشت تحت شرایط شاهد و تأثیر تنش شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر

Fig. 3. Total soluble carbohydrate of sugar beet leaf in different planting medium under normal and salinity conditions

نسبت پتاسیم به سدیم

اثرات اصلی محیط کشت، شوری و ژنوتیپ، اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر نسبت پتاسیم به سدیم در گیاه چغندرقند معنی‌دار بود (جدول ۲). در شرایط تنش شوری نسبت پتاسیم به سدیم نسبت به شاهد به‌شدت کاهش یافت. با توجه به معنی‌دار بودن اثر سه‌گانه مشاهده شد بیشترین مقدار پتاسیم به سدیم در بستر کشت هیدروپونیک تحت تیمار بدون تنش شوری و در ژنوتیپ ۷۲۳۳ با میانگین ۲۰/۴۸ بود و کمترین میانگین این صفت در همین بستر کشت تحت شرایط تنش شوری و در هر دو ژنوتیپ و نیز در بستر کشت خاک و پرلیت تحت شرایط تنش شوری مشاهده شد. شوری باعث کاهش بسیار معنی‌دار نسبت پتاسیم به سدیم در همه محیط‌ها شد و این کاهش در محیط هیدروپونیک بیشتر از دو محیط دیگر بود (شکل ۴). این نسبت در ژنوتیپ ۷۲۳۳ نیز همواره (غیر از محیط هیدروپونیک) بیشتر از ۱۹۱ بود (جدول ۳). لذا در محیط هیدروپونیک تمایز ژنوتیپ حساس و متحمل بر اساس نسبت پتاسیم به سدیم به‌خوبی مشخص نبود بر این اساس گزارش شده است که در شرایط هیدروپونیک تحمل به شوری ژنوتیپ های جو به خروج یون سدیم و کلر و یا با تغییر غلظت پتاسیم ارتباطی نداشته است زیرا در شرایط کمبود اکسیژن دفع یون سدیم مختل شده لذا سدیم بیشتری وارد برگ می‌شود که شرایط انتقال پتاسیم را مختل می‌کند. از طرفی هیچ‌کدام از صفات موردبررسی در شرایط هیدروپونیک با عملکرد در مزرعه همبستگی نداشته که مناسب بودن محیط هیدروپونیک برای غربال ژنوتیپ‌ها در مراحل ابتدای رشد را زیر سؤال می‌برد (Tavakkolli et al., 2012). در شرایط هیدروپونیک این آزمایش با تزریق اکسیژن به محیط شرایط هوازی برای گیاه ایجاد شد لذا جذب سدیم کمتر و جذب پتاسیم بیشتر و درنتیجه نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط هیدروپونیک افزایش یافت. بیان ژن ناقلین پتاسیم (High affinity K^+ transporter) در شرایط هیدروپونیک بسته به غلظت و زمان شوری متفاوت است. به‌طوری‌که با افزایش تنش شوری غلظت سدیم از ۵ تا ۳۵ میلی‌گرم در گرم ماده

خشک (حدود هفت برابر) و غلظت پتاسیم از ۵۰ تا ۱۰ (۸۰ درصد کاهش) تغییر کرد (Fakhrfeshani et al., 2015). در آزمایش حاضر نیز در شرایط هیدروپونیک غلظت سدیم از ۰/۴۳ به ۱۰/۶۱ (حدود ده برابر) و غلظت پتاسیم از ۸/۸۱ به ۴/۷۳ (۴۶ درصد کاهش) کاهش یافت (جدول ۳) که نشان می‌دهد کاهش نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش شوری در محیط آبکشت می‌تواند به علت تغییر این یون‌ها باشد.



شکل ۴. نسبت پتاسیم به سدیم در برگ چغندرقند در محیط‌های مختلف کشت تحت شرایط شاهد و تأثیر تنش شوری ۱۶ دسی زیمنس بر متر

Fig. 4. K/Na ratio of sugar beet leaf in different planting medium under normal and salinity conditions

صفات بیوشیمیایی خاک

اثر تنش شوری بر میزان فسفر خاک در سطح احتمال پنج درصد و بر هدایت الکتریکی، سدیم، منیزیم و مجموع کلسیم و منیزیم خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (داده‌ها ارائه نشده است). نتایج مقایسه میانگین اثر تنش شوری بر خصوصیات بیوشیمیایی خاک مورد آزمایش نشان داد که شوری منجر به افزایش معنی‌دار میانگین در صفات هدایت الکتریکی (۸۴/۵ درصد)، سدیم (۸۶/۸ درصد)، نیتروژن کل (۹/۸ درصد)، منیزیم (۴۳/۳ درصد) و مجموع کلسیم و منیزیم (۳۹/۳ درصد) شد (جدول ۴). این امر نشان می‌دهد خاک در اثر تنش شوری به‌شدت شور شده و به‌عنوان یک محیط باثبات نمی‌تواند در نظر گرفته شود.

جدول ۴. میانگین صفات شیمیایی خاک در تیمار شوری (۱۶ دسی زیمنس بر متر) پس از برداشت

Table 4. Mean of soil chemical characteristics under salinity (16 dS m^{-1}) stress after harvesting

تیمار	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	کلسیم+ منیزیم	نیتروژن کل	کربن آلی	هدایت الکتریکی	اسیدیته	فسفر	نیترات	آمونیوم
treatment	**Na**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Ca +Mg**	**TN**	**OC**	**EC**	**pH**	**P**	**NO_3**	**NH_4**
	---------- mg kg^{-1} ----------					%		dS m^{-1}		---------- mg kg^{-1} ----------		
شاهد Normal	32.23^{b}	947.5^{a}	16.25^{a}	42.2^{b}	58.5^{b}	0.55^{b}	7.65^{a}	4.51^{b}	7.87^{a}	417.9^{a}	55.79^{a}	22.54^{a}
تنش Salinity	245.7^{a}	983.9^{a}	22.00^{a}	74.5^{a}	96.5^{a}	0.61^{a}	7.68^{a}	29.10^{a}	7.81^{a}	374.8^{b}	57.14^{a}	24.57^{a}

حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Different letters in each column show significant difference at α=0.05 based on Duncan multiple range test

درمجموع از نظر بررسی محیط‌های کشت در شرایط تنش شوری می‌توان گفت پرلیت محیط سبک و ارزانی است که به‌عنوان مکمل بسترهای پیت یا کمپوست قابل توصیه نیست اما می‌تواند به‌عنوان جایگزین پیت مطرح شود (Do and Scherer 2013). از طرفی در آزمایش‌های دیگر مشخص‌شده که پرلیت محیط خنثی‌تری در مطالعه تنش

شوری نسبت به مخلوط زئولیت-پرلیت بود (Turhan and Eris, 2004). از طرفی گزارش شده است که میزان جوانه‌زنی بذر چغندرقند در بستر پرلیت بیشتر از ماسه بود و در اثر تنش شوری، هدایت الکتریکی پرلیت کمتر از ماسه افزایش یافت (Khayamim and Noshad, 2012). در آزمایشی کاهش رشد ناشی از شوری در جوانه‌های رشد کرده در محیط پرلیت و خاک در مقایسه با محیط هیدروپونیک و ماسه کمتر بود و هدایت الکتریکی محیط هیدروپونیک و پرلیت در اثر تنش شوری، دیرتر افزایش یافت (Gimeno et al., 2010). لذا با توجه به در دسترس بودن و سازگاری با محیط‌زیست (Klados and Tzortzakis, 2014)، سبک و راحت بودن در جابجایی (Khayamim and Noshad, 2012) و کمتر تحت تأثیر شوری قرار گرفتن (Turhan and Eris, 2004; Gimeno et al., 2010) پرلیت محیط مناسبی در مطالعات شوری است.

نتایج آزمایش دوم

استقرار بوته

تأثیر شوری بر درصد استقرار گیاه معنی‌دار نبود ولی اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و شوری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). طبق نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بالاترین درصد استقرار (۹۹/۱۵ درصد) مربوط به ژنوتیپ F-20843 در شرایط شاهد و پایین‌ترین درصد استقرار (۵۴/۱۷ درصد) مربوط به ژنوتیپ HSF-91389 در شرایط شاهد است که تفاوت معنی‌داری با شرایط شوری آن ندارد. وضعیت استقرار بوته‌ها در تنش شوری نشان داد شوری نتوانسته تأثیر بسزایی بر درصد استقرار ژنوتیپ‌های گزینش‌شده بگذارد و اکثر ژنوتیپ‌ها از نظر درصد استقرار گیاه در شرایط تنش شوری و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند. اگرچه در ژنوتیپ HSF-91018 در شرایط تنش نسبت به شاهد، کاهش ۲۰ درصدی استقرار گیاه مشاهده شد. برش‌دهی فیزیکی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد ژنوتیپ HSF-92842 در تنش شوری با درصد استقرار ۹۸/۱۴۸ درصد دارای بیشترین درصد استقرار بود (جدول ۶).

ماده خشک

تنش شوری بر ماده خشک اندام هوایی تأثیر معنی‌داری ($P\leq0.05$) داشت (جدول ۵). در اثر تنش شوری حدود ۱۳ درصد از میزان ماده خشک اندام هوایی کاسته شد. اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و شوری بر ماده خشک اندام هوایی، ریشه و کل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). برش دهی فیزیکی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد بیشترین ماده خشک اندام هوایی، ریشه و کل در شرایط تنش شوری به ترتیب به مقدار ۱/۱۲، ۰/۴۷ و ۱/۷۷ در ژنوتیپ HSF-91389 مشاهده شد. در این شرایط کمترین ماده خشک اندام هوایی در ژنوتیپ HSF-91328 با ۰/۳۲ گرم در بوته، کمترین ماده خشک ریشه در ژنوتیپ‌های HSF-92862 و HSF-92851 به ترتیب با ۰/۰۶۸ و ۰/۰۶۹ گرم در بوته و کمترین ماده خشک کل نیز در ژنوتیپ HSF-91328 با ۰/۵۵۱ گرم در بوته مشاهده شد (جدول ۶). وزن خشک کل در چغندرقند یکی از معیارهای اساسی جهت تجزیه‌وتحلیل رشد است درصورتی‌که در اکثر گیاهان زراعی مانند گیاهان علوفه‌ای از وزن خشک اندام هوایی برای آنالیز رشد استفاده می‌شود (Taleghani, 2016).

جدول ۵. میانگین مربعات اثر شوری کلرید سدیم (EC=16 dS m^{-1}) بر صفات کمی و کیفی ۱۷ ژنوتیپ چغندرقند در گلخانه

Table 5. Mean square of NaCl salinity (16 dS m^{-1}) on quantitative and qualitative traits on 17 sugar beet genotypes

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی Df	درصد استقرار Establishment	ماده خشک اندام هوایی Shoot dry weight	ماده خشک ریشه Root dry weight	کل ماده خشک Total dry weight	گلایسین بتائین Glycine Betaine
Salinity (S)	شوری	1	284.35	0.06 *	0.05**	0.083	5.21
Genotype (G)	ژنوتیپ	16	875.73**	0.12**	0.05**	0.07**	13.39**
S*G	شوری*ژنوتیپ	16	292.77**	0.08**	0.008**	0.40**	13.40**
Error	خطا	102	125.67	0.015	0.001	0.08	24.03
% CV	ضریب تغییرات	-	*11.21*	*9.28*	*25.79*	*28.59*	*16.93*

*و ** به ترتیب معنی دار درسطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** significant at α=0.05 and 0.01 respectively

جدول ۶. رتبه بندی ژنوتیپ‌های چغندرقند برای صفات ماده خشک کل، اندام هوایی، ریشه، درصد استقرار و مقدار گلایسین بتائین پس از برش‌دهی فیزیکی در سطح شوری طی مرحله استقرار در گلخانه

Table 6. Sugar beet genotype ranking for total, shoot and root dry weights, establishment and glycin betain after physical slicing under salinity during establishment in green house

ژنوتیپ Genotype	درصد استقرار گیاه Establishment	ماده خشک اندام هوایی shoot dry weight	ماده خشک ریشه Root dry weight	ماده خشک کل Total dry weight	گلایسین بتائین Glycine Betaine
	%	---------- g p^{-1} ----------			mg g^{-1} dwt
HSF-91018	61.65 de	0.67 de	0.15 de	0.98 d-f	40.45 ab
HSF-91040	76.53 cd	0.96 a-c	0.23 bc	1.26 bc	29.43 c-e
HSF-91328	94.19 ab	0.32 h	0.09 ef	0.51 h	23.99 c-g
HSF-91389	56.25 e	1.12 a	0.47 a	1.76 a	23.97 c-g
HSF-91479	91.41 a-c	0.46 f-h	0.10 ef	0.73 f-h	30.27 b-d
HSF-91487	77.08 cd	0.74 c-e	0.26 b	1.16 b-d	30.85 b-d
HSF-92842	98.15 a	0.75 c-e	0.15 de	1.08 cd	48.91 a
HSF-92851	95.84 ab	0.37 h	0.07 f	0.56 gh	27.95 c-f
HSF-92862	81.25 bc	0.60 e-g	0.07 f	0.79 e-g	27.15 c-f
HSF-92865	82.07 a-c	0.74 de	0.13 d-f	0.97 d-f	18.11 fg
HSF-92866	89.59 a-c	0.61 ef	0.10 ef	0.80 e-g	15.43 g
HSF-92870	87.5 a-c	0.44 gh	0.10 ef	0.61 gh	19.23 e-g
HSF-92871	84.18 a-c	0.66 de	0.14 de	0.79 e-g	25.37 c-g
HSF-92881	91.67 a-c	0.73 de	0.18 cd	1.01 c-e	21.31 d-g
HSF-92884	93.75 ab	0.71 de	0.14 de	0.95 d-f	39.95 ab
7233.P.29	85.42 a-c	0.84 b-d	0.18 cd	1.19 b-d	33.66 bc
F-20843	97.47 cd	1.30 ab	0.23 bc	1.42 b	32.33 bc

حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

Different letters in each column show significant difference at α=0.05 based on Duncan multiple range test

گلایسین بتائین

اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و شوری بر صفت میزان گلایسین بتائین برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین میزان گلایسین بتائین برگ (۴۹/۶۷۳ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) مربوط به ژنوتیپ HSF-91389 در شرایط شاهد و کمترین آن (۱۲/۶۴۷ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) مربوط به ژنوتیپ HSF-92870 در شرایط شاهد است. مقدار گلایسین بتائین ژنوتیپ‌ها در تنش شوری متنوع بود به‌طوری‌که در ژنوتیپ-های HSF-91018، HSF-91040، HSF-92842، HSF-92870، HSF-92871، HSF-92881، HSF-92884، P.29۷۲۳۳ و F-20843 میزان گلایسین بتائین برگ در تنش شوری نسبت به شاهد افزایش داشته ولی در ژنوتیپ-های HSF-91328، HSF-91389، HSF-91479، HSF-91487، HSF-92851، HSF-92862، HSF-92865 و HSF-92866 میزان گلایسین بتائین برگ در تنش شوری نسبت به شاهد، کاهش یافت (شکل ۵). برش دهی فیزیکی اثر متقابل شوری و ژنوتیپ نشان داد که در تنش شوری، بیشترین میزان گلایسین بتائین برگ (۴۸/۹۱۳ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) متعلق به ژنوتیپ HSF-92842 است و پس‌ازآن به ترتیب ژنوتیپ‌های HSF-91018، HSF-92884، P.29۷۲۳۳ و F-20843 در رتبه‌های بعدی از نظر میزان گلایسین بتائین قرار می‌گیرند (شکل ۵).

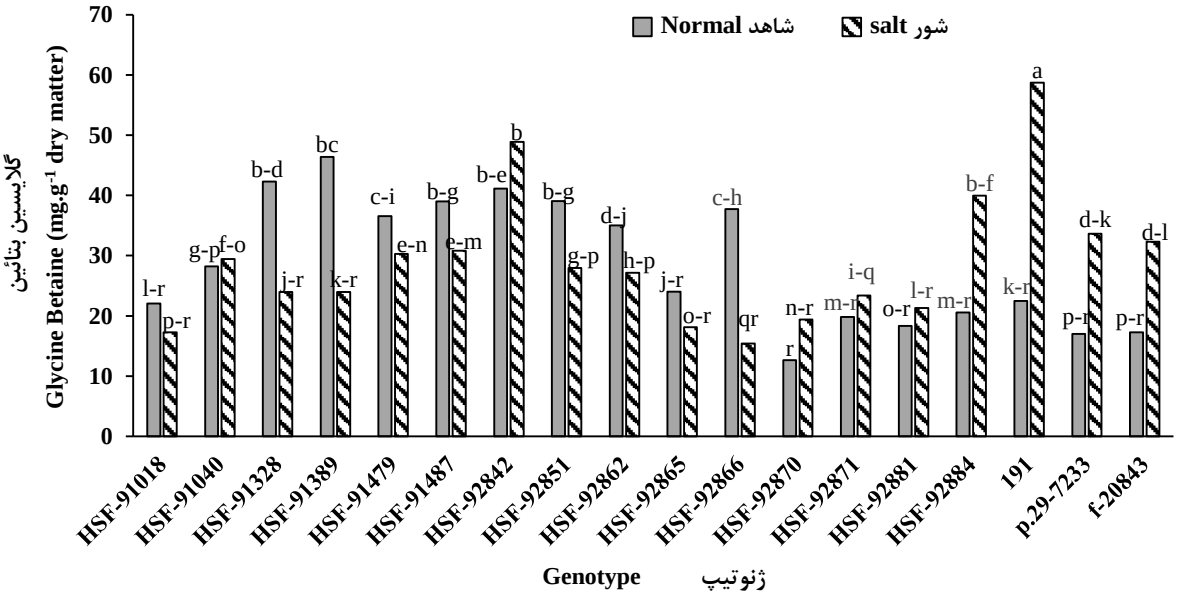
افزایش مقدار گلایسین بتائین در اثر تنش‌های محیطی در گیاهان مختلف گزارش شده است. به‌طور مثال مقدار بتائین در اسفناج تحت شوری به بیشتر از سه درصد رسید (Craig, 2014). افزایش مقدار گلایسین بتائین تحت تأثیر شوری در چغندر وحشی و علوفه‌ای (Niazi et al., 2004) و در تنش خشکی در چغندرقند (Shaw et al., 2002; Abdollahian Noghabi and Sadeghian, 2002) گزارش شده است.

شاخص تحمل

برای تعیین تحمل و یا حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش از شاخص تحمل به تنش (STI) برای صفت کل ماده خشک استفاده شد. مقادیر بالای این شاخص بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها به شوری یا خشکی و عملکرد بالقوه آن‌ها است. ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس این شاخص نشان داد که هشت ژنوتیپ،

شاخص تحمل به تنش بالای یک داشتند. بیشترین شاخص تحمل به تنش (۲/۱۱۸) مربوط به ژنوتیپ F-20843 است بدین ترتیب متحمل‌ترین ژنوتیپ در میان ژنوتیپ‌ها است (جدول ۷). در پژوهشی که برای ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی و همبستگی بین آن‌ها در لاین‌های چغندرقند انجام گرفت، ژنوتیپ‌هایی که مقادیر شاخص تحمل به تنش (STI) آن‌ها در محدوده ۰/۸۰ - ۰/۶۵ بود را به‌عنوان ژنوتیپ هایی با عملکرد و پتانسیل تحمل به تنش بالا دسته‌بندی کردند (Sadeghzadeh Hemayati and Fasahat, 2015).

بدین ترتیب، می‌توان ژنوتیپ‌های F-20843، HSF-91389، SF-91018، HSF-91040،HSF-91487، P.29.۷۲۳۳، HSF-92870، HSF-92881 و HSF-92884 را که شاخص تحمل به تنش آن‌ها بین ۲/۱۱۸-۰/۷۳۹ بود را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ‌های HSF-92842، HSF-92851، HSF-92862، HSF-92866، HSF-92865، HSF-92871، HSF-91479 و HSF-91328 که در محدود ۰/۶۴۰-۰/۲۸۲ قرار دارند را به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس طبقه‌بندی کرد.



شکل ۵. غلظت گلایسین بتائین برگ ژنوتیپ‌های چغندرقند در شرایط شوری کلرید سدیم (EC=16 dS m-1) طی مرحله استقرار در گلخانه

Fig. 5. Glycine Betaine Density of sugar beet genotypes under NaCl salinity (EC= 16 dS m-1) during establishment in Greenhouse.

جدول ۷. مقایسه ژنوتیپ‌های چغندرقند از نظر شاخص تحمل به تنش (STI) طی مرحله استقرار در گلخانه

Table 7: Sugar beet genotype comparison based on stress tolerant index (STI) during establishment growth stage in green house.

ردیف No	ژنوتیپ Genotype	شاخص تحمل به تنش STI	ردیف No	ژنوتیپ Genotype	شاخص تحمل به تنش STI
1	F-20843	2.118	10	HSF-92842	0.640
2	HSF-91389	1.982	11	HSF-92851	0.577
3	HSF-91018	1.919	12	HSF-92862	0.562
4	HSF-91487	1.470	13	HSF-92866	0.588
5	HSF-91040	1.274	14	HSF-92865	0.551
6	7233.P.29	1.233	15	HSF-92871	0.539
7	HSF-92870	1.042	16	HSF-91479	0.467
8	HSF-92881	0.856	17	HSF-91328	0.282
9	HSF-92884	0.739			

نتیجه‌گیری نهایی

محیط هیدروپونیک قادر به تفکیک معنی‌دار ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم نبود زیرا صفات عملکردی، پتاسیم، کربوهیدرات و نسبت پتاسیم به سدیم دو ژنوتیپ در این محیط مشابه بود درحالی‌که در محیط‌های دیگر، برتری ژنوتیپ ۷۲۳۳ به ۱۹۱ در شرایط شور مشاهده شد. این امر می‌تواند به دلیل ماهیت این محیط باشد به‌طوری‌که در مطالعات دیگر نیز به ناکارا بودن محیط هیدروپونیک در تمایز بین ژنوتیپ‌ها اشاره شده است (Tavakkolli et al., 2012).

باوجودی که نتایج سیستم هیدروپونیک با پرلیت در گروه آماری مشترک قرار گرفت و هیدروپونیک و پرلیت دیرتر از خاک شور می‌شوند (Gimeno et al., 2010) اما سیستم هیدروپونیک برای چغندرقند که ریشه غده‌ای تولید می‌کند مناسب نبوده اما برای چغندر علوفه‌ای می‌تواند بسیار مؤثر باشد زیرا تولید ماده خشک در این سیستم به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

کمترین مقادیر صفات کمی تحت تنش شوری نیز در خاک مشاهده شد. آزمون خاک پس از برداشت نیز نشان داد که خاک در اثر تنش شوری حدود هفت برابر شور شد؛ بنابراین، خاک محیط باثباتی در تنش‌های شوری نیست. از طرفی، در محیط خاک تمایز بین ژنوتیپ‌ها تحت تنش شوری مشخص نبود. لذا خاک باوجود ارزان‌تر بودن نمی‌تواند محیط باثبات و مناسبی برای تمایز ژنوتیپ‌ها در محیط گلخانه باشد. لذا پرلیت با توجه به در دسترس بودن و سازگاری با محیط‌زیست (Klados and Tzortzakis, 2014)، سبک و راحت بودن در جابجایی و کمتر تحت تأثیر شوری قرار گرفتن (Turhan and Eris, 2004; Gimeno et al., 2010) محیط مناسبی در مطالعات شوری است.

در مرحله استقرار در گلخانه، در میان ژنوتیپ‌های موردبررسی که همگی متحمل به تنش خشکی بودند، ژنوتیپ های HSF-91389،HSF-91018، HSF-91040، HSF-91487، HSF-92871 HSF-92881 و HSF-92842 HSF-92884 با ژنوتیپ‌های شاهد متحمل به شوری F-20843 و P.29.۷۲۳۳ از نظر صفات ماده خشک کل، ماده خشک اندام هوایی و ریشه در گروه آماری مشترک قرار گرفتند؛ بنابراین، این ژنوتیپ‌ها علاوه بر تحمل به تنش خشکی به تنش شوری نیز متحمل هستند. بر اساس شاخص تحمل به تنش نیز ژنوتیپ‌های F-20843، HSF-91389، HSF-91018، HSF-91487،HSF-91040، P.29۷۲۳۳.، HSF-92870، HSF-92881 و HSF-92884 به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر بودند. درمجموع ژنوتیپ‌های HSF-91018، HSF-91040، HSF-92870، HSF-92881 و HSF-92884 بر اساس کلیه صفات (عملکردی و گلایسین بتائین) و شاخص تحمل به تنش، به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی و شوری معرفی می‌گردند.

منابع

Abbasi, Z., Golabadi, M., Khayamim, S., Pessarakli, M., 2018. The response of drought-tolerant sugar beet to salinity stress under field and controlled environmental conditions. Journal of Plant Nutrition. 41, 2166-2672. https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1497174

Abdollahian Noghabi, M., Sadeghian Motahar, S.Y., 2002. Changes in the concentration of glycine betaine, glutamine and sugars in sugar beet subjected to soil moisture deficit. Proceeding of the 65th IIRB Congress. International Institute of Sugar Beet Research. Brussels, Belgium. July 2022.

Anagholi, A., Rajabi, A., Khayamim, S., 2018. Response of sugar beet genotypes under salinity stress in central areas of Iran. International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research. 8, 49-58.

Aghdak, P.M., Mobli, M., Khoshgoftarmanesh, A.M., Shakeri, F., 2010. Effect of adding bentonite to different planting sites on vegetative growth and green beans performance. Journal of Soil and Plant Interactions. 1, 31-40. [In Persian]. https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089082.1389.1.3.4.2

Chourasia, K.N., More, S.J., Kumar, A., Kumar D., Singh, B., Bhardwaj, V., Kumar, A., Kumar Das, S., Singh, R.K., Zinta, G., Tiwari, R.K., Lal, M.K., 2022. Salinity responses and tolerance mechanisms in underground vegetable crops: An Integrative Review. Planta. 255, 1-25. https://doi.org/10.1007/s00425-022-03845-y.

Craig, S.A.S., 2014. Betaine in human nutrition. The American Journal of Clinical Nutrition. 80, 539-549. https://doi.org/10.1093/ajcn/80.3.539

Do, T.C.V., Scherer, H.W., 2013. Compost as growing media component for salt sensitive plants. Plant Soil Environment. 59, 214-220. https://doi.org/10.17221/804/2012-PSE

El-Behairy, U.A.A., 2015. Simple substrate culture in arid lands. In Asaduzzaman, Md. (ed). Soilless Culture: Use of Substrates for the Production of Quality Horticultural Crops. [Internet]. InTech; Pp 69-97. http://doi.org/10.5772/58679

Emami, A., 1996. Plant analysis methods. Soil and Water Research Institute. 128 pages. [In Persian].

Fakhrfeshani, M., Shahriari-Ahmadi, F., Niazi, A., Moshtaghi, N., Zare-Mehrjerdi, M., 2015. The effect of salinity stress on Na+, K+ concentration, Na+/ K+ ratio electrolyte leakage and HKT expression profile in roots of Aeluropus littoralis. Journal of Plant Molecular Breeding. 3, 1-10. https://doi.org/10.22058/jpmb.2015.15369

Fotuhi, K., Mesbah, M., Sadeghian, S.Y., Ranji, Z.A., Orazizadeh, M.R., 2006. Assessment salt tolerance in sugar beet lines. Journal of Sugar Beet, 22, 1-18 [In Persian]. https://doi.org/10.22092/JSB.2007.1674

Geissler, N., Hussin, S., Koyro, H.W., 2009. Interactive effect of NaCL salinity and elevated atmospheric CO_2 concentration on growth, photosynthesis, water relations and chemical composition of the potential cash crop halophyte *Aster tripolium* L. Environmental and Experimental Botany. 65, 220-231. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2008.11.001

Gimeno, V., Syvertsen, J.P., Rubio, F., Martinez, V., Garcia Sanchez, F., 2010. Growth and mineral nutrition are affected by substrate type and salt stress in seedlings of two contrasting citrus rootstocks. Journal of Plant Nutrition. 33, 1435-1477. https://doi.org/10.1080/01904167/2010.489982

Grieve, C.M., Grattan, S.R., 1983. Rapid assay for determination of water-soluble quaternary ammonium compounds. Plant Soil. 70, 303-307. https://doi.org/10.1007/BF02374789

Khayamim, S., 2014. Evaluation of important Physiological indices for screening sugar beet Sugar Beet Seed Institute. 9346693 [In Persian].

Khayamim, S., Tavakol Afshari, R., Sadeghian Motahar, S.Y., Pustini, K., Rouzbeh, F., Abbasi, Z., 2014. Seed germination, plant establishment and yield in sugar beet genotypes under salinity stress. Journal of Agriculture Science Technology. 16(4), 779-790. https://dorl.net/dor/20.1001.1.16807073.2014.16.4.6.6

Khayamim, S., Noshad, H., 2012. Comparison of soilless Perlite and sand mediums in salt stress studies. Proceeding of Second National Congress on Hydroponic and Green house Products, 2012 Sep 4-6, Mahalat, Iran. 342-343. [In Persian]

Khayamim, S., Noshad, H., Rajabi, A., Jafari, R., 2021. Response of sugar beet multigerm genotypes to salinity stress. Environmental Stresses in crop Sciences. 14, 235-247. [In Persian]. https://doi.org/10.22077/escs.2019.2664.1697

Klados, E., Tzortzakis, N., 2014. Effects of substrate and salinity in hydroponically grown cichorium spinosum. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 14, 211-222. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000017

McCall, W.W., Nakagawa, Y., 1970. Growing plants without soil. University of Hawaii. 22 pages.

Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25, 239-250. https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x

Nair, A., Ngouajio, M., Biernbaum, J., 2011. Alfaf alfa-based organic amendment in peat compost growing medium for organic tomato transplant organic production. Horticulture Science. 46, 253-259. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.2.253

Niazi, B.H., Athar, M., Rozema, J., 2004. Salt tolerance in the fodder beet and sea beet: Analysis of biochemical relations. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 30, 78-88.

Parvaiz, A., Satyawati, S., 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants- a review. Plant Soil Environment. 54, 89-99. https://doi.org/10.17221/2774-PSE

Sadeghzadeh Hemayati, S., Fasahat, P., 2015. Evaluation of drought tolerance indices and their correlation in sugar beet lines. Journal of

Sugar Beet. 32, 13-27. [In Persian]. https://doi.org/10.22092/jsb.2016.106650

Shaw, B., Thomas T.H., Cooke, D.T., 2002. Response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to drought and nutrient deficiency stress. Plant Growth Regulation. 37, 77-83. https://doi.org/10.1023/A:1020381513976

Soltani, A., 2010. Application of SAS Software in Statistical Analysis. Jihad Daneshgahi Mashhad Co. Third publication, second edition, p. 183. [In Persian].

Taghizadegan, M., Toorchi, M., Vahed, M. M., Khayamim, S., 2019. Evaluation of sugar beet breeding populations based morpho-physiological characters under salinity stress. Pakistan Journal of Botany. 51, 11-17. https://doi.org/10.30848/PJB2019-1(7)

Taleghani, D., 2016. Development and selection of drought tolerant full sib progenies. Sugar Beet Seed Institute. 9549933 [In Persian]

Tavakkolli, E., Fatehi, F., Rengasamy, P., McDonald, G.K., 2012. A comparison of hydroponic and soil based screeninig methods to identify salt tolerance in the field in barley. Journal of Experimental Botany. 63, 3853-3868. https://doi.org/10.1093/jxb/ers085.

Turhan, E., Eris, A., 2004. Effect of sodium Chloride applications and different growth median ionic composition in strawberry plant. Journal of Plant Nutrition. 27, 1653-166. https://doi.org/10.1081/PLN-200026009

Wootton, p., 2019. Producing fodder crops using hydroponic. Farming Connect. Technical Article. 9 pages.

Wrolstad, R.E., Acree, T.E., Decker, E.A., Penner, M.H., Reid, D.S., Schwartz, S.J., Shoemaker, C. F., Smith, D., Sporns, P., 2005. Lipid Oxidation Stability, Handbook of Food Analytical Chemistry: Water, Proteins, Enzymes, Lipids, and Carbohydrates. John Wiley and Sons, Inc. 513-547. https://doi.org/10.1002/0471709085