J. Crop Product. Process. 2025, 15(1), 1-18; DOI: 10.47176/jcpp.15.1.36824

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Evaluation of Changes in Root Yield and Quality in Different Cultivars of Autumn Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Exposed to Gamma Ray Radiation under Salinity Stress Condition

Meysam Naji[1], Marjan Diyanat[2] *, Davood Habibi [3], Mehdi Sadighi Shoa [4] and Worya Weisany [5]

1, 2 and 5. Ph.D. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
4. Assistant Professor, Sugar Beet Seed Institute (SBSI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Extended Abstract

Introduction: Salinity stress is one of the known and important limitations of agricultural production all over the world. The production of salt-resistant plants is one of the most important achievements of genetic modification using nuclear radiation, as it helps realizing increase in the cultivated area in dry and saline conditions. The purpose of this study was to investigate the effect of gamma radiation on the root yield and quality attributes of sugar beet under salinity stress conditions.

Materials and Methods: This research was conducted to evaluate the root yield and quality of three sugar beet cultivars treated with gamma ray radiation and grown under normal and salinity stress conditions in Qom province, central Iran, in 2018 and 2019. The experiment was conducted as a split factorial using a randomized complete block design with three replications. The main plots included irrigation water at two levels (non-saline water and saline water with EC = 7-10 dS m^{-1}) and subplots included a combination of sugar beet cultivars (Sharif, Antec, and Yudoro) and gamma radiation (control, 50, 100, 200 and 400 Gy). The traits evaluated in this research included bolting percent, root yield, sugar percent, sugar yield, white sugar yield, sodium, potassium, harmful nitrogen, alkalinity coefficient and molasses. The percent of stem growth was calculated based on the number of plants that had produced stems, relative to the total number of plants in each plot.

Results and Discussion: Salinity stress and gamma radiation at levels of 100 and 200 Gy led to an increase in potassium concentration in the Sharif cultivar, but no significant changes were observed in the Antec and Yodoro cultivars. Salinity stress led to a decrease in root yield in all three cultivars tested. Eudoro cultivar had a higher mean root yield than others, both under non-saline irrigation conditions (74.52 tons ha^{-1}) and under salinity stress conditions (46.59 tons ha^{-1}), and in contrast to Sharif cultivar, the mean root yield of this cultivar was higher in both levels of salinity. Salinity stress led to

Received: Apr. 06, 2024; Revised: Oct. 12, 2024; Accepted: Oct. 14, 2024; Published Online: Mar. 15, 2025.

* Corresponding Author: m.diyanat@srbiau.ac.ir

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

an increase in the percent of sugar in Yudoro, Antek, and Sharif cultivars by 23.6%, 23.7% and 19.32%, respectively. Gamma radiation at the level of 200 Gy resulted in the lowest percent of sugar (16.07%) and no radiation (control), as well as radiation at the level of 400 Gy resulted in the highest percent of sugar (17.31% and 17.14%, respectively). The sodium concentration of the root in all three cultivars was almost the same under non-saline irrigation conditions, which increased in all three cultivars with the imposed salt stress. With implementing salinity stress, the alkalinity level increased in all three cultivars, but the lowest increase occurred in the cultivar Antek and the highest in the cultivar Sharif, indicating that the cultivar Antek had a higher tolerance to salinity than the other two cultivars. Gamma radiation resulted in the lowest sugar percent (16.07%) at a level of 200 Gy but non-saline irrigation (control) as well as radiation at a level of 400 Gy resulted in the highest sugar percent (17.31% and 17.14%, respectively). The interaction effect of salinity stress and gamma radiation on the concentration of harmful nitrogen in roots was significant at the 1% probability level. Gamma radiation under non-saline irrigation conditions led to an increase in the concentration of nitrogen in roots, the highest levels of which occurred at levels of 100 and 200 Gy, but under saline irrigation conditions, no significant difference was observed between the levels of gamma radiation in terms of the concentration of nitrogen in roots.

Conclusions: Salinity stress in all three cultivars resulted in a decrease in white sugar yield. The Yudoro and Sharif cultivar had the highest and lowest white sugar yield, respectively. The higher salinity tolerance in Antek and Yodoro compared to Sharif cultivar seems perhaps from undergoing of osmotic regulation and avoiding excessive sodium absorption and hence ion toxicity in the latter cultivars compared to Sharif. Therefore, Antek and Yodoro cultivars outyielded the Sharif cultivar.

Keywords: Cultivar, Alkalinity coefficient, Sugar content, Harmful nitrogen

How to Cite: Naji M., Diyanat M., Habibi D., Sadighi Shoa M., Weisany, W. Evaluation of changes in root yield and quality in different cultivars of autumn sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) exposed to gamma ray radiation under salinity stress condition. *J. Crop Product. Process*. 2025, 15(1), 1-18 (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.15.1.36824

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۱، ص. ۱۸-۱، DOI: 10.47176/jcpp.15.1.36824

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

ارزیابی تغییرات در کمیت و کیفیت عملکرد ریشه ارقام مختلف چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) پاییزه تحت پرتوتابی اشعه گاما در شرایط تنش شوری

میثم ناجی[۱]، مرجان دیانت[۲*]، داوود حبیبی[۳]، مهدی صادقی شعاع[۴] و وریا ویسانی [۵]

چکیده– تنش شوری یکی از محدودیت های شناخته شده و مهم تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است. در این پژوهش، تغییرات صفات کمی و کیفی ارقام مختلف چغندرقند پاییزه پس از پرتوتابی با اشعه گاما در شرایط تنش شوری در منطقه جعفریه واقع در استان قم در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل آب آبیاری در دو سطح (آب نرمال و آب شور با هدایت الکتریکی *EC (Electrical conductivity)* به-طور میانگین ۹۰۰۰ میکروموس بر سانتی متر) و کرت های فرعی ترکیبی از ارقام چغندرقند (شریف، آنتک و یودورو) و پرتوتابی با اشعه گاما (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ گری) بودند. تنش شوری منجر به کاهش عملکرد ریشه در سه رقم یودورو، آنتک و شریف به مقدار ۳۷/۴ ٪، ۳۱/۵ ٪ و ۳۳/۴ ٪ شد. رقم یودورو هم در شرایط آبیاری نرمال (۷۴/۵ تن در هکتار) و هم در شرایط تنش شوری (۴۶/۶ تن در هکتار) میانگین عملکرد ریشه بیشتری را نسبت به سایر ارقام داشت و در مقابل رقم شریف هم در شرایط آبیاری نرمال (۶۳/۱ تن در هکتار) و هم در شرایط تنش شوری (۴۲ تن در هکتار) میانگین عملکرد ریشه پایین تری را نشان داد. تنش شوری منجر به افزایش درصد قند در سه رقم یودورو، آنتک و شریف به میزان ۲۳/۶٪، ۲۳/۷٪ و ۱۹/۳٪ شد. پرتودهی گاما در سطح ۲۰۰ گری منجر به کمترین درصد قند (۱۶/۱ ٪) شد و عدم پرتودهی (شاهد) و پرتودهی در سطح ۴۰۰ گری دارای بیشترین درصد قند (به ترتیب ۱۷/۳ ٪ و ۱۷/۱ ٪) شدند. غلظت سدیم ریشه در هر سه رقم در شرایط آبیاری نرمال تقریبا یکسان بود که با اعمال تنش شوری این میزان در دو رقم یودورو و آنتک ۲ و ۱/۷ برابر و در رقم شریف ۲/۵ برابر افزایش یافت. دو رقم آنتک و یودورو در مواجهه با شوری از لحاظ وجود ناخالصی و درصد ملاس، عملکرد بهتری را نسبت به رقم شریف نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: رقم، ضریب آلکالیته، عیار قند، نیتروژن مضره.

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۱/۱۸، بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۲۱، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳، اولین انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۵

۱، ۲ و ۵. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

۴. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

* : نویسنده مسئول، رایانامه: m.diyanat@srbiau.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۴ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد حیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

مقدمه

در سال ۲۰۲۰ تولید جهانی چغندرقند در سطح زیرکشتی برابر با ٤/٤٤ میلیون هکتار حدود ۲۵۳ میلیون تن با میانگین ۵۷ تن در هکتار بود و سطح زیرکشت چغندرقند در ایران حدود ۹۳٦۵۸ هکتار با تولیدی برابر با ٦۲۲۹۷۹۵ تن و میانگین عملکرد حدود ٦٦/۵ تن در هکتار است (۱۱). طبق آمار FAO چغندرقند (***Beta vulgaris* L.**) یکی از سه منبع اصلی تولید شکر در جهان است که حدود ۲۱/۵ ٪ شکر تولید شده از کشت در پنجاه و هفت کشور جهان از این محصول به‌دست می‌آید که البته یک منبع غنی برای تولید الکل با ظرفیت ٤٤۰۰ لیتر در هکتار در مقابل نیشکر با تولید ۳۹۰۰ لیتر در هکتار است (۳٤). چغندرقند تا حد زیادی در اقلیم معتدل کشت می-شود، اما اکنون برای رفع نیازهای بیشتر به تولید شکر و اتانول و به حداقل رساندن فشار روی محصول نیشکر، به مناطق نیمه گرمسیری جهان منتقل می‌شود (۳٤).

تنش شوری یکی از محدودیت‌های شناخته شده و مهم تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان است (۳۷). بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران در سال ۲۰۱۲ اراضی شور در ایران به بیش از ۳۳ میلیون هکتار افزایش یافته که مساحتی حدود ۲۰ ٪ از مجموع اراضی آبی ایران را در برمی‌گیرد. در میان تنش-های غیرزیستی، شوری همواره رشد، توزیع و تولید گیاهان را محدود می‌کند. بر اساس برآوردهای اخیر، ۱۱۲۸میلیون هکتار از زمین‌های جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند (۱). چغندرقند زمانی که هدایت الکتریکی بیش از ۷ دسی‌زیمنس بر متر باشد با مشکل مواجه می‌شود. در چغندرقند تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در پاسخ به تنش شوری مشاهده شده است (۲۷). همچنین تنش شوری عملکرد ریشه، عملکرد شکر و عملکرد شکر سفید را به‌ترتیب حدود ۲۰ ٪، ۲۲ ٪ و ۲٤ ٪ کاهش داد (۱۹).

امروزه استفاده از تکنولوژی تابش‌های یونیزه به‌عنوان انقلابی در پژوهش‌های علوم گیاهی به‌ویژه تولید گیاهان زراعی تلقی می‌شود (۱۸). شعشعات گاما یک کلاس پر انرژی از پرتوهای یونیزان است که دارای توانایی قوی در تعامل و نفوذ به بافت‌های زنده است که مستقیماً با چندین مؤلفه سلولی در سطوح مختلف برهم‌کنش می‌کنند و تأثیر عمیقی بر اسیدهای نوکلئیک، غشاها و پروتئین‌ها دارند (۲۳). این یک تصور غلط است که پرتوهای یونیزه تأثیر منفی بر سلول‌های زنده دارند؛ چرا که برخی سطوح پرتوهای گاما می‌توانند اثرات فیزیولوژیکی مطلوبی بر فعالیت‌های سلول در گیاهان و میکروارگانیسم‌ها داشته باشند نظیر تأثیر بر فرآیند فتوسنتز، شتاب دادن به تکثیر سلولی، بهبود جوانه زنی، افزایش نرخ رشد، افزایش مقاومت در برابر استرس و یا بهبود محصول دهی گیاهان زراعی داشته باشند (۵، ۲۰ و ۳۰). به‌طور کلی دزهای پایین اشعه گاما به‌منظور ایجاد جهش در به نژادی گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است، که در راستای توسعه کشاورزی و ارتقای بهره‌وری اقتصادی حائز اهمیت بوده و استفاده از جهش توسط پرتودهی گاما جهت ایجاد مقاومت در برابر بیماری‌ها، سرما، شوری و ... در بسیاری از گیاهان زراعی توصیه شده است (۳). استفاده از ایجاد موتاسیون به‌منظور تنوع بخشی به محتویات ژنتیکی با هدف ارتقاء صفات کمی و کیفی در گیاهان زراعی مورد توجه ویژه قرار گرفته است، از طرف دیگر با توجه به اینکه مصرف مواد شیمیایی به‌منظور حفظ و نگهداری مواد غذایی نه‌تنها برای مصرف‌کنندگان بلکه برای محیط زیست زیان بار است، لذا استفاده از پرتودهی در علوم کشاورزی به‌عنوان یک روش بی‌خطر در اکثر کشورهای جهان متداول شده است (۲). تولید گیاهان مقاوم به شوری، به-منظور افزایش سطح زیر کشت در زمین‌های شور و خشک، یکی از مهم‌ترین دست‌یافته‌های اصلاح ژنتیکی با استفاده از پرتوتابی هسته‌ای است که هم اکنون روی گیاهان زراعی در حال انجام است. هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر پرتوتابی گاما روی صفات عملکردی و کیفی چغندرقند در مواجهه با تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور ارزیابی واکنش کمی و کیفی ارقام مختلف چغندرقند پاییزه به پرتوتابی اشعه گاما در شرایط تنش

جدول ۱. وضعیت هواشناسی منطقه جعفریه در دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱٤۰۰-۱۳۹۹

سال زراعی	میانگین دمای کمینه (°C)	میانگین دمای بیشینه (°C)	میانگین دما (°C)	مجموع بارش (mm)	میانگین رطوبت نسبی هوا (%)
۱۳۹۹-۱۳۹۸	۱۰/۲	۲٤/۵	۱۷/۳	۱۵۸/٤	٦۱/۵
۱٤۰۰-۱۳۹۹	۹/۸	۲٤/۲	۱۷	۱۵۲/۹	٦۰/۹

جدول ۲. مشخصات بذور ارقام چغندر قند تحت آزمایش

نام رقم	ژرمیته	پلوئیدی	نوع رقم	زمان مناسب کاشت	عملکرد ریشه	عیار قند	عملکرد شکر سفید	نوع مقاومت
شریف	مونوژرم هیبرید	تریپلوئید	نرمال قندی	پاییز بهار	متوسط بالا	متوسط بالا	متوسط بالا	مقاوم به بولتینگ
Antek	مونوژرم هیبرید	دیپلوئید	قندی	پاییز بهار	متوسط	بالا	بالا	مقاوم به ریزومانیا و بولتینگ
Eudoro	مونوژرم هیبرید	دیپلوئید	قندی	پاییز بهار	متوسط	بالا	بالا	مقاوم به ریزومانیا و بولتینگ

شوری در منطقه جعفریه قم واقع در استان قم و در دو سال زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ انجام شد. این محل از نظر عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ۵۰/٤ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۲۸/۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۸۳ متر از سطح دریا است. با توجه به جدول ۱ میانگین دمای منطقه جعفریه در دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۹ و ۱٤۰۰-۱۳۹۹ به‌ترتیب ۱٦/۷ و ۱۷/٤ درجه سانتی‌گراد و میزان بارش به‌ترتیب ۲۵۵ و ۱۱۰ میلی‌متر بود. سایر آیتم‌های هواشناسی با جزئیات در جدول ۱ آمده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل آب آبیاری در دو سطح (آب نرمال از کانال آبیاری (تامین شده از سد ساوه با هدایت الکتریکی (Electrical EC conductivity) به‌طور میانگین ۱۱۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر) و آب شور از چاه آب موجود در منطقه (با EC به‌طور میانگین ۹۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر با توجه به اندازه گیری‌های مستمر انجام شده) و کرت‌های فرعی ترکیبی از ارقام چغندرقند (شریف، آنتک و یودورو) که از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند تأمین شد (جدول ۲) و پرتوتابی با اشعه گاما (شاهد، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ گری) بودند. پرتوتابی در مرکز تحقیقات کشاورزی هسته‌ای کرج از چشمه پرتودهی کبالت ٦۰ با اکتیویته ٤۱۲۰ کوری و آهنگ دوز ۰/۹۳ گری در ثانیه توسط دستگاه گاماسل مدل px-2 شرکت Tenex ساخت کشور روسیه انجام شد و مشخصات دوزیمتر به کار رفته از نوع Flicker Standard Dosimetry System بود.

جهت تهیه بستر کاشت پس از انجام شخم عمیق نسبت به اجرای شخم سبک، دیسک و لولر اقدام شد. کودهای پایه بر اساس آزمایش خاک (جدول ۳) اعمال شد. بذور چغندرقند از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند تأمین شد. تاریخ کاشت اوایل آبان ماه بود و کشت به‌صورت دستی و در عمق ۳-۲ سانتی‌متری صورت گرفت که پس از استقرار بوته ها (۸-٦ برگی) تنک شد. فاصله بین فاکتورهای مورد آزمایش ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین تیمار آب آبیاری (اسپلیت) ۵ متر در نظر گرفته شد. پس از یک دوره‌ی آیش، کاشت بذر انجام شد. هر کرت شامل ۵ خط کاشت به طول ٦ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد، فاصله بوته‌ها روی خط کاشت ۲۰ سانتی‌متر و تراکم مورد نظر ۱۰۰۰۰۰ بوته در هکتار بود.

جدول ۳. نتایج آزمون خاک

ویژگی	مقدار	واحد
pH	٦/١٥	--
EC	٣/٠١	dsm^{-1}
Na	٥/١٨	$meql^{-1}$
P	١٤/١	$mgkg^{-1}$
O.C	٠/٨٩	%
K	٤٦٧	$mgkg^{-1}$
NH4	٣/٩٨	$mgkg^{-1}$
NO3	١١/٧	$mgkg^{-1}$
Clay	٣٥/٠١	%
Silt	٤٦/٧	%
Sand	١٨/٢	%
Soil Texture	رسی–لومی	--

کود نیتروژنه در دو مرحله، (یک نوبت پس از تنک و وجین و استقرار کامل بوته‌ها (مرحله ٦ برگی) و مرحله دوم حدود سه ماه بعد از کشت در مزرعه) مورد استفاده قرار گرفت. مقدار کل مصرف کود نیتروژنه ١٢٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره بود. همچنین همزمان با کاشت ١٥٠ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل به زمین داده شد و همراه دیسک در عمق ١٥ سانتی‌متری خاک قرار گرفت. تاریخ کشت در سال اول ٥ آبان ماه و در سال دوم ٨ آبان ماه بود. همچنین تاریخ برداشت در سال اول ١٩ تیرماه و در سال دوم ١٤ تیرماه بود. نمونه‌های ریشه از هر کرت پس از حذف نیم متر از بالا و پایین هر کرت و از خطوط میانی به مساحت ٤ مترمربع برداشت شد و برای تعیین صفات کمی و کیفی به آزمایشگاه خمیرگیری موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند واقع در کمال شهر کرج، ایستگاه تحقیقاتی مرحوم مهندس مطهری ارسال شد.

صفات مورد ارزیابی در این پژوهش شامل درصد بولت، عملکرد ریشه، درصد قند، عملکرد قند، عملکرد شکر سفید، سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، ضریب قلیاییت و درصد قند ملاس بود. درصد ساقه روی بر اساس تعداد بوته‌های به ساقه رفته در هر کرت و با توجه به تعداد کل بوته‌ها محاسبه شد. برای تعیین عملکرد ریشه به مساحت ٤ مترمربع از خطوط میانی هر کرت پس از حذف ٥٠ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط برداشت شد که پس از آن به کارگاه خمیرگیری جهت شستشو و خمیر گیری توسط دستگاه تعیین افت و خمیرگیری شرکت Venema ساخت کشور هلند، منتقل شد. عملکرد شکر از طریق حاصل-ضرب محصول ریشه و درصد قند به‌دست آمد :

$$SY=RY\times SC$$

RY = عملکرد ریشه SC= درصد عیار قند

عملکرد شکر سفید از طریق حاصلضرب محصول ریشه در مقدار شکر سفید (شکر قابل استحصال) به‌دست می‌آید. این مولفه از مهمترین فاکتورهای کمی و کیفی محسوب شده و برایند کلی محصول ریشه ، درصد قند و ناخالصی‌ها است (٩).

$$WSC= WSY \times RY$$

WSC= شکر قابل استحصال RY = عملکرد ریشه

درصد قند و مقدار پتاسیم، سدیم و نیتروژن مضره موجود در ریشه چغندرقند از عوامل اصلی موثر در کیفیت ریشه‌ی چغندرقند هستند. در زمان برداشت نهایی بوته‌های خطوط چهار و پنج در سطح ٤/٨ مترمربع برداشت شد و به‌طور جداگانه اتیکت‌گذاری انجام شد. پس از شستشوی ریشه‌ها و تهیه خمیر

توسط دستگاه اتوماتیک تهیه خمیر، این خمیرها به آزمایشگاه تکنولوژی قند موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند ارسال و پارامترهای زیر لندازه‌گیری‌های شدند. عیار قند از روش پلاریمتری با استفاده از دستگاه ساکارومات شرکت دکتر کرشن ساخت کشور آلمان که بر اساس میزان چرخش نور پلاریزه عمل می‌کند، اندازه گیری شد (۸). در این روش برای تجزیه کیفی هر نمونه خمیر پس از قرار دادن آن در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و خارج شدن از حالت انجماد از هر نمونه ۲٦ گرم خمیر با ۱۷۷ میلی‌لیتر سواستات سرب در همزن ریخته و به مدت ۳ دقیقه مخلوط شد. پس از انتقال مخلوط به قیف صافی شربت زلالی حاصل شد. در شربت حاصله درصد قند به روش پلاریمتری توسط دستگاه ساکاریمتر اندازه‌گیری شد. عملکرد شکر سفید از حاصلضرب محصول ریشه در مقدار شکر سفید (شکر قابل استحصال) به‌دست آمد. این مولفه از مهمترین فاکتورهای کمی و کیفی محسوب شده و برایند کلی محصول ریشه، درصد قند و ناخالصی هاست (۹).

RY=WSY (عملکرد ریشه)

WSC* (شکر قابل استحصال)

مقادیر سدیم و پتاسیم (ناخالصی‌های موجود در ریشه) با دستگاه فلیم‌فتومتر شرکت دکتر کرشن مدل FP2 ساخت کشور آلمان و با مقایسه طیف نشری گسترده لیتیم اندازه‌گیری شد و برای تعیین میزان غلظت نیتروژن مضره نیز از دستگاه بتالایزر و اسپکتوفتومتر شرکت دکتر کرشن ساخت آلمان و روش عدد آبی استفاده شد. اساس این روش تغییر رنگ معرف کوپر در قبال نیتروژن و مقایسه با استانداردهای موجود است. این مقادیر نیز با استفاده از عصاره شفاف تهیه شده از مخلوط خمیر ریشه و سو استات سرب توسط دستگاه تجزیه کیفی چغندرقند (بتالایزر شرکت دکتر کرشن ساخت کشور آلمان) بر حسب میلی‌اکی‌والان درصد گرم خمیر چغندرقند تعیین شد (۸). آلکالیته (قلیائیت) عبارت از نسبت K+NA/N بوده و این سه عنصر (پتاسیم، سدیم و نیتروژن) به‌عنوان قلیایی‌کننده محیط از عوامل عمده ناخالصی‌ها بوده و هرچه این مقدار افزایش یابد عدم خلوص شیره‌ی خام افزایش می‌یابد (۹).

$$ALC = (K+NA)/N$$

ملاس شیره‌ای است که از آن آخرین محصول قند به‌دست می‌آید و نمی‌توان قند بیشتری از آن کریستال نمود. جز عمده ماده خشک ملاس چغندرقند، ساکاروز بوده که تقریباً ۵۰ ٪ آن را تشکیل می‌دهد و همچنین مقدار لندکی قندهای احیائی و رافینوز در ملاس وجود دارد به همین دلیل هرچه قدر مقدار قند ملاس کمتر باشد محصول دارای کیفیت بهتر و قند بیشتری است. بدین ترتیب قند موجود در ملاس با استفاده از فرمول پیشنهاد شده به شرح زیر به‌دست آمده و واحد آن گرم شکر در صد گرم چغندر قند (٪) است (۹).

$$MS = 0.0343(K+ \ + Na+) + 0.094(alpha-amino-N) - 0.31$$

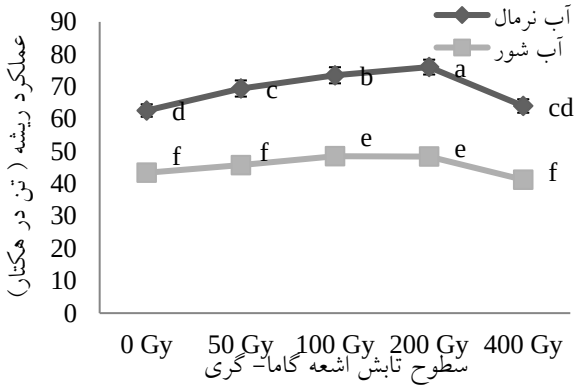
پیش از انجام تجزیه واریانس مرکب، به‌منظور آزمون همگنی واریانس، خطاهای آزمایشی، آزمون بارتلت انجام شد و فرض همگنی واریانس خطای آزمایشات در سطح احتمال ۱ ٪ رد نشد جهت انجام تجزیه های آماری از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ انجام شد.

نتایج و بحث

درصد بولتینگ

صفت میزان ساقه‌روی (بولتینگ) به‌عنوان یک صفت منفی به‌ویژه در چغندرقند پاییزه، با سطح احتمال ۱ ٪ تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری و ارقام مختلف قرار گرفت و بین آنها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، اما تیمار پرتودهی اشعه گاما در این صفت اثرگذار نبوده و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). آبیاری با آب شور، باعث افزایش میزان بولت (۲٦/۷ ٪) در مقایسه با آبیاری نرمال (۲۳/۷ ٪) شد. استراتژی‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در مواجهه با تنش شوری در گیاهان

شکل ۱. مقایسه تغییرات عملکرد ریشه تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و رقم. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل ۲. مقایسه تغییرات عملکرد ریشه تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و سطوح مختلف تابش اشعه گاما میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

یافت شده‌است، از جمله جذب انتخابی و انتقال یون‌های نمک، بخش‌بندی یون‌های نمک، تنظیم اسمزی و افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (۲۸ و ۳۲). به‌طور کلی یکی از مکانیسم‌های تحمل به شوری در گیاهان، کاهش نمک دریافتی را از طریق انتقال به سایر اندام‌ها است که این کار از طریق جذب انتخابی سلول ریشه، بارگیری انتخابی آوند چوبی و انتقال نمک از آوند چوبی انجام می‌شود (۲۸). بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که با وقوع تنش شوری گیاه چغندرقند با ساقه روی نسبت به انتقال نمک دریافتی به اندام‌های فوقانی و ساقه‌روی اقدام نموده و این موضوع منجر به افزایش درصد ساقه‌روی (بولتینگ) شده است. رقم یودورو کمترین میزان بولت (۸/۱۳ ٪) و رقم شریف بیشترین میزان بولت (۴۷/۶ ٪) را نشان دادند. بدین ترتیب می‌توان اظهار اشت که رقم یودورو و پس از آن رقم آنتک به‌عنوان ارقام متحمل به ساقه‌روی و بولت گزینه‌های مناسبی جهت کشت چغندرقند پاییزه در مناطق گرمسیر است.

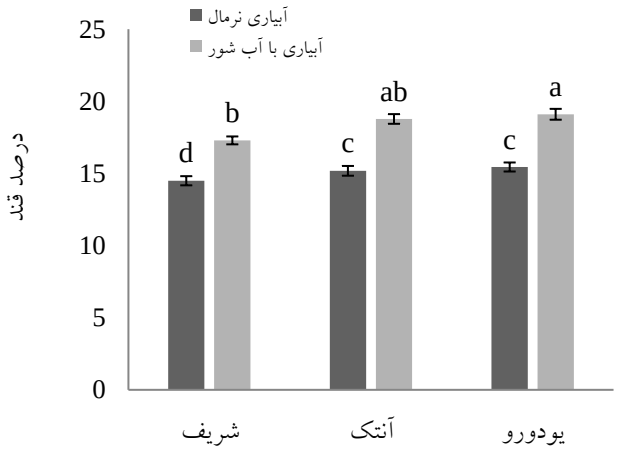
عملکرد ریشه

کلیه تیمارها بر عملکرد ریشه تأثیرگذار بودند (جدول ٤). در میان تنش‌های غیرزیستی مختلف، شوری خاک یکی از عمده‌ترین تنش‌های محیطی است که به شدت بهره‌وری محصول را در سراسر جهان مختل می‌کند (١٦ و ٢٩). خیامیم و همکاران نشان دادند که تنش شوری عملکرد ریشه را حدود ۲۰ ٪ کاهش داد (۱۹). تنش شوری منجر به کاهش عملکرد ریشه در هر سه رقم مورد آزمایش شده است. از این میان رقم یودورو هم در شرایط آبیاری نرمال (۷٤/۵ تن در هکتار) و هم در شرایط تنش شوری (٤٦/٦ تن در هکتار) میانگین عملکرد ریشه بیشتری را نسبت به سایر ارقام ارائه نموده است و در مقابل رقم شریف هم در شرایط آبیاری نرمال (٦٣/١ تن در هکتار) و هم در شرایط تنش شوری (٤٢ تن در هکتار) میانگین عملکرد ریشه پایین‌تری را نشان داد .

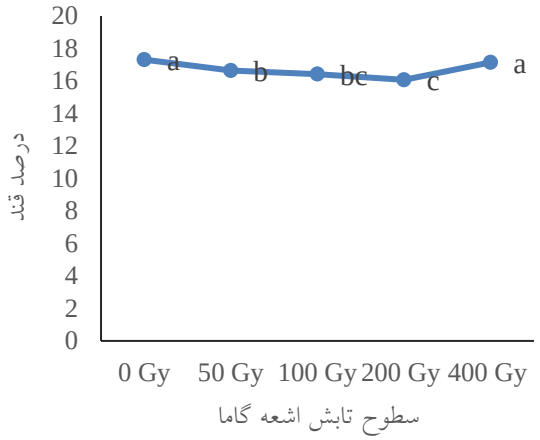
البته در شرایط شوری رقم آنتک میانگین عملکرد ریشه بالاتری (٤٧/٧ تن در هکتار) را نسبت به سایر ارقام از خود نشان داده است. تنش شوری منجر به کاهش عملکرد ریشه در سه رقم یودورو، آنتک و شریف به مقدار ۳۷/٤ ٪ ، ۳۱/۵ ٪ و ۳۳/٤ ٪ شد (شکل ۱). پرتودهی گاما بر عملکرد ریشه در شرایط آبیاری نرمال تاثیرگذار بوده و در سطوح ۲۰۰ و ۱۰۰ گری بالاترین میانگین عملکرد را به میزان ۷٦ و ۷۳/۵ تن در هکتار ارائه دادند، ولی در شرایط شوری تفاوت معنی‌داری بین سطوح مختلف تابش در میزان عملکرد ریشه مشاهده نشد (شکل ۲) دوزهای بالاتر تابش

جدول ٤. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی چغندرقند پاییزه

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد بولت	عملکرد ریشه	درصد قند	عملکرد قند	عملکرد شکر سفید	سدیم	پتاسیم	نیتروژن مضره	ضریب قلیاییت	درصد قند ملاس
تنش شوری	١	٤٠٣**	٢٥١٩٦**	٥٠٤**	١٧٨**	١٧٨**	٤/٢٥**	٨٢/٢**	٢٧/٠**	٦/٢٦**	١٣٦**
خطای کرت اصلی	٤	١٧/٣	٣٤/٧	٠/٩٩	٠/٧٠	٠/٦٥	٠/٠١	٢/٠٧	٠/١٠	٠/٠١	١/٢٢
رقم	٢	٢٤٦٥٤**	١٠٤٣**	٣١/٧**	٦١/٠**	٦٩/١**	٠/١٢**	٢٣/٦**	٠/٥٤	٠/٢١**	١٣/٧**
پرتودهی گاما	٤	١/٢٦	٧٠٤**	٩/٣**	٦/٤٢**	٠/٥٠	٠/١**	١/٥٦	١/٦٨**	٠/٠١	٣/١١**
رقم* شوری	٢	٥/١٤	٢٠٧**	٣/٤٤*	٤/٤٥**	٣/٩٣**	٠/١٠**	٤/٣٧*	١/٤٤**	٠/٠٩**	٧/٠٩**
پرتودهی گاما* شوری	٤	٣/٤١	٨٥/٨**	٠/٤٢	٠/٧٥	١/٠٤	٠/٠٢	١/٥٣	١/٠٣**	٠/٠٥*	٠/٨٠
پرتودهی گاما* رقم	٨	١/٥٨	٢٤/٣	١/٧٩	٠/٤٤	٠/٦٥	٠/٠١	١/٨٣	٠/٢٥	٠/٠٢	٠/٩١
پرتودهی گاما* رقم* شوری	٨	٧/٦٢	٢١/٦	١/١٢	٠/٥٦	٠/٥٩	٠/٠٢	٣/١٧*	٠/٢٦	٠/٠٣	٠/١
خطا	١١٢	٧/٥٠	٢٠/٦	١/٠٨	٠/٤٩	٠/٥٤	٠/٠٢	١/٣٨	٠/٢٥	٠/٠١٧	٠/٥٨
ضریب تغییرات	–	١٠/٨	٧/٩٢	٦/٢٣	٧/٥٦	١٠/٥	١٩/٣	٢٣/٥	٢٥/٩	١٨/١	٢١/٦



شکل ۳. مقایسه تغییرات درصد قند تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و رقم. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل ٤ . مقایسه تغییرات عملکرد ریشه تحت سطوح مختلف تابش اشعه گاما. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ ٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

گاما می‌تواند عامل بازدارنده‌ای برای جوانه‌زنی بذر و رشد گیاه باشد (۲۲)، درحالی‌که دوزهای پایین‌تر می‌تواند محرک باشد. دوزهای پایین پرتوهای گاما برای افزایش تکثیر سلولی، جوانه‌زنی، رشد سلول، فعالیت آنزیم، مقاومت به تنش و عملکرد محصول گزارش شده است (٤، ٦، ۱۷ و ۲۰).

درصد (عیار) قند

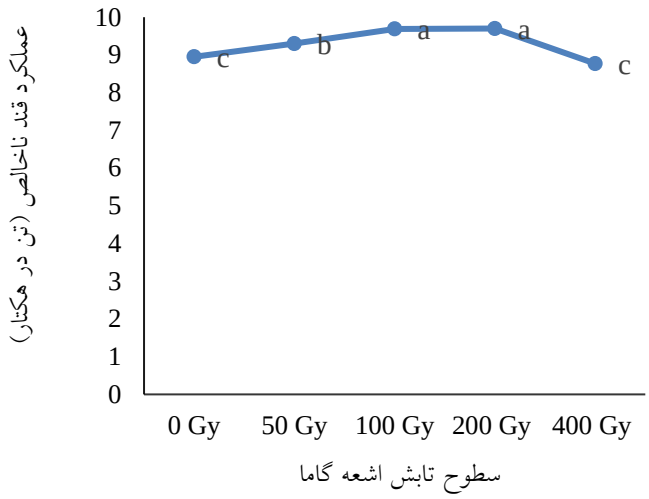
درصد قند تحت تأثیر هر سه تیمار قرار گرفت (جدول ٤). تنش شوری در هر سه رقم منجر به افزایش درصد قند شده است و بیشترین درصد قند در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش شوری در رقم یودورو (۱۵/٤ ٪ و ۱۹/۱ ٪) و کمترین آن در رقم شریف (۱٤/۵ ٪ و ۱۷/۳ ٪) حاصل شده است (شکل ۳). تنش شوری منجر به افزایش درصد قند در سه رقم یودورو، آنتک و شریف به میزان ۲۳/٦ ٪ ، ۲۳/۷ ٪ و ۱۹/۳ ٪ شد. استراتژی‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در مواجهه با تنش شوری در گیاهان یافت شده‌است، از جمله جذب انتخابی و انتقال یون‌های نمک، بخش‌بندی یون‌های نمک، تنظیم اسمزی و افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را می‌توان نام برد (۲۹ و ۳۲). در چنین شرایطی، گیاهان نسبت به تجمع املاح آلی مختلفی مانند گلیسین بتائین، پرولین، اسیدهای آمینه آزاد، اسیدهای آلی و قندهای محلول یا مشتقات آنها اقدام می‌نمایند تا آماس (فشار ترگر) سلول‌ها را حفظ کنند (۱۳). این املاح آلی نقش مهمی در فرآیند فیزیولوژیکی گیاهان زراعی ایفا می‌کنند، به‌عنوان مثال در شرایط تنش شوری بالا، عملکرد قندهای محلول در حفظ یکپارچگی غشای سلولی به‌خوبی شناخته شده است (۳٦).

پرتودهی گاما نیز بر صفت درصد قند تأثیرگذار بوده و بین نتایج در سطح احتمال ۱ ٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. بر این اساس پرتودهی گاما در سطح ۲۰۰ گری منجر به کمترین درصد قند (۱٦/۱ ٪) و عدم پرتو دهی (شاهد) و همچنین پرتودهی در سطح ٤۰۰ گری حائز بیشترین درصد قند (۱۷/۳ ٪ و ۱۷/۱ ٪) شدند (شکل ٤).

عملکرد قند ناخالص

عملکرد قند ناخالص تحت تأثیر کلیه تیمارها قرار گرفت (جدول ٤). فیضی و همکاران (۱۲) نشان دادند که با افزایش شوری آب به میزان ۸/۱ و ۱۲/۳ دسی‌زیمنس بر متر ، عملکرد قند سفید در چغندرقند هیبرید P.29*MSC2 ۷۲۳۳، به‌ترتیب به میزان ٦/۷ ٪ و ۱۰ ٪ کاهش یافت. در هر سه رقم تحت آزمایش

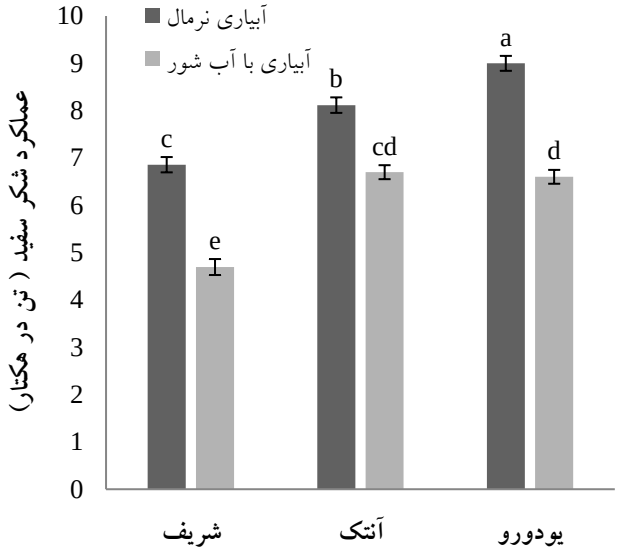
شکل ۵. مقایسه تغییرات عملکرد قند ناخالص تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و رقم. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل ٦. مقایسه تغییرات عملکرد قند ناخالص تحت سطوح مختلف تابش اشعه گاما. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

با اعمال تنش شوری عملکرد قند ناخالص تا حدود ۲۰ ٪ کاهش یافت. در هر دو تیمار آبیاری نرمال و تنش شوری رقم یودورو دارای بالاترین و رقم شریف پایین‌ترین عملکرد قند ناخالص شدند. تنش شوری منجر به کاهش عملکرد قند ناخالص در سه رقم یودورو، آنتک و شریف به مقدار ۲۲/۸ ٪ ، ۱٤/۸ ٪ و ۲۰/۲ ٪ شد (شکل ۵). بدین ترتیب مشاهده شد که رقم آنتک نسبت به سایر ارقام با کاهش عملکرد کمتری مواجه شده است که این موضوع به تحمل بیشتر این رقم نسبت به شرایط تنش شوری اشاره دارد.

با توجه به جدول ٤ پرتودهی گاما در سطوح مختلف بر عملکرد ناخالص قند نیز تأثیرگذار بوده و نتایج در سطح احتمال ۱ ٪ دارای اختلاف معنی‌دار بود. پرتودهی اشعه گاما در سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ گری بالاترین عملکرد قند ناخالص (۱۰/۳ و ۱۰/۱ تن در هکتار) را نسبت به سایر سطوح حاصل نمود (شکل ٦).



شکل ۷. مقایسه تغییرات عملکرد شکر سفید تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و ارقام چغندرقند پاییزه. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

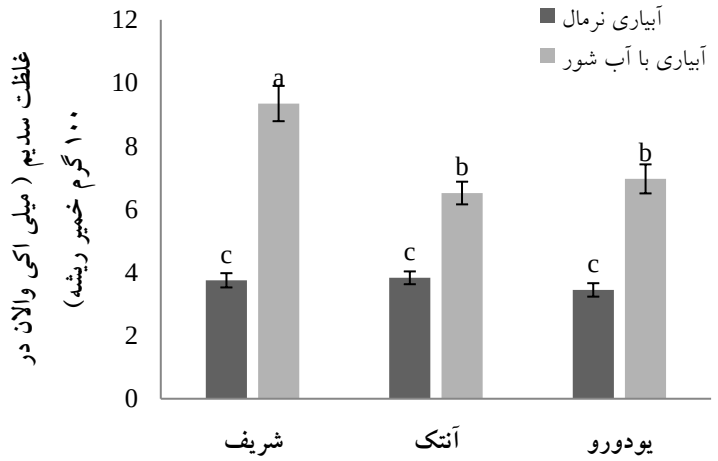
عملکرد شکر سفید

عملکرد شکر سفید تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری و رقم قرار گرفت. پرتودهی اشعه گاما بر عملکرد شکر سفید تأثیر گذار نبود، ولی اثر برهم‌کنش شوری و رقم این صفت را تحت تأثیر قرار داد (جدول ٤). خیامیم و همکاران (۱۹) نشان دادند که تنش شوری در سطح $EC= 16\ dS\ m^{-1}$ باعث کاهش ٢٤ ٪ عملکرد شکر سفید شد.

تنش شوری در هر سه رقم منجر به کاهش عملکرد شکر سفید شد و رقم یودور تحت تاثیر هر دو تیمار بیشترین و رقم شریف کمترین عملکرد شکر سفید را حاصل نمودند. نکته قابل توجه عملکرد رقم آنتک در شرایط تنش شوری بود که به نسبت شرایط نرمال با کاهش کمتری مواجه شد (شکل ۷). تنش شوری منجر به کاهش عملکرد شکر سفید در سه رقم یودورو، آنتک و شریف به میزان ٢٦/٧ ٪ ، ١٧/٥ ٪ و ٣١/٥ ٪ شد. با توجه به نتایج مورد اشاره رقم آنتک با کاهش عملکرد کمتری نسبت به ارقام دیگر مواجه شد که حاکی از تحمل بیشتر این رقم به تنش شوری بود.

سدیم

با توجه به جدول ٤، تنش شوری و ارقام مختلف میزان سدیم موجود در ریشه را تحت تأثیر خود قرار دادند. اثر برهم‌کنش شوری و رقم بر میزان سدیم ریشه در سطح احتمال ۱ ٪ معنی‌دار بود. چغندر قند دارای خواص تطبیقی مانند تنظیم اسمزی، تجمع پرولین، گلیسین بتائین و پراکسیداسیون لیپیدی و غیره است که در چنین شرایطی به بقای گیاه و ارتقای بهره‌وری آن کمک می‌کند (۲۷). گیسلر و همکاران (١٤) معتقدند که چغندرقند تنظیم اسمزی را با تجمع یون ها انجام می‌دهد. تحت تنش شوری، مقادیر زیادی از یون‌های غیر آلی تجمع یافته در سلول‌های گیاهی منتقل و در واکوئل ذخیره می‌شوند، که جذب آب و اجتناب از مسمومیت یونی را ممکن می‌سازند(۳۳). غلظت سدیم ریشه در هر سه رقم در شرایط آبیاری نرمال تقریبا یکسان بود که با اعمال تنش شوری این میزان در هر سه رقم افزایش یافت، اما این میزان افزایش در دو رقم یودورو و آنتک ۲ و ۱/۷ برابر و در رقم شریف ۲/۵ برابر بود. با توجه به تحمل به شوری بیشتر دو رقم آنتک و یودورو نسبت به شریف (با توجه به کلیه نتایج کلیه صفات مرتبط اندازه‌گیری شده در شکل های ۱، ۳، ، ۷ و ۸) نشان از تنظیم



شکل ۸. مقایسه تغییرات غلظت سدیم تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و ارقام چغندرقند پاییزه. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ ٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

اسمزی بهینه و اجتناب از جذب بیش از حد و مسمومیت یونی سدیم در این دو رقم نسبت به رقم شریف دارند (شکل ۸). گیاهان زراعی کشت شده در شرایط تنش شوری نه تنها واکنش‌های متفاوتی را بروز می‌دهند، بلکه حتی رفتار آنها در مقابله با این شرایط متفاوت است. این تنوع نه تنها از یک گونه به گونه دیگر بلکه از یک ژنوتیپ به ژنوتیپ دیگر نیز متفاوت است (۲۸).

پتاسیم

با توجه به جدول ٤، تنش شوری و ارقام مختلف چغندرقند ، میزان پتاسیم موجود در ریشه را تحت تأثیر خود قرار دادند و با توجه به جدول ۵ تنش شوری و تابش گاما در سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ گری در رقم شریف منجر به افزایش غلظت پتاسیم شد، اما در ارقام آنتک و یودورو تغییرات زیادی مشاهده نشد. یکی از دلایل تحمل به شوری در چغندرقند، تجمع یون های سدیم و پتاسیم در ناحیه واکوئلی و سیتوپلاسمی سلول‌ها است که در تنظیم اسمزی تحت چنین شرایطی در این محصول نقش دارد (۱۵ و ۳۵). فلاور و کولمر (۱۳) نشان دادند که تاب‌آوری ایجاد شده در هالوفیت‌ها به‌دلیل مکانیسم کنترل شده جذب یون‌ها، تقسیم سلولی یون‌ها و تولید املاح آلی است. تحقیقات نشان دادند که در شرایط تنش شوری یکی از عوامل اصلی تحمل به شوری، توان گزینشی گیاهان برای پتاسیم و کلسیم است و گیاهانی که در شرایط تنش شوری از نسبت پتاسیم یا کلسیم به سدیم بیشتری برخوردارند معمولا شرایط تنش را بهتر تحمل می کنند (۷ و ۳۱).

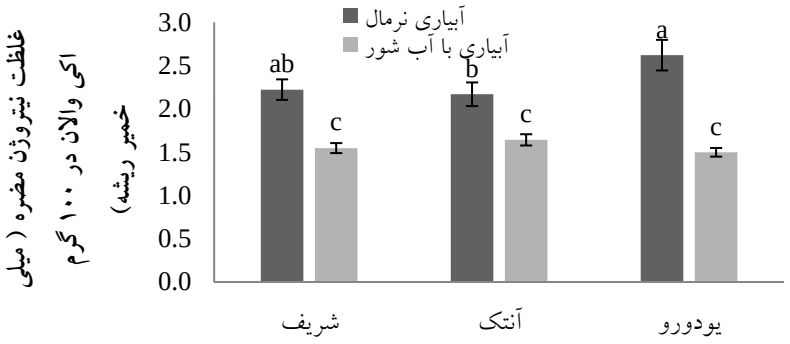
نیتروژن مضره

طبق جدول ٤ میزان نیتروژن مضره تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفت و نتایج حاصله در سطح احتمال ۱ ٪ دارای اختلاف معنی‌دار بودند. کاهش جذب نیتروژن در شرایط شوری از عوامل مهم کاهش رشد گیاه است. بسیاری این موضوع را به اثر آنتاگونیسمی یون کلرید با جذب نیترات نسبت می‌دهند. درصورتی‌که عده‌ای دیگر علت آن را به کاهش جذب آب در شرایط شور می‌دانند (۲٦). با توجه سوابق پژوهشی ماشف و همکاران (۲۵) گیاهان تیمار شده با گاما افزایش معنی‌داری در میزان نیتروژن کل نشان دادند. غلظت نیتروژن مضره ریشه در مواجهه با تنش شوری در هر سه رقم مورد آزمایش کاهش یافت. این میزان در شرایط آبیاری نرمال در ارقام یودورو، آنتک و شریف به ترتیب ۲/٦۲، ۲/۱۷ و ۲/۲۲ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه بود و که با اعمال تنش شوری این میزان در هر سه کاهش یافت که بیشترین کاهش غلظت نیتروژن مضره در رقم یودورو (٤۲/۷ ٪) حاصل شد (شکل ۹). همچنین اثر برهم‌کنش تنش شوری و

جدول ۵. مقایسه تغییرات غلظت پتاسیم تحت اثر برهمکنش سه‌گانه تنش شوری و ارقام چغندرقند پاییزه و سطوح پرتوتابی اشعه گاما

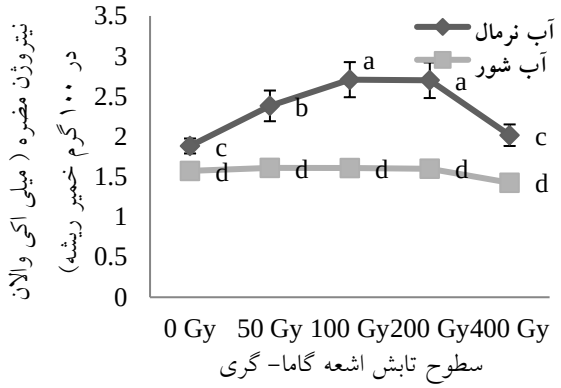
رقم	سطوح تابش اشعه گاما (گری)	غلظت پتاسیم (میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم خمیر ریشه)	
		آب نرمال	آب شور
شریف	۰	۵/۸۳ c	۵/۷۱ c
	۵۰	٤/۲۱ ef	۵/۹۲ c
	۱۰۰	۵/۲۵ cd	۷/٦۷ a
	۲۰۰	٤/٤٤ ef	۷/۷۱ a
	٤۰۰	۳/۹٦ g	٦/٤۸ b
آنتک	۰	٤/٦۲ e	۵/۲۷ cd
	۵۰	۳/٦۵ g	۵/۸۰ c
	۱۰۰	۳/۹۸ g	۵/۲۰ cd
	۲۰۰	٤/۸۱ e	۵/۱۰ d
	٤۰۰	۳/٦۲ g	۵/۱۰ d
یودورو	۰	۳/۵۹ g	۵/۱۰ d
	۵۰	٤/۳۸ ef	۵/۳۰ cd
	۱۰۰	٤/۳۵ ef	٤/۵٦ cd
	۲۰۰	۳/۸۰ g	۵/٤٦ cd
	٤۰۰	٤/۳۸ ef	٤/۷٤ e

میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکندر سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

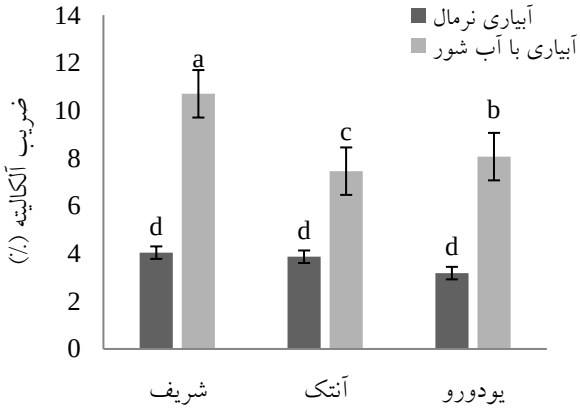


شکل۹ . مقایسه تغییرات غلظت نیتروژن مضره تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و ارقام چغندرقند پاییزه. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

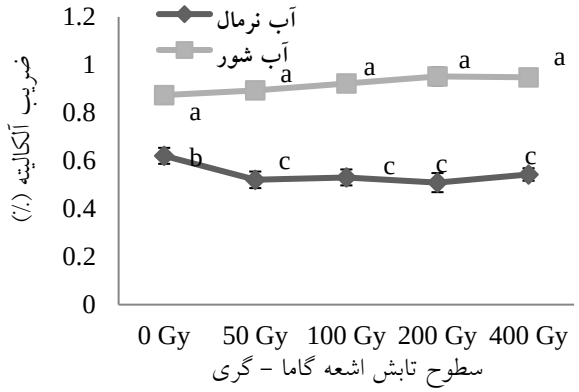
پرتوتابی گاما بر میزان غلظت نیتروژن مضره ریشه در سطح احتمال ۱ ٪ معنی‌دار بود. پرتوتابی گاما در شرایط آبیاری نرمال منجر به افزایش میزان غلظت نیتروژن ریشه شد که بیشترین میزان آن در سطوح ۱۰۰ و ۲۰۰ گری حادث شد، اما در شرایط آبیاری با آب شور اختلاف معنی‌داری بین سطوح تابش گاما بر میزان غلظت نیتروژن ریشه مشاهده نشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. مقایسه تغییرات غلظت نیتروژن مضره تحت اثر برهم-کنش تنش شوری و سطوح مختلف تابش اشعه گاما. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



شکل ۱۱. مقایسه تغییرات آلکالیته تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و ارقام چغندرقند پاییزه. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.



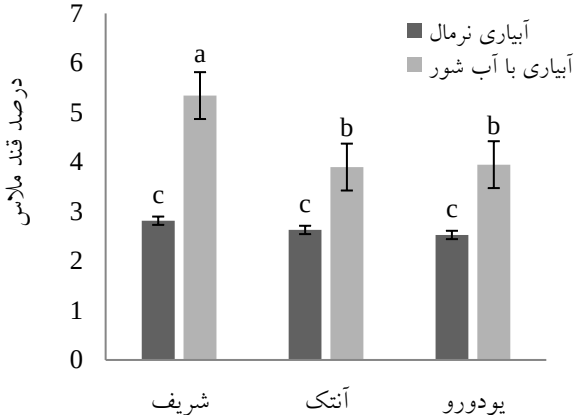
شکل ۱۲. مقایسه تغییرات ضریب قلیائیت تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و سطوح مختلف تابش اشعه گاما. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

ضریب قلیائیت (آلکالیته)

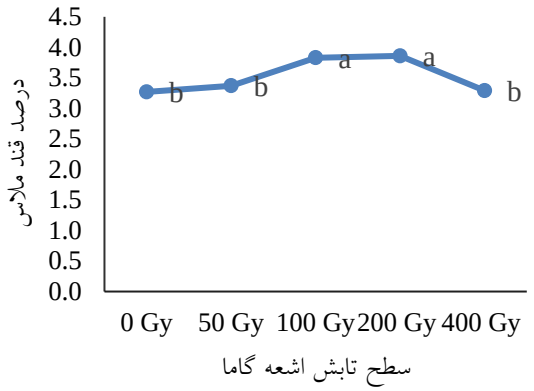
آبیاری با آب شور روی ضریب قلیائیت تأثیرگذار بوده و نتایج حاصله با سطح احتمال ۱ ٪، نسبت به شرایط آبیاری نرمال دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ٤). با اعمال تنش شوری میزان آلکالیته در هر سه رقم افزایش یافت، اما کمترین افزایش در رقم آنتک ۱/۹۲ برابر بیشترین آن در رقم شریف ۲/٦٥ برابر مشاهده شد که نشان‌دهنده تحمل به شوری بالاتر رقم آنتک نسبت به دو رقم دیگر است (شکل ۱۱). شرایط شوری بر جذب نیتروژن بسیار اثرگذار بوده و کاهش جذب نیتروژن در شرایط شوری از عوامل مهم کاهش رشد گیاه است (۲٦). طبق نتایج به‌دست آمده با اعمال تنش شوری میزان سدیم و پتاسیم افزایش یافته و بدین ترتیب افزایش ضریب قلیائیت رخ می‌دهد. پرتوتابی اشعه گاما در شرایط آبیاری نرمال منجر به کاهش ضریب قلیائیت شد، اما در شرایط تنش شوری، پرتوتابی گاما اثر چندانی بر ضریب آلکالیته نداشت (شکل ۱۲).

درصد قند ملاس

طبق جدول ٤ آبیاری با آب شور بر درصد قند ملاس تأثیرگذار بوده و نتایج حاصله در سطح احتمال ۱ ٪ دارای اختلاف معنی



شکل ۱۳. مقایسه تغییرات درصد قند ملاس تحت اثر برهم‌کنش تنش شوری و رقم. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند



شکل ۱٤. مقایسه تغییرات درصد قند ملاس تحت سطوح مختلف تابش اشعه گاما. میانگین‌های دارای حروف مشابه طبق آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

دار بودند. با اعمال تنش شوری هر سه رقم درصد قند ملاس فزایش یافت، لکن بالاترین افزایش قند ملاس در رقم شریف و به میزان ۹۰ ٪ نسبت به آبیاری نرمال مشاهده شد. حال آنکه دو رقم آنتک و یودورو به میزان ٤۸ ٪ و ٥٦ ٪ افزایش یافت (شکل ۱۳).

بنابراین دو رقم آنتک و یودورو در مواجهه با شوری از لحاظ وجود ناخالصی و درصد ملاس، عملکرد بهتری را نسبت به رقم شریف نشان دادند. گیاهان هالوفیت غلظت بالای نمک را با ذخیره ترجیحی آنها در واکوئل‌های سلولی تحمل می‌کنند و بنابراین غلظت سیتوپلاسم خود را پایین می‌آورند. از سوی دیگر، املاح خنثی مانند پرولین، گلیسین بتائین و ساکارز به پتانسیل اسمزی سیتوپلاسم کمک می کنند (۱۰). این موضوع به‌علت تجمع بیشتر عناصر مختلف مثل سدیم، کلر و... در محدوده ریشه و افزایش ناخالصی‌ها در راستای تنظیم اسمزی در مواجهه با تنش شوری حادث شد. غلام و همکاران قابلیت بالای چغندرقند را در رابطه با تنظیم اسمزی از طریق تولید یون‌های معدنی مانند Na^+ (۱٥) و K^+ و یونهای Cl^- به‌عنوان مکانیزم پاسخ به شرایط تنش شوری ارائه نمودند (۲٤). پرتوتابی اشعه گاما میزان درصد قند ملاس را تحت تأثیر قرار داد و نتایج با سطح احتمال ۱ ٪ دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ٤). بیشترین میزان قند ملاس در دو سطح ۱۰۰ و ۲۰۰ گری (۳/۸۳ ٪ و ۳/۸٦ ٪) به‌دست آمد (شکل ۱٤). گیاهان گندم تیمار شده با گاما به‌میزان ۱۰۰ گری افزایش معنی‌داری در پتاسیم، فسفر، سلولز و نیتروژن کل نشان دادند (۲٥). علاوه بر این، اشعه گاما مسئول ایجاد تغییرات مختلف در فیزیولوژی و خواص بیوشیمیایی گیاهان در دوزهای مختلف است و تعادل هورمونی، فعالیت آنزیمی و تبادل برگ را در سطح بالایی برهم می‌زند و باعث تغییر در ویژگی‌های ریشه‌زایی و در ادامه بر جذب کل مواد مغذی مختلف ماکرو و میکرو تأثیر گذاشت (۲۱). لذا افزایش پرتوتابی گاما تا سطح ۲۰۰ گری منجر به افزایش تجمع یون‌ها در ریشه و در ادامه افزایش درصد ملاس شد.

نتیجه‌گیری کلی

تنش شوری در هر سه رقم منجر به کاهش عملکرد شکر سفید شد و تحت تاثیر هر دو تیمار، رقم یودورو بیشترین و رقم شریف کمترین عملکرد شکر سفید را حاصل نمودند. رقم آنتک نسبت به ارقام دیگر با کاهش عملکرد کمتری مواجه شد که حاکی از تحمل بیشتر این رقم به تنش شوری بود. میزان غلظت نیتروژن

مضره ریشه در مواجهه با تنش شوری در هر سه رقم مورد آزمایش کاهش یافت. با اعمال تنش شوری میزان آلکالیته در هر سه رقم افزایش یافت، اما کمترین افزایش در رقم آنتک و بیشترین آن در رقم شریف حادث شد که نشان‌دهنده تحمل به شوری بالاتر رقم آنتک نسبت به دو رقم دیگر است. پرتوتابی اشعه گاما در شرایط آبیاری نرمال منجر به کاهش ضریب قلیائیت شد، اما در شرایط تنش شوری، پرتوتابی گاما اثر چندانی بر ضریب آلکالیته نداشت. تحمل به شوری بیشتر دو رقم آنتک و یودورو نسبت به شریف نشان از تنظیم اسمزی بهینه و اجتناب از جذب بیش از حد و مسمومیت یونی سدیم در این دو رقم نسبت به رقم شریف بود. بنابراین دو رقم آنتک و یودورو در مواجهه با شوری از لحاظ وجود ناخالصی و درصد ملاس، عملکرد بهتری را نسبت به رقم شریف ارائه کردند که این ارقام خصوصا رقم یودورو به‌عنوان رقم برتر توصیه می‌شود. این موضوع به‌علت تجمع بیشتر عناصر مختلف مثل سدیم، کلر و ... در محدوده ریشه و افزایش ناخالصی‌ها در راستای تنظیم اسمزی در مواجهه با تنش شوری حادث شد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندر قند برای تهیه بذر کمال تشکر را داریم.

منابع

1. Akhtar, S. S., M. N. Andersen, M. Naveed, Z. A. Zahir and F. Liu. 2015. Interactive effect of biochar and plant growth-promoting bacterial endophytes on ameliorating salinity stress in maize. *Functional Plant Biology* 42 (8): 770-781.
2. Ardakani, M. and F. Majd. 2009. Nuclear Techniques in Agricultural Sciences. Tehran University Publications, Tehran. (In Fasi).
3. Badr, A., H. I. S. Ahmed, M. Hamouda, M. Halawa and M. A. Elhiti. 2014. Variation in growth, yield and molecular genetic diversity of M2 plants of cowpea following exposure to gamma radiation. Life Science Journal 11(8): 10-19.
4. Baek, M. H., J. H. Kim, B. Chung, J. S. Kim and I. Lee. 2005. Alleviation of salt stress by low dose γ-irradiation in rice. *Biologia Plantarum* 49 (2): 273-276.
5. Brahmi, I., Y. Mabrouk, K. Charaabi, P. Delavault, P. Simier and O. Belhadj. 2014. Induced mutagenesis through gamma radiation in chickpea (*Cicer arietinum* L.): developmental changes and improved resistance to the parasitic weed Orobanche foetida Poir. *International Journal* 2 (11): 670-684.
6. Calabrese, E. J. and R. B. Blain. 2009. Hormesis and plant biology. *Environmental Pollution* 157 (1): 42-48.
7. Cavalcanti, F. R., J. P. M. S. Lima, S. L. Ferreira-Silva, R. A. Viégas and J. A. G. Silveira. 2007. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. *Journal of Plant Physiology* 164 (5): 591-600.
8. Clover, G., H. Smith and K. Jaggard. 1998. The crop under stress. *British Sugar Beet Review* 66: 17-19.
9. Cooke, D. and R. Scott. 1993. The Sugar Beet Crop. Chapman and Hall, Publishers. London.
10. Deinlein, U., A. B. Stephan, T. Horie, W. Luo, G. Xu and J. I. Schroeder. 2014. Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science* 19 (6): 371-379.
11. FAOSTAT, F. 2021. Production and Trade Statistics. In.
12. Feizi, M., J. Fallahzade and P. Noorshargh. 2018. Sugar beet yield response to different levels of saline irrigation water and leaching in an arid region. *Journal of Plant Nutrition* 41 (5): 654-663.
13. Flowers, T. J. and T. D. Colmer. 2008. Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist* 179: 945-963.
14. Geissler, N., S. Hussin and H. W. Koyro. 2009. Interactive effects 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 (2-3): 220-231.
15. Ghoulam, C., A. Foursy and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and experimental Botany* 47 (1): 39-50.
16. Hossain, M. S. and K. J. Dietz. 2016. Tuning of redox regulatory mechanisms, reactive oxygen species and redox homeostasis under salinity stress. *Frontiers in Plant Science* 7: 548.
17. Jan, S., T. Parween and T. Siddiqi. 2012. Effect of gamma radiation on morphological, biochemical, and physiological aspects of plants and plant products. *Environmental Reviews* 20 (1): 17-39.

18. Khan, K., M. Iqbal, A. Azim, B. Ahmad, F. Karim and H. Sher. 2003. Effect of gamma irradiation on yield and yield components of barley (Hordeum vulgare L.) Pakistan Journal of Biological Sciences, 6 (19): 1695-1697.
19. Khayamim, S., R. Tavkol Afshari, S. Sadeghian, K. Poustini, F. Roozbeh and Z. Abbasi. 2014. Seed germination, plant establishment, and yield of sugar beet genotypes under salinity stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 16 (4): 779-790.
20. Kim, J. H., B. Y. Chung, J. S. Kim and S. G. Wi. 2005. Effects ofin planta gamma-irradiation on growth, photosynthesis, and antioxidative capacity of red pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Journal of Plant Biology* 48 (1): 47-56.
21. Kiong, A. L. P., A. G. Lai, S. Hussein and A. R. Harun. 2008. Physiological responses of orthosiphon stamineus plantlets to gamma irradiation. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 2 (2): 135-149.
22. Kumari, R. and Y. Singh. 1996. Effect of gamma rays and EMS on seed germination and plant survival of *Pisum sativum* L. and *Lens culinaris*. *Medicine Neo Botanica* 4 (1): 25-29.
23. Majeed, A., Z. Muhammad, R. Ullah and H. Ali. 2018. Gamma irradiation i: effect on germination and general growth characteristics of plants–a review. *Pakistan Journal of Botany* 50 (6): 2449-2453.
24. Mari, A., I. Rajpar, S. Tunio, and S. Ahmad. 2018. Ions accumulation, proline content and juice quality of sugar beet genotypes as affected by water salinity. JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences 28 (5): 1405-1412.
25. Mashev, N., G. Vassilev and K. Ivanov. 1995. A study of N-allyl N-2 pyridyl thiourea and gamma radiation treatment on growth and quality of peas and wheat. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 21 (4): 56-63.
26. Melgar, J., J. Syvertsen, V. Martínez and F. García-Sánchez. 2008. Leaf gas exchange, water relations, nutrient content and growth in citrus and olive seedlings under salinity. *Biologia Plantarum* 52 (2): 385-390.
27. Misra, V., A. Mall and A. Pathak. 2020. Sugar beet: A Sustainable Crop for Saline Environment. In Agronomic Crops. Springer.
28. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment* 25 (2): 239-250.
29. Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
30. Nepal, S., B. Ojha, A. Meador, S. Gaire and C. Shilpakar. 2014. Effect of gamma rays on germination and photosynthetic pigments of maize (*Zea mays* L.) inbreds. *International Journal of Research* 1 (5): 511-525.
31. Poustini, K. and A. Siosemardeh. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field Crops Research* 85 (2-3): 125-133.
32. Rahman, A., K. Nahar, M. Hasanuzzaman and M. Fujita. 2016. Calcium supplementation improves Na+/K+ ratio, antioxidant defense and glyoxalase systems in salt-stressed rice seedlings. *Frontiers in Plant Science* 7: 609.
33. Roy, S. J., S. Negrão and M. Tester. 2014. Salt resistant crop plants. *Current opinion in Biotechnology* 26: 115-124.
34. Shrivastava, A., A. Sawnani, S. Shukla and S. Solomon. 2013. Unique features of sugarbeet and its comparison with sugarcane. *Souvenir-IISR-industry Interface on Research and Development Initiatives for Sugarbeet in India* 8: 36-39.
35. Subbarao, G. V., R. M. Wheeler, L. H. Levine and G. W. Stutte. 2001. Glycine betaine accumulation, ionic and water relations of red-beet at contrasting levels of sodium supply. Journal of plant physiology 158 (6): 767-776.
36. Tuteja, N. 2007. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. *Methods in Enzymology* 428: 419-438.
37. Wang, Y., P. Stevanato, C. Lv, R. Li and G. Geng. 2019. Comparative physiological and proteomic analysis of two sugar beet genotypes with contrasting salt tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 67 (21): 6056-6073.