

Změny v produkci cukrovky vlivem počasí

CHANGES IN SUGAR BEET PRODUCTION DUE TO WEATHER CONDITIONS

Josef Pulkrábek, Vladimír Švachula, Jindřich Křivánek – Česká zemědělská univerzita v Praze

Počasí (zejména rozdělení srážek a teplot během vegetace) působí na růst a vývoj cukrovky jednak přímo, jednak nepřímo – ovlivňuje včasnost a účinnost pěstitelských operací, zejména pak sklizňové ztráty a v neposlední řadě rozvoj škodlivých činitelů (chorob, škůdců a plevelů).

Před více než třiceti lety se konalo v Mezinárodním řepářském ústavu v Bruselu (I.I.R.B.) symposium „Vliv počasí na růst cukrovky“ (1). Od vydání knihy „Počasí a výnosy“ (PETR J. ET AL.) s rozsáhlou kapitolou „Vliv počasí na výnosy a jakost cukrovky“ (2) uplynulo již 20 let. Ukazuje se, že i s odstupem času je problematika vlivu počasí stále aktuální, o čemž svědčí řada nových publikací (3 až 11).

Faktor počasí se na tvorbě výnosů cukrovky podílí podle různých autorů 15–20 %, výjimečně až 30 % (příčemž vliv odrůdy se odhaduje na 16–27 % a vliv stanoviště až na 37 %). Působením intenzivních pěstitelských technologií, použitím výkonnějších odrůd a díky zařazování cukrovky na neúrodnější pozemky se vliv počasí v současné době poněkud snižuje, ale stále zůstává činitelem, s nímž je nutno při produkci uvedené plodiny počítat.

Cílem práce je přispět k objasnění eventuálních současných změn ve vlivu počasí. Nových poznatků bude možno využít k dalšímu zpřesnění rajonizace, pro kvalitnější prognózy výnosů a jakosti, k regulaci stavu zásob, pro sjednávání kvót zahraničního obchodu, při šlechtění odrůd s různou délkou vegetace a s různou odolností ke stresu ze sucha. Předpokládá se, že výsledky výzkumu přispějí i k lepší orientaci pěstitelů při výběru odrůd, při volbě technologií šetřících vláhu, eventuálně při použití doplňkových závlah.

Materiál a metody

Hodnoceny byly dvě časové řady výnosů a jakosti cukrovky – ročníků 1980 až 1997 a 1998 až 2007. Údaje o výnosech kořene a cukernatosti na provozních plochách cukrovky ČR byly převzaty ze státní statistiky a údaje z odrůdových pokusů byly čerpány z evidence ÚKZÚZ. Měsíční hodnoty průměrných teplot vzduchu, úhrnů srážek a hodin trvání slunečního svitu za posledních deset let (1998–2007) byly získány z internetových přehledů (12) úseku meteorologie a klimatologie ČHMÚ.

Pro analýzu vlivu počasí na výnosy a jakost cukrovky na provozních plochách byly z 22 stanic, jejichž údaje byly k dispozici (13), vybrány 4 (Hradec Králové, Olomouc, Semčice, Velké Pavlovice), ležící na území řepářského výrobního typu (obr. 1.). Z měsíčních hodnot byly vypočteny aritmetické průměry, jež byly vztahovány k celostátním produkčním údajům, byla provedena statistická analýza vybraných dat (aritmetické průměry, koeficienty korelace). Pro výpočet míry stability byl použit vzorec odvozený ZITTOU (14):

měry, koeficienty korelace). Pro výpočet míry stability byl použit vzorec odvozený ZITTOU (14):

$$S = \left[1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}} - 1 \right] \cdot 100 \quad (\%)$$

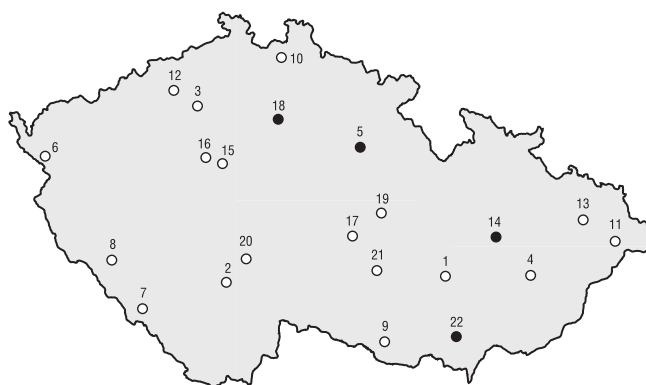
kde S = hodnota míry stability, x_i = zkoumaná veličina (konkrétně meteorologický údaj, výnos, cukernatost v i -tém měsíci, roce), n = počet zkoumaných hodnot.

Výsledky a diskuse

Ve snaze postihnout změny a tendence v produkci cukrovky byla v první části práce analyzována osmnáctiletá časová řada údajů let 1980 až 1997 a porovnávána s desetiletou řadou ročníků 1998 až 2007 (tab. I. a II.). S výjimkou údajů o cukernatosti ÚKZÚZ byly všechny hodnoty druhé časové řady vyšší, než u časové řady první, včetně procenta využití výnosového a jakostního potenciálu a včetně míry stability.

Zřejmě se kladně projevily změny v zemědělské soustavě řepářských oblastí. Vlivem snižování ploch pěstované cukrovky v ČR se soustředilo její pěstování na úrodnější pozemky. Pozitivně se projevila intenzivnější pěstitelská technologie spolu s dokonalejší ochranou porostů. Zatímco v dřívější časové řadě mělo využití výnosového potenciálu klesající tendenci, v posledním desetiletí, vlivem vyšších vstupů do produkce došlo k pronikavému zvyšování tohoto faktoru (obr. 2.). U využívání potenciálu

Obr. 1. Poloha meteorologických stanic ČHMÚ; byly použity údaje ze stanic č. 5 – Hradec Králové (278 m n. m.), 14 – Olomouc (257 m n. m.), 18 – Semčice (234 m n. m.), 22 – Velké Pavlovice (196 m n. m.)



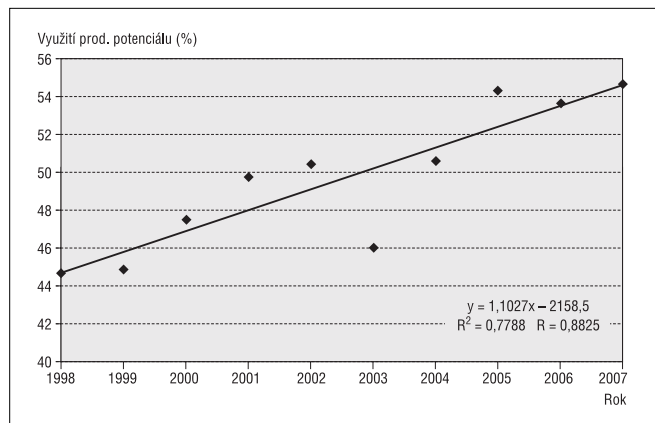
Tab. I. Výnos kořene a cukernatost v odrůdových pokusech a na provozních plochách ČR a procento využití produkčního potenciálu v letech 1980 až 1997

Rok	Výnos kořene			Cukernatost		
	Pokusy ÚKZÚZ (t.ha ⁻¹)	Provoz. plochy (t.ha ⁻¹)	Využití potenciálu (%)	Pokusy ÚKZÚZ (%)	Provoz. plochy (%)	Využití potenciálu (%)
1980	52,67	30,90	58,7	17,02	13,85	81,4
1981	50,47	31,15	61,7	15,75	13,79	87,6
1982	62,40	39,78	63,8	17,80	14,44	81,1
1983	38,70	30,08	77,7	18,91	15,04	79,5
1984	49,70	36,51	73,5	18,18	14,43	79,4
1985	57,40	40,29	70,2	18,91	15,08	79,8
1986	61,90	39,20	63,3	19,27	15,53	80,6
1987	58,70	37,37	63,7	17,22	14,78	85,8
1988	56,40	33,90	60,1	16,74	14,28	85,3
1989	53,50	36,01	67,3	17,20	14,75	85,8
1990	44,50	33,86	76,1	17,41	16,33	93,8
1991	53,48	32,35	60,5	20,00	17,54	87,7
1992	53,74	31,95	59,5	19,86	16,02	80,7
1993	71,09	39,22	55,2	19,27	16,79	87,1
1994	56,30	33,86	60,1	17,30	15,59	90,1
1995	69,55	40,72	58,5	17,18	15,96	92,9
1996	75,68	42,06	55,6	18,13	16,99	93,7
1997	66,81	39,76	59,5	17,70	16,56	93,6
Maximum	75,68	42,06	77,73	20,00	17,54	93,80
Minimum	38,70	30,08	55,17	15,75	13,79	79,37
Průměr	57,37	36,06	63,89	17,98	15,45	85,95
Směrod. odch.	5,18813	9,11852	3,774	6,526	1,128	1,084
Míra stab. (%)	84,11	89,53	89,74	93,73	92,98	94,01

cukernatosti měla starší časové řada vzestupnou tendenci, ale v posledním desetiletí došlo ke stagnaci tohoto trendu (obr. 3.).

Pokud jde o vliv počasí, z technických důvodů se neporovnávala dřívější časová řada s novější, ale záměrně se analyzovala jen posledních deset let, v nichž došlo v produkci cukrovky

Obr. 2. Využití produkčního potenciálu výnosu kořene v ČR



Tab. II. Výnos kořene a cukernatost v odrůdových pokusech a na provozních plochách ČR a procento využití produkčního potenciálu v letech 1998 až 2007

Rok	Výnos kořene			Cukernatost		
	Pokusy ÚKZÚZ (t.ha ⁻¹)	Provoz. plochy (t.ha ⁻¹)	Využití potenciálu (%)	Pokusy ÚKZÚZ (%)	Provoz. plochy (%)	Využití potenciálu (%)
1998	64,90	44,88	69,2	16,00	15,83	98,9
1999	72,60	44,88	61,8	17,10	17,28	101,1
2000	71,90	47,44	66,0	17,50	17,66	100,9
2001	73,00	49,79	68,2	15,20	15,66	103,0
2002	70,10	50,49	72,0	16,30	16,13	99,0
2003	65,10	45,96	70,6	19,50	18,21	93,4
2004	64,50	50,57	78,4	19,50	18,53	95,0
2005	78,80	54,31	68,9	18,80	18,69	99,4
2006	73,40	53,64	73,1	18,40	18,41	100,1
2007	84,30	54,71	64,9	17,80	16,47	92,5
Maximum	84,30	54,71	78,40	19,50	18,69	103,03
Minimum	64,50	44,88	61,82	15,20	15,66	92,53
Průměr	71,86	49,67	69,31	17,61	17,29	98,33
Směrod. odch.	5,988	3,589	4,404	1,400	1,120	3,318
Míra stab. (%)	91,68	92,77	93,65	92,05	93,52	96,63

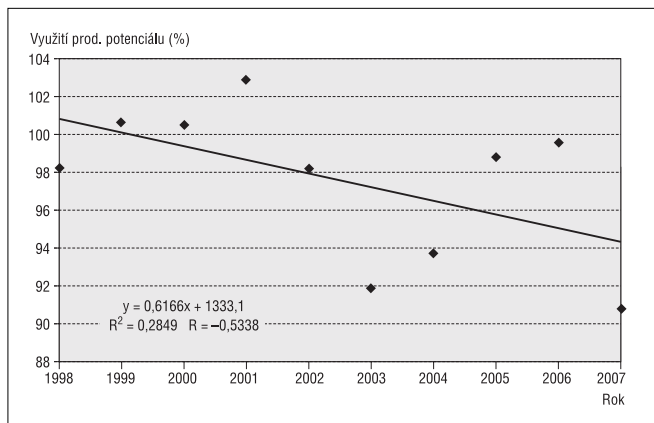
k významným změnám. Vypočetli jsme míru stability měsíčních hodnot meteorologických údajů a průměru měsíců (tab. III.).

Nejvyšší stabilitu měsíčních hodnot vykázaly teploty vzduchu a nejnižší srážky. Potvrdil se dřívější poznatek STEHLÍKA (15), že v podmínkách České republiky jsou pro cukrovku limitujícím faktorem srážky a jejich vhodné rozdělení, přičemž variabilita výnosu je 4x větší, než variabilita cukernatosti, na rozdíl od států přímořských.

Vliv jednotlivých měsíčních meteorologických charakteristik na konečný výnos a cukernatost byl zkoumán pouze u údajů z provozních ploch České republiky. K hodnotám ÚKZÚZ nebyly k dispozici povětrnostní údaje.

Na obr. 4. jsou znázorněny vypočtené údaje koeficientů korelace zkoumaného vztahu. Teploty a doba slunečního svitu měly

Obr. 3. Využití produkčního potenciálu cukernatosti bulev v ČR



Tab. III. Míra stability měsíčních hodnot průměrných teplot vzduchu, úhrnu srážek a trvání slunečního svitu (z vybraných meteorologických stanic) v časové řadě údajů 1998–2007

Faktor	Měsíc						Průměr
	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	
	Míra stability (%)						
Teploty	87,5	91,9	92,0	92,4	92,7	89,1	90,93
Srážky	56,7	66,7	66,6	74,0	51,0	39,0	59,00
Sl. svit	80,7	90,0	81,4	78,8	82,7	72,3	80,98

většinou shodný charakter. Nejvyšší kladná korelace se vyskytovala v červenci, nejvyšší záporná v srpnu. Podle fyziologických pozorování (3) nejvyšší příkon slunečního záření nastává v evropských podmínkách sice v červnu, ale v červenci nastává jeho nejvyšší využití (přes 85 %).

U srážek byl charakter opačný. V květnu byla zjištěna pozitivní korelace $R = 0,41$, což koresponduje s poznatkem, že při vyšších srážkách se zvyšuje tempo růstu, velikost listové plochy a čistý výkon asimilace (7). Naopak v červenci záporné hodnoty koeficientu korelace $R = -0,43$ a kladné koeficienty u tepla a doby slunečního svitu podměnily vysoké výnosy. Nejkontrastnější hodnoty korelačních koeficientů byly zjištěny v srpnu. U srážek při $R = 0,54$ s vyššími srážkami se během deseti let prokázal vyšší výnos při současně záporné korelaci u hodin slunečního svitu ($R = -0,63$). Potvrzuje to dřívější zjištění KUDRNY (16), i nové poznatky ČERNÉHO ET AL. (9), že zvláště v srpnu prochází cukrovka kritickou termodynamickou fází, kdy nedostatek srážek má za následek silné snížení výnosu.

Závislosti výnosů kořene na provozních plochách České republiky v červenci a srpnu názorně zobrazují regresní přímky a mocninné hodnoty spolehlivosti R^2 a koeficienty korelace $R = \sqrt{R^2}$ (obr. 5. a obr. 6.).

Pokud jde o koeficient korelace za vegetační období (měsíce duben až září), ten činil u zkoumané desetileté řady jen $R = 0,12$, tj. nezřetelná tendence. V dřívější časové řadě 1984 až 1995 byl vliv vegetačních srážek na výnos podstatně výraznější: v Čechách 0,41 a na Moravě a ve Slezsku $R = 0,82$ (17). Zdá se, že v posledním desetiletí se vliv srážek na výnosy zeslabil. Pozitivně se zřejmě projevila vyšší míra stability výnosů a vyšší procento využití výnosového potenciálu.

Ve vlivu srážek na cukernatost byly patrné ve srovnání s působením srážek na výnos kořene určité rozdíly. Shoda je zhruba v měsících květnu, červenci a září, kdy nadměrné srážky mohou působit negativně na výnosy i cukernatost (tab. IV.).

Zvláště citlivá je cukrovka na sucho po srážkově nadnormálním období na jaře, kdy si vytvořila mohutný listový aparát, který pak snadněji vadne a odumírá. Přebytek vláhy na podzim zvýší výnos zpravidla na úkor kvality zvláště při chladném počasí (4).

Již dříve bylo poukázáno na možnosti zmírňování nepříznivých vlivů počasí na produkci cukrovky. Jde především o uplatňování pěstitelských technologií šetřící vláhu, dále pak o výběr vhodných odrůd a včasné setí do optimálního sponu (6).

Přes uvedené a komentované změny ve vlivu počasí na produkci zůstávají srážky a jejich příznivé roz-

Tab. IV. Porovnání koeficientů korelace vlivu srážek na výnosy a cukernatost

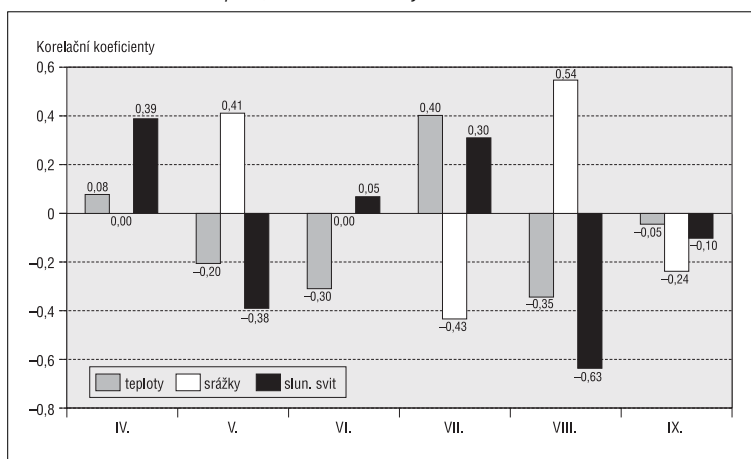
Měsíc	Koeficienty korelace vlivu měsíčních srážek	
	na výnos kořene	na cukernatost
IV.	0,00	0,10
V.	0,41	0,33
VI.	-0,01	-0,37
VII.	-0,43	-0,41
VIII.	0,54	-0,31
IX.	-0,24	-0,85

dělení pro cukrovku v podmínkách České republiky limitujícím agroekologickým faktorem.

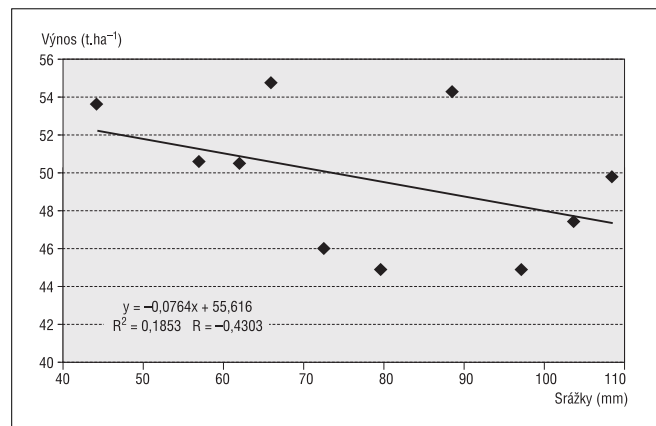
Závěr

1. V časových řadách 1980–1997 (18 let) a 1998–2007 (10 let) údajů o výnosech a cukernatosti na provozních plochách cukrovky ČR a na odrůdových pokusech ÚKZÚZ byly analyzovány vývojové tendence a míra stability. Bylo zjištěno, že v uplynulém desetiletí výnos kořene vzrostl proti předchozím letům z 36,05 t.ha⁻¹ na 49,67 t.ha⁻¹ a cukernatost se zvýšila z 15,46 % na 17,29 %. U výnosu vzrostla míra stability z 89,5 % na 92,9 % a u cukernatosti z 93,0 % jen na 93,5 %.
2. Využití výnosového potenciálu v letech 1980 až 1997 sestupnou tendenci (koeficient korelace $R = -0,45$), ale v letech 1998–2007 vzestupnou ($R = 0,33$). Zvýšené využití výnosového potenciálu přispělo ke změnám ve vlivu počasí a k vyšší stabilitě produkce.
3. U cukernatosti mělo využití výnosového potenciálu v časové řadě 1980–1997 nárůst ($R = 0,73$), při průměru 85,9%. V posledním desetiletí 1998–2007 ($R = -0,53$) byl spíše pokles daný výraznými ročními výkyvy, při podstatně vyšším průměru jeho využití 98,3 %.
4. Výpočtem míry stability měsíčních hodnot teplot, srážek a slunečního svitu průměru 4 meteorologických stanic řepařských oblastí v časové řadě 1998–2007 bylo zjištěno, že nej-

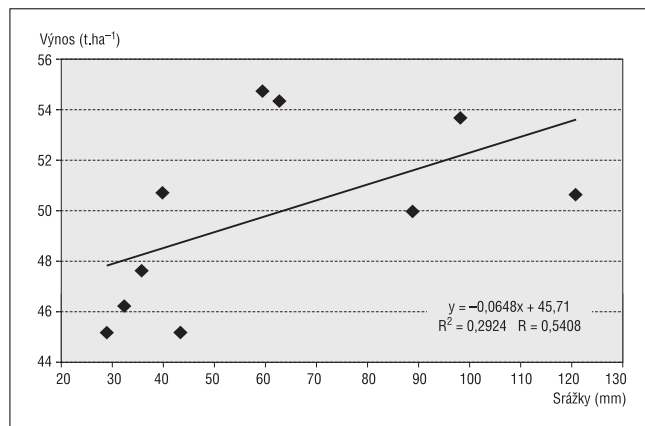
Obr. 4. Závislost výnosů cukrovky v ČR v letech 1998–2007 na měsíčních hodnotách teplot, srážek a délky slunečního svitu



Obr. 5. Závislost výnosů cukrovky v ČR v letech 1998–2007 na srážkách v červenci



Obr. 6. Závislost výnosů cukrovky v ČR v letech 1998–2007 na srážkách v srpnu



méně stabilním faktorem jsou atmosférické srážky. Průměrná míra stability srážek byla 59,0 %, zatímco svit měl míru stability 80,98 % a teploty vzduchu 90,93 %.

5. Vliv srážek za vegetaci (duben až září 1998–2007) na výnosy kořene v desetiletí 1998–2007 byl nízký (koeficient korelace $R = 0,12$) proti hodnotám dřívějším (v Čechách $R = 0,41$ a na Moravě a ve Slezsku $R = 0,82$ v letech 1984–1995).
6. Významnější než povětrnostní údaje za vegetaci bylo jejich rozdělení po měsících. Teploty měly pozitivní koeficient zejména v červenci ($R=0,39$) a negativní v měsíci srpnu ($R= -0,35$). Podobně tomu bylo u slunečního svitu.
7. U srážek byly zjištěny nejkontrastnější hodnoty korelace v červenci ($R = -0,43$), v květnu ($R = 0,41$) a v srpnu ($R = 0,54$). Srpnovou převahu vlivu srážek nad vlivem teplot je možné považovat za kritické období pro řepu. Nadměrné srážky v druhé polovině vegetace mohou působit negativně (retrovegetace).

Souhrn

V časových řadách 1980–1997 (18 let) a 1998–2007 (10 let) údajů o výnosech a cukernatosti na provozních plochách cukrovky ČR a na odrudových pokusech ÚKZÚZ byly analyzovány vývojové tendence a míra stability. Bylo zjištěno, že v uplynulém desetiletí výnos kořene v ČR vzrostl proti předchozím letům z 36,05 t.ha⁻¹ na 49,67 t.ha⁻¹ a cukernatost se zvýšila z 15,46 % na 17,29 %. U výnosu kořene vzrostla míra stability z 89,5 % na 92,9 % a u cukernatosti z 93,0 % jen na 93,5 %. Výpočtem míry stability měsíčních hodnot teplot, srážek a slunečního svitu byla vypočítána průměrná míra stability srážek 59,0 %, slunečního svitu 81,0 % a teploty vzduchu 90,9 %. Vliv sumy srážek za vegetaci na výnosy kořene byl nízký. Významnější než povětrnostní údaje za vegetaci bylo jejich rozdělení po měsících. Teploty měly pozitivní koeficient korelace zejména v červenci ($R = 0,40$) a negativní v měsíci srpnu ($R = -0,35$). Podobně tomu bylo u slunečního svitu. U srážek byly zjištěny nejkontrastnější hodnoty korelace v květnu ($R = 0,41$), v červenci ($R = -0,43$) a v srpnu ($R = 0,54$).

Literatura

1. FIEDLER J., KOVAŘÍK A.: Sympozium k tématu „Vliv povětrnosti na růst cukrovky“. *Listy cukrov.*, 90, 1974 (11), ob. 3.
2. ŠROLLER J., ŠVACHULA V.: Vliv počasí na výnosy a jakost cukrovky. In PETR J. ET AL.: *Počasí a výnosy*. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1987, s. 271–289.
3. COOKE D. A., SCOTT R. K.: *The Sugar Beet Crop (Science into Practice)*. Chapman & Hall, London etc., 1993, 649 s.
4. PULKRÁBEK J., ELČKNER M., KORDA J.: Vliv srážek na výnosy bulev cukrovky a jejich stabilitu v ZOS Šestajovice-Jirny. *Listy cukrov. a řep.*, 114, 1998 (7/8), s. 187–190.
5. FRECKLETON R. P. ET AL.: Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. *Agricultural and Forest Meteorology*, 93, 1999, s. 39–51.
6. ŠVACHULA V.: Zmírňování nepříznivých vlivů počasí na produkci cukrovky. *Listy cukrov. a řep.*, 115, 1999 (2), s. 46–47.
7. PULKRÁBEK J. ET AL.: Počasí a výnosy cukrovky. *Listy cukrov. a řep.*, 115, 1999 (9/10), s. 254–256.
8. KENTER CH.: *Yield development of sugar beet as affected by weather conditions*. Institut für Zuckerrübenforschung, Cuvelier Verlag, Göttingen, 2003.
9. ČERNÝ J. ET AL.: Formovanie úrody repy cukrovej vplyvom termodynamických podmienok prostredia. *Listy cukrov. a řep.*, 124, 2008 (3), s. 74–78.
10. ŽÁK Š., KOVÁČ K., KLIMEKOVÁ M.: Účinek počasía a systému pestovania repy cukrovej na produkčný potenciál a odber živín. *Listy cukrov. a řep.*, 122, 2006 (11) s. 298–303.
11. ŽÁK Š., KOVÁČOVÁ M.: Vplyv rozhodujúcich meteorologických prvkov na tvorbu sušiny fytohmoty repy cukrovej. *Listy cukrov. a řep.*, 123, 2007 (3) s. 91–94.
12. ČHMÚ *Klimatické údaje 1998–2007*. [on-line] <http://www.chmi.cz/meteo/ok/okdata6.html>
13. ČHMÚ *Poloha meteorologických stanic*. [on-line] <http://www.chmi.cz/meteo/ok/okdata5.html>
14. ZITTA M.: Míra stability výnosů zemědělských plodin. In *Sborník VŠŽ v Praze – FA*, řada A, 1976, s. 79–93.
15. STEHLÍK V.: *Biologie drubů, variet a forem řepy rodu Beta L*. Academia Praha, 1982, 448 s.
16. KUDRŇA K.: *Zemědělské soustavy*. SZN Praha, 1985, 720 s.
17. ŠVACHULA V.: Cykličnost cukernatosti řepy ve vztahu k dlouhodobým změnám klimatu. *Listy cukrov. a řep.*, 115, 1999 (7/8) s. 196–198.

Pulkrábek J., Švachula V., Křivánek J.: Changes in sugar beet production due to weather conditions

During years 1980–1997 (18 years) and 1998–2007 (10 years) yield and sugar content data from sugar beet areas in the Czech Republic and from cultivar experiments of ÚKZÚZ have been collected and developmental trends and degree of stability were evaluated. We found, that in the past decennium root yield in the Czech Republic increased in comparison with previous years from 36.05 t.ha⁻¹ to 49.67 t.ha⁻¹ and sugar content increased from 15.46 % to 17.29 %. In root yield degree of stability increased from 89.5 % to 92.9 % and in sugar content from 93.0 % only to 93.5 %. By calculation of degree of stability of monthly temperatures, precipitations and solar radiations values we calculated average degree of stability of precipitation (59.0 %), solar radiation (81.0 %) and air temperature (90.9 %).

Influence of sum of precipitations during vegetation on root yield was low. More important than weather conditions during vegetation was their distribution per months. Temperatures had positive coefficient i. e. in July (R = 0.40) and negative in August (R = -0.35). It was similar in solar radiations. In precipitations the most contrast values were found in May (R = 0.41), in July (R = -0.43) and in August (R = 0.54).

Key words: sugar beet, yield, weather, degree of stability, coefficient of correlation sugar content.

Kontaktní adresa – Contact address:

prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc., Česká zemědělská univerzita, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra rostlinné výroby, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6, Česká republika, e-mail: pulkrabek@af.czu.cz