

Odolnost bramborových hlíz k nízkým teplotám

VĚRA DOBROVÁ-ZÁRUBOVÁ, Ústav pro výzkum vnitřního obchodu, Praha

635.21

Ztráty namrznutím a zmrznutím bramborových hlíz dosahují v některých letech závažné výše (na příklad rok 1946). U výkupní organizace a obchodních složek vznikají tyto ztráty při dopravě a uskladnění brambor především v krechtech.

Podkladem výzkumu prostředků ke snížení těchto ztrát je výzkum fyziologický; jeho úkolem je:

1. nalézt kritické teploty, při kterých se poškozuje bramborová tkáň mrznutím vody,

2. zjistit, zda jsou podstatné rozdíly v odolnosti k nízkým teplotám mezi jednotlivými odrůdami čs. sortimentu,

3. stanovit rozdíly mezi citlivostí hlíz při výkupu a přepravě po sklizni na podzim a po uskladnění v jarních měsících.

O promrzání bramborových hlíz máme četné zprávy v literatuře, protože tkáň bramborových hlíz je poměrně homogenní a je proto vhodným pokusným materiálem. Jde však bez výjimky o theoretické práce, kde většinou nejsou uvedeny ani odrůdy použité k pokusům.

Různí autoři postupovali metodicky téměř shodně: tkáň ochlazovali v chladicí lázni konstantní teploty a změny teploty odčítané thermočlánekem (Maximov 1914, Zacharowa 1926) nebo rtuťovým teploměrem (Walter a Weismann 1936; Luyet a Gehenio 1937; Luyet a Condon 1938) znázorňovali graficky. Křivky mrznutí tkáně bramborových hlíz na rozdíl od teplotních křivek mrznutí jednoduchých systémů (na př. roztoků) se u jednotlivých autorů v podrobnostech liší; hlavní rysy jsou shodné. Křivka ochlazování z počátku prudce klesá a obvykle se tkáň přechladí (Müller-Thurgau 1880). Z nejnižšího bodu podchlazení pak křivka opět prudce vystoupí, v některých případech až na t. zv. první bod mrznutí, který je na křivce vyznačen krátkým nebo delším pozdržením (Maximov 1914; Zacharowa

1926; Walter, Weismann 1936; Luyet, Gehenio 1937). Po poklesu o 0,5 až 1 °C se objevuje další pozdržení, t. zv. druhý bod mrznutí. Po dosažení tohoto bodu křivka klesá stále rychleji podle ochlazování promrzlé tkáně.

Dvojí bod mrznutí byl podkladem četných diskusí, protože se u mrtvé tkáně nevyskytuje nikdy a u živé tkáně ne vždy.

Luyet a Gehenio dostali dvojí bod mrznutí v 33 ze 68 pokusů s bramborovými hlízami. Maximov a Zacharowa připisovali první vrchol mrznutí buněčné šťávy z poraněných buněk, druhý mrznutí živé tkáně. V poslední době se má za to (Luyet a Gehenio 1937), že na prvním bodu mrzne voda intercelulární, na druhém voda intracelulární vymrzávající z buněk. Zmrazení tkáně těsně pod první bod pravděpodobně neporušuje tkáň; buňky se začínají poškozovat až při ochlazení na t. zv. druhý bod mrznutí, který se pokládá za vlastní bod mrznutí tkáně.

Vztahem mezi zmrazováním a odumíráním bramborové tkáně se zabýval Maximov (1914), později Luyet a Condon (1938), kteří uvádějí metodu k určení citlivosti na nízké teploty.

Materiál a metodika

U deseti nejběžnějších čs. odrůd po sklizni na podzim a v jarních měsících po skladování se sledovaly křivky mrznutí a citlivost k nízkým teplotám, jejich vztah k obsahu vody a osmotické koncentraci v bramborové tkáni.

Osmotická hodnota buněčné šťávy je jedním z důležitých činitelů odolnosti proti mrazu. Její vliv nemusí být jen přímý (fysikálně chemické snížení bodu mrazu), jak se dříve předpokládalo, nýbrž i nepřímý, jak předpokládá na př. Maximov.

Odrůdy:

velmi rané	— Erstling
rané	— Bintje
polorané	— Krasava, Keřkovské rohličky
polopozdní až pozdní	— Voran
	— Kotnov, Universal
pozdní	— Český Triumf
velmi pozdní	— Karmen, Akersegen

Průběh křivek mrznutí se určoval podle metody Luyeta a Geheina (1937) a Luyeta a Condon (1938). Zmrazovaly se duté válečky vyříznuté z parenchymatického pletiva bramborové hlízy. Rozměry válečků:

- a) délka 43 mm, vnější průměr 12 mm, vnitřní průměr 6 mm,
- b) délka 38 mm, vnější průměr 18 mm, vnitřní průměr 10 mm,
- c) délka 38 mm, vnější průměr 12 mm, vnitřní průměr 6 mm.

Válečky se navlékaly na kuličku rtuťového teploměru (válečky většího průměru na Beckmannův teploměr dělený na 0,02 °C, válečky menšího průměru na teploměr dělený na 0,1 °C). Dutina válečku se ze spodu uzavřela malou zátkou vyříznutou z téže bramborové hlízy. Teploměry s válečky se upevnily do korkových zátek uzavírajících zkumavky, a to válečky většího průměru do zkumavky 13 cm dlouhé, o světlosti 3 cm a tloušťce skla 1 mm; válečky menšího průměru do zkumavky 13 cm dlouhé o světlosti 2,5 cm, tloušťce skla 1,6 mm. Zkumavka se upevnila do zátky thermoláhve naplněné chladicí směsí ledu a NaCl. Teplota chladicí lázně byla vždy v jedné serii pokusů konstantní a pohybovala se mezi —17 °C a —20,5 °C. Teplota bramborové tkáně se odčítala po 15 vteřinách.

Výhodou této metody je, že se pokusný váleček v poměru k objemu stýká s chladicím prostředím i s teploměrem velkým povrchem. Uspořádání umožňuje rychlé ustavení teplotní rovnováhy v celém systému.

Pokusy probíhaly ve dvou etapách: na podzim s válečky velikosti c). Z každé hlízy se vyřízl jeden váleček ze středu k sledování mrznutí. Na válečkách z okrajů se stanovila osmotická koncentrace hlízy, ve zbytku se určil obsah vody. Od každé odrůdy se zpracovávalo pět hlíz. Sušina se stanovila jednotlivě u každé hlízy obvyklou metodou: rozstrouhaná hlíza se předsuší 4 hodiny při 60 °C a pak se suší při 105 °C do konstantní váhy.

Na jaře se pracovalo s válečky velikosti a) a b): z jedné hlízy se odebralo několik vzorků ze středu i okraje. Teplota chlazení při jednotlivých měřeních se pohybovala od —17 do —20 °C. Křivky mrznutí se doplnily pouze vahou pokusných hlíz a vahou klíčků.

Osmotická koncentrace se sledovala podle metody Braunera (1932) a Craftse, Curriera a Stockinga (1949). Válečky z bramborové hlízy určitých rozměrů se ponořily na 3 hodiny do roztoku sacharosy různých koncentrací: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mol. Změny se sledovaly měřením a vážením. Po předběžných zkouškách se počet válečků omezil na 3, které se ponořily na 3 hodiny do roztoku 0,2; 0,3;

0,4; 0,5 mol sacharosy. Měření nebylo dostatečně přesné, takže při konečných zkouškách se válečky pouze vážily. Z každé hlízy se vyřízly 3 válečky průměru 8 mm. Válečky z jedné hlízy byly stejně dlouhé a jejich délka (2,8 až 4,5 cm) se řídila velikostí hlíz. Válečky v 0,2 mol roztoku sacharosy přibývaly na váze, v 0,4 mol roztoku ubývaly. Kritická koncentrace byla kolem 0,3 mol. Z rozdílů ve váze válečků před a po máčení vnesených do grafů se zjistila koncentrace sacharosy, která souhlasí s osmotickou hodnotou buněčné šťávy v bramborové tkáni. Tyto hodnoty přepočtené na hodnoty osmotického tlaku dávají přibližnou osmotickou hodnotu šťávy buněčné jednotlivých bramborových odrůd (se zanedbáním turgoru).

Citlivost k nízkým teplotám se určovala diferenční barevnou metodou podle Luyeta a Condon. Řezy bramborové tkáně se barví 2 minuty 0,5 % neutrální červení, po osušení se dá na řez asi na 5 vteřin kapka 0,4 % KOH. KOH volně proniká mrtvé buňky a odbarví je na žluto; živé buňky zůstanou červené. Řezy se potom plasmolysují 4 % NaCl. Červený obsah živých buněk se koncentruje do jasně zbarvených skvrn. Na řezu jsou ostře ohraničená zbarvená místa, t. zn. neporušené části, takže se snadno stanoví stupeň poškození zkoušené tkáně.

Válečky 3,5 až 4 cm dlouhé, průměru 7 mm se chladily ve zkumavkách (délka 10,3 cm, průměr 9 mm, tloušťka skla 0,5 mm) pevně uzavřených gumovou zátkou.

Při předběžných zkouškách teplota —1 až —1,5 °C neporušovala tkáň zkoušených odrůd. Proto při dalších pokusech se použilo teplot nižších: —2; —2,5; —3; —3,5 °C. Dva válečky z jedné hlízy (u každé odrůdy 2X) se ponořily ve zkumavkách na 12 hodin do lázně s příslušnou konstantní teplotou. Po ukončení pokusu se popsáním způsobem stanovil stupeň poškození chlazené tkáně a rozdělil do 5 skupin:

- 5 : válečky zcela červeně zbarvené : neporušené
- 4 : válečky ne zcela zbarvené
- 3 : válečky částečně zbarvené
- 2 : válečky místy zbarvené
- 1 : zbarvená hnízda buněk: téměř zmrzlé.

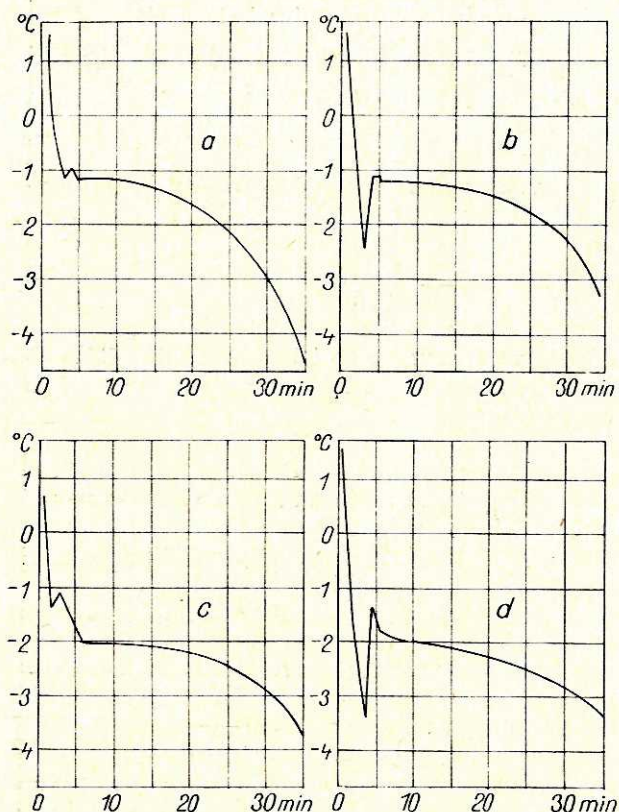
U každé odrůdy se sledovaly válečky ze dvou hlíz, z každého válečku dva preparáty:

- a) z krajů válečků,
- b) ze střední části.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

- a) Stanovení bodu mrznutí bramborové tkáně u různých odrůd:

Teplotní křivka zmrazovaných válečků z počátku prudce klesá, ve většině případů dochází k přechlazení a po vzestupu se teplota ustálí na bodu mrznutí, kde setrvá určitou dobu. Na polohu průměrného bodu mrznutí, která se u různých odrůd pohybovala od —1,09 do —1,99 °C, neměla vliv velikost pokusných válečků. U jarních vzorků byla střední odchylka nejmenší ± 0,02 °C u odrůd Krasava a Erstling, a největší ± 0,07 °C u odrůdy Triumf; z podzimních vzorků kolísaly nejméně odrůdy Bintje, Kotnov ± 0,03 °C, nejvíce Triumf ± 0,15 °C (tab. I). Kolísání bodů mrznutí je u podzimních vzorků



Obr. 1 — Teplotní křivky tkání bramborových hlíz: a, b odrůda Krasava; c, d odrůda Triumf. Na křivkách b, d se vyskytuje značné přechlazení

mnohem větší než u jarních, ale i tak jsou patrné rozdíly mezi odrůdami. Podle polohy bodu mrznutí se zkoušené odrůdy rozdělily do tří skupin:

- A) odrůdy s bodem mrznutí — 1 až — 1,3 °C,
- B) odrůdy s bodem mrznutí — 1,3 až — 1,65 °C,
- C) odrůdy s bodem mrznutí — 1,65 až — 2 °C.

Zařazení do těchto skupin u vzorků podzimních a jarních se většinou přibližně shoduje. Do skupiny A patří podle vysokého bodu mrznutí v obou obdobích Erstling (— 1,16; — 1,14 °C), Krasava (— 1,21;

— 1,21 °C), Voran (— 1,23; — 1,19 °C) a Ackersegen (— 1,09; — 1,16 °C). Nízký bod mrznutí (skupina C) na podzim i na jaře má Triumf (— 1,99; — 1,96). Universal a Kotnov podle podzimních výsledků patří do skupiny A (— 1,12; — 1,21), na jaře vykazaly nízký bod mrznutí — 1,71; — 1,98 (skupina C). Keřkovské rohlíčky přecházejí podle výsledků ze skupiny A do B (— 1,19; — 1,42); Karmen a Bintje z C do B (— 1,79; — 1,54; — 1,9; — 1,39) (tab. I).

b) Vliv váhy hlíz na výšku bodu mrznutí: hlízy různých velikostí téže odrůdy mají přibližně stejný bod mrznutí; hlízy stejné velikosti různých odrůd mají rozdílný bod mrznutí (tab. II).

c) Závislost polohy bodu mrznutí bramborové tkáně na přirozeném obsahu vody v hlízách. Odrůdy Voran, Triumf a Keřkovské rohlíčky mají shodný, poměrně nízký obsah vody (74 až 75 %), ale jejich body mrznutí se od sebe liší (tab. I).

Domněnka Luyeta a Gehenia, že se u tkání s vyšším obsahem vody vyskytují dva body mrznutí častěji než u tkání s nižším obsahem vody, se při pokusech nepotvrdila. Na př. Keřkovské rohlíčky a Triumf mají poměrně nízký obsah vody (75 %) a dvojitý bod mrznutí se ukázal skoro ve všech případech. Vzorek odrůdy Ackersegen, který měl vyšší obsah vody než je u této odrůdy obvyklé (80 %), neměl naopak nikdy dvojitý bod mrznutí.

Luyet a Gehenio však mluví o rozdílu mezi „máčenými“ a „vysoušenými“ hlízami, zatím co v našem případě jde o rozdíly v přirozeném obsahu vody. Rozdíl 5 % v obsahu vody není pravděpodobně dostatečně velký, aby se projevil.

Dvojitý bod mrznutí se vyskytoval téměř přesně u 50 % vzorků, a to podzimních i jarních. Průměrné hodnoty prvního bodu mrznutí jednotlivých odrůd byly — 0,81 až — 1,22 °C. Podobně jako u druhého bodu mrznutí jsou také tyto hodnoty podstatně nižší než uvádějí Luyet a Gehenio. U vzorků s normálním obsahem vody je v jejich pokusech první bod mrznutí od — 1,2 do — 2 °C.

Hodnoty naměřené u druhého bodu mrznutí — 1,09 až — 1,99 °C (při teplotě chlazení — 20 °C) leží přibližně uprostřed hodnot udávaných v lite-

Průměrné hodnoty charakterisující odolnost jednotlivých skupin k nízkým teplotám

Typ	Odrůda	Váha hlízy g	Obsah vody %	Bod mrznutí		Zařazení		Číslo mrznutí	Osmot. tlak at
				podzim	jaro	podzim	jaro		
polorané	Krasava	62	79,2	— 1,21 ± 0,06	— 1,21 ± 0,02	A	A	36	5,86
pozdní	Ackersegen	132	80,0	— 1,09 ± 0,08	— 1,16 ± 0,05	A	A	38	6,29
rané	Erstling	82	78,2	— 1,16 ± 0,08	— 1,14 ± 0,02	A	A	39	6,10
polopozdní	Voran	148	74,1	— 1,23 ± 0,09	— 1,19 ± 0,05	A	A	44	6,03
polorané	Keřk. rohl.	86	75,0	— 1,19 ± 0,11	— 1,42 ± 0,05	A	B	45	6,32
rané	Bintje	114	80,3	— 1,9 ± 0,03	— 1,39 ± 0,06	C	B	49	6,32
pozdní	Karmen	180	77,0	— 1,79 ± 0,12	— 1,54 ± 0,05	C	B	56	6,77
polopozdní	Kotnov	108	77,0	— 1,21 ± 0,03	— 1,98 ± 0,04	A	C	57	6,65
polopozdní	Universal	130	77,5	— 1,12 ± 0,14	— 1,71 ± 0,05	A	C	59	6,73
pozdní	Triumf	124	75,4	— 1,99 ± 0,15	— 1,96 ± 0,07	C	C	59	7,25

Tabulka I.

Chování jednotlivých hlíz různých odrůd k nízkým teplotám

jarní

Výsledky: podzimní

Odrůda	Čís.	Váha hlízy g	Obsah vody %	Bod mraznutí °C	Teplota lázně °C	Čís.	Válek	Váha hlízy g	Váha klíčků g	Bod mraznutí °C	Teplota lázně °C
Erstling	1	81,5	78,24	— 1,28	— 19,5	1	b	100	6,2	— 1,12	— 19,0
	2	85,5	76,98	— 1,1	— 19,5	2	b	90	3,—	— 1,17	— 19,5
	3	78,0	79,22	— 1,11	— 19,0	3	a	85	—	— 1,15	— 19,0
	4	59,0	77,05	— 1,21	— 20,0	4	b	—	5,2	— 1,13	— 18,0
	5	66,0	78,05	— 1,1	— 20,0	4	b	—	—	— 1,13	— 18,0
Krasava	1	56,5	79,77	— 1,2	— 20,0	1	a	—	nepatrné	— 1,2	— 18,0
	2	63,0	79,42	— 1,16	— 19,5	2	a	—	—	— 1,2	— 17,5
	3	60,5	77,4	— 1,19	— 19,5	3	a	—	—	— 1,2	— 19,5
	4	74,3	79,28	— 1,32	— 20,5	4	a	—	—	— 1,25	— 20,0
	5	60,1	80,12	— 1,2	— 20,0	4	b	—	—	— 1,2	— 19,5
Vorán	1	98,6	73,76	— 1,35	— 20,0	1	a	119,—	0,9	— 1,2	— 18,0
	2	98,0	74,59	— 1,32	— 19,0	2	b	243	0,3	— 1,25	— 17,5
	3	60,—	74,61	— 1,2	— 19,5	3	b	—	—	— 1,18	— 17,5
	4	162,7	74,9	— 1,13	— 20,0	4	a	—	—	— 1,2	— 18,8
	5	111,0	72,82	— 1,18	— 19,5	3	b	211,—	0,3	— 1,12	— 17,5
Ackersegen	1	117,0	78,78	— 1,04	— 20,0	1	a	—	2,2	— 1,2	— 20,0
	2	135,4	81,53	— 1,04	— 20,0	2	a	112,—	2,45	— 1,13	— 19,0
	3	158,0	79,01	— 1,15	— 20,0	3	b	114,—	—	— 1,21	— 19,0
	4	147,0	79,20	— 1,04	— 20,0	4	a	—	3,1	— 1,16	— 19,0
	5	112,5	81,11	— 1,21	— 20,0	4	b	185,—	—	— 1,1	— 18,0
Keřkovské rohličky	1	109,2	73,63	— 1,15	— 20,5	1	b	—	nepatrné	— 1,48	— 20,0
	2	83,4	78,6	— 1,08	— 20,5	2	a	—	—	— 1,4	— 18,5
	3	83,0	73,18	— 1,34	— 20,5	3	b	—	—	— 1,36	— 18,0
	4	82,8	75,85	— 1,12	— 20,0	4	b	—	—	— 1,46	— 18,5
	5	71,5	73,87	— 1,3	— 20,0	4	b	—	—	— 1,46	— 18,5
Universal	1	128,5	78,93	— 0,92	— 20,5	1	b	127,—	6,—	— 1,64	— 19,0
	2	249,5	78,09	— 1,13	— 20,5	2	b	123,—	5,15	— 1,73	— 18,5
	3	153,2	74,68	— 1,29	— 20,0	3	b	110,5	5,82	— 1,71	— 18,5
	4	98,0	78,6	— 1,1	— 19,0	4	b	114,5	0,8	— 1,76	— 18,0
	5	79,4	77,04	— 1,19	— 20,5	4	b	—	—	— 1,76	— 18,0
Kotnov	1	138,2	78,73	— 1,26	— 20,0	1	b	102,5	4,55	— 2,0	— 17,0
	2	104,9	75,69	— 1,2	— 20,0	2	b	96,7	1,85	— 1,96	— 18,0
	3	86,7	76,98	— 1,21	— 20,0	3	b	101,—	6,27	— 1,95	— 18,0
	4	77,7	76,48	— 1,19	— 19,5	4	b	149,—	5,1	— 2,0	— 18,0
	5	70,0	76,59	— 1,2	— 20,0	5	b	156,7	6,3	— 1,96	— 17,5
Bintje	1	181,3	81,06	— 1,9	— 20,5	1	b	99,—	1,7	— 1,37	— 19,0
	2	151,8	79,97	— 1,9	— 20,0	2	a	73,—	0,9	— 1,3	— 19,0
	3	125,0	80,14	— 1,88	— 20,0	3	a	93,—	0,6	— 1,4	— 20,0
	4	147,5	79,06	— 1,9	— 20,0	4	b	83,—	0,15	— 1,45	— 19,0
	5	105,3	81,14	— 1,95	— 19,5	5	a	—	—	— 1,45	— 18,0
Karmen	1	306,0	76,47	— 1,88	— 20,5	1	b	235,—	1,6	— 1,49	— 18,0
	2	219,7	77,7	— 1,61	— 20,0	2	a	187,5	1,6	— 1,5	— 20,0
	3	152,0	77,11	— 1,91	— 20,0	3	b	187,5	2,1	— 1,54	— 19,5
	4	147,0	76,84	— 1,78	— 20,0	4	a	82,03	1,5	— 1,62	— 19,0
	5	127,5	76,82	— 1,81	— 20,5	4	b	164,4	—	— 1,55	— 18,0
Triumf	1	125,2	74,43	— 2,2	— 20,0	1	b	181,7	6,95	— 1,91	— 18,5
	2	145,6	75,17	— 1,88	— 20,0	2	a	181,7	6,95	— 1,87	— 19,0
	3	120,7	75,61	— 1,82	— 20,5	3	b	92,9	3,3	— 2,02	— 18,5
	4	126,2	76,25	— 2,09	— 20,0	4	a	92,9	3,3	— 1,95	— 18,5
	5	86,7	75,63	— 1,98	— 20,0	3	b	95,—	4,07	— 2,04	— 18,0

Tabulka II

ratuře (-1 až $-2,74^{\circ}\text{C}$). Rozdílnost těchto hodnot způsobují patrně rozdíly v odrůdách i v pokusných podmínkách (na př. v použitých teplotách chlazení). Všichni autoři se shodují v tom, že naměřený bod mrznutí klesá s klesající teplotou chlazení a naopak. Podle Luyeta a Geheňa má na jeho polohu velký vliv rychlost ochlazování.

Při srovnávání naměřených výsledků se vycházelo z předpokladu, že pokusný materiál byl zkoušen za stejných podmínek.

d) *Osmotický tlak v buňkách pokusných odrůd* se pohybuje mezi 5,86 až 7,25 at. Nejnížší osmotický tlak je u odrůd, jichž bod mrznutí leží poměrně vysoko: Krasava, Voran, Erstling, Ackersegen (odrůdy skupiny A). Vysoký osmotický tlak mají odrůdy skupiny C (zařazení podle jarních výsledků): Kotnov, Universal, Karmen, Triumf. Přechodem mezi oběma skupinami jsou Keřkovské rohlíčky a Bintje (skupina B); (tab. I).

V průměru všech měření osmotický tlak zcela jasně stoupá tam, kde klesá bod mrznutí tkáně. Rozdíly v osmotických hodnotách jsou však tak malé, že jich nelze použít ani k výkladu rozdílných bodů mrznutí u různých odrůd, ani k bezpečné klasifikaci hlíz pokud jde o jejich chování k nízkým teplotám.

e) *Porušení tkání pokusných odrůd nízkou teplotou.* Dochází k němu v rozmezí -2 až $-3,5^{\circ}\text{C}$. Odrůdy s vysokým bodem mrznutí (skupina A) poškodila v okrajových částech již teplota -2°C . Nižší teploty poškodily značně tkáň těchto hlíz i ve střední části. Hlízy skupiny B snesly bez poškození středních částí teplotu $-2,5^{\circ}\text{C}$. Nejodolnější jsou hlízy skupiny C. K náhlému poškození tkání těchto hlíz došlo po snížení teploty pod -3°C . Ve všech případech poškodil bramborovou tkáň jednotlivých skupin přibližně -1°C pod průměrným bodem mrznutí (jarního období). Stupeň poškození u každého vzorku byl označen číslicí 5 až 1 (viz vpředu). Tyto hodnoty pro vzorky jedné odrůdy se sečly, a to pro teploty -2 ; $-2,5$; -3°C . Hodnota součtu udávala pak pořadí odrůd. Čím vyšší hodnota součtu, tím odolnější odrůda. Hodnoty pro $-3,5^{\circ}\text{C}$ se do součtu nezahrnuly, poněvadž při této teplotě byly hlízy všech odrůd velmi porušeny.

Rozdělení jednotlivých odrůd podle výšky bodu mrznutí souhlasí s jejich zařazením podle hodnoty osmotické koncentrace buněk i podle citlivosti k nízkým teplotám.

Údaje pro teplotu, při níž odumírá bramborová tkáň, se v literatuře u jednotlivých autorů dosti liší. Müller a Thurgau uvádějí nejvyšší hodnotu: -1 až $-1,2^{\circ}\text{C}$. Maximov klade tuto teplotu značně níže než bod mrznutí, až k teplotě -2°C . Luyet a Condon, kteří sledovali kvantitativní vztah mezi délkou mrznutí a počtem usmrcených buněk udávají, že tkáň zůstává zcela neporušená při zmrznutí vody mezi buněčné, t. j. až k druhému bodu mrznutí. Teprve po překročení druhého bodu mrznutí, kdy mrzne voda v buňkách, dochází k poškození tkání. Luyet a Geheňa i Maximov uvádějí, že při odumírání tkání není rozhodující stupeň ochlazení, ale množství vytvořeného ledu v tkáních. Zmrzne-li více než 35 % vody, buňky začínají hynout. Podrobná měření ukázala (Luyet a Condon 1938), že při pomalém ochlazování mrzne toto množství vody tehdy, klesne-

odrůda	hlíza	řez	teplota lázně $^{\circ}\text{C}$			
			-2,0	-2,5	-3,0	-3,5
Krasava	1	a	5	2		
		b	5	3	3	
	2	a	5	2		
		b	5	4		2
Ackersegen	1	a	5	2		
		b	5	4	3	
	2	a	5	2	2	
		b	5	3	3	
Erstling	1	a	5	2		
		b	5	4	3	
	2	a	3	3	2	
		b	5	4	4	2
Voran	1	a	3	3	3	2
		b	5	4	3	2
	2	a	5	3	3	
		b	5	4	4	2
Keřk. rohlíčky	1	a	5	2		
		b	5	4	3	2
	2	a	5	3		
		b	5	4	3	
Bintje	1	a	3	3	3	
		b	5	4	3	2
	2	a	5	4		
		b	5	4	4	2
Karmen	1	a		4	3	2
		b		5	4	3
	2	a		5	4	3
		b		5	4	3
Kotnov	1	a		5		
		b		5	3	3
	2	a		5		
		b		5	4	2
Universal	1	a		5		
		b		5	3	3
	2	a		5		
		b		5	4	3
Triumf	1	a		5	3	3
		b		5	4	3
	2	a		5		
		b		5	4	3

5 4 3 2 1

Obr. 2 — Vliv nízkých teplot na tkáň bramborových hlíz: 1 — mrtvá tkáň, 2 — z velké části porušená, 3 — částečně porušená, 4 — místy porušená, 5 — živá, neporušená tkáň

li teplota tkáně několik desetín stupně pod bod mrznutí. S dalším snižováním teploty se počet usmrcených buněk zvětšuje; při 3 až $3,5^{\circ}\text{C}$ pod bodem mrznutí zmrzne více než 70 % vody a všechny buňky hynou. Bramborová tkáň tedy hyne postupně v dosti širokém teplotním rozmezí.

Výsledky zkoušek se shodují s těmito údaji: K většinu poškození došlo u všech odrůd při podstatně nižší teplotě (přibližně o 1°C) než je jejich bod mrz-

nutí. Se snižováním teploty se poškození zvětšovalo, až při teplotě $-3,5^{\circ}\text{C}$ u skupiny A byly v některých případech tkáně skoro zmrzlé (t. j. $2,5^{\circ}\text{C}$ pod bodem mrznutí této skupiny).

Luyet a Condon uvádějí přibližný způsob určení množství ledu v mrznoucí tkáni. Při jejich pokusech mrzlo 35 % vody přibližně po 12 minutách, 70 % vody po 25 minutách. Podle jejich vzorce se určovalo množství vytvořeného ledu v tkáních, a to průměrné hodnoty pro 10 křivek mrznutí. Při popsaných pokusech se dospělo k podobným hodnotám, t. j. 35 % vody zmrzlo po 14 minutách, 70 % mezi 25 a 30 minutami.

Závěr

1. Ochlazováním živé tkáně bramborových hlíz se stanovily u typických odrůd čs. sortimentu brambor kritické teploty, při nichž dochází k namrzání hlíz. Bod mrznutí se u 10 zkoušených odrůd pohyboval od $-1,09$ do $-1,99^{\circ}\text{C}$.

2. Bod mrznutí hlíz téže odrůdy je za stejných podmínek téměř stálý a pro danou odrůdu charakteristický. Různé odrůdy brambor se bodem mrznutí hlíz navzájem liší; u čs. odrůd byly pozorovány tři charakteristické skupiny: A odrůdy s bodem mrznutí hlíz $-1,0$ až $-1,3^{\circ}\text{C}$; B $-1,3$ až $-1,65^{\circ}\text{C}$, C $-1,65$ až $-2,0^{\circ}\text{C}$.

Hlízy odrůd Erstling, Krasava, Voran, Triumpf, Ackersegen měly stejný bod mrznutí na podzim i na jaře (po uskladnění); poloha bodu mrznutí se však měnila u odrůd Universal a Kotnov (A—C), Bintje a Karmen (C—B), Keřkovské rohlíčky (A—B).

3. Rozdíl v kritické teplotě přímo nezávisí na obsahu vody v hlízách ani na velikosti (váze) jednotlivé hlízy; nemá na něj vliv vyšlechtěná ranost odrůdy.

4. Rozdíly v poloze bodu mrznutí odpovídají rozdílům v osmotickém tlaku šťávy buněčné; hlízy skupiny A mají osmotický tlak od 5,8 do 6,3 at, B kolem 6,32 at a C od 6,65 do 7,25 at. Přesto nelze osmotické hodnoty bramborové tkáně používat jako spolehlivého kritéria její odolnosti k mrznutí.

5. Odolnost bramborových hlíz vůči odumírání tkáně vlivem nízkých teplot je nepřímo úměrná poloze bodu mrznutí a přímo úměrná osmotické koncentraci; hlízy určité odrůdy jsou odolnější, čím nižší je charakteristická teplota bodu mrznutí a čím vyšší je osmotický tlak. Hlízy odrůd skupiny C byly velmi poškozeny až při $-3,5^{\circ}\text{C}$, kdežto u skupiny A již při -2°C .

Literatura

- BRAUNER L.: Pflanzenphysiologisches Praktikum, II. díl, Jena 1932
CRAFTS A. S., CURRIER H. B., STOCKING C. R.: Water in the physiology of plants (1949) — překlad D. A. Sabinina, Moskva (1951)
LUYET B. J., GEHENIO P. M.: The double freezing point of living tissues. Biodynamica 30 (1937)
LUYET B. J., CONDON H. M.: Temperature relationships and ice water proportions during death by freezing in plant tissues. Biodynamica 37 (1938)
MAXIMOV N. A.: Experimentelle und kritische Untersuchungen über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot., 53 (1914)
MULLER—THURGAU H.: Über das Gefrieren und Erfrieren der Pflanzen. I. Landw. Jahr. B. 9, Berlin (1890)
WALTER H., WEISMANN O.: Über die Gefrierpunkte und osmotischen Werte lebender und toter pflanzlicher Gewebe. Jahrb. f. wiss. Bot., 82 (1936)
ZACHAROWA T. N.: Über den Einfluss niedriger Temperaturen auf die Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 65 (1926)