

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

2

ROČNÍK 29 (LVI)
PRAHA
ÚNOR 1983
CENA 10 Kčs
CS ISSN 0044-3683

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
USTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Vědecký časopis

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Řídí redakční rada

Ing. Jiří Fiala, DrSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Vladimír Dufek, prof. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Dušan Hutla, doc. ing. Ján Jech, CSc., ing. Jiří Kulík, ing. Vladimír Píša, doc. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Štefl, CSc., Josef Višínský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá ing. Jiří Fiala, DrSc.

Redaktorka ing. Jovanka Václavíčková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1983

■

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA uveřejňuje studie, rozborů a vědecká pojednání o vyřešených úkolech výzkumu v oboru zemědělská technika. Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Vychází měsíčně: Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541-9. Celoroční předplatné Kčs 120,—.

■

Научный журнал ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA публикует обзоры, анализы и научные статьи о решенных заданиях по научному исследованию в области сельскохозяйственной техники. Издаёт Чехословацкая сельскохозяйственная академия — Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выход в свет ежемесячно. Редакция 120 56 Прага 2, Слезска 7.

■

The scientific journal ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA publishes studies, analyses and scientific treatises about the solved research tasks in the line of the agricultural mechanization. Published by the Czechoslovak Academy of Agriculture — Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. Issued monthly. Editorial office 120 56 Praha 2, Slezská 7.

MĚŘENÍ DYNAMICKÉHO YOUNGOVA MODULU ENDOSPERMU OBILÍ PULSNÍ ULTRAZVUKOVOU METODOU

P. Hnilica, S. Grundas

HNILICA, P. — GRUNDAS, S. (Vysoká škola zemědělská, Praha; Ústav agrofyziiky Polské akademie věd, Lublin): *Měření dynamického Youngova modulu endospermu obilí pulsní ultrazvukovou metodou*. Zeměd. Techn., 29, 1983 (2) : 65–80.

V práci jsou řešeny některé problémy měření reologických vlastností obilního endospermu pulsní ultrazvukovou metodou s pulsy na frekvenci kolem 1 MHz. Měřeny byly vzorky ve tvaru pravoúhlých kvádrů, zhotovené z pšenice odrůdy 'Jana' a 'Grana' a z ječmene odrůdy 'Rapid'. Rychlost zvuku byla počítána z doby průchodu čela pulsu jednotlivými vzorky, nebo sloupcem sestaveným z několika vzorků. Byl navržen způsob korekce naměřené rychlosti na geometrickou disperzi, viskoelastickou disperzi a útlum. Ze statistických charakteristik rozměrů vzorků a jejich charakteristických impedancí byla odvozena střední hodnota součinitele akustického kontaktu a součinitele přestupu. Tyto součinitele pak vystupují ve vztahu, který byl odvozen kvůli přibližnému posouzení útlumových vlastností zrna. Hodnota dynamického Youngova modulu v oblasti megahertzové frekvence deformací je asi 6500 MPa, to je šestkrát až sedmkrát více než dříve naměřené hodnoty pro statické moduly. Byl zjištěn i součinitel útlumu v hodnotách 10^5 až $10^6 \cdot s^{-1}$. Výsledky práce mohou sloužit při řešení problémů technologického zpracování obilí a při konstrukci strojů.

reologie; reologie obilí; akustika; akustické vlastnosti obilí; součinitel tlumení v endospermu; ultrazvuková metoda měření

Reologické vlastnosti obilních zrn jsou jedním z faktorů, které určují výsledky jejich silových interakcí s pracovními částmi sklizňových a zpracovatelských strojů i s částmi různých manipulačních systémů. Znalost těchto vlastností může být využito k omezení nežádoucích účinků u nově konstruovaných mechanizačních prostředků, dále pro účely šlechtění, k optimalizaci technologických procesů zpracování obilí a pro technologickou kontrolu.

Cílem této práce bylo získat nové poznatky o chování endospermu obilí, který zaujímá většinu objemu zrna, při ultrazvukových frekvencích deformace. Takové poznatky dosud chybí.

U jiných materiálů rostlinného původu se již měření ultrazvukovou metodou dělala. Garrett a Furry (1972) např. s její pomocí stanovili dynamický Youngův modul a Poissonovo číslo dužniny jablek, Wen a Mohsenin (1970a) změřili tahový modul pružnosti dřeva a Gawdová (1978a, b) jí použila ke studiu mechanických vlastností stébla pšenice.

Akustická měření na endospermu, ale především hodnocení jejich výsledků, jsou dost obtížná, protože obilní zrna jsou malá. Jejich metodiku je třeba postupně propracovat. Problémy námi uskutečněných měření jsme předběžně posoudili za použití hodnot statických modulů pružnosti zrna, zjištěných s různou přesností a různými metodami v dřívějších pracích (Špoljanskaja, 1952; Zoerb a Hall, 1960; Arnold a Roberts, 1966; Shelefová a Mohsenin, 1971; Hnilica, 1979). Výpočty ukázaly, že dokonce

u krátkých pulsů s dobou trvání kolem $2 \cdot 10^{-6}$ s je možné očekávat geom etrickou disper zi vln. Disperze nastane v důsledku srovnatelnosti délky vln s příčnými rozměry vzorků, jaké je možné ze zrn připravit. Důležité je také konstrukční přizpůsobení snímače pulsů příčným rozměrům vzorků. K dispozici jsou obvykle snímací hlavy mnohem větších rozměrů, než jsou rozměry obilního zrna. Při takové geometrii probíhá měření se sniže nou citlivostí.

Hodnoty dynamických modulů pružnosti endospermu lze najít např. v práci, kte rou uveřejnili Wen a Mohsenin (1970b), Hammerle aj. (1971), Hammerle a Moh senin (1970) a jiní, ovšem pro velmi nízké frekvence cyklického zatěžování. Výsledky získané v této práci rozšiřují dosavadní poznatky o viskoelastickém chování endospermu, neboť s dostupnou přesností zachycují velmi krátkodobé složky relaxačního modulu.

MATERIÁL A METODY

PŘÍPRAVA VZORKŮ

Námi měřené vzorky měly tvar pravouhlých kvádrů. Byly vyříznuty z jednotlivých zrn po mocí sáňkového mikrotomu, který byl k tomuto účelu opatřen speciálně vyrobeným nožem a upi nacím zařízením. Metoda přípravy vzorků uvedeného tvaru byla vypracována (Hnilica, 1979) pro účely studia reologických vlastností endospermu při pomalé deformaci. Materiálem pro jejich vý robu byla zrna pšenice odrůd 'Jana' a 'Grana' o vlhkosti 11,3 % a zrna ječmene odrůdy 'Rapid' o vlhkosti 11,2 %.

Vzorky byly prostorově orientovány s ohledem na vnitřní biologicky podmíněnou stavbu zrna, aby bylo možné posoudit jeho anizotropii. Souřadný systém byl zvolen podle obr. 1, na kte rém je ukázán také tvar vzorků. Označení rozměrů odpovídá směru souřadnic. Nekolmost stěn, kontrolovaná u některých z nich pomocí optického mikrometru, byla velmi malá. Nepřevyšovala $0,2^\circ$. Rozměry byly měřeny mikrometrickým šroubem. Statisticky zhodnocené rozměry vzorků uvádí tab. I.

Hotové vzorky obsahovaly jen endosperm, embryo bylo úplně odstraněno. U pšenice zbyla část obalových vrstev, ale jenom v oblasti střední rýhy, kterou nebylo možné zcela odstranit. U odrůdy 'Jana', která měla velké obilky, nezasahoval zbytek rýhy ani do poloviny rozměru z.

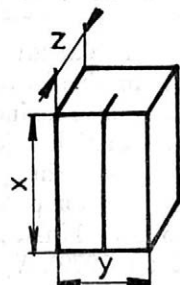
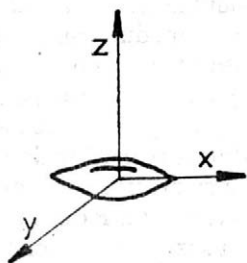
MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ A ZPŮSOB MĚŘENÍ RYCHLOSTI ZVUKU

Rychlost šíření zvuku byla počítána z doby průchodu čela deformačního pulsu sloupcem materiálu o známé výšce. Pro tato měření byl použit přístroj fy Unipan, Materials tester typ 541, s piezoelektrickými hlavami 1 LT 17B, resp. 1 LR 17B jako zdrojem, resp. snímačem pulsů na fre kvenci 1 MHz, a s hlavami obdobné konstrukce pro charakteristickou frekvenci pulsů 0,5 MHz. Dobu průchodu měří uvedený přístroj digitálně, s přesností $0,1 \mu s$.

Vyříznuté vzorky byly mezi měřicí hlavy vkládány jednak jednotlivě, jednak sestavené do sloupců až z devíti kusů, vždy se zachováním stejné orientace k souřadným osám x , y , z . Akustické

orientace os

rozměry



1. Orientace souřadných os vzhledem k znu, tvar a označení rozměrů ze zrn připravených vzorků — Orientation of coordinate axes in relation to grain, shape and the dimension denotations of the prepared samples

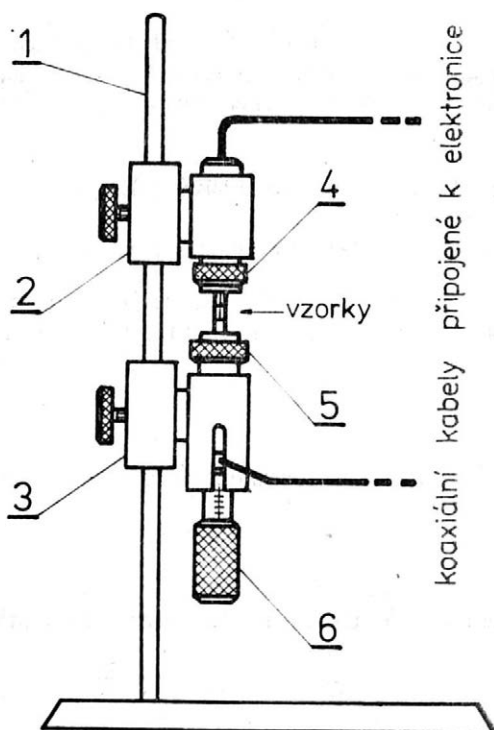
I. Rozměry vzorků ve tvaru pravidelného kvádrů, vyříznutých z obilních zrn (je uváděn průměr a směrodatná odchylka) — The dimensions of regular rectangular samples cut from cereal grains (the mean and standard deviation are shown)

Plodina	Rozměry			Počet hodnocených vzorků
	x [mm]	y [mm]	z [mm]	
Pšenice Jana	2,633 ± 0,251	2,380 ± 0,139	2,138 ± 0,142	124
Pšenice Grana	2,513 ± 0,250	2,299 ± 0,097	1,988 ± 0,112	30
Ječmen Rapid	2,922 ± 0,200	2,439 ± 0,088	1,944 ± 0,072	85

kontakty mezi vzorkem a hliníkovými čely zdroje nebo snímače pulsů i mezi vzorky navzájem byly suché. Použití kapaliny není v daném případě vhodné, protože by nasákla do měřeného materiálu a výsledky by byly zkresleny.

Předběžné experimenty ukázaly, že na stykových plochách vzorků je nutné vyvinout dostatečnou přítlačnou sílu. K tomuto účelu bylo zhotoveno zařízení, které umožňovalo rychlý vertikální posuv horní i dolní hlavy, a tím vytvoření dostatečného prostoru pro vložení vzorku nebo sestavení jejich sloupce s možností aretace polohy, jakož i konečné stisknutí vzorků konstantní silou. Poslední požadavek byl konstrukčně realizován posuvným uložením spodní hlavy a jejím opěním o mikrometrický pohybový šroub, jehož součástí byl mechanismus pro nastavení potřebného maxima kroučícího momentu. Volili jsme takovou sílu stisku, aby se při jejím dalším zvětšování neměnily měřené doby průchodu pulsů. Vzorky přitom nebyly deformovány plasticky. Schéma měřicího zařízení ukazuje obr. 2.

Při sestavování sloupce vzorků nebyl brán zřetel na polohu střední rýhy ani pro směr y. Celková vzdálenost mezi zdrojem a snímačem pulsů byla určena rozměrem nebo součtem rozměrů dříve proměřené skupiny vzorků v každém ze tří směrů.



2. Schéma mechanické části zařízení použitého k měření rychlosti ultrazvukových vln v endospermu obilí — Diagram of the mechanical part of the equipment used to measure the speed of ultrasound waves in grain endosperm

1 — stojan, 2 a 3 — horní a spodní posuvná objímka s aretací, 4 a 5 — piezoelektrický vysílač nebo snímač pulsů, 6 — mikrometrický šroub

VÝSLEDKY

NAMĚŘENÁ DATA

Hustota endospermu

Pravidelný tvar vzorků umožnil použít k měření hustoty endospermu přímé metody. Vzorky dříve změřených rozměrů byly jednotlivě zváženy a hustota byla vypočtena ze vzorce

$$\rho_i = m_i / V_i \quad (1)$$

kde: m_i — hmotnost vzorků
 V_i — objem vzorků

Výsledky těchto měření shrnuje tab. II. Hustota endospermu je velmi málo variabilní.

Zbytek střední rýhy u pšenice ovlivňuje zjištěnou hustotu zanedbatelně, protože tvoří jen malý zlomek objemu pravidelného vzorku.

Rychlost čela ultrazvukové vlny

Statisticky zpracované výsledky měření rychlosti čela ultrazvukové vlny jsou shrnuty v tab. III. Tabelované hodnoty byly počítány ve vztahu

$$c'_s = \sum_{i=1}^k l_{si} / t_m \quad (2)$$

kde: $l = \sum_{i=1}^k l_{si}$ — součet délek k vzorků sloupce při orientaci ve směru s
 t_m — doba průchodu pulsu sloupcem

U všech odrůd byly výsledky zpracovány samostatně pro každý směr $s = x, y, z$ a pro každý použitý počet k vzorků ve sloupci. Obě odrůdy pšenice byly měřeny při frekvenci deformačního impulsu 1 MHz, ječmen při frekvenci 0,5 MHz.

ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ RYCHLOSTI

Posouzení odchylky rychlosti c'_s od průměrné rychlosti \bar{c}_s pro skupinu vzorků

Rychlost c'_s podle vzorce (2) nemá přesně význam průměrné rychlosti. Doba, za kterou projde čelo vlny sloupcem vzorků, je ve skutečnosti rovna

$$t_m = \sum_{i=1}^k (l_{si} / c_{si}) \quad (3)$$

Nahradíme-li v tomto vzorci délku a rychlost součty

$$l_{si} = \bar{l}_s + \Delta l_{si} \quad c_{si} = \bar{c}_s + \Delta c_{si} \quad (4)$$

v nichž jsou pruhem označeny průměry a Δl_{si} , Δc_{si} jsou odchylky od průměrů, a rozvíme-li zlomek v Maclaurinovu řadu podle $\Delta c_{si} / \bar{c}_s$, dostaneme po jednoduché úpravě

$$\bar{c}_s t_m = k \bar{l}_s + \bar{l}_s \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{\infty} (-\Delta c_{si} / \bar{c}_s)^j + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{\infty} \Delta l_{si} (-\Delta c_{si} / \bar{c}_s)^j \quad (5)$$

II. Výsledky měření hustoty endospermu jednotlivých zrn — The results of the measurement of endosperm density in individual grains

Plodina	Hustota v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	Koeficient variability
Pšenice Jana	1376 ± 74	5,4%
Pšenice Grana	1323 ± 56	4,2%
Ječmen Rapid	1364 ± 34	2,5%

III. Naměřené hodnoty rychlosti čela ultrazvukového pulsu c'_s (je tabelován průměr a směrodatná odchylka pro skupinu vzorků ve sloupci) — The values of the velocity of the front of ultrasound pulse c'_s (the mean and standard deviation are tabulated for sample group in column)

Plodina a frekvence pulsu	Počet vzorků ve sloupci k	Naměřená rychlost c'_s ve směru s v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	Počet hodnocených měření
Pšenice Jana 1 MHz	1	$c'_x = 2895 \pm 240$ $c'_y = 2815 \pm 307$ $c'_z = 3022 \pm 285$	21
	3	$c'_x = 2308 \pm 80$ $c'_y = 2250 \pm 174$ $c'_z = 2442 \pm 189$	9
	4	$c'_x = 2200 \pm 72$ $c'_y = 2193 \pm 59$ $c'_z = 2239 \pm 200$	3
Pšenice Grana 1 MHz	3	$c'_x = 2099 \pm 133$ $c'_y = 1980 \pm 107$ $c'_z = 2253 \pm 146$	10
Ječmen Rapid 0,5 MHz	1	$c'_x = 2434 \pm 35$ $c'_y = 2513 \pm 7$ $c'_z = 2894 \pm 296$	2
	4	$c'_x = 2284 \pm 109$ $c'_y = 2391 \pm 77$ $c'_z = 2538 \pm 92$	5
	9	$c'_x = 1945$ $c'_y = 2137$ $c'_z = 2110$	1

Veličiny Δl_{st} a $\Delta c_{st}/\bar{c}_s$ jsou nezávislé, a tedy nekorelované, s nulovými průměry. Proto lze třetí člen na pravé straně odhadnout nulou. Dále je možné brát $\Delta c_{st}/\bar{c}_s < 1$ (podle statických měření — Hnilica, 1979 — nedosahoval koeficient variability modulů ani 20% pružnosti endospermu a zde zjištěná variabilita hustoty ρ je velmi malá). Omezíme-li se potom v předchozí rovnici na první dva stupně mocniny $\Delta c_{st}/\bar{c}_s$ a dosadíme-li

$$\sum_{i=1}^k (-\Delta c_{st}/\bar{c}_s)^2 = (k-1) (s_{cs}/\bar{c}_s)^2 \quad (6)$$

kde: s_{cs} — směrodatná odchylka rychlosti zvuku

dostaneme

$$\bar{c}_s \doteq \frac{\bar{l}_s}{t_m} \left[k + (k-1) \left(\frac{s_{cs}}{\bar{c}_s} \right)^2 \right] = c'_s \left[1 + \frac{k-1}{k} \left(\frac{s_{cs}}{\bar{c}_s} \right)^2 \right] \quad (7)$$

Výraz za rychlosti c'_s má význam korekčního součinitele. Poměr s_{cs}/\bar{c}_s proto stačí odhadnout pomocí výsledků měření na jednotlivých vzorcích, tj. přibližně hodnotou 0,09 až 0,1. Odchylka c'_s od \bar{c}_s vychází zanedbatelně malá, nečiní ani 1%. Vzorec (2) je tedy pro hodnocení experimentů dobře použitelný a hodnoty uvedené v tab. III není třeba korigovat.

Posouzení anizotropie materiálu vzhledem k rychlosti šíření deformačních pulsů

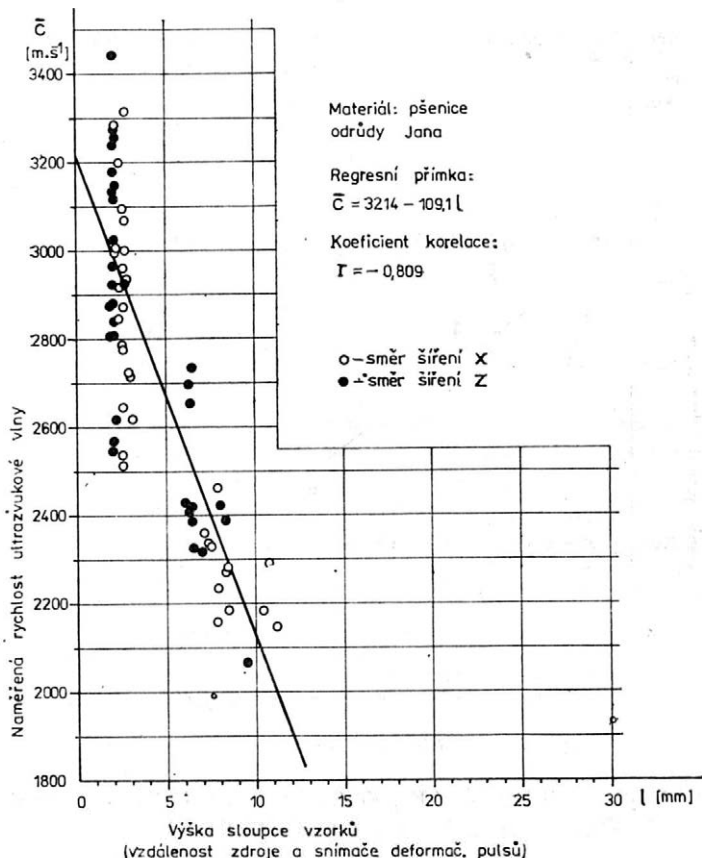
Mezi rychlostmi c'_s zjištěnými pro jednotlivé směry šíření pulsů sloupce o určitém počtu vzorků k jsou z předchozí tabulky patrný menší rozdíly. Některé z výsledků byly proto statisticky otestovány na 5% hladině významnosti. Rychlosti c'_s , naměřené na jednotlivých vzorcích ze zrn pšenice odrůdy 'Jana' ($k=1$), se liší neprůkazně. U hodnot získaných se sloupcem tří vzorků je statisticky průkazný rozdíl mezi c'_y a c'_z pro tutéž odrůdu pšenice a navzájem mezi všemi hodnotami pro pšenici 'Grana'. U ječmene byl prokázán rozdíl mezi hodnotami c'_y a c'_z a mezi hodnotami c'_x a c'_z , naměřenými se sloupcem čtyř vzorků.

Zjištěné rozdíly přesto neprokazují anizotropii endospermu vzhledem k rychlosti zvuku, i když ji nevyklučují. Výrazněji se totiž projevuje závislost naměřené c'_s na výšce sloupce, hlavně u pšenice, která může mít více příčin. U pšenice má při měření ve směru y určitý význam také vzájemná poloha zbytků střední rýhy. Ty při použité nepravidelné poloze zřejmě způsobily prodloužení vzdálenosti pro průchod vln. Naměřená c'_y je pak nižší než zbylé dvě rychlosti, jak ukazují výsledky v tab. III. U ječmene tento efekt není patrný. K posouzení anizotropie budou nutná početnější měření na jednotlivých vzorcích, přepočtená na stejnou délku vzorku na základě poznatků o reologických vlastnostech daných materiálů. Při sestavování sloupců pšeničných vzorků bude nutné věnovat pozornost poloze zbytků rýhy.

Závislost naměřené rychlosti \bar{c} na výšce sloupce vzorků

Všechny naměřené výsledky pro pšenici odrůdy 'Jana', s výjimkou hodnot pro směr y , ve kterém se projevil vliv zbytků střední rýhy obilky, jsou po korekci vyneseny v souřadnicích $\bar{c} - l$ na obr. 3. Na obr. 4 jsou v týchž souřadnicích vyneseny výsledky pro ječmen odrůdy 'Rapid', tentokrát pro všechny směry šíření vln. Vliv orientace vzorků, a tedy anizotropie, není z rozložení experimentálních bodů patrný. Regresní závislost proto byla považována za shodnou pro všechny směry. S ohledem na charakter dat byla k jejímu vyjádření užitá přímka

3. Hodnoty naměřené rychlosti čela ultrazvukové vlny v endospermu pšenice odrůdy 'Jana' a průběh její regresní závislosti na výšce sloupce vzorků — The values of the speed of ultrasound wave front in the endosperm of the 'Jana' wheat cultivar and the course of its regression dependence on the height of sample column



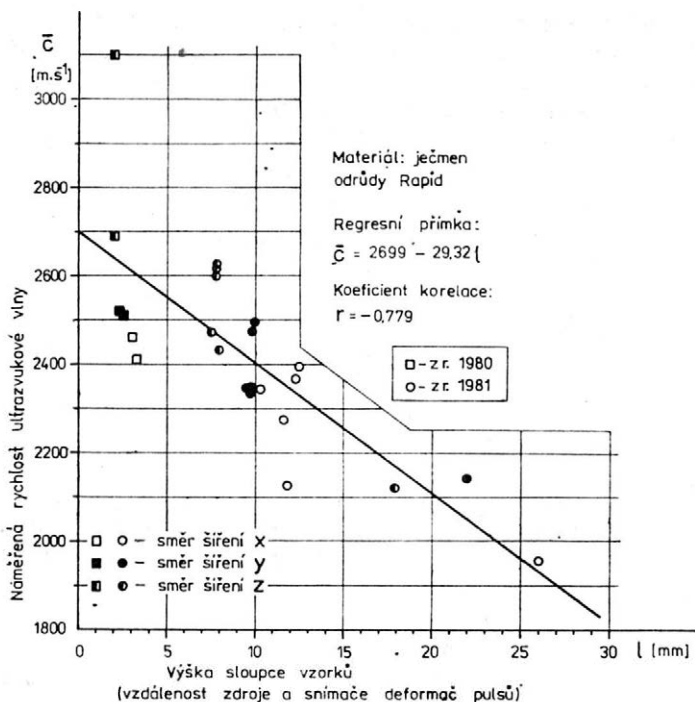
$$\bar{c} = A + B \cdot l \quad (8)$$

Výsledky regresní analýzy jsou shrnuty v tab. IV.

Pro obě odrůdy pšenice byly výpočty provedeny bez hodnot pro směr y . Pro odrůdu 'Jana' je závislost statisticky průkazná, stejně jako pro ječmen odrůdy 'Rapid'. Pro odrůdu 'Grana' se závislost nepodařilo prokázat, neboť bylo měřeno jen úzké rozmezí výšek sloupce. Testy byly provedeny na 5% hladině významnosti.

IV. Výsledky lineární regresní analýzy závislosti naměřené rychlosti šíření ultrazvukového pulsu \bar{c} na výšce sloupce vzorků (jsou tabelovány i směrodatné odchylky regresních koeficientů) — The results of the linear regression analysis of the dependence of the rate of propagation of ultrasound pulse \bar{c} on the height of sample column (the standard deviations of regression coefficients are also shown)

Plodina	Regresní koeficienty		Koeficient korelace r	Statistická průkaznost r
	A [m.s ⁻¹]	B [m.s ⁻¹ .mm ⁻¹]		
Pšenice Jana	3214 ± 51	$-109,1 \pm 9,9$	-0,81	průkazný
Pšenice Grana	2723 ± 274	$-78,3 \pm 40,2$	-0,42	neprůkazný
Ječmen Rapid	2699 ± 56	$-29,3 \pm 5,0$	-0,78	průkazný



4. Hodnoty naměřené rychlosti čela ultrazvukové vlny v endospermu ječmene odrůdy 'Rapid' a průběh její regresní závislosti na výšce sloupců vzorků — The values of the speed of ultrasound wave front in the endosperm of the 'Rapid' barley cultivar and the course of its regression dependence on the height of sample column

ROZBOR VÝSLEDKŮ AKUSTICKÝCH MĚŘENÍ Z HLEDISKA REOLOGIE A VÝPOČET DYNAMICKÉHO YOUNGOVA MODULU

Některé obecné souvislosti akustických, reologických a rozměrových charakteristik těles pro geometricky nejjednodušší případy šíření deformačních vln jsou ve zkratce uvedeny v dodatku k tomuto článku. S jejich užitím je možné vysvětlit příčiny poklesu naměřené rychlosti \bar{c} s výškou sloupce vzorků. Jednou z příčin je také zeslabení amplitudy pulsů na stykových plochách vzorků.

Příčiny poklesu naměřené rychlosti \bar{c} s výškou sloupce vzorků

Deformační napětí v piezokrystalu, vyvolávající odezvu elektronických obvodů, je odvozeno od určité hodnoty napětí σ_c na čele pulsu prošlého vzorkem. Dosažení tohoto napětí se vzhledem k signálu od zdroje pulsů časově zpožďuje, a to v důsledku prodloužení náběhu čela pulsu. Náběh se prodlužuje vlivem geometrické disperze vln, o níž již byla zmínka (jak znázorňuje obr. 5 v dodatku), viskoelastickou disperzí a útlumem. Naměřená doba průchodu pulsu sloupcem vzorků je rovna

$$t_m = \frac{l}{c_1} + \Delta t'_c(\sigma_c, l) - \Delta t'_c(\sigma_c, 0) \quad (9)$$

kde: $\Delta t'_c(\sigma_c, l)$ — hodnota inverzní funkce k funkci $\sigma = \sigma_{max}(\Delta t', l)$, která vyjadřuje časový průběh napětí v bodě σ_c, l ; přitom $\Delta t' = t - (l/c_1)$, kde: t — doba od vzniku deformačního pulsu

Fyzikální význam rychlosti c_1 je popsán v dodatku.

Jedna z podmínek pro disperzi je splněna tím, že pulsy s dlouhou opakovací dobou, i když jsou dostatečně hladké a bývají charakterizovány jedinou frekvencí, mají spojité

spektrum. Např. spektrální funkce impulsu tvaru poloviny periody sinusového kmitu o úhlové frekvenci ω_0 a amplitudě σ_{max} je dána vztahem

$$|F(\omega)| = \left| \sigma_{max} \frac{2\omega_0}{\omega_0^2 - \omega^2} \cos \left(\frac{\pi}{2} \frac{\omega}{\omega_0} \right) \right| \quad (10)$$

Zdrojem poklesu amplitudy na čele procházejícího pulsu jsou kromě viskoelastických ztrát také odrazy vln na stykových plochách jednotlivých vzorků. Dochází k nim ze dvou důvodů:

- stykové plochy vzorků nejsou přesně stejné,
- vzorky nemají přesně stejnou charakteristickou impedanci z_i .

Energie se na čele pulsu přenáší z jednoho vzorku na druhý jen přes skutečně vytvořenou plochu akustického kontaktu. Ta je rovna menší z kontaktujících čelních ploch, jestliže geometrické poměry nebrání kontakt takto vytvořit. Použité vzorky byly přibližně geometricky podobné. Pokles amplitudy na čele pulsu z geometrických příčin můžeme charakterizovat součinitelem akustického kontaktu, který lze definovat takto:

$$a_i = \begin{cases} 1 & \text{pro } S_i/S_{i+1} = \delta_i \leq 1 \\ S_{i+1}/S_i & \text{pro } \delta_i > 1 \end{cases} \quad (11)$$

Plochy S_i a S_{i+1} jsou ze statistického hlediska nezávislé veličiny, které mají stejný průměr \bar{S} a stejný rozptyl s_s^2 . Jejich poměr δ_i má průměr rovný jedné a rozptyl, odhadnutý pomocí zákona šíření chyb, je roven přibližně

$$s_\delta^2 \doteq 2 (s_s/\bar{S})^2 \quad (12)$$

Za předpokladu, že δ_i má přibližně normální rozdělení, je hustota pravděpodobnosti náhodné veličiny a_i dána vztahem

$$h(a) = \begin{cases} \frac{1}{s_\delta \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(a-1)^2}{2s_\delta^2} \right] & \text{pro } a < 1 \\ 0,5 \delta(1) & \text{pro } a \geq 1 \end{cases} \quad (13)$$

kde: $\delta(a)$ – Diracova funkce

Průměrná hodnota součinitele akustického kontaktu je potom přibližně rovna

$$\bar{a} = \int_0^1 ah(a) da \doteq 1 - \frac{s_\delta}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\infty u \cdot \exp(-u^2/2) du = 1 - \frac{1}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{s_\delta}{\bar{S}} \right) \quad (14)$$

Pokles amplitudy čela pulsu v důsledku další z příčin odrazu vln na rozhraní vzorků lze charakterizovat součinitelem přestupu β_i

$$\beta_i = 4 \frac{z_i \cdot z_{i+1}}{(z_i + z_{i+1})^2} \quad (15)$$

Jeho střední hodnota může být odvozena takto: Charakteristické impedance z_i a z_{i+1} jako náhodné, vzájemně nezávislé veličiny pocházejí ze stejného rozdělení. Průměry obou je proto možné odhadnout stejnou hodnotou \bar{z} , rozptyly s_z^2 . Rozvedeme-li pra-

vou stranu rovnice (15) v okolí průměru v Taylorovu řadu a vezmeme-li v úvahu pouze tři členy rozvoje, dostaneme s dobrou přesností

$$\beta_i = 1 - \frac{1}{2 \cdot 2!} \left(\frac{1}{\bar{z}} \right)^2 (\Delta z_i^2 - 2 \Delta z_i \cdot \Delta z_{i+1} + \Delta z_{i+1}^2) \quad (16)$$

kde: Δz_i a Δz_{i+1} — odchylky od průměru

Odchylky jsou nekorelované s nulovým průměrem. Součet jejich součinů proto může být odhadnut nulou a součty jejich čtverců $\Sigma \Delta z_i^2$, $\Sigma \Delta z_{i+1}^2$ mají stejný statistický odhad $(n-1)s_z^2$, kde: n — počet měření. Statistický odhad $\bar{\beta}$, počítaný jako průměr β_i na základě n hodnot z_i , je potom

$$\bar{\beta} = 1 - \frac{1}{2} \frac{n-1}{n} \left(\frac{s_z}{\bar{z}} \right)^2 \quad (17)$$

Celkové energetické ztráty na čele procházejícího pulsu, způsobené odrazy na stykových plochách sloupce o k vzorcích, jsou potom charakterizovány součinitelem

$$(\bar{\alpha} \cdot \bar{\beta})^{k-1} \quad (18)$$

Jeho druhá odmocnina je měřítkem zmenšení amplitudy na čele pulsu. Výška sloupce je v průměru úměrná počtu vzorků.

Časové zpoždění v dosažení minimální potřebné velikosti napětí σ_c narůstá se vzdáleností l a naopak téměř vymizí u vzorků krátkých. Platí

$$\lim_{l \rightarrow 0} \bar{c} = \bar{c}_{max} \quad (19)$$

Rychlost \bar{c}_{max} je teoreticky rovna rychlosti c_1 .

Výpočet dynamického Youngova modulu

Ke zjištění rychlosti \bar{c}_{max} , minimálně ovlivněné útlumem a viskoelastickou disperzí, by bylo třeba užít krátkých vzorků. Takové řešení je problematické, protože relativní chyba měření doby průchodu vlny rychle roste. Za předpokladu, že i vně rozmezí použitých výšek sloupce vzorků $l = \Sigma l_i$ je zachován trend změn, může být \bar{c}_{max} přesněji stanovena extrapolací naměřených hodnot k $l = 0$. V daném případě to znamená, že je rovna regresnímu koeficientu A lineární regresní funkce (8) a je určena se stejnou chybou. Vztah hodnoty $\bar{c}_{max} = A$ k rychlosti c_1 nebyl v rámci měření porovnávacími testy zkoumán. Byla vzata $c_1 = A$. Extrapolace z výsledků měření na pšenici odrůdy 'Grana' je méně spolehlivá.

Youngův modul pružnosti lze z rychlosti c_1 vypočítat za pomoci rovnic (D1) a (D2) dodatku. Výpočet předpokládá znalost Poissonova čísla, které nebylo v rámci této práce měřeno. Jsou však známy jeho hodnoty pro pšenici odrůdy 'Zora' a ječmeny odrůd 'Favorit' a 'Ametyst' (Hnilica, 1979). Byly získány výpočtem z výsledků deformačních testů se vzorky zde popsaného tvaru a penetrometrických testů provedených za použití válcového indentoru s kolmým čelem. Lze říci, že veličina určitým způsobem odráží stavbu endospermu. Pro výpočty byla proto vzata jeho střední hodnota $\mu = 0,392$, naměřená s chybou průměru 0,022. Vypočtené průměrné hodnoty dynamického Youngova modulu uvádí, včetně chyb průměru, tab. V. Chyby průměru byly počítány ze zákona o šíření chyb.

V. Dynamický Youngův modul endospermu obilních zrn (jsou tabelovány průměry a jejich chyby) — The dynamic Young's modulus of cereal grain endosperm (means and their errors are tabulated)

Plodina	Dynamický Youngův modul v MPa
Pšenice Jana	7030 ± 1090
Pšenice Grana	4850 ± 1220 * pozn.
Ječmen Rapid	4910 ± 770 ** pozn.

* méně spolehlivá extrapolace z naměřených výsledků

** pravděpodobná korekce je uvedena v diskusi

DISKUSE

Fyzikální význam, který byl připsán koeficientu A , odpovídá skutečnosti za předpokladu, že materiál nemá významnější složku relaxačního modulu na frekvencích větších než asi $2 \omega_0$. Pro pšenici to je nad 2 MHz, pro ječmen nad 1 MHz. Vlny na uvedených frekvencích totiž přenášejí jen asi 3 % energie pulsu a mohou tvořit jen asi 1,5 % hodnoty napětí, jak lze zjistit integrací čtverce spektrální funkce (10). Jestliže se tyto vlny utlumí už na nejkratších použitých vzdálenostech l , nemůže být jejich vliv extrapolací poškozen. Pak hodnota $\bar{c}_{max} = A$ odpovídá spíše grupové rychlosti c_g na radiálním modu přenosu pro frekvenci $2 \omega_0$, která je nižší než c_1 (obr. 5 v dodatku). Pro její odhad je třeba znát poměr r/λ . Poloměr r můžeme vzít roven

$$(\bar{S}/\pi)^{1/2}$$

kde: \bar{S} — střední plocha stěn vzorků ve všech směrech

Pro pšenici odrůda 'Jana' vyjde $r = 1,342$ mm, pro ječmen odrůdy 'Rapid' $r = 1,365$ mm. Poměr r/λ i c_g lze pak vypočítat v několika iteračních krocích, použijeme-li grafu na obr. 5 a klademe-li

$$A_i = c_{g,i-1}/f$$

kde: frekvence $f = 2 \omega_0/2\pi$ a $c_{g,0} = A$

U pšenice vyjde korekce zanedbatelná, u ječmene vyjde $c_g \doteq 1,1 c_0$, a tedy $c_1 \doteq \bar{c}_{max} \cdot 1,2/1,1 \doteq 1,1 \bar{c}_{max}$. Asi 10% korekce c_1 proti \bar{c}_{max} znamená zvýšení dynamického Youngova modulu na hodnotu 5830 ± 910 MPa. Vypočtené dynamické moduly pružnosti obilního endospermu pro megahertzové frekvence jsou šestkrát až sedmkrát větší než moduly statické.

Na základě naměřených dat lze také přibližně zhodnotit útlumové vlastnosti endospermu. K tomu je třeba učinit některé předpoklady o průběhu změn na čele vlny. Předpokládáme-li platnost Maxwellova reologického modelu materiálu, lze z rovnice (D12) odvodit pomocí konvoluce následující vztah, platný pro puls popsaného tvaru

$$\left. \frac{\partial \sigma}{\partial t} \right|_{t=l/c_1} = \sigma_{max} \omega_0 e^{-bl/c_1} \quad (20)$$

kde: b — součinitel tlumení

Celkově lze rychlost změny napětí na čele pulsu vyjádřit rovnicí

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta t'} \doteq \sigma_{max} (\bar{\alpha}\bar{\beta})^{(k-1)/2} \cdot e^{-bt'/c_1} \cdot \omega_0 \varphi(l, \Delta t') \quad (21)$$

Funkce $\varphi(l, \Delta t')$ charakterizuje obecně hlavně vliv geometrické disperze. Zahrneme-li její vliv do součinitele tlumení, bude přibližně

$$\Delta t'_c(\sigma_c, l) \doteq \frac{\sigma_c}{\sigma_{max}} (\bar{\alpha}\bar{\beta})^{-(k-1)/2} \cdot e^{b'l/c_1} \cdot \omega_0^{-1} \quad (22)$$

Z poslední rovnice a rovnic (9) a (2), kde položíme $c' \doteq \bar{c}$, můžeme odvodit pro \bar{c}/\bar{c}_{max} přibližný vztah

$$\bar{c}/\bar{c}_{max} \doteq \left\{ 1 + \frac{\sigma_c}{\sigma_{max}} \frac{\bar{c}_{max}}{l\omega_0} [(\bar{\alpha}\bar{\beta})^{-(k-1)/2} \cdot e^{b'l/c_1} - 1] \right\}^{-1} \quad (23)$$

Průměrné hodnoty součinitele akustického kontaktu $\bar{\alpha}$, vypočtené z údajů o rozměrech vzorků, jsou: 0,940 pro pšenici odrůdy 'Jana', 0,945 pro pšenici odrůdy 'Grana' a 0,961 pro ječmen odrůdy 'Rapid'. Charakteristické impedance, vypočtené z naměřených hustot a rychlostí \bar{c}_{st} — viz rovnice D(14), korigovaných pomocí rovnic (8) a (D2) na rychlost c_0 , jsou rovny: $z = (2,92 \pm 0,38) \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pro pšenici odrůdy 'Jana' (počítáno z 63 hodnot z_i) a $z = (2,34 \pm 0,22) \cdot 10^6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ pro ječmen odrůdy 'Rapid' (ze 6 hodnot z_i). Střední hodnoty součinitele přestupu, vypočtené z těchto údajů, jsou: $\bar{\beta} = 0,992$ pro pšenici a $\bar{\beta} = 0,996$ pro ječmen.

V rovnici (23) jsou dva neznámé parametry, σ_c/σ_{max} a b' . Do vzdálenosti l asi 15 mm dává uvedená rovnice dobře se shodující výsledky s regresní funkcí (8) pro tyto velikosti parametrů: $\sigma_c/\sigma_{max} = 0,40$ a $b' = 1,04 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$ pro pšenici odrůdy 'Jana', $\sigma_c/\sigma_{max} = 0,14$ a $b' = 0,57 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$ pro ječmen odrůdy 'Rapid'. Svědčí to o větší amplitudě nebo také o menším σ_c pro pulsy na nižší frekvenci a o intenzivnějším útlumu v pšeničném endospermu. To se shoduje s výsledky relaxačních měření (Hnilica, 1979), kdy pšeničný endosperm relaxoval rychleji než ječný. Můžeme odhadnout, že součinitel tlumení endospermu b je 10^5 až 10^6 s^{-1} .

Získané výsledky mohou být upřesněny jednak měřením s pulsy na frekvenci alespoň 2 MHz, jednak pomocí srovnávacích experimentů na vzorcích z materiálů o známých a endospermu blízkých vlastnostech. Těmito experimenty mohou být také upřesněny funkční vztahy pro hodnocení výsledků měření. Práce přináší nezbytné informace potřebné k jejich návrhu.

DODATEK

TEORETICKÉ PODKLADY PRO VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

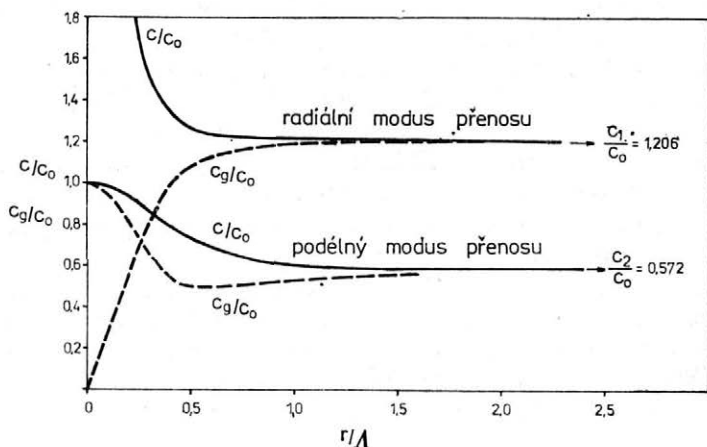
Rychlost šíření deformace v tenké tyči z dokonale pružného materiálu je dána rovnicí

$$c_0 = (E/\rho)^{1/2} \quad \text{pro } r \rightarrow 0 \quad (D1)$$

kde: E — Youngův modul
 ρ — hustota materiálu
 r — poloměr tyče

V neomezeném, dokonale pružném prostředí se šíří podélné, nebo přesněji dilatační vlny rychlostí

5. Disperzní křivky fázové rychlosti c a grupové rychlosti c_g pro tyč o kruhovém průřezu. Křivky platí pro Poissonovo číslo $\mu = 0,325$. Další označení: Λ — délka vlny, r — poloměr tyče, $c_0 = (E/\rho)^{1/2}$ (podle Miklowitze, 1957) — The dispersion curves of phase velocity c and group velocity c_g for a bar with circular section. The curves hold for Poisson's ratio $\mu = 0,325$. Further symbols: Λ — wave length, r — bar radius, $c_0 = (E/\rho)^{1/2}$ (after Miklowitz, 1957)



$$c_1 = c_0 \left[\frac{1 - \mu}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} \right]^{1/2} > c_0 \quad (D2)$$

a příčné vlny rychlostí

$$c_2 = (G/\rho)^{1/2} = c_0 \left[\frac{1}{2(1 + \mu)} \right]^{1/2} \quad (D3)$$

kde: μ — Poissonovo číslo
 G — modul pružnosti ve smyku

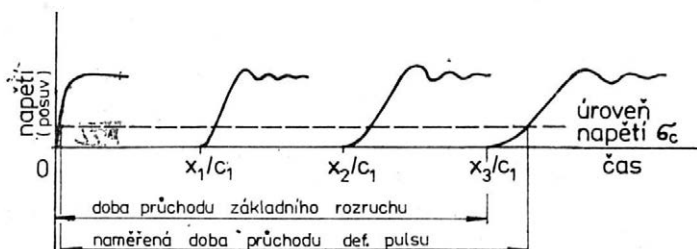
Rychlostí c_1 se šíří také základní rozruch v tyči nenulových příčných rozměrů (např. Brepta a Prokopec, 1972, str. 188). V důsledku radiálních deformací průřezů však v tomto případě dochází k tzv. geometrické disperzi deformačních vln. Pro tyč kruhového průřezu má disperzní závislost, tj. závislost rychlosti šíření vlny na její vlnové délce Λ , dvě větve. Základní větev přísluší podélnému modu a horní větev radiálnímu modu přenosu (Miklowitz, 1957). Průběh obou větví závisí na Poissonově čísle. Je ukázán na obr. 5 spolu s odpovídajícími průběhy grupové rychlosti c_g

$$c_g = c - \Lambda \frac{dc}{d\Lambda} \quad (D4)$$

kde: c — fázová rychlost

Grupová rychlost rozhoduje o šíření obecného rozruchu. Větší podrobnosti k teorii disperzních křivek uvádějí Brepta a Prokopec (1972).

6. Znázornění charakteru změn na čele strmé deformační vlny v elastické tyči nenulových příčných rozměrů, které vznikají v důsledku geometrické disperze — Representation of the nature of changes in the front of a steep deformation wave in an elastic bar of non-zero transversal dimensions produced as a result of geometric dispersion



Disperzi deformační vlny v elastické tyči lze dobře pozorovat na osciloskopických záznamech v experimentální práci Miklowitzové a Niesewangérově (1957). Původně strmé čelo přibližně obdélníkové vlny se při průchodu tyčí postupně sklápí a získává stále protáhlejší náběh. Za čelem vlny se objevují tlumené kmity menší amplitudy. Charakter změn na čele vlny je naznačen na obr. 6. Tento problém není analyticky úplně rozřešen. Výsledek, který získal Skalák (1957), zůstal ve tvaru integrálů složitých funkcí komplexní proměnné. Přibližné řešení, které provedl pro delší časy od začátku rázu, odpovídá popsanému empirickému průběhu.

Ve viskoelastických materiálech dochází jak k disperzi, tak k útlumu, přičemž obojí závisí na frekvenci. V tenké tyči, tj. při $r \rightarrow 0$, má disperze původ jen v disipativních vlastnostech materiálu. V tlusté viskoelastické tyči dojde navíc k disperzi geometrické. Matematické vztahy pro popis viskoelastického chování plynou z korespondence jejich tvaru v Laplaceově nebo Fourierově transformaci s rovnicemi pro elastický případ. Některé z nich uvádí např. Bismuth (1973).

Rychlost šíření deformace v tenké tyči je

$$c = (|E^*|/\rho)^{1/2} \cdot 1/\cos \frac{\delta}{2} \quad (D5)$$

Součinitel útlumu je roven

$$b = \omega (|E^*|/\rho)^{-1/2} \cdot \sin \frac{\delta}{2} \quad (D6)$$

Ztrátový úhel je roven

$$\delta = \arctg (E''/E') \quad (D7)$$

$$E^* = |E^*| \cdot e^{i\delta} = E' + iE'' \quad (D8)$$

kde: E^* komplexní Youngův modul

E' a E'' – tvoří jeho reálnou a imaginární část; jsou funkcemi úhlové frekvence deformačních kmitů

Rychlost dilatačních a příčných vln v rozlehlém viskoelastickém kontinuu je dána analogickými vztahy s (D5) až (D7), ovšem místo E^* v nich vystupuje pro první typ vln veličina E_1^* , pro druhý G^* . Současně platí obecná rovnice

$$E_1^*(i\omega) = \lambda^*(i\omega) + 2G^*(i\omega) \quad (D9)$$

kde: $\lambda^*(i\omega)$ – obraz Lamého konstanty ve Fourierově transformaci

$G^*(i\omega)$ – komplexní modul pružnosti ve smyku

Někdy se užívá předpokladu, že Poissonovo číslo nemá viskoelastický charakter, tj. že $\mu = \text{konst.}$. Znamená to značné zjednodušení, protože potom platí

$$\lambda^* = \frac{\mu}{(1 + \mu)(1 - 2\mu)} E^* \quad (D10)$$

$$G^* = \frac{1}{2(1 + \mu)} E^* \quad (D11)$$

a k výpočtu součinitele tlumení lze použít vztahů (D6) a (D7).

Fázová rychlost i útlum ve všech viskoelastických materiálech s frekvencí obecně rostou. Základní rozruch, který se šíří v tlustých tyčích na nejvyšších frekvencích, bude nejméně tlumen.

Deformační puls pravoúhlého tvaru se v tenké tyči z Maxwellova viskoelastického materiálu chová podle rovnice (viz Lee a Kanter, 1953)

$$\sigma(x, t) = \sigma_{max} \cdot \exp\left(-\frac{E}{2\eta} t\right) \cdot I_0\left[\frac{E}{2\eta}\left(t^2 - \frac{x^2}{c_0^2}\right)^{1/2}\right] H\left(t - \frac{x}{c_0}\right) \quad (D12)$$

kde: σ — napětí
 $I_0(u)$ — modifikovaná Besselova funkce prvního druhu
 $H(u')$ — Hevesideova jednotková funkce
 η — tahová viskozita
 σ_{max} — maximální napětí na začátku tyče
 x — vzdálenost
 t — čas

Součinitel tlumení je

$$b = \frac{E}{2\eta} \quad (D13)$$

V souvislosti s odrazem nebo prostupem vln na rozhraní hraje důležitou roli charakteristická impedance materiálu

$$z = \rho c_0 \quad (D14)$$

Literatura

- ARNOLD, P. C. — ROBERTS, A. W.: Stress distributions in loaded wheat grains. *J. agric. Engng Res.*, 11, 1966, č. 1, s. 38-43.
- BISMUTH, W.: L'acoustique en rhéologie et ses applications. *Rheol. Acta*, 12, 1973, s. 398-403.
- BREPTA, R. — PROKOPEC, M.: Šíření napěťových vln a rázy v tělesech. Praha, Academia 1972.
- GARRETT, R. E. — FURRY, R. B.: Velocity of sonic pulses in apples. *Trans. ASAE*, 15, 1972, č. 4, s. 770-774.
- GAWDA, H.: Attempt at applying the ultrasonic method for determining the Young modulus of cereal stalk. *Zesz. probl. Post. Nauk rol.*, 1978a, č. 203, s. 146-152.
- GAWDA, H.: Ultrasonic investigations of the mechanical properties of stalks of wheat. In: Proceedings of the second congress of the Federation of acoustical societies of Europe. Warszawa, 1978b, s. 287-290.
- HAMMERLE, J. R. — MOHSEIN, N. N.: Tensile relaxation modulus of corn horny endosperm as a function of time, temperature and moisture content. *Trans. ASAE*, 13, 1970, č. 3, s. 372-375.
- HAMMERLE, J. R. — WHITE, R. K. — MOHSEIN, N. N.: The rheological properties of corn horney endosperm. *Cereal Sci. Today*, 16, 1971, č. 2, s. 60-68 a 72.
- HNILICA, P.: Reologické vlastnosti zrnin a problematika jejich fragmentace při úderovém mletí. [Kandidátská disertace.] Praha 1979. — Vysoká škola zemědělská.
- LEE, E. H. — KANTER, I.: Wave propagation in finite rods of viscoelastic material. *J. appl. Physiol.*, 24, 1953, č. 9, s. 1115-1122.
- MIKLOWITZ, J.: The propagation of compressional waves in a dispersive elastic rod. Part I — Results from the theory. *J. appl. Mech.*, 24, 1957, č. 2, s. 231-239.
- MIKLOWITZ, J. — NIESEWANGER, C. R.: The propagation of compressional waves in a dispersive elastic rod. Part II — Experimental results and comparison with theory. *J. appl. Mech.*, 24, 1957, č. 2, s. 240-244.
- SHELEF, L. — MOHSEIN, N. N.: Evaluation of the elasticity modulus of wheat grain. *Cereal Chem.*, 44, 1967, č. 4, s. 392-402.
- SKALAK, R.: Longitudinal impact of a semi-infinite circular elastic bar. *J. appl. Mech.*, 24, 1957, č. 1, s. 59-64.
- ŠPOLJANSKAJA, A. L.: Strukturno-mechaničeskíe svojstva zerna pšenicy. *Kolloid. Ž.*, 15, 1952, č. 2, s. 123-135.
- WEN, P. R. — MOHSEIN, N. N.: Application of pulse technique for determination of elastic modulus of yellow poplar. *Matern. Res. Stand.*, 10, 1970a, č. 12, s. 25-27.

WEN, P. R. — MOHSEIN, N. N.: Measurements of dynamic viscoelastic properties of corn horny endosperm. *J. Mater.*, 5, 1970b, č. 4, s. 856-867.

ZOERB, G. C. — HALL, C. W.: Some mechanical and rheological properties of grains. *J. agric. Engng Res.*, 5, 1960, č. 1, s. 83-93.

Došlo dne 3. 6. 1982

ГНИЛИЦА, П. — ГРУНДАС, С. (Сельскохозяйственный институт, Прага - Сухдол; Институт агрофизики Польской академии наук, Люблин): Измерение динамического модуля Юнга продольной упругости эндосперма зерна пульсовым ультразвуковым методом. *Zeméd. Techn.*, 29, 1983 (2) : 65-80.

В работе рассматриваются некоторые проблемы измерения реологических свойств зернового эндосперма пульсовым ультразвуковым методом с импульсами частотой около 1 МГц. Изменялись образцы в виде прямоугольных параллелепипедов, изготовленные из пшеницы сортов 'Яна' и 'Грана' и из ячменя сорта 'Рапид'. Скорость звука исчислялась из срока прохождения фронта импульса через отдельные образцы, или через столбец, составленный из нескольких образцов. Предложен способ поправки замеренной скорости на геометрическую дисперсию, вискоэластическую дисперсию и на торможение. Из статистических характеристик размеров образцов и их характеристических полных сопротивлений было выведено среднее значение коэффициента акустического контакта и коэффициента отдачи. Эти коэффициенты затем выступают в отношении, которое было выведено для приблизительной оценки тормозящих свойств зерна. Значение динамического модуля Юнга в области мегагерцовой частоты деформаций составляет около 6500 МПа. Это в шесть или даже в семь раз больше чем для статистических модулей замеренных значений. Установлен также коэффициент торможения в размерах 10^5 вплоть до 10^6 /сек. Результаты работы могут служить при решении проблем технологической обработки зерна, а также при конструировании машин.

реология; реология зерна; акустика; акустические свойства зерна; коэффициент торможения в эндосперме; ультразвуковой метод измерения

HNILICA, P. — GRUNDAS, S. (University of Agriculture, Praha - Suchdol; Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Lublin): *Measurements of the Dynamic Young's Modulus of Grain Endosperm by the Pulse Ultrasound Method*. *Zeméd. Techn.*, 29, 1983 (2) : 65-80.

Some problems of the measurements of the rheological properties of grain endosperm by the pulse ultrasound method with pulses of about 1 MHz were studied. The samples were rectangular in shape and were prepared from the 'Jana' and 'Grana' wheat cultivars and from the 'Rapid' cultivar of barley. Sound speed was calculated from the time of pulse front passage through individual samples or through a column of several samples. A method was proposed of correcting the measured speed for geometrical dispersion, viscoelastic dispersion and damping. The mean values of the coefficient of acoustic contact and the coefficient of transmission were derived from the statistical characteristics of sample dimensions and their characteristic impedances. These coefficients are then involved in the relation which was derived for the approximate evaluation of the damping properties of grain. The value of the dynamic Young's modulus in the zone of megahertz frequencies of deformation is about 6500 MPa. This is six to seven times more than the values earlier obtained for statical moduli. The coefficient of damping was also determined in the values of 10^5 to 10^6 . s⁻¹. The results of the study may serve for solving the problems of the technological processing of grain and for machine designing.

rheology; grain rheology; acoustics; acoustic properties of grain; damping coefficient in endosperm; ultrasound method of measurement

Adresa autorů:

Ing. Petr Hnilica, CSc., Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha - Suchdol
Dr. Stanisław Grundas, Zakład agrofizyki PAN, Krakowskie przedmieście 39,
20-076 Lublin, PLR

JEDNODUCHÉ TESTOVÁNÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ HLÍZ BRAMBOR

J. Blahovec, K. Patočka, J. Celba, B. Míča

BLAHOVEC, J. — PATOČKA, K. — CELBA, J. — MÍČA, B. (Vysoká škola zemědělská, Praha-Suchdol; Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Praha; Výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský, Havlíčkův Brod): *Jednoduché testování mechanických vlastností hlíz brambor*. Zeměd. Techn., 29, 1983 (2) : 81—96.

Tři odrůdy brambor o pěti různých variantách lišících se dávkami hnojiv byly testovány v čerstvém syrovém stavu smykovým testem a po uvaření extruzním testem. Analýza výsledků spolu s údaji o chemickém složení a velikosti buněk v hlíze naznačila souvislosti jak mezi obsahy různých látek v hlíze, tak mezi mechanickými vlastnostmi a složením hlíz. Na základě této analýzy se ve výsledcích diskutuje o dávkování hnojiv, zejména dusíku.

dávkování hnojiv; smykový test; extruzní test

Mechanické poškození hlíz brambor, tak často pozorované při jejich mechanizované sklizni, úzce souvisí s mechanickými vlastnostmi hlíz (Blahovec aj., 1975; Břečka a Hanousek, 1972). Ztráty hlíz mechanickým poškozením závisí na stupni poškození hlízy v důsledku jistého předem definovaného mechanického působení a na schopnosti hlízy se po určitém předem definovaném poškození zotavit. Stupeň poškození hlízy je pojem značně obecný a obsahuje v sobě vyjádření nejen stupně poškození buněčných pletiv, ale také rozsahu poškození, tj. objemu poškozených pletiv. Obdobně schopnost hlízy zotavit se po poškození vyjadřuje velmi složitý komplex problémů týkající se nekoordinované enzymatické činnosti, působení mikroflóry a pod.

V této práci se budeme blíže zabývat stupněm poškození hlízy. Toto poškození bylo realizováno jednoduchým smykovým testem, v němž jde o poškození hlízy v předem definovaných objemech tvořených dvěma smykovými rovinami. Výsledkem takto provedeného testu je kromě dalších informací i představa o velikosti napěťových polí v deformovaném materiálu, vyvolávajících jeho makroskopickou destrukci. Pro srovnání jsou uváděny výsledky extruzního testu vařených brambor. Rozbor testů s využitím údajů o chemickém složení hlíz ukazuje na hlubší souvislosti v dosažených výsledcích.

MATERIÁL A METODA

K experimentům byly použity hlízy odrůd 'Resy', 'Karin' a 'Boubín', vypěstované v r. 1981 na pokusných pozemcích Výzkumného a šlechtitelského ústavu bramborářského na účelovém objektu Valečov. U každé odrůdy bylo sledováno pět různých variant s různou úrovní hnojení. Dávky hnojení a chemické složení hlíz jsou uvedeny v tab. I.

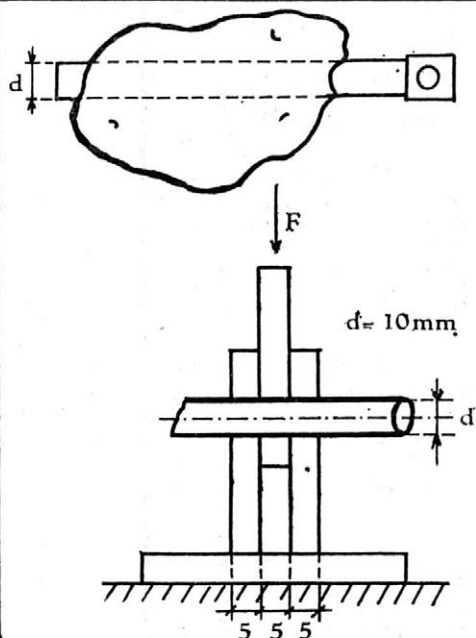
Hlízy byly po sklizni převezeny do Prahy a do týdne zpracovány. Základním testem použitým k ocenění mechanických vlastností hlíz brambor byl smykový test schematicky znázorněný na obr. 1. Z každé hlízy, jejíž hmotnost byla předem určena zvážením, byl připraven korkovrtem válcový vzorek o průměru 10 mm. Vzorek byl vyříznut ve směru osy hlízy, tj. od pupku ke koruně. Vlastní

I. Použité dávky živin a chemické složení hlíz (chemické složení hlíz bylo stanoveno laboratoří VŠÚB Havlíčkův Brod) — The applied nutrient application rates and the chemical composition of tubers (the chemical composition of tubers was determined in the laboratory of the Potato Research and Breeding Institute, Havlíčkův Brod)

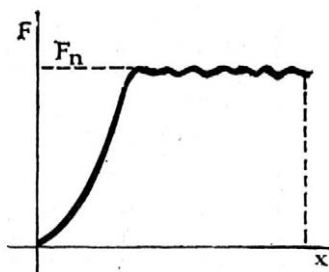
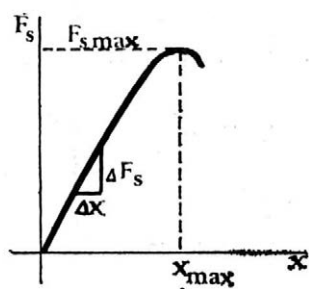
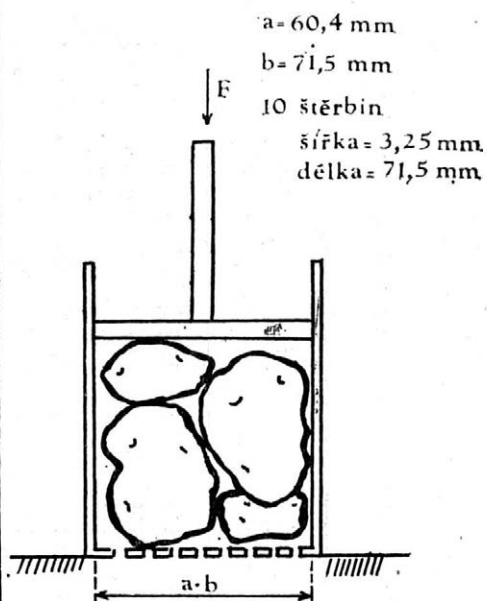
Odrůda	Varianta	Hnojení kg/ha ⁺		Obsah sušiny %	Hmotnostní koncentrace v sušině (%)										
		N	P ₂ O ₅		škrob	ne- škroby	pektiny	z toho esteri- fikova- telné	cukry	dusík	bílko- vinný dusík	fosfor	draslík	vápník	hořčík
Resy	1	80	160	19,2	70,6	29,4	6,81	0,78	0,68	1,89	1,20	0,250	2,15	0,115	0,135
	2	120	160	18,6	71,4	28,6	6,72	0,74	0,81	2,03	1,18	0,260	2,25	0,115	0,140
	3	160	160	19,6	70,3	29,7	6,48	0,79	0,66	2,17	1,14	0,250	2,05	0,115	0,135
	4	200	160	20,3	73,3	26,7	6,86	0,88	0,94	1,83	0,98	0,230	2,15	0,130	0,130
	5	120	80	18,9	69,3	30,7	6,65	0,90	0,95	2,05	1,16	0,215	2,25	0,130	0,135
Karin	1	80	160	19,4	65,2	34,8	6,90	0,92	1,86	2,00	1,12	0,257	2,10	0,115	0,150
	2	120	160	18,4	66,4	33,6	6,86	0,86	1,90	2,24	1,14	0,262	2,15	0,115	0,135
	3	160	160	17,5	64,6	35,4	6,85	0,83	2,16	2,09	1,18	0,257	2,15	0,130	0,130
	4	200	160	19,9	69,9	30,1	6,64	0,98	1,45	2,21	0,98	0,250	2,05	0,115	0,125
	5	120	80	19,3	67,8	32,2	6,51	0,95	1,66	2,18	1,14	0,240	2,10	0,150	0,125
Boubín	1	80	160	28,2	78,9	21,1	6,81	0,93	1,16	1,28	0,80	0,285	1,65	0,150	0,125
	2	120	160	27,8	79,4	20,6	6,77	0,86	1,25	1,52	0,92	0,294	1,60	0,130	0,135
	3	160	160	26,9	79,3	20,7	6,60	1,16	1,46	1,50	0,92	0,267	1,40	0,150	0,140
	4	200	160	26,2	76,9	23,1	6,50	1,09	1,19	1,75	1,03	0,292	1,40	0,150	0,137
	5	120	80	26,8	78,7	21,3	6,66	1,02	1,20	1,57	0,95	0,285	1,40	0,130	0,140

+ Dávka draslíku byla stálá — 199,2 kg/ha

STŘIH - syrové hlízy



EXTRUZE - vařené hlízy



$$\sigma_{\max} = \frac{2 F_{s \max}}{\pi \cdot d^2}$$

$$T_s = \frac{2 \Delta F_s}{\Delta x \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$i = \frac{x_{\max}}{\sigma_{\max}} \cdot T_s$$

$$\sigma_n = \frac{F_n}{a \cdot b}$$

1. Schéma použitých způsobů deformace hlíz a vyhodnocením získaných deformačních křivek — A diagram of the used methods of tuber deformation with the interpretation of the deformation curves

II. Střední hodnoty a směrodatné odchylky (σ) měřených veličin — The mean values and standard deviations (σ) of the measured quantities

Odrůda	Varianta	Sušina %	Vlák- nina %	$\frac{m}{g}$		$\frac{\sigma_{max}}{MPa}$		$\frac{x_{max}/d}{l}$		$\frac{T_s}{GNm^{-3}}$		$\frac{i}{l}$		$\frac{\sigma_n}{MPa}$		$\frac{n^+}{mm^{-2}}$	
					σ		σ		σ		σ		σ		σ		σ
Resy	1	16,2	2,66	134	49	0,447	0,037	0,210	0,016	0,233	0,033	1,07	0,07	0,0877	0,0061	—	—
	2	18,4	2,29	115	34	0,460	0,043	0,210	0,014	0,234	0,031	1,07	0,09	0,0921	0,0095	—	—
	3	17,5	2,46	149	79	0,469	0,062	0,215	0,018	0,245	0,042	1,12	0,09	0,0905	0,0042	—	—
	4	15,2	2,66	125	53	0,467	0,068	0,210	0,018	0,231	0,044	1,07	0,06	0,0806	0,0095	—	—
	5	16,2	2,85	142	73	0,443	0,056	0,200	0,010	0,234	0,038	1,05	0,09	0,0786	0,0062	—	—
Karin	1	18,3	2,10	81,6	33,6	0,436	0,039	0,208	0,016	0,211	0,023	1,01	0,06	0,0965	0,0060	47,8	6,2
	2	18,6	2,37	90,4	30,2	0,434	0,042	0,210	0,012	0,212	0,025	1,03	0,04	0,0820	0,0047	53,5	6,9
	3	18,1	2,00	88,6	29,4	0,440	0,048	0,211	0,014	0,221	0,030	1,04	0,06	0,0822	0,0036	48,6	6,3
	4	17,9	1,53	80,1	25,7	0,441	0,035	0,214	0,106	0,214	0,023	1,03	0,06	0,0903	0,0078	48,4	6,3
	5	18,2	1,34	78,5	21,5	0,441	0,035	0,219	0,015	0,208	0,018	1,03	0,10	0,0842	0,0075	49,8	7,0
Boubín	1	22,7	2,42	79,0	27,5	0,560	0,075	0,215	0,022	0,298	0,035	1,12	0,11	0,206	0,0183	52,8	8,4
	2	25,5	1,21	76,2	33,2	0,558	0,065	0,217	0,021	0,286	0,032	1,11	0,08	0,193	0,0139	56,2	3,9
	3	25,6	1,94	74,5	28,1	0,569	0,071	0,219	0,025	0,289	0,043	1,10	0,08	0,166	0,0224	62,8	4,4
	4	23,0	2,16	84,4	28,1	0,546	0,070	0,215	0,026	0,292	0,038	1,14	0,08	0,151	0,0081	62,2	4,4
	5	24,8	2,12	81,3	30,7	0,550	0,069	0,211	0,022	0,299	0,027	1,15	0,08	0,155	0,0248	66,0	6,5

 + n značí počet buněk na jednotku plochy řezu

smykový test byl realizován přípravkem (obr. 1) při stálé rychlosti deformace $0,0833 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ na deformačním stroji Instron. Vzorek byl do deformačního přípravku zasunut vždy tak, aby obě stříhové plochy byly přibližně ve středu hlízy.

Vyhodnocování deformačních křivek je znázorněno také na obr. 1 včetně použitých vztahů. Jsou v něm vyneseny tyto veličiny: x – smyková deformace, F_s – síla použitá ve smykovém testu, σ_{max} – maximální smykové napětí, T_s – smyková tuhost, i – míra nelinearity deformační křivky. Protože veličina i je v této práci použita poprvé, zmíníme se o ní více. Ze vztahu pro i je vidět, že pro závislost $F_{s \max} - x$ přesně lineární až do prasknutí vzorku nabývá i hodnoty 1 a u deformačních křivek s vyšším podílem nelinearity, zejména v oblasti maxima deformační křivky, se hodnota i zvyšuje. Fyzikální obsah této veličiny můžeme spatřovat v jejím matematickém vyjádření jako poměru napětí nalezeného extrapolací lineární části deformační křivky pro deformaci $x = x_{max}$ k naměřenému napětí σ_{max} .

Smykový test jsme dělali u 30 až 35 vzorků připravených z náhodně vybraných hlíz. Hmotnostní koncentrace sušiny byla u deformovaných vzorků určena vážením. Hmotnostní koncentrace vlákniny v sušině byla určována chemickou laboratoří VŠZ Praha.

Zároveň se smykovým testem byly hodnoceny mechanické vlastnosti vařených brambor extruzním testem (obr. 1). K experimentům byl použit od každé varianty vždy asi 1 kg brambor vařených v páře (Celba, 1979; Adam aj., 1980). Doba vaření se řídila velikostí hlíz tak, aby bylo dosaženo hodnoty Fourierova čísla 0,5 až 0,6. Extruzní test byl pro každou variantu několikrát opakován (více než pětkrát) až do vyčerpání experimentálního materiálu. Extruzní testy byly realizovány s použitím upraveného přídavného zařízení „Multiblade“ (komůrka s extruzní maticí) na deformačním stroji Instron při rychlosti posuvu pístu $0,167 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Byla vyhodnocována střední integrální hodnota protlačovací síly F_n , určená planimetricky z provedených zkoušek. Tato hodnota byla přepočtena na střední normální napětí σ_n . Tření na stěnách extruzní nádoby bylo v tomto případě zanedbáno.

III. Korelační koeficienty pro jednotlivé vzorky u smykového testu. Písmeny R, K, B jsou vyznačeny odrůdy 'Resy', 'Karin', 'Boubín'. Pro σ_{max} , T_s , x_{max}/d , i jsou za údaje pro jednotlivé odrůdy uvedeny korelační koeficienty pro střední hodnoty všech variant. Nejsou uvedeny hodnoty korelačních koeficientů pro závislosti, které nejsou statisticky významné alespoň na 95% hladině významnosti — Correlation coefficients for different samples in the shear test. R, K, B letters denote the cultivars 'Resy', 'Karin', 'Boubín'. For σ_{max} , T_s , x_{max}/d , i , the correlation coefficients for the mean values of all variants are shown after the data for the different cultivars. No correlation coefficient values are indicated for the dependences which are not statistically significant at least at a 95% significance level

m	R	0,322	0,507	-0,456	-
	K	-	-	-	-
	B	-	0,418	-0,434	0,325
σ_{max}	R	0,734		-	-
	K	0,526	0,972	-	0,504
	B	-		0,519	-0,425
T_s	R			-0,328	0,306
	K			-0,361	-
	B			-0,521	0,372
x_{max}/d	R				0,381
	K				0,425
	B				-
					i

IV. Korelační koeficienty mezi parametry vyjadřujícími složení hlíz (tab. I). Číslo v rámečku obsahující označení látky je korelační koeficient mezi hmotnostní koncentrací této látky v sušině a hmotnostní koncentrací sušiny hlízy. Vzájemná korelace mezi obsahem různých složek sušiny v hlíze je vyjádřena prostřednictvím korelačních koeficientů třemi způsoby: 1. pro hmotnostní koncentraci složky v sušině, 2. pro hmotnostní koncentraci složky v „neškrobech“ (v případě škrobu se i zde používá hmotnostní koncentrace v sušině), 3. pro hmotnostní koncentraci složky v hlíze, tj. včetně vody. Silnými rámečky jsou vyznačeny předpokládané významné primární korelace, čárkovanými rámečky předpokládané významné zprostředkované korelace. Nejsou uvedeny hodnoty korelačních koeficientů pro závislosti, které nejsou statisticky významné alespoň na 95% hladině významnosti — The coefficients of correlation between the parameters expressing tuber composition (Tab. I). The bordered figure denoting the substance is the coefficient of correlation between the weight concentration of the substance in dry matter and the weight concentration of tuber dry matter. The mutual correlation between the content of different dry matter components in tuber is expressed by means of correlation coefficients in three different ways: 1. for the weight concentration of a component in dry matter, 2. for the weight concentration of a component in “non-starches” (in the case of starch it is also here that weight concentration in dry matter is used), 3. for the weight concentration of a component in tuber, i. e. including water. Bold borders denote the assumed significant primary correlations, dashed borders show the assumed significant correlations which can be mediated. No values of correlation coefficients for the dependences that are not significant at last at a 95% significance level are indicated

škrob 0,933	1	—	—	-0,423	-0,884	-0,848	0,628	—
	2	0,594	0,981	0,952	0,825	—	0,948	0,955
	3	—	0,975	0,975	—	—	0,966	0,960
vláknina	1	—	—	—	—	—	—	—
	2	0,558	0,474	0,499	—	—	—	0,562
	3	—	0,472	—	—	—	—	—
pektiny	1	—	0,873	—	—	—	—	-0,621
	2	—	0,992	0,777	—	—	0,969	0,952
	3	—	0,993	—	—	—	—	0,944
neesterifikovatelné pektiny	1	—	—	—	0,609	—	—	-0,615
	2	—	0,756	0,457	0,957	—	0,957	0,927
	3	—	—	—	0,962	—	0,962	0,826
dusík -0,911	1	—	—	—	0,783	—	-0,636	—
	2	—	—	—	—	—	0,788	0,820
	3	—	—	—	-0,446	—	—	—
draslík -0,936	1	—	—	—	—	—	-0,788	-0,523
	2	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	—
fosfor	1	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	0,767	0,943
	3	—	—	—	—	—	—	0,903
vápník + + hořčík	1	—	—	—	—	—	—	—
	2	—	—	—	—	—	—	—
	3	—	—	—	—	—	—	—

Přehled o velikosti buněk ve středu hlízy byl získán u odrůdy 'Karin' a 'Boubín' ve zvláštní sadě měření. Stěny buněk na řezu hlízou byly zviditelněny barvením metylvioletí (barviva barvící škrobová zrna jsou nevhodná) a pomocí stereomikroskopu byly spočítány buňky na ploše okulárové mikrometrické mřížky. Výsledná hodnota počtu buněk na řezu hlízou (značena n) byla získána v opakovaných měřeních; pro každou hodnotu bylo napočítáno asi 1500 buněk na řezech hlízami různých velikostí.

VÝSLEDKY

Střední hodnoty naměřených veličin s hodnotami směrodatných odchylek σ jsou uvedeny v tab. II. V této tabulce jsou také uvedeny koncentrace sušiny ve vzorcích použitých ke smykovému testu a hmotnostní koncentrace vlákniny v těchto vzorcích.

Vzájemná korelovanost naměřených hodnot u smykového testu je patrná z tab. III, která obsahuje také korelační koeficienty pro střední hodnoty měřených veličin u jednotlivých variant.

DISKUSE

CHEMICKÉ SLOŽENÍ HLÍZ

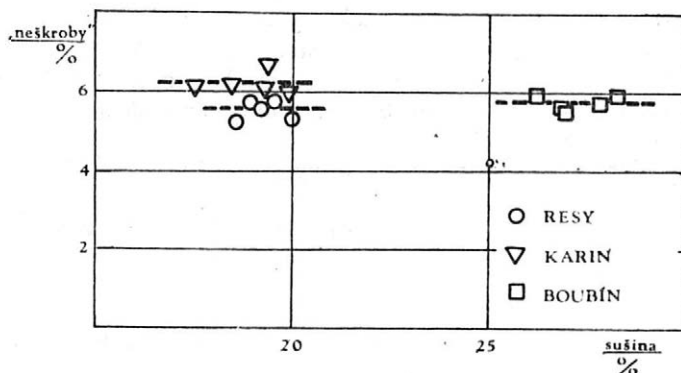
Chemické složení hlíz je uvedeno v tab. I. Korelační analýza těchto dat ukazuje na poměrně vysokou vzájemnou korelovanost obsahu různých látek. Tab. IV obsahuje přehled korelačních koeficientů závislosti statisticky významných na 95% hladině pro nejdůležitější parametry vyjadřující složení hlíz, obsažené v tab. I a v tab. II (vláknina). Každý vztah je analyzován pro tři různá vyjádření obsahu dané látky v hlíze, jak je to vyznačeno v tab. III.

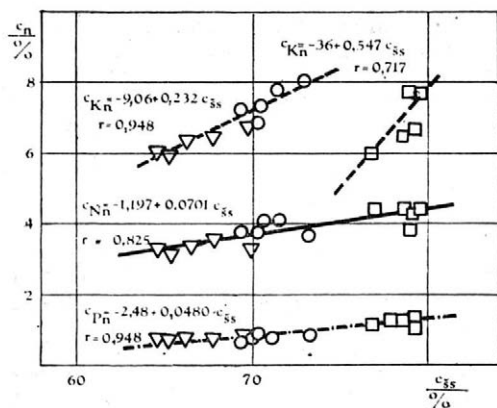
Z tab. III je zřejmé, že s rostoucím obsahem sušiny v hlíze významně roste podíl škrobu a fosforu a klesá obsah dusíku a draslíku v sušině. Zastoupení vlákniny, pektinů a součtu vápníku a hořčíku v sušině se s rostoucím obsahem sušiny výrazně nemění. Se změnou obsahu sušiny v hlíze se nemění ani obsah sušiny, ve které není započítán škrob (dále jen „neškroby“), který se pohybuje u všech variant kolem hodnoty 6% (obr. 2). Je tedy zřejmé, že pozorované rozdíly v hmotnostní koncentraci sušiny v hlízách brambor jsou převážně způsobeny rozdílným obsahem škrobu. Tato závislost je vyjádřena korelačním koeficientem 0,933 v tab. IV a vztahem:

$$c_s = -29,3 + (0,708 \pm 0,075) \cdot c_{ss}\% \quad (1)$$

kde: c_s — hmotnostní koncentrace sušiny v hlíze
 c_{ss} — hmotnostní koncentrace škrobu v sušině hlízy

2. Hmotnostní koncentrace sušiny „neškrobů“ v bramborových hlízách v závislosti na hmotnostní koncentraci sušiny hlíz — The weight concentrations of the dry matter of “non-starches” in potato tubers in dependence on the weight concentration of tuber dry matter





3. Hmotnostní koncentrace dusíku (c_{Nn}), draslíku (c_{Kn}) a fosforu (c_{Pn}) v „neškrobech“ v závislosti na hmotnostní koncentraci škrobu v sušině hlíz. Označení odrůd shodné s obr. 2 — The weight concentrations of nitrogen (c_{Nn}), potassium (c_{Kn}) and phosphorus (c_{Pn}) in „non-starches“ in dependence on the weight concentration of starch in tuber dry matter. Cultivars denoted like in Fig. 2

Můžeme-li hmotnostní koncentraci „neškrobů“ v sušině hlíz chápat jako relativně stálou veličinu, bude výhodné vyjádřit obsah dílčích složek „neškrobů“ v hlíze prostřednictvím jejich relativní koncentrace v „neškrobech“. Obr. 3 obsahuje závislosti takto vyjádřených koncentrací dusíku, draslíku a fosforu na hmotnostní koncentraci škrobu v sušině. Všechny uvedené závislosti vzrůstají a jsou s výjimkou draslíku vyjádřené jednou lineární rovnicí pro všechny sledované odrůdy. Závislost hmotnostní koncentrace draslíku na obsahu škrobu v sušině u odrůdy 'Boubín' se liší od stejné závislosti u odrůd 'Resy' a 'Karin'. Obdobné závislosti na hmotnostní koncentraci škrobu v sušině jako pro hmotnostní koncentraci dusíku a fosforu v „neškrobech“ byly nalezeny i pro hmotnostní koncentraci pektinů, neesterifikovatelných pektinů a sumy vápníku a hořčíku v „neškrobech“ (tab. IV).

Tab. IV obsahuje velký počet závislostí s vysokými koeficienty korelace, takže se zdá, že alespoň některé z těchto závislostí jsou zprostředkované. Předpokládáme, že existují hlavní primární korelace vyznačené v tab. IV plnými rámečky. Kromě uvedené korelace mezi hmotnostní koncentrací sušiny v hlíze a hmotnostní koncentrací škrobu v sušině jde o korelace mezi obsahem škrobu a pektinů, fosforu a škrobu, pektinů a neesterifikovatelných pektinů i pektinů a vápníku s hořčíkem (popřípadě esterifikovatelných pektinů a vápníku s hořčíkem). Volba posledních dvou korelací je jasná: esterifikovatelné pektiny tvoří součást pektinů a zároveň je známo, že vápník a hořčík se na pektiny váží. Vazba mezi fosforem a škrobem zřejmě souvisí s obalem škrobových zrn a podílem fosfolipidů na jejich stavbě. Pro volbu vztahu mezi škrobem a pektiny mluví především vysoké hodnoty korelačních koeficientů. Podstata této korelace však zatím není jasná. Prostřednictvím uvedených primárních vztahů je možné pak jako zprostředkované vysvětlit další vztahy s vysokými hodnotami koeficientu korelace: škrob — vápník + + hořčík, fosfor — vápník + hořčík, fosfor — pektiny, fosfor — neesterifikovatelné pektiny. Další pozorované statisticky významné korelace (tab. IV) se vyznačují nižšími hodnotami koeficientu korelace. Přestože jde v některých případech ještě o velmi těsné závislosti (dusík — škrob, draslík — škrob — obr. 3), jejich původ není zatím jasný a je problematické, nakolik by bylo možné tyto závislosti zobecnit na širší soubory různých odrůd brambor.

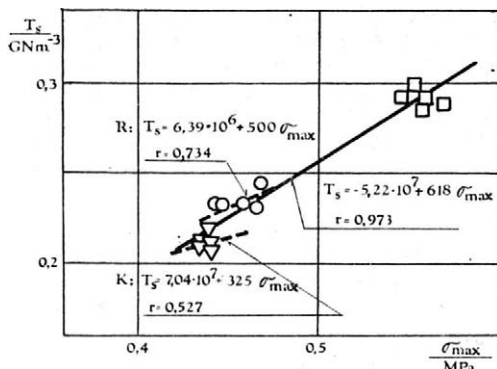
Nyní uvedeme matematické vyjádření hlavních nalezených regresních závislostí

$$c_{Pen} = - 41,99 + 0,928 c_{ss} \quad (2)$$

$$c_{Pn} = - 2,48 + 0,048 c_{ss} \quad (3)$$

$$c_{(Ca+Mg)n} = - 0,116 + 0,0447 c_{Pen} \quad (4)$$

4. Závislost smykové tuhosti T_s na maximálním smykovém napětí σ_{max} . Jsou vyneseny střední hodnoty (\circ 'Resy', \triangle 'Karin', \square 'Boubín') s regresním vztahem vyznačeným plnou čarou. Čárkovane jsou vyznačeny regresní vztahy pro jednotlivé vzorky u odrůd 'Resy' (R) a 'Karin' (K) — The dependence of shear rigidity T_s on the maximum shear stress σ_{max} . The mean values (\circ 'Resy', \triangle 'Karin', \square 'Boubín') are plotted with regression relation denoted by full line. Dashed line shows the regression relations for different samples in the 'Resy' (R) and 'Karin' (K) cultivars

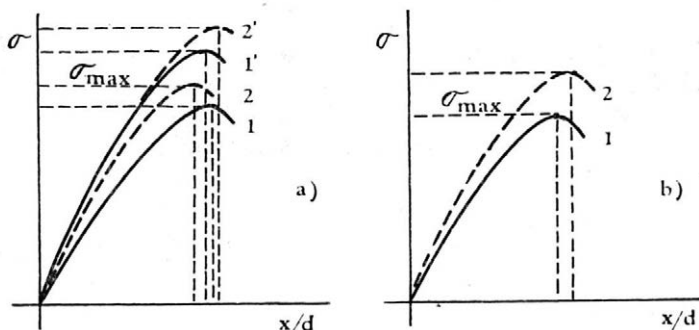


v nichž jsou uvedeny hmotnostní koncentrace v „neškrobech“ pro pektiny (c_{Pen}), fosfor (c_{Pn}) a sumy vápníku a hořčíku ($c_{(Ca+Mg)n}$).

MECHANICKÉ VLASTNOSTI HLÍZ

Vrátíme-li se ke korelačním koeficientům mezi jednotlivými parametry charakterizujícími mechanické vlastnosti hlíz (tab. III), je možné říci, že σ_{max} roste s rostoucí tuhostí T_s a maximální poměrnou deformací x_{max}/d . Ve skutečnosti však korelační analýza dat z jednotlivých měření ukazuje, že σ_{max} koreluje s T_s pouze u odrůd 'Resy' a 'Karin', ale nekoreluje u odrůdy 'Boubín'. U této odrůdy je naopak pozorována korelace parametrů σ_{max} a x_{max}/d , která se neprojevovala u odrůd 'Resy' a 'Karin'. Rozdíly mezi odrůdami 'Resy' a 'Karin' na jedné straně a 'Boubín' na straně druhé při regresní analýze vztahů $T_s - \sigma_{max}$ je patrný z obr. 4. Toto pozorování můžeme chápat jako potvrzení existence komplikovaných vnitřních mechanismů fungujících v rostlinných pletivech při určování jejich mechanických vlastností. V obr. 5 jsou nakresleny ideální deformační křivky, které na základě korelačních koeficientů z tab. III ukazují, jak se mění tvar deformačních křivek s růstem hodnoty σ_{max} pro jednotlivé odrůdy (obr. 5a) a pro střední hodnoty variant všech odrůd (obr. 5b). Z uvedených obrázků jsou zřejmé individuální mechanické vlastnosti jednotlivých odrůd, tj. vlastnosti si blízkých odrůd 'Resy' a 'Ka-

5. Deformační křivky — deformace smykem. Na obr. a) jsou vyneseny dvě deformační křivky pro odrůdy 'Karin' a 'Resy' (1 a 2) a dvě deformační křivky pro odrůdu 'Boubín' (1' a 2'), lišící se hodnotou σ_{max} . Na obr. b) jsou deformační křivky lišící se hodnotou σ_{max} sestaveny na základě informací o všech sledovaných odrůdách. Ke konstrukci deformačních křivek byly použity hodnoty korelačních koeficientů podle tab. III — Deformation curves — shear deformation. Fig. a) shows two deformation curves plotted for the 'Karin' and 'Resy' cultivars (1 and 2) and two deformation curves for the 'Boubin' cultivar (1' and 2'), differing in the value σ_{max} . Fig. b) shows the deformation curves differing in the value σ_{max} , constructed on the basis of information on all the studied cultivars. Values of correlation coefficients from Tab. III were used for the construction of the deformation curves

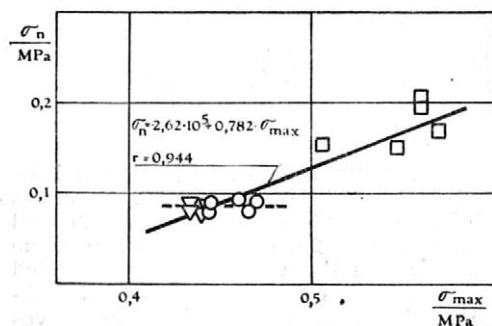


V. Korelační koeficienty mezi mechanickými veličinami a parametry charakterizující parametry ovlivňující danou veličinu, čárkovanou čarou vyznačeny parametry, selně jsou vyznačeny korelační koeficienty jen pro závislosti statisticky významné chanical quantities and the parameters characterizing the composition and structure quantity, dashed line denotes the parameters with which the highest values were pressed only for those dependences which are statistically significant at a 95%/

Parametr	σ_{max}			
	Resy	Karin	Boubín	souhrn
Sušina	—	—	—	0,977
Vláknina v sušině	—	—	—	—
Škrob v sušině	—	—	—	0,950
Pektiny v sušině	—	—	—	—
Dusík v sušině	—	—	—	-0,906
Fosfor v sušině	—	—	—	0,757
Draslík v sušině	—	—	—	-0,937
Vápník v sušině	—	—	—	0,622
Hořčík v sušině	—	—	—	—
Škrob v hlíze	—	—	—	0,983
Pektiny v hlíze	—	-0,910	—	0,894
Neesterifikovatelné pektiny v hlíze	—	—	—	0,945
Vláknina v hlíze	—	-0,901	—	—
Vápník + hořčík v hlíze	—	—	—	0,922
Vláknina v „neškrobech“	—	-0,915	—	—
Pektiny v „neškrobech“	—	—	—	0,964
Neesterifikovatelné pektiny v „neškrobech“	—	—	—	0,928
Vápník a hořčík v „neškrobech“	0,911	—	0,948	0,897
Dusík v „neškrobech“	—	—	—	—
Počet buněk mm ⁻²	—	—	—	0,711

rin' a odrůdy 'Boubín' s vyšším obsahem škrobu a odlišným průběhem deformačních křivek.

Závislost hlavních mechanických parametrů na složení hlíz je patrná z tab. V, která obsahuje korelační koeficienty mezi veličinami σ_{max} , T_s a σ_n a parametry charakterizu-



6. Závislost tlaku při extruzi vařených brambor na maximálním smykovém napětí. Jsou vyneseny střední hodnoty pro jednotlivé varianty (○ 'Resy', △ 'Karin', □ 'Boubín') a příslušný regresní vztah — The dependence of pressure during the extrusion of boiled potatoes on maximum shear stress. The mean values are plotted in the graph for the different variants (○ 'Resy', △ 'Karin', □ 'Boubín') and the respective regression is also indicated

zujícími složení a strukturu hlízy. Plnou čarou vyznačené okénko označuje hlavní s kterými bylo dosaženo nejvyšších hodnot v mnohonásobné lineární analýze. Čísla 95% hladině významnosti — The coefficients of correlation between the me-of tuber. Full-line border denotes the main parameters influencing the given obtained in multiple linear analysis. Correlation coefficients are numerically ex-significance level

	T_s				σ_n			
	Resy	Karin	Boubín	souhrn	Resy	Karin	Boubín	souhrn
	—	—	—	0,936	—	—	0,980	0,970
	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	0,933	—	—	—	0,870
-0,925	—	—	—	—	—	—	0,906	—
0,850	—	—	—	-0,880	—	—	-0,845	-0,911
—	—	—	—	0,729	0,971	—	—	0,815
—	—	—	—	-0,910	—	—	0,972	-0,868
—	—	—	—	0,550	-0,958	—	—	0,541
0,993	—	—	—	—	—	—	-0,837	—
—	—	—	—	0,949	0,857	—	0,924	0,959
—	—	—	—	0,833	0,832	—	—	0,910
—	—	—	—	—	—	—	—	0,975
—	—	—	—	0,624	—	—	—	—
0,915	—	—	—	0,875	—	—	—	0,877
—	—	—	—	—	-0,882	—	—	—
—	—	—	—	0,933	—	—	—	0,923
—	—	—	—	0,914	—	—	—	0,921
—	—	—	—	0,960	—	—	—	0,897
—	—	—	—	0,824	—	—	—	—
—	—	—	—	0,829	—	—	—	—

ujícími složení hlíz. Všechny uvedené mechanické parametry mezi sebou korelují (tab. III), ale přes vysoký stupeň korelace jsou mezi nimi rozdíly. Tak v obr. 6 je uvedena závislost σ_n na σ_{max} , která přes vysoký koeficient korelace 0,944 jasně ukazuje, že nejde o jednoduchou nebo dokonce lineární závislost. Hodnoty σ_n pro odrůdy 'Resy' a 'Karin' s hodnotou σ_{max} zůstávají konstantní a nenavazují v jednu závislost s hodnotami σ_n u odrůdy 'Boubín'. Proto nijak nepřekvapuje, že hodnoty korelačních koeficientů (uvedených v tab. V) jsou obecně různé pro uvedené tři mechanické parametry.

Najít parametry, které primárně ovlivňují hodnoty mechanických parametrů, je velmi obtížné pro vzájemnou vysokou korelovanost mezi parametry určujícími složení hlízy (tab. IV). Bezesporným primárním parametrem je sama hmotnostní koncentrace sušiny v hlíze, která se může promítat v mechanismech určujících hodnoty mechanických veličin prostřednictvím změny obsahu škrobu v sušině, jak je to zřejmé ze vztahu (1), a změny obsahu a složení pektinů v „neškrobech“ (tab. IV).

K upřesnění vztahů mezi mechanickými veličinami a parametry charakterizujícími složení a strukturu hlíz byly mnohonásobnou lineární regresní analýzou nalezeny nejtěsnější vztahy

$$\frac{\sigma_{max}}{\text{MPa}} = (0,132 \pm 0,026) c_{(Ca+Mg)n} + (0,00582 \pm 0,00152) c_s + 0,226 \quad (5)$$

$$r = 0,992$$

$$\frac{T_s}{\text{GNm}^{-3}} = (0,0069 \pm 0,00062) c_{sk} + (0,097 \pm 0,0282) c_{vls} + 0,0969 \quad (6)$$

$$r = 0,973$$

$$\frac{\sigma_n}{\text{MPa}} = (0,0153 \pm 0,00015) c_s - (0,0189 \pm 0,0061) c_{P/n} - 0,152 \quad (7)$$

$$r = 0,982$$

- kde: c_{sk} – hmotnostní koncentrace škrobu v hlíze
 c_{vls} – hmotnostní koncentrace vlákniny v sušině
 c_{Peln} – hmotnostní koncentrace esterifikovatelných pektinů v „neškrobech“
 r – vyjadřuje hodnotu mnohonásobného regresního koeficientu korigovaného na počet užitých proměnných

Analýza se dělala krokovou metodou.

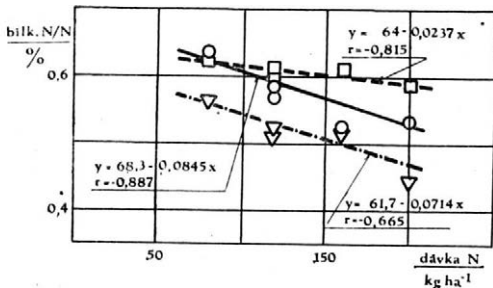
Vztah nalezený pro maximální smykové napětí vyjadřuje závislost σ_{max} na obsahu vápníku a hořčíku v „neškrobech“ a sušině. Pod oběma komponentami je možné spatřovat vliv obsahu škrobu a pod obsahem vápníku a hořčíku zejména také vliv pektinů. U smykové tuhosti T_s je zřejmě proti σ_{max} omezen vliv pektinů, který se v tomto případě může promítat do vztahu (6) pouze prostřednictvím hmotnostní koncentrace sušiny v hlíze c_s a hmotnostní koncentrace škrobu v hlíze c_{sk} . Přímá závislost T_s na obsahu pektinů chybí a objevuje se přímá závislost na obsahu vlákniny. Vztah (7) obsahuje závislost na obsahu sušiny v hlíze a obsahu esterifikovatelných pektinů v „neškrobech“ (se znaménkem minus). Zdá se tedy, že σ_n závisí na obsahu škrobu a neesterifikovatelných pektinů v hlízách, jak o tom svědčí také vysoké korelační koeficienty, uvedené v tab. V.

Shrme-li dosažené poznatky, můžeme říci, že smyková pevnost hlízy σ_{max} a tlak potřebný k extruzi vařené hlízy σ_n rostou s rostoucím obsahem sušiny hlízy, tzn. s růstem obsahu škrobu pektinu v hlíze. V obou případech však jde o různé závislosti jak s ohledem na rozdílnost použitých materiálů (syrové a vařené brambory), tak s ohledem na rozdílný způsob deformace. U veličiny σ_n se výrazněji projevuje obsah neesterifikovatelných pektinů, u veličiny σ_{max} obsah škrobu. U smykové tuhosti se závislost na obsahu pektinů zmenšuje a roste význam obsahu vlákniny. Pro úplnost je třeba uvést, že mechanické parametry měřené u syrových brambor (σ_{max} a T_s) rostou s klesajícím rozměrem buněk (tab. V).

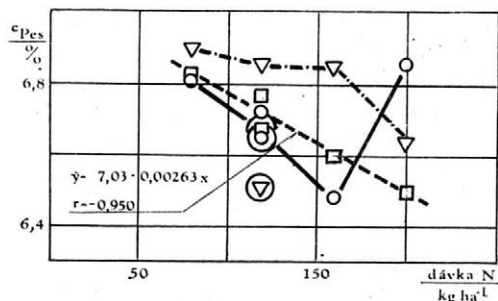
VLIV HNOJENÍ

Variabilita dávek živin při pěstování sledovaných variant by měla umožnit sledovat vliv dávek dusíku na složení hlíz a na naměřené mechanické parametry. Je to však úkol velmi obtížný, neboť běžné metody korelační analýzy v tomto případě úplně selhaly. Pro soubor všech měření nebyla nalezena ani jedna statisticky významná závislost. Velký praktický význam intenzity hnojení ovlivňující výnos i kvalitu brambor nás však nutil k podrobnější grafické analýze dat.

Ukázalo se, že příčina neúspěchu korelační analýzy spočívala v individuální reakci odrůdy na intenzitu hnojení. Na obr. 7 je graficky znázorněn podíl bílkovinného dusíku



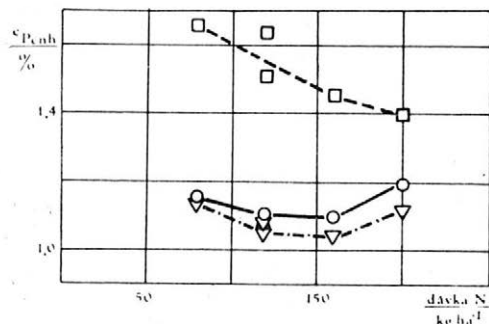
7. Zastoupení bílkovinného dusíku v dusíku hlíz v závislosti na úrovni hnojení dusíkem. Značení odrůd shodné s obr. 2 — The proportion of protein nitrogen in tuber nitrogen as depending on the level of nitrogen fertilization. Cultivars denoted like in Fig. 2



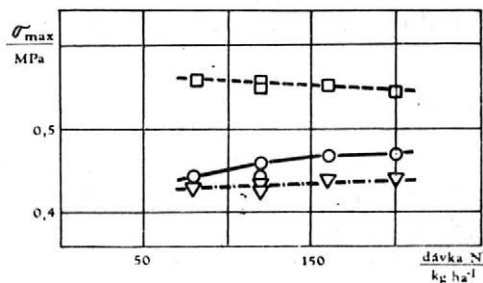
8. Závislost hmotnostní koncentrace pektinů v sušině hlíz na úrovni hnojení dusíkem. Hodnot v kroužku bylo dosaženo při nižší dávce fosforu (varianty 5 u každé odrůdy — tab. I). Značení odrůd shodné s obr. 2 — The dependence of the weight concentration of pectins in tuber dry matter on the level of nitrogen fertilization. The values in circles were obtained at a lower phosphorus application rate (variant 5 in each cultivar — Tab. I). Cultivars denoted like in Fig. 2

na dusíku hlízy v závislosti na dávkách dusíku. Ukazuje se, že s rostoucí dávkou dusíku uvedený poměr klesá přibližně lineárně, i když u každé odrůdy odlišně. Další veličinou vykazující poměrně dobrou závislost na intenzitě hnojení je obsah pektinů v sušině hlíz. Obr. 8 ukazuje, že s rostoucí dávkou dusíku obsah pektinů v sušině hlíz vesměs klesá. Významné snížení obsahu pektinů v sušině je možné pozorovat i u hlíz brambor hnojených nižší dávkou fosforu.

Závislost hmotnostní koncentrace neesterifikovatelných pektinů v hlíze na intenzitě hnojení je uvedena v obr. 9. Zatímco pro odrůdu 'Boubín' je tato závislost klesající, pro odrůdy 'Resy' a 'Karin' jsou závislosti velmi nevýrazné, představují s rostoucí dávkou dusíku nejprve mírný pokles a při vyšších dávkách vzrůst. Závislost c_{Penk} (v obr. 9) je



9. Závislost obsahu neesterifikovatelných pektinů v hlíze (c_{Penh}) na úrovni hnojení dusíkem. Značení odrůd shodné s obr. 2 — The dependence of the content of non-esterifiable pectins in tuber (c_{Penh}) on the level of nitrogen fertilization. Cultivars denoted like in Fig. 2



10. Maximální smykové napětí bramborových hlíz v závislosti na úrovni hnojení dusíkem. Značení odrůd shodné s obr. 2 — The maximum shear stress of potato tubers as depending on the level of nitrogen fertilization. Cultivars denoted like in Fig. 2

prototypem závislosti na intenzitě hnojení, typických pro mnoho dalších veličin, zejména však pro hmotnostní koncentraci sušiny v hlízách, škrobu v hlízách, neesterifikovatelných pektinů v „neškrobech“ apod.

Hodnota veličiny σ_n klesá u odrůdy 'Boubín' s rostoucí intenzitou hnojení dusíkem a nezávisí na intenzitě hnojení dusíkem u odrůd 'Resy' a 'Karin'. Tento výsledek je konzistentní s analýzou této veličiny v předchozí části diskuse. Její závislost na obsahu sušiny, škrobu a neesterifikovatelných pektinů kvalitativně směřuje k pozorovaným závislostem σ_n na intenzitě hnojení dusíkem.

Jinak však musíme hodnotit závislost na intenzitě hnojení dusíkem u smykové pevnosti σ_{max} . V tomto případě σ_{max} pro odrůdu 'Boubín' klesá a u odrůdy 'Karin' se nemění s rostoucí dávkou dusíku ve shodě se vztahem (5) a s grafy typu obr. 9. Jiná je však situace u odrůdy 'Resy', u které byl pozorován vzrůst smykové pevnosti s rostoucí intenzitou hnojení dusíkem (obr. 10). Nesoulad s předchozím výkladem je možné vysvětlit pouze dalšími vlivy, které nebyly brány v úvahu, např. strukturními, jako jsou velikost škrobových zrn a velikost buněk v pletivech hlíz. Velikost škrobových zrn ani velikost buněk u odrůdy 'Resy' nebyla určována. U odrůdy 'Karin' počet buněk na jednotkové ploše řezu hlízou s rostoucí intenzitou hnojení dusíkem mírně roste; tentýž, ale výraznější růst byl pozorován u odrůdy 'Boubín'. Znamená to, že s rostoucí intenzitou hnojení dusíkem mají pletiva bramborových hlíz menší buňky. Tento trend spolu s korelačním koeficientem mezi počtem buněk na jednotkové ploše řezu a smykovou pevností uvedenou v tab. V (0,711) může sloužit k vysvětlení naměřených hodnot σ_{max} .

ZHODNOCENÍ

Naměřené hodnoty maximálního smykového napětí jsou v poměrně dobré shodě a hodnotami $\sigma_{max} = 0,52-0,62$ MPa, naměřenými při deformaci brambor krutem (Diehl aj., 1979). Mírně vyšší hodnoty, které tito autoři uvádějí, se dají vysvětlit vyššími hodnotami použitých rychlostí deformace.

Pokles odolnosti hlíz proti poškození při zvyšování dávek dusíku do půdy, který udává Huges (1974), mohl být pozorován prostřednictvím poklesu smykové pevnosti pouze u odrůdy 'Boubín'. U obou konzumních odrůd ('Resy' a 'Karin') pokles smykové pevnosti s rostoucí intenzitou hnojení dusíkem pozorován nebyl. Zdá se, že odolnost proti poškození hlíz nebude tedy souviset pouze s pevností hlízy, ale spíše s její reakcí na poškození. V budoucnosti se proto bude muset věnovat této problematice více úsilí, neboť pouze po jejím vyřešení je možné nalézt klíč k přímému ovlivňování odolnosti odrůd proti mechanickému poškození.

ZÁVĚR

Studovali jsme mechanické vlastnosti hlíz tří odrůd brambor. U čerstvých syrových hlíz jsme je sledovali prostřednictvím smykového testu vzorků ze středu hlízy, u vařených hlíz byly určovány extruzním testem. U každé odrůdy bylo sledováno pět variant s různými dávkami hnojiv. Kromě mechanických vlastností bylo určeno podrobné chemické složení hlíz a u dvou odrůd byla určena velikost buněk v pletivech hlíz.

Prostřednictvím matematické statistiky byly nalezeny vztahy mezi jednotlivými určovanými parametry. Chemické složení ukázalo, že růst sušiny hlíz je zprostředkovan především růstem obsahu škrobu. Růst obsahu škrobu je zároveň spojen s růstem obsahu pektinů a fosforu a prostřednictvím pektinů také s růstem vápníku a hořčíku.

Smyková pevnost roste s růstem obsahu škrobu pektinů. Smyková tuhost je pravděpodobně méně závislá na obsahu pektinů, ale výrazně závisí na obsahu vlákniny. Na

velikost σ_n u vařených brambor má významný vliv obsah škrobu a neesterifikovatelných pektinů. Na mechanické parametry syrových hlíz má vliv velikost buněk v pletivech těchto hlíz.

Na základě uvedených vlivů na mechanické vlastnosti bylo možné vysvětlit mechanické vlastnosti hlíz při různé intenzitě hnojení dusíkem. S rostoucími dávkami dusíku klesá obsah pektinů v sušině a mění se obsah sušiny, škrobu a neesterifikovatelných pektinů podle navzájem podobných, ale netriviálních závislostí.

Porovnání naměřených mechanických parametrů se zkušenostmi s odolností hlíz proti mechanickému poškození hlíz jednotlivých odrůd při různých dávkách dusíku naznačují, že kromě pevnosti hlíz bude mít na odolnost proti mechanickému poškození vliv ještě reakce hlíz na poškození.

Poděkování

Autoři by touto cestou rádi poděkovali pracovníkům matematicko-fyzikální fakulty UK za to, že jim umožnili udělat některé testy na jejich deformačním stroji Instron.

Literatura

ADAM, M. — HAVLÍČEK, Z. — CELBA, J. — HORKÁ, B. — KUBEŠOVÁ, A. — NEUMANNOVÁ, J.: Fyzikální vlastnosti potravinářských materiálů a jejich změny ve zpracovatelských pochodech. [Výzkumná zpráva.] Praha, Výzkumný ústav potravinářského průmyslu 1980. 68 s.

BLAHOVEC, J. — ŘEZNÍČEK, R. — JANÁL, R.: Reologické a texturní vlastnosti některých zemědělských materiálů. [Výzkumná zpráva.] Praha, Vysoká škola zemědělská 1975. 97 s.

BŘEČKA, J. — HANOUSEK, B.: Agrofyzikální vlastnosti brambor. Zeměd. Techn., 18, 1972, č. 6-7, s. 397-410.

CELBA, J.: Mechanické vlastnosti brambor. Zeměd. Techn., 25, 1979, č. 1, s. 17-28.

DIEHL, K. C. — HAMANN, D. D. — WHITEFIELD, J. K.: Structural failure in selected raw fruits and vegetables. J. Text. Stud., 10, 1979, s. 371-400.

HUGHES, J. C.: Environmental factors influencing quality of ware potatoes. Potato Res., 17, 1974, č. 4, s. 512-547.

MOHSEENIN, N. N.: Physical properties of plant and animal materials. Vol. 1. Structure, physical characteristics and mechanical properties. New York, Gordon and Breach Science. Publ. 1970. 734 s.

Došlo dne 14. 5. 1982

БЛАГОВЕЦ, Й. — ПАТОЧКА, К. — ЦЕЛБА, Й. — МИЧА, Б. (Сельскохозяйственный институт, Прага - Сухдол; Научно-исследовательский институт пищевой промышленности, Прага; Научно-исследовательский и селекционный институт картофелеводства, Гавличкув-Брод): Простое тестирование механических свойств клубней картофеля. Земěд. Techn., 29, 1983 (2) : 81-96.

Три сорта картофеля в пяти разных вариантах, взаимно отличающихся дозами удобрений, испытывались в свежем сыром виде волокового теста, а после отварки — экструзионным тестом. Анализ результатов вместе с данными о химическом составе и размере клеток в клубне свидетельствуют о зависимости не только между содержаниями разных веществ в клубне, но и между механическими свойствами и структурой клубней. На основе этого анализа обсуждается вопрос дозирования удобрений, особенно азота.

дозирование удобрений; волоковой тест; экструзионный тест

BLAHOVEC, J. — PATOČKA, K. — CELBA, J. — MÍČA, B. (University of Agriculture, Praha - Suchdol; Research Institute of Food Industry, Praha; Potato Research and Breeding Institute, Havlíčkův Brod): *Simple Testing of the Mechanical Properties of Potato Tubers*. Zeměd. Techn., 29, 1983 (2) : 81-96.

Three potato cultivars in five variants differing in fertilizer application rates were subjected to shear test in fresh raw state and to extrusion test after boiling. The analysis of the results and the data on the chemical composition and size of cells in tuber suggested the relationships between the contents of various substances in the tubers and between the mechanical properties of the tubers and their composition. On the basis of this analysis the application rates of fertilizers, mainly nitrogen, are discussed.

fertilizer application rates; shear test; extrusion test

Adresy autorů:

RNDr. ing. Jiří Blahovec, CSc., prom. biol. Karel Patočka, Vysoká škola zemědělská, 160 21 Praha - Suchdol

Ing. Jiří Celba, CSc., Výzkumný ústav potravinářského průmyslu, Praha 10 - Strašnice

Ing. Bohumil Míča, Výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský, Dobrovského 2366, 580 03 Havlíčkův Brod

DOSOŠENÍ SLÁMY VE VĚŽOVÝCH SKLADECH

C. Kejík, J. Štencl

KEJÍK, C. — ŠTENCL, J. (Vysoká škola zemědělská, Brno): *Dosoušení slámy ve věžových skladech*. Zeměd. Techn., 29, 1983 (2) : 97—106.

Príspevek uvádí způsob plnění věžových skladů slámy a zabývá se stanovením doby dosoušení jednotlivých naskladněných vrstev slámy a určováním parametrů dosoušecího vzduchu. Experimentálním měřením zjištěné hodnoty byly analyticky zpracovány a pro přehlednost a snazší použití vyneseny do grafů.

doba dosoušení; sklizňová vlhkost slámy; skladovací vlhkost slámy; relativní vlhkost vzduchu; jímavost dosoušecího vzduchu; hmotnost odpařené vody

Perspektivní úkoly našeho zemědělství jsou obsahově náročné. Cílem je dosáhnout soběstačnosti v produkci obilí a zvýšení celkové soběstačnosti ve výrobě potravin, a to i při dalším zvýšení jejich spotřeby.

Tyto úkoly vyžadují, aby byla zabezpečena optimální skladba krmivové základny a značná mobilizace současných rezerv. Jednou z nich, a to nikoli bezvýznamnou, je využití slámy ke krmným účelům.

V současné době se u nás stavějí linky na výrobu tvarovaných krmiv s obsahem slámy kolem 33 %. Mezi nejdůležitější vlastnosti tvarovaných krmiv patří soudržnost a možná doba skladování. Na oba tyto faktory má mimo jiné značný vliv vlhkost použité slámy.

Pro dosoušení slámy na požadovanou hodnotu a jako meziskladu jsou používány věžové nebo halové sklady.

V příspěvku předkládáme možný způsob, jak zjišťovat dobu dosoušení slámy ve věžových skladech včetně určení potřebných vlastností dosoušecího vzduchu, a návrh postupu jejich plnění slámou.

NASKLADŇOVÁNÍ SLÁMY

Bylo zjištěno, že je výhodné plnit věže slámou postupně, tj. po vrstvách o výšce asi dva až tři metry. Další vrstva se ukládá vždy až tehdy, když vrstva předcházející doschne zhruba na 25% vlhkost. Jsou-li vrstvy vyšší, sláma se značně slehává, hutní a zvyšuje se odpor proti provzdušňování.

DOSOŠENÍ SLÁMY

Podle dosavadních poznatků se sláma nejúčinněji dosouší aktivním provětráváním věže pomocí ventilátoru spojeného s bezpečnostním zařízením AOV 6P (automatický ovladač s vyhodnocováním nebezpečí požáru).

Pro experimentální zjišťování hodnot byly použity věžové sklady slámy VST 12/20 o průměru 12 m a výšce 20 m. Provětrávání bylo zajištěno ventilátorem RNA 1000/2, který měl tyto parametry:

- výkonnost $Q_v = 17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- tlak $p = 950 \text{ Pa}$,
- výška jednotlivých provětrávaných vrstev $h = 2 \text{ m}$.

K vlastnímu měření byly použity vlasové vlhkoměry, vlhkoměr HG-3 a rtuťové teploměry. Sláma byla předřezána upravenou rezačkou SKPU-220 (se zmenšeným počtem řezných ploch).

STANOVENÍ DOBY DOSOUŠENÍ SLÁMY

Postup při stanovení doby dosoušení slámy na skladovatelnou vlhkost 18 % v závislosti na vlhkosti naskladňované slámy a jímavosti vzduchu byl rozdělen do tří částí, a to podle dosoušené vrstvy:

— V první části byla řešena dosoušecí doba první vrstvy slámy, která se klade na dno věže, a není proto ovlivňována jinými vrstvami. Počítalo se s dosoušením zhruba na 25% vlhkost.

— Ve druhé části byla řešena dosoušecí doba pro druhou až předposlední vrstvu. Průběh sušení těchto vrstev je ovlivňován vrstvami nižšími. Pro praktický výpočet jsme předpokládali pouze ovlivňování předposlední naskladňovanou vrstvou, která schne z 25% vlhkosti na vlhkost skladovatelnou, která má činit přibližně 18 %.

— Třetí část řeší čas dosoušení poslední vrstvy, která schne ze sběrací vlhkosti na skladovatelnou 18% vlhkost a předposlední vrstva z 25% také přibližně na 18% vlhkost.

Stanovení doby dosoušení první vrstvy slámy

První vrstva slámy se dosoušela ze sběrací vlhkosti na vlhkost 25 %.

Pro analytické zpracování byly použity vztahy:

— objem jedné vrstvy slámy

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h \text{ (m}^3\text{)}$$

— hmotnost slámy jedné vrstvy

$$M = V \cdot \rho \text{ (kg)}$$

— hmotnost vody k odpaření z jedné vrstvy

$$M_W = M \frac{\varphi_{s1} - \varphi_{s2}}{100 - \varphi_{s2}} \text{ (kg)} = M \frac{\varphi_{s1} - 25}{100 - \varphi_{s2}} \text{ (kg)}$$

— doba dosoušení jedné vrstvy

$$\tau = \frac{M_W}{3600 \cdot Q_v \cdot j} = \frac{M_W}{3600 \cdot Q_v \cdot \rho_{vz} (x_2 - x_1)} \text{ (h)}$$

Experimentálním měřením ověřené hodnoty doby dosoušení τ (h) první vrstvy pro vlhkost naskladňované slámy od $\varphi_{s1} = 60 \%$ do $\varphi_{s1} = 28 \%$ byly analyticky zpracovány a uspořádány do tabulky (tab. I) včetně hodnot dílčích výpočtů $x_{1j} - x_{1j}$, M_W .

I. Doba dosoušení první vrstvy slámy — Final drying time of the first straw layer

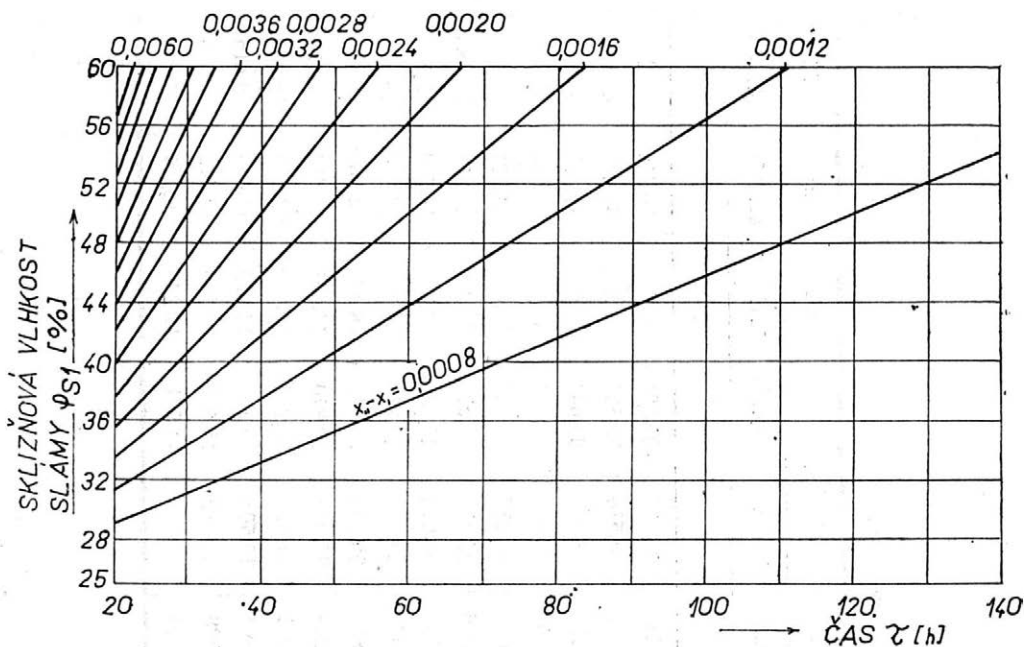
j (kg/m ³)	φ_{s1}	60	56	52	48	44	40	36	32	28	25
	M_v	9500,4	8414,64	7328,88	6243,12	5157,37	40,176	2985,84	1900,08	814,32	0
	$x_2 - x_1$	τ (h)									
0,000928	0,0008	167,279	148,162	129,044	109,926	90,808	71,691	52,573	33,456	14,338	0
0,001392	0,0012	111,52	98,774	86,029	73,284	60,54	47,794	35,049	22,304	9,559	0
0,001856	0,0016	83,64	74,081	64,522	54,963	45,404	35,846	26,287	16,728	7,169	0
0,002320	0,0020	66,912	59,265	51,618	43,971	36,323	28,676	21,029	13,382	5,735	0
0,002784	0,0024	55,76	49,387	43,015	36,642	30,27	23,897	17,524	11,152	4,78	0
0,003248	0,0028	47,794	42,332	36,87	31,408	25,945	20,484	15,021	9,559	4,097	0
0,003712	0,0032	41,82	37,04	32,261	27,482	22,702	17,923	13,143	8,364	3,585	0
0,004176	0,0036	37,173	32,925	28,676	14,428	20,18	15,931	11,683	7,435	3,186	0
0,004640	0,0040	33,456	29,632	25,809	21,985	18,162	14,338	10,515	6,691	2,868	0
0,005104	0,0044	30,414	26,938	23,463	19,987	16,511	13,035	9,559	6,083	2,607	0
0,005568	0,0048	27,88	24,694	21,507	18,321	15,135	11,949	8,762	5,576	2,39	0
0,006032	0,0052	25,735	22,794	19,853	16,912	13,971	11,029	8,088	5,147	2,206	0
0,006496	0,0056	23,897	21,166	18,435	15,704	12,973	10,242	7,51	4,779	2,048	0
0,006960	0,0060	22,304	19,755	17,206	14,657	12,109	9,559	7,01	4,461	1,912	0

II. Doba dosoušení druhé až předposlední vrstvy slámy — Final drying time of the second to the last-but-one straw layer

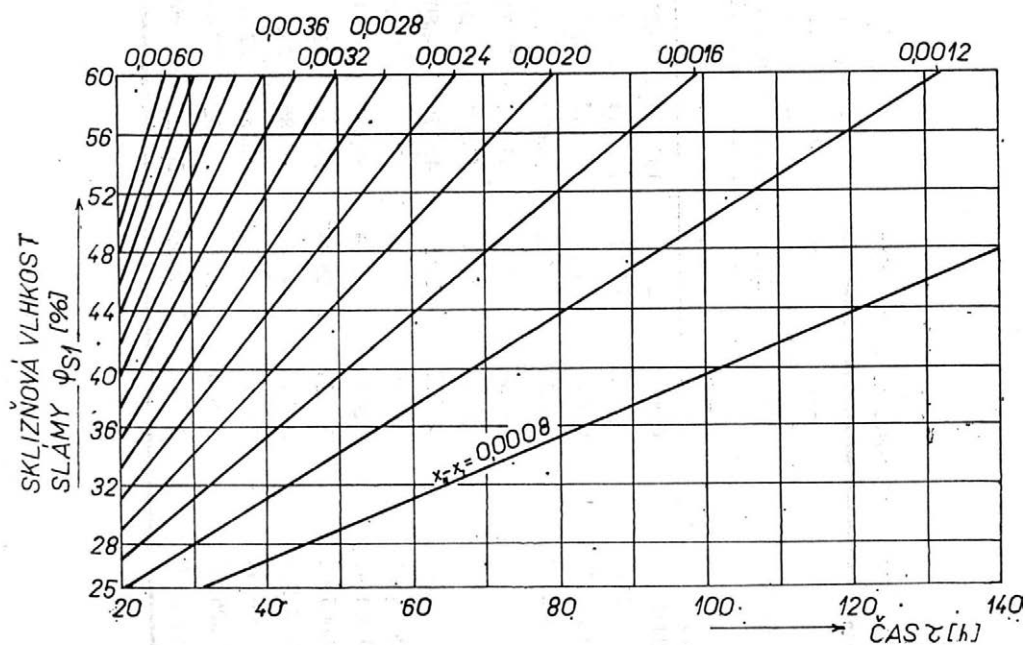
j (kg/m ³)	φ_{s1}	60	56	52	48	44	40	36	32	28	25
	M_v	11238,28	10152,52	9066,76	7981	6895,24	5809,48	4723,72	3637,96	2552,2	1737,88
	$x_2 - x_1$	τ (h)									
0,000928	0,0008	197,88	178,762	159,644	140,526	121,409	102,291	83,173	64,056	44,938	30,6
0,001392	0,0012	131,92	119,174	106,43	93,684	80,94	68,194	55,449	42,704	29,96	20,4
0,001856	0,0016	98,94	89,38	79,82	70,263	60,704	51,146	41,587	32,028	22,47	15,3
0,002320	0,0020	79,152	71,505	63,858	56,211	48,563	40,916	33,27	25,622	17,975	12,24
0,002784	0,0024	65,96	59,587	53,215	46,842	40,47	34,097	27,724	21,352	14,98	10,2
0,003248	0,0028	56,54	51,075	45,613	40,15	34,688	29,226	23,764	18,302	12,84	8,743
0,003712	0,0032	49,47	44,69	39,911	35,132	30,352	25,573	20,793	16,014	11,235	7,65
0,004176	0,0036	43,973	39,725	35,476	31,228	26,98	22,731	18,483	14,235	9,986	6,8
0,004640	0,0040	39,576	35,752	31,929	28,105	24,282	20,458	16,635	12,811	8,988	6,12
0,005104	0,0044	35,978	32,502	29,026	25,550	22,074	18,598	15,122	11,646	8,171	5,564
0,005568	0,0048	32,98	29,794	26,607	23,421	20,235	17,049	13,862	10,676	7,49	5,1
0,006032	0,0052	30,443	27,502	24,561	21,62	18,678	15,737	12,796	9,855	6,914	4,708
0,006496	0,0056	28,268	25,537	22,806	20,075	17,344	14,613	11,882	9,151	6,42	4,371
0,006960	0,0060	26,384	23,835	21,286	18,737	16,188	13,639	11,09	8,541	5,992	4,08

III. Doba dosoušení poslední vrstvy slámy — Final drying time of the last straw layer

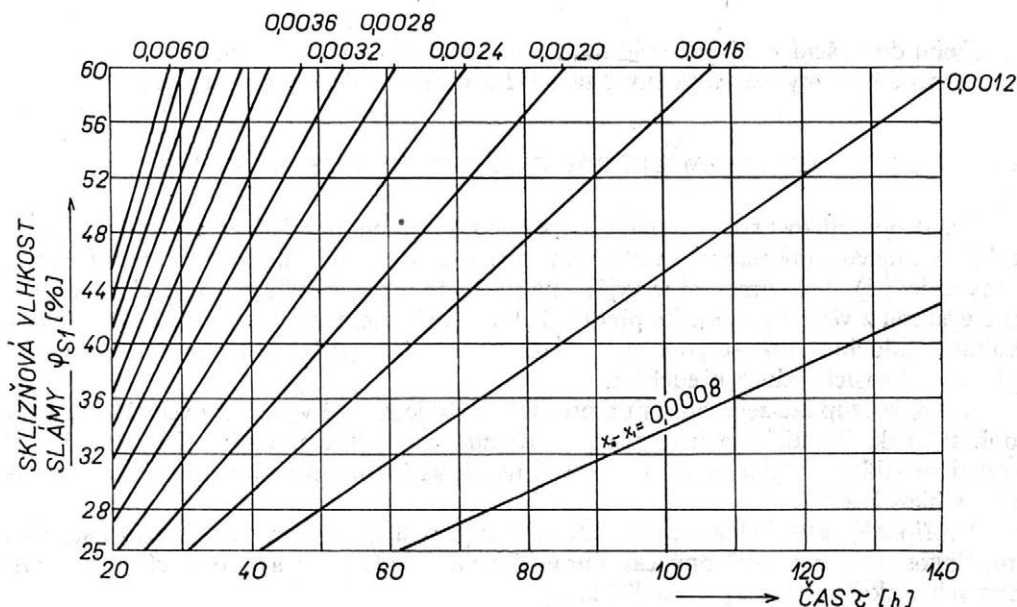
j (kg/m ³)	φ_{s1}	60	56	52	48	44	40	36	32	28	25
	M_v	12 165,22	11 172,14	10 179,06	9185,98	8192,9	7199,82	6206,74	5213,66	4220,58	3475,77
	$x_2 - x_1$	τ (h)									
0,000928	0,0008	214,2	196,715	179,229	161,743	144,257	126,772	109,286	91,8	74,314	61,2
0,001392	0,0012	142,8	131,143	119,486	107,829	96,172	84,514	72,857	61,2	49,543	40,8
0,001856	0,0016	107,1	98,357	89,614	80,872	72,129	63,386	54,643	45,9	37,157	30,6
0,002320	0,0020	85,68	78,689	71,692	64,697	57,703	50,709	43,714	36,72	29,726	24,48
0,002784	0,0024	71,4	65,572	59,743	53,914	48,086	42,257	36,429	30,6	24,771	20,4
0,003248	0,0028	61,2	56,204	51,208	46,212	41,216	36,22	31,224	26,229	21,233	17,486
0,003712	0,0032	53,55	49,179	44,807	40,436	36,064	31,693	27,321	22,95	18,579	15,3
0,004176	0,0036	47,6	43,714	39,829	35,943	32,057	28,171	24,286	20,4	16,514	13,6
0,004640	0,0040	42,84	39,343	35,846	32,349	28,851	25,354	21,857	18,36	14,863	12,24
0,005104	0,0044	38,945	35,766	32,587	29,408	26,229	23,049	19,870	16,691	13,512	11,127
0,005568	0,0048	35,700	32,786	29,871	26,957	24,043	21,129	18,214	15,300	12,386	10,200
0,006032	0,0052	32,954	30,264	27,574	24,884	22,193	19,503	16,813	14,123	11,433	9,415
0,006496	0,0056	30,600	28,102	25,604	23,106	20,608	18,110	15,612	13,114	10,616	8,733
0,006960	0,0060	28,560	26,229	23,897	21,566	19,234	16,903	14,571	12,240	9,909	8,160



1. Dosoušení první vrstvy slámy — The final drying of the first straw layer



2. Dosoušení druhé až předposlední vrstvy slámy — The final drying of the second to the last-but-one layer of straw



3. Dosoušení poslední vrstvy slámy — The final drying of the last layer of straw

Pro přehlednost a hlavně pro snadnější praktické použití při zjišťování doby dosoušení slámy byly tyto hodnoty vyneseny do grafu (obr. 1).

Stanovení doby dosoušení druhé až předposlední vrstvy slámy

Při dosoušení druhé až předposlední vrstvy bylo třeba dosáhnout vlhkosti 25 % a předcházející vrstvu dosušit na skladovatelnou vlhkost 18 %. Potom množství vody k odpaření činilo:

$$\begin{aligned}
 M_W &= M_1 + M_2 = M \frac{\varphi_{s1} - \varphi_{s2}}{100 - \varphi_{s2}} + M \frac{\varphi_{s1} - \varphi_{s2}}{100 - \varphi_{s2}} = \\
 &= M \frac{\varphi_{s1} - 25}{100 - \varphi_{s2}} + M \frac{25 - 18}{100 - 18} \text{ (kg)}
 \end{aligned}$$

Dobu dosoušení τ (h) pak bylo možné zjišťovat jako u první vrstvy slámy. Získané hodnoty jsou uvedeny v tab. II a vyneseny do grafu (obr. 2).

Stanovení doby dosoušení poslední vrstvy

Poslední vrstva slámy se dosoušela ze sběrací vlhkosti až na skladovatelnou vlhkost 18 %, předposlední vrstva se dosoušela z předsušených cca 25 % na vlhkost skladovatelnou 18 %. Hmotnost vody k odpaření se pak určila ze vztahu:

$$\begin{aligned}
 M_W &= M_1 + M_2 = M \frac{\varphi_{s1} - \varphi_{s2}}{100 - \varphi_{s2}} + M \frac{\varphi_{s1} - \varphi_{s2}}{100 - \varphi_{s2}} = \\
 &= M \frac{\varphi_{s1} - 18}{100 - \varphi_{s2}} + M \frac{25 - 18}{100 - 18} \text{ (kg)}
 \end{aligned}$$

Dobu dosoušení τ (h) pak bylo možné určovat obdobně jako u první vrstvy. Získané hodnoty jsou uvedeny v tab. III a vyneseny do grafu (obr. 3).

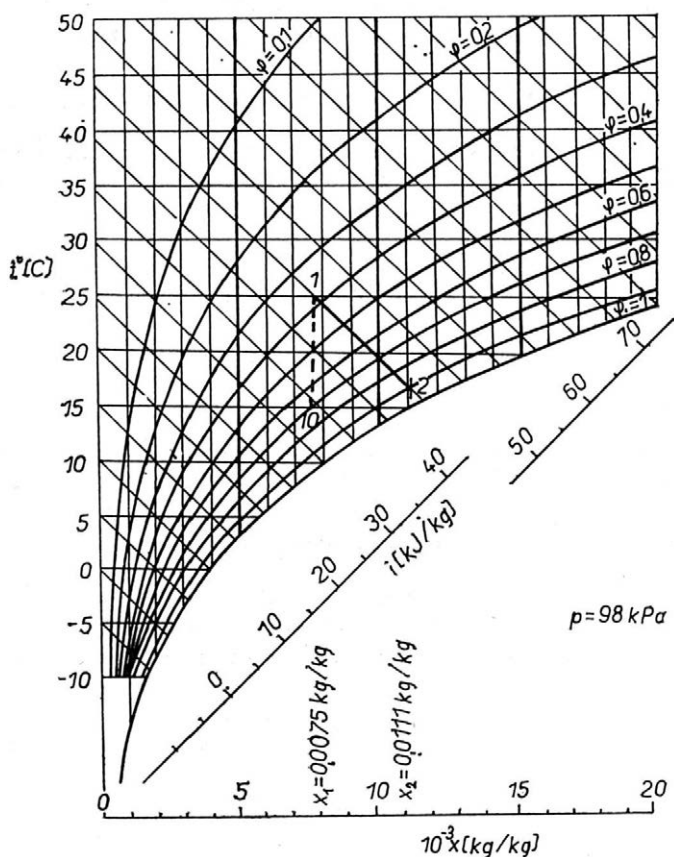
POSTUP PŘI PRAKTICKÉM ZJIŠŤOVÁNÍ DOBY DOSOUŠENÍ SLÁMY

Pro danou vlhkost sbírané slámy φ_{s1} a dobu dosoušení naskladněné vrstvy τ se zjistí potřebná jímavost dosoušecího vzduchu z obr. 1, 2 nebo 3 (podle toho, o kterou vrstvu slámy se jedná). Tato jímavost je vyjádřena rozdílem měrných vlhkostí vzduchu na vstupu a výstupu z věže $x_{II} - x_I$. Za předpokladu, že byla měřena teplota a relativní vlhkost okolního vzduchu, může se pomocí "i x" diagramu zjistit potřebná teplota, na kterou by bylo možné sušící vzduch přehřát.

Tento postup lze zevšeobecnit a pro dané věže je možné využívat uvedených grafů, popř. tabulek. Praktické použití postupu ukazuje konkrétní příklad: při teplotě 15 °C a relativní vlhkosti vzduchu 70 % je třeba usušit za 27 hodin naskladněnou vrstvu slámy o vlhkosti 44 %.

V případě, že se jedná o první vrstvu slámy, použije se obr. 1, ze kterého se zjistí pro vlhkost slámy a potřebný čas nutná jímavost vzduchu j a jí odpovídající rozdíl měrných vlhkostí $x_{II} - x_I = 0,0036$ kg/kg.

V "i x" diagramu se vyhledá pro vzduch 15 °C teplý s relativní vlhkostí 70 % měrná vlhkost $x_I = 0,0075$ (bod 0) a tento rozdíl se k ní přičte. Tím se získá měrná



4. Diagram „i x“

vlhkost vzduchu odcházejícího z věže $x_{II} = 0,0111$ kg/kg. V průsečíku čáry této vlhkosti a křivky relativní vlhkosti vzduchu vystupujícího z věže φ_2 , která je závislá na vlhkosti naskladněné slámy, se získá stav na výstupu z věže (bod 2). Pro tento případ vlhkosti slámy 44 % odpovídá rovnovážná relativní vlhkost $\varphi_2 = 91$ % (obr. 4).

Vede-li se z bodu "0" svislá přímkou ohřevu za stálé měrné vlhkosti a z bodu "2" přímkou izoentalpy, která charakterizuje ideální dosoušení ve věži, získá se v průsečíku obou přímkou bod "1", který je bodem určujícím stav vzduchu na vstupu do věže. To znamená, že nám určuje teplotu, na kterou je nutno sušící vzduch předehřát, a jeho relativní vlhkost. Pro uvedený příklad $t_1 = 25$ °C a $\varphi_1 = 38$ %.

Poznámka

Relativní vlhkost vzduchu na vstupu do věže (bod "1" v "i x" diagramu) by se měla vždy rovnat nebo být nižší než rovnovážná relativní vlhkost vzduchu pro konečnou vlhkost slámy. Jinak nemůže dojít k dosoušení na požadované parametry.

Relativní vlhkost vzduchu vystupujícího z věže (bod "2" v "i x" diagramu) by měla být rovna nebo nižší než rovnovážná relativní vlhkost vzduchu pro slámu s obsahem sklizňové vlhkosti (obr. 4). Jinak vrstva slámy poblíž pláště věže vlhne a proces sušení se prodlužuje.

ZÁVĚR

Předložená práce může sloužit jako návod pro skutečné zjišťování podmínek dosoušení ve věžích, ale také pro bližší představu o celkovém procesu dosoušení, hlavně pokud jde o nutnou dobu provětrávání.

Z uvedeného příkladu dosoušení slámy z vlhkosti 44 % na 25 % za 27 hodin je vidět, že stanovená doba je příliš krátká, neboť získat vzduch o relativní vlhkosti 38 % by bylo v provozních podmínkách obtížné. Proto by bylo třeba v tomto případě dobu dosoušení prodloužit a postup opakovat, až by se dosáhlo reálných parametrů dosoušecího vzduchu pro daný objekt.

V praxi je možná doba dosoušení a uskladňování slámy ve věži několik týdnů, neboť věže se stavějí do baterií (vždy jich bývá sudý počet), takže je možné z jedné dosoušenou slámu odebírat a v ostatních naskladňovat a dosoušet, popřípadě jen dosoušet.

Došlo dne 24. 3. 1982

КЕЙИК, Ц. — ШТЕНЦЛ, Й. (Сельскохозяйственный институт, Брно): Досушка соломы в башенных складах. *Zeměd. Techn.*, 29, 1983 (2) : 97-106.

В статье приводится способ загрузки башенных складов соломой, определяется время досушки отдельных загруженных слоев соломы, а также определяются параметры досушивающего воздуха. Экспериментальным путем полученные данные были аналитически обработаны, а для наглядности и более простого их применения изображены графически.

время досушки; уборочная влажность соломы; складированная влажность соломы; относительная влажность воздуха; воздухоемкость; масса испаренной воды

KEJÍK, C. — ŠTENCL, J. (University of Agriculture, Brno): *Straw Final Drying in Tower Stores*. *Zeměd. Techn.*, 29, 1983 (2) : 97-106.

The method of the filling of tower stores with straw is described and the time of final drying of deposited straw layers is determined. The determination of the pa-

rameters of drying air is explained. The values obtained by experimental measurements were subjected to analytic treatment and plotted in graphs for better survey and easier use.

final drying time of straw; harvest moisture content in straw; storage moisture content in straw; relative air humidity; holding capacity of finishing air; weight of evaporated water

Adresa autorů:

Doc. ing. Cyril Kejík, CSc., ing. Jiří Štencl, Vysoká škola zemědělská, Zemědělská 1, 662 65 Brno

MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ KVALITY PRÁCE ŠESTIŘÁDKOVÝCH SKLÍZEČŮ CUKROVKY

J. Myšák

MYŠÁK, J. (Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha - Řepy): *Možnosti zvýšení kvality práce šestiřádkových sklízečů cukrovky*. Zeměd. Techn., 29, 1983 (2) : 107-114.

Kvalitu práce šestiřádkových sklízečů pro dvoufázovou technologii sklizně cukrovky zlepšuje čistička řádků ořezaných bulev s pomocným motorem, namontovaná na sklízeči chrástu 6 OCS, a II. čistící zařízení, připojené ke sklízeči bulev KS 6. Obě tato zařízení snižují ztráty bulev o 0,6 % a obsah nečistot ve sklizených bulvách v průměru o 7,6 %; obsah organických nečistot ve sklizených bulvách snižují v průměru na 0,6 %. Pořizovací náklady na tato doplňková zařízení mají návratnost za dvě sklizňové sezóny. Čistící zařízení jsou nejen výhodná pro pěstitele cukrovky, ale také zvyšují efektivnost zpracování řepy v cukrovarech.

čistička řádků; II. čistící zařízení; ztráty bulev; nečistoty ve sklizených bulvách; sklízeč chrástu; sklízeč bulev

Plocha cukrovky sklizená šestiřádkovými samojízdnými sklízeči se každoročně zvyšuje. Ve velkovýrobních podmínkách našich pěstitelů cukrovky je to jev plně opodstatněný, neboť ve srovnání s třířádkovými soupravami přináší šestiřádkové sklízeče v přepočtu na jednotku plochy úsporu lidské práce, úsporu dopravních prostředků na odvoz sklizeného materiálu zkrácením nakládací doby a často i úsporu pohonných hmot. Je však nutné konstatovat, že kvalita práce šestiřádkových sklízečů je nižší než kvalita práce sklízečů třířádkových. I když rozdíly v kvalitě značně kolísají podle stavu porostu, půdních a klimatických podmínek a svědomitosti řidičů a údržbářů sklizňové techniky, mají šestiřádkové sklízeče v průměru o 19 % nižší podíl nepoškozených bulev, o 12 % vyšší podíl mírně poškozených bulev a o 7 % vyšší podíl silně poškozených bulev. Rozdíl je rovněž v obsahu nečistot ve sklizených bulvách, a to u volné hlíny o 3 %, u ulpělé hlíny o 5 % a u organických nečistot (řepných listů) o 1,3 % více než u třířádkových sklízečů. Ztráty bulev nevyoráním bývají vesměs o 2,0 % vyšší a ztráty bulev a jejich části na povrchu o 2,5 % vyšší. Dlouhodobé průměry jsou uvedeny v tab. I.

Opomineme-li vliv stavu porostu na kvalitu práce šestiřádkových sklízečů, zjistíme, že na zhoršené kvalitě práce se podílejí oba stroje sklizňové soupravy. Sklízeč chrástu 6 OCS tím, že na ořezaných bulvách zanechává až 12 % volného chrástu a 7 % chrástu lpícího na bulvách, sklízeč bulev KS 6 tím, že pro naše sklizňové podmínky málo účinným čistícím zařízením neodstraní požadované množství nečistot a častým

I. Dlouhodobé průměry kvality práce sklízečů bulev při sklizni porostů s meziřádkovou vzdáleností 500 mm — Long-time means of the quality of operation of beet-root harvesters used in stands with rows 500 mm apart

Ukazatel	Jednotka	KS 6	3 VCX. A
Nepoškozené bulvy	% ks	31,2	50,6
Mírně poškozené bulvy	% ks	34,0	21,4
Hrubě poškozené bulvy	% ks	34,8	28,0
Volná hlína	% hm	8,0	5,2
Ulpělá hlína	% hm	10,6	5,8
Organické nečistoty	% hm	2,0	0,7
Nečistoty celkem	% hm	20,6	11,7
Ztráty bulev na povrchu	% hm	6,8	4,2
Ztráty bulev nevyoráním	% hm	5,2	3,3
Ztráty bulev celkem	% hm	12,0	7,5

měněním směru toku bulev ve sklizeči zvyšuje poškození bulev, a tím i množství jejich ztrát propadem. Z těchto důvodů se snaží řada pracovníků vyvinout doplňková zařízení, která by kvalitu práce šestiřádkových sklízečů zlepšila.

METODA

Pro zvýšení kvality práce šestiřádkových sklízečů byly vyřešeny a vyrobeny ve Výzkumném ústavu zemědělské techniky ve spolupráci se zemědělskými podniky funkční vzorky doplňkových zařízení k šestiřádkovým sklízečům cukrovky, které umožnily praktické ověření těchto otázek. Na vývoji a výrobě funkčních modelů spolupracovali Jednotné zemědělské družstvo Slatiny, Jednotné zemědělské družstvo Výšovice a Ověřovací semenářský státní statek Bezno.

Funkční vzorky byly namontovány na provozní sklizeče zemědělských podniků a zkoušeny v běžných sklizňových podmínkách podle příslušné části ČSN 47 0136 (1968).

VÝSLEDKY

ZAŘÍZENÍ NA ODSTRANĚNÍ CHRÁSTU Z ŘÁDKŮ OŘEZANÝCH BULEV

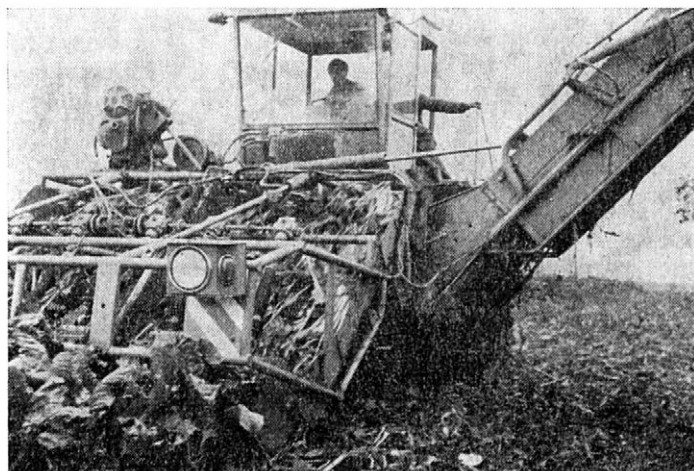
Jako doplňkové zařízení ke sklizeči chrástu bylo vyvinuto několik typů čističek řádků agregovaných s traktorem a několik typů montovaných přímo na sklizeč chrástu. Pracují buď na principu rotorů opatřených cepy z pružného materiálu (obdoba čističky řádků použité u třířádkového sklizeče bulev 3 VCX), nebo na principu šikmo uloženého válce, který má na svém obvodu spirálovitě připevněny odmetací pásy z vulkolanu (obdoba čističky řádků použité u sklizeče chrástu 6 OŘCS a SC-1-03). Tyto čističky mají odstranit maximální množství volného i ulpělého chrástu z řádků ořezaných bulev, aniž by byly ořezané bulvy vychýleny z osy řádků. Pro sklizeč bulev KS 6 znamená dobrá práce čističky řádků zlepšení pracovních podmínek zejména vzhledem k či-

dlům automatického směrového řízení a k zatížení čistícího ústrojí sklízče.

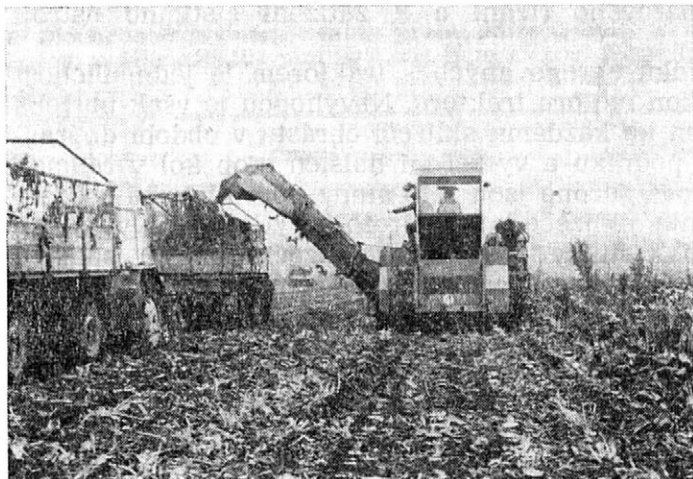
Výhodou čističek řádků agregovaných s traktorem je jednoduchost pohonu a dostatečný výkon motoru traktoru. Nevýhodou je však potřeba dalšího traktoru s řidičem ke každému sklízči chrástu v období dopravní špičky zemědělského podniku a vytváření dalších stop kol v řádcích porostu. Ve vlhké sklizňové sezóně jsou tyto stopy dost hluboké a často zhoršují pracovní podmínky sklízče bulev, protože vytlačují bulvy z osy řádků. Výhoda umístění čističky řádků na sklízči chrástu spočívá v tom, že ořezaný porost není narušen dalšími stopami jezdových kol. Protože však motor sklízče chrástu 6 OCS nemá výkonovou rezervu i pro čističku řádků, je třeba pohon čističky zajistit pomocným motorem.

Ve spolupráci s JZD Slatiny a OSSS Bezno postavil a vyzkoušel VÚZT válcovou čističku řádků ke sklízči chrástu 6 OCS s pomocným motorem. Čistící válec je umístěn pod středním rámem sklízče chrástu s vychýlením 15° vlevo od kolmice ke směru jízdy (obr. 1). Válec je vyroben z ocelového plechu o průměru 120 mm. Na obvodu jsou k němu spirálovitě připevněny odmetací pásy z vulkolanu. Na obou koncích je válec čističky uchycen v ložiskách na otočných ramenech, kterými je čistička řádků přestavována pomocí jednočinných hydraulických válců z pracovní polohy do transportní a naopak. Pohon čističky je zajištěn hydromotorem zásobovaným olejem ze samostatného hydraulického okruhu, který se skládá z nádrže hydraulického oleje, hydraulického čerpadla a regulačního ventilu. Pohon hydraulického čerpadla zajišťuje pomocný motor. Olejová nádrž, hydraulické čerpadlo a pomocný motor jsou umístěny na pomocném rámu vpravo od kabiny pro řidiče sklízče chrástu. Naftu pro pomocný motor dodává elektrické čerpadlo z nádrže sklízče chrástu. Ovládací prvky čističky řádků, a to startér, akcelerační páku pomocného motoru i regulační ventil průtoku oleje obsluhuje řidič z kabiny. Otáčky čistícího válce lze plynule měnit podle stavu porostu, kvality ořezávání a pracovní rychlosti sklízče.

Zkouškami čističky řádků s pomocným motorem (obr. 2), namontované na sklízči chrástu 6 OCS, bylo zjištěno, že čistička odstraní z ořezaných řádků bulev v průměru 63 % volného chrástu a 60 % chrástu



1. Válcová čistička řádků s pomocným motorem na sklízči chrástu 6 OCS — The cylindrical row cleaner with auxiliary engine mounted on the 6 OCS beet-top harvester



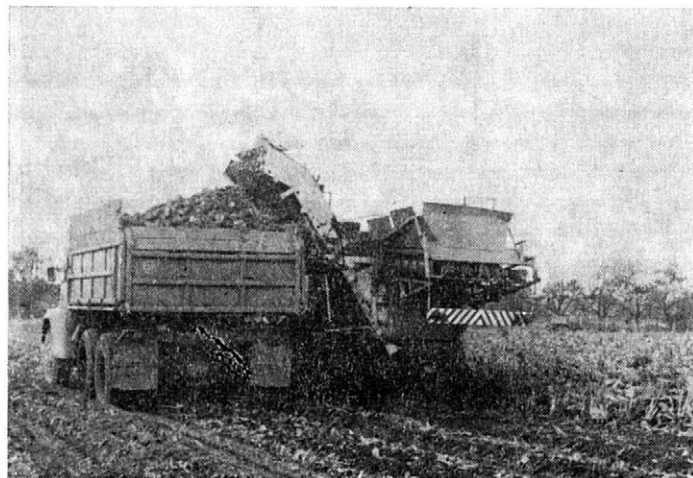
2. Řádky bulev očištěné čističkou řádků na sklízeči chrástu 6 OCS — Row rows cleaned with the row cleaner mounted on the 6 OCS beet-top harvester

ulpělého. Na kvalitě práce sklízeče bulev KS 6 se projevilo zapojení čističky řádků v průměru takto: podíl nepoškozených bulev se zvýšil o 2,2 %, podíl mírně poškozených bulev se zvýšil o 3,7 % a podíl silně poškozených bulev se snížil o 5,9 %. Obsah organických nečistot ve sklizených bulvách se snížil o 1 % a ztráty nevyoráním klesly o 0,6 %. Ostatní parametry sklízeče bulev se zlepšily pouze nepatrně.

Výroba sklízeče chrástu 6 OCS v roce 1980 skončila. Od roku 1981 je vyráběn v Agrostroji Jičín nový typ sklízeče chrástu SC-1-03, který je již čističkou řádků vybaven. Jsou u něho také použity tzv. rychlořezávací jednotky, které ve srovnání s ořezávacími jednotkami sklízeče chrástu 6 OCS zvyšují podíl správně ořezaných bulev o 15 až 20 %.

ČISTÍCÍ ZAŘÍZENÍ KE SKLÍZEČI BULEV KS 6

Úpravami sklízeče bulev KS 6 za účelem snížení obsahu nečistot ve sklizených bulvách se zabývá mnoho zemědělských podniků. Ve spolupráci s JZD Výšovice a OSSS Bezno postavili a vyzkoušeli ve VÚZT II. čisticí zařízení ke sklízeči bulev KS 6. Toto zařízení je řešeno obdobně



3. II. čisticí zařízení na sklízeči bulev KS 6 — pohled z levé strany — Cleaning mechanism II mounted on the KS 6 beet-root harvester — left side view

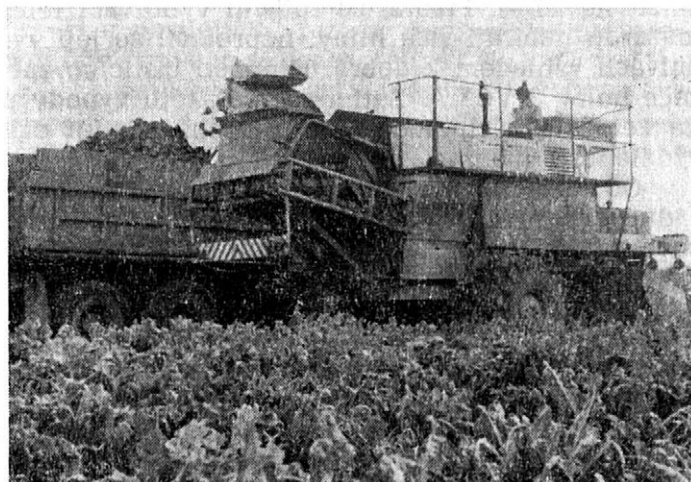
jako čistící ústrojí třířádkového sklízče bulev 3 VCX a pracuje na principu dvou párů válců s gumovými šroubovicemi a dvou hladkých odmetacích válců. Válce jsou uspořádány v trubkovém rámu zavěšeném na rámu překrývacího zásobníku sklízče a podepřeném dvěma nosníky o dolní zadní příčku rámu sklízče (obr. 3). Čistící válce s pracovním stoupáním 8° jsou po stranách a vzadu opatřeny plechovými kryty. Nad čistícími válci je umístěn podélný gumotextilní dopravník, který přebírá směs bulev a nečistot od podélného vynášecího řetězového dopravníku sklízče a odnáší ji na začátek pracovního prostoru čistících válců II. čistícího zařízení. Ze směsi se na válcích odlučují nečistoty a bulvy postupují na konec válců, kde přepadávají na příčný gumotextilní dopravník sklízče. Pohon II. čistícího zařízení je odvozen z převodové skříně na levé straně sklízče, která současně ovládá nakládací dopravník a příčný gumotextilní dopravník. Je proveden tak, aby II. čistící zařízení bylo v činnosti současně s podélným vynášecím dopravníkem.

V případě, že sklizeň cukrovky probíhá v lehkých podmínkách a není třeba používat II. čistící zařízení, je možno podélný gumotextilní dopravník odklopit dozadu a namontovat před čistící válce upravené plechové zadní čelo překrývacího zásobníku. Tím je II. čistící zařízení vyřazeno z činnosti a tok sklizeného materiálu probíhá sklízčem KS 6 stejně jako před montáží tohoto zařízení.

Zkoušky II. čistícího zařízení sklízče bulev KS 6 (obr. 4) přinesly tyto průměrné výsledky: obsah organických nečistot ve sklizených bulvách se snížil na 0,6 % z původních 2,9 %, tedy o 2,3 %; obsah volné hlíny se snížil ze 6 % na 2,3 %, tedy o 3,7 %; obsah ulpělé hlíny se snížil z 5,5 % na 3,9 %, tedy o 1,6 %. Celkově se snížily nečistoty ve sklizených bulvách o 7,6 %. Nepatrně však stoupl poškození bulev. Podíl nepoškozených bulev se snížil o 1,8 %, podíl mírně poškozených bulev se zvýšil o 0,6 % a podíl silně poškozených bulev se zvýšil o 1,2 %. Podrobné výsledky uvádí tab. II.

DISKUSE A ZÁVĚR

Zkouškami čističky řádků ke sklízči chrástu 6 OCS a II. čistícího zařízení ke sklízči bulev KS 6 byla prokázána účelnost obou zařízení.



4. II. čistící zařízení na sklízči bulev KS 6 — pohled z pravé strany — Cleaning mechanism II on the KS 6 beet-root harvester — right side view

II. Porovnání kvality práce sklízeče bulev KS 6 při odpojeném a zapojeném II. čistícím zařízení — A comparison of the quality of operation in the KS 6 beet-root harvester with and without cleaning mechanism II

Ukazatel	Jednotka	II. čistící zařízení	
		odpojené	zapojené
Nepoškozené bulvy	% ks	33,6	31,8
Mírně poškozené bulvy	% ks	33,2	33,8
Hrubě poškozené bulvy	% ks	33,2	34,4
Volná hlína	% hm	6,0	2,3
Ulpělá hlína	% hm	5,5	3,9
Organické nečistoty	% hm	2,9	0,6
Nečistoty celkem	% hm	14,4	6,8
Ztráty bulev na povrchu	% hm	7,5	7,5
Ztráty bulev nevyoráním	% hm	6,3	6,3
Ztráty bulev celkem	% hm	13,8	13,8

Půda: hlinitá

Vlhkost půdy ve vrstvě:	0—50 mm	30,6 %
	50—100 mm	23,7 %
	100—150 mm	23,1 %

Je proto vhodné šestiřádkové sklízeče těmito přídatnými zařízeními doplnit. Obě zařízení podstatně snižují obsah nečistot ve sklizených bulvách, ale jen velmi málo přispívají ke snížení ztrát a poškození bulev. Tento problém radikálně řeší rozšíření meziřádkové vzdálenosti na 500 mm a využití rotačních vyorávacích těles s rozšířenou vstupní mezerou na 240 mm a zúženou zadní mezerou na 15 mm. U třířádkových sklízečů bulev, které jsou přestavitelné i pro meziřádkovou vzdálenost 500 mm, se při použití vyorávacích těles s rozšířenou vstupní mezerou podařilo snížit celkové ztráty bulev zaviněných sklízeči na 3 %, podíl nepoškozených bulev zvýšit na 65 % a podíl silně poškozených bulev snížit na 15 %. Přesto, že rotační vyorávací tělesa s rozšířenou vstupní mezerou nabírají více hlíny, neprojevil se její vyšší obsah ve sklizených bulvách vzhledem k dobré účinnosti čistícího zařízení třířádkového sklízeče bulev 3 VCX.A. Zatím se však této výhody používá pouze v několika zemědělských podnicích, v nichž pěstují cukrovku s meziřádkovou vzdáleností 500 mm.

Od roku 1981 je do zemědělských podniků dodáván nový typ šestiřádkového samojízdného sklízeče chrástu SC-1-03, který je vybaven válčovou čističkou řádků ořezaných bulev. Současně začínají také dodávky modernizovaného šestiřádkového samojízdného sklízeče bulev KS 6 B. Vzhledem k tomu, že se pracovní orgány sklízečů KS 6 a KS 6 B liší jen nepatrně, nelze očekávat podstatné zlepšení kvality práce a bude třeba řešit úpravu přední části sklízeče bulev tak, aby se snížily ztráty a poškození bulev. Je rovněž vyvinut nový typ přívěsného třířádkového sklízeče bulev 3 VCX.C. U tohoto stroje se podařilo snížit celkové ztráty bulev na 6 % a zvýšit podíl nepoškozených bulev na 60 %. Přívěsné tří-

III. Kvalita práce sériově vyráběných vyorávacích těles a těles s rozšířenou vstupní mezerou sklízeče bulev 3 VCX.A při práci v porostu s meziřádkovou vzdáleností 500 mm — The operation quality of the series-manufactured lifting blades and blades with widened feed hole in the 3 VCX.A beet harvester at work in stand with rows 500 mm apart

Ukazatel	Jednotka	Tělesa	
		sériová	rozšířená
Výnos bulev	t. ha ⁻¹	37,2	37,2
Nepoškozené bulvy	% ks	50,6	64,6
Mírně poškozené bulvy	% ks	21,4	20,3
Hrubě poškozené bulvy	% ks	28,0	15,1
Volná hlína	% hm	5,2	5,6
Ulpělá hlína	% hm	10,5	10,8
Organické nečistoty	% hm	0,7	0,5
Nečistoty celkem	% hm	16,4	16,9
Ztráty bulev na povrchu	% hm	2,2	1,5
Ztráty bulev nevyoráním	% hm	4,3	1,3
Ztráty bulev celkem	% hm	6,5	2,8
Výnos bulev	t. ha ⁻¹	52,6	52,6

Půda: jílovitohlinitá

Vlhkost půdy ve vrstvě:	0— 50 mm	29,2 %
	50—100 mm	24,5 %
	100—150 mm	25,3 %

řádkové sklízeče však již nemají v zemědělské velkovýrobě velkou naději na větší uplatnění vzhledem k potřebě tažných traktorů, větší potřebě lidské práce a menšímu využití dopravních prostředků v přepočtu na jednotku sklizené plochy ve srovnání se sklizeči šestiřádkovými. Proto by bylo vhodné urychleně zahájit řešení a výrobu šestiřádkového samojízdného sklízeče bulev, který by byl použitelný do sklizňové linky se sklizečem chrástu SC-1-03 a později SC-1-04 a jehož ukazatele kvality práce by byly na úrovni třířádkového sklízeče 3 VCX.C.

EKONOMICKÝ PŘÍNOS ŘEŠENÍ

Obsah nečistot v bulvách dodaných do cukrovaru způsobuje zhoršení pracovních podmínek při zpracování řepy. Zejména vyšší obsah chrástu nad 1 % je příčinou vyšších ztrát na skládkách cukrovarů a mnohdy i toho, že se neplní zpracovatelská norma. Z hlediska pěstitelů cukrovky znamená vyšší obsah nečistot v bulvách zvýšené náklady na dopravu cukrovky do přejímacích míst. Tyto potíže značně sníží u šestiřádkových sklizečů čistička řádků ořezaných bulev na sklizeči chrástu a II. čistící zařízení na sklizeči bulev.

Vycházíme-li z průměrné sezónní výkonnosti šestiřádkové sklizecí soupravy 150 ha, průměrného výnosu bulev 40 t. ha⁻¹, realizační ceny bulev 290 Kčs. t⁻¹ a průměrných nákladů na přepravu sklizeného ma-

teriálu od sklízeců na přejímací místo cukrovarů 16,5 Kčs. t⁻¹, představuje práce čističky řádků na sklízeci chrástu a II. čistícího zařízení na sklízeci bulev tento přínos:

snížení sklizňových ztrát o 0,6 %, tj 36 t à 350 Kčs	12 600 Kčs
snížení obsahu nečistot v bulvách o 7,6 %, tj. 456 t à 16,5 Kčs	7 524 Kčs
celkem	20 124 Kčs

Náklady na výrobu čističky řádků ke sklízeci chrástu činí 25 000 Kčs a na výrobu II. čistícího zařízení sklízecě bulev 10 000 Kčs. Pořizovací náklady těchto zařízení mají tedy návratnost dvou sklizňových sezón a jejich životnost je sedm až deset sklizňových sezón.

Literatura

ČSN 47 0136. Zkoušení sklízeců cukrovky. 1968.

Došlo dne 9. 6. 1982

МЫШАК, Я. (Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной техники, Прага - Ржепы): Возможности повышения качества работы шестирядных свеклоуборочных машин. *Zeměd. Techn.*, 29, 1983 (2) : 107-114.

Качество работы шестирядных свеклоуборочников для двухфазной технологии уборки сахарной свеклы улучшают очистительное устройство для рядков обрезанных корней со вспомогательным двигателем, установленное на ботвовете 6 ОЦС, и 2-ое очистительное устройство, подключенное к уборщику свекловичных корней КС 6. Оба эти устройства сокращают потери корней на 0,6 % и содержание посторонних примесей и налипшей грязи у собранных корней в среднем на 7,6 %, причем содержание органических примесей в собранных свекловичных корнях они снижают в среднем до 0,6 %. Стоимость приобретения этих дополнительных устройств окупается за два сезона уборки. Очистительные устройства выгодны не только для свекловодов, но они повышают и эффективность переработки свеклы на сахарных заводах.

очистительное устройство для рядков; 2-ое очистительное устройство; потери корней; примеси в собранных корнях; ботвовет

MYŠÁK, J. (Research Institute of Agricultural Engineering, Praha - Řepesty): Possibilities of Improving the Quality of Operation of Six-Row Beet Harvesters. *Zeměd. Techn.*, 29, 1983 (2) : 107-114.

The quality of operation of six-row harvesters for the two-stage system of sugar-beet harvesting is improved by the topped-beet row cleaner with an auxiliary engine which is mounted on the 6 OCS beet-top harvester and by cleaning mechanism attached to the KS 6 beet harvester. Both these equipments reduce the losses of beet roots by 0.6 %, and the content of impurities in harvested roots by 7.6 %; the content of organic impurities in harvested roots is reduced to 0.6 %, on an average. The purchase costs of these additional equipments are returned after two harvest seasons. The cleaning equipments are advantageous for beet growers as well as for sugar-factories where they improve the effectiveness of processing.

row cleaner; cleaning mechanism II; beet root losses; impurities in harvested beets; beet-top harvester; beet root harvester

Adresa autora:

Ing. Jan Myšák, Výzkumný ústav zemědělské techniky, K šancím 50, 163 07 Praha - Řepesty

ENERGETICKÁ BILANCE VÝROBNÍHO PROCESU SADBOVÝCH BRAMBOR

F. Strašil, M. Pohořelá

STRAŠIL, F. — POHOŘELÁ, M. (Výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský, Havlíčkův Brod): *Energetická bilance výrobního procesu sadbových brambor*. Zeměd. Techn., 29, 1983 (2) : 115-122.

Práce se zabývá spotřebou energie při výrobě sadbových brambor. Je stanoven technologický postup výroby brambor od podmínky až po sklizeň a posklizňovou úpravu. Jsou uvedeny jednotlivé pracovní operace, použité traktory, stroje a nářadí, spotřeba živé práce na výrobu brambor, spotřeba pohonných hmot (nafty) a elektrické energie a materiálové prostředky (hnojiva, sadba). Je rovněž uveden propočítání potřeby energie na výrobu sadbových brambor a vstup energie do výroby i výstup v MJ . ha⁻¹.

technologický postup výroby brambor; vstupní energie; výstupní energie

Spotřeba energie v rostlinné produkci se za posledních třicet let podstatně zvýšila.

Hurd a Foster (1974) se zaměřili na rozbor pěstebních technologií z hlediska úspor energie. Navrhují, aby se snižoval podíl průmyslových hnojiv a aby byla nahrazována organickými hnojivy. Herbicidy by měly být nahrazeny mechanickým ničením plevelů při kultivaci půdy. Pěstováním rezistentních odrůd by se snížila spotřeba pesticidů. Na výsledcích pokusů, které uskutečnili Černý (1977), Šimon (1980) a Vrkoč (1978), lze dokumentovat a přepočítávat některé energetické bilance v rostlinné výrobě s ohledem na sledy plodin a hnojení dusíkem. Energetickou náročnost na úseku zpracování půdy uvádí Havelc (1980). Na střední orbu, smykování, dvojití vláčení, kypření, setí a dvojití válení činila spotřeba nafty na jeden hektar 52,8 l. Spotřeba energie na palivo představovala při tradičním pracovním postupu 2492 MJ . ha⁻¹, při minimalizaci pracovních operací by byla nižší.

Problém vysokých výnosů v rostlinné produkci na jedné straně a úspory energie fosilních paliv na straně druhé nelze řešit zvětšováním ploch orné půdy. Ke zvyšování rostlinné produkce musí docházet zvyšováním přirozené produkce stanovišť a té nelze dosáhnout bez dalšího energetického vkladu.

METODIKA

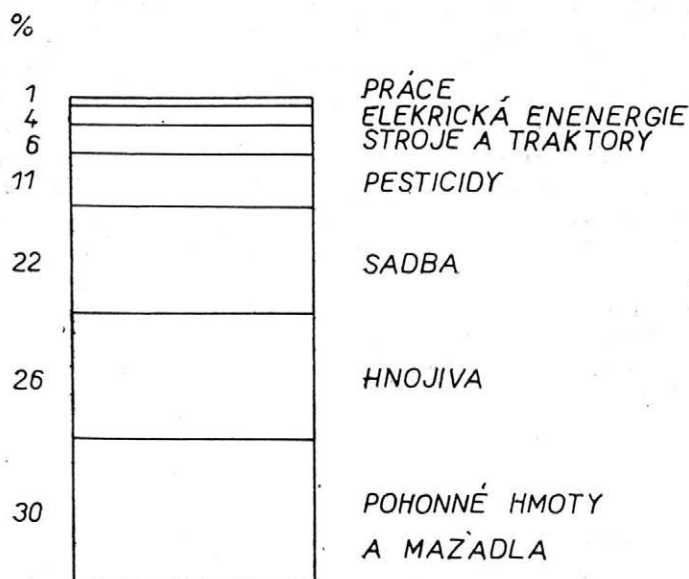
K výpočtům energetické náročnosti při výrobě brambor jsme přistoupili po prostudování naší a zahraniční literatury. Návrh technologického postupu výroby sadbových brambor jsme převzali z dřívější práce (Kolektiv, 1981). Jsou uve-

deny jednotlivé pracovní operace od podmítky až po sklizeň a posklizňovou úpravu brambor, použité traktory a stroje, spotřeba živé práce, nafty a elektrické energie a materiálové prostředky. Z hlediska energie byla obohacena živá práce vložená do výrobního procesu i práce minulá, tj. práce vložená do použitých traktorů a strojů, hnojiv, pesticidů, sadby, pohonných hmot, nafty, mazadel a elektrické energie.

Vypracovaná energetická bilance výrobního procesu sadbových brambor vyjadřuje potřebu energie v MJ .ha⁻¹. Při výpočtech bylo použito těchto koeficientů pro přepočet na MJ: 1 l nafty včetně mazadel = 47,2 MJ; 1 h živé práce = 2,3 MJ; 1 kg dusíku = 75 MJ; 1 kg fosforu = 25 MJ; 1 kg draslíku = 10 MJ; 1 t sadbových brambor = 3015 MJ; 1 kg pesticidů = 90 MJ; 1 kWh elektrické energie = 3,6 MJ (Diedrich a Neubauer, 1982). Spotřebu paliv a energie na jednotlivé operace jsme zjišťovali měřením v provozu v letech 1980 až 1981.

VLASTNÍ PRÁCE

Z technologického postupu výroby sadbových brambor, který je uveden v tab. I, vyplynulo, že celkem je na jeden hektar třeba 253,0 l nafty, která včetně mazadel představuje 11 951,9 MJ energie, a že spotřeba živé práce činí 252,9 hodiny, což je 581,6 MJ. Dávka průmyslových hnojiv na hektar sadbových brambor se doporučuje ve výši 90 kg čistých živin dusíku, 80 kg fosforu a 160 kg draslíku, tj. po přepočtu 10 350 MJ energie v hnojivech. Na osázení jednoho hektaru se počítá s 3,0 t sadbových hlíz a s aplikací 20 kg granulovaných insekticidů, což činí 10 845 MJ, ošetření herbicidy proti plevelům představuje 270 MJ .ha⁻¹, použití fungicidních přípravků proti plísni bramborové během vegetace 1080 MJ .ha⁻¹, chemické negativní výběry přípravkem Nematin v dávce 10 l .ha⁻¹ a postřik insekticidním přípravkem Bi 58EC na prodloužení toxické clony 900 MJ .ha⁻¹ a desikace natě při použití 4 l Reglone 360 MJ .ha⁻¹. Při použití uvedených materiálových prostředků je třeba vložit do výroby 23 985 MJ .ha⁻¹. Spotřeba elektrické energie na 1 ha je 490 kWh, tj. 1764 MJ, na výrobu použitých strojů a traktorů 2480 MJ .ha⁻¹. Celková potřeba energie na výrobu jednoho hektaru sadbových brambor při výnosu 25 t .ha⁻¹ je 40 762,5 MJ.



1. Vývoj struktury vstupu energie a míra energetické náročnosti při výrobě sadbových brambor — The development of the structure of power input and the rate of energy demand in seed potato production

V tab. II je shrnuta energetická bilance při výrobě sadbových brambor podle jednotlivých skupin pracovních operací.

Největší položkou energie vložené do výroby brambor představuje spotřebovaná nafta a mazadla — 11 951,9 MJ . ha⁻¹, tj. 30 % z veškeré vložené energie. Druhou největší energetickou položkou jsou hnojiva — 10 350,0 MJ . ha⁻¹, tj. 26 % veškeré vložené energie, a třetí velkou položkou je energetický náklad na sadbu — 9045 MJ . ha⁻¹, tj. 22 % veškeré vložené energie. Vývoj struktury vstupu energie a energetická náročnost při výrobě sadbových brambor je znázorněna na obr. 1.

Z analýzy výrobního procesu pěstování sadbových brambor z hlediska energetické náročnosti lze vyvodit vztah mezi vloženou a výstupní energií. Vložená energie celkem činí 40 762,5 MJ . ha⁻¹. Získaná energie hlíz při výnosu 25 t . ha⁻¹ a 14% škrobnatosti činí 80 200,0 MJ . ha⁻¹. Energetický zisk je 39 437,5 MJ . ha⁻¹. Po přepočtu činí energetický vklad na jednu tunu brambor 1630,5 MJ, energetický výnos 3208 MJ a energetický zisk 1577,5 MJ.

DISKUSE

Zavádění nové techniky do výroby brambor a nových technologických postupů ve výhledu bude ovlivňovat energetickou náročnost. Jednotlivé užitkové směry produkce brambor vyžadují rozdílnou pěstební i posklizňovou technologii a z toho vyplývá i různý energetický vklad do výroby.

Vyšší vklad energie na výrobu sadbových brambor je způsoben především náročnou ochranou množitelských porostů. Výroba ostatních konzumních brambor je náročnější na živou práci na úseku posklizňové a tržní úpravy. Nejnižší vklad energie vyžaduje výroba průmyslových brambor.

Technologický postup výroby sadbových brambor, navržený v této práci, je postupem základním, vzorovým, který nelze paušálně používat. Jednotlivé pracovní operace musí být přizpůsobovány konkrétním výrobním podmínkám zemědělských podniků, jejich materiálně technickému zabezpečení, organizačním možnostem a konečně i průběhu počasí. Převážná část pracovních operací jsou operace nezbytné, které musí být vykonány, aby byla zajištěna optimální sklizeň, ale některé práce lze v závislosti na vývoji počasí a ostatních faktorů nahradit jinými operacemi (např. aplikace herbicidů X plná mechanická kultivace), nebo podle konkrétní situace bude třeba zařadit některé práce navíc (např. postřik proti pýru, mandelince aj.), nebo naopak je vynechat (méně postřiků proti plísni, použití granulovaných insekticidů).

Poměr mezi získanou a vloženou energií je tedy možné příznivě ovlivnit jednak vhodným omezením vkladů do výroby (použitím traktorů o menší tažné síle, operativním rozhodováním účelně používat energeticky vysoce náročné chemické prostředky), jednak zvýšením výstupní energie — zvýšením výnosů a obsahu škrobu z jednotky plochy.

Z jednoho hektaru se získá 5000 kg sušiny, z toho je 3500 kg škrobu. Jeden kilogram sušiny představuje u brambor 16 MJ. Poměr vložené energie k energii získané je 1 : 1,97.

I. Technologický postup výroby sadbových brambor — The technological process of

Pracovní operace	Použitý		Spotřeba nafty	
	traktor	stroj	l. ha ⁻¹	MJ. ha ⁻¹
Podmítka	ŠT-180	21-PDX-390	14,6	689,1
Nakládání a doprava průmyslových hnojiv	Z56-11	RCW-4	1,0	47,2
Rozmetání průmyslových hnojiv	Z56-11	RCW-4	3,0	141,6
Doprava hnoje na pole	Z56-11	přívěs 5 t	12,5	590,0
Nakládání hnoje na poli	Z56-11	UNHZ-750	5,5	259,6
Rozmetání hnoje	Z67-11	RUR-5	13,0	613,6
Zaorávka hnoje	ŠT-180	6-PHX-35	24,6	1 161,1
Podzimní příprava půdy			74,2	3 502,2
Smykávání a vláčení	ŠT-180	SYBR-800	7,0	330,4
Nakládání a doprava SA	Z56-11	RCW-4	0,4	18,9
Rozmetání SA	Z56-11	RCW-4	2,8	132,2
Kypření	ŠT-180	KON-760	6,8	320,9
Příprava sadby	el. motor	TB-150	—	—
Doprava sadby na pole	nákl. auto	V3S	1,2	56,6
Výsadba, aplikace granulovaných insekticidů	Z80-11	4-SaBP-75	8,0	377,6
Jarní příprava půdy a sázení			26,2	1 236,6
Slepá proorávka a vláčení (2 ×)	Z56-11	Římov plečka	9,0	424,8
Aplikace herbicidů	Z56-45	K20-18A	2,5	118,0
Nahrnování	Z56-11	Římov plečka	5,2	245,4
Negativní výběry 2 × chemicky	RS-09	Injektor	8,2	387,0
Negativní výběry 2 × ručně	Z56-11	přívěs 5 t	4,0	188,8
Doprava vody a postřik proti plísni 5 ×	Z56-45	K20-18A	10,4	490,9
Aplikace insekticidů	Z56-45	K20-18A	2,5	118,0
Ošetření ve vegetaci			41,8	1 972,9
Ničení natě (chemicky)	Z56-45	K20-18A	2,6	122,7
Sklizeň	Z56-11	E-671	18,5	873,2
Pojíždění a odvoz brambor	Z56-11	přívěs 5 t	36,0	1 699,2
Vláčení	Z56-11	10-BPZ-960	4,1	193,5
Dodatečný sběr a odvoz	Z56-11	přívěs 5 t	14,7	693,9
Sklizeň			75,9	3 582,5
Pěstitelská část celkem			218,1	10 294,2
Posklizňová úprava a skladování	linka	sklad	34,9	1 657,7
Celkem			253,0	11 951,9

seed potato production

Spotřeba h. ha ⁻¹		Použitý materiál		Spotřeba elektrické energie		Stroje a traktory výroba MJ. ha ⁻¹	Celkem MJ. ha ⁻¹
celkem	MJ. ha ⁻¹	množství na 1 ha	MJ. ha ⁻¹	KWh. ha ⁻¹	MJ. ha ⁻¹		
0,8 1,1	1,8 2,5	0,4 t dras. sol. 1,02 t superf.					
0,7 5,4 0,6 1,5 1,2	1,6 12,4 1,4 3,5 2,8	80 kg P 160 kg K 30,0 t hnoje	2 000 1 600				
11,3	26,0		3 600			534,0	7 662,2
0,1 0,4 0,5 0,4 12,0 1,0 2,3	0,2 0,9 1,2 0,9 27,6 2,3 5,3	0,43 t SA 90 kg N 20,0 kg Thimet 3,0 t Radka E	6 750 1 800 9 045	40,0	144,0		
16,7	38,4		17 595	40,0	144,0	152,0	19 166,0
1,8 0,5 1,4 12,0 25,5 2,1	4,1 1,2 3,2 27,6 58,7 4,8	3 kg Topogard 10 l Nematin 4 kg Dithan 5 kg Kuprikol 3 kg Ridomil 1 l Bi58EC	270 900 1 080 90				
45,1	103,7		2 340			227,0	4 646,6
0,6 28,5 9,5 0,2 27,0	1,4 65,5 21,8 0,5 62,1	4 l Reglone 23,5 tun 1,5 t	360				
65,8	151,3		360			503,0	4 596,8
138,9	319,4		23 895,0	40,0	144,0	1 416,0	36 068,6
114,0	262,2	1,0 kg Tecto	90,0	450,0	1 620,0	1 064,0	4 693,9
252,9	581,6		23 985,0	490,0	1 764,0	2 480,0	40 762,5

ZÁVĚR

Z hlediska energetických bilancí je významný nejen vstup energie, ale i její zisk. Pokud se vkládaná energie kladně projevuje na množství energie výstupní, je reálný další vklad do výroby. Jakmile se však růst výstupní energie zpomaluje a energetický zisk je nižší než vklad energie, pak je třeba hledat příčiny stagnace.

Brambory jsou plodinou energeticky náročnou. Vzhledem k tomu, že jsou charakterizovány jako plodina s nízkou výnosovou stabilitou, je i energetický zisk, tzn. rozdíl mezi energií vloženou do výrobního procesu a energií získanou, závislý na výši výnosů z hektaru a na výši obsahu škrobu ve hlízách. Při výnosu 25 t · ha⁻¹ a 14% škrobnatosti je poměr energie vložené na výrobu sadbových brambor k energii získané 1 : 1,97.

Největší podíl z energie vložené do výroby brambor tvoří spotřebovaná nafta a mazadla (30 %), hnojiva (26 %) a energetický náklad na sadbu (22 %).

Literatura

ČERNÝ, V.: Působení stupňovaných dávek dusíku ve specializovaném osevním postupu. [Závěrečná zpráva.] Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby 1977. 40 s.

DIEDRICH, W. — NEUBAUER, E.: Effektiver Einsatz von Energie bei der Produktion, Aufbereitung, Lagerung und Vermarktung von Kartoffeln. Agrartechnik, 32, 1982, č. 5, s. 220.

HAVELEC, S.: Energetická náročnost zpracování půdy. In: Energetická bilance s ohledem na intenzifikaci RV. ČSVTS, 1980, s. 70-74.

HURD, E. — FOSTER, M.: Food production and energetic crisis. Ceres, 1974, č. 182, s. 443-448.

JENÍČEK, V.: Energie v zemědělství. Stud. In. ÚVTIZ, Všeobecné otázky zemědělství, 1977, č. 1, 92 s.

KOLEKTIV: Systémy výroby brambor podle užitkových směrů pěstování. Havlíčkův Brod, Výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský 1981.

ŠIMON, J.: Studium interakcí hlavních vegetačních faktorů. [Závěrečná zpráva.] Praha, Výzkumný ústav rostlinné výroby 1980. 39 s.

VRKOČ, F.: Výzkum interakce hnojení a hustoty porostů intenzivních odrůd pšenice a jarního ječmene. [Závěrečná zpráva.] Výzkumný ústav rostlinné výroby 1978. 37 s.

Došlo dne 17. 8. 1982

СТРАШИЛ, Ф. — ПОГОРЖЕЛА, М. (Научно-исследовательский и селекционный институт картофелеводства, Гавличкув-Брод): Энергетический баланс процесса производства семенного картофеля. Земѣд. Techn., 29, 1983 (2) : 115-122.

Работа рассматривает вопрос затраты энергии при производстве семенного картофеля. Установлен технологический процесс производства картофеля от лущения и вплоть до уборки урожая и послеуборочной обработки клубней. Приведены отдельные рабочие операции, примененные тракторы, машины и орудия, затрата живого труда на производство картофеля, затрата горючего (дизельного топлива) и электроэнергии, а также материальных средств (удобрения, посадочный материал). Приведен также подсчет потребности в энергии на производство семенного картофеля и вход энергии в производство, а также ее выход в МДж/га.

технологический процесс производства картофеля; входная энергия; выходная энергия

STRAŠIL, F. — POHOŘELÁ, M. (Potato Research and Breeding Institute, Havlíčkův Brod): *The Energy Balance of the Production Process of Seed Potatoes*. Zeměd. Techn., 29, 1983 (2) : 115-122.

The consumption of energy in the production of seed potatoes is treated. The technological process of potato production is described from skimming to harvesting and post-harvest treatment. There is a list of individual working operations, tractors used, machines and implements. The live labour requirement for the production of potatoes, the consumption of fuels (Diesel oil) and electric power, and the material inputs (fertilizers, seed potatoes) are indicated. The power requirement for the production of seed potatoes and the input of power in production and its output in MJ/ha are also calculated.

technological process of potato production; input energy; output energy

Adresa autorů:

Ing. František Stražil, CSc., ing. Marie Pohořelá, Výzkumný a šlechtitelský ústav bramborářský, Dobrovského 2366, 580 03 Havlíčkův Brod

NOVÝ SPÔSOB ZBERU KUKURICE

Zber kukurice na zrno sa u nás doteraz vykonával jednoznačne technológiou zberu a výmlatu šúľkov upravenými obilnými kombajnami. Získané zrno o vlhkosti 25—35 % sa spracováva horúcovzdušným sušením na skladovateľnú vlhkosť 14 %.

Vzhľadom na úsporné opatrenia v oblasti energie, menovite LVO (ľahké vykurovacie oleje), hľadali sa nové spôsoby pozberového spracovania vlhkého zrna kukurice. Jedným zo spôsobov, ktorý bol u nás výskumne overený a zavedený do praxe, bola konzervácia vlhkého zrna kukurice za neprístupu vzduchu.

Úplne nový spôsob zberu a pozberového spracovania kukurice na zrno pre krmné účely je zber šúľkov, ich súčasné drvenie a následné šrotovanie. Ide teda o výrobu zmesi zrn a vretien, známu v zahraničí ako tzv. CCM systém (CCM = Corn Cob Mix = zmes zrna a vretien). U nás je tento spôsob známy pod názvom „delený zber kukurice“ (DZK). Je to v podstate zber šúľkov upravenými obilnými kombajnami a ich súčasné drvenie, pričom kukuričná slama zostáva spravidla na koreni, čo závisí od typu použitého kombajnu. Napríklad kukuričné kombajny CHERSONEC, typ KSKU-6, okrem šúľkov zberajú súčasne aj slamu ako aj kombajn SK-5 Niva opatrený adaptérom PPK-4. Zmes zrna a vretien sa ďalej spracováva na stacionárnom pracovisku šrotovaním. Takáto zmes sa ukázala ako vhodná najmä pre výkrm ošípaných.

Limitujúcim faktorom je tu obsah hrubej vlákniny; podľa tohoto obsahu možno rozlišovať i vývoj techniky pre zber a uskladnenie krmiva získaného systémom CCM. Pre ošípané je stanovená maximálna hranica hrubej vlákniny 6 %. To zodpovedá drvenici zrna a vretien. V prípade, že drvíme šúľky vrátane listenov, prípadne tiež zvyškov horných častí stebiel, obsah hrubej vlákniny stúpa na 10 až 15 %. Takéto krmivo možno použiť len u hovädzieho dobytku. S ohľadom na získanie krmiva vhodného pre výkrm ošípaných je cieľ odstrániť časť vretien a čo najviac listenov, resp. zvyškov stebiel, ktoré sa dostali do drviaceho zariadenia. V závislosti od spôsobu zberu môže oddeľovanie listenov znamenať veľký problém, pretože závisí nielen od nastavení zberového stroja, ale prevažne od podmienok zberu. Všeobecne platí, že listene sa odstraňujú tým ľahšie, čím je kukurica suchšia.

Podľa účelu použitia krmiva CCM a stavu zrelosti porastu sa v praxi predpokladá vybudovať dve technológie zberu a skladovania s odlišnou strojovou linkou:

1. Zber a drvenie šúľkov upravenými obilnými kombajnami, pričom listene a zvyšky stebiel sa odseparujú. Drvenica sa okamžite šrotuje na stacionárnom pracovisku, ukladá do hermetických žlabov, udusá a hermeticky uzavrie.

2. Zber samohybnou rezačkou s mnohonožovým bubnom, ich jemné porezanie vrátane listenov a zvyškov horných častí stebiel s následným uskladnením v silážnych žlaboch alebo hermetických vežiach.

Rozsah použitia jednotlivých spôsobov zberu bude závisieť od miestnych podmienok a zamerania živočíšnej výroby. V zahraničí, menovite v USA a NSR, sa rozšírilo použitie obidvoch technológií; na uskladnenie tu využívajú i senážne veže. V niektorých prípadoch riešia odseparovanie listenov a zvyškov horných častí stebiel na stacionárnom pracovisku pred operáciou šrotovania.

ZOSTAVY STROJOVÝCH LINIEK PRE UVEDENÉ TECHNOLOGIE ZBERU SYSTÉMOM CCM U NÁS

Zber upravenými obilnými kombajnami

- zber a drvenie šúľkov so súčasným odseparovaním listovo-stebelných zvyškov,
- odvoz drvenice,
- dávkovanie drvenice do šrotovníka dávkovacím dopravníkom,
- šrotovanie drvenice,
- doprava do silážneho žlabu,
- dusanie šrotu,
- zakrytie silážneho žlabu ihneď po naplnení.

ÚPRAVY OBILNÝCH KOMBAJNOV

Na zber systémom CCM možno použiť všetky druhy obilných kombajnov, predovšetkým kombajny E-512, E-516 a SK-6 Kolos. Úpravy sú takmer zhodné s úpravami pre zber a výmlat šúľkov. Ide hlavne o tieto úpravy:

- výmena zberacích stolov: namiesto pôvodných žacích stolov na obilie sa namontuje adaptér — olamovač šúľkov typového radu FKA podľa jednotlivých typov obilných kombajnov;
- mláfací bubon: je treba vyplniť ocelovými vložkami medzeri medzi mlatkami. Medzera medzi bubnom a košom: vstup 45 mm, výstup 20 mm. Otáčky bubna redukovať v rozmedzí 700—800 ot. min⁻¹, t. j. 21,6 — 25,1 m . s⁻¹ v závislosti na vlhkosti zrna;
- mláfací kôš na obilniny vymeniť za kôš na výmlat kukurice;
- namontovať gumennú clonu po celej šírke za mláfací bubon;
- sitá na obilie sa nahradila dvomi sitami s oválnymi vypuklými otvormi o rozmeroch 80 X 40 mm. Spodné sito sa odstráni;
- na prvom a druhom stupni slamových vytriasadiel sa vyrežú plochy žaluzií v dĺžke asi 200 mm a nahradia sa tzv. hrebeňmi. Zlepší sa tak zachytávanie úlomkov vretien a odseparovanie listenov;
- rýchlosť vzduchového prúdu sa zníži asi na 1/4 plného výkonu ventilátora. Intenzita vetra sa reguluje vždy podľa podmienok zberaného materiálu.

TECHNOLOGICKÉ PODMIENKY ZBERU

Všeobecne sa doporučá zberať kukuricu na zrno systémom CCM v rozmedzí 40 až 55 % vlhkosti zrna. Pre výmlat týmto systémom je vlhkosť zrna 55 % hraničná. Pri tejto hraničnej hodnote začínajú problémy

so zdŕhaním zrna zo šúlkov a s dopravou tejto hmoty v samotnom kombajne. Preto za optimálnu vlhkosť zrna kukurice pre uplatnenie zberu systémom CCM považujeme rozmedzie 38 až 45 %.

Pracovnú rýchlosť kombajna pri zbere volíme spravidla nižšiu asi o 1/3 v porovnaní so zberom a výmlatom kukurice kombajnami v plnej zrelosti, aby sme zabránili vyšším stratám (maximálne 3 %).

ŠROTOVANIE DRVENICE

Zmes zrna a časti vretien (asi 70 %) je potrebné pred uskladnením zošrotovať na jemné častice, maximálne do veľkosti 3 mm. Hrubšie zošrotovanie môže spôsobovať horšie zúžitkovanie tohto krmiva ošípanými (\varnothing 5 mm a viac) a podľa VÚŽV Nitra vzniká nebezpečie, že väčšie častice — menovite z vretien — môžu poraniť steny žalúdka.

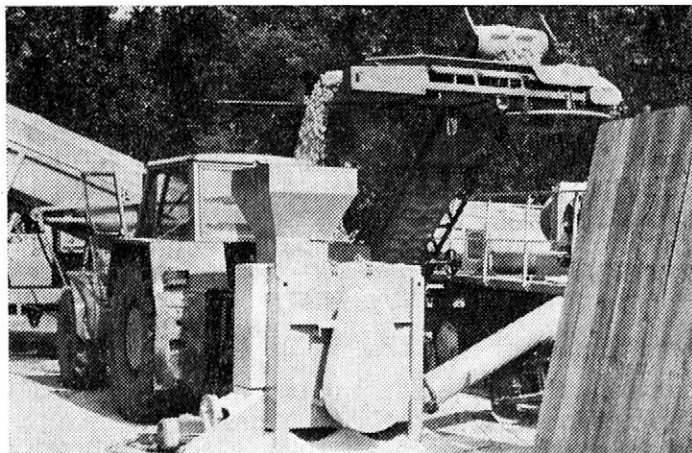
Šrotovanie teda vyžaduje zostaviť stacionárnu linku pri silážnom žlabe. Pozostáva z týchto operácií, strojov a zariadení:

— Dávkovanie zmesi do šrotovníka dopravníkom ND 1-241 o výkonnosti 40—45 t · h⁻¹. Jeho použitie predpokladá tvrdú, najlepšie betonovú plochu pre vysýpanie zmesi z nákladných automobilov, resp. traktorových prívesov. Možno použiť i dopravník T-215 alebo dávkovací dopravník T-236/8.

— Šrotovanie zmesi špeciálnym šrotovníkom. K tomuto účelu vyvinulo JRD MIER v Cíferi, okres Trnava, drvič na pozberovú úpravu kukuričného zrna, typ ZK 4-029 (obr. 1).

Stručný popis šrotovníka

Drvič je určený na šrotovanie vlhkého kukuričného zrna spolu s vretienami o vlhkosti zmesi 40 až 45 %. Skladá sa z týchto hlavných častí: násypka, skriňa, rotor, sitá, predlohový hriadeľ a vyprázdňovacia závitovka. Pohon drviča zabezpečuje kolesový traktor Z-120 11 a pomocný elektromotor na pohon dávkovacích závitoviek a vyprázdňovacej závitovky. Zmes sa dopravuje pásovým dopravníkom do násypky. Odtiaľ je prepúšťaný regulačnou klapkou na dávkovacie závitovky, ktoré materiál dopravujú do vlastného drviaceho zariadenia. Toto zariadenie sa skladá



1. Drvič na pozberovú úpravu kukuričného zrna Zk 4-029 v agregácii s traktorom Z-12011 pri práci

z rotoru opatreného voľne zavesenými kladivkami, liatinových dosiek a sita. Kladivká rotora zachytávajú dávkovanú hmotu a vrhajú ju na liatinové dosky, o ktoré sa drví. Ďalšie drvenie prebieha na sitách. Podrvená zmes je ďalej pomocou vyprázdňovacej závitovky dopravovaná von zo stroja.

Hlavné technické údaje:

typové označenie		Zk 4 — 029
hlavné rozmery	výška	2200 mm
	šírka	1700 mm
	dĺžka	4200 mm
hlavný energetický zdroj		traktor Z-120 11
príkion pomocného elektromotora		4 kW
požadovaný počet otáčok vývodového hriadeľa traktora		1000 ot. min ⁻¹
výkonnosť (pri vlhkosti zmesi 45 %)		20 t. h ⁻¹
vlhkosť spracovávaného materiálu		35 — 45 %
maximálna veľkosť rozdrvených častíc		5 mm
hmotnosť stroja		1420 kg

Alternatívne riešenie šrotovania

spočíva vo využití rotačného drviča, typ RD-100, ktorý vyrába Agropodnik Gottwaldov ako náhradu za drvič Zk 4-029 (obr. 2). Rotačný drvič RD-100 je pôvodne určený na drvenie všetkých druhov objemových krmív. Stroj možno vhodne zaradiť do linky na šrotovanie zmesi. Poľnohospodárske kooperačné združenie Šaľa v spolupráci s Agropodnikom Gottwaldov kompletujú tento drvič do stacionárnej linky. Kompletácia spočíva vo vyhotovovaní podstavca, násypného koša a v primontovaní vynášacieho závitkového dopravníka. Úprava vlastného drviča spočíva vo výmene sita o priemere otvorov 5 mm.

Hlavné technické údaje

hlavné rozmery:	výška	1250 mm
	šírka	1640 mm
	dĺžka	1390 mm
šírka drviacej komory		1000 mm
príkion elektromotora		55 kW
výkonnosť — pri použití zmesi CCM		10 t. h ⁻¹
— suchá slama		1,0 — 1,3 t. h ⁻¹

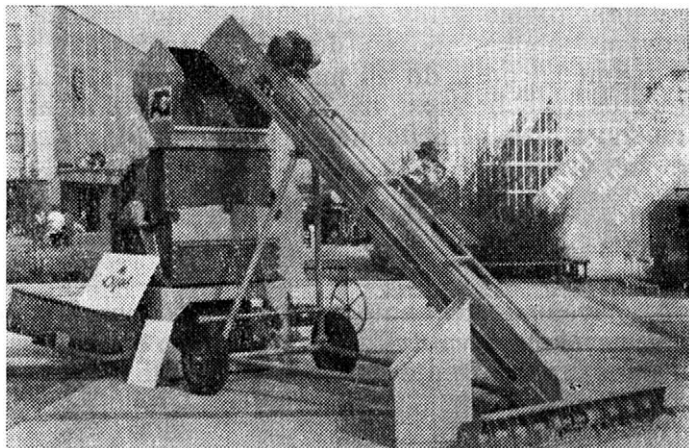
Doprava šrotu do silážneho žlabu

K uvedenej linke je zaradený vynášací pásový dopravník T-223/1, ktorý dopravuje šrot do žlabu na vzdialenosť 12 m. Jeho výkonnosť činí 60 až 80 t. h⁻¹.

Silážne žlaby

Zo skúseností z praxe sa najlepšie osvedčili horizontálne silážne žlaby. Projekt týchto žlabov vypracoval KZ Agropodnik Trnava. Základná jednotka je na obsah 1000 m³ o rozmeroch š X v X d = 10 X 2,5 X

2. Rotačný drvič RD-100 upravený do linky na šrotovanie zmesi zrna a vretien kukurice s plniacim dopravníkom ND 1-241



X 39 m. Pred naskladnením je treba steny žlabu vystlať fóliou, aby šťavy v priebehu fermentácie zošrotovanej zmesi nenarušovali betón a aby sa zabránilo prípadnému vnikaniu vzduchu.

V priebehu plnenia je treba zmes dusiť. K tomuto účelu je do linky zaradený kolesový traktor ŠT-180 s radlicou. Pri dusení si zároveň rovnomerne rozhrňa šrot po celej plniacej ploche. Treba dbať na správnu vlhkosť zmesi, aká je predpísaná pre tento systém. Príliš suchá zmes šrotu môže spôsobiť, že fermentačný proces neprebehne v dostatočnej miere, čím vzniká nebezpečie napadnutia plesňami. V správne zasiláňovanej zmesi sa má vytvoriť 1,5 až 2,0 % kyseliny mliečnej.

Po naplnení žlabu sa povrch hermeticky uzatvorí fóliou a zasype asi 30cm vrstvou, najlepšie piesku.

Vyberanie zmesi

Šrot po zasiláňovaní dozrieva za šesť až osem týždňov, kedy možno zmes vyberať na krmné účely. Za toto obdobie sa zmes v žlabe ešte viac zhutní. Na vyberanie je preto treba použiť frézovacie zariadenie. Ide tiež o to, aby zmes bola odoberaná v rovnomerných vrstvách v zvislej rovine. K tomuto je potrebný špeciálny vyberač. V MLR k tomuto účelu používajú vyberače na traktorový pohon typu F-5000 a SM-15. V Juho-slávii vyvinuli vyberač na elektrický pohon SILEX typ S-2500. Pri energetickom príkone 12 kW dosahuje výkonnosť 36 t · h⁻¹. Výška vyberania je 3,1 m.

U nás sa počíta s vývojom vlastného vyberača. Predbežne možno k tomuto účelu vyžívať u nás sériovo vyrábané vyberače siláže VSH-180.

Zber šúľkou samohybnou rezačkou SPS-35

Pri zbere touto rezačkou sa zberajú celé šúľky. Vzniká tak jemne porezaná zmes zrna, vretien, listov a približne 20 % horných častí kukuričných stebiel. Takáto zmes obsahuje 10 až 15 % hrubej vlákniny a je vhodná iba pre kŕmenie hovädzieho dobytky.

Tento spôsob zberu sa u nás pripravuje na báze samohybné rezačky SPS-35, na ktorú sa namontuje špeciálny adaptér na olamovanie šúľkov pätriadkový, typ FKA-503. Je určený na rozteč riadkov 75 cm.

Adaptér oláme šúlky a dopraví ich do rezacieho mechanizmu. Mnohonozovým bubnom možno dosiahnuť teoretickú dĺžku rezanky stupňovite v rozmedzí od 5 do 40 mm. Pri zbere kukurice dosahuje rezací mechanizmus priechodnosť až $31 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$, čo činí asi $2 \text{ ha} \cdot \text{h}^{-1}$. Takúto zmes možno silážovať obdobne ako zmes CCM, ale možno plne využívať aj senážne veže.

ZÁVER

Zavedenie technológie zberu kukurice systémom CCM znamená ďalšie zvýšenie kvality zrna kukurice oproti horúcovzdušnému sušeniu a podstatné zníženie palivovo-energetických zdrojov. Na jednu tonu zrna kukurice sa ušetrí 38 až 40 l LVO.

Ing. František Fortuník, CSc.

Ústav pre vedeckú sústavu hospodárenia, Bratislava