

Impacts of Variety and Hydrogel on Selected Production Traits of Sugar Beet

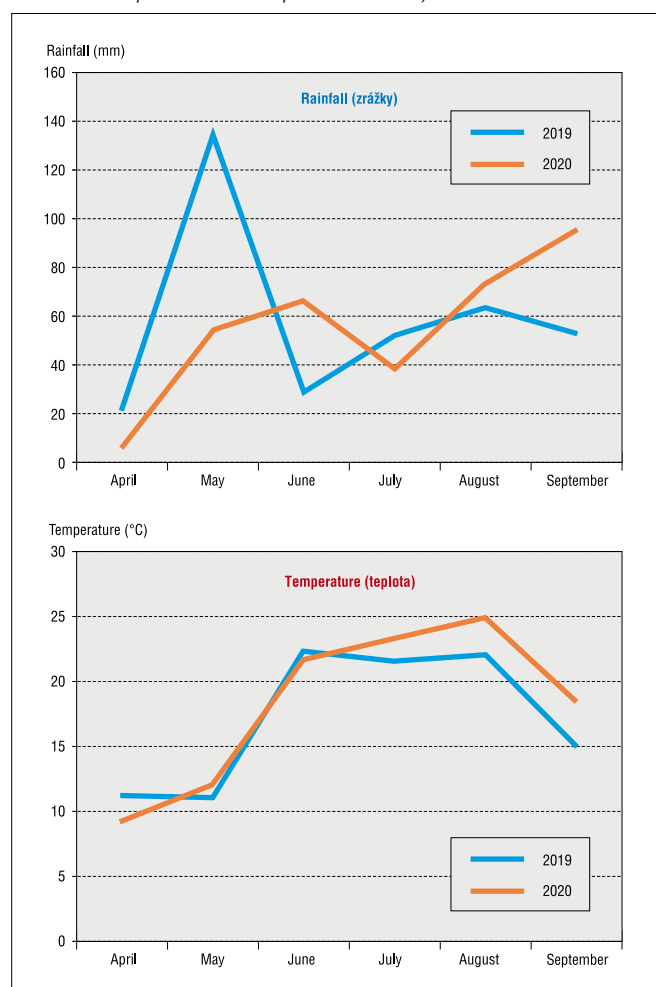
VPLYV ODRODY A HYDROGÉLU NA VYBRANÉ PARAMETRE PRODUKCIE REPY CUKROVEJ

Marek Rašovský, Vladimír Pačuta, Dávid Ernst, Dominika Lenická – Slovak University of Agriculture in Nitra

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is grown in various climate conditions in approximately 50 countries worldwide, especially in Europe and North America. It is grown primarily for its high sucrose content and ethanol production, but beneficial effects on human health have also been reported (1). Sugar beet is a biennial plant, which creates its root during the first year of growth (2), and as VILLALOBOS ET AL. (3) reported, the critical phases of the growth of each crop are seed germination and emergence, which have a considerable impact on the growth success. Drought in

these early phases drastically affects the plant growth and final yield of the sugar beet (4). One option to mitigate the negative impacts of the drought and simultaneously increase the yield and quality of the sugar beet is hydrogel application (5, 6). Hydrogels are typically a type of polymer that captures water and nutrients around the plant root system and gradually releases it in the direction of the plant (7). They act as superabsorbents and aid in maintaining soil fertility by absorbing one thousand grams of water per one gram of polymer (8). In agriculture, hydrogel is applied in the form of soil conditioner (9) or in the form of seed coating (10). Other advantages of the application of these substances include improvements in plant germination and overall plant growth (11), improvement in the physical characteristics of the soil, and a decrease in irrigation requirements (12). Another important factor influencing the production of sugar beets is the availability of varieties that are characterized by high and stable productivity while maintaining the characteristics of sustainability, such as resilience to biotic and abiotic stress and adaptability and resilience to lower input practices (13). Based on the abovementioned, a field experiment was conducted with two sugar beet varieties that were treated with hydrogel prior to sowing, and the results were compared with a control variant.

Fig. 1. Weather conditions during vegetation in sugar beet experiment (Poveternostné podmienky počas vegetácie v experimente s repou cukrovou)



Repa cukrová (*Beta vulgaris* L.) sa pestuje v širokej škále klimatických podmienok a v približne 50 krajinách po celom svete, najmä však v Európe a severnej Amerike. Pestovaná je hlavne kvôli vysokému obsahu sacharózy a produkcii etanolu, známe sú však tiež niektoré priaznivé účinky z pohľadu ľudského zdravia (1). Repa cukrová je dvojročná rastlina, ktorá formuje svoju buľvu počas prvého roka rastu (2), pričom ako uvádzajú VILLALOBOS ET AL. (3), kritickými fázami rastového cyklu každej plodiny sú predovšetkým klíčenie semien a vzhádzanie, ktoré majú výrazný vplyv na úspešné, respektíve neúspešné výsledky pestovania. Sucho pôsobiace v týchto skorých fázach rastu má drastický vplyv na rast rastlín a finálnu úrodu repy cukrovej (4). Jednou z možností ako negovať negatíva sucha a zároveň zvýšiť úrodu a kvalitu repy cukrovej je aplikácia hydrogélů (5, 6). Hydrogély sú zvyčajne typom polyméru, ktorý zadržiava vodu a živiny okolo koreňovej sústavy rastlín a postupne ju uvoľňuje smerom do rastliny (7). Pôsobia ako superabsorbenty a napomáhajú k zachovaniu pôdnej úrodnosti absorpciou tisícich gramov vody na gram polyméru (8). V poľnohospodárstve sa hydrogél aplikuje buď vo forme pôdneho kondicionéru (9), alebo formou obaľovania semien (10). Medzi ďalšie výhody aplikácie týchto látok patrí zlepšenie klíčenia rastlín a celkový rast plodín (11), zlepšenie fyzikálnych vlastností pôdy a zníženie požiadaviek na zavlažovanie (12). Ďalším dôležitým faktorom vplyvujúcim na produkciu repy

Tab. 1. Analysis of variance for sugar beet traits (Analýza rozptylu hodnotených znakov repy cukrovej)

Source of variability (zdroj variability)	Sugar beet traits (vlastnosti repy cukrovej)					
	PSY (Úpc) (t·ha ⁻¹)	WSC (Vbc) (%)	WSY (Úbc) (t·ha ⁻¹)	K ⁺ (mmol·100 g ⁻¹)	Na ⁺ (mmol·100 g ⁻¹)	α-aminoN (mmol·100 g ⁻¹)
	P-values					
Year (rok)	0,1422	0,7365	0,0883	0,0046**	0,0000**	0,0520
Variety (odroda)	0,0043**	0,0904	0,0045**	0,0012**	0,1937	0,0004**
Treatment (ošetrenie)	0,0014**	0,2167	0,0016**	0,0863	0,0532	0,0096**
Y × V × T	0,1338	0,0010**	0,1039	0,0042**	0,0117*	0,7713

* and ** indicate significant difference at $P < 0,05$ and $P < 0,01$, respectively (významný rozdiel pri $P < 0,05$ a $P < 0,01$)

Material and methods

The experiment with sugar beet was conducted in 2019 and 2020 at the experimental station of the Slovak Agricultural University in Nitra. This location is in the corn production area and is characterized by dry and warm weather during the vegetation period of the sugar beet. The weather conditions during the experiment are shown in Fig. 1. Before initializing the experiment, soil samples were collected to determine the content of essential parameters and nutrients for calculating the basic fertilizer amounts. The soil at the location is medium heavy brown with a slightly acidic pH.

Agrotechnical procedures

After pre-crop harvest (*Triticum aestivum* L.), stubble ploughing was conducted in the fall. Subsequently, a mid-depth tillage was used to apply a dose of stable manure (50 t/ha) with phosphorous and potassium fertilizers. In the spring, a nitrogen dose was applied based on the conducted soil sample analysis. The sugar

beet was sown using a 12-row sowing machine with precise seed spacing (0.45×0.18 m) on 2 April 2019 and 28 April 2020. Each variant was sown for 6 m in three iterations. Pest and disease protection was performed length based on the current needs.

Plant material

The experiment was conducted using monogerm varieties of sugar beet (Kosmas and Brian) from the company Strube (Strube D&S GmbH, Söilingen, Germany). The Kosmas variety is a triploid hybrid of transitional normal-sugary type, whereas Brian is a diploid hybrid of sugary type.

Hydrogel characteristics

The seed of the selected varieties was treated using the seed coating technology Aquaholder®Seed (PeWaS, s. r. o., Bratislava, Slovak Republic). This technology is based on superabsorbent polymers, which are able to absorb up to 100 times their weight and subsequently release them to the roots during the dry period.

cukrovej dostupnosť odrôd, ktoré sa vyznačujú vysokou a stabilnou úrodnosťou, ale zároveň disponujú kľúčovými znakmi trvalej udržateľnosti, ako je odolnosť voči biotickým a abiotickým stresom a odolnosť a adaptabilita na nižšie vstupné postupy (13). Na základe vyššie spomenutého bol preto založený poľný experiment s dvoma odrodami repy cukrovej, ktoré boli pred sejbou ošetrené hydrogélom a ich výsledky boli porovnané s kontrolným variantom.

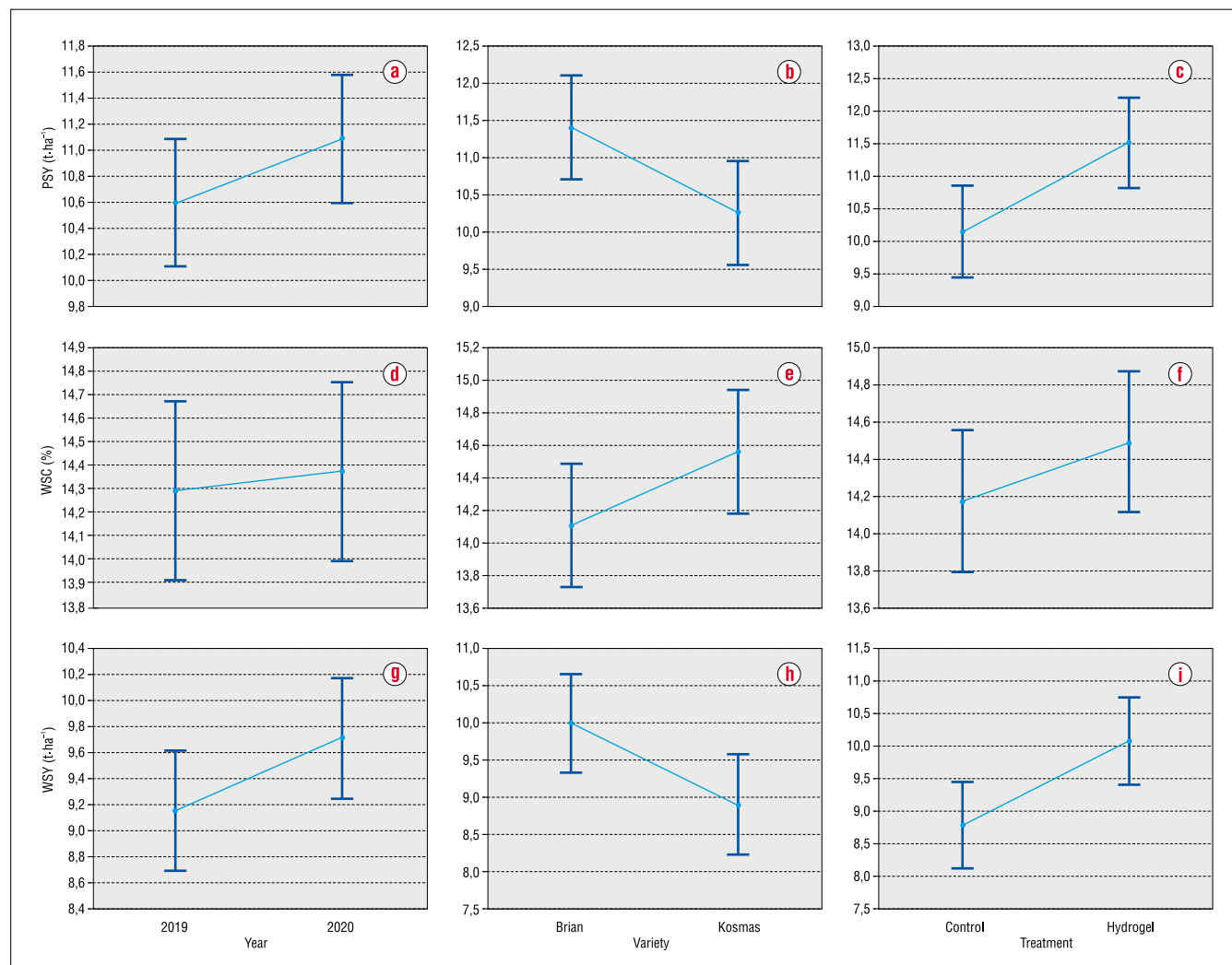
Materiál a metódy

Experimentálna stanica

Experiment s repou cukrovou bol riešený v rokoch 2019 a 2020 na experimentálnej stanici Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Táto lokalita patrí do kukuričnej výrobnéj oblasti a je charakteristická suchým a teplým počasím počas vegetačného obdobia repy cukrovej. Pribeh poveternostných podmienok počas trvania experimentu zobrazuje obr. 1. Pred založením pokusu bol realizovaný odber pôdnych vzoriek na zistenie obsahu dôležitých parametrov a živín pre vypočítanie dávok základného hnojenia. Pôdy na pozemku sú stredne ťažké hnedozeme so slabým kyslým pH.



Fig. 2. Polarized sugar yield (PSY), white sugar content (WSC) and white sugar yield (WSY) under influence of year, variety and treatment; figure was obtained at level of significance $\alpha = 0.05$ (Výťažnosť polarizovaného cukru (PSY), obsah bieleho cukru (WSC) a výťažnosť bieleho cukru (WSY) pod vplyvom ročníka, odrody a ošetrovania; hladina významnosti $\alpha = 0,05$.)



Harvesting and data analysis

The sugar beet was harvested in technological maturity. Two representative rows were harvested from each variant, and the root yield was calculated per hectare. Qualitative parameters, such as sugar content and content of molasses-forming substances, were analyzed using the Venema Auto Analyser IIIG in a sugar refinery. The parameters of polarized sugar yield (PSY), white sugar content (WSC), and white sugar yield (WSY) were calculated as follows:

1. $PSY = 0,01 \times (RY \times SC)$
2. $WSC = SC - [(K^+ + Na^+) \times 0,343 + (0,094 \times \alpha N) + 0,29]$
3. $WSY = 0,01 \times (RY \times WSC)$

(RY = root yield, SC = sugar content)

The statistical analysis of the experiment was performed using the program Statistica 10. The impact of the experimental factors on the monitored sugar beet parameters was evaluated using a multifactor parametric statistical method ANOVA. Subsequently, a post-hoc analysis using a Tukey test was used to determine the within-factor differences at the statistical significance level of 0,05.

Results and discussion

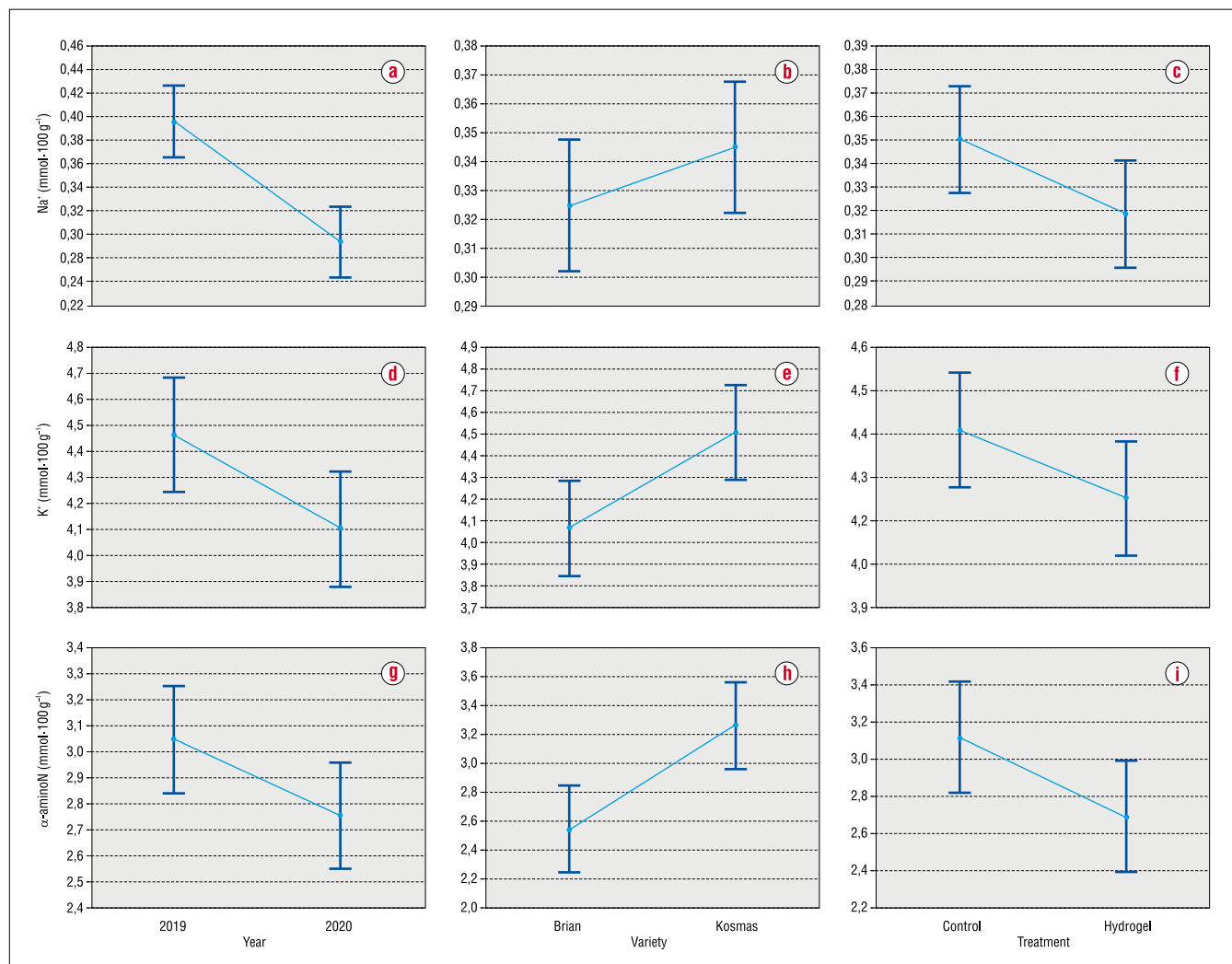
Polarized sugar yield, white sugar content and white sugar yield

The ongoing climate change has a far-reaching impact on plant growth and yield in many regions of the world, including Europe (14). Therefore, it is necessary to determine novel approaches to the cultivation of field crops, including sugar beet. In this study,

Agrotechnické postupy

Po zbere predplodiny (*Triticum aestivum* L.) bola na jeseň vykonaná podmiatka. Následne bola prostredníctvom stredne hlbokkej orby zapravená dávka maštalného hnoja (50 t·ha⁻¹), spolu s fosforečnými a draselnými hnojivami. Na jar bola aplikovaná dávka dusíka na základe vykonaných rozborov pôdy. Sejba repy cukrovej bola realizovaná 12 riadkovou sejačkou s výsevom na presnú vzdialenosť (0,45 × 0,18 m) v termínoch 2 apríl a 28 apríl v 2019 a 2020, respektíve. Každý variant bol vysiaty na vzdialenosť 6 metrov v troch opakovaníach. Ochrana proti chorobám a škodcom bola realizovaná na základe aktuálnych potrieb.

Fig. 3. Sodium content (Na^+), potassium content (K^+) and α -aminonitrogen content (α -aminoN) under influence of year, variety and treatment; figure was obtained at level of significance $\alpha = 0.05$ (Obsah sodíka, draslíka a α -aminoN pod vplyvom ročníka, odrody a ošetrenia; hladina významnosti $\alpha = 0,05$.)



the impact of variety and hydrogel on selected traits of sugar beet was investigated. STEVANATO ET AL. (13) confirmed that to maintain the sustainability of the production of this crop, the availability of varieties that are resistant to biotic and abiotic stress is important. However, the use of hydrogel in agriculture is a novel approach to water management in stress conditions (15). The years in which this experiment was conducted were similar in terms of rainfall and temperature, which was exhibited by the fact that this factor had no significant impact on PSY, WSC, and WSY. By contrast, the

experimental results show that the factors of variety and hydrogel significantly affected the PSY and WSY, whereas there was no significant effect on WSC (Tab. 1.). Despite the abovementioned, the weather conditions of 2020 had a nonsignificant but beneficial impact on the increase in PSY (+4,42%), WSC (+0,63%), and WSY (+5,66%), as shown in Fig. 2.a,d, and g. On average, the Brian variety achieved significantly higher PSY (+10,16%) and WSY (+10,92%) (Fig. 2.b,h). By contrast, the Kosmas variety had a higher WSC, although statistically nonsignificant (Fig. 2.e). This is consistent with the findings of VOGEL ET AL. (16), who found that the WSY value was significantly affected by variety, although the impact of fungicidal treatment and environment was even higher. On hydrogel plots, parameter values of PSY, WSY, and WSC were 11.97%, 12.80%, and 2.14% higher, respectively, compared with the control plots (Fig. 2.c,f,i). However, the difference was significant only for PSY and WSY.

Molasses components content

Adaptation of sugar beet to low water availability includes the accumulation of soluble substances important for the technological quality of the beet (17). The impact of variety and hydrogel

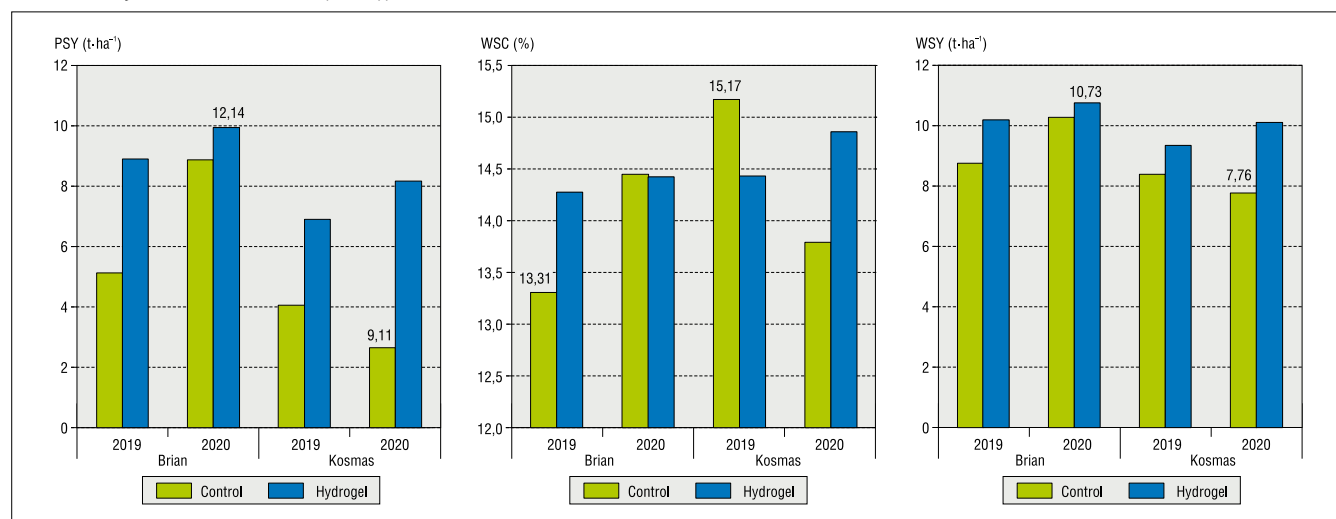
Rastlinný materiál

V experimente boli sledované jednoklíčkové odrody repy cukrovej (Kosmas a Brian) od spoločnosti Strube D&S GmbH, Söllingen, Germany). Odroda Kosmas je triploidným hybridom prechodného normálno-cukornatého typu, zatiaľ čo Brian je diploidný hybrid cukornatého typu.

Vlastnosti hydrogélů

Osivo vybraných odrôd bolo ošetrované technológiou obaľovania semien Aquaholder® Seed (PeWaS, s.r.o., Bratislava). Táto technológia

Fig. 4. Impact of interactions among year, variety and treatment on polarized sugar yield (PSY), white sugar content (WSC) and white sugar yield (WSY) (Vplyv interakcií medzi rokom, odrodou a ošetrovaním na výnos polarizačného cukru (PSY), obsah (WSC) a výnos bieleho cukru (WSY))



under dry conditions on the sodium, potassium, and α -amino nitrogen content was investigated in this experiment. As the results show, weather conditions significantly affected the potassium and sodium content. The variety had a significant effect on the potassium and α -amino nitrogen content, whereas an impact on sodium level in the beet juice was not found. In the case of hydrogel application, a significant effect was found only on the α -amino nitrogen content (Tab. I.). The weather conditions of 2020 had a positive effect on decreasing the molasses-forming component content compared with 2019. Furthermore, in the cases of sodium and potassium, the effect was significant (Fig. 3.a,d). The Brian variety had lower content of all molasses-forming components (Fig. 3.b,e,h), but the significance was confirmed only with potassium (-9,76%) and α -amino nitrogen (-22,09%). HOFFMANN ET AL. (18) reported that the genetic characteristics of the varieties influence not only the root yield but also the quality of the production. The justification of hydrogel application under stress conditions was confirmed by the results of this experiment, as lower values of molasses-forming components were found in the hydrogel-treated group than in the control group (Fig. 3.c,f,i). A significant difference was found only for α -amino nitrogen. The effect of molasses-forming components is primarily in decreasing the WSC because they decrease sucrose solubility and simultaneously prevent it from crystallizing (19), which was also found in this study.

Interactions among the factors

Plant growth and development and, finally, the sugar beet yield are the results of the genetic constitution, effects of the environment, and the interaction between these two factors (20). Furthermore, a hypothesis of this experiment was that in combination with hydrogel, this interaction will have even more beneficial effects. However, this was supported only partially as the significance of the interaction was shown only in the case of the white sugar, sodium, and potassium content (Tab. I.). In the three-way interaction, the highest absolute values of PSY and WSY were found under the weather conditions of 2020 with Brian variety and hydrogel-treated seed (Fig. 4.).

The highest WSC value was found in the 2019 × Kosmas × Control interaction.

When evaluating the effect of the three-way interaction on the content of molasses-forming components, the results were very heterogeneous. The lowest sodium content was found in the 2020 × Kosmas × Hydrogel interaction, whereas the lowest potassium content was found in the 2020 × Brian × Hydrogel interaction and the lowest α -amino nitrogen in the 2019 × Brian × Control interaction (Fig. 5.). As can be seen from Figure 5, the highest variability was found with α -amino nitrogen, which can be due to the accumulation of unused metabolites in the restricted growth of sugar beet (17).

Conclusions

Owing to the ongoing climate change, in particular in drier areas, it is necessary to investigate novel approaches to

je založená na superabsorpčných polyméroch, ktoré sú schopné absorbovať až stonásobok svojej hmotnosti a následne ich v suchom období uvoľniť ku koreňom.

Zber a analýza údajov

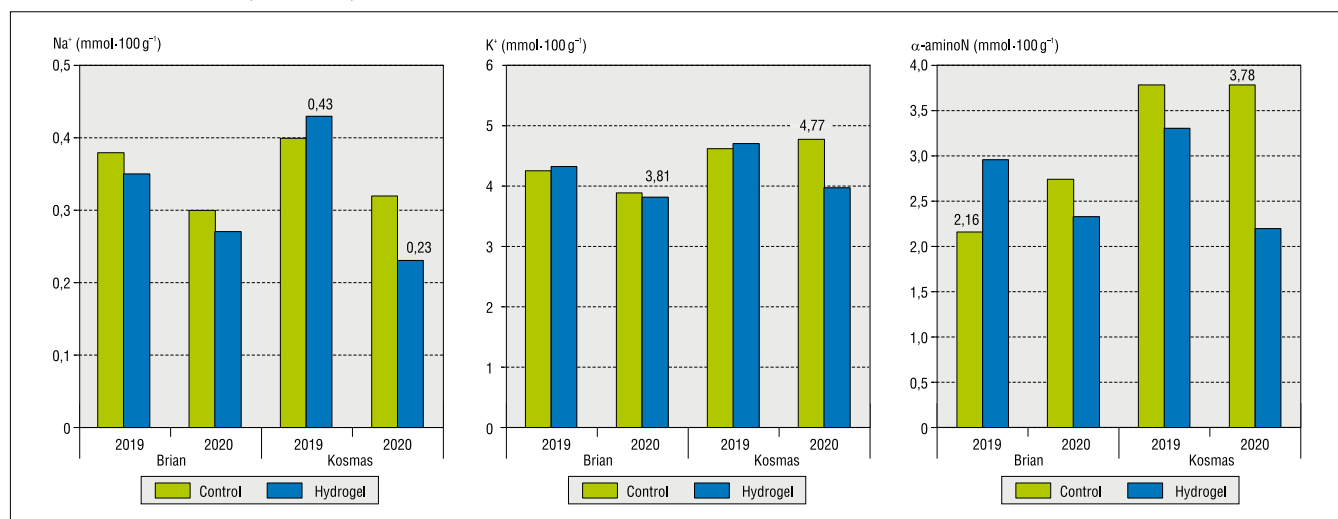
Repa cukrová bola zberaná v technologickej zrelosti. Z každého variantu pokusu boli zbierané dva reprezentatívne riadky a následne bola úroda prepočítaná na hektár. Kvalitatívne parametre, ako cukornatosť a obsah melasotvorných látok, boli analyzované pomocou linky Venema Auto Analyser IIIG v cukrovare. Parametre úroda polarizačného cukru (1), výťažnosť bieleho cukru (2) a úroda bieleho cukru (3) boli vypočítané pomocou vzorcov:

1. $Upc = 0,01 \times (Ub \times Dg)$
2. $Vbc = Dg - [(K^+ + Na^+) \times 0,343 + (0,094 \times \alpha N) + 0,29]$
3. $Ubc = 0,01 \times (Ub \times Vbc)$

(Ub = úroda buliev, Dg = cukornatosť)

Na štatistické vyhodnotenie experimentu bol použitý program Statistica 10. Pomocou viacfaktorovej parametrickej štatistickej

Fig. 5. Impact of interactions among year, variety and treatment on sodium content (Na^+), potassium content (K^+) and α -aminonitrogen content (α -aminoN) (Vplyv interakcií medzi rokom, odrodou a ošetrovaním na obsah sodíka (Na^+), obsah draslíka (K^+) a obsah α -aminodusíka (α -aminoN))



production management of sugar beet with the goal of increasing its tolerance to biotic and abiotic stresses. One such process is the coating of seeds with hydrogel. Furthermore, in combination with suitable genetic material, there is an expectation of increased yield and quality of the crop. The results of this experiment confirmed that hydrogel application had a significant positive impact on PSY, WSY, and α -amino nitrogen content. Moreover, the effect of variety on selected traits was even more pronounced, with significance found in nearly all traits with the exception of white sugar and sodium content. By contrast, the interaction effect of all factors was found in qualitative traits (the content

of white sugar, potassium, and sodium). These results suggest the relevance of similar studies regarding the sustainability of sugar beet production under stress conditions.

This research was funded by European Regional Development Fund via Operational program Integrated infrastructure within the project: Sustainable smart farming system taking into account the future challenges (313011W112).

Výskum bol finančne podporený Fondom európskeho regionálneho rozvoja prostredníctvom Operačného programu integrovanej infraštruktúry pod projektom: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti (313011W112).

Summary

In a temperate climate, sugar beet is the only crop used for sugar production. However, recently, it has become increasingly affected by hot and dry conditions, which are accompanying signs of climate change. Therefore, an experiment was conducted in which hydrogel was applied using the coating method with the primary goal of reducing biotic and abiotic stress. In the experiments conducted in 2019 and 2020, two varieties (Brian and Kosmas) were used, and the impact of these factors on selected production traits of sugar beet was investigated. The results confirmed a significant effect of hydrogel and variety on the polarized sugar yield, white sugar yield, and concentration of α -amino nitrogen in the roots. Furthermore, the variety had a significant effect on the potassium content in the root. Through investigation of three-way interactions, it was found that the variety significantly affected white sugar content and potassium content. An interesting finding was that positive tendencies in most traits were found compared with the control group in an interaction with the hydrogel. Thus, it can be concluded that coating seeds with hydrogel can be considered a suitable tool to achieve sustainability in sugar beet production under stress conditions.

Key words: sugar beet, hydrogel, variety, climate change.

References

1. MIKOLAJCZYK-BATOR ET AL.: Identification of saponins from sugar beet (*Beta vulgaris*) by low and high-resolution HPLC-MS/MS. *Journal of Chromatography B*, 1029–1030, 2016, pp. 36–47, doi: 10.1016/j.jchromb.2016.06.038.

metódy ANOVA bol vyhodnotený vplyv faktorov pokusu na sledované parametre repy cukrovej. Následne využitím post-hoc analýzy Tukey testom boli vyhodnotené rozdiely vo vnútri faktora, na hladine pravdepodobnosti 0,05.

Výsledky a diskusia

Výnos polarizačného cukru, obsah a výťažnosť bieleho cukru

Prebiehajúca zmena klímy má ďalekosiahly vplyv na vývoj plodín a úrody v mnohých regiónoch sveta, vrátane Európy (14). Z tohto dôvodu je nevyhnutné hľadať nové prístupy v pestovaní poľných plodín, vrátane repy cukrovej. V tejto štúdii bol sledovaný vplyv odrôd a hydrogélu na vybrané parametre repy cukrovej. STEVANATO ET AL. (13) potvrdili, že pre zachovanie udržateľnosti produkcie tejto plodiny je bezpochyby dôležitá dostupnosť takých odrôd, ktoré disponujú odolnosťou voči biotickým a abiotickým stresom. Na druhej strane, použitie hydrogélu v poľnohospodárstve patrí medzi nové prístupy vo vzťahu k vodnému manažmentu v stresových podmienkach (15). Roky, v ktorých bol realizovaný tento výskum boli z pohľadu zrážok a teplôt podobné, čo sa prejavilo na tom, že vplyv tohto faktora na Upc, Vbc a Ubc nebol preukazný. Z výsledkov experimentu je naopak jasné, že faktory odrôd a hydrogél mali preukazný vplyv na výsledky úrody polarizačného cukru a úrody bieleho cukru, zatiaľ čo preukaznosť vplyvu na výsledky obsahu bieleho cukru zistená nebola (tab. I.). Aj napriek vyššie spomenutému, poveternostné podmienky roku 2020 mali síce



2. MÄRLÄNDER ET AL.: Dispersal principles of sugar beet from seed to sugar with particular relation to genetically modified varieties. *Journal für Kulturpflanzen*, 63, 2011 (11), pp. 349-373. ISSN: 1867-0911.
3. VILLALOBOS ET AL.: Sowing and Planting. In: Villalobos, Fereres (eds): *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*. Springer Int. Publishing, Cham, 2016, pp. 217-227, doi: 10.1007/978-3-319-46116-8.
4. CHOLUJ ET AL.: Growth and dry matter partitioning in sugar beet plants (*Beta vulgaris* L.) under moderate drought. *Plant Soil Environ.*, 50, 2004, pp. 265-272, doi: 10.17221/4031-PSE.
5. PROŠBA-BIALCZYK ET AL.: Impact of seed stimulation and foliar fertilization with microelements on changes in the chemical composition and productivity of sugar beet. *Journal of Elementology*, 22, 2017, pp. 1525-1535, doi: 10.5601/jelem.2017.22.1.1408.
6. ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R.: PreSowing Seed Treatment—A Shotgun Approach to Improve Germination, Plant Growth, and Crop Yield Under Saline and Non Saline Conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 2005, pp. 223-271, doi: 10.1016/S0065-2113(05)88006-X.
7. ELISSEFF, J.: Structure starts to gel. *Nature Materials*, 7, 2008, pp. 271-273, doi: 10.1038/nmat2147.
8. RUDZINSKI ET AL.: Hydrogels as controlled release devices in agriculture. *Designed Monomers & Polymers*, 5(1), 2002, pp. 39-65, doi: 10.1163/156855502760151580.
9. RITONGA ET AL.: Preparation of Chitosan-EDTA hydrogel as soil conditioner for soybean plant (*Glycine max*). *Groundwater for Sustainable Development*, 9 (100277), 2019, doi: 10.1016/j.gsd.2019.100277.
10. AKHTER ET AL.: Effects of Hydrogel Amendment on Water Storage of Sandy Loam and Loam Soils and Seedling Growth of Barley Wheat and Chickpea. *Plant Soil Environ.*, 50, 2004, pp. 463-469. doi: 10.17221/4059-PSE.
11. YAZDANI ET AL.: Impact of Superabsorbent Polymer on Yield and Growth Analysis of Soybean (*Glycine max* L.) Under Drought Stress Condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10, 2007 (23), pp. 4190-4196, doi: 10.3923/pjbs.2007.4190.4196.
12. BLODGETT ET AL.: Hydrophilic Polymers and Wetting Agents Affect Absorption and Evaporative Water Loss. *HortScience*, 28, 1993 (6), 633-635, doi: 10.21273/HORTSCI.28.6.633.

13. STEVANATO ET AL.: Sustainability of the Sugar Beet Crop. *Sugar Tech*, 2019, doi: 10.1007/s12355-019-00734-9.
14. LAMICHHANE ET AL.: Will climate change affect sugar beet establishment of the 21st century? Insights from a simulation study using a crop emergence model. *Field Crops Research*, 238, 2019, pp. 64-73, doi: 10.1016/j.fcr.2019.04.022.
15. PATRA ET AL.: Prospects of Hydrogels in Agriculture for Enhancing Crop and Water Productivity under Water Deficit Condition. *Int. J. of Polymer Science*, 4914836, 2022, doi: 10.1155/2022/4914836.

nepreukazný, no priaznivejší vplyv na nárast Upc (+4,42 %), Vbc (+0,63 %) a Ubc (+5,66 %), ako uvádza obr. 2.a,d,g. Odroda Brian v priemere pokusu dosiahla preukazne vyššiu úrodu polarizačného cukru (+10,16 %), ako i úrodu bieleho cukru (+10,92 %) (obr. 2.b,h). Odroda Kosmas sa zas vyznačovala vyšším obsahom bieleho cukru, hoci bez preukazného rozdielu (obr. 2.e). Toto je v línii so zisteniami VOGEL ET AL. (16), ktorí zistili, že hodnota Ubc bola preukazne ovplyvnená odrodou, hoci vplyv fungicídneho ošetrovania a prostredia bol ešte vyšší. Na hydrogél boli zistené o 11,97 %, 12,80 % a 2,14 % vyššie hodnoty parametrov Upc, Ubc a Vbc v porovnaní s kontrolou (obr. 2.c,f,i). Avšak preukaznosť rozdielu bola potvrdená iba v prípade PSY a WSY.

Obsah zložiek melasy

Prispôsobenie sa nízkej dostupnosti vody v cukrovej repy zahŕňa akumuláciu rozpustných látok dôležitých pre technickú kvalitu repy (17). V tomto experimente bol pozorovaný vplyv odrody a hydrogél v suchých podmienkach na obsah sodíka, draslíka a α -aminodusíka. Ako ukazujú výsledky, poveternostné podmienky mali preukazný vplyv na obsah draslíka a sodíka. Odroda zas mala preukazný vplyv na obsah draslíka a α -aminodusíka, zatiaľ čo vplyv na obsah sodíka v repnej šťave zistený nebol. V prípade aplikovaného hydrogél bola preukaznosť vplyvu dokázaná iba na obsah α -aminodusíka (tab. I.). Poveternostné podmienky ročníka 2020 sa pozitívne prejavili na zníženom obsahu melasotvorných prvkov v porovnaní s ročníkom 2019. V prípade sodíka a draslíka bol rozdiel dokonca preukazný (obr. 3.a,d). Odroda Brian v rámci pokusu disponovala nižším obsahom všetkých melasotvorných komponentov (obr. 3.b,e,h), hoci preukaznosť bola potvrdená iba v prípade draslíka (-9,76 %) a α -aminodusíka (-22,09 %). HOFFMANN ET AL. (18) skonštatovali, že nie len úroda buliev, ale tiež kvalita produkcie je ovplyvnená okrem iného aj genetickými vlastnosťami odrôd. Opodstatnenosť aplikácie hydrogél v stresových podmienkach bola potvrdená výsledkami tohto experimentu, nakoľko boli získané nižšie hodnoty melasotvorných látok na tomto ošetrovaní v porovnaní s kontrolou (obr. 3.c,f,i). Preukaznosť rozdielu v rámci porovnania oboch ošetrovaní bola dokázaná iba v prípade α -aminodusíka. Účinok melasotvorných komponentov spočíva najmä v znižovaní obsahu bieleho cukru, pretože znižujú rozpustnosť sacharózy a súčasne bránia v jej kryštalizácii (19), čo bolo potvrdené aj v tejto štúdii.

Interakcie medzi faktormi

Rast rastlín, ich vývoj a napokon aj úroda repy cukrovej sú výsledkom genetického zloženia, účinkov životného prostredia a vzájomného pôsobenia týchto dvoch faktorov (20). Navyše, hypotéza tohto experimentu bolo, že v kombinácii s hydrogélom bude mať táto interakcia ešte priaznivejšie účinky. Toto však bolo potvrdené iba čiastočne, nakoľko preukaznosť vplyvu interakcie bola dokázaná iba v prípade obsahu bieleho cukru, sodíka a draslíka (tab. I.). V rámci 3-interakcie bola zistená absolútne najvyššia hodnota úrody polarizačného cukru a úroda bieleho cukru pri poveternostných podmienkach roku 2020, odrody Brian s hydrogélom ošetrovaným osivom (obr. 4.). Najvyššiu hodnotu obsahu bieleho cukru zas

16. VOGEL ET AL.: New Generation of Resistant Sugar Beet Varieties for Advanced Integrated Management of Cercospora Leaf Spot in Central Europe. *Frontiers in Plant Science*, 9:222, 2018, doi: 10.3389/fpls.2018.00222.
17. BLOCH ET AL.: Solute Accumulation as a Cause for Quality Losses in Sugar Beet Submitted to Continuous and Temporary Drought Stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192, 2006 (1), pp. 17–24, doi: 10.1111/j.1439-037X.2006.00185.x.
18. HOFFMANN ET AL.: Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. *European Journal of Agronomy*, 30, 2009, pp. 17–26, doi: 10.1016/j.eja.2008.06.004.
19. SCHNEIDER ET AL.: Auswirkung der Nichtzuckerstoffe der Rube, insbesondere auf die Melassebildung. *Teill. Zucker*, 14, 1961, pp. 208–212.
20. CURCIC ET AL.: Effect of Sugar Beet Genotype, Planting and Harvesting Dates and Their Interaction on Sugar Yield. *Front. Plant Sci.*, 9, 2018 (1041), doi: 10.3389/fpls.2018.01041.

dosiahla interakcie 2019 × Kosmas × kontrola. Pri hodnotení vplyvu 3-interakcie na obsah melasotvorných látok bola pozorovaná najvýraznejšia heterogenita. Najnižší obsah sodíka bol zistený v interakcii 2020 × Kosmas × Hydrogél, zatiaľ čo najnižší obsah draslíka bol zistený v interakcii 2020 × Brian × Hydrogél a pri obsahu α -aminodusíka to bolo v rámci interakcie 2019 × Brian × kontrola (obr. 5.). Pri pohľade na obr. 5. však možno konštatovať, že najväčšia variabilita bola pozorovaná pri α -aminodusíku, za čo môže podľa BLOCH ET AL. (17) akumulácia nevyužitých metabolitov pri obmedzenom raste repy cukrovej.

Záver

Z dôvodu prebiehajúcich klimatických zmien, špeciálne však v suchších oblastiach, je nevyhnutné skúmať nové prístupy v manažmente pestovania repy cukrovej, s cieľom zvýšiť toleranciu voči biotickým a abiotickým stresom. Jedným z takýchto je obaľovanie osiva hydrogélom. Navyše, v kombinácii s vhodným genetickým materiálom vzniká predpoklad pre zvýšenie úrody a kvality tejto plodiny. Výsledky tohto experimentu potvrdili, že aplikácia hydrogélu mala pozitívny a preukazný vplyv na úrodu polarizačného cukru, úrodu bieleho cukru a obsah α -aminodusíka. Navyše, vplyv odrody na vybrané parametre bol ešte výraznejší, preukaznosť vplyvu bola dokázaná takmer vo všetkých znakoch, s výnimkou obsahu bieleho cukru a obsahu sodíka. Vplyv interakcie všetkých faktorov bol naopak dokázaný prevažne pri kvalitatívnych znakoch

(obsah bieleho cukru, draslíka a sodíka). Tieto výsledky naznačujú relevantnosť podobných výskumov vo vzťahu k udržateľnosti produkcie repy cukrovej v stresových podmienkach.

Súhrn

Repa cukrová je v oblasti mierneho pásma jedinou plodinou určenou na výrobu cukru. V posledných rokoch však omnoho viac v porovnaní s minulosťou na jej pestovanie vplyva sucho a teplo, ktoré sú sprievodnými znakmi klimatickej zmeny. Z tohto dôvodu bol založený experiment s aplikáciou hydrogélu pomocou metódy obaľovania osiva, ktorej primárnym cieľom je zmierniť biotický a abiotický stres. V experimente z rokov 2019 a 2020 boli použité dve odrody (Brian a Kosmas) a skúmaný bol vplyv týchto faktorov na vybrané produkčné parametre repy cukrovej. Výsledky potvrdili preukazný vplyv ($P < 0,5$) hydrogélu a odrody na úrodu polarizačného cukru (PSY), úrodu bieleho cukru (WSY), ako i koncentráciu α -aminodusíka v koreni. Navyše odroda mala preukazný vplyv ($P < 0,5$) aj na obsah draslíka v koreni. Zo skúmania 3-interakcie bolo zistené, že mala preukazný vplyv ($P < 0,5$) na obsah bieleho cukru (WSC) a obsah draslíka. Zaujímavým zistením však bolo, že v interakcii s hydrogélom boli zaznamenané pozitívne tendencie v porovnaní s kontrolou pri väčšine znakov. Preto možno konštatovať, že obaľovanie osiva hydrogélom možno považovať za vhodný nástroj k dosiahnutiu udržateľnosti pestovania repy cukrovej v stresových podmienkach.

Kľúčové slová: repa cukrová, hydrogel, odroda, klimatická zmena.

Kontaktná adresa – Contact adress:

Ing. Marek Rašovský, PhD., Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Agrobiological and Food Resources, Department of Crop Production and Grassland Ecosystems, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovakia, e-mail: marek.rasovsky@uniag.sk

