

# Formovanie úrody repy cukrovej vplyvom termodynamických podmienok prostredia

FORMATION HARVEST BEET SUGAR INFLUENCE THERMODYNAMIC CONDITION ENVIRONS

Ivan Černý, Vladimír Pačuta, Jozef Žembery, Eva Candráková – Slovenská poľnohospodárska univerzita

Repu cukrovú zaraďujeme k plodinám náročným na energetickú a vodnú zložku prostredia, v ktorom je slnečné žiarenie ako primárny zdroj energie fotosyntézy limitujúcim faktorom produkcie organickej hmoty. Vodu z biologického, fyziologického hľadiska a hľadiska agroklimatickej rajonizácie chápeme ako nezastupiteľný faktor života a vodný režim prostredia považujeme za jeden z hlavných ukazovateľov produkčnej výkonnosti prostredia.

Porasty repy cukrovej spolu s klimatickými a pôdnymi faktormi predstavujú zložitú dynamickú sústavu, v ktorej je repa cukrová najmenej adaptívnym prvkom. Kritériom pre posúdenie vplyvu základných agroklimatických podmienok v priebehu vegetačného obdobia v sústave  $E_s \rightarrow E_r$  (energia slnečného žiarenia  $\rightarrow$  energia rastlinných spoločenskíev) je hodnota vnútornej energie ( $\Delta U$ ), ktorá predstavuje tú časť energie buniek, ktorá udržuje v pohybe transformačné procesy (9).

V súvislosti s tvorbou úrody skupina autorov (12, 14) považuje za rozhodujúci faktor potrebu vlhky. Pod uvedeným termínom chápajú také množstvo vlhky, ktoré rastlina spotrebuje v priebehu vegetačného obdobia na transpiráciu a evapotranspiráciu. Podľa viacerých autorov (2, 6, 7) repa cukrová v priebehu vegetačného obdobia svoje požiadavky na vlahu stupňuje, čím vzniká deficit vlhky vyskytujúci sa v priebehu roka a to najmä v arídnych a semiarídnych oblastiach.

Optimálny priebeh biologických procesov v rastline vyžaduje špecifické termodynamické podmienky, charakteristické pre jednotlivé etapy rastu a vývoja. Za takéto sa v priebehu vegetačného obdobia (1) považuje obdobie do 15. júna, kedy je repa cukrová tolerantná na nedostatok vlhky. Druhým obdobím je druhá perióda vegetácie, kedy nároky repy cukrovej na vlahu sú z hľadiska tvorby úrody rozhodujúce (3, 4, 13).

Popri zrážkach rozhodujúcim faktorom tvorby úrody je teplota vzduchu, od ktorej sa následne odvíja teplota pôdy a pôdneho roztoku (5). Teplotný režim v období apríla a júna má výrazný vplyv na tvorbu listov, kým teploty v období júl až september ovplyvňujú dynamiku rastu koreňov (10). Autori ďalej konštatujú, že prevažná časť Slovenska sa nachádza v agroklimatických podmienkach spĺňajúcich požiadavky plošiny na teplotné zabezpečenie.

Z analýzy klimatického systému (6, 11) a z rešpektovania nárokov repy cukrovej na teplotu a vlahu vyplývajú pre stredné zemepisné šírky zmeny, vzťahujúce sa k poklesu zrážkových úhrnov a k zvýšeniu teplôt. Nesúlad uvedených podmienok spôsobuje nevyrovnanosť teplotných a vlhkových pomerov v čase najväčšej potreby vlhky, čo môže spôsobiť výrazné zníženie úrod a kvality produkcie repy cukrovej.

## Materiál a metódy

Poľné polyfaktorové experimenty s repou cukrovou (jednoklíčkové odrody Fox, Zenith, Swing, Flair) boli realizované v rokoch 1999 - 2005, na experimentálnej báze FAPZ SPU v Nitre, Stredisku biológie a ekológie rastlín Dolná Malanta.

V rámci územného agroklimatického členenia sa experimentálne územie nachádza v oblasti veľmi teplej so sumou priemerných denných teplôt ( $t > 10^\circ\text{C}$ ) v priebehu vegetačného obdobia  $3\,000^\circ\text{C}$  a viac. Agroklimatická podoblasť je charakterizovaná ako veľmi suchá, s hodnotou klimatického ukazovateľa zavlažovania ( $K_{VI-VIII}$ ) 150 mm a viac. Agroekologický okrsok (16) je prevažne miernej zimy s priemernou hodnotou absolútnych teplotných miním  $T_{\min} = \geq 18$ .

Pôdnym typom je hnedozem na prolúviálnych zasprašovaných sedimentoch, subtyp hnedozem kultizemná (HMa).

Predplodinou repy cukrovej bola pšenica letná forma ozimná. Systém založenia a ošetrovania porastu v priebehu vegetačného obdobia zodpovedal požiadavkám pestovania repy cukrovej s výsevom na konečnú vzdialenosť.

Pri výpočtoch vplyvu klimatických podmienok na tvorbu úrod repy cukrovej, sme vychádzali z predpokladu, že jednotkou miery energie všetkých termodynamických procesov v rastline je množstvo premenenej kinetickej energie na poten-

Tab. 1. Zmeny vnútornej energie  $\Delta U$  pre repu cukrovú

|                     | Maximálna úroda – 1999 |          |            | Minimálna úroda – 2000 |          |            |
|---------------------|------------------------|----------|------------|------------------------|----------|------------|
|                     | $Y_t$                  | $Y_{hs}$ | $\Delta U$ | $Y_t$                  | $Y_{hs}$ | $\Delta U$ |
| Vegetačné obdobie   |                        |          |            |                        |          |            |
| X.                  | 51,3                   | 32,7     | 18,6       | 24,4                   | 6,8      | 17,6       |
| XI.                 | 9,6                    | 11,7     | -2,1       | 9,3                    | 9,9      | -0,6       |
| XII.                | -11,0                  | 7,4      | -18,4      | -0,7                   | 8,2      | -8,9       |
| I.                  | -2,8                   | 3,9      | -6,7       | -31,0                  | 3,5      | -34,5      |
| II.                 | -1,9                   | 12,7     | -14,6      | 4,8                    | 2,8      | 2,0        |
| III.                | 31,2                   | 8,6      | 22,6       | 11,8                   | 16,1     | -4,3       |
| Nevegetačné obdobie |                        |          |            |                        |          |            |
| IV.                 | 8,9                    | 12,5     | -3,6       | 6,0                    | 6,7      | -0,7       |
| V.                  | 11,6                   | 6,3      | 5,3        | 7,9                    | 6,9      | 1,0        |
| VI.                 | 13,7                   | 27,6     | -13,9      | 9,1                    | 1,5      | 7,6        |
| VII.                | 15,2                   | 19,0     | -3,8       | 8,7                    | 15,2     | -6,5       |
| VIII.               | 14,1                   | 9,9      | 4,2        | 10,1                   | 5,4      | 4,7        |
| IX.                 | 13,4                   | 5,2      | 8,2        | 7,1                    | 13,1     | -4,0       |

cionálnu. Množstvo transformovanej kinetickej energie na potencionálnu bolo vyjadrené vzťahom:

$$T = \frac{Y_{\text{prod}}}{tc}, \quad S = \frac{Y_{\text{prod}}}{bs}$$

$T$  – súčiniteľ pre teploty,  $S$  – súčiniteľ pre zrážky, potom:

$$Y_t = T \cdot tcn, \quad Y_{hs} = S \cdot bsn,$$

kde:  $Y_{\text{prod}}$  – produktívna úroda ( $t \cdot ha^{-1}$ ),  
 $bs$  – úhrn mesačných zrážok za vegetáciu plodiny,  
 $bsn$  – zrážky v príslušnom období (napr. mesiac, dekáda, pentáda a pod.),  
 $tc$  – suma priemerných denných mesačných teplôt za vegetáciu plodiny,  
 $tcn$  – priemerná denná teplota vzduchu v prísl. období.

Hodnota úrody  $Y_t$  alebo  $Y_{hs}$  predstavuje určité množstvo energie sústavy  $E_s \rightarrow E_{rs}$ , ktorá je v príslušnom období k dispozícii pre určitú výšku úrody, t.j. zmenu celkovej vnútornej energie sústavy ( $\Delta U$ ). Uvedené hodnoty boli vyjadrené ako:

$$\Delta U = \frac{Y}{tc} tcn - \frac{Y}{bs} bsn = T \cdot tcn - S \cdot bsn = Y_t - Y_{hs}$$

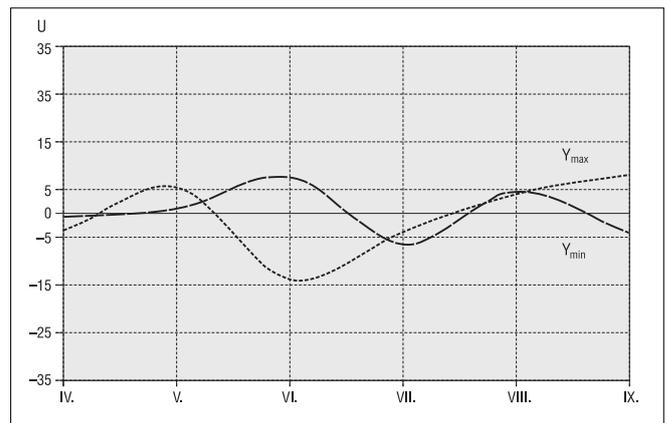
Cieľom príspevku je, na základe výsledkov získaných v priebehu experimentálnych rokov (1999 - 2005), poukázať na vplyv teplotných a vlhových podmienok pokusného stanovišťa na výšku úrody buliev repy cukrovej ( $Y$ ). V roku 1999 bola dosiahnutá maximálna úroda ( $Y_{\text{max}}$ ) a v roku 2000 minimálna úroda buliev ( $Y_{\text{min}}$ ).

### Výsledky a diskusia

Z analýzy termodynamických podmienok procesu tvorby úrody repy cukrovej v sledovaných rokoch vyplýva variabilita priebehu teplotných a vlhových podmienok. V roku 1999, v rámci ktorého bola úroda buliev najvyššia ( $Y_{\text{max}}$ ) boli agroklimatické podmienky pre tvorbu úrod odlišné v porovnaní s rokom 2000, kedy dosiahnutá úroda buliev bola najnižšia ( $Y_{\text{min}}$ ). V nevegetačnom období roku  $Y_{\text{min}}$  (október 1999 - marec 2000) bol úhrn zrážok 235 mm (100,4 % dlhodobého normálu). V porovnaní s obdobím (október 1998 - marec 1999) kedy dosiahnutá úroda bola najvyššia bol úhrn zrážok len 183,9 mm, čo predstavuje len 78,6 % dlhodobého normálu. Rozdiely v teplotách v nevegetačnom období s  $Y_{\text{max}}$  v porovnaní s rokom kedy dosiahnutá úroda bola najnižšia boli zanedbateľné.

Tvorba úrody repy cukrovej je významne ovplyvňovaná zosúladením požiadaviek na teplotné a vlhové zabezpečenie v priebehu vegetačného obdobia, s ich konkrétnym stavom. Repa cukrová vyžaduje dostatok zrážok pri klíčení a vzhádzaní, výdatnejší úhrn zrážok v období tvorby asimilačného aparátu s maximom v období narastania buliev, t.j. v júli až auguste (1, 3, 4). Dosiahnuté rozdiely v úrode buliev vykazujú štatisticky vysokopreukaznú závislosť na priebehu konkrétnych poveternostných podmienok. V roku s najvyšším úhrnom zrážok v priebehu vegetačného obdobia (365,9 mm) bola  $Y_{\text{max}}$  v priemere experimentálneho obdobia vyššia o 28,10  $t \cdot ha^{-1}$  v porovnaní s rokom 2000, kedy bola  $Y_{\text{min}}$  formovaná nižším vegetačným úhrnom zrážok (194,3 mm). Najnižší úhrn zrážok v priebehu vegetačného obdobia bol zistený v roku 2002 (110,5 mm).

Obr. 1. Termodynamická krivka tvorby  $\Delta U$  pre  $Y_{\text{max}}$  (1999) a  $Y_{\text{min}}$  (2000) vo vegetačnom období (experimentálna lokalita Dolná Malanta)



V intenzívnych technológiách pestovania repy cukrovej je potrebné, z hľadiska optimálnej poľnej vzhádzavosti a rastu, vytvoriť predpoklady pre maximálne využitie naakumulovanej zimnej, resp. jarnej vlhky. Z pohľadu tvorby  $Y_{\text{max}}$  najvyšší úhrn zrážok, v období klíčenia a vzhádzania, bol zistený v roku 1999 (59,6 mm). Najnižší úhrn zrážok v období sejby a vzhádzania sme zistili v roku 2002 (9,9 mm). Výsledky potvrdzujú pozitívnu tendenciu zvyšovania úrody buliev vplyvom priaznivého rozdelenia zrážok v priebehu vegetačného obdobia, s maximálnym nárastom v júni až auguste. Deficit zrážok vplyva na metabolizmus rastlín deregulačne, čo predurčuje nepomer medzi úrodou buliev potencionálnou a skutočnou.

Rozdiely medzi úrodami buliev boli významne ovplyvnené i priebehom teplôt, ktorých najvyššie hodnoty sú v porovnaní s dlhodobým normálom (1931 - 1980) príčinou zvýšenej transpirácie a evapotranspirácie. Uvedený stav podmieňuje skutočnosť, že v roku 1999 ( $Y_{\text{max}}$ ) sa vyskytlo 5 tropických dní, zatiaľ čo v roku 2000 ( $Y_{\text{min}}$ ) počet uvedených dní bol 22. V súlade s priebehom tvorby úrody je rozhodujúce, aby sa so stúpajúcimi dennými teplotami zvyšoval aj úhrn zrážok, čím budú zabezpečené vhodné podmienky pre rast a vývin. Naopak na konci vegetačného obdobia je vzhľadom na dosiahnutie optimálneho stupňa zrelosti vhodný postupný pokles priemerných teplôt a úhmu zrážok.

Maximálne úrody sú späté so stavom, kedy sú pri vysokej intenzite rastu vytvorené predpoklady pre rovnováhu medzi biologickými procesmi a klimatickými faktormi. Optimálny priebeh biologických procesov v rastline vyžaduje konkrétne termodynamické podmienky vzťahujúce sa na rôzne obdobia rastu a vývoja. Maximálna akumulácia vnútornej energie sústavy charakterizuje maximálnu akumuláciu suchej hmoty. Cukry, enzýmy a bielkoviny ako výraz vnútornej energie sústavy sú pri deficite prirodzených zrážok deaktivované, čo v konečnom dôsledku vedie k stavu charakterizujúcemu výrazný pokles úrod buliev (9). Genetické zameranie odrôd zaradených do experimentu je typu normálneho, resp. normálne cukornateho (priemerná tolerantnosť k suchu). I napriek vykazovanému stupňu tolerantnosti výsledky potvrdili, že rozhodujúci z hľadiska tvorby úrody nie je celkový úhrn zrážok, ale ich optimálne rozdelenie v priebehu vegetačného obdobia, kedy ich repa cukrová dokáže využiť cielene a efektívne.

Základným kritériom posúdenia energetických transformácií termodynamických charakteristík hlavných rastových fáz je

zmena vnútornej energie ( $\Delta U$ ). Z hľadiska formovania maximálnej úrody buliev je dôležité, aby v priebehu kritickej termodynamической fázy boli hodnoty vnútornej energie záporné (9). Znamená to, aby v období formovania bulvy bola prevaha príkonu zrážok ( $Y_{hs}$ ) nad príkonom energie z teploty ( $Y_T$ ). Zmeny súvisiace s porušením rovnováhy medzi teplotami a zrážkami spôsobujú disproporcie v dosiahnutých úrodách. S uvedených poznatkov vyplýva (4), že repa cukrovej pripadá kritickej termodynamической fáze na mesiac august, kedy rastlina vykazuje maximálnu intenzitu rastu buliev a listov a kedy pre dosiahnutie  $Y_{max}$  musí dochádzať k maximálnej diferencii pri maximálnych teplotách a maximálnych zrážkach, t.j. pri najväčšej intenzite klimatických faktorov. Priebeh charakteristických kriviek v rozsahu jednotlivých rastových fáz potvrdzuje, že kritickej obdobia vyjadrené  $\Delta U_{min}$  sú spojené s fázou intenzívneho rastu plodín.

V rozsahu údajov vzťahujúcich sa k tvorbe úrod, komparovaných s dlhodobým normálom (1951 - 1980) sú vypočítané zmeny  $\Delta U$  a ich vplyv na tvorbu úrod uvedené v tab. I. a znázornené termodynamickou krivkou na obr. 1. a 2.

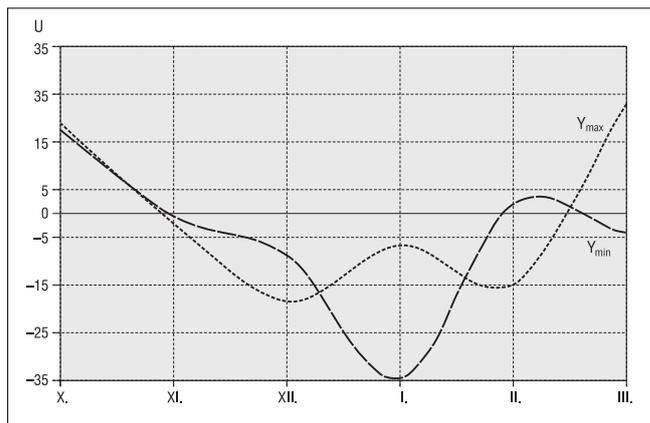
Analyzované hodnoty  $\Delta U$  na súradnici charakterizujúcej obdobie repy cukrovej nevegetačné a vegetačné vyjadrujú reálny stav, v rámci ktorého prevládala vplyv zrážok nad teplotami pre dosiahnuté hodnoty  $Y_{max}$  a  $Y_{min}$ . Pri tvorbe  $Y_{max}$  sme zistili výraznejší vplyv zrážok na tvorbu úrody v mesiaci jún až august, čo je v súlade so závermi viacerých autorov zaoberajúcimi sa uvedenou problematikou (4, 5). Naopak hodnoty  $\Delta U$  charakterizujúce tvorbu  $Y_{min}$  poukazujú na posun obdobia vplyvu zrážok nad teplotami na obdobie II. dekády mesiaca júl - august a dominanciu teplot v mesiaci august a s nárastom zrážok v mesiaci september, čo v rámci uvedenej analýzy považujeme za veľmi dôležité (2). Z hodnotenia klimatických faktorov v mesiacoch október až marec v sledovanej agroekologickej oblasti sme zistili, že kritickej z hľadiska tvorby  $Y_{max}$  a  $Y_{min}$  bolo obdobie akumulácie vlhky v mesiacoch december až II. dekáda februára a obdobie agrotechnického termínu predsejbovej prípravy pôdy a sejby repy cukrovej, v rámci ktorého sa limitujúcim faktorom stáva dostatok vlhky v pôde. V období klíčenia a vzhádzania sa pôsobenie nízkych teplôt považuje za negatívne, čo má za následok predĺžovanie uvedených období, tvorbu vyčerpaných klíčkov a individuálne slabších jedincov (1).

### Súhrn

V poľnom polyfaktorovom pokuse realizovanom v rokoch 1999 až 2005 v klimaticky teplej kukuričnej výrobní oblasti, na hnedozemi kultizemnej, bol sledovaný vplyv teplotných a vlhkových podmienok experimentálneho stanovišťa na výšku úrody buliev repy cukrovej (Fox, Zenith, Swing, Flair). Pre analýzu termodynamických charakteristík bola hodnotená zmena vnútornej energie  $\Delta U$  v nevegetačnom a vegetačnom období a vplyv sledovaných zmien na formovanie úrody v rokoch s  $Y_{max}$  a  $Y_{min}$ . Z výsledkov vyplýva, že repa cukrová má v období vegetácie kritickej termodynamической fázy v období mesiaca jún - august.

Z hľadiska tvorby úrody je potrebné, aby v uvedených fázach vegetačného obdobia prevládala príkon energie zo zrážok nad teplotami. V nevegetačnom období za termodynamicky kritickej bolo zistené obdobie decembra až II. dekády februára, resp. agrotechnického termínu predsejbovej prípravy pôdy a sejby. Dosiahnuté výsledky potvrdili závislosť úrody na množstve a rozdelení zrážok v priebehu roka a vzhľadom na značné medziročné rozdiely v klimatických charakteristikách potrebu úvahy o úprave niektorých technologických zásad pestovania.

Obr. 2. Termodynamická krivka tvorby  $\Delta U$  pre  $Y_{max}$  (1999) a  $Y_{min}$  (2000) v nevegetačnom období (experimentálna lokalita Dolná Malanta)



### Literatúra

1. BAJČI P., PAČUTA V., ČERNÝ I.: *Cukrová repa*. Nitra, UV TIP, 1997, 111 s., ISBN 80-85330-35-0.
2. ČERNÝ I.: Podiel niektorých faktorov na úrode cukrovej repy. *Listy cukrov. a řep.*, 110, 1994 (2), s. 38.
3. ČERNÝ I., KARABÍNOVÁ M., PAČUTA V.: Analýza vplyvu poveternostných podmienok a Microbionu na úrodu a kvalitu cukrovej repy. In *Drubá vedecká celoslovenská repárska konferencia*. Nitra, Agroinštitút, 1997, s. 146-148.
4. DEMJANOVÁ E. ET AL.: Termodynamické podmienky pestovania cukrovej repy v oblasti Žitavskej pahorkatiny. *Listy cukrov. a řep.*, 120, 2004 (12), s. 340-341.
5. FULAJTÁR E., KURPELOVÁ M.: Agroklimaticko-pôdne podmienky pestovania cukrovej repy na Slovensku. *Poľnohospodárstvo*, 28, 1982 (7), s. 643-652.
6. HANÁČKOVÁ E., POSPIŠIL R., DANIŠOVÁ M.: Účinok vyhnitého biokalu po kontinuálnej výrobe bioplynu na úrodu repy cukrovej. *Listy cukrov. a řep.*, 119, 2003 (11), s. 268-270.
7. CHELEMSKIJ M. Z.: *Technologičeskije káčestva sacharnoj svekly*. Moskva, IPP, 1967, 89 s.
8. KOCH H. J., WENDENBURG C.: Optimierung der Stickstoffdungung. *Zuckerrübe*, 45, 1996 (3), s. 132-135.
9. KUDRNA K.: *Zemědělské soustavy*. Praha, SZN, 1985, 720 s.
10. LACKO-BARTOŠOVÁ M., LIŠKA E.: Termodynamické podmienky pestovania cukrovej repy vo vybraných okresoch Západoslovenského kraja. *Rostl. v ýr.*, 33, 1987 (9), s. 1001-1008.
11. PAČUTA V., KARABÍNOVÁ M., ČERNÝ I.: Kvantita a kvalita úrody cukrovej repy vo vzťahu k vybraným pestovateľským faktorom. *Rostl. v ýr.*, 45, 1999 (2), s. 61-69.
12. PULKRÁBEK J. ET AL.: Počasí a výnosy cukrovky. *Listy cukrov. a řep.*, 115, 1999 (9/10), s. 254-256.
13. SLAMKA P., HANÁČKOVÁ E., CANDRÁKOVÁ E.: Vplyv hnojenia fermentovaným biokalom na kvalitatívne parametre a úrodu buliev repy cukrovej. *Listy cukrov. a řep.*, 123, 2007 (5/6), s. 162-166.
14. ŠPÁNIK F., ŠIŠKA B.: Predpokladaná zmena klímy v 21. storočí a poľnohospodárstvo. *Agrochémia*, 8, 2004 (1), s. 22-26.
15. ŠPÁNIK F., REPA Š., ŠIŠKA B.: *Agroklimatické a fenologické pomery Nitry (1991-2000)*. Nitra, VES SPU, 2002, 39 s., ISBN 80-7137-987-5.

### Černý I., Pačuta V., Žembery J., Candráková E.: Formation harvest beet sugar influence thermodynamic condition environs

In the field polyfactorial experiment realized in the years 1999-2005 in the warm maize growing area on medium heavy luvisol the influence of temperature and moisture conditions of the experimental

## LISTY CUKROVARNICKÉ a ŘEPAŘSKÉ

---

locality on the sugar beet root yield of four varieties (Fox, Zenith, Swing, Flair) was observed. Change of the internal energy  $\Delta U$  in the non-vegetation period and in the critical growth periods of sugar beet and the influence of the observed parameters on the yield formation in the years with  $Y_{\max}$  and  $Y_{\min}$  was evaluated for the analysis of the thermo dynamical characteristics.

From the experimental results is clear, that sugar beet has the critical thermo dynamical phases in the period of Jun–August during the vegetation period. From the point of yield creation is necessary to have the energy input from precipitation predominated above temperatures in the mentioned phases of vegetation period. In the non-vegetation period was found the thermodynamically critical period of December to II. decade of February and pre-sowing soil tillage and sowing period. The reached experimental results confirmed the dependence of the sugar beet yield on the precipitation

quantity and distribution during the growing year and from the aspect of the inter-year differences in the climatic characteristics necessity of consideration of change of some technological principles of sugar beet growing.

**Key words:** beet sugar, thermodynamic conditions, root yield.

---

### **Kontaktná adresa – Contact address:**

doc. Ing. Ivan Černý, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov Nitra, Katedra rastlinnej výroby, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: ivan.cerny@uniag.sk

---