

Rychlost klíčení a morfometrické ukazatele cukrové řepy v závislosti na teplotě

SUGAR BEET GERMINATION SPEED AND MORPHOMETRIC INDICATORS IN RELATION TO TEMPERATURE

Ivana Varga¹, Antonela Markulj Kulundžić², Nikolina Banović¹, Goran Herman¹, Dario Iljić¹, Manda Antunović¹

¹ University of Josip Juraj Strossmayer, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Osijek, Croatia

² Department of Industrial Plants Breeding and Genetics, Agricultural Institute Osijek, Croatia

Cukrová řepa v Evropě je vedle cukrové třtiny nejdůležitější cukrodárnou plodinou světa. Evropa s téměř 70 % produkce je hlavním světovým producentem řepného cukru, předními pěstiteli v Evropě pak jsou Rusko a Francie (1). Pro úspěšnost produkce cukrové řepy je zvláště nutné dbát na některé přírodní a technologické faktory (2). Mezi přírodní faktory patří klima a půda, zatímco technologické faktory zahrnují střídání plodin, předplodinu, výběr pozemku, zpracování půdy, hnojení a péči o půdu (3–7). Na velmi úrodných půdách s asi 2–4 % humusu, s dobrou strukturou, provzdušněním a vláhovými podmínkami, s hlubokou ornicí a neutrální až slabě kyselou půdní reakcí, kde je pH 6,8–7,2, lze dosáhnout uspokojivého výnosu této plodiny, především jejího kořene (8–11).

Na klíčení cukrové řepy má podstatný vliv teplota. Klíčením se rozumí schopnost semene vzejít a za vhodných podmínek se vyvinout v rostlinu. Cukrová řepa je rostlinou, která preferuje mírně chladnější klima, avšak extrémně nízké nebo vysoké teploty mohou negativně ovlivnit klíčení jejich semen a růst mladých rostlin. Optimální teplota pro klíčení semen cukrovky je 15–25 °C (12). V tomto teplotním intervalu budou semena řepy klíčit rychleji a vyvinou se zdravé a silné rostliny.

Inhibice klíčení v důsledku extrémně nízkých teplot, zejména pod 5 °C, může zpomalit nebo dokonce zastavit proces klíčení. Semeno se může stát dormantním, tj. odpočívajícím, místo aby se aktivně vyvíjelo v rostlinu. Nízké teploty mohou poškodit embryo v semeni a vést ke snížení vitality a klíčivosti, poškozená embryo se nebudou správně vyvíjet. Vzházejí-li mladé rostliny z půdy v chladných podmínkách, mohou být citlivé na mraz a nízké teploty na povrchu půdy, což může vést k jejich poškození nebo dokonce k vymrznutí.

Vysoké teploty pak mohou semena vysušit a zabránit normálnímu procesu přijímání vody potřebné pro klíčení. Sušením semene se snižuje jeho vitalita a klíčivost. K tepelnému stresu může dojít u mladých rostlin vzešlých nad povrch půdy, budou-li vystaveny vysokým teplotám. To může vést k poškození buněk, špatnému růstu a nakonec vadnutí rostlin (13).

Námi prezentovaný laboratorní pokus byl proveden na řepných rostlinách za kontrolovaných teplotních podmínek. Každý den se zjišťoval počet naklíčených semen, aby se určila rychlost klíčení při různých teplotách. Práce je tak zaměřena na stanovení rychlosti klíčení a morfologických vlastností vzházejících rostlin cukrové řepy při různých teplotách prostředí.

Obr. 1. Klíčení cukrové řepy 8. den při 10 °C



Obr. 2. Normálně vyvinuté řepné rostlinky 14. den při 10 °C



Materiál a metoda

Zkouška klíčivosti cukrové řepy je důležitým krokem při pěstování této rostliny, aby se zajistilo, že semeno má dobrou schopnost klíčit a růst. Klíčivost semen cukrové řepy byla testována při různých teplotách: 5, 10, 15 a 20 °C, pro každou teplotu ve 4 opakováních. V každém opakování bylo na filtrační papír umístěno 100 semen cukrové řepy (odrůdy KWS Indira) (obr. 1.) do nádob obsahujících 35 ml destilované vody. Celkem bylo použito 16 nádob, 4 pro každou testovanou teplotu. Pokus proběhl v provozní laboratoři pro fenotypizaci a vodní stres rostlin na Fakultě agrobiotechnických věd v Osijeku. Každý den byl stanoven počet naklíčených semen pro výpočet průměrné doby klíčení. Energie klíčení (tj. podíl semen ze vzorku, která vyklíčí během daného období) byla stanovena 4. den a rychlost klíčení byla určena každodenním záznamem počtu vyklíčených semen. Celková klíčivost pak byla stanovena po 14 dnech experimentu (obr. 2.).

Průměrná doba klíčení (MGT) byla stanovena na základě počtu vyklíčených semen po 8 dnech (192 h), poté se již počet vyklíčených semen nezvyšoval. Klíčení bylo zaznamenáváno denně od začátku experimentu a bylo považováno za dokončené, byl-li klíček dlouhý 2 mm. Průměrná doba klíčení byla vypočtena dle rovnice (14):

$$MGT = \frac{\sum(n \times d)}{N}$$

kde: n = počet semen vyklíčených každý den,
d = počet dní od začátku setí,
N = celkový počet semen vyklíčených na konci experimentu.

Po měření byly všechny údaje zadány do počítače v programu MS Office – Microsoft Excel, pro statistickou analýzu dat byl použit licencovaný program SAS Enterprise Guide 7.1. Rozdíly mezi průměry jsou uvedeny na úrovni 0,05 a různá písmena označují významné rozdíly.

Výsledky a diskuse

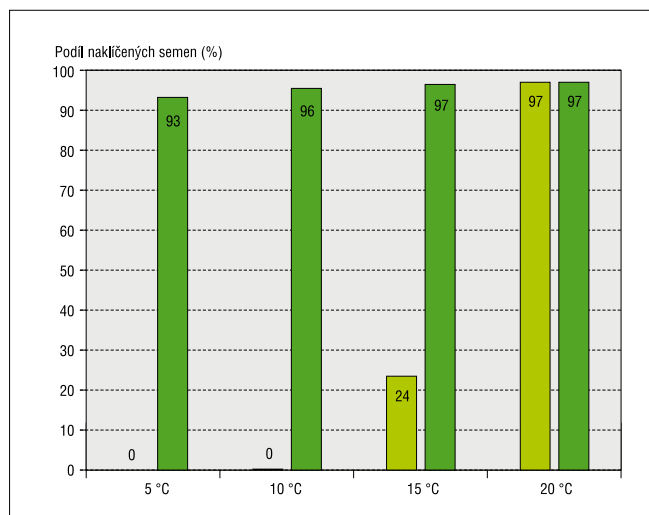
V naší studii byla energie klíčení stanovena 4. den a celková klíčivost po 14 dnech. Při teplotách 5 °C a 10 °C nebyla zjištěna 4. den žádná klíčící semena (obr. 3.), zatímco při teplotě 15 °C byla energie klíčení 24 % a semena při 20 °C měla nejvyšší energii klíčení (97 %). Celková klíčivost byla velmi dobrá, po 14 dnech se pohybovala v rozpětí od 93 % (5 °C) do 97 % (15 °C a 20 °C).

Průměrná doba klíčení v této studii byla 4,0 (tab. I.), nejnižší byla stanovena při spodní teplotě klíčení 5 °C (2,2), zatímco nejvyšší (6,2) byla stanovena při teplotě 20 °C.

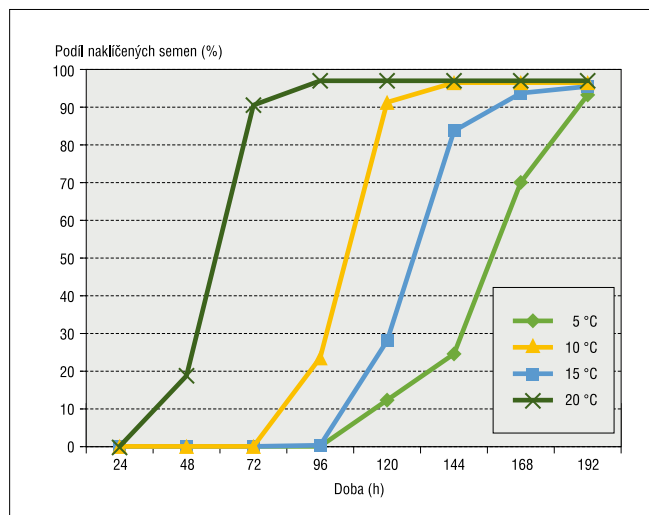
Při teplotě 20 °C semena klíčila nejrychleji (obr. 4.) a po 48 hodinách v průměru vyklíčilo 19 % semen. Při teplotě 5 °C začala semena klíčit 120 h po výsevu a v průměru vyklíčilo 12 % semen, přičemž ve stejné době (120 h po výsevu) bylo dosaženo při teplotě 20 °C maximální klíčivosti – vyklíčilo 97 % semen.

Obecně byl počet normálních a zdravých rostlinek cukrové řepy v této studii ≥ 90 % (obr. 5.). Nejnižší podíl normálně vyvinutých rostlin byl stanoven při teplotě 10 °C, kde činil 90 %. Nejvyšší podíl normálních a zdravých rostlin stanoven při teplotě 20 °C, kde činil 95 %. Průměrný podíl neklíčivých semen cukrové řepy v tomto výzkumu byl pouze 2 %, zatímco průměrný podíl abnormálních semenáčků byl 5 %.

Obr. 3. Energie klíčení (4. den) a celková klíčivost (14. den) cukrové řepy při různé teplotě



Obr. 4. Počet naklíčených semen cukrové řepy v závislosti na teplotě klíčení

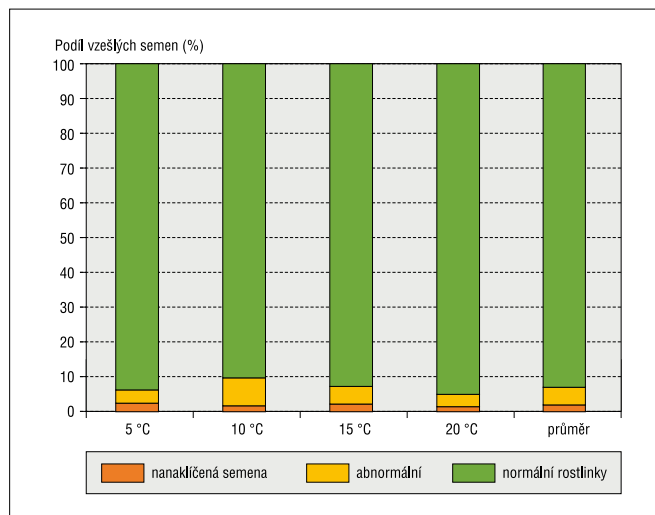


Průměrná délka kořenů vzešlých rostlinek v této studii byla 4,0 cm (tab. II.). Při 5 °C měly rostliny nejkratší kořen (1,7 cm), nejdelší kořen (5,6 cm) byl naměřen u rostlinek vzešlých při teplotě 20 °C. Rozdíly mezi délkou kořene při 15 °C a 20 °C nebyly statisticky významné.

Tab. I. Průměrná doba klíčení (MGT) v závislosti na teplotě

| Teplota (°C) | MGT | Rozdíl |
|--------------|-----|------------------|
| 5 | 2,2 | c |
| 10 | 3,2 | b |
| 15 | 4,3 | a |
| 20 | 6,2 | a |
| Průměr | 4,0 | *LSD 0,05 = 0,31 |

Obr. 5. Podíl nevyklíčených semen, abnormálních a normálně vyvinutých rostlin cukrové řepy



Průměrná délka stonku cukrové řepy v této studii byla 3,5 cm na rostlinu (tab. II.). Při 5 °C měly rostlinky nejmenší délku stonku (1,2 cm) a nejdelší byly naměřeny při 20 °C, i když rozdíly mezi délkou stonku při teplotách 15 °C a 20 °C nebyly statisticky významné.

Průměrná délka rostlin řepy v této studii byla 7,5 cm (tab. II.). Při 5 °C měly nejmenší celkovou délku (2,8 cm) a největší byla naměřena při 20 °C (11,3 cm), i když rozdíly mezi celkovou délkou rostlin při 15 °C a 20 °C nebyly statisticky významné.

Cukrová řepa by se měla vysévat co nejdříve, protože čím později ji zasejeme, tím menší může být úroda. Kalendářně optimální termín pro setí bývá obvykle od půli března do poloviny dubna. Ukazatelem však není pouze kalendář, velkou roli hraje také teplota. Kritickou okolností navíc mohou představovat mrazy pod -4 °C (-6 °C). Semena cukrové řepy začínají klíčit při teplotě půdy 6–8 °C. Pro rovnoměrné a rychlé vzcházení na poli je však potřeba teplota půdy 10–12 °C spolu s přiměřenou půdní vlhkostí, zejména v hloubce setí, tedy 2–3 cm (15).

Optimální teplota půdy pro setí je 6–8 °C, lze je však zahájit při minimální teplotě 5 °C. Dostatečně vlhká půda a vyšší teplota v době setí působí příznivě na klíčení a vzcházení. Výhodou raného výsevu je možnost využití zimní vlhkosti, která má dobrý vliv na snadnější klíčení i vzcházení a omezuje nebezpečí tvorby krusty. Možným rizikem časných setí při silných mrazech je vymrzání

porostu, opoždění nástupu vegetace vede k prodloužení doby klíčení a rašení, což má nejčastěji za následek napadení rostlin cukrové řepy škůdci či chorobami. CHOMONTOWSKI ET AL. (16) uvádějí, že peletování semen může snížit životaschopnost semen i rychlost klíčení, zejména v raných růstových fázích. CUDDY (17) zjistil, že předvhlčení semen cukrové řepy má pozitivní vliv na klíčení v teplotním rozmezí 15, 18, 20 a 30 °C. Pravděpodobně tedy může podpořit klíčení semen a pozitivně ovlivňovat vzcházení na pozemcích, na kterých je v době setí nedostatek vláhy (18). Uvádí se, že klíčení cukrové řepy může rovněž podpořit tepelná stratifikace, tj. vystavení semen před setím nižším teplotám.

Nízké teploty pod 5 °C však mohou klíčení zpomalit. Citlivé na chlad mohou být rovněž mladší rostliny, ty mohou být poškozeny mrazem, což negativně ovlivňuje jejich růst a vývoj. Nepříznivě ovlivnit klíčení a růst cukrové řepy mohou také vysoké teploty nad 30 °C. Horko může vysušit půdu i semena a ztížit mladým rostlinám klíčení a optimální růst (19).

Různé genotypy cukrové řepy mohou mít různé teplotní tolerance. Úspěšnost klíčení lze zlepšit pěstováním odrůd, které jsou přizpůsobeny místním klimatickým podmínkám (20). Kromě toho je třeba vzít v úvahu i další faktory, jako je vlhkost, kvalita půdy a hloubka setí, protože spolu s teplotou ovlivňují konečný úspěch klíčení cukrové řepy.

Závěr

Cílem práce bylo prozkoumat rychlost klíčení a morfologické vlastnosti rostlin cukrové řepy odrůdy KWS Indira při různých teplotách (5, 10, 15 a 20 °C). Energie klíčení v tomto pokusu byla stanovena 4. den, při nízkých teplotách (5, 10 a 15 °C) byla energie klíčení slabá, zatímco při nejvyšší teplotě 20 °C byla 97 %. Celková klíčivost po 14 dnech při všech teplotách byla v rozmezí 93–97 %. Nejnižší průměrná doba klíčení byla stanovena při nejnižší teplotě 5 °C (2,2), zatímco nejvyšší průměrná doba klíčení (6,2) byla stanovena při 20 °C. Při teplotě 20 °C semena klíčila nejrychleji a bylo dosaženo maximální klíčivosti semen 97 %, zatímco při teplotě 5 °C vyklíčilo ve stejném časovém intervalu pouze 12 % z celkového počtu vysetých semen. Rostlinky při teplotě 5 °C měly nejmenší délku kořene 1,7 cm, zatímco nejdelší kořen byl naměřen při teplotě 20 °C (5,7 cm). Obecně lze konstatovat, že ve všech měřených morfometrických parametrech měla vyšší teplota pozitivnější vliv na lepší klíčení semen cukrové řepy než teploty nižší.

Tab. II. Morfometrické parametry klíčící cukrové řepy

| Teplota (°C) | Délka kořene (cm) | Rozdíl mezi variantami | Délka stonku (cm) | Rozdíl mezi variantami | Celková délka rostlin (cm) | Rozdíl mezi variantami |
|--------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|
| 5 | 1,7 | c | 1,2 | c | 2,8 | c |
| 10 | 3,3 | b | 1,7 | b | 4,9 | b |
| 15 | 5,5 | a | 5,6 | a | 11,1 | a |
| 20 | 5,6 | a | 5,7 | a | 11,3 | a |
| Průměr | 4,0 | *LSD 0,05 = 0,22 | 3,5 | *LSD 0,05 = 0,18 | 7,5 | *LSD 0,05 = 0,26 |

* Průměrné hodnoty se stejným písmenem se statisticky významně na úrovni 0,05 neliší.

Souhrn

Cílem práce bylo prozkoumat vliv teploty na morfometrické ukazatele a klíčivost při různých teplotách v laboratorních podmínkách vzduchu 5, 10, 15 a 20 °C. Byly zkoumány různé vlivy teploty na energii klíčení a celkovou klíčivost, průměrnou dobu klíčení, rychlost klíčení, podíl normálních a abnormálních semenáčků, délku kořene, délku stonku a celkovou délku semenáčků cukrové řepy. Energie klíčení a celková klíčivost byla 97 %, průměrná doba klíčení byla 4,0 dny, přičemž klíčivost byla 97 %. Podíl normálně vyvinutých semenáčků byl 95 %, podíl abnormálních semenáčků byl 5 %. Největší délka kořene rostlin cukrové řepy byla 5,7 cm při 20 °C a nejmenší 1,7 cm při 5 °C, průměrná délka kořenů byla 4,0 cm. Délka stonku při 20 °C byla 5,7 cm, nejmenší při 5 °C byla 1,3 cm. Průměrná celková délka rostlin cukrové řepy byla 7,0 cm, nejmenší celková délka při 5 °C byla 2,8 cm a největší při 20 °C byla 11,3 cm. Obecně bylo zjištěno, že cukrovka dosahovala lepších výsledků klíčení při teplotách 15 a 20 °C než při teplotách 5 a 10 °C.

Klíčová slova: cukrová řepa, energie klíčení, klíčivost, průměrná doba klíčení.

Literatura

1. FAOStat, 2023, [online] <https://www.fao.org/faostat/en/>.
2. VARGA, I. ET AL.: Fenotypová modifikovatelnost listu cukrové řepy během vegetace s odhadem listové plochy. *Listy cukrov. řepař.*, 139, 2023 (5–6), s. 182–190.
3. PODLASKI, S.; CHOMONTOWSKI, C.: Various methods of assessing sugar beet seed vigour and its impact on the germination process, field emergence and sugar yield. *Sugar Tech*, 22, 2020, s. 130–136.
4. VARGA, I. ET AL.: Sugar beet root yield and quality with leaf seasonal dynamics in relation to planting densities and nitrogen fertilization. *Agriculture*, 11, 2021 (5), s. 407.
5. KARIMI, S.; SHOKRI, M.: The Improvement of Growth, Water Relations, and Oxidative Reduction of Pistachio Rootstock in Drought Stress Conditions with Beta-Aminobutyric Acid Pretreatment. *Poljoprivreda*, 28, 2022 (1), s. 11–17.
6. ŽALAC, H. ET AL.: Intercropping in Walnut Orchards-Assessing the Toxicity of Walnut Leaf Litter on Barley and Maize Germination and Seedlings Growth. *Poljoprivreda*, 28, 2022 (1), s. 46–52.
7. DELAVIA, A. ET AL.: Wastewater Based Crop Irrigation: An Issue or a Solution? *Poljoprivreda*, 29, 2023 (2), s. 43–52.
8. POSPIŠIL, A. ET AL.: The Potential of White Lupin (*Lupinus albus* L.) Seed and Biomass Yield in organic Farming. *Poljoprivreda*, 28, 2022 (1), s. 18–23.
9. RADOČAJ, D. ET AL.: The Relationship of Environmental Factors and the Cropland Suitability Levels for Soybean Cultivation Determined by Machine Learning. *Poljoprivreda*, 28, 2022 (1), s. 53–59.
10. VARGA, I. ET AL.: Prediction of sugar beet yield and quality parameters with varying nitrogen fertilization using ensemble decision trees and artificial neural networks. *Computers and electronics in agriculture*, 212, 2023, 108076.
11. VARGA, I. ET AL.: Efficiency and management of nitrogen fertilization in sugar beet as spring crop: A review. *Nitrogen*, 3, 2022 (2), s. 170–185.
12. CAMPBELL, L. G.; ENZ, J. W.: Temperature effects on sugar beet seedling emergence. *Journal of Sugar Beet Research*, 28, 1991 (3), s. 129–140.
13. CHU, C. ET AL.: Mechanism of sugarbeet seed germination enhanced by hydrogen peroxide. *Frontiers in Plant Science*, 13, 2022, 888519.
14. ELLIS, R. A.; ROBERTS E. H.: The quantification of agent and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.*, 9, 1981, s. 373–409.
15. VARGA, I. ET AL.: Dynamics of sugar beet root, crown and leaves mass with regard to plant densities and spring nitrogen fertilization. *Poljoprivreda*, 26, 2020 (1), 32–39.
16. CHOMONTOWSKI, C. ET AL.: Impact of sugar beet seed priming on seed quality and performance under diversified environmental conditions of germination, emergence and growth. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 2020, s. 183–189.
17. CUDDY, T. F.: Studies on the germination of sugar beet seed. *Proc. Assoc. of Official Seed Analysts*, 49, 1959 (1), s. 98–102.
18. MURRAY, G. ET AL.: Emergence of sugar beet seedlings at low soil temperature following seed soaking and priming. *HortScience*, 28, 1993 (1), s. 31–32.
19. TAYYAB, M. ET AL.: Sugar Beet Cultivation in the Tropics and Subtropics: Challenges and Opportunities. *Agronomy*, 13, 2023 (5), 1213.
20. BLUNK, S. ET AL.: Impact of fruit orientation and pelleting material on water uptake and germination performance in artificial substrate for sugar beet. *Plos one*, 15, 2020 (5), e0232875.

Varga I., Markulj Kulundžić A., Banović N., Herman G., Ilikić D., Antunović M.: Sugar Beet Germination Speed and Morphometric Indicators in Relation to Temperature

The thesis aimed to examine the influence of temperature on morphometric indicators and germination at different temperatures in laboratory air conditions of 5 °C, 10 °C, 15 °C and 20 °C. The different effects of temperature on germination energy and total germination, average germination time, germination speed, proportion of normal and abnormal seedlings, root length, stem length, and total length of sugar beet seedlings were examined. Germination energy and total germination was 97%, the average germination time was 4.0 days, while the germination rate was 97%. The proportion of normally developed seedlings was 95%, and the proportion of abnormal seedlings was 5%. The largest root length of sugar beet seedlings was 5.7 cm at 20 °C, and the shortest was 1.7 cm at 5 °C. The average length of the seedling roots was 4.0 cm. The length of the stem at 20 °C was 5.7 cm, the shortest was 1.3 cm at 5 °C. The average length of sugar beet seedlings was 7.0 cm. The shortest total length of seedlings at 5 °C was 2.8 cm, and at 20 °C it was 11.3 cm. In general, it was determined that sugar beet returned better germination results at the temperatures of 15 and 20 °C than at the temperatures of 5 and 10 °C.

Key words: sugar beet, germination energy, germination, average germination time.

Kontakt adresa – Contact address:

doc. dr. sc. Ivana Varga, Ph. D., University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek, Republic of Croatia, e-mail: ivana.varga@fazos.hr

