

VĚDECKÝ ČASOPIS



ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

9

ROČNÍK 36 (LXIII)
PRAHA
ZÁŘÍ 1990
CENA 15 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ

Řídí redakční rada: prof. ing. Miloslav Velebil, DrSc. (předseda), ing. Miloslav Adam, CSc., ing. Vladimír Dufek, CSc., prof. ing. Marko Ďuriš, CSc., ing. Jiří Fiala, DrSc., ing. František Fortuník, CSc., ing. Stanislav Haš, CSc., ing. Dušan Hutla, prof. ing. Ján Jech, CSc., ing. Zdeněk Pastorek, CSc., ing. Miroslav Posekaný, ing. Bohumil Studeník, CSc., prof. ing. Vladimír Suchý, CSc., prof. ing. Zdeněk Štefl, DrSc., Josef Višínský, CSc.

Za vedení časopisu odpovídá prof. ing. Miloslav Velebil, DrSc.

Redaktorka ing. Eva Grafnetrová

OBSAH

Fiala O.: Rozbor činnosti oddělovacího zařízení v závislosti na tvaru a vlastnostech plodů okurek	513
Kavka M., Veselý P., Maňásek F.: Expertní systém AGROEXPERT s testovací bází znalostí KUKURICE	523
Brozman D.: Návrh metody pro určení Youngova modulu pružnosti v řáhu stebel obilnin pomocí holografické interferometrie	535
Blahovec J., Valentová M., Patočka K.: Mechanické vlastnosti základních částí bramborové hlízy	539
Bauer F., Mišun V., Loprais A.: Teorie výpočtu výsledných silových účinků pluhu při orbě	553
Andrt M., Černík B.: Využití tříděných tuhých komunálních odpadů	567

CONTENTS

Fiala O.: An analysis of the operation of a picker in dependence on the shape and properties of gherkins	513
Kavka M., Veselý P., Maňásek F.: An AGROEXPERT expert system with the testing knowledge base MAIZE	523
Brozman D.: A proposal of the method of determining Young's modulus of elasticity with respect to cereal culm tension by means of holographic interferometry	535
Blahovec J., Valentová M., Patočka K.: Mechanical characteristics of the basic parts of potato tubers	539
Bauer F., Mišun V., Loprais A.: A theory of computation of resultant forces acting in the plough in the course of ploughing	553
Andrt M., Černík B.: The use of sorted municipal solid wastes	567

ROZBOR ČINNOSTI ODDĚLOVACÍHO ZAŘÍZENÍ V ZÁVISLOSTI NA TVARU A VLASTNOSTECH PLODŮ OKUREK

O. Fiala

FIALA, O. (Jednotné zemědělské družstvo, Velké Bílovice): *Rozbor činnosti oddělovacího zařízení v závislosti na tvaru a vlastnostech plodů okurek*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9): 513-522.

Na základě rozboru činnosti oddělovacího zařízení jednorázového sklízecí okurek nakladaček jsou vytvořeny matematické vztahy vyjadřující pracovní činnost, tj. průchod materiálu a oddělování plodů na dvojici proti sobě se otáčejících válců. Je odvozen základní vztah určující minimální průměr plodu,

který je zařízení schopno oddělit:
$$dp_{\min} = \frac{\Delta + D \cdot (1 - \cos \varphi)}{\cos \varphi}$$
, přičemž je vypočítán nejvhodnější tvar

zakončení plodu okurky nakladačky určené pro tento systém sklizně. Jde o půlkulový tvar, který zaručuje nejmenší náchylnost k poškození otěrem na oddělovacích válcích a nejvyšší účinnost práce oddělovacího zařízení u plodů malých rozměrů, zpracovatelským průmyslem nejvíce žádaných. Je určen optimální průběh křivek charakterizující velikost poutací síly a pevnosti plodu ve vzájemné závislosti s dopadem na kvalitu práce sklízecí.

okurky nakladačky; mechanizovaná sklizeň; oddělovací zařízení; poutací síla; pevnost plodu

Přechod na novou hospodářskou soustavu, charakterizovanou tržní ekonomikou, si v rámci zemědělské prvovýroby vynucuje řešení nových progresivních technologií, umožňujících snížení vlastních výrobních nákladů především cestou progresivního zvýšení produktivity práce. Tento základní axiom rozvoje je podmíněn výrazným využíváním nových výrobních technologií, tvořených systémem výkonných strojů s vysokým stupněm automatizace, opatřených autonomními robotickými prvky.

Zavádění nových mechanizačních prostředků však musí být v přímé interakci s biologickými aspekty, aby bylo dosaženo požadavků kladených na mechanizační prostředek z hlediska funkčního, kvalitativního i celkové výkonnosti.

Plodinou, u které je řešení mechanizace stále vysoce aktuální, jsou okurky nakladačky, kde především sklizňové práce činí značné potíže při řešení celé pěstební technologie z hlediska vhodného využití dostupných sklizňových mechanizačních prostředků v návaznosti na biologický stav sklizeného prostoru.

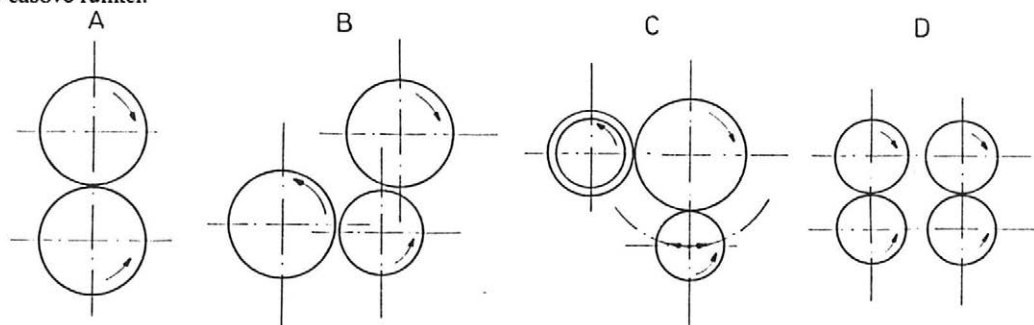
MATERIÁL A METODA

Sklizňové stroje okurek nakladaček, v současném období pro sklizeň použitelné (tab.I), pracují na principu jednorázové destruktivní sklizně, kdy průjezdem sklízecí je porost totálně zničen. Plody jsou na sklízecí odlučovány od rostlin na oddělovacím zařízení, které je u všech typů vyráběných sklízecí analogické (obr. 1). Jde o dva proti sobě se otáčející válce, mezi kterými prochází lodyhy sklizených rostlin, ale plody mající větší průměr, než je mezera mezi válci, jsou od rostliny odtrženy. Při této činnosti oddělovacího

I. Srovnání jednorázových sklízeců okurek nakladaček - A comparison of once-over pickers of gherkins

Výrobce		FMC (USA)	Black Welder (USA)	Wilde (USA)	Cuke Inc. (USA)	Hart Carter (USA)	Parker Way (USA)	BMG-VU (MLR)	BMG-VUT (MLR)	KOP-45 (SSSR)
Energetický zdroj	kW	25-73,6	36,7	50-80	50	50	35-45	35-45	35-45	35-45
Pracovní záběr	m	1,01-2,5	2,035	2,1	2,1	2,1	1,5	1,1	1,6	1,5
Pracovní rychlost	km.h ⁻¹	1,6-5	3,2-5,3	3,2-4,8	1,5-3,5	1,5-3,5	1,3-3	1,5-3	2-4	2-3
Výkonnost	ha.den ⁻¹	3-6	6,5	4-8	3,5	3,5	1,4-3	1,2-1	1,1-6,4	3-5,4
Potřeba pracovních sil		1 (2)	1 (3)	1 (1)	1 (1)	1 (2)	2	2	1	1
Oddělování lodyh od kořene		pevné aktivní nože	2 pevné nože	odstupňovaný pevný nůž	aktivní žací ústrojí	aktivní žací ústrojí	aktivní žací ústrojí	2 pevné šikmé nože	aktivní přímý nůž	aktivní přímý nůž
Sbírání rostlin		pryžové pásy (různé)	pryžový válec	buben, textilní pás	pryžový buben	pryžový buben	pryžový pás, kovové prsty	profilované pryžové prsty	pás s pryžovými prsty	pás s pryžovými prsty
Oddělování plodů		2 horizontální pryžové válce	4 horizontální pryžové válce	2 horizontální pryžové válce	2 horizontální pryžové válce	2 horizontální pryžové válce		8 dvojice vertikálních válců	2x4 páry horizontálních válců	2x4 páry horizontálních válců
Hmotnost	t	6,2	5,5	5,4	1,5	1,5		2	2	2,3
Typ		samojízdný	samojízdný	nesený	nesený	nesený	návěsný	návěsný	návěsný	návěsný

zařízení vzniká největší objem poškozených plodů, a to převážně v nejkvalitnější, zpracovatelských průmyslem nejžádanější třídě A. Poškození plodů na oddělovacích válcích je způsobeno otěrem, což je významně ovlivňováno tvarem a velikostí plodů, mechanicko-fyzikálními vlastnostmi plodů a rostlin a kvalitou povrchu oddělovacích válců. Rozbor činnosti oddělovacího zařízení vychází z biologických aspektů daných tvarem plodu, jeho velikostí a experimentálně zjištěnou velikostí poutací síly mezi plodem a lodyhou v časové funkci.



1. Základní typy oddělovacích zařízení jednorázových sklízecích okurek nakladaček; A - základní provedení, B - s dočišťovacím válcem, C - se změnou vstupního úhlu, D - základní zdvojené provedení - Basic types of separating mechanisms of once-over gherkin pickers; A - basic design, B - with picking roller, C - adjustment of an inlet angle, D - basic design with twin rollers

VÝSLEDKY

Pro určení vstupních podmínek uchycení materiálu mezi oddělovacími válci a stanovení minimálního průměru plodů, které je zařízení schopno oddělit, musíme vycházet u klasické podmínky průchodu materiálu mezi dvěma proti sobě se otáčejícími válci (V.I. Gorjačkin), beroucí v úvahu průměry protahovacích válců D , tloušťku vstupujícího materiálu b (pro zjednodušení ohraničeného přímými liniemi) a koeficient tření f . Při průchodu materiálu mezi dvěma válci shodného průměru je zabezpečena symetrie probíhající deformace, která je u pružných materiálů tvořena dvěma částmi. V první části, tzv. zóně zmáčknutí, vstupuje mezi válce materiál o výšce h_v a v této zóně je postupně stláčen až na výšku h_{min} , která je rovna mezeře mezi válci s (obr.2). V druhé části styku protahovaného materiálu a oddělovacích válců, tj. v zóně rozpínání, dochází působením pružnosti materiálu k jeho roztažení na konečnou výšku h_k . Ve všech případech, kromě materiálů absolutně plastických, kde $h_k = h_{min}$ a absolutně pružných ($h_k = h_v$) platí, že $h_{min} < h_k < h_v$. Působením tlaku protahovacích válců je v obou zónách vyvozoována normálová síla N_1 a N_2 . Jejím rozložením do směru vertikální osy y a horizontální osy x dostaneme složky N_{y1} a N_{y2} , způsobující stlačení materiálu a složky N_{x1} a N_{x2} , působící proti sobě a zapříčiňující průchod materiálu a jeho vytažení z protahovacích válců, přičemž platí:

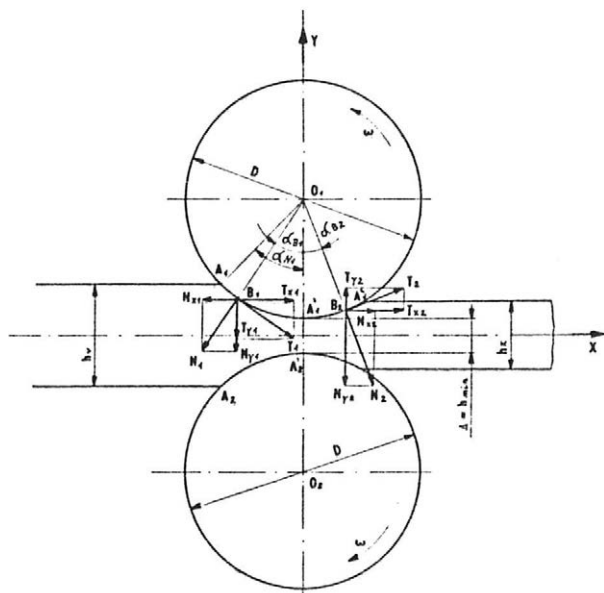
$$N_{x1} = N_1 \cdot \sin \alpha_{n1}$$

$$N_{y1} = N_1 \cdot \cos \alpha_{n1}$$

$$N_{x2} = N_2 \cdot \cos \alpha_{n2}$$

$$N_{y2} = N_2 \cdot \sin \alpha_{n2}$$

2. Průchod materiálu mezi oddělovacími válci - The passage of plant material through separating rollers



Mezi povrchem válců a protahovaným materiálem působí tření, které můžeme vyjádřit silovou složkou T_1' a T_2' . Rozložením do horizontálního a vertikálního směru dostaneme opět složky působící na průchod materiálu mezi válci (T_{x1} , T_{x2}) a složky působící na stlačení materiálu (T_{y1} , T_{y2}), přičemž složka T_{y2} působí proti stlačení a zapříčiňuje částečné rozpínání pružného materiálu:

$$T_{x1} = T_1' \cdot \cos \alpha_{n1}$$

$$T_{y1} = T_1' \cdot \sin \alpha_{n1}$$

$$T_{x2} = T_2' \cdot \cos \alpha_{n2}$$

$$T_{y2} = T_2' \cdot \sin \alpha_{n2}$$

Třecí sílu můžeme vyjádřit pomocí normálové síly N a koeficientu tření f :

$$T_1' = N_1 \cdot f$$

$$T_2' = N_2 \cdot f$$

Pro stlačení materiálu v první zóně (zóně stlačení) platí:

$$\Sigma y_1 = F_{y1} = N_{y1} + T_{y1}$$

$$F_{y1} = N_1 \cdot \cos \alpha_{n1} + T_1' \cdot \sin \alpha_{n1}$$

$$F_{y1} = N_1 \cdot \cos \alpha_{n1} + N_1 \cdot f \cdot \sin \alpha_{n1}$$

$$F_{y1} = N_1 \cdot (\cos \alpha_{n1} + f \cdot \sin \alpha_{n1})$$

Pro stlačení materiálu v druhé zóně (zóně rozpínání) platí:

$$\Sigma y_2 = F_{y2} = N_{y2} - T_{y2}$$

$$F_{y2} = N_2 \cdot \cos \alpha_{n2} - T_2' \cdot \sin \alpha_{n2}$$

$$F_{y2} = N_2 \cdot \cos \alpha_{n2} - N_2 \cdot f \cdot \sin \alpha_{n2}$$

$$F_{y2} = N_2 \cdot (\cos \alpha_{n2} - f \cdot \sin \alpha_{n2})$$

Pro průchod materiálu mezi protahovacími válci musí platit:

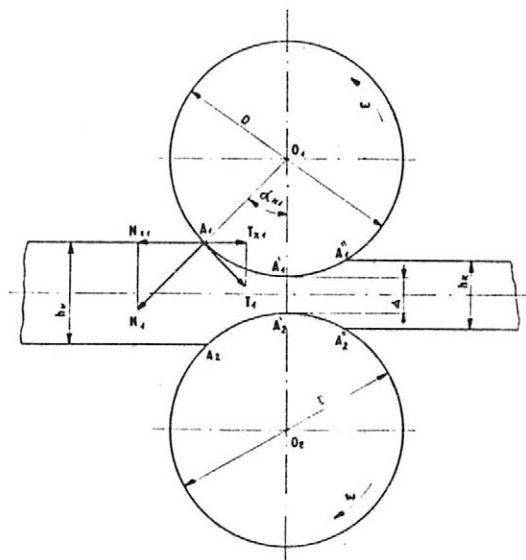
$$N_{y1} \leq N_{x2} + T_{x1} + T_{x2}$$

$$N_1 \cdot \sin \alpha_{n1} \leq N_2 \cdot \sin \alpha_{n2} + T_1' \cdot \cos \alpha_{n1} + T_2' \cdot \cos \alpha_{n2}$$

$$N_1 \cdot \sin \alpha_{n1} - N_2 \cdot \sin \alpha_{n2} \leq N_1 \cdot f \cdot \cos \alpha_{n1} + N_2 \cdot f \cdot \cos \alpha_{n2}$$

$$f \geq \frac{N_1 \cdot \sin \alpha_{n1} - N_2 \cdot \sin \alpha_{n2}}{N_1 \cdot \cos \alpha_{n1} + N_2 \cdot \cos \alpha_{n2}}$$

3. Rozklad sil na vstupní části oddělovacích válců - The resolution of forces in the inlet part of separating rollers



Pro vyjádření oddělovací schopnosti protahovacích válců je nutné brát v úvahu silové poměry na vstupní části (obr. 3). Aby nedošlo současně k protahování lodyh a plodů, musí pro plody platit:

$$N_{x1} \geq T_{x1}$$

Po dosazení dostaneme:

$$N_1 \cdot \sin \alpha'_{n1} \geq T_1' \cdot \cos \alpha'_{n1}$$

$$N_1 \cdot \sin \alpha'_{n1} \geq N_1 \cdot f \cdot \cos \alpha'_{n1}$$

$$f = \frac{\sin \alpha'_{n1}}{\cos \alpha'_{n1}}$$

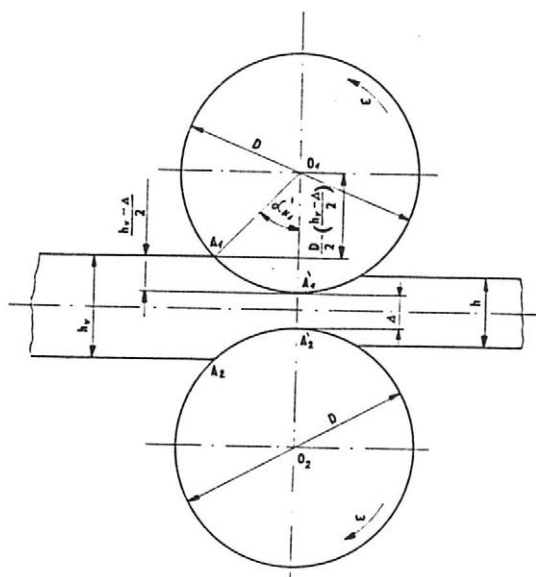
$$f \leq \tan \alpha'_{n1}$$

Vyjádříme-li koeficient tření pomocí úhlu $f = \tan \varphi$, dostaneme nerovnost

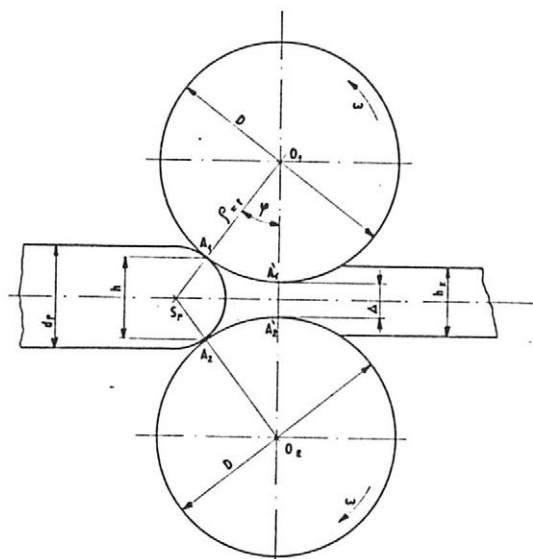
$$\tan \varphi \leq \tan \alpha'_{n1}$$

$$\varphi \leq \alpha'_{n1}$$

4. Geometrické vztahy na oddělovacích válcích - Geometrical relations in separating rollers



5. Minimální průměr plodu (d_p) oddělený válcovým oddělovacím zařízením - The minimum diameter of gherkins (d_p) separated by separating rollers



Z výsledné nerovnosti vyplývá, že pro dodržení předpokladu nevtažení plodu mezi oddělovací válce musí být vstupní úhel α_n větší, nanejvýš roven třecímu úhlu φ danému koeficientem tření. Z geometrických vztahů na oddělovacích válcích (obr. 4) vyplývá:

$$\cos \alpha_n = \frac{\frac{D}{2} - \left(\frac{h_v}{2} - \frac{\Delta}{2} \right)}{\frac{D}{2}}$$

$$D \cos \alpha_n = D - (h_v - \Delta)$$

$$h_v = \Delta + D \cdot (1 - \cos \alpha_n)$$

Dosadíme-li za α_n krajní hodnotu, při které je plod ještě oddělen ($\alpha_n = \varphi$), dostaneme nejmenší teoretický průměr plodu, který není mezi válce vtažen. Bereme-li v úvahu nejideálnější zakončení plodů pro tento způsob oddělování, které je půlkulové, pak minimální průměr plodu od lodyhy odděleného je (obr. 5):

$$\frac{h_v}{2} = \rho \cos \varphi$$

$$\rho = \frac{h_v}{2 \cos \varphi}$$

Po dosazení s mezním úhlem dostaneme:

$$\rho \cdot 2 \cdot \cos \varphi = \Delta + D \cdot (1 - \cos \varphi)$$

$$\rho = \frac{\Delta + D \cdot (1 - \cos \varphi)}{2 \cos \varphi}$$

Minimální průměr plodu ($dp_{\min} = 2 \cdot \rho$)

Po dosazení:

$$dp_{\min} = \frac{\Delta + D \cdot (1 - \cos \varphi)}{\cos \varphi}$$

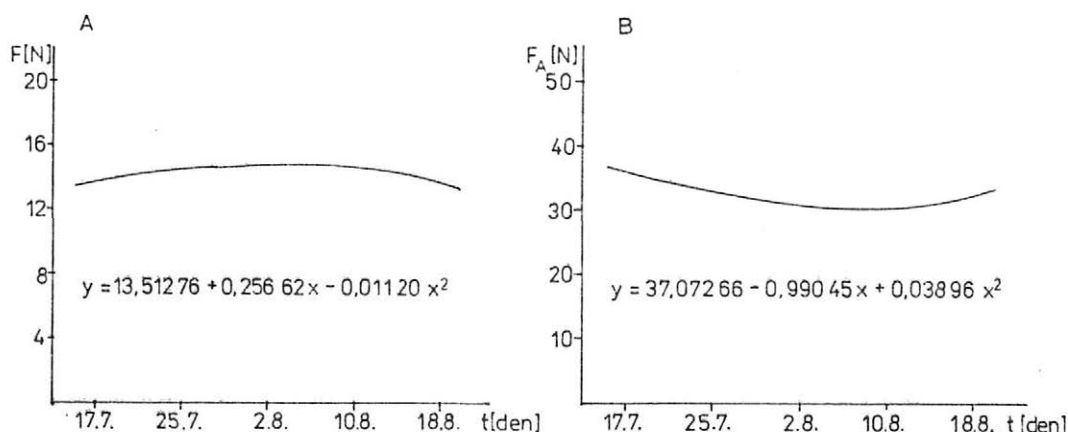
DISKUSE

Z uvedených vztahů vyplývá, že stlačení a protažení materiálu mezi válci je odvislé od koeficientu tření, závislém na použitém druhu materiálu protahovacích válců a na tvarování jejich povrchu, a od normálové síly, která je funkcí okamžité velikosti stykového úhlu α měnícího se v časové funkci.

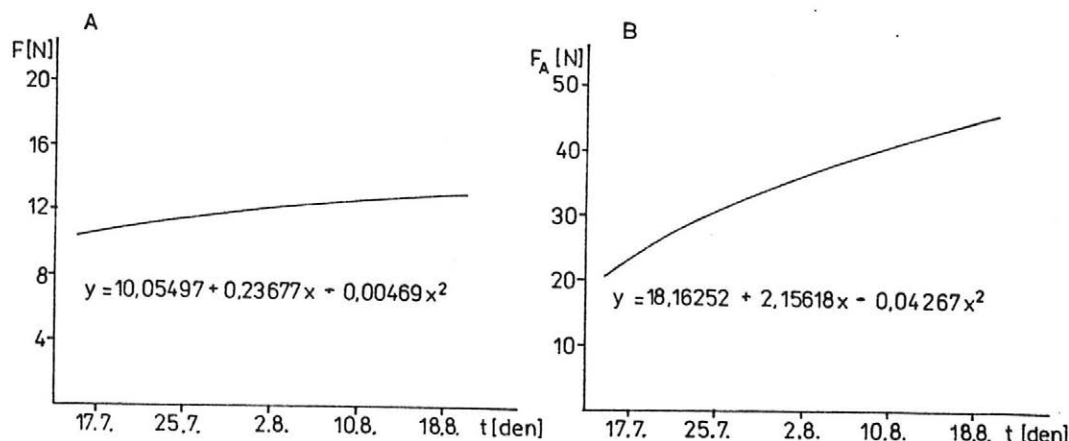
Pro kvalitní průchod materiálu je třeba vytvořit takové podmínky, aby Σ sil působících v horizontální rovině, ve směru otáčení válců, byla co největší. Dále je nutné sladit velikost stykového úhlu danou průměrem válců a normálové síly. Příliš veliký průměr válců zvyšuje hmotnost stroje a působí nepříznivě, a to v důsledku značných nevyvážených odstředivých sil vznikajících nestejným opotřebením povrchů válců, na ložiska a přenosem vibrací na celou konstrukci stroje. Nadměrně veliká normálová síla způsobuje značné drcení protahovaného materiálu, čímž dochází k uvolnění vody obsažené v rostlinách, jejímž působením na oddělovací válce se podstatně snižuje koeficient tření f , a tím i protahovací schopnost válců. Pro konstantní vzdálenost os válců je zde navíc nepříznivá variabilita velikostí průměrů protahovaných materiálů. Tyto nepříznivé vstupy ovlivňující průchod materiálu je možné částečně eliminovat pružným uložením jednoho z dvojice oddělovacích válců, vhodnou volbou tvaru a materiálu povrchu, popř. zvýšením počtu protahovacích jednotek umístěných za sebou. S rozvojem elektrotechnických řídicích systémů a optických snímačů lze počítat s možností využití

průběžné kontroly vstupujícího materiálu, na jehož základě je v reálném čase řízen způsob činnosti válcového oddělovacího zařízení.

Plody, jejichž velikost konverguje k dp_{min} , popř. mající nevhodné špičaté zakončení, jsou nejvíce náchylné k poškození otěrem na oddělovacích válcích. Pochody, které na daném zařízení při oddělování plodů probíhají, jsou velmi složité, mají dynamický charakter a závisí nejen na typu a kvalitě povrchu, ale především na mechanicko-fyzikálních vlastnostech plodů a rostlin (pevnost, drsnost a tvrdost povrchu, velikost poutací síly). Aby bylo u nejkvalitnějších tříd okurek dosaženo co nejmenších ztrát tohoto typu, je nutné používat odrůdy, které se vyznačují tupými konci, dostatečnou pevností a tuhostí povrchu a vhodným průběhem vzájemné závislosti velikosti poutací síly a pevnosti plodu. Velikost poutací síly mezi plodem a rostlinou a pevnost plodu je proměnná v časové funkci. Pro jednorázovou mechanizovanou sklizeň je pak ideální, aby v období probíhající sklizně byla poutací síla co nejmenší a pevnost plodů největší (obr. 6). V současném vývojovém období mechanizované sklizně, kdy přímé destruktivní sklizní strojem předchází několik ručních vyrovnávacích sklizní, jsou výhodné odrůdy s přímkovým charakterem závislosti velikosti poutacích sil a stoupající pevnosti plodů (obr. 7), což umožňuje nasazení sklízecí v celém sklizňovém období za stejných technických podmínek.



6. Odrůda Milglas; A - průběh poutacích sil v závislosti na době sklizně, B - průběh pevnosti plodů měřených v prostoru spojení s lodyhou v závislosti na době sklizně - Milglas variety; A - pattern of attachment powers in dependence on the time of harvest; B - pattern of fruit firmness measured at the spot of stem attachment



7. Odrůda Perenta; A - průběh poutacích sil v závislosti na době sklizně, B - průběh pevnosti plodů, měřených v prostoru spojení s lodyhou v závislosti na době sklizně - Perenta variety; A - pattern of attachment powers in dependence on the time of harvest, B - pattern of fruit firmness measured at the spot of stem attachment in dependence on the time of harvest

ZÁVĚR

Snižování pracnosti sklizňových prací v zelinářské výrobě předpokládá při snaze o udržení kvality i objemu sklizeného materiálu důkladný rozbor agrotechnických požadavků sklízečů a optimální vzájemné přizpůsobení těchto požadavků biologii sklizené rostliny. Jen tímto způsobem je při současné úrovni techniky možné eliminovat na co nejmenší možnou míru ztráty vznikající poškozením plodů, popř. jejich nesklizením při strojní sklizni, což v současné době představuje hlavní nedostatek plně mechanizovaných pěstebních technologií.

U okurek nakladaček je pro dnes používané jednorázové sklízeče potřebný optimální výběr vhodné odrůdy (podle uvedeného rozboru), která svými vlastnostmi je v dané pěstební technologii schopna částečně eliminovat technické nedostatky oddělovacího zařízení tvořeného dvěma proti sobě se otáčejícími válci.

Došlo dne 25.9. 1989

FIALA, O. (Co-operative Farm, Velké Bílovice): *An analysis of the operation of a picker in dependence on the shape and properties of gherkins*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9):513-522.

Analyzing the operation of the separating mechanism of a once-over gherking picker, mathematical relations describing its operation were formulated: the characteristics under study were the passage of gherkins and their picking by a pair of counter-rotating rollers. The equation determining the minimum diameter of gherkins separable by the rollers can be written as follows: $dp_{\min} = \frac{\Delta + D \cdot (1 - \cos \varphi)}{\cos \varphi}$. The most suitable shape of gherkin, compatible with system of harvest, was specified in the same way. This is the hemispherical end which guarantees the least possibility of gherkin damage by rubbing in the rollers and the highest

performance of the rollers when picking small gherkins, which are required so much by the processing industry. The curves of the optimum pattern of attachment power and fruit firmness have been determined in their mutual dependences and with respect to the quality of picker operation.

gherkins; mechanical harvest; picking rollers; attachment power; fruit firmness

FIALA, C. (LPG Velké Bílovice): *Analyse der Tätigkeit der Trennungsvorrichtung in Abhängigkeit von der Form und den Eigenschaften der Gurkenfrüchte*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9): 513-522.

Aufgrund einer Funktionsanalyse der Trennungsvorrichtung der Einlegegurkenerntemaschinen werden die Arbeitstätigkeit, d. h. den Durchgang des Materials und die Trennung der Früchte auf einem sich gegeneinander drehenden Paar von Walzen, ausdrückenden mathematischen Beziehung gebildet. Es ist die Grundbeziehung abgeleitet, die den minimalen Durchmesser der Frucht, den die Vorrichtung trennen

kann, festlegt: $dp_{\min} = \frac{\Delta + D \cdot (1 - \cos \varphi)}{\cos \varphi}$, wobei die geeignetste Form der für dieses Erntesystems vorgesehen

Einlegegurke festgelegt ist. Es geht um eine Halbkugelform, die niedrigste Anfälligkeit zur Beschädigung durch Abrieb auf den Trennungswalzen und die höchste Wirksamkeit der Funktion der Trennungsvorrichtung im Falle der Früchte von kleinen Dimensionen, die von der Verarbeitungsindustrie am meisten gefragt sind, sicherstellt. Festgelegt ist der optimale Verlauf der Kurven, die Grösse der Bindekraft und die Festigkeit der Frucht in gegenseitiger Abhängigkeit mit bestimmter Auswirkung auf die Qualität der Arbeit der Erntemaschine.

Einlegegurken; mechanisierte Ernte; Trennungsvorrichtung; Bindekraft; Bruchfestigkeit

Adresa autora:

Ing. Oldřich Fiala, CSc., Jednotné zemědělské družstvo Mír, 691 02 Velké Bílovice

EXPERTNÍ SYSTÉM AGROEXPERT S TESTOVACÍ BÁZÍ ZNALOSTÍ KUKUŘICE

M. Kavka, P. Veselý, F. Maňásek

KAVKA, M. - VESELÝ, P. - MAŇÁSEK, F. (Vysoká škola zemědělská, Praha; DAK Slušovice) : *Expertní systém AGROEXPERT s testovací bází znalostí KUKUŘICE*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 523-534.

Expertní systémy a obecné metody umělé inteligence patří mezi slibné prostředky umožňující racionalizaci procesu řízení a rozhodování i v mechanizované zemědělské výrobě. Pomocí metod umělé inteligence lze na vyšším stupni automatizovat zpracování znalostí a tak řešit i těžko algoritmizovatelné rozhodovací situace. V práci je uveden přehled možností využití expertních systémů v zemědělství a popsán nově vyvinutý malý expertní systém AGROEXPERT v aplikaci při rozhodování o způsobu sklizně kukuřice v rámci systému KSL (Kukuřice Slušovice).

automatizované systémy řízení; automatizované zpracování znalostí; expertní systémy v zemědělství; báze znalostí; výpočetní technika; sklizeň kukuřice

Bouřlivý rozvoj expertních systémů (dále jen ES) ve světě i u nás nutí odborníky všech profesí uvažovat nad možnými aplikacemi v různých oborech, popř. nad vývojem nových prázdných ES nebo ES speciálních (např. pro řízení technologických procesů). Proto jsme přistoupili k rozboru možností využití ES v mechanizované zemědělské výrobě a k vývoji vlastního malého prázdného ES AGROEXPERT, jehož činnost byla ověřena na testovací bázi znalostí KUKUŘICE.

Možnosti využití expertních systémů v mechanizované zemědělské výrobě a zemědělské technice

Při uvažování nad možnostmi využití ES v mechanizované zemědělské výrobě a zemědělské technice je žádoucí vycházet z obecných požadavků formulovaných na základě našich i světových zkušeností. ES obecně jsou vhodné k řešení těžko algoritmizovatelných rozhodovacích situací, ve kterých hrají hlavní roli znalosti a zkušenosti člověka-experta. Ne každý těžko algoritmizovatelný problém je však vhodné řešit pomocí expertních systémů a naopak existují algoritmizovatelné rozhodovací situace, které lze efektivněji řešit metodami umělé inteligence než metodami klasickými. Proto je vhodné, aby úlohy řešené expertními systémy měly tyto vlastnosti (Z d r á h a l, M a ř í k, 1984):

1. Problém musí být dostatečně úzký: Řešená problematika musí být tak úzká, aby bylo možné zakódovat všechny relevantní znalosti, na druhé straně musí být tak složitá, aby expertiza měla smysl.

2. Existence expertů v dané oblasti: Musí existovat člověk, který je svými znalostmi a zkušenostmi schopen popsat sledovaný problém tak, aby znalostní inženýr mohl tyto znalosti převést do báze znalostí. Rovněž by neměly existovat zásadní názorové rozdíly mezi experty, pokud je expertů více.

3. Dostupnost vhodných dat: K testování vytvořené báze znalostí (dále jen BZ) je nutné mít k dispozici vstupní testovací data s předem známými výsledky expertizy.

4. Násobnost zdrojů znalostí a cest odvozování: Systém lze nazvat expertním jen tehdy, umožňuje-li řešit cílové hypotézy i při nedostatku nebo neurčitosti vstupních dat a tudíž nemožnosti využití všech znalostí v BZ. Proto BZ musí být dostatečně robustní, aby existovala vždy cesta k cíli.

5. Strukturovatelnost problému: Strukturovatelnost znamená modularitu v tvorbě BZ a tudíž větší naději na její správné sestavení.

V současné době existují velmi rozmanité úlohy, při jejichž řešení jsou využívány ES. Konkrétnější představy o využití ES v zemědělství uvádí W h i t t a k e r (1987). Možnosti využití jsou rozděleny do čtyř oblastí: plánování, diagnostika, řízení a speciální aplikace. Celkově však pro oblast zemědělství je nasazení ES v počátcích.

Pokud shrneme poznatky o architektuře (B u c h a n a n, D u d a, 1982; L e b s a n f t, 1987; Z d r á h a l, M a ř í k, 1984) a možnostech ES, můžeme konstatovat, že naleznou uplatnění také v mechanizované zemědělské výrobě ČSFR a speciálně v zemědělské technice.

Možnosti využití ES v mechanizované zemědělské výrobě a zemědělské technice jsou při zrealnění obecných představ a při respektování současných možností tyto :

1. Vyhodnocování diagnostických signálů. tj. v diagnostice:
 - technické (mechanizační prostředky a provozní tekutiny - oleje, hydraulické systémy apod.);
 - biologické (diagnostika rostlinolékařská a veterinární).
 2. Poradenská činnost, tj. řešení vybraných rozhodovacích situací v oblasti:
 - vyhodnocování agrometeorologických údajů ve vztahu k výskytu chorob a škůdců a k rozhodování o použití vhodných zásahů proti nim již v počátečním stadiu vývoje (řešení ekologických problémů a šetření chemických látek);
 - vyhodnocování výsledků různých analýz v agrolaboratořích včetně návrhů na opatření;
 - rozvrhování pracovních operací a pracovního nasazení mechanizačních prostředků a pracovníků ve vazbě na okamžité i minulé podmínky (osevní postup, rozbor, prognózy, vývoj klimatických podmínek, předchozí agrotechnické zásahy, specifické požadavky na průběh technologických procesů), tj. zejména v rámci systémů pěstování plodin.
 3. Při definování těžko měřitelných vstupních údajů, potřebných k výpočtům tradičními metodami.
 4. V konstrukci zemědělských strojů (automatizované návrhy modifikací a technologických postupů).
 5. Ve výuce studentů.
- Výše uvedené třídění je otevřené a respektuje požadavek prolínání řešené problematiky z oblasti plánování, diagnostiky a řízení, resp. úloh analytických a syntetických.

Expertní systém AGROEXPERT

Na základě studia literatury a s ohledem na možnosti byl na mechanizační fakultě, katedře využití strojně-traktorového parku VŠZ v Praze vyvinut malý expertní systém AGROEXPERT typu SHELL, který je vhodný k diagnostice a poradenské činnosti.

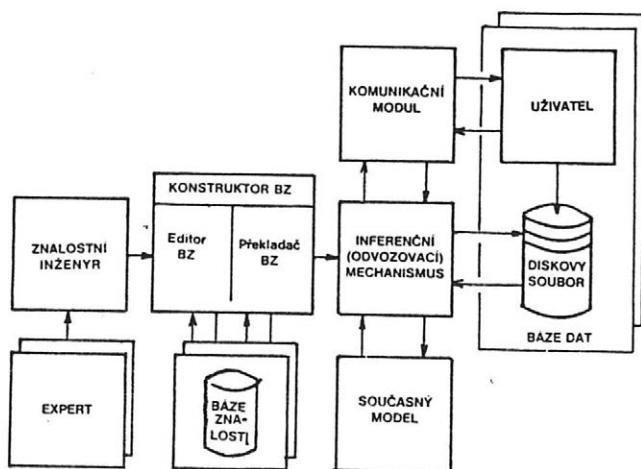
AGROEXPERT je malý prázdný ES diagnostického typu, založený na zpětném inferenčním systému s kombinovaným výběrem cílů. Při konzultaci je báze znalostí procházena inferenčním mechanismem od cílových hypotéz k bázi znalostí (systém zpětného řetězení s prohledáváním do hloubky). Cílové hypotézy vhodné v daném stadiu pro aplikaci jsou vybírány pomocí dopředného řetězení (na základě odpovědí uživatele a podle aktuálního stavu současného modelu).

ES AGROEXPERT umožňuje pracovat s nejistotou v odpovědích uživatele, s nejistotou v BZ a s numerickými dotazy se stupněm ujištění. O průběhu konzultace může být vypsán protokol, ve kterém jsou chronologicky uvedeny jednotlivé dotazy od uživatele a vyřešené cílové hypotézy s dosaženými vahami významnosti.

Struktura ES AGROEXPERT (obr. 1) koresponduje s obecnou strukturou ES (Z d r á h a l, M a ř í k, 1984). AGROEXPERT se skládá ze šesti hlavních bloků:

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Báze znalostí. | 4. Současný model. |
| 2. Báze dat. | 5. Konstruktor BZ. |
| 3. Inferenční (odvozovací) mechanismus. | 6. Komunikační modul. |

1. Struktura expertního systému AGROEXPERT - The structure of an AGROEXPERT system



Báze znalostí (obr. 2 až 6) je tvořena souborem výroků a produkčních pravidel.

Výrok je elementární tvrzení, jehož váha je v průběhu konzultace zjišťována. Váha výroku může být zjištěna buď přímo, tj. položením dotazu uživateli, nebo nepřímo - odvozováním. S ohledem na použitou metodu odvozování (viz vztahy 1 až 6) je pracováno s vahami v intervalu $< -1; +1 >$, resp. případné odpovědi uživatele jsou z definovaného rozsahu (SCALE) do požadovaného intervalu automaticky převáděny.

Způsob zjišťování váhy výroku rozhoduje o umístění výroku (obr. 2) v inferenční síti. Jedná se o tři možnosti:

1. Dotazovatelný výrok - výrok je přímým požadavkem na údaj z báze dat a jeho váha je potřebná pro další odvozování. Váha dotazovatelného výroku je zadávána v odpovědi uživatele v rozsahu definovaném tvůrcem BZ a přepočítávána do intervalu $< -1; +1 >$ (např. -3: URČITĚ NE; -2: TĚMĚŘ NE; -1: ASI NE; 0: NEVÍM; +1: ASI ANO; +2: TĚMĚŘ ANO; +3: URČITĚ ANO; URČITĚ NE odpovídá -1, NEVÍM 0 a URČITĚ ANO +1).
2. Mezilehlý výrok - jedná se o mezilehlou hypotézu, jejíž váha bude získána v průběhu konzultace, ale neobjeví se při výpisu cílů. Výpis mezilehlé hypotézy je možné provést vysvětlovacím mechanismem při výpisu odvozovací stopy.
3. Cílový výrok - jedná se o cílovou hypotézu, jejíž váhu se bude ES v průběhu konzultace snažit zjistit a dokázat platnost/neplatnost.

Způsob získávání váhy v kombinaci s umístěním a možný rozsah vah určuje typ výroku. AGROEXPERT pracuje se dvěma typy výroků:

1. Logický výrok - jeho váha je stanovena buď položením dotazu uživateli, nebo odvozováním. Ve vnitřní formě nabývá váha hodnot z uzavřeného intervalu $< -1; +1 >$. Jsou povoleny všechny kombinace s umístěním výroku.
2. Numerický výrok - jeho váha je získána v numerickém subpravidle. Výrok numerický dotazovatelný může být umístěn pouze v hlavě tohoto pravidla a jeho vahou je číselná hodnota zodpovězená uživatelem. Výroky numerické mezilehlé tvoří tělo pravidla (viz pravidla).

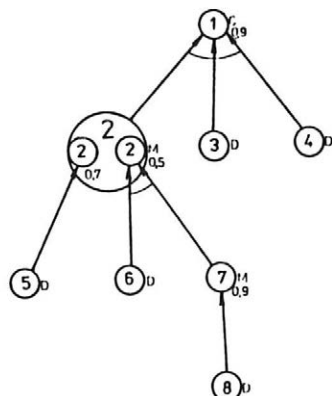
Produkční pravidlo (dále jen pravidlo) popisuje vztahy mezi výroky. Jedná se o pravidlo typu:

Jestliže (Předpoklad), Potom (Závěr s Vahou/w/)

tj.

$$A \Rightarrow C(w) \quad (1)$$

Pravidla se skládají z hlavy a těla. V hlavě (C) pravidla je výrok (uzel), jehož váha je pravidlem odvozována. Tělo pravidla (A) tvoří logický součin nebo součet (viz vztahy 2 až 4) vah výroků, popř. jejich negací. Speciálním případem logického součtu vah pravidel se stejnou hlavou je operace sdružování (vztah 7). Bázi znalostí si můžeme představit jako orientovaný graf (obr. 2), v němž výroky tvoří uzly grafu a pravidla vytvářejí hrany.



2. Příklad grafického zobrazení pravidla s logickými výroky; symbolický zápis: $1 \leftarrow 2, 3 \text{ a } 4 (0.9), 2 \leftarrow 5 (0.7), 2 \leftarrow 6 \text{ a } 7 (0.5), 7 \leftarrow 8 (0.9)$; C - cílový výrok, M - mezilehlý výrok, D - dotazovatelný výrok. Popis: Výrok 1 platí s vahou 0.9, jestliže platí výroky 2 a 3 a 4. Výrok 2 platí s vahou 0.7, jestliže platí výrok 5. Výrok 2 platí s vahou 0.5, jestliže platí výroky 6 a 7. Výrok 7 platí s vahou 0.9, jestliže platí výrok 8. Pozn: V symbolickém zápisu má vztah $A \rightarrow C(w)$ formu $C \leftarrow A(w)$. Výrok v hlavě C platí s vahou w, jestliže platí výroky v těle A - An example of graphical representation of a rule with logical propositions; symbolic notation: $1 \leftarrow 2 \text{ and } 3 \text{ and } 4 (0.9), 2 \leftarrow 5 (0.7), 2 \leftarrow 6 \text{ and } 7 (0.5), 7 \leftarrow 8 (0.9)$; C - target proposition, M - intermediate proposition, D - requestable proposition. Description: Proposition 1 holds good with the weight of 0.9 if propositions 2 and 3 and 4 are valid. Proposition 2 holds good with the weight of 0.7 if proposition 5 is valid. Proposition 2 holds good with the weight of 0.5 if propositions 6 and 8 are valid. Proposition 7 holds good with the weight of 0.9 if proposition 8 is valid. Note: in the symbolic notation the relation $A \rightarrow C(w)$ has the form $C \leftarrow A(w)$. The propositions in body A are valid

Podle použitých výroků v pravidlech existují tři typy pravidel:

1. Logické pravidlo - umožňuje provést logický součet/součin výroků nebo součet/součin jejich negací. V případě, že příspěvek výroků v těle pravidla k jeho váze je menší nebo roven nule, pravidlo je pro vyhodnocení zamítnuto a jeho příspěvek k váze hlavy pravidla je také nulový.
2. Numerické subpravidlo - je používáno k vyhodnocení numerických odpovědí uživatele anebo pro ošetření mezních stavů v BZ. Podle váhy výroku v hlavě pravidla jsou určovány váhy výroků v těle pravidla. V případě, že váha hlavového výroku je v intervalu platnosti, potom se tomuto výroku přiřadí váha +1, jinak -1.
3. Pravidlo typu procedura - umožňuje volání uživatelské procedury (napsané v programovacím jazyku PASCAL a uložené na disku). Po volání procedury jsou převzaty od ES parametry a provedena žádaná činnost. Výsledkem je navrácení váhy výroku v hlavě pravidla. Pomocí tohoto pravidla může ES provádět mnoho vnějších činností, např. čtení a zápis dat ze/do souborů nebo provádění matematických operací s těmito daty.

Pro výpočet vah výroků je v inferenčním mechanismu využívána Hájkova algebraická teorie šíření nejistých informací v konzultačních systémech pracujících s pravidly (Hájek, 1984). K výpočtu používá systém těchto vztahů:

a) pro vyhodnocení váhy těla pravidla $w(t)$:

- předpokládáme, že v těle pravidla existují výroky $A1$ a $A2$ s vahami $w1$ a $w2$;
- potom se dají vztahy pro práci s vahami vyjádřit takto:

$$w(\text{not } A1) = -w1 \quad (2)$$

$$w(A1 \text{ and } A2) = \min(w1, w2) \quad (3)$$

$$w(A1 \text{ or } A2) = \max(w1, w2) \quad (4)$$

b) pro vyhodnocení příspěvku pravidla:

- příspěvek pravidla $A \Rightarrow C(w)$ závisí na váze těla pravidla $w(t)$ a na váze pravidla w ;
- příspěvek je vyjádřen jako funkce $F(w(t), w)$, která musí splňovat tyto podmínky:

1. je-li $w(t) \leq 0$, potom $F(w(t), w) = 0$;
2. je-li $w(t) = 1$, potom $F(1, w) = w$;
3. pro $w(t) \in \langle 0, 1 \rangle$ a pevné w je $F(w(t), w)$ (5)

monotónní rostoucí, tj.:

$$F(w(t), w) = w(t) \cdot w \quad (6)$$

c) pro sdružování příspěvků pravidel vedoucích ke stejnému závěru je použito grupové operace (+) sčítání vah:

$$F()_1 \oplus F()_2 = \frac{F()_1 + F()_2}{1 + F()_1 \cdot F()_2} \quad (7)$$

Testovací báze znalostí KUKUŘICE

Ve spolupráci s experty systému pěstování kukuřice, který je garantován DAK Slušovice, byla pro AGROEXPERT sestavena testovací báze znalostí KUKUŘICE. Tato BZ je jednoduchá a slouží k výběru způsobu sklizně kukuřice (obr. 3 až 6 a tab. I a II).

I. Popisy výroků - hypotéz, resp. uzlů na obr. 3 až 6 - Descriptions of propositions - hypotheses, or nodes in Figs. 3 to 6

Označení výroku	Popis výroku - hypotézy	Typ výroku
CÍLOVÉ HYPOTÉZY		
1	Porost vhodný ke sklizni na zrno	HC
1,1	Zajistit sklizňovou linku!	PC
1,2	Zajistit sušárnu!	PC
1,3	Měli jste dříve sklídit na siláž nebo úsušky!	PC
1,4	Měli jste dříve sklídit LKS nebo CCM!	PC
2	Porost vhodný pro LKS	HC

Označení výroku	Popis výroku - hypotézy	Typ výroku
3	Porost vhodný pro CCM	HC
3,1	Měli jste dříve sklídit na úsušky nebo nechte na zrno!	PC
3,2	Připravte vše metodou LKS nebo CCM!	PC
4	Porost vhodný ke sklizni na siláž	HC
4,1	Siláž - po zvýšení obsahu sušiny nad 25%	PC
4,2	Riziko ztrát při opožděné sklizni	PC
4,3	Siláž nižší kvality - pomohla by kvalitní řezačka	PC
4,4	Měli jste začít dříve!	PC
4,5	Musíte zajistit řezačku!	PC
5	Porost vhodný ke sklizni na úsušky	HC
5,1	Úsušky - zajistit kapacity v každém případě!	PC
5,2	Sklíďte na úsušky a vyměňte za siláž!	PC
5,3	Úsušky - v případě, že je k dispozici řezačka, jinak CCM horší kvality	PC
MEZILEHLÉ HYPOTÉZY		
S1	Kukuřice vhodná ke sklizni na zrno (sušina 61-85%)	ML
S2/3	Kukuřice vhodná ke sklizni metodou LKS nebo CCM (sušina 41-60%)	ML
S4/5	Kukuřice vhodná ke sklizni na siláž a k horkovzdušnému sušení (sušina 15-40%)	ML
TP1	Splněny technické podmínky pro sklizeň na zrno	ML
TP2	Splněny technické podmínky pro sklizeň LKS	ML
TP3	Splněny technické podmínky pro sklizeň CCM	ML
TP4	Splněny technické podmínky pro sklizeň na siláž	ML
TP5	Splněny technické podmínky pro sklizeň na úsušky	ML
P2	Podnik potřebuje LKS	ML
P3	Podnik potřebuje CCM	ML
P4	Podnik potřebuje siláž	ML
P5	Podnik potřebuje úsušky	ML
22	Skladovací prostory pro LKS	ML
31	Skladovací prostory pro CCM	ML
32	Vhodný sklizeč pro CCM	ML
41	Porost musí dozrát	ML
42	Kukuřice má sušinu 35-40%	ML

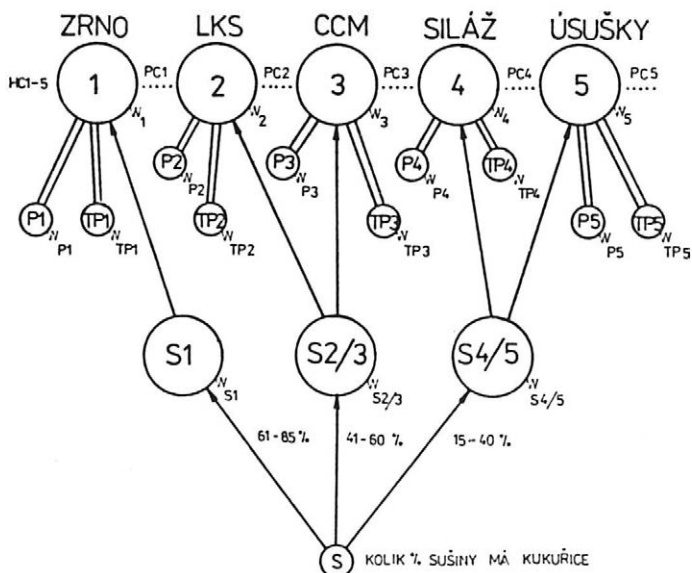
Označení výroku	Popis výroku - hypotézy	Typ výroku
43	Na sklizeň je čas	ML
51	Rychle sklízet	ML
52	Není k dispozici technika	ML
DOTAZOVATELNÉ VÝROKY		
S	Kolik procent sušiny má kukuřice?	DN
11	Je k dispozici sklízňová linka?	DL
12	Je k dispozici sušárna?	DL
13	Má kukuřice zrno?	DL
21	Rozdrtí řezačka zrno?	DL
23	Je k dispozici separátor listenů a vřeten?	DL
33	Je k dispozici drtič hmoty od sklízecí mlátičky?	DL
34	Je k dispozici sklízecí mlátička pro CCM?	DL
A	Chcete krmit skot?	DL
B	Chcete krmit prasata?	DL
C	Jsou k dispozici vertikální sila?	DL
D	Jsou k dispozici zakrytá horizontální sila?	DL
E	Potřebuje podnik objemové krmivo?	DL
F	Rozmělní řezačka zrno?	DL
G	Je k dispozici řezačka?	DL
H	Jsou k dispozici silážní žlaby?	DL
I	Je porost poškozen?	DL
J	Následná plodina je ozim?	DL
K	Potřebuje podnik jadrné krmivo?	DL
L	Jsou k dispozici sušárenské kapacity?	DL

HC - hlavní cílová hypotéza;
 ML - mezilehlý logický výrok;
 DN - dotazovatelný numerický výrok;

DL - dotazovatelný logický výrok;
 PC - vedlejší cílová hypotéza;

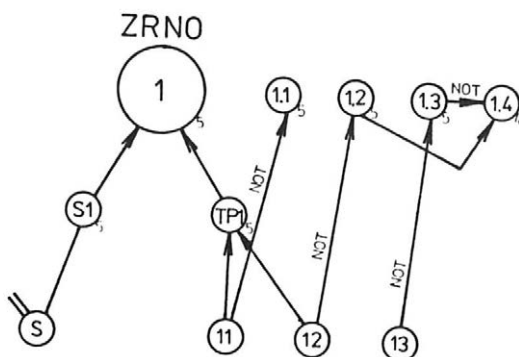
Obr. 3 ukazuje způsob výběru skupin cílových hypotéz, tj. sklizeň na: zrno, LKS, CCM, siláž, horkovzdušné sušení. Kritériem výběru skupin cílových hypotéz je vhodnost porostu ke sklizni, resp. obsah sušiny. Výběr skupin cílových hypotéz je zároveň příkladem dopředného řetězení v BZ.

Na obr. 4 je ukázán způsob důkazu nejjednodušší cílové hypotézy, tj. sklizeň kukuřice na zrno, popř. doplňujících cílových hypotéz jako např.: "Měli jste dříve sklídit



3. Přehled cílových hypotéz a způsob jejich výběru; P - potřeba technologie sklizně, TP - plnění technických podmínek, S - vhodnost porostu ke sklizni, HC - hlavní cílové hypotézy, PC - pomocné cílové hypotézy, w - váha pravidla vztahujícího se k uzlu (SCALE vah je v intervalu $<-5, +5>$, tj. -5 odpovídá vnitřně -1 a +5 odpovídá +1) - A survey of target hypotheses and methods of their selection; P - need of harvest technology, TP - complying with technical hypotheses, PC - auxiliary target hypotheses, w - weight of the rule which relates to the node (SCALE of weights is in the interval $<-5, +5>$, i.e. -5 responds internally to -1 and +5 responds to +1)

4. Segment báze znalostí sklizeň kukuřice na zrno -
A segment of the base knowledge of harvest of maize for grain



na siláž nebo na úsušky". Z obr. 4 vyplývá, že po zjištění vhodnosti porostu ke sklizni jsou zjišťovány další technologické podmínky (potřeba a technické podmínky).

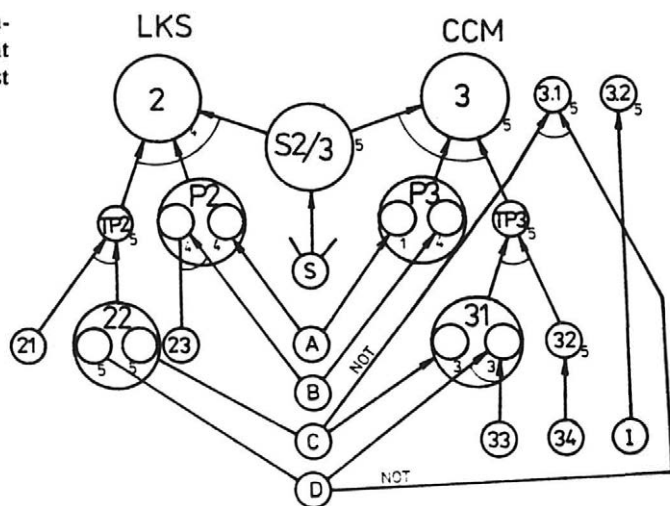
Komplikovanější způsob důkazu cílových hypotéz pro sklizeň metodou LKS a CCM je ukázán na obr. 5, kde uzly:

S 2/3 - určují vhodnost porostu ke sklizni;

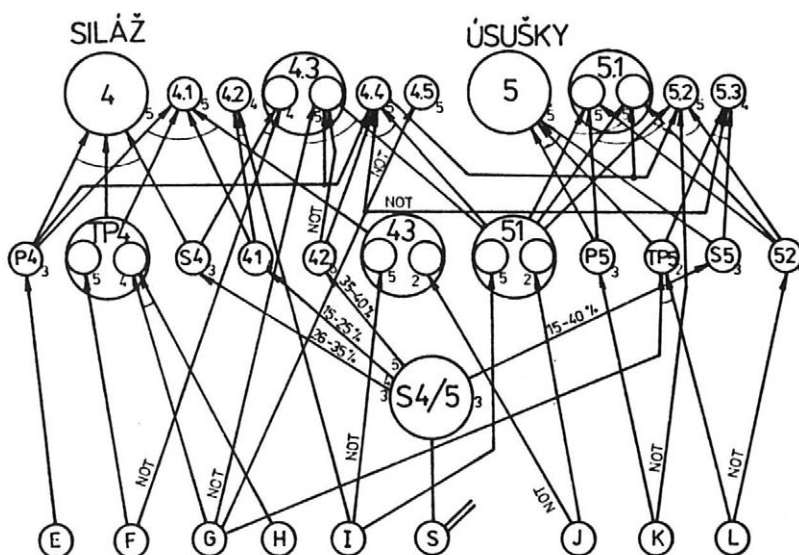
P2, P3, 23, A a B - určují potřebnost daného způsobu sklizně;

TP2, TP3, 21, 22, 23, 31, 32, 33, 34, I, C a D - určují splnění technických podmínek.

5. Segment báze znalostí sklizeň kukuřice metodou LKS a CCM - A segment of the base knowledge of maize harvest by the LKS and CCM method



6. Segment báze znalostí sklizeň kukuřice na siláž a horkovzdušné sušení - A segment of the base knowledge maize harvest for silage and hot-air drying



Relativně nejkomplikovanější je důkaz cílových hypotéz pro sklizeň kukuřice na siláž a k horkovzdušnému sušení. Obr. 6 ukazuje odpovídající uzly, hrany a vztahy mezi hranami. Pokusme se nyní s pomocí obr. 6 vytvořit odvozovací stopu při důkazu cílové hypotézy 4, tj. kukuřice na siláž při zadané sušíně v rozsahu 26 až 35 % (rozsah - SCALE - odpovědi na dotazovatelné výroky je <-5; +5>).

Po zadání sušiny (S) např. 26 % jsou činěny dotazy a odpovědi uvedené v tab. II.

Výrok (uzel)	Text dotazu	Odpověď
S	Kolik procent má kukuřice?	26%
E	Potřebuje podnik objemové krmivo?	+5
G	Je k dispozici řezačka?	+5
F	Rozmělní řezačka zrno?	+4
H	Jsou k dispozici silážní žlaby?	+5
J	Následná plodina je ozim?	+2
K	Potřebuje podnik vysokou sklizeň jaderného krmiva?	-4
L	Jsou k dispozici sušárenské kapacity?	-5
I	Je porost poškozen?	-2
Byla dokázána cílová hypotéza 4 s vahou významnosti +3		

Srovnáme-li dotazy a odpovědi s obr. 6, pak můžeme vyčíslit odvozovací stopu:

1. Odpovědi na dotaz S v rozsahu 26 až 35 % nabyly mezilehlé hypotézy S4 a S5 váhu 3 a vyloučeny byly mezilehlé hypotézy 41 a 42 a následně vedlejší cílové hypotézy 4.1, 4.2 a 4.4.
 2. Kladnou odpovědi na dotazovatelný výrok E nabyly mezilehlá hypotéza P4 váhy 3.
 3. Kladnými odpověďmi na dotazovatelné výroky G, F a H nabyly mezilehlá hypotéza TP4 váhy 5 a potlačeny byly hypotézy 4.3, 4.5 a 5.3.
 4. Kladnou odpovědi na dotazovatelný výrok J a zápornou odpovědi na I byla kladně vyhodnocena mezilehlá hypotéza 43 (ta však nemá již další vliv) a záporně vyhodnocena hypotéza 51, a tudíž byly potlačeny hypotézy 5.1 a 5.2 a opětovně 4.3 a 4.4.
 5. Zápornou odpovědi na dotazovatelný výrok K byla potlačena mezilehlá hypotéza P5 a tudíž i cílová hypotéza 5.
 6. Zápornou odpovědi na dotaz L byla potlačena mezilehlá hypotéza TP5 a potvrzena mezilehlá hypotéza 52 (vyhodnocení nemělo již další vliv na potvrzení nebo potlačení skupiny cílových hypotéz 5).
 7. Byla potvrzena cílová hypotéza 4 s vahou 3.
- Podobným způsobem lze řešit další varianty odpovědi na dotazovatelné výroky.

ZÁVĚR

Na základě analýzy literárních pramenů a vlastní práce autorů lze konstatovat, že ES a perspektivně další metody umělé inteligence naleznou v mechanizované zemědělské výrobě uplatnění. Z toho vyplývá, že je žádoucí se touto problematikou i nadále zabývat. V první etapě se bude jednat o tvorbu BZ v oblasti diagnostiky a poradenské činnosti, v dalších etapách bude třeba soustředit pozornost na automa-

tické získávání dat o daném případě (integrace ES do jiných systémů), na přímé řízení technologických procesů a na výukové ES.

Současná verze ES AGROEXPERT, která je součástí knihovny programů mikropočítačů řady TNS AT/XT DAK Slušovice, není tedy definitivní. Vývoj výzkumu na mechanizační fakultě VŠZ Praha a na dalších pracovištích ukáže další směry výzkumu uplatnění metod umělé inteligence v zemědělství.

Literatura

BUCHANAN, B.G. - DUDA, R.O.: Principles of rule-based expert systems. Stanford, Memo HPP-82-14, Computer Science Dept., Stanford University 1982.

HÁJEK, P.: Teorie šíření nejisté informace v konzultačních systémech. In: Sbor. Ref. Expertní systémy, Praha ČSVTS-FEL, 1984, s. 70.

LEBSANFT, E.: Expertensysteme zur Fehlerdiagnose und Wartung. MEGA, 1987, č. 250, s. 29.

WHITTAKER, A.D. aj.: Guidelines for getting started with expert systems. Agric. Engng, July/August 1987, s. 24.

ZDRÁHAL, Z. - MAŘÍK, V.: Reprezentace a využívání znalostí v expertních systémech. In: Sbor. Ref. Expertní systémy, Praha, ČSVTS-FEL 1984, s. 3.

Došlo dne 12.10. 1989

KAVKA, M. - VESELÝ, P. - MAŇÁSEK, F. (University of Agriculture, Praha; Agrocombine Co-operative Farm, Slušovice): *An AGROEXPERT expert system with testing knowledge base MAIZE*, Zeměd. Techn., 36, 1990 (9):523-534.

Expert systems and general methods of artificial intelligence belong to the promising means enabling rationalization of management and decision processes also in the mechanized agricultural production. Applying the methods of artificial intelligence, knowledge processing can be automated in sophisticated manner and in this way the decision situations hard to algorithmize can be solved. A survey of possible applications of expert systems in agriculture is presented; there is also a description of the new-developed small expert system AGROEXPERT, applied to the decision process of maize harvest within the framework the KSL (Maize Slušovice) system.

management information systems; automated knowledge processing; expert systems in agriculture; base of knowledge; computer technology, maize harvest

KAVKA, M. - VESELÝ, P. - MAŇÁSEK, F. (Ladwirtschaftliche Hochschule, Praha, LPG AK Slušovice): *Expertensystem AGROEXPERT mit der Testungswissenbasis MAIS*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) 1990 :523-534.

Expertensysteme und allgemeine Methoden der künstlichen Intelligenz zählen zu den vielversprechenden Mitteln, die die Rationalisierung des Leitungs- und Entscheidungsprozesses auch in der mechanisierten landwirtschaftlichen Produktion ermöglichen. Mit Hilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz kann die Verarbeitung der Kenntnisse auf einer höheren Stufe automatisiert werden und auf dieser können auch die sonst schwierig algorithmisierbaren Entscheidungssituationen erfolgreich gelöst werden. Die vorliegende Arbeit führt eine Übersicht der Möglichkeiten zur Ausnutzung der Expertensysteme in der Landwirtschaft an und beschreibt das neuentwickelte kleine Experten system AGROEXPORT in bezug auf seine Anwendung bei der Entscheidung über die Ernte von Mais im Rahmen des Systems KSL (Mais Slušovice).

automatisierte Leitungssysteme; automatisierte Verarbeitung der Kenntnisse; Expertensysteme in der Landwirtschaft; Wissensbais Rechentechnik; Maisernte

Adresy autorů:

Prof. ing. Miroslav K a v k a , DrSc., ing. Pavel V e s e l ý , Vysoká škola zemědělská, fakulta mechanizační, 165 21 Praha 6 - Suchbátov

Ing. František M a ň á s e k , DAK Slušovice, 763 15 Slušovice

NÁVRH METÓDY PRE URČENIE YOUNGOVHO MODULU PRUŽNOSTI V ŤAHU STEBIEL OBI LNÍN POMOCOU HOLOGRAFICKEJ INTERFEROMETRIE

D. Brozman

BROZMAN, D. (Vysoká škola poľnohospodárska, Nitra): *Návrh metódy pre určenie Youngovho modulu pružnosti v ťahu stebiel obilnín pomocou holografickej interferometrie. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 535-538.*

Holografická interferometria umožňuje pomerne presné meranie malých priehybov stebiel, teda priehybov v lineárnej oblasti deformácie. Pomocou takýchto meraní môžeme vypočítať modul pružnosti stebľa. Vzhľadom na to, že pri experimente vopred poznáme smer priehybu, môžeme zvoliť geometriu holografickej zostavy tak, aby bola minimalizovaná chyba výsledku merania. V príspevku je uvedené meranie Youngovho modulu pre steblo pšenice odrody Viginta.

modul pružnosti; steblo; holografická interferometria

Modul pružnosti stebiel obilnín je dôležitá fyzikálna charakteristika určujúca vlastnosti stebiel. Tieto vlastnosti sú dôležité z hľadiska mechanizácie rastlinnej výroby, ako aj pri šľachtení nových odrôd obilia odolnejších voči poľňaniu. Modul pružnosti určený rezonančnou metódou je zaťažený chybou, ktorá je do experimentu vnášaná technickým prevedením, t.j. spôsobom budenia mechanických kmitov a ich snímania. Túto chybu je ťažké vyjadriť matematickým postupom. Ďalej je nutné robiť korekciu výpočtu vzhľadom na konečnú dĺžku meraného stebľa, ktorá predpokladá znalosť ďalšej pružnostnej konštanty určovanej experimentálne, tzv. Poissonovho čísla. Túto neistotu výsledku nemá bezkontaktné optické meranie priehybu stebľa zaťaženého osamelou silou, pretože experiment je technicky nenáročný a pri matematickom popise nevychádza z idealizovaných predstáv.

MATERIÁL A METÓDY

Meraný bol priehyb stebľa pšenice odrody Viginta. Pri meraní bol použitý He-Ne laser typu LA 1001 s výkonom 100 mW. Podkladom vyhodnotenia experimentu bol dvojexpozíčný hologram, ktorý bol spracovaný Ennosovou metódou (V e s t, 1980), ktorú popisuje rovnica

$$N\lambda = \Delta \vec{r} \cdot (\vec{n}_1 - \vec{n}_2) \quad (1)$$

kde: N - interferenčný rád

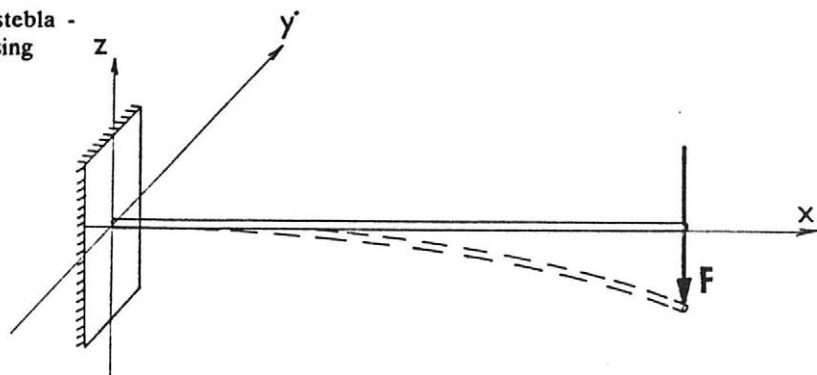
λ - vlnová dĺžka použitého svetla

$\Delta \vec{r}$ - vektor posunutia

$\vec{n}_1, \vec{n}_2$ - jednotkové vektory smeru osvetlenia a pozorovania

Predpokladá sa, že poznáme na steblo miesto, ktoré sa neposunie. Táto požiadavka je splnená votknutím stebľa, pričom spomínané miesto je miesto votknutia. Steblo bolo na voľnom konci zaťažené známou silou, ktorej pôsobisko bolo bodové (obr. 1).

1. Spôsob zaťaženia stebľa - Methods of culm stressing



Z teórie pružnosti je známe, že suma momentov M_x všetkých síl pôsobiacich na časť stebľa od ľubovoľného bodu x sa nazýva ohybový moment vzhľadom k prierezu v danom bode x , pre ktorý môžeme písať

$$M_x = \frac{EJ}{R} \quad (2)$$

kde: E - modul pružnosti v ťahu

J - plošný moment zotrvačnosti priečného prierezu

R - polomer krivosti osi ohnutého stebľa v danom bode

Pre R je možné z geometrických predstáv odvodiť vzťah (P i s n u k o v, 1978)

$$R = \frac{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{\left|\frac{d^2y}{dx^2}\right|} \quad (3)$$

Za predpokladu, že poznáme priebeh stebľa pri pôsobení známej sily, môžeme porovnaním vzťahov (2) a (3) vyjadriť modul pružnosti v ťahu

$$E = \frac{M_x \left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{3/2}}{J \left|\frac{d^2y}{dx^2}\right|} \quad (4)$$

kde: y - priebeh stebľa

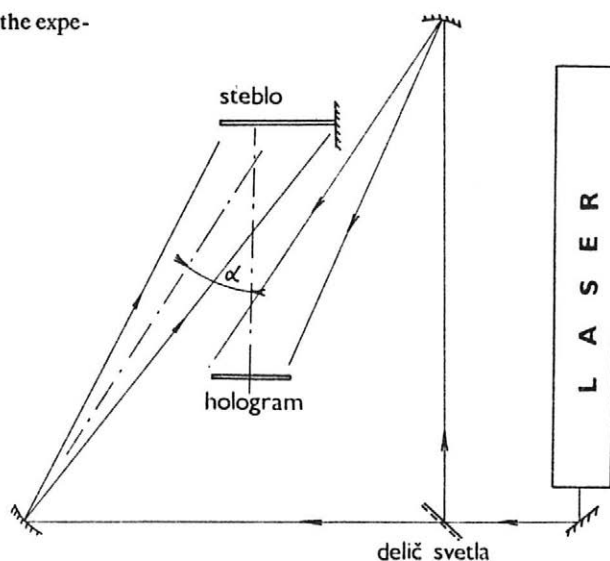
VÝSLEDKY

V experimente pôsobila na steblo sila postupne rôznych hodnôt v rozmedzí $9,81 \cdot 10^{-5}$ až $9,81 \cdot 10^{-4}$ N na ramene 175 mm. Holografická zostava bola vzhľadom na známy očakávaný smer ohybu zvolená tak, aby bola dosiahnutá maximálna citlivosť, a teda aj presnosť merania (obr.2). Vzhľadom na toto usporiadanie bola rovnica (1) upravená na tvar

$$y = \frac{N\lambda}{1 + \cos\alpha} \quad (5)$$

kde: α - uhol medzi smerom pozorovania a osvetlenia

2. Zostava experimentu - Arrangement of the experiment



Vyhodnotením holografických interferogramov pri jednotlivých zaťaženiach bola získaná závislosť priehybu stebľa na pôsobiacej sile. Keďže išlo o malé priehyby, mohli sme bez ovplyvnenia presnosti výsledku vo vzťahu (4) zanedbať veličinu $\left(\frac{dy}{dx}\right)^2$. Tak dostaneme vzťah pre priehyb stebľa v mieste pôsobenia sily

$$y = \frac{Fl^3}{3JE} \quad (6)$$

kde: F - zaťažujúca sila

Porovnaním vzťahov (5) a (6) dostávame pre náš prípad vzťah určujúci Youngov modul pružnosti v ťahu

$$E = \frac{l^3 F (1 + \cos \alpha)}{3\lambda JN} \quad (7)$$

Uvedeným postupom bola získaná hodnota Youngovho modulu $E = 1,9 \cdot 10^9$ Pa, pričom pravdepodobná chyba merania bola $\sim 4\%$.

DISKUSIA

Z hľadiska cieľa experimentu, t.j. navrhnúť metódu a overiť jej vhodnosť, nebola dôležitá vlhkosť vzorky a miesto na stebli, z ktorého bola vzorka odobratá. Pri použití tejto metódy môžeme dosiahnuť presnosť určenia modulu pružnosti v ťahu až 2% , ak by sme miesto pôsobiska sily určovali s presnosťou na $0,5$ mm (pásový meradlo) a geometriu stebľa potrebnú pre výpočet momentu zotrvačnosti na $5 \cdot 10^{-3}$ mm, čomu zodpovedá meranie mikrometrom. Veľkosť priehybu by v uvedenom prípade bolo nutné určovať s presnosťou na 1% , čo je pri elektronickom vyhodnocovaní interferenčného rádu reálne. Keďže je steblo nehomogénne, uvedené ohodnotenie, pokiaľ ide o presnosť, platí len pre konkrétny experiment, t.j. pre použitú vzorku a konkrétny smer zaťaženia.

VEST, CH.M.: Holografická interferometria. Moskva, Mir 1982.

PISKUNOV, N.S.: Diferenciálny a integrálny počet II. Moskva Nauka 1978.

Došlo dňa 20.12. 1989

BROZMAN, D. (University of Agriculture, Nitra) : *A proposal of the method determinig Young's modulus of elasticity with respect to cereal culm tension by means of holographic interferometry.* Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 535-538.

Holographic interferometry makes it possible to measure in a relatively precise manner small bends of culms, that means bends in the linear field of deformation. Applying the results of these measurements, the modulus of culm elasticity can be calculated. In the experimental conditions the bend direction is known in advance, and that is the reason why the geometry of a holographic system can be selected in such a way that the error of the results of measurements will be minimum. In the present paper the results of the measurements of Young's elasticity modulus are given for culms of the Viginta wheat variety.

modulus of elasticity; culm; holographic interferometry

BROZMAN, D. (Ladwirtschaftliche Hochschule, Nitra) : *Entwurf einer Methode zur Festlegung des Youngovschen Elastizitätsmoduls im Zug der Getreidehalme mit Hilfe von holographischer Interferometrie.* Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 535-538.

Die holographische Interferometrie ermöglicht eine relativ präzise Messung kleiner Beugungen der Halme, also der Beugungen im linearen Deformationssbereich Mit Hilfe von Messungen kann das Elastizitätsmodul des Halmes berechnet werden.

Mit Rücksicht darauf, dass wir im Rahmen des Versuches die Bieungsrichtung im voraus erkennen, können wir die Geometrie des holographischen Systems wählen so daß der Messergebnisfehler minimiert werden kann. Die vorliegende Arbeit führt die Methode zur Messung des Zoungvshen Moduls für den Halm der Weizensorte Viginta an.

Elastizitätsmodul, Halm, holographische Interferometrie

Adresa autora:

RNDr. Dušan B r o z m a n , Vysoká škola poľ'nohospodárska, Katedra mechaniky a fyziky, Gangova 17, 949 76 Nitra

J. Blahovec, M. Valentová, K. Patočka

BLAHOVEC, J. - VALENTOVÁ, M. - PATOČKA, K. (Vysoká škola zemědělská, Praha; Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Havlíčkův Brod) : *Mechanické vlastnosti základních částí bramborové hlízy*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 539-552.

Penetrační těleso ve tvaru válce s plochým čelem je použito k vlačovacímu testu mechanických vlastností základních částí bramborové hlízy (dřeň, středový parenchym, bok) u 16 odrůd brambor v průběhu tříletých měření. Bylo zjištěno, že mechanické vlastnosti základních částí hlíz jednotlivých odrůd brambor jsou charakteristické především relativně stálými hodnotami penetrační pevnosti a měrné deformační práce při mnohem variabilnějším modulu pružnosti. Odolnost hlíz proti mechanickému poškození klesá s rostoucím obsahem sušiny v hlíze a s růstem obsahu vlákniny v krajovém parenchymu. Na pokles odolnosti proti mechanickému poškození má vliv i rostoucí penetrační pevnost a modul pružnosti středového parenchymu, popř. boku hlíz a pokles hloubky penetrace jak dřene, tak středového parenchymu. Bylo zjištěno, že klasická interpretace výsledku úderových testů odrazovým kyvadlem vede k chybným závěrům o odolnosti odrůd brambor proti mechanickému poškození.

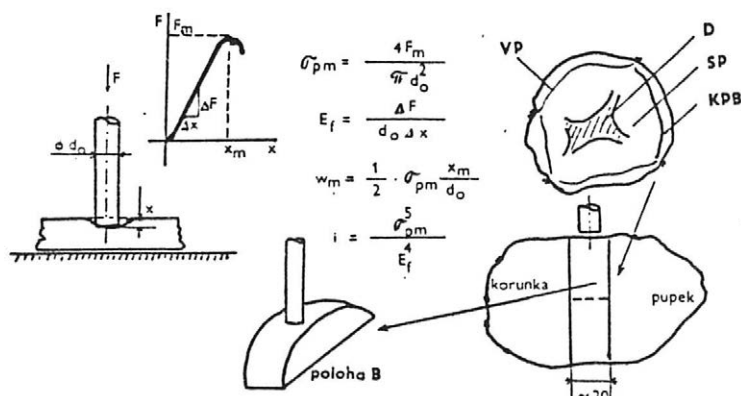
brambory; odolnost proti mechanickému poškození; odrazové kyvadlo; úderový test; penetrace; modul pružnosti; pevnost

Význam mechanických vlastností hlíz brambor je všeobecně znám (H u g h e s, 1974), a to jednak jako měřítko jejich konzumní kvality a jednak jako důležitý podklad pro odhad jejich odolnosti proti mechanickému poškození v průběhu sklizně a při následném zpracování. Zejména odolnost proti mechanickému poškození má velký praktický význam, neboť významně ovlivňuje hladinu ztrát tohoto základního zemědělského produktu v průběhu sklizně a skladování, tzn. ztrát, které při současných podmínkách mechanizované sklizně a zpracování představují desítky procent.

V naší předchozí práci (B l a h o v e c et al., 1987) bylo zjištěno, že mechanické vlastnosti brambor uvnitř hlízy kolísají, zřejmě v souvislosti s výskytem různých pletiv, která se podílejí na stavbě hlíz. Tato práce přináší podrobné proměření mechanických vlastností základních částí hlíz: krajového (obvodového) parenchymu (KPB), středového parenchymu (SP) a dřene (D) u 16 odrůd brambor pěstovaných v ČSFR.

MATERIÁL A METODY

K experimentům byly použity hlízy brambor sklizené z experimentálních pozemků ÚKZÚZ Lípa a VŠÚB Havlíčkův Brod a hlízy dodané JZD Agrokomínat Slušovice (podrobněji B l a h o v e c et al., 1990). Testování bylo prováděno koncem října a v listopadu v letech 1986 až 1988. Pro každou odrůdu byl testován soubor tvořený 25 hlízami, u kterých byla před měřením určována hustota a vyšetřovány mechanické



1. Schéma vlačovacího (penetračního) testu kruhovým válcem s plochým čelem ($d_o = 4$ mm). Znázorněn způsob vlačování, definice veličin a způsob jejich výpočtu; σ_{pm} - penetrační pevnost (střední tlak na čelo válce při ztrátě stability dužniny; $E_f \left(\frac{E}{1-\nu^2} \right)$, kde ν je Poissonův poměr) - fiktivní modul pružnosti; w_m - odhad měrné

deformační práce (vztážené na objem materiálu ve formě válečku o průměru d_o ; i - tzv. pevnostní charakteristika třetího druhu, charakterizující odolnost proti poškození kulového tělesa při úderu po volném pádu (Blažovec et al., 1984). Vpravo znázorněny testované základní části hlízy - dřev (D), středový parenchym (SP), krajový parenchym (KPB) oddělený od SP vaskulárním prstencem (VP). Test je prováděn vlačováním kolmo do plochy příčného řezu hlízy. Navíc je prováděn test do boku hlízy (poloha B) - Diagramme of a penetration test using a circular cylinder with flat face ($d_o = 4$ mm). The mode of penetration, definitions of characteristics and method of their calculation are presented; σ_{pm} - penetration strength (mean pressure

against the cylinder face when the tuber flesh loses its stability); $E_f \left(\frac{E}{1-\nu^2} \right)$, where ν is Poisson's ratio) - fictitious modulus of elasticity; w_m - estimate of specific deformation force (related to the volume of material in the shape of cylinder with diameter d_o ; i - so-called strength characteristics of the third kind, describing the resistance of a spherical body to injury at impact after free fall (Blažovec et al., 1984). On the right there are the tested basic parts of tuber flesh (D), medial parenchyma (SP), marginal parenchyma (KPB), separated from SP by a vascular ring (VP). The test cylinder is penetrating perpendicularly into the cross-section area of tuber. It also penetrates into the side of tuber (position B)

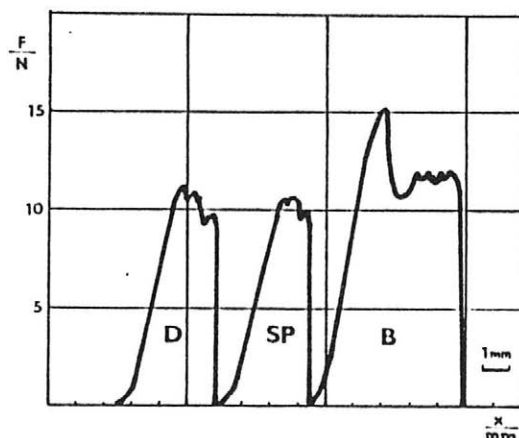
vlastnosti odrazovým kyvadlem PSW 70 (toto měření je podrobně popsáno a výsledky jsou uvedeny v práci autorů Blažovec et al., 1990).

K vlastnímu měření mechanických vlastností byl používán penetrační test kruhovým válcem (průměr 4 mm) s plochým čelem, vlačováním do testovaného materiálu stálou rychlostí 0,31 mm/s deformačním strojem FPZ 10/1. Uspořádání experimentu a vyšetřované základní části hlíz jsou stručně popsány na obr. 1. Z popisu k obrázku je zřejmé, že u každé hlízy testovaného souboru byla samostatně testována dřev, středový parenchym a bok hlízy (poloha B) a v některých případech i krajový parenchym na boku hlízy (KPB). Směr vlačování u SP, D a KPB byl vždy rovnoběžný s osou hlízy, v případě polohy B byl směr vlačování kolmý na osu hlízy. Při testování hlízy v poloze B bylo snahou experimentátorů vyhnout se testování v blízkosti oček. Postup měření byl tento: Ze střední partie hlízy byl dvěma řízy kolmými na osu hlízy vyříznut asi 20 mm silný plátek hlízy. Ze strany korunky byly postupně testovány D, SP popř. KPB. Potom byla z plátku uříznuta asi 20 mm vysoká úseč a testována v poloze B, jak je vyznačeno na obr. 1.

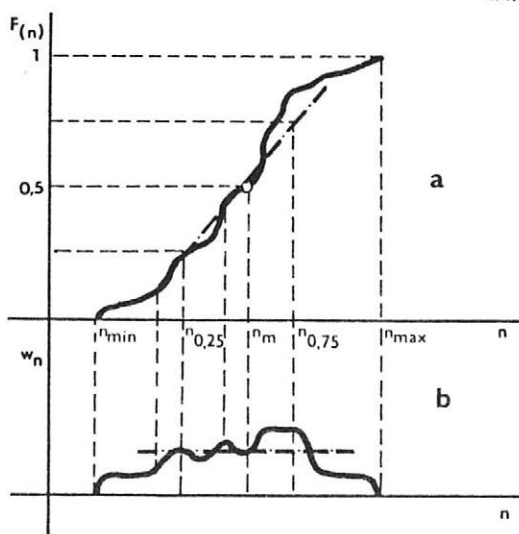
U experimentálního materiálu z ÚKZÚZ v Lípě byla známa odolnost proti mechanickému poškození, získaná ve sklizňovém testu podle metodik ÚKZÚZ z roku 1983. Pro tento účel uvádíme hmotnostní podíly hlíz s definovaným poškozením ve 20 kg odebraném vzorku:

- PNH : podíl hlíz, jejichž povrch není viditelně poškozen,
- PMPH: podíl velmi málo poškozených hlíz (tento podsoubor obsahuje hlízy nepoškozené a hlízy, jejichž maximální hloubka poškození je menší než 2 mm),
- PSPH: podíl středně poškozených hlíz (tento podsoubor obsahuje všechny hlízy, jejichž maximální hloubka poškození je menší než 5 mm).

2. Reálné deformační křivky získané při penetračním testování různých částí hlízy brambor odrůdy ŠÁRKA v roce 1987 - Real deformation curves of penetration tests performed with different parts of tubers in the ŠÁRKA variety in 1987



3. Typické distribuční křivky ($F(n)$ - viz a) a hustoty rozdělení ($e(n)$ - viz b) proměřovaných veličin (zde značena n) v penetračních testech (τ_{pm} , E_f , w_{mb} , i) (n_{min} , n_{max} - jsou příslušné minimální a maximální hodnoty, n_m medián a $n_{0,25}$ a $n_{0,75}$ - příslušné kvantily - 25 % a 75 %). Závislost $F(n)$ v oblasti $n_{0,25} < n < n_{0,75}$ je proložena regresní přímkou určující n_m ; této přímce odpovídá rovnoběžka s osou n v závislosti hustoty rozdělení - Typical distribution curves ($F(n)$ - see a) and densities of distribution ($e(n)$ - see b) of the characteristics (designated by n) measured in penetration tests (τ_{pm} , E_f , w_{mb} , i) (n_{min} , n_{max} - respective minimum and maximum values; n_m median; $n_{0,25}$, $n_{0,75}$ - respective quantiles - 25 % and 75 %). Regression line determining n_m is fitted into the function $F(n)$ in the domain $n_{0,25} < n < n_{0,75}$; a parallel to the n - axis corresponds to this line in dependence on the density of distribution



VÝSLEDKY

Příklady reálných deformačních křivek získaných při testování různých částí hlízy jsou uvedeny na obr. 2. Vybrán byl typický příklad testované hlízy, charakteristický relativně podobnými deformačními křivkami pro D a SP a výrazně odlišnou křivkou pro polohu na boku (B). Při testování v poloze B dochází k velkému poklesu deformační síly s následující prodlevou, která přibližně odpovídá maximu křivek u D a SP. Získané deformační křivky jsou tvarem a hodnotami charakteristických veličin poměrně dobře reprodukovatelné v rámci jedné hlízy, avšak deformační křivky naměřené ve stejné hlavní části různých hlíz vykazují již mnohem větší rozptýl. Distribuční funkce naměřených hodnot vykazuje v některých případech "negausovské" chování (B l a h o v e c et al., 1989), jak ukazuje schematické znázornění získaných závislostí (obr. 3). Ukazuje se, že střední část distribuční křivky lze velice dobře aproximovat regresní přímkou, která pak slouží k přesnější definici mediánu rozdělení. Statistický charakter proměřovaných veličin je zřejmý z příkladu uvedeného v tab. I. Jsou to výsledky proměřování dřeně hlíz brambor v roce 1988. Podle tab. I je relativně nejlépe reprodukovanou veličinou penetrační pevnost τ_{pm} s variačním koeficientem pod 10 %. Výrazně "negausovské" chování

I. Ukázka statistického zpracování dat; d ř e ň u odrůd testovaných v roce 1988 (veličiny definovány na obr.1; min - minimální naměřená hodnota, max - maximální naměřená hodnota, r - korelační koeficient regresního vztahu pro výpočet mediánu - viz. obr. 3) - An example of statistical data processing; f l e s h of the varieties tested in 1988 (the characteristics defined in Fig. 1; min - minimum recorded value, max - maximum recorded value, r - correlation coefficient of the regression for median computation - cf. Fig. 3)

Odrůda	Veličina	Střední hodnota	$v \%$	Medián	r	min	max
Ausonia	x_m/d_o	0,453	14,2	0,441	0,988	0,359	0,590
	σ_{pm}	1,71	7,2	1,69	0,976	1,48	1,96
	E_f	3,43	20,0	3,36	0,960	2,00	4,74
	i	0,143	73,9	0,113	0,983	0,028	0,446
	w_m	0,387	14,6	0,377	0,978	0,292	0,502
Ostara	x_m/d_o	0,608	11,5	0,602	0,971	0,490	0,763
	σ_{pm}	1,93	6,8	1,93	0,985	1,65	2,21
	E_f	2,75	12,0	2,73	0,881	2,05	3,37
	i	0,552	51,8	0,501	0,967	0,139	1,270
	w_m	0,589	15,1	0,588	0,979	0,403	0,771
Resy	x_m/d_o	0,559	19,3	0,548	0,980	0,370	0,783
	σ_{pm}	1,87	10,3	1,88	0,970	1,51	2,24
	E_f	3,04	21,1	3,02	0,951	1,82	4,71
	i	0,421	98,7	0,285	0,981	0,049	1,500
	w_m	0,525	23,5	0,528	0,993	0,280	0,772
Karla	x_m/d_o	0,571	14,0	0,568	0,977	0,443	0,725
	σ_{pm}	1,92	8,7	1,92	0,987	1,59	2,24
	E_f	2,86	15,4	2,80	0,977	1,98	3,63
	i	0,499	63,0	0,441	0,975	0,114	1,236
	w_m	0,551	20,4	0,533	0,977	0,385	0,745
Otava	x_m/d_o	0,488	16,6	0,484	0,975	0,332	0,644
	σ	1,69	8,2	1,65	0,873	1,43	1,95
	E_f	2,97	16,4	2,94	0,929	1,97	4,03
	i	0,191	68,9	0,159	0,928	0,014	0,716
	w_m	0,414	20,8	0,407	0,988	0,270	0,603

Odrůda	Veličina	Střední hodnota	$v \%$	Medián	r	min	max
Šárka	x_m/d	0,543	6,44	0,540	0,981	0,482	0,639
	σ_{pm}	1,92	9,83	1,87	0,947	1,62	2,41
	E_f	2,98	6,60	2,95	0,961	2,70	3,37
	i	0,325	35,6	0,308	0,980	0,152	0,679
	w_m	0,517	13,6	0,500	0,980	0,400	0,716
Lukava	x_m/d_o	0,451	12,4	0,440	0,993	0,340	0,568
	σ_{pm}	1,75	7,9	1,72	0,985	1,53	2,00
	E_f	3,35	12,4	3,27	0,907	2,75	4,35
	i	0,163	73,1	0,124	0,980	0,042	0,463
	w_m	0,396	20,0	0,380	0,977	0,270	0,569
Nicola	x_m/d_o	0,470	9,1	0,465	0,973	0,375	0,605
	σ_{pm}	1,75	7,8	1,76	0,973	1,50	2,01
	E_f	3,19	13,3	3,15	0,966	2,24	4,15
	i	0,164	40,7	0,152	0,980	0,046	0,375
	w_m	0,411	13,3	0,416	0,978	0,285	0,546
Borka	x_m/d_o	0,490	18,0	0,470	0,957	0,363	0,705
	σ_{pm}	2,08	7,3	2,07	0,909	1,83	2,45
	E_f	4,09	21,2	4,00	0,956	2,56	6,23
	i	0,164	74,6	0,123	0,915	0,034	0,667
	w_m	0,509	20,2	0,485	0,970	0,396	0,797
Zvíkov	x_m/d_o	0,433	14,0	0,433	0,960	0,308	0,528
	σ_{pm}	1,96	7,9	1,94	0,976	1,70	2,26
	E_f	4,06	12,7	3,96	0,975	3,24	5,34
	i	0,132	61,2	0,113	0,976	0,025	0,320
	w_m	0,426	20,1	0,418	0,982	0,283	0,598

je pozorováno u pevnostní charakteristiky třetího druhu i ; projevuje se vysokými hodnotami variačního koeficientu a velkými rozdíly mezi mediánem a střední hodnotou.

Základní informace o naměřených hodnotách sledovaných veličin (obr. 1, tab. I) jsou graficky znázorněny na obr. 4 až 8. Výsledky sklizňového testu na odolnost hlíz brambor proti mechanickému poškození jsou obdobným způsobem znázorněny na obr. 9.

ODRŮDA		POMĚRNÁ PENETRAČNÍ HLoubKA x_m/d_o	
		0,25	0,50
AUSONIA	D		
	SP		
	B		
OSTARA	D		
	SP		
	B		
RESY	D		
	SP		
	B		
KARLA	D		
	SP		
	B		
OTAVA	D		
	SP		
	B		
ŠÁRKA	D		
	SP		
	B		
DITA	D		
	SP		
	B		
LADA	D		
	SP		
	B		
RADKA	D		
	SP		
	B		
SVATAVA	D		
	SP		
	B		
EBA	D		
	SP		
	B		
HR-54	D		
	SP		
	B		
LUKAVA	D		
	SP		
	B		
NICOLA	D		
	SP		
	B		
BORKA	D		
	SP		
	B		
ZVÍKOV	D		
	SP		
	B		

ODRŮDA		PENETRAČNÍ PEVNOST σ_{pm} v MPa				
		1,5	2	2,5	3	3,5
AUSONIA	D					
	SP					
	B					
OSTARA	D					
	SP					
	B					
RESY	D					
	SP					
	B					
KARLA	D					
	SP					
	B					
OTAVA	D					
	SP					
	B					
ŠÁRKA	D					
	SP					
	B					
DITA	D					
	SP					
	B					
LADA	D					
	SP					
	B					
RADKA	D					
	SP					
	B					
SVATAVA	D					
	SP					
	B					
EBA	D					
	SP					
	B					
HR-54	D					
	SP					
	B					
LUKAVA	D					
	SP					
	B					
NICOLA	D					
	SP					
	B					
BORKA	D					
	SP					
	B					
ZVÍKOV	D					
	SP					
	B					

4. Poměrná penetrační hloubka x_m/d_o - Relative depth of penetration x_m/d_o

5. Penetrační pevnost σ_{pm} základních částí hlízy - The penetration strength σ_{pm} of the basic tuber parts

DISKUSE

Naměřené hodnoty mechanických parametrů u všech odrůd jsou poměrně dobře reprodukovány v obou sezónách (1987 a 1988), velmi dobrá shoda je zejména u penetrační pevnosti (obr. 5) a měrné deformační práce (obr. 8). Výraznější sezónní variabilita byla pozorována u fiktivního modulu pružnosti (obr. 6) a z něho odvozené penetrační pevnosti třetího typu. Naměřené hodnoty mechanických parametrů (x_m/d_o , σ_{pm} , E_f , i a w_m) pro dřev a středový parenchym jsou ve všech případech srovnatelné, i když v převážné většině případů jsou hodnoty pro dřev vyšší než pro středový parenchym. Výrazně vyšší hodnoty všech parametrů u všech odrůd byly naměřeny

ODRŮDA		FIKTVNÍ MODUL PRUŽNOSTI E_f v MPa	
		3	4
AUSONIA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
OSTARA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
RESY	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
KARLA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
OTAVA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
ŠÁRKA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
DITA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
LADA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
RADKA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
SVATAVA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
EBA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
HR-54	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
LUKÁVA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
NICOLA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
BORKA	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....
ZVÍKOV	D	.....	.....
	SP	.....	.....
	B	.....	.....

ODRŮDA		PENETRAČNÍ PEVNOST 3. TYPU i v MPa				
		0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
AUSONIA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
OSTARA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
RESY	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
KARLA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
OTAVA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
ŠÁRKA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
DITA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
LADA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
RADKA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
SVATAVA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
EBA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
HR-54	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
LUKÁVA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
NICOLA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
BORKA	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....
ZVÍKOV	D	.....	.....	.....	.....	.....
	SP	.....	.....	.....	.....	.....
	B	.....	.....	.....	.....	.....

6. Fiktivní modul pružnosti základních částí hlízy - The fictitious modulus of elasticity of the basic tuber parts

7. Penetrační pevnost třetího typu u základních částí hlíz. Vyneseny jsou mediány u ročních odrůdových souborů - The penetration strength of the third kind in the basic tuber parts. The medians of yearly varietal sets are plotted

v poloze hlízy na boku. Reprezentativně je tento stav ilustrován deformačními křivkami na obr. 2. Výrazný rozdíl v mechanických vlastnostech boku hlízy proti mechanickým vlastnostem střední části hlízy (SP a D) je zřejmě způsobeno zpevňující úlohou vaskulárního prstence (B l a h o v e c et al., 1987), v němž jsou koncentrovány cévní svazky se silnostěnnými buňkami. Toto vysvětlení bylo podpořeno i proměřováním mechanických vlastností krajového parenchymu (KPB - obr. 1), které prokázalo, že tyto vlastnosti se příliš neliší od mechanických vlastností středového parenchymu (obr. 10 a 11).

ODRŮDA		ODHAD MĚRNÉ DEFORMAČNÍ PRÁCE w_m v MPa	
		0,5	1,0
AUSONIA	D SP B		
OSTARA	D SP B		
RESY	D SP B		
KARLA	D SP B		
OTAVA	D SP B		
ŠARKA	D SP B		
DITA	D SP B		
LADA	D SP B		
RADKA	D SP B		
SVATAVA	D SP B		
EBA	D SP B		
HR-54	D SP B		
LUKAVA	D SP B		
NICOLA	D SP B		
BORKA	D SP B		
ZVÍKOV	D SP B		

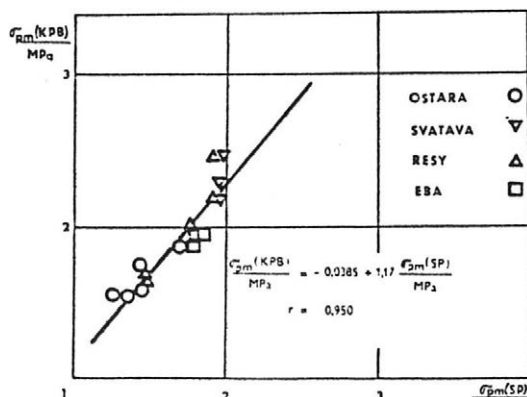
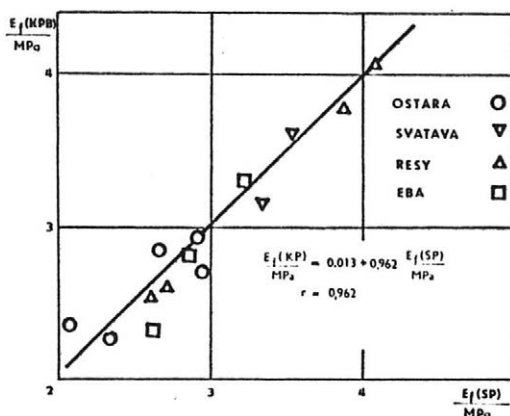
ODRŮDA		PODÍL HLÍZ v %				
		20	40	60	80	100
AUSONIA	PNH PMPH SPH					
OSTARA	PNH PMPH SPH					
RESY	PNH PMPH SPH					
KARLA	PNH PMPH SPH					
OTAVA	PNH PMPH SPH					
ŠARKA	PNH PMPH SPH					
DITA	PNH PMPH SPH					
LADA	PNH PMPH SPH					
RADKA	PNH PMPH SPH					
SVATAVA	PNH PMPH SPH					
EBA	PNH PMPH SPH					
HR-54	PNH PMPH SPH					
LUKAVA	PNH PMPH SPH					
NICOLA	PNH PMPH SPH					
BORKA	PNH PMPH SPH					
ZVÍKOV	PNH PMPH SPH					

8. Odhad měrné deformační práce na poškození základních částí hlíz. Vyneseny jsou mediány ročních odrůdových souborů - The estimate of specific deformation force necessary to damage the basic parts of tubers. The medians of yearly varietal sets are plotted

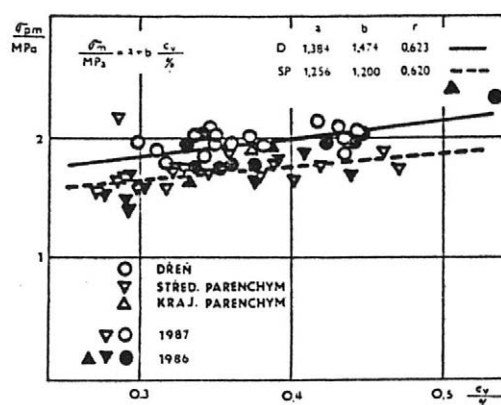
9. Podíl hlíz brambor poškozených definovaným způsobem ve sklizňovém testu (PNH, PMPH, PSPH). Vyneseny jsou přímo stanovené veličiny měřené u různých odrůd v roce 1987 (plná čára) a 1988 (čárkovaná čára) - The proportions of potato tubers damaged by a defined method in a harvest test (PNH, PMPH, PSPH). The directly determined characteristics are plotted which were measured in different varieties in 1987 (solid line) and 1988 (broken line)

Vysvětlivky k obr. 4 až 8: Jsou vyneseny střední hodnoty u ročních odrůdových souborů 1986 (plná čára), 1987 (čárkovaná čára), 1988 (tečkovaná čára) v označených částech hlíz (D, SP, B - viz obr. 1). Explanation to Figs. 4 to 8: The mean values are plotted of yearly varietal sets 1986 (solid line), 1987 (broken line), 1988 (dotted line) for the designated parts of tubers.

10. Vztah mezi hodnotami fiktivních modulů pružnosti krajového parenchymu (KPB) a středového parenchymu (SP). Jsou uvedeny výsledky přímých měření u stejných hlíz. Penetrační test krajového parenchymu byl prováděn vtlačováním válce kolmo do příčného řezu hlízy a vaskulárním prstencem. Jedná se o jednotlivé hlízy větších rozměrů s tloušťkou krajového parenchymu ~ 10 mm (1986) - A relation between the values of fictitious moduli of elasticity of side parenchyma (KPB) and medial parenchyma (SP). The results of direct measurements of the same tubers are presented. The penetration test with the side parenchyma: the cylinder penetrated perpendicularly into the cross-section area of tuber in the region between the tuber edge and vascular ring. Larger tubers were tested with the thickness of side parenchyma ~ 10 mm (1986)



11. Vztah mezi hodnotami penetrační pevnosti krajového parenchymu σ_{pm} (KPB) a středového parenchymu σ_{pm} (SP). Jsou uvedeny výsledky přímých měření u stejných hlíz. Penetrační test prováděn shodně s popisem k obr. 10 - A relationship between the values of the penetration strength of side parenchyma σ_{pm} (KPB) and medial parenchyma σ_{pm} (SP). The results of direct measurements of the same tubers are presented. The penetration test is described in Fig. 10



12. Penetrační pevnost částí hlíz v závislosti na obsahu vlákniny. Údaje pro krajový parenchym u čtyř odrůd z roku 1986 byly stanoveny u omezeného počtu hlíz (menšího než pět větších velikostí - výsledky z let 1986 a 1987) - The penetration strength of tuber parts in dependence on the fibre content. The data on the side parenchyma of four varieties from 1986 were determined in a limited number of tubers (smaller than five larger sizes - results from the years 1986 and 1987)

	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	
DŘEŇ	x_m	38	44	81	88	100	100	100	100	62	62	-	-	-	56	44	44	50	69	-	-	-	-	31	31	-	-	-	-
		0,22	0,27	-0,49	-0,64	0,85	0,88	0,84	0,85	0,34	0,37				-0,34	0,22	0,24	0,25	0,40					-0,09	-0,17				
	σ_{pm}	38	-	100	88	56	44	-	-	50	31	50	-	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	
		0,22		0,76	0,68	0,29	0,28			0,30	0,18	0,25		0,12	0,13									0,16					
	E_f	-	62	75	94	63	44	-	-	94	94	-	-	69	62	25	-	-	-	-	-	-	-	44	44	-	-	-	
			-0,35	-0,50	-0,66	-0,32	-0,25			0,62	0,63			-0,40	-0,37	0,45								0,26	0,25				
	w_m	100	100	38	44	38	-	-	31	56	37	-	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	
		0,77	0,82	0,19	0,26	0,21			-0,17	0,29	0,21		0,26											-0,14					
	i	50	56		25	38	50	44	44	63	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		0,29	0,36		0,14	-0,10	0,29	0,22	0,28	0,36	0,51																		
STŘEDOVÝ PARENCHYM	x_m	56	56	75	81	100	100	94	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		0,32	0,33	-0,43	-0,51	0,87	0,91	0,73	0,85																				
	σ_{pm}	31	-	100	100	63	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		0,17		0,80	0,79	0,36	0,30																						
	E_f	0,25	-	88	100	-	25	25	-	56	37		-											-				25	
		-0,05		-0,57	-0,63		-0,13	0,06		0,32	0,20		-											-				-0,13	
	w_m	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		0,73	0,80																										
	i	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
										-0,13																			
BOK	x_m	75	62	56	31	100	100	100	94																				
		0,40	0,41	-0,31	-0,21	0,86	0,87	0,74	0,96																				
	σ_{pm}	31	25	100	100	88	81																						
		0,17	0,14	0,83	0,87	0,56	0,56																						
	E_f	-	-	75	62																								
				-0,41	-0,35																								
	w_m	100	94																										
		0,81	0,79																										
	i																												

II. Informace o korelačních koeficientech vztahů mezi mechanickými vlastnostmi jednotlivých částí hlíz, proměřovaných v rámci jednotlivých sezónních a odrůdových pokusů. Pro každou kombinaci parametrů jsou pro sezóny 1987 a 1988 uvedeny podíly odrůd (v procentech - první řádek), u nichž byly v daném roce nalezeny statisticky významné hodnoty korelačního koeficientu (hladina významnosti 5 %, udává se pouze zastoupení 25 % a vyšší) a střední hodnoty příslušného korelačního koeficientu (druhý řádek) pro všechny odrůdy testované v daném roce (16; v případě, že korelační koeficient není pro danou odrůdu statisticky významný, bere se do vypočítaného průměru hodnota nulová) - The information on the correlation coefficients of relations between the mechanical characteristics of different tuber parts, measured in the framework of individual seasonal and variety trials. For each combination of characteristics from the seasons of 1987 and 1988 there are presented the proportions of varieties (in percent - first line) which had the statistically significant values of correlation coefficients in the given year (significance level 5 %, the proportion 25 % and higher is only mentioned) and of the mean values of respective correlation coefficients (second line) for all varieties tested in the given year (16; in case the correlation coefficient of the given variety is not statistically significant, the zero value is included in the computed mean)

Informace o vztazích mezi mechanickými veličinami jsou uvedeny v tab. II. U přímo stanovených veličin (x_m, σ_{pm}, E_f) jsou velmi významné klesající vztahy mezi hloubkou penetrace x_m a modulem pružnosti u těže části hlízy (SP, D), rostoucí vztah mezi moduly pružnosti u SP a D a rostoucí vztah mezi hloubkami penetrace u SP a D. Zdá se tedy, že hloubka penetrace x_m a modul pružnosti spolu souvisí u středového parenchymu a dřene; s rostoucí hloubkou penetrace x_m klesá modul pružnosti a naopak. Výrazná je zejména závislost E_f (SP) - E_f (D). Dále bylo zjištěno, že u více než poloviny odrůd testovaných v roce 1987 veličiny x_m a E_f naměřené u dřene závisí (hladina významnosti 5 %) na velikosti hlíz. S rostoucí hmotností hlíz velikost obou parametrů rostla. S rostoucí hmotností hlízy roste také velikost dřene a klesá tedy podíl středového parenchymu podílejícího se vždy na deformaci při testování dřene, která tvoří vždy malou část hlízy. Tímto způsobem je možné pozorovaný vztah vysvětlit.

Tab. III naznačuje, že závislost mechanických vlastností boku hlíz na mechanických vlastnostech dřene a středového parenchymu je u většiny odrůd velmi slabá a významněji se uplatňuje jen vliv modulů pružnosti u obou částí hlíz (SP a D) na modul pružnosti boku hlízy. Převážná část vztahů mezi různými mechanickými parametry, nalezených pro roční odrůdové soubory (tab. II), má své opodstatnění pro soubor tvořený mediány ročních odrůdových souborů uvedených v tab. III. V této tabulce jsou uvedeny vztahy mezi dalšími parametry. Jsou to jednak výsledky sklizňového testu (PNH, PMPH, PSPH) a jednak další parametry stanovené u těchto souborů v naší předchozí práci (Blažek et al., 1990), včetně obsahu sušiny a vlákniny v základních částech hlíz.

Z mechanických parametrů penetračního testu závisí na obsahu sušiny a vlákniny v základních částech hlíz především penetrační pevnost a měrná deformační práce, jako relativně stálé charakteristické veličiny pro jednotlivé odrůdy (obr. 5 a 8). I když korelační koeficienty těchto závislostí nejsou příliš vysoké, nalezené závislosti jsou celkem jasné a na první pohled zřejmé, o čemž svědčí příklad z obr. 12. Podle tab. II se s rostoucím obsahem sušiny v hlízách (zejména v jejím krajovém parenchymu) zvyšuje jejich hustota a penetrační pevnost (deformační práce) při deformaci středového parenchymu, popř. boku hlízy.

Odolnost proti mechanickému poškození je v současné době nejčastěji testována odrazovým úderovým kyvadlem při vyhodnocování stupně elasticity, popř. podílu pružných rázů (PPR) (např. Brečka, Hanousek, 1975). V tab. III jsou zpracovány údaje z předchozí práce (Blažek et al., 1990), ve které byly dvěma opakovanými údery kyvadlem testovány boky hlíz - B1 (bok ve směru nejmenšího rozměru hlízy) a B2 (bok ve směru největšího příčného rozměru hlízy). Ukazuje se, že obě tyto veličiny závisí na penetrační pevnosti jak boku hlíz, tak obou sledovaných základních částí hlíz. Závislost těchto veličin na obsahu sušiny nebyla prokázána, ale v tab. III jsou uvedeny korelační koeficienty pro závislost na obsahu vlákniny v základních částech hlíz.

Nejpřekvapivějším výsledkem uvedeným v tab. III je však skutečnost, že pro veličiny určující skutečnou odolnost proti mechanickému poškození, tj. PNH, PMPH, PSPH, nebyl nalezen žádný statisticky významný vztah s některou z veličin používaných k testování odolnosti hlíz proti mechanickému poškození odrazovým úderovým testem, tj. SE či PPR. Navíc existují některé souvislosti (tab. III) naznačující, že rostoucí hodnoty SE či PPR mohou vést ke snížení hodnot PNH, PMPH a PSPH. Jsou to zejména kombinace SE - σ_{pm} (SP) - PSPH apod., které představují řetěz rostoucího vztahu (SE - σ_{pm} (SP)) se vztahem klesajícím (σ_{pm} (SP) - PSPH). Tyto výsledky naznačují to, co

x_m	-	-0.74	0.87	0.96	0.70	-	-0.72	-	0.59	0.43	-	-0.59	-	0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.44	-	0.49	0.51
σ_{pm}	-	0.72	-	-	0.59	0.35	0.61	-	0.44	0.46	-	0.46	0.37	-	0.49	-	0.41	0.60	0.51	-	-	-	-	0.48	0.55	-	0.41	-	-	
E_f	-0.36	-0.76	-0.52	0.45	0.91	-	-0.50	-	-	0.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
w_m	0.83	0.62	-	-0.39	0.46	0.55	0.54	-	-	-	0.45	-	0.41	-	0.36	0.49	0.48	-	-	-	-	-	0.40	-	-	0.49	0.41	-	-	
i	0.70	-	-0.71	-	0.69	0.47	-	-0.55	-	-	-	-	-	-	-	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47	0.41	-	-	
x_m	-	-0.57	0.70	0.87	0.39	-	-0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.43	-	-	
σ_{pm}	0.62	0.81	0.39	-	0.70	0.66	0.63	-	0.32	0.53	-	0.42	0.54	0.43	0.73	0.62	0.47	0.45	-	-	0.63	-	-	0.63	-	-	-0.48	-	-	
E_f	-	-0.45	-	0.48	0.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	-	-	-	-	-	0.40	-	-	0.40	-	-	-0.45	-	-	
w_m	0.80	0.46	0.49	-	0.55	0.44	-	0.43	-	-	0.52	0.41	0.63	0.58	0.38	0.37	-	-	0.45	0.40	-	-	0.45	0.40	-	-	-	-	-	
i	0.45	-	-	0.38	0.50	-	-	-	-	-	-	-	0.36	0.42	-	-	-	-	-	-	-	-	0.40	0.39	-	-	-	-	-	
x_m	0.71	-	0.83	0.87	0.53	0.56	0.77	0.50	0.55	0.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
σ_{pm}	0.55	0.96	0.76	0.64	0.67	0.59	0.62	0.59	0.60	0.53	0.52	0.39	0.40	-	-	0.47	-	-	0.47	-	-	0.47	-	-	-0.47	-	-	-	-	
E_f	0.56	0.58	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	-	-	0.47	-	-	-	-	0.47	-	-	0.47	-	-	-0.56	-	-	-	-	
w_m	0.88	0.63	0.67	0.57	0.60	0.61	0.61	0.51	0.51	0.35	0.36	-	-	0.36	-	-	0.36	-	-	0.36	-	-	0.36	-	-	-	-	-	-	
i	0.50	0.54	0.49	0.52	0.54	0.55	-	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1/1	0.96	0.94	0.90	0.71	0.77	-	-	-	-	0.42	0.46	0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1/2	0.87	0.94	0.87	0.89	-	-	-	-	-	0.50	0.50	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B2/1	0.90	0.61	0.68	-	-	-	-	-	-	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B2/2	0.81	0.93	-	-	-	-	-	-	-	0.46	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B1	0.89	-	-	-	-	-	-	-	-	0.40	-	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
B2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.42	0.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
KPB	0.89	0.67	-	-	-	-	-	-	-	0.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SP	0.83	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
KPB	0.66	0.54	-	-	-	-	-	-	-	0.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SP	0.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ρ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PNH	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FMH	0.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
FSPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

III. Tabulka korelačních koeficientů mezi měřeními veličinami uvedenými v této práci (x) a v práci předchozí (y) - Blahovec et. al. (1990). Analyzovány byly střední hodnoty, popř. mediány odrůdových ročních souborů z let 1987 a 1988, uvedeny jsou jen statisticky významné korelační koeficienty (hladina významnosti 5%). (SE - stupeň elasticity; PPR - počet pružných rázů v úderovém testu; c_s - obsah sušiny v jednotlivých částech hlíz; c_v - obsah vlákniny v jednotlivých částech hlíz; ρ hustota celých hlíz) - The correlation coefficients of the characteristics measured in this study (x) and in a previous study (y) - Blahovec et. al. (1990). The mean values, or the medians of yearly varietal sets from the years 1987 and 1988, have been analyzed, only the statistically significant correlation coefficients (significance level 5%) are mentioned. (SE - degree of elasticity; PPR - number of elastic impacts in an impact test; c_s - matter content in tuber parts; c_v - fibre content in tuber parts; ρ - density of whole tubers)

bylo v roce 1987 statisticky prokázáno přímo, že úderový test odrazovým kyvadlem, a to jak prostřednictvím PPR, tak zejména SE, dává chybné informace o odolnosti hlíz proti mechanickému poškození.

Odolnost hlíz proti mechanickému poškození podle tab. III klesá s rostoucím obsahem sušiny a s rostoucím obsahem vlákniny v krajovém parenchymu hlíz. Růst odolnosti proti mechanickému poškození souvisí s růstem hloubky penetrace, a to jak SP, tak D, růstem pevnosti D a poklesem penetrační pevnosti a modulu pružnosti SP. S tím souvisí i růst w_m a i u D a pokles σ_{pm} a E_f při deformaci na boku hlíz. Všechny tyto závislosti se vyznačují nízkými hodnotami korelačních koeficientů $|r| < 0,6$, což zřejmě souvisí s vysokými rozptyly získaných hodnot parametrů PNH, PMPH a PSPH v technologickém zařízení, při poměrně nevýrazných rozdílech mezi určenými veličinami jak v technologických (obr. 9), tak v laboratorních zařízeních (obr. 4 až 8). Jisté zpřesnění vztahů mezi odolností proti mechanickému poškození (PNH, PMPH a PSPH) a mechanickými vlastnostmi základních částí hlíz, včetně jejich osvětlení, je obsahem další práce (B l a h o v e c, 1990).

ZÁVĚR

Výsledky klasicky používaného úderového testu odrazovým kyvadlem, reprezentované jak stupněm elasticity, tak počtem pružných rázů, nevedou k správnému ohodnocení odolnosti hlíz brambor proti mechanickému poškození, jako je tomu např. u sklizňového testu.

Odolnost proti mechanickému poškození hlíz brambor je klesající funkcí obsahu sušiny v hlíze (popř. jejich jednotlivých částí) a obsahu vlákniny v krajovém parenchymu.

Odolnost proti mechanickému poškození klesá s rostoucí penetrační pevností a modulem pružnosti středového parenchymu a boku hlíz a roste s hloubkou penetrace jak dřeně, tak středového parenchymu hlíz.

Z přímo naměřených veličin (x_m , σ_{pm} , E_f) jsou v rámci odrůdových ročních souborů nejstálější hodnoty penetrační pevnosti (variační koeficient menší než 10 %), zatímco velmi variabilní veličinou je modul pružnosti (koeficient 20 %). Vysokou reprodukovatelnost v různých sezónách vykazuje pro určitou odrůdu opět penetrační pevnost a dále měrná deformační práce. Zdrojem variability mechanických vlastností v odolnosti proti mechanickému poškození v rámci odrůdy je tedy především modul pružnosti (tuhost) hlízy.

Literatura

- BLAHOVEC, J.: Mechanical properties of potato tubers and resistance of tuber to mechanical damage. Potato res., 1990 (v tisku).
- BLAHOVEC, J. - PATOČKA, K. - MÍČA, B.: Smykový test pevnosti brambor. Rostl. Výr., 30, 1984, č.4, s. 369-380.
- BLAHOVEC, J. - STROUHAL, J. - MÍČA, B.: Nestejnorodost hlíz brambor vzhledem k jejich pevnosti. Zeměd. Techn., 33, 1987, č. 4, s. 235-244.
- BLAHOVEC, J. - PATOČKA, K. - JANÁL, R. - LEJČKOVÁ, K.: Studium mechanických vlastností brambor v souvislosti s jejich odolností proti mechanickému poškození. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1989. 52 s.

BLAHOVEC, J. - PATOČKA, K. - LEJČKOVÁ, K. JANÁL, R. - MÍČA, B.: Mechanické vlastnosti bramborových hlíz a složení jejich základních částí. Potravinářské Vědy, 1990 (v tisku).
BŘEČKA, J. - HANOUSEK, B.: Vlastnosti, procesy a mechanismy při sklizni brambor. [Výzkumná zpráva.] Praha, VŠZ 1975. 104 s.
HUGHES, J.C.: Factors influencing the quality of ware potatoes. 2. Environmental factors. Potato res., 17, 1974, s. 512-547.

Došlo dne 22.12. 1989

BLAHOVEC, J. - VALENTOVÁ, M. - PATOČKA, K. (University of Agriculture, Praha; Central Control and Testing Institute of Agriculture, Havlíčkův Brod) : *Mechanical characteristics of the basic parts of potato tubers*. Zeměd. Techn., 36, 1990 : 539-552.

A penetration body in the shape of cylinder with face was used for a penetration test when mechanical properties of the basic parts of potato tuber (flesh, medial parenchyma, side) were investigated in 16 varieties of potatoes in the course of three-year measurements. The mechanical characteristic of the basic parts of tubers in different potato varieties were found to have the relatively constant values of penetration strength and specific deformation force, the moduls of elasticity being rather variable. The resistance of turbes to mechanical injury decreases with increasing content of dry matter in the tubers and with the increasing content of fibre in the parenchyma of tubers sides. A decrease in resistance to mechanical injury is also influencend by the growing penetration strenght and modulus of elasticity of medial parenchyma, or of parenchyma of turber sides, and a decrease in the depth of penetration both into flesh and medial parenchyma. It was found out that the traditional interpretation of results of impact tests using a rebound pendulum brought about false conclusions about the resistance of potato varieties to mechanical injury.

potatoes; resistance to mechanical injury; rebound pendulum; impact test; penetration; modulus of elasticity; strenght

BLAHOVEC, J. - VALENTOVÁ, M. - PATOČKA, K. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha; Zentralkontroll - und Prüfungsinstitut für Landwirtschaft, Havlíčkův Brod) : *Mechanische Eigenschaften der grundlegenden Teile der Kartoffelknolle*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 539-552.

Ein Penetrationskörper in Form eines Zylinders mit Flachstirn wird zum Druktest der mechanischen Eigenschaften der wichtigsten Teile der Kartoffelknolle (Mark, Mittelparenchym, Seite) bei 16 Kartoffelsorten im Verlauf von dreijährigen Messungen herangezogen. Es konnte festgestellt werden, dass die mechanischen Eigenschaften der wichtigsten Knollenteile der einzelnen Kartoffelsorten durch relativ beständige Werte der Penetrationsfestigkeit und der speziischen Deformationsarbeit bei einem mehr variablen Elastizitätsmodul charakteristisch sind. Die Resistenz der Knollen gegen die mechanische Beschädigung nimmt mit dem zunehmenden Gehalt der Knolle an Trockensubstanz und mit dem zunehmendem Gehalt des Randparenchyms an Faserstoff ab. Auf den Abfall der Resistenz gegen die mechanische Baschädigung wirken sich auch die zunehmende Penetrationsfestigkeit und das Elastitätsmodul des Mitterparenchyms bzw. der Knollenseite und der Abfall der Penetrationsteife sowohl des Marks als auch des Mittelparenchyms aus. Es wurde festgestellt, dass die klassische Interpretation der Ergebnisses der Rückschlagpendeltests zu Fehlschlussfolgerungen über die Resistenz der Kartoffelknollen gegen mechanische Beschädigung führt.

Kartoffeln; Resistenz gegen mechanische Beschädigung; Rückschlagpendel; Schlagtest; Penetration; Elastizitätsmodul; Festigkeit

Adresy autorů:

RNDr. ing. Jiří Blahovec, DrSc., Karel Patočka, prom. biolog, Vysoká škola zemědělská, 165 00 Praha 6-Suchbíl

Ing. Marie Valentová, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Havlíčkův Brod, 582 57 Lípa u Havl. Brodu

F. Bauer, V. Mišun, A. Loprais

BAUER, F. - MIŠUN, V. - LOPRAIS, A. (Vysoká škola zemědělská, Brno; Vysoké učení technické, fakulta strojní, Brno): *Teorie výpočtu výsledných silových účinků pluhu při orbě*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 553-565

V práci jsou uvedeny základní vztahy a algoritmus pro výpočet výsledných silových účinků pluhu při orbě. Výpočet výsledných silových účinků byl proveden na základě naměřených sil v táhlech tříbodového závěsu traktoru při skutečné orbě. Vypočtené výsledky jsou konfrontovány se silovými účinky naměřenými při orbě a objasňují problematiku silového působení pluhu na traktor. Silové účinky půdy a pluhu jsou nahrazeny tzv. silovým šroubem, který působí prostřednictvím tříbodového závěsu na traktor.

tříbodový závěs traktoru; transformace silových účinků; spojitě zatížení; silový šroub; sloupcová matice silového účinku

Celospolečenským úkolem je snižování energetické náročnosti v zemědělském provozu, úspora pohonných hmot a dodržování norem spotřeby paliv. Z normativů spotřeby paliv, vycházejících z československých i zahraničních zkušeností, vyplývá, že orba se řadí na první místo pracovních operací v zemědělství ve spotřebě tzv. přímé energie - nafty.

V našich podmínkách se orba uskutečňuje téměř výhradně radličnými pluhy. Vzhledem k tomu, že při orbě dochází nejprve k odříznutí a poté ke drobení, mísení, kypření a obracení půdních skýv, je spotřeba energie relativně velká. Má-li současná zemědělská praxe snižovat energetickou náročnost při základním zpracování půdy, musí být nejprve objasněna teorie působení silových účinků, které významně ovlivňují tahové vlastnosti traktorů při orbě.

SILOVÉ ÚČINKY PŘI ORBĚ

Silové účinky působící na pluh

Z hlediska účinků pluhu na traktor jsou důležitá silová působení a jejich prostorové rozložení. Znalost silových účinků je důležitá z několika důvodů: V táhlech tříbodového závěsu je důležitá z hlediska vstupního impulsu do regulace při orbě na silový nebo smíšený regulační systém, dále poloha kinematických dvojic táhel závěsu a silové účinky ovlivňující zahlubovací moment pluhu. Silové účinky při orbě s regulačními systémy, silová nebo smíšená regulace výrazně ovlivňují adhézní síly na hnací kola traktoru a s tím související prokluz, spotřebu nafty a výkonnost orebního agregátu.

Stroj pro zpracování půdy, tj. v našem případě radličný pluh, je při pracovním režimu s konstantní rychlostí pohybu vystaven působení tří hlavních skupin silových soustav, které dohromady musí tvořit statickou rovnováhu.

Pro nesený pluh jsou tyto silové účinky:

- 1) tíhová síla pluhu,
- 2) síly vyvozené půdou, působící na jednotlivá orební tělesa,
- 3) síly působící mezi pluhem a traktorem.

Celkovou reakci půdy na pluh lze rozdělit na síly užitečné a parazitní. Mezi užitečné síly řadíme ty, které orební těleso musí překonávat, např. odpor půdy působící na ostří čepelí, deformační odpor závislejší na rozměrech skývy a soudržnosti půdy, odpor způsobený drobicí, mísicí a obracíací funkcí odhrnovačky. Parazitní síly jsou způsobeny třením půdy po povrchu pracovních částí orebního tělesa.

Celková půdní reakce na pluh je dána celou řadou vlivů. Mezi nejdůležitější patří mechanicko-fyzikální vlastnosti půdy, typ odhrnovačky, naostření čepelí, hloubka orby a záběr pluhu. Celková půdní reakce a její vodorovná složka vztažená k průřezu orané plochy se uvádí jako měrný odpor půdy.

Silové účinky působící mezi půdou a činným povrchem orebního tělesa jsou spojitě rozložené a ze strany půdy představují v podstatě spojitě zatížení. V dosud známé oblasti teorie silových účinků při orbě není dosud možné vyjádřit tyto silové účinky exaktně a jejich rozložení nelze popsat jednoznačnou matematickou funkcí.

Mezi tato spojitá zatížení patří silové účinky vzniklé odřezáváním půdy (smykové síly), stlačením půdy (zčásti pružné, zčásti plastické), dále odpory třecích ploch a adhézní síly. Všechny tyto silové účinky vznikají při vzájemném pohybu orebního tělesa a půdy. K tomu přistupují ještě setrvačné síly půdy při jejím obdělávání, neboť čepelí ukrojená část půdy se nepohybuje přímočarým pohybem, ale vykonává nerovnoměrný prostorový pohyb. Třecí síly působící mezi půdou a činným povrchem orebního tělesa jsou zčásti smykového charakteru, zčásti charakteru vnitřního tření částic zeminy mezi sebou, a to jak při plastické deformaci, tak i při pružné deformaci zeminy. Orební tělesa pluhu nejsou symetrická vzhledem k vertikální podélné rovině procházející těžištěm pluhu; tato skutečnost způsobuje, že spojitá zatížení ze strany půdy vykazují tzv. rotační efekt, tj. dávají točivý silový účinek - moment, který se při skutečné orbě projeví jako rozdíl sil v levém a pravém zvedacím táhle tříbodového závěsu traktoru, což bylo při realizovaných terénních měřeních, prováděných ve spolupráci s VÚTr, s.p. Zetor, několikrát prokazatelně naměřeno (B a u e r, 1985).

Výsledné silové účinky

Rozložení spojitého zatížení na geometrickém tvaru orebního tělesa ze strany orané půdy je velmi obtížné a komplikované a nelze je v podstatě určit. I když v posledních letech bylo zainteresovanými odborníky vynaloženo značné úsilí na určení spojitého zatížení alespoň u nejjednoduššího tvaru, výsledky zůstávají téměř nepoužitelné pro jiné tvary nástrojů a jiné podmínky. Z tohoto důvodu je užitečné znát alespoň celkové čili výsledné působení na orební těleso nebo na celý pluh.

Při řešení statické ekvivalence reálných spojitých zatížení ze strany půdy a výslednými silovými účinky je vhodné provést transformaci na takové výsledné silové účinky, které by co nejlépe a nejvěrněji původní silové účinky reprezentovaly.

Obecně lze účinek spojitého zatížení ve smyslu statické ekvivalence nahradit těmito nejjednoduššími silovými soustavami:

- 1) silovým šroubem, tj. jednou silou a jedním momentem působícím v rovině kolmé na nositelku síly (vektor momentu je ve směru síly),
- 2) jednou silou a jedním momentem, přičemž vektory obou těchto veličin působí v libovolně vybraném bodě daného prostoru,
- 3) třemi silami působícími ve třech obecných rovinách.

Při použití transformace spojitého zatížení ze strany půdy včetně tíhy pluhu na silový šroub není osa tohoto šroubu libovolná, ale je podmínkou, že moment se snaží otáčet orebním agregátem jen kolem osy šroubu a v tomto případě má ve srovnání se zbývajícími dvěma transformacemi nejmenší hodnotu. Tento moment představuje složku již dříve definovaného rotačního efektu spojitého zatížení ze strany půdy na orební agregát. Proto náhradu původního spojitého zatížení silovým šroubem lze považovat za nejnovější, poněvadž, jak bylo již dokázáno terénním měřením, tato náhrada nejlépe reprezentuje dané silové poměry. Přitom působíště výsledné síly může představovat kterýkoliv bod na ose šroubu a je vhodné uvažovat působíště v průsečíku osy silového šroubu s vertikální podélnou rovinou procházející podélnou osou

orebního agregátu. Na základě této úvahy můžeme silové účinky půdy na orební tělesa a silové tíhy pluhu jednoznačně definovat.

Další dva způsoby náhrady spojitého zatížení jsou již méně reprezentativní, neboť výsledné silové účinky lze umístit do libovolného bodu agregátu, popř. i mimo něj. Lze je považovat víceméně za jistou pomůcku při analýze všech silových účinků působících na orební agregát, a to zvláště při řešení jeho statické rovnováhy. Vyhodnocení těchto výsledných silových účinků je totiž jednodušší než vyhodnocení silového šroubu. Proto se v praxi častěji provádí náhrada spojitého zatížení jednou výslednou silou a výsledným momentem ve zvoleném bodě daného prostoru.

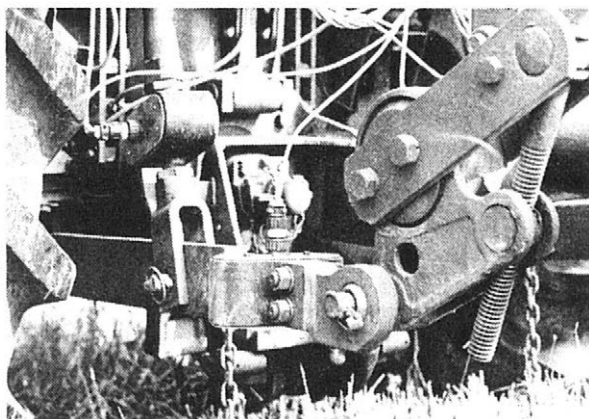
V další části práce vyhodnotíme výsledné silové účinky podle uvedených možností.

METODA MĚŘENÍ SIL A TRANSFORMACE SILOVÝCH ÚČINKŮ

Vzhledem k tomu, že měření rozložení spojitého zatížení na činné ploše geometrického tvaru orebního tělesa je obtížné a prakticky neproveditelné, byl pro určení výsledných silových účinků zvolen jednodušší postup.

Třibodový závěs traktoru byl opatřen tenzometrickými snímači sil (obr.1). Snímač byl umístěn také v laně, prostřednictvím kterého byla sledovaná souprava traktor-pluh tažena jiným traktorem. Znamá síla v laně byla použita ke kontrole s vodorovnou sloužkou síly v těžišti traktoru, vypočtenou programem MMMIPBLM, jehož výsledky byly publikovány v naší předchozí práci (B a u e r et al., 1989).

1. Tenzometrické snímače sil umístěné v táhlech třibodového závěsu traktoru - Tensometric sensors of forces placed in the drawbars of the three-point hitch of tractor



Abychom při měření v terénu zajistili postupný nárůst silových účinků působících mezi půdou a činným povrchem orebních těles, zvolili jsme metodu postupného zahlu- bování pluhu. Na pozemku určeném pro měření byl vybrán vhodný úsek s minimální svaživostí. Pluh byl na délce 20 m měřeného úseku postupně zahluoben až na maximální hloubku orby, danou mezním orebním poměrem. Při postupném zahlubování byl z válce hydrauliky pomocí ovládací páčky vnitřního okruhu vypouštěn olej a pluh se vlivem tíhové síly a sil působících na orební tělesa zahluboval. Z 20 číselných údajů byla vypočtena průměrná hodnota měřených sil, což při frekvenci měřených hodnot 20 Hz odpovídalo ujeté dráze orební soupravy 1,5 m.

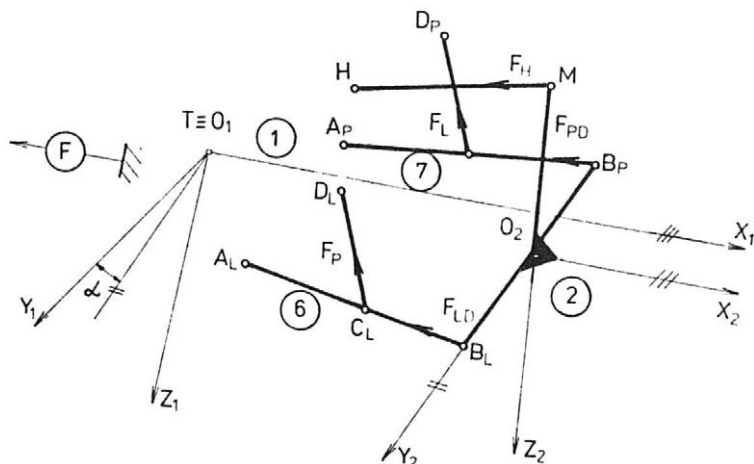
Součinitel odporu valení byl zjišťován experimentálně (B a u e r, 1985) a pohyboval se v rozmezí $f = 0,08$ až $0,09$ (použitý traktor - Z 7245, hmotnost $m = 4120$ kg; orební agregát nesený pluh PH 1- 426, hmotnost $m_p = 692$ kg). Rozchod traktoru byl upraven tak, aby odpovídal záběru pluhu. Tlak v zadních pneumatikách byl upraven na hodnotu 130 kPa, v předních pneumatikách na 250 kPa. Při měření byl použit telemetrický systém

J a R TSE 245. Pro záznam měřených hodnot byl použit měřicí magnetofon 4 Si 7-W a smyčkový oscilograf 8 LS-1. Měření probíhalo ve spolupráci s VÚTr., s.p. Zetor. Naměřené hodnoty sil (tab.I) byly vhodnými transformacemi použitím pravidel statické ekvivalence a statické rovnováhy silových účinků vyhodnoceny a znázorňují hledané výsledné silové účinky vlastní orby. Schéma třibodového závěsu a měřených sil je uvedeno na obr. 2

I. Měřené síly - The forces that were measured

Měření č.		Měřené síly v táhlech třibodového závěsu [N]					Měřená síla v laně [N]
		F _L	F _P	F _{LD}	F _{PD}	F _H		F
4880	1	9 288	5 797	-1 654	2 968	6 297	9 024
	2	8 944	6 184	-2 150	4 452	8 140	10 528
	3	8 944	3 865	1 323	4 748	4 608	11 282
	4	9 976	3 942	1 654	4 748	4 608	12 032
	6	9 632	3 092	3 308	5 936	3 072	12 784
	7	9 632	2 319	5 292	8 904	1 536	15 341
	8	10 113	1 546	8 270	10 388	0,0	18 048
	9	8 600	1 546	14 886	17 808	-780	22 560
	10	7 912	-2 319	14 888	18 253	-8 140	26 320
	11	9 288	-2 705	14 886	15 582	-7 680	26 320
	12	4 816	-1 545	21 502	17 808	-12 288	27 072

**2. Schéma tříbodového závěsu traktoru včetně měřených sil -
A diagramme of the three-point hitch of tractor including the measured forces**



Pokud síly v táhlech směřují od kloubů tělesa 2, které je součástí pluhu, uvažujeme je jako kladné (tahové).

Jsou to síly:

- v horním táhle : F_H ,

- v dolních táhlech : F_{LD}, F_{PD}

- ve zvedacích táhlech : F_L, F_P , (indexy L -levá strana, P - pravá strana)

Dále jsou dány geometrické parametry určující rozměry i polohu jednotlivých členů (táhel) celého třibodového závěsu, např. vzhledem k prostoru 1, tj. k prostoru traktoru. V prostoru traktoru - v jeho těžišti - byl zvolen základní (vztažný, globální) souřadnicový systém $O_1 x_1 y_1 z_1$ a dále v každém prostoru j -tého tělesa byl zvolen souřadnicový systém $O_j x_j y_j z_j$. Taktéž u pluhu volíme souřadnicový systém $O_2 x_2 y_2 z_2$, který je vůči souřadnicovému systému $O_1 x_1 y_1 z_1$ pootočen o úhel α (náklon traktoru jedoucího pravými koly v brzdě) okolo osy $x_1 // x_2$, přičemž

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{L_R} \quad (1)$$

kde : h - hloubka orby

L_R - rozchod zadních kol traktoru

Pro transformaci polohových vektorů, vektorů sil a momentů použijeme vztahy uvedené v literatuře (Bauer et al. 1989).

Výsledné silové účinky pluhu v bodě O_2

Pro snazší vyhodnocování vazbových reakcí členů $j = 6, 7$ v kloubech A_L, A_P a B_L, B_P zvolíme lokální souřadnicové systémy $O_j x_j y_j z_j$ tak, že osy x_j, z_j leží v rovině, kterou tvoří člen j a příslušné zvedací táhlo. Osy y_j jsou pak dány podmínkou, že příslušný souřadnicový systém $O_j x_j y_j z_j$ ($j = 6, 7$) tvoří pravoúhlý souřadnicový systém, takže pro jeho jednotkové vektory musí platit

$$\vec{k}_j = \vec{i}_j \times \vec{j}_j \quad (2)$$

Jednotkové vektory $\vec{j}_j$ vyhodnotíme na základě výše uvedené úvahy. Kosiny směrových úhlů mezi těmito soustřednicovými osami prostoru j a osami prostoru 1 uspořádáme do matic směrových kosinů C_{61}, C_{71} .

Pak matice směrových kosinů pro transformaci z prostorů $j = 6, 7$ do prostoru pluhu je

$$C_{j2} = C_{j1} \quad C_{12} = C_{j1} \quad C_{21}^{-1} = C_{j1} \quad C_{21}^T \quad (3)$$

neboť matice směrových kosinů jsou ortogonální, pro které platí

$$C_{21}^{-1} = C_{21}^T = C_{12}$$

přičemž C_{21} je matice směrových kosinů souřadnicových os prostoru 2 vzhledem k souřadnicovým osám prostoru 1.

Po vyhodnocení vektorových zápisů sil v kloubech závěsu pluhu v příslušných prostorech (spodní index $j = 1, 6, 7$):

$$\begin{aligned}
 \vec{F}_1^H &= F_{1x}^H \cdot \vec{i}_1 + F_{1y}^H \cdot \vec{j}_1 + F_{1z}^H \cdot \vec{k}_1 \\
 \vec{F}_6^{BL} &= F_{6x}^{BL} \cdot \vec{i}_6 + F_{6y}^{BL} \cdot \vec{j}_6 + F_{6z}^{BL} \cdot \vec{k}_6 \\
 \vec{F}_7^{BP} &= F_{7x}^{BP} \cdot \vec{i}_7 + F_{7y}^{BP} \cdot \vec{j}_7 + F_{7z}^{BP} \cdot \vec{k}_7
 \end{aligned} \quad (4)$$

Tyto síly pak vyjádříme pomocí sloupcových matic

$$\begin{aligned}
 \bar{S}_1^H &= \begin{bmatrix} F_{1x}^H & F_{1y}^H & F_{1z}^H \end{bmatrix}^T \\
 \bar{S}_6^{BL} &= \begin{bmatrix} F_{6x}^{BL} & F_{6y}^{BL} & F_{6z}^{BL} \end{bmatrix}^T \\
 \bar{S}_7^{BP} &= \begin{bmatrix} F_{7x}^{BP} & F_{7y}^{BP} & F_{7z}^{BP} \end{bmatrix}^T
 \end{aligned} \quad (5)$$

a provedeme jejich transformace do prostoru 2

$$\begin{aligned}
 \bar{S}_2^M &= C_{12} \bar{S}_1^M \\
 \bar{S}_2^{BL} &= C_{62} \bar{S}_6^{BL} = C_{61} C_{21}^T \bar{S}_6^{BL} \\
 \bar{S}_2^{BP} &= C_{72} \bar{S}_7^{BP} = C_{71} C_{21}^T \bar{S}_7^{BP}
 \end{aligned} \quad (6)$$

Nakonec provedeme transformaci silových účinků z jednotlivých bodů M, BL, BP do společného voleného bodu O_2 podle vztahu

$$\begin{aligned}
 S_2^{O_2} &= \begin{bmatrix} E_3 & O_3 \\ R_2^M & E_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{S}_2^M \\ O \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_3 & O_3 \\ R_2^{BL} & E_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{S}_2^{BL} \\ O \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_3 & O_3 \\ R_2^{BP} & E \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{S}_2^{BP} \\ O \end{bmatrix} = \\
 &= N_2^M S_2^M + N_2^{BL} S_2^{BL} + N_2^{BP} S_2^{BP} = [F_{2x}^{O_2} \ F_{2y}^{O_2} \ F_{2z}^{O_2}; \ M_{2x}^{O_2} \ M_{2y}^{O_2} \ M_{2z}^{O_2}]^T
 \end{aligned} \quad (7)$$

kde jsou : -operátorové matice obsahující souřadnice bodů $l = M, BL, BP$ v souřadnicovém systému $O_2 x_2 y_2 z_2$

$$R_2^l = \begin{bmatrix} O & -z_2^l & y_2^l \\ z_2^l & O & -x_2^l \\ -y_2^l & x_2^l & O \end{bmatrix} \quad (8)$$

-matice statické ekvivalence mezi body $l = M, BL, BP$ a bodem O_2

$$N_2^l = \begin{bmatrix} E_3 & O_3 \\ R_2^l & E_3 \end{bmatrix} \quad (9)$$

-bivektor silových účinků

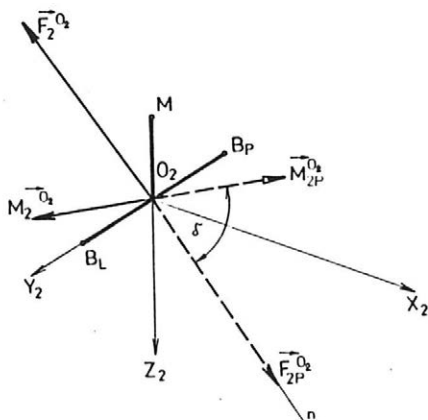
$$S_2^I = \begin{bmatrix} \vec{S}_2^I \\ O \end{bmatrix} \quad (10)$$

-matice řádu 3 : E_3 - jednotková, O_3 - nulová

-sloupková matice O se třemi řádky.

Pak je silový účinek závěsu na pluh dán výslednými silovými účinky v bodě O_2 buď bivektorem $S_2^{O_2}$ podle vztahu (7) nebo vektorově (obr. 3.)

3. Výsledné vektory silových účinků pluhu transformované do bodu O_2 - Resultant vectors of the forces acting in the plough, transformed to the point O_2



$$\begin{aligned} \vec{F}_2^{O_2} &= F_{2x}^{O_2} \cdot \vec{i}_2 + F_{2y}^{O_2} \cdot \vec{j}_2 + F_{2z}^{O_2} \cdot \vec{k}_2 \\ \vec{M}_2^{O_2} &= M_{2x}^{O_2} \cdot \vec{i}_2 + M_{2y}^{O_2} \cdot \vec{j}_2 + M_{2z}^{O_2} \cdot \vec{k}_2 \end{aligned} \quad (11)$$

Je zřejmé, že za předpokladu rovnoměrného pohybu orebního agregátu tyto silové účinky budou ve statické rovnováze se silovými účinky vlastního pluhu (tj. sil orby a tíhové síly pluhu) $S_{2P}^{O_2}$ nebo $\vec{F}_{2P}^{O_2}$, $\vec{M}_{2P}^{O_2}$ přetransformovanými ve smyslu statické ekvivalence rovněž do bodu O_2 (čárkovaně na obr. 3)

Přitom platí

$$S_2^{O_2} + S_{2P}^{O_2} = O \quad (12)$$

Odtud vyplývá matice výsledných silových účinků v bodě O_2

$$S_{2P}^{O_2} = -S_2^{O_2} \begin{bmatrix} F_{2Px}^{O_2} & F_{2Py}^{O_2} & F_{2Pz}^{O_2} & M_{2Px}^{O_2} & M_{2Py}^{O_2} & M_{2Pz}^{O_2} \end{bmatrix}^T \quad (13)$$

a jejich vektorová vyjádření jsou

$$\begin{aligned}\vec{F}_{2P}^{o_2} &= F_{2Px}^{o_2} \cdot \vec{i}_2 + F_{2Py}^{o_2} \cdot \vec{j}_2 + F_{2Pz}^{o_2} \cdot \vec{k}_2 \\ M_{2P}^{o_2} &= M_{2Px}^{o_2} \cdot \vec{i}_2 + M_{2Py}^{o_2} \cdot \vec{j}_2 + M_{2Pz}^{o_2} \cdot \vec{k}_2\end{aligned}\quad (14)$$

a velikosti

$$\begin{aligned}F_{2P}^{o_2} &= \sqrt{(F_{2Px}^{o_2})^2 + (F_{2Py}^{o_2})^2 + (F_{2Pz}^{o_2})^2} \\ M_{2P}^{o_2} &= \sqrt{(M_{2Px}^{o_2})^2 + (M_{2Py}^{o_2})^2 + (M_{2Pz}^{o_2})^2}\end{aligned}\quad (15)$$

Složky silových účinků i jejich velikosti podle vztahu (14) a (15) jsou uvedeny v tab. II pro jednotlivá měření č.1 až č.12.

Výsledné silové účinky pluhu vyjádřené silovým šroubem

Vektory výsledných silových účinků pluhu podle obr. 3 svírají úhel δ , jehož velikost vyplývá ze skalárního součinu

$$\vec{F}_{2P}^{o_2} \cdot \vec{M}_{2P}^{o_2} = F_{2P}^{o_2} \cdot M_{2P}^{o_2} \cdot \cos \delta \quad (16)$$

Odtud

$$\cos \delta = \vec{F}_{2P}^{o_2} \cdot \frac{\vec{M}_{2P}^{o_2}}{M_{2P}^{o_2}} \cdot M_{2P}^{o_2} \quad (17)$$

Vektor momentu $\vec{M}_{2P}^{o_2}$ rozložíme na dvě složky:

- ve směru nositelky (index n) síly $\vec{F}_{2P}^{o_2}$ čili složku

$$M_{2P}^{o_2} = M_{2P}^{o_2} \cdot \cos \delta \quad (18)$$

- ve směru kolmém (index k) na nositelku síly $\vec{F}_{2P}^{o_2}$

$$M_{2P}^{o_2} = M_{2P}^{o_2} \cdot \sin \delta \quad (19)$$

Přičemž platí

$$\vec{M}_{2P}^{o_2} = \vec{M}_{2P}^{o_{2n}} + \vec{M}_{2P}^{o_{2k}} \quad (20)$$

Vektorové jednotlivé složky jsou za použití vztahů (17) až (20)

$$\begin{aligned}\vec{M}_{2P}^{o_{2n}} &= \frac{1}{F_{2P}^{o_2}} (\vec{F}_{2P}^{o_2} \cdot \vec{M}_{2P}^{o_2}) \cdot \vec{e}_F = \frac{\vec{F}_{2P}^{o_2}}{(F_{2P}^{o_2})^2} (\vec{F}_{2P}^{o_2} \cdot \vec{M}_{2P}^{o_2}) = \\ &= M_{2Px}^{o_{2n}} \cdot \vec{i}_2 + M_{2Py}^{o_{2n}} \cdot \vec{j}_2 + M_{2Pz}^{o_{2n}} \cdot \vec{k}_2\end{aligned}\quad (21)$$

II. Vypočtené hodnoty sil, momentů a souřadnice bodů Q a R - The computed values of forces, moments and co-ordinates of the points Q and R

Měření č.		Vypočtené hodnoty po transformaci														
		do bodu L								na silový šroub						
		Složky síly F_{2p}^L [N]			Složky momentu M_{2p}^L [Nm]			výsledná		moment u [Nm]	souřadnice bodů Q, R [m]					
								síla [N]	moment [Nm]							
		F_{2Px}^L	F_{2Py}^L	F_{2Pz}^L	M_{2Px}^L	M_{2Py}^L	M_{2Pz}^L	F_{2P}^L	M_{2P}^L	$M_{2P}^{L_u}$	w_{O_2}	y_{O_2}	z_{O_2}	w_{R_2}	y_{R_2}	z_{R_2}
4880	1	6 350	2110	5792	1116	-3407	1919	8 850	4067	1244	0,523	volená souřadnice $y_z^Q=0$	-0,1057	1,125	volená souřadnice $y_z^R=0,2$	0,443
	2	9 159	2419	5773	1178	-4404	2610	11 094	5253	1371	0,784		-0,019	1,541		0,458
	3	9 396	1981	5747	1305	-1493	1548	11 191	3212	1450	0,406		-0,044	1,354		0,535
	4	9 602	2096	6264	1469	-2493	1672	11 655	3247	1553	0,303		-0,090	1,219		0,507
	5	12 209	2229	6362	1496	-3324	2650	13 940	4392	1895	0,711		0,073	1,806		0,644
	6	10 922	1888	6315	1426	-1662	1329	12 757	2651	1633	0,275		-0,015	1,432		0,654
	7	14 287	1666	6777	1387	-831	1728	15 900	2368	1896	0,552		0,190	2,267		1,003
	8	17 067	1784	7515	1549	0,0	1267	18 733	2002	1920	0,279		0,112	2,192		0,955
	9	23 522	433	8104	997	4155	1653	24 883	4581	1554	2,647		1,087	13,501		4,827
	10	23 613	158	7564	936	4404	1797	24 795	4848	1467	8,523		2,916	88,341		12,469
	11	21 276	421	7679	1351	4155	886	22 624	4458	1649	0,776		0,474	10,881		4,121
	12	25 707	720	8275	355	6648	762	27 016	6700	262	-1,171		-0,118	5,969		2,180

kde jednotkový vektor nositelky $\vec{e}_F$ síly $\vec{F}_{2P}^{O_2}$ vyplývá ze vztahů

$$\vec{F}_{2P}^{O_2} = F_{2P}^{O_2} \cdot \vec{e}_F \quad (22)$$

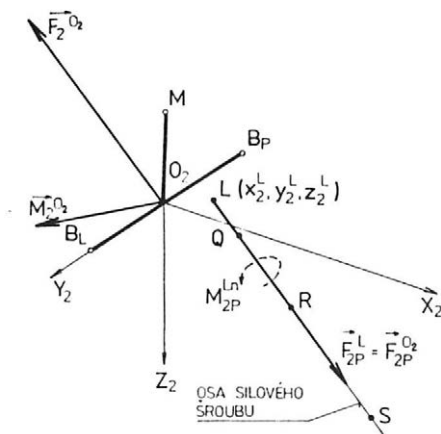
$$\vec{M}_{2P}^{O_{2k}} = \vec{M}_{2P}^{O_2} - \vec{M}_{2P}^{O_{2n}} = M_{2Px}^{O_{2k}} \cdot \vec{i}_2 + M_{2Py}^{O_{2k}} \cdot \vec{j}_2 + M_{2Pz}^{O_{2k}} \cdot \vec{k}_2 \quad (23)$$

Staticky ekvivalentní náhrada sjednoceného silového účinku $\vec{F}_{2P}^{O_2} \cup \vec{M}_{2P}^{O_2}$ v bodě O_2 silovým šroubem předpokládá posunout nositelku síly $\vec{F}_{2P}^{O_2}$ do jistého bodu $L(x_2^L, y_2^L, z_2^L)$ (obr. 4), přičemž musí být splněna podmínka

$$\vec{r}_2^L \times \vec{F}_{2P}^L = \vec{M}_{2P}^{O_{2k}} \quad (24)$$

a dále musí platit pro body O_2, L , že $\vec{F}_{2P}^L = \vec{F}_{2P}^{O_2}$

4. Výsledné silové účinky
vyjádřené silovým šroubem -
The effects of resultant forces
expressed by a power screw



Po rozepsání (24) do složených rovnic obdržíme soustavu tří algebraických rovnic pro neznámé souřadnice bodu L :

$$\begin{aligned} y_2^L \cdot F_{2Pz}^L - z_2^L \cdot F_{2Py}^L &= M_{2Px}^{O_2} - M_{2Px}^{O_{2n}} \\ -x_2^L \cdot F_{2Pz}^L - z_2^L \cdot F_{2Px}^L &= M_{2Py}^{O_2} - M_{2Py}^{O_{2n}} \\ x_2^L \cdot F_{2Py}^L - y_2^L \cdot F_{2Px}^L &= M_{2Pz}^{O_2} - M_{2Pz}^{O_{2n}} \end{aligned} \quad (25)$$

Poněvadž matice této lineární soustavy rovnic je singulární, nelze jednoznačně určit všechny tři souřadnice bodu L - rovnice jsou vzájemně závislé. Je proto nutné jednu souřadnici volit a zbývající dvě vyhodnotíme z libovolných dvou rovnic soustavy (25).

Nejčastěji se poloha bodu L volí takto :

a) ztotožníme bod $Q \equiv L$, přičemž volíme $y_2^Q = 0$ a vyhodnotíme x_2^Q, z_2^Q ; bod Q pak leží v rovině $x_2 z_2$;

b) ztotožníme bod $R \equiv L$, přičemž volíme $y_2^R = k$ (bod R se nachází např. v rovině stěny brázdy);

c) ztotožníme bod $S \equiv L$, přičemž volíme $z_2^S = \frac{h}{2}$ (polovina hloubky orby).

Při transformaci spojitých silových účinků půdy na orební tělesa a síly pluhu vyjádřené pomocí silového šroubu výsledné silové účinky jsou (obr. 4):

- síla $\vec{F}_{2P}^L = \vec{F}_{2P}^{O_2}$, jejíž nositelka (osa silového šroubu) prochází body $L \equiv Q, R, S$;

- moment $\vec{M}_{2P}^{L_n} \equiv \vec{M}_{2P}^{O_{2n}}$ působící okolo osy šroubu.

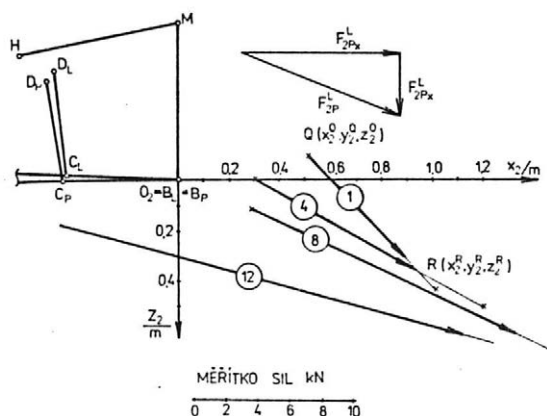
Vzhledem k tomu, že $\vec{F}_{2P}^L = \vec{F}_{2P}^{O_2}$, jsou v tab. II. uvedeny pouze hodnoty $M_{2P}^{L_n}$ a souřadnice bodů Q, R .

Zde je třeba si všimnout, že moment $M_{2P}^{L_n}$ představuje již dříve uvedený rotační efekt, způsobený geometrickým tvarem odhrnovaček orebních těles pluhu, na který působí reakce orané půdy moment $M_{2P}^{L_n}$ a snaží se traktorem otočit kolem osy silového šroubu. Tento moment musí být zachycen zvedacími táhly tříbodového závěsu traktoru a samozřejmě vlastním traktorem. Je to skutečný moment, který na traktor působí, takže transformace na silový šroub (obr. 4) je neadekvátnější transformací. Transformace na jiné typy silových účinků jsou pouze ekvivalentní k silovému šroubu a u těchto ekvivalentních silových účinků je příslušný moment vždy větší, než je u silového šroubu.

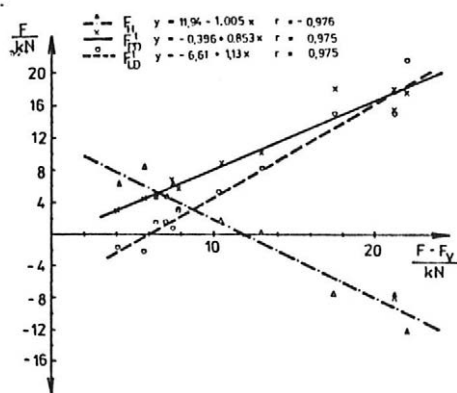
ZÁVĚR

Uvedený algoritmus zjišťování výsledných silových účinků, kterými působí půda na orební tělesa, včetně tíhy pluhu na tříbodový závěs traktoru, byl aplikován u neseného tříradličného pluhu. Z celkového počtu 56 terénních měření, která se prováděla podle popsané metodiky, byl pro demonstraci vybrán pouze vzorek měření sil v táhlech tříbodového závěsu traktoru, jejichž hodnoty jsou uvedeny v tab. I. V tab. II jsou uvedeny vypočtené hodnoty jednotlivých složek sil $\vec{F}_{2P}^L$, momentů $\vec{M}_{2P}^{L_n}$ a výsledných silových účinků pluhu $F_{2P}^L, M_{2P}^{L_n}$. Pomocí těchto silových účinků byly dále vypočteny silové účinky vlastní orby, včetně tíhové síly pluhu, které charakterizuje silový šroub.

Na obr. 5 jsou vyneseny polohy nositelek sil $\vec{F}_{2P}^L$; pro přehlednost jsou vyneseny síly pouze měření č. 1, 4, 8, 12. Poloha jednotlivých nositelek sil je dána vypočtenými souřadnicemi bodů Q a R (tab. II). Jak již bylo uvedeno v metodice měření, jedná se o měření s postupným zahlubováním pluhu. Síly v dolních táhlech F_{LD} a F_{PD} se postupně zvětšují se vzrůstajícím odporem půdy a síla v horním táhle F_H se mění z kladných hodnot - tahu, na hodnoty sil záporných, tj. tlaku. Rozborem vypočtených poloh jednotlivých výsledných sil zjistíme, že největší vzdálenost od závěsných kloubů závěsu traktoru B_L a B_P má síla označená číslem 1. Tato síla vytváří z uvedeného vzorku měření největší tahovou sílu v horním táhle F_H , což také potvrzuje tab. I. V tomto případě se jedná o mělkou orbu a je logické, že v horním táhle tříbodového závěsu musí být tah, poněvadž se zde projevuje především síla tíhy pluhu.



5. Schéma působení výsledných sil na tříbodový závěs traktoru - A diagramme of the effects of resultant forces in the three-point hitch of tractor



6. Průběh měřených sil v závislosti na síle měřené v laně taženého traktoru - The pattern of measured forces in dependence on the force measured in the rope of a tractor - and - plough combination

Pluh se dále postupně zahluhoval a nositelky výsledných sil $\vec{F}_{2P}^L$ měnily polohy (obr.5). Prochází-li nositelka síly osou y_2 , není v horním táhle žádná síla, což dokumentují naměřené hodnoty síly v horním táhle označené číslem 8 (v tab. I), a rovněž vypočtená poloha výslednice č.8 prochází dolními závěsnými body B_L a B_P . Mění se smysl vypočtených momentů M_{2P}^L kolem osy y_2 (tab. II.) potvrzuje správnost teoretického výpočtu, poněvadž se chronologicky mění síla v horním táhle F_H .

Pohybuje-li se výslednice sil $\vec{F}_{2P}^L$ kolem dolních kloubů tříbodového závěsu traktoru, v našem případě osa y_2 , dochází ke změně smyslu sil v horním táhle. Tento případ je pro mechanickou regulační hydrauliku mající vstupní impuls pomocí horního táhla nevýhodný. V tomto případě jsou síly v horním táhle relativně malé a vlivem čepového tření a hystereze torzní pružiny dochází k necitlivosti regulačního mechanismu. Další nevýhodou, při které se projeví necitlivost, je skutečnost, že při změnách smyslu sil se projeví vůle v mechanických částech regulačního mechanismu, což negativně ovlivňuje regulaci.

Jakmile výslednice překmitne osu y_2 a pohybuje se v oblastech pod osou y_2 , jsou síly v horním táhle trvale tlakové.

Na obr.6 je znázorněn průběh sil v táhlech tříbodového závěsu traktoru v závislosti na síle naměřené v tažném laně traktoru, od které byl odečten valivý odpor F_v . Průběh změny měřených sil má lineární závislost. U průběhu síly v horním táhle F_H je vidět měnící se rozsah působení této síly v oblasti tahu a přechodu do oblasti tlaku.

Znalost výsledných silových účinků pluhu na tříbodový závěs při skutečné orbě nám dává možnost průběžně během práce traktoru sledovat měnící se zatížení orebního agregátu. Popsaným algoritmem můžeme pro různé varianty měnícího se zatížení vyhodnocovat silové účinky, kterými působí pluh na traktor, a tím průběžně vyčíslit adhézní silové účinky ovlivňující tahové vlastnosti traktoru.

KEPNER, P.A. - BAINER, R. - BARGER, E.L. : Principles of farm machinery. Westport, Avi Publishing Company 1980.

LOPRAIS, A.: Automatizace tvorby rovnic kinetostatické rovnováhy prostorových mechanismů využitím maticových zápisů. Zeměd. Techn. 29, 1983, č.1, s 47-52.

BAUER, F. : Optimalizace přenosu energie u zemědělského traktoru [Závěrečná výzkumná zpráva.] Brno, Vysoká škola zemědělská 1985.

BAUER, F. - MIŠUN, V. - LOPRAIS, A. : Transformace měřených silových účinků v táhlech tříbodového závěsu do těžiště traktoru agregovaného s neseným pluhem. Zeměd. Techn., 35, 1989, č.4, s. 205 - 214.

Došlo dne 31.1.1990

BAUER, F. - MIŠUN, V. - LOPRAIS, A. (University of Agriculture, Brno, Institute of Technology, Faculty of Engineering, Brno) : *A theory of computation of resultant forces acting in the plough in the course of ploughing.* Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 553-565.

Basic relations and algorithm are given for the computation of resultant forces acting in the plough in the course of ploughing. Resultant forces were computed from values of forces measured in the drawbars of the tree-point hitch of tractor in the course of real ploughing. The results of computation were compared with values of forces measured during ploughing and they elucidate the effects of forces between the plough and tractor. The forces acting between the soil and plough are replaced by the so called power screw, acting on the tractor by means of the three-point hitch of tractor.

three-point hitch of tractor; transformation of forces; continuous load; power screw; column matrix of the effect of a force

BAUER, F. - MIŠUN, V. - LOPRAIS, A. (Landwirtschaftliche Hochschule, Brno; Technische Hochschule, Fakultät für Maschinenbau, Brno) : *Theorie der Berechnung der finalen Kraftwirkungen der Pflüge beim Pflügen.* Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 553-565.

Die vorliegende Arbeit führt die grundlegenden Beziehungen und den Algorithmus für die Berechnung der finalen Kraftwirkungen der Pflüge beim Pflügen an. Die Berechnung der finalen Kraftwirkungen erfolgte aufgrund von gemessenen Kräften an den Zugsträngen des Dreipunktaufhängung beim wirklichen Pflügen. Die berechneten Ergebnisse wurden mit den beim Pflügen gemessenen Kraftwirkungen konfrontiert und erklären die Problematik der Kraftwirkung des Pfluges auf den Traktor. Die Kraftwirkungen von Boden und Pflug sind durch die sog. Kraftschraube ersetzt, die sich durch die Dreipunktaufhängung auf den Traktor auswirkt.

Dreipunktanbau; Transformation von Kraftwirkungen; verbundene Belastung; Kraftschraube; Zylindermutter der Kraftwirkung

Adresa autorů:

Doc. ing. František Bauer, CSc., Vysoká škola zemědělská, katedra energetiky, Zemědělská 1, 613 00 Brno
Doc. ing. Vojtěch Mišun, CSc., doc. ing. Antonín Loprais, CSc., Vysoké učení technické, fakulta strojná, Technická 2, 616 00 Brno

Upozorňujeme čtenáře, že číslo 10/1990 časopisu

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

bude věnováno pracím z Výzkumného ústavu zemědělských strojů
Praha-Chodov.

Vědeckým redaktorem čísla je ing. Dušan H u t l a.

Z obsahu čísla vyjímáme:

B l á h a J., V a l o u c h L.: Zkouška únavové životnosti sběracího krmného
návěsu MV 3-O32.1

T r n k a L.: Energetické poměry samojízdného sklízče cukrovky

Š i m á n a J.: Tenzometrické snímače mechanických veličin používané
ve VÚZS

Z á v i š k a Z.: Vývoj vibračních vyorávacích jednotek sklízčů bulev řepy

S u l e k V., K o l á ř I., N o v á E.: Faktografický systém s decentralizovanými
informačními technologiemi pro zemědělskou techniku

ZE ZAHRANIČÍ

H u t l a D.: Vývojové trendy zemědělské techniky pro devadesátá léta

M. Andrt, B. Černík

ANDRT, M. - ČERNÍK, B. (Vysoká škola zemědělská, Praha; Ústav nerostných surovin, Kutná Hora) : *Využití tříděných tuhých komunálních odpadů*. Zeměd. Techn. , 36, 1990 (9) :567-574.

Řešili jsme otázky související s kompostováním vytříděných tuhých komunálních odpadů (TKO) a možnosti tvarování spalitelného podílu TKO. Z kompostovatelného podílu TKO a z dalších surovin byla založena poloprovozní kompostová zakládka podle předem stanovené receptury. Materiál upravený do briket byl společně s uhlím spalován na konvenčním roštovém spalovacím zařízení o jmenovitém výkonu 465 kW.

tuhé komunální odpady; kompostování odpadů; lisování odpadů; spalování odpadů

Rozvoj vědy a techniky poskytuje stále lepší podmínky pro šťastný a bohatý život člověka, na druhé straně však také mnohá nebezpečí, jako je bezesporu ohrožení existence lidstva v důsledku postupného ničení životního prostředí.

Negativních faktorů poškozujících životní prostředí je velké množství a u celé řady z nich ještě není známa míra jejich škodlivosti. Jedním z těchto faktorů jsou i tuhé komunální odpady (TKO), které jsou totiž už samy o sobě bezprostředním a potenciálním zdrojem poškozování životního prostředí v celém komplexu a nesprávné zacházení s nimi jejich nebezpečnost ještě znásobuje. Odpady jsou většinou rozptylovány v přírodním prostředí a zneškodňovány jejich regeneračními mechanismy. Aktivita a technické možnosti člověka jsou však na takovém stupni rozvoje, že kapacita těchto mechanismů je již vyčerpána. Z těchto důvodů hledají věda a výzkum nové cesty pro znovuzískání cenných surovin z TKO.

Odstraňování odpadů z čištění měst a vesnic náleží do souboru důležitých činností veřejně prospěšných služeb, zabezpečovaných v působnosti národních výborů. Na nich záleží, jaký druh technologie pro danou aglomeraci zvolí. Do budoucna musí vždy platit, že uzavření oběhu materiálu v cyklu těžba - výroba - spotřeba - racionální zneškodnění je důležitým současným úkolem. Ke způsobům, které umožňují využívání vytříděných TKO, patří jednak lisování spalitelného podílu TKO do briket a jejich následné spalování a jednak úprava odpovídajícího podílu TKO kompostováním. Základní poznatky z obou těchto způsobů zpracování jsou uvedeny v práci autorů Andrt a Černík (1989) a ukazují některé možnosti a problémy, které při tomto zpracování TKO vznikají. Výzkumné práce na vývoji technologie třídění a úpravy TKO pokračovaly i v roce 1989 vyhodnocováním výsledků rozborů složení TKO z centrálně vytápěné zástavby Kutné Hory, sledováním poloprovozní kompostové zakládky s použitím kompostovatelného

podílu TKO a provedením a vyhodnocením zkoušek společného spalování uhlí s briketovatelným spalitelným podílem TKO.

VÝSLEDKY

Kompletní rozbor složení TKO z centrálně vytápěné zástavby, které tvoří největší část tzv. využitelného podílu TKO, poskytují informace uvedené v tab I.

I. Základní složení a fyzikálně-chemické charakteristiky tuhých komunálních odpadů v Kutné Hoře - Basic composition and physico-chemical characteristics of municipal solid wastes in Kutná Hora

Složení [% hm,]	Centrálně vytápěná zástavba
Papír	26,10
Plasty	8,85
Textil	6,15
Dřevo	1,24
Kosti	1,37
Kůže	0,02
Pryž	0,06
Korek	0,02
Magnetické kovy	3,53
Kuchyňský odpad	20,81
Hliník	0,64
Ostatní kovy	0,32
Minerální odpad	1,24
Prosev pod 8mm	4,57
Zbytek	15,00
Vlhkost [% hm,]	35,3
Výhřevnost [MJ,kg ⁻¹]	8,67
Sypná hmotnost [kg,m ⁻³]	157,0

+ celoroční průměr

Z celoročního sledování procentuálního složení TKO vyplývá, že stabilní zastoupení mají látkové skupiny papír, kuchyňský odpad a zbytek; výrazně nestalý je obsah minerálního odpadu (kameny, cihly, keramika). Nejvíce odchylek od celoročních průměrných hodnot obsahu látkových skupin je v květnu a prosinci, nejméně v lednu, březnu, červenci a září. Výrazný nárůst obsahu kuchyňského odpadu byl zaznamenán v září, říjnu, listopadu a prosinci, u magnetických kovů v březnu, dubnu a květnu a u skla

v únoru, březnu a dubnu. Pozoruhodné jsou společně relativně vysoké obsahy papíru a plastů v květnu, srpnu a prosinci. Z rozborů složení TKO v centrálně vytápěné zástavbě města Kutná Hora vyplynuly i závažné zásahy do technologie třídění a úpravy TKO, a to zejména požadavek na odloučení granulometrické třídy 0 až 12 mm z kompostovatelného podílu (tab. II.).

II. Koncentrace vybraných stopových prvků v dílčích granulometrických třídách kompostovatelného podílu tuhých komunálních odpadů - The concentrations of some trace elements in granulometric subclasses of the compostable portion of municipal solid wastes

Granulometrická třída [mm]	Koncentrace [ppm]					
	Mn	Co	Ni	Zn	Cd	Hg
0 - 4	275	5,1	24,5	1554	37,4	5,9
4 - 8	255	4,4	24,3	775	5,6	2,6
8 - 16	132	2,9	14,4	616	3,8	2,4
16 - 25	94	2,2	13,5	360	1,9	1,7
25 - 40	90	2,0	12,6	220	1,8	1,6

Dalším významným poznatkem je skutečnost, že 55 % všech biologicky rozložitelných kuchyňských odpadů (zejména zbytky jídel a zbytky z přípravy jídel) se nachází v granulometrické třídě TKO nad 40 mm. Je tedy nutné zařadit další operace drcení a třídění podílu TKO nad 40 mm, jejichž výsledkem je získání 75 % všech kuchyňských odpadů nacházejících se v TKO do kompostovatelného podílu. Navržený systém (nožový válcový drtič) umožňuje díky selektivnímu drcení získat z podílu TKO nad 40 mm tzv. plastový koncentrát, který obsahuje cca 35 % hm. neplastových nečistot, zpracovatelných technologiemi využívání odpadů směsných plastů (např. postup italské firmy Sorema). Navíc v plastovém koncentrátu odchází téměř 50 % hm. PVC obsaženého v TKO, což má samozřejmě příznivý vliv při energetickém využívání spalitelného podílu TKO.

Využití kompostovatelného podílu TKO z centrálně vytápěné zástavby bylo ověřeno poloprovozní kompostovou zakládkou (51 t) v Agropodniku Kutná Hora. Hnojivé vlastnosti kompostovatelného podílu TKO jsou uvedeny v tab. III. Recepturu na použití kompostovatelného podílu TKO navrhl Výzkumný ústav rostlinné výroby v Praze na základě optimalizačního programu založeného na simplexové metodě (mikropočítač SPO 186). Jako vstupní charakteristiky kompostovatelného podílu TKO byly zadány hodnoty získané z rozborů TKO v Kutné Hoře (celoroční průměry).

Z důvodu dopravy, manipulace a vlastního spalování spalitelného podílu TKO je nezbytné zvýšit sypanou hmotnost paliva z TKO tvarováním. Zkoušky proběhly v laboratořích katedry vnitropodnikové mechanizace MF VŠZ v Praze na briketovacím lisu vyrobeném podle licence dánské firmy TAARUP. V první etapě byl sledován vliv teploty vnitřního povrchu matrice na tvarovou stálost výlisků. Bylo vyrobeno cca 90 kg briket, přičemž až do teploty 115 °C nebyl prokázán příznivý efekt zvýšené teploty vnitřního povrchu matric. Vycházeli jsme z úvahy, že při vyšších teplotách budou roztavené plasty plnit úlohu pojiva. Matrice byly zahřívány topným kabelem. Výraznější vliv na tvarovou

stálost výlisků mělo však prodloužení matrice z 20,5 na 25,5 cm. Za tímto účelem byly pro druhou etapu lisovacích pokusů zhotoveny speciální matrice s délkou 25,5 až 29,5 cm. Lisován byl spalitelný podíl TKO připravovaný z čerstvých tuhých komunálních odpadů z centrálně vytápěné zástavby, a to podle technologie navržené v ÚNS Kutná Hora. Základní fyzikálně-chemické charakteristiky jsou uvedeny v tab. IV.

Zpracováno bylo celkem 104 kg drtě; výsledky jsou uvedeny v tab. V. Jako jednoznačně nejvýhodnější typ matrice z hlediska tvarové stálosti výlisků a výsledné sypné hmotnosti materiálu byl hodnocen typ "D". Lze to vysvětlit zejména delším působením tlaku a jeho postupným uvolňováním v rozbíhavé části matrice. Pro tento lis je však nutné odstranit z lisované drtě dlouhé pružné součásti (textil, plasty), popř. je dále rozmělnit, neboť dochází k jejich namotávání na konec předlisovaného šneku. Během několikaměsíčního skladování briket na zakryté ploše se vzhled a soudržnost nemění; jsou-li brikety vystaveny povětrnostním vlivům, rozpadají se během několika dnů (obr. 1). S takto vyrobeným briketovým palivem z TKO byly v Ústavu pro výzkum

III. Hnojivé vlastnosti kompostovatelného podílu tuhých komunálních odpadů z centrálně vytápěné zástavby - Fertilizing characteristics of the compostable portion of municipal solid wastes from a housing estate with central heating

Sypná hmotnost [kg.m ⁻³]	Zrnatost [mm]	Vlhkost [% hm.]	pH _{H2O}	Spalitelné látky [% hm. sušiny]	N [%]	Nerозložené příměsi [% hm.]	P [ppm]	Mg [ppm]	K [ppm]
550	do 40	50	6,1	59,5	1,5	3 - 5	6300	1480	4100

IV. Základní složení a fyzikálně-chemické charakteristiky paliva z tuhých komunálních odpadů - Basic composition and physico-chemical characteristics of fuel made of municipal solid wastes

Složení [% hm,]	Centrálně vytápěná zástavba
Papír	53,5
Plasty	19,1
Textil	13,8
Kuchyňský odpad	7,0
Zbytek	6,6
Vlhkost [% hm,]	24,4
Výhřevnost [MJ. kg ⁻¹]	14,9
Sypná hmotnost [kg.m ⁻³] ⁺	78,4

+ sypná hmotnost před lisováním

V. Výsledky tvarování drtě spalitelného podílu tuhých komunálních odpadů na briketovacím lisu. Typ matrice: S - standardní délka 235 mm; průměr vstupního (výstupního otvoru 62) 58 mm; vnitřní povrch kalen, broušen; A - délka 275 mm; 62/58mm; kalen, nebroušen; B - délka 295 mm; 62/58 mm; kalen, nebroušen; C - délka 255 mm; 62/56 mm; kalen, nebroušen; D - délka 255 + 155 mm; 62/58/ 62 mm; kalen, nebroušen. Tvarová stálost byla hodnocena pouze vizuálně. Stupnice : 1 - 0 % rozpadlých výlisků; 2 - 25 %; 3 - 50 %; 4 - 75 %; 5 - 100 %. Koeficient stlačení - poměr sypné hmotnosti po vylisování k sypné hmotnosti před lisováním; N - výkon lisu neměřen - The results of briquetting the crushed combustible portion of municipal solid wastes in a briquetting press. Type of matrix : S - standard length of 235 mm; diameter of inlet (outlet) hole - 62 (58) mm; hardened, ground inner surface; A - length 275 mm; 62/58 mm; hardened, unground surface; B - length 295 mm; 62/58; hardened, unground surface; C - length 255 mm; 62/56 mm; hardened, unground surface; D - length 255 + 155 mm; 62/58/62 mm; hardened, unground surface. The stability of briquette shape was evaluated only visually. Scale: 1 - 0 % of disintegrated briquettes; 2 - 25 %; 3 - 50 %; 4 - 75 %; 5 - 100 %. Coefficient of compression - the ratio of bulk weight after pressing to bulk weight before pressing; N - the press output not measured

Typ matrice	Tvarová stálost výlisků	Měrná hmotnost výlisků [kg,m ⁻³]	Sypná hmotnost výlisků [kg,m ⁻³]	Koeficient stlačení	Výkon lisu [kg,h ⁻¹]
S	4	459	244	3,1	N
A	3 - 4	545	258	3,3	N
B	2 - 3	605	292	3,7	N
C	3	578	241	3,1	N
D	2	631	292	3,7	698

1. Výlisky skladované po dobu 14 dnů na nezakryté (vlevo) a zakryté ploše (vpravo) - Briquettes stored for a fortnight in an open (left) and covered (right) area



paliv v Praze provedeny topné zkoušky společným spalováním s uhlím na konvenčním roštovém spalovacím zařízení o jmenovitém výkonu 465 kW. Předpokladem je totiž využívání energetického obsahu paliva z TKO zásadně ve směsi s uhlím na stávajících spalovacích zařízeních, tj. bez nutnosti výstavby speciálního, investičně náročného spalovacího zařízení. Pokud jde o vlastní spalování, lze automatický chod kotle bez poklesu jeho výkonu a účinnosti spalování zabezpečit při spalování směsi 85 % hm. uhlí a 15 % hm. paliv z TKO.

DISKUSE A ZÁVĚR

Z hodnocení průběhu zakládky, jejíž sledování a hodnocení provedl rovněž VÚRV Praha, vyplývá, že kompostovatelný podíl TKO lze společně s dalšími surovinami přeměnit v kompostové zakládce na stabilní produkt, o jehož výsledné kvalitě rozhoduje, vedle ošetřování zakládky, dokonalé homogenizace a optimální vlhkosti, především kvalita vstupních surovin, tzn. především potřebné obsahy organických látek (ze závěrečného hodnocení je rovněž zřejmá nutnost neotálet se založením kompostu z důvodu zvyšování ztrát organických látek v kompostovatelném podílu TKO) a co nejnížší koncentrace rizikových faktorů, především stopových toxických prvků. Je-li dodržen požadavek návrhu ČSN 46 5735 na průběh teplot v zakládce (min. 55 °C po dobu 21 dnů), není nutné se obávat přítomnosti patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů ve výsledném produktu (v kompostovatelném podílu TKO byla prokázána přítomnost koliformních a fekálně-koliformních bakterií a enterokoků, stejně tak lze očekávat jejich přítomnost v použité kejdě). Přítomnost stopových toxických prvků je nutné sledovat již ve vstupních surovinách. Kompostovatelný podíl TKO při výše naznačených technologických opatřeních obsahuje v celoročním průměru koncentrace vybraných prvků uvedené v tab. VI.

VI. Koncentrace vybraných prvků v kompostovatelném podílu tuhých komunálních odpadů (celoroční průměr) - The concentrations of some elements in the compostable portion of municipal solid waste (yearly average values)

Prvek	K o n c e n t r a c e [ppm]								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Zn
Kompostovatelný podíl TKO	15,2	2,3	100	45,4	1,8	< 12,1	13,5	65,1	371

Koncentrace vybraných prvků v kompostovatelném podílu TKO plně vyhovují požadavkům ČSN nejen na vstupní suroviny, ale dokonce i na výsledný kompost. Při dodatečné úpravě hotového kompostu je možné dodržet přítomnost nerozložitelných příměsí (sklo, porcelán, kameny, plasty, textil) pocházejících z TKO s hodnotami nižšími, než jsou hodnoty stanovené návrhem ČSN (asi do 1% hm. při podílu kompostovatelného materiálu z TKO v zakládce až 30 %, limitní obsah max. 2 % hm.).

Na základě dosud vyhodnocených analýz plyných a tuhých zbytků po spalování je možné konstatovat, že u plyných emisí byly mírně překročeny požadavky připravovaného zákona na ochranu ovzduší (emisní limity) u CO, a to i při spalování

samotného uhlí, což je vysvětlitelné velikostí spalovacího kotle. Koncentrace NO a stejně tak NO₂ ve spalínách se zvyšováním podílu paliva z TKO ve směsi neměnila. U ostatních plynů došlo k vazbě na absorpční činidlo (vápenec, odpadní dolomit), přidávané při výrobě briquet s účinností u SO₂ 30 až 35 % a u HCl asi 40 %. Díky nízkým obsahům síry v palivu z TKO ve srovnání s uhlím došlo k dalšímu snížení obsahu SO₂ ve spalínách. Problematickým jevem při spalování TKO či jejich derivátů je přítomnost chlóru (PVC, anorganické soli). Úpravou TKO (odloučení prosevu pod 40 mm, odloučení plastového koncentrátu) byl snížen obsah chlóru v palivu z TKO na cca 0,5 % hm. a popsáním vázáním HCl do tuhých zbytků dochází k podstatné redukci obsahu HCl ve spalínách, přičemž emisní limit pro odpovídající zařízení a danou kapacitu (50 mg.mN⁻³) je překročen až při podílu 20 % hm. paliva z TKO ve směsi. Emise tuhého úletu musí být řešena podle konkrétních podmínek každého zařízení (dodatečná instalace mechanických či textilních filtrů), s čímž jsou spojeny i emise stopových prvků, které požadavky novelizovaných předpisů rovněž nepřekročí. Údaje o organických látkách obsažených v plynných emisích a sorbovaných na tuhých částicích nejsou dosud vyhodnoceny. Eluáty ze škváry nepřekračují solností a obsahem organických látek požadavky na vody vypouštěné do povrchových toků. S přispěním tvarovacího zařízení lze dosáhnout efektivního energetického využití části tuhých komunálních odpadů za ekologicky vyhovujících podmínek.

Na základě celkového zhodnocení prací prováděných ÚNS v Ku. Hoře v oblasti třídění a úpravy TKO lze konstatovat, že mechanizovaným postupem lze z tuhých komunálních odpadů získat ekonomicky i ekologicky upotřebitelné produkty, a to i s ohledem na zpřísnující se požadavky na ochranu životního prostředí.

Literatura

ANDRT, M. - ČERNÍK, B.: Využití tuhých komunálních odpadů k výrobě průmyslových kompostů a paliv. Zeměd. Techn. 35, 1989, č. 3, s. 167-175.

LOBL, F. - VÁŇA, J. - ŠTIKOVÁ, A. - REICHLIOVÁ, E.: Hodnocení možnosti výroby průmyslového kompostu v návaznosti na linku třídění a úpravy TKO. [Hodnotící zpráva VÚRV Praha -Ruzyně, oddělení biotechnologie odpadů.] Praha, 1989. 25 s.

ČSN 46 5735. Průmyslové komposty a hnojivé odpady. 1989.

Došlo dne 9.4. 1990

ANDRT, M. - ČERNÍK, B. (University of Agriculture, Praha; Institute of Minerals, Kutná Hora) : *The use of sorted municipal solid wastes*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) : 567-574.

Problem of the composting of sorted municipal solid wastes were solved and possibilities of briquetting the combustible portion of municipal solid wastes were investigated. A composting area according to the beforehand determined formula was founded on pilot scale using the compostable portion of municipal solid wastes and other raw materials. The material pressed into briquettes and coal were burned in traditional grate combustion chamber with rated capacity of 465 kW.

municipal solid waste; composting; waste briguetting; waste combustion

ANDRT, M. - ČERNÍK, B. (Landwirtschaftliche Hochschule, Praha; Institut für Mineralrohstoffe, Kutná Hora) : *Nutzung fester sortierter Kommunalabfälle*. Zeměd. Techn., 36, 1990 (9) :567-574.

Wir untersuchten die mit der Kompostierung von sortierten festen Kommunalabfällen zusammenhängenden Fragen und Möglichkeiten der Formgebung des verbrennbaren Anteils von festen

Kommunalabfällen. Aus dem kompostierbaren Anteil von festen Kommunalabfällen und aus weiteren Rohstoffen wurde die sog. Kompostpilotbasis nach einer im voraus festgelegten Rezeptur gegründet. Das zu Briketten aufbereitete Material wurde zusammen mit der Kohle in einer konventionellen Rostverbrennungsanlage mit einer Nenn-Leistung von 465 kW verbrannt.

feste Kommunalabfälle; Abfallkompostierung; Abfallpressen; Abfallverbrennung

Adresy autorů:

Ing. Miroslav Andrt, CSc., Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6 -Suchbát

Ing. Bohumil Černík, Ústav nerostných surovin, Vítězná 425, 234 01 Kutná Hora

ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA

Časopis Zemědělská technika uveřejňuje původní práce, recenze apod.

Autor je plně odpovědný za původnost práce a za její věcnou i formální správnost. K práci musí být připojen souhlas vedoucího pracoviště s publikací článku a prohlášení autora o tom, že práce nebyla publikována jinde.

O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu, a to se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému významu a přínosu i kvalitě prací.

Je třeba, aby autoři přesně dodržovali tyto pokyny:

Jednotlivé práce nemají mít rozsah větší než 10 až 12 stran psaných na stroji se všemi přílohami. Autoři nechť se vyvarují nadměrného množství tabulek a zařazují raději grafy.

Technická úprava rukopisu

Úprava rukopisu má odpovídat státní normě ČSN 88 0220 (formát A4, 30 řádek na stránku, 60 úhozů na řádku, tzn., že mezi řádky se dělají dvojité mezery). Ilustrace, grafy, tabulky a fotografie (černobílé) se dodávají zvlášť, nepodlepují se. Na zadní straně se vyznačí tužkou pořadové číslo obrázku a napíše se jméno autora článku. Texty k obrázkům se dodávají na zvláštním listě, umístění obrázku se označuje na levém okraji příslušné strany rukopisu číslicí v kroužku. Tabulky se číslují římskými číslicemi. Na všechny obrázky i tabulky musí být v textu odkazy.

Úprava vlastní práce

Název práce (titul) nemá přesahovat 85 úhozů. Je nutné se v názvu vyvarovat obecných frází jako: Studie o..., Příspěvek k..., Pokus o ... Každý zaslaný článek musí být samostatnou prací, nemohou být publikovány články na pokračování, označené např.: Studie o...I., II., III. atd, stejně tak jsou vyloučeny podtituly článků.

Jména autorů se uvádějí bez titulů - příjmení a první písmeno jména.

Souhrn

Vypracování souhrnu je nutné věnovat obzvláštní péči. Autor do něho má shrnout vše, co je na jeho práci pozoruhodné a nové a co má být dokumentováno. Souhrn má být nekritickým informačním výběrem významného obsahu a závěru, nikoliv však jeho pouhým popisem. Musí vyjádřit všechno podstatné, co je obsaženo ve vědecké práci, nemá jí však nahradit. Nesmí překročit rozsah 170 slov. Je třeba, aby byl psán celými větami, nikoliv telegrafickým způsobem. Souhrn začíná jménem autorů, názvem pracoviště a jeho sídlem (v závorce), titulem článku a citací: Zeměd. Techn., 35, 1989 (O): 000-000. Místa označená nulami doplní na kompletní citaci při korektuře redakce.

Klíčová slova (Key words, index terms)

Pod souhrn je nutno po vynechání řádky připojit klíčová slova. Ta mají sloužit:

- a) k rychlé orientaci (jakýsi "zkrácený referát"),
- b) při zařazování práce do kartotéky.

Nestačí-li pouhá jednotlivá slova, je možné použít i složitých výrazů, popř. i stručné věty.

Pod tímto zorným úhlem je nutné klíčová slova psát. Pojmy obsažené v titulu článku se zpravidla nezařazují.

Klíčových slov by nemělo být méně než 3 a více než 12. Začínají malým písmenem a oddělují se středníkem.

Úvod

Úvod má obsahovat hlavní důvody, proč byla práce uskutečněna, a velmi stručnou formou stav studované otázky. Je nutné se v něm vyhnout rozsáhlým historickým přehledům. Uvádí se bez nadpisu, je možné v něm uvést k práci se vztahující citaci autorů (doporučuje se co nejnížší počet citací - čtyři až osm autorů).

Materiál a metody

Metody se popisují pouze tehdy, jsou-li původní, jinak postačuje citovat autora metod a uvádět jen případné odchylky. Je v nich popsán pokusný materiál. Popis metod by měl umožnit, aby kdokoli z odborníků mohl podle něho a při použití uvedených citací práci opakovat.

Výsledky

Doporučuje se nepoužívat k vyjádření kvantitativních stavů tabulek a dát přednost grafům, anebo tabulky shrnout ve statistickém hodnocení naměřených hodnot. Tato část by neměla obsahovat teoretické závěry ani dedukce, ale pouze faktické nálezy.

Diskuse

Diskuse obsahuje zhodnocení práce. Diskutuje se o možných nedostacích a práce se konfrontuje s výsledky dříve publikovanými (požaduje se citovat jen ty autory, kteří mají k publikované práci bližší vztah), pokud mají souvislost, nebo pokud jsou s předloženou prací nějak srovnatelné.

Poděkování

Je-li to nutné, uvádí se stručně poděkování (jedna až dvě věty), např. za technickou spolupráci, za pomoc při statistickém zpracování a poskytnutí méně běžného léčiva apod.

Literatura

V textu se při citaci uvede jméno autora a rok publikování. Do seznamu se zařadí všechny práce citované v textu článku, a to podle abecedy, bez číslování, každá citace na novém řádku. Je-li více prací od téhož autora ve stejném roce, přidá se k letopočtu označení a, b, c.

Literatura musí odpovídat ČSN 01 0197.

Zkratky názvů časopisů je třeba dodržovat podle publikace doc. Bojňanského a kol., vydané v roce 1982 Slovenskou akadémiou vied pod názvom Periodiká z oblasti biologicko-polnohospodárskych vied, ich citácie a skratky.

Adresa autora

Na zvláštním listě uvede autor akademický titul, jméno (ne jen zkratku), příjmení, vědeckou hodnost a podrobnou adresu pracoviště s PSC. Totéž uvede i pro spoluautory.

INHALT

Fiala O.: Analyse der Tätigkeit der Trennungsvorrichtung in Abhängigkeit von der Form und den Eigenschaften der Gurkenfrüchte	513
Kavka M., Veselý P., Maňásek F.: Expertensystem AGROEXPERT mit der Testungswissenbasis von MAIS.	523
Brozman D.: Entwurf einer Methode zur Festlegung des Youngovschen Elastizitätsmoduls im Zug der Getreidehalme mit Hilfe der holo-graphischen Interferometrie	535
Blahovec J., Patočka K., Valentová M.: Mechanische Eigenschaften der grundlegenden Teile der Kartoffelknolle	539
Bauer F., Mišun V., Loprais A.: Theorie der Berechnung der finalen Kraftwirkungen der Pflüge beim Pflügen	553
Andrt m., Černík B.: Nutzug fester sortierter Kommunalabfälle	567

Rukopisy odevzdány k tisku 29. 5. 1990. – Podepsáno k tisku 29. 3. 1991

Vědecký časopis ZEMĚDĚLSKÁ TECHNIKA ● Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství ● Vychází měsíčně ● Redaktorka ing. Eva Grafnetrová ● Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 25 75 41 ● Vytiskly Jihočeské tiskárny, provoz 11, Český Krumlov ● © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1990

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, Gottwaldova tř. 206, 709 90 Ostrava 9. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS — ústřední expedice a dovoz tisku Praha, administrace vývozu tisku, Kovpakova 26, 160 00 Praha 6.