

VĚDECKÝ ČASOPIS

ODDĚLENÍ KNIHOVNY
ODNÍKOVSKÝ ZEMĚDĚLSKÝ
PRAHA 1, TROJNOV 4, 0



ROSTLINNÁ VÝROBA

MODELOVÁNÍ A SYSTÉMY

11

ROČNÍK 37
PRAHA
LISTOPAD 1991
ROVYAM 37 (11)
865-960
CS ISSN 0370-663X

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÁ
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Rídí redakční rada: Doc. ing. Josef Šimon, CSc. (předseda), doc. ing. Pavol Bajči, CSc., ing. Helena Donátová, CSc., prof. ing. Václav Fric, DrSc., ing. Jozef Habovštiak, CSc., ing. Alois Chalupa, CSc., prof. ing. Vladimír Krajčovič, prof. ing. Lubomír Minx, DrSc., ing. Timotej Miština, CSc., doc. RNDr. Jan Novák, DrSc., ing. Jozef Pařízek, ing. Jaromír Procházka, CSc., prof. ing. Stanislav Procházka, DrSc., ing. Vlastimil Rasocha, CSc., prof. ing. Jozef Repka, DrSc., doc. ing. Miron Suškevič, DrSc., RNDr. Vladimír Škrdleta, CSc., prof. ing. Václav Vaněk, DrSc., ing. Marie Vánová, CSc., ing. Jaroslav Voškeruša, CSc., doc. ing. František Vrkoč, CSc.

Vedoucí redaktorka: RNDr. Eva Stříbrná

OBSAH — Modelování a systémy

Burda V.: Význam systémového výzkumu v rostlinné výrobě	865
Škarda M., Zobač J., Marková J.: Organické hnojení bez živočišné výroby	867
Kubát J., Donát J.: Matematický model dynamiky dusíku v půdě	879
Procházková B., Růžicka V.: Analýza vztahů mezi hnojením, půdní organickou hmotou a obsahem atrazinu v půdě	885
Královec J., Lipavský J.: Interakce čtyř současně aplikovaných živin ve vynosu travního porostu	897
Růčka M., Lexa M.: Modelovanie zmien obsahu dusíka v biomase ozimnej pšenice	905
Mladičová I., Nátr L.: Matematické modelování denního chodu teploty vzduchu	911
Sasin A.: Vplyv počasia na tvorbu úrody chmeľu	919
Zrůst J., Cepl J.: Závislost výnosu raných odrůd brambor na některých charakteristikách růstu	925
Vidovič J.: Produkční a energetická bilancia porastu kukurice	935
Dotlačil L., Toman K.: Odrůdová reakce ozimé pšenice na produkční potenciál prostředí	947
Dvořáková M.: Energetická náročnost rostlinné výroby v podmínkách Jižní Moravy	955

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

Zahradníček J.: III. Světový kongres potravinářských technologií	910
--	-----

RECENZE

Zahradníček J.: Z. Vodrážka, J. Krechl: Bioorganická chemie	934
---	-----

CONTENTS — Modelling and systems

Škarda M., Zobač J., Marková J.: Organic fertilizing without animal production	867
Kubát J., Donát J.: Mathematical model of nitrogen dynamics in soil	879
Procházková B., Růžicka V.: Analysis of relations between fertilizing, soil organic matter and atrazine contents in soil	885
Královec J., Lipavský J.: Interaction of four contemporary applied nutrients in grassland yield	897
Růčka M., Lexa M.: Modelling the changes in nitrogen content in winter wheat biomass	905
Mladičová I., Nátr L.: Mathematical modelling of daily course of air temperature	911

Význam systémového výzkumu v rostlinné výrobě

Před 40 lety došlo k rozdělení Výzkumných ústavů zemědělských na několik samostatných ústavů. Část se přemístila do Pomologického ústavu v Praze-Ruzyni, kde se vytvořil Výzkumný ústav rostlinné výroby. Tím byly dány předpoklady pro rozšiřování a prohlubování studia jednotlivých oborů. Tak jako ve většině vědních disciplín i v aplikovaných vědách docházelo k jejich specializaci, k oddělování stále užších problémových oblastí. To je samozřejmým předpokladem hloubky poznání. Ke škodě věci však zároveň docházelo k izolaci poznatků, které pak v podobě rozhodovacích pravidel v praxi často nepřinášely očekávanou odezvu. Tyto tendence se vyskytovaly v celém světě. V zemích nepostižených socialismem však stále existovaly obory našeho bývalého spravovédného ústavu, kde byl sledován podnik jako celek. Jako byly u nás budovány stále gigantičtější a vnitřně členitější zemědělské podniky, tak i činnost specialistů uvnitř těchto podniků korespondovala s odděleným specializovaným výzkumem. Takto hodnoceno našly výsledky práce VÚRV mnohostranné uplatnění a pomáhaly přivést rostlinnou výrobu v podnicích na vysoký stupeň produktivity půdy i stability výnosů. Samozřejmě všechny bariéry rozvoje produktivity a efektivnosti práce, kvality produktů i využití kapitálů působily jak na výrobní, tak výzkumnou sféru.

Neudržitelnost systému byla však dávno zřejmá. Proto jsme již od 70. let připravovali předpoklady pro plnění požadavků a potřeb zemědělců v budoucím hospodářském systému. Umožnilo to především založení sítě pokusných stanic v roce 1968, které měly za úkol poskytnout experimentální podklady výzkumným ústavům, zabývajícím se rostlinnou výrobou. Z těchto metodicky jednotně vedených pokusů jsme nejdříve jako vedlejší produkt zpracovávali matematickostatistickými metodami vztahy biotických a abiotických faktorů k výnosům, jakožto funkcí jejich interakcí. Dalším krokem bylo založení šestifaktorových stacionárních pokusů v roce 1980 na 11 stanovištích ve všech výrobních typech v ČR. Jejich metodika byla předána také VÚPA v Bratislavě, který tyto pokusy rovněž na několika stanovištích založil. Jejich smyslem bylo získat dostatek experimentálních podkladů pro možnost hledání optimálních variant hnojení a struktury porostů z pěstitelského a ekonomického hlediska a řešení produktivity a stability agroekosystému jako základu výrobní struktury podniku.

K plnému uplatnění těchto experimentálních dat může dojít teprve nyní, kdy návratem hospodářského systému, založeného na svobodném podnikání, vzniká skutečná potřeba systémového přístupu k řešení situací, které v praxi nemohly dříve nastat. Direktivní způsob řízení zemědělství neposkytoval možnost uplatnit jakákoliv optimální řešení s dostatkem operačního prostoru. Tak např. s rozvojem optimalizačních metod, souvisejícím v šedesátých letech s uvolněním hospodářského rozhodování v podnicích a současně s rozvojem výpočetní techniky, se začalo rozvíjet používání lineárního programování a dalších optimalizačních metod pro stanovení výrobní struktury některých zemědělských družstev a hospodářství státních statků. Návrat direktivních metod plánování v období normalizace omezil natolik operační prostor pro použití uvedených metod, že od nich bylo prakticky upuštěno. A právě pro možnost jejich aplikace je nezbytné připravit mnoho pod-

kladů, mimo jiné i kvantifikaci vztahů typu faktor — faktor a faktor — produkt, vztahů biotických a abiotických faktorů tvorby výnosů, obecně vzato vazeb uvnitř systému rostlinné výroby. Rostlinná výroba musí být ovšem chápána jako subsystém zemědělského podniku na straně jedné a ekologických bariér pro vstupy na straně druhé. V podstatě jde o plánování agroekosystému, jakožto agronomicko-ekonomicko-ekologicko-sociálního systému, jak ho mnozí autoři definují. Na rozdíl od předchozích industriálních systémů je to systém víceúčelový, odpovídající požadavkům na výrobu dostatku kvalitních a levných produktů při zachování neporušenosti přírodního prostředí, zajišťujícího dobrou životní úroveň zemědělských rodin a podnikatelskému riziku přiměřené zúročení jejich kapitálu, vloženého do podniku.

Snahu o úspěšné řízení vkladů do prostředí systému tvorby výnosů s ohledem na jejich vysokou utilizaci, rentabilitu a omezení negativních vlivů je možné uplatnit za dvou předpokladů: za předpokladu znalosti prvků systému a znalosti jeho reakce jako celku. Jde tudíž o výzkum modelů systémů a o metody stanovení podmínek, s nimiž modely pracují. Modelováním procesů v rostlinné výrobě se zabývá výzkumný úkol Systémové řízení rostlinné výroby, řešený ve VÚRV Praha-Ruzyně v koordinaci nedávno založeného odboru stejného názvu. V tomto výzkumu nacházejí uplatnění také experimentální výsledky, o nichž bylo pojednáno. Složitost systému a potřeba velkého množství dat různého typu pro kvantifikaci modelových vztahů vyžaduje širokou spolupráci týmu řešitelů nejen uvnitř, ale i vně ústavu. Do řešení je zapojena řada vědeckých pracovníků dalších ústavů v ČR a rýsuje se i přímá spolupráce se zahraničními řešiteli v různých mezinárodních projektech.

V rámci aplikace systémů je nezbytná kontrola stavu porostů, půdy i meteorologických činitelů. Dosavadní metody přímého měření jsou stále častěji nahrazovány modely. Pokud simulují dostatečně přesně skutečnost, mají zpravidla výhodu v expeditivnosti, v možnosti variantního odhadu dalšího vývoje a stanovení je ekonomicky výhodné. Ve spojení s využitím mikropočítačů je v jejich používání značná perspektiva. Proto se staly předmětem intenzivního výzkumu. Ve VÚRV Praha-Ruzyně byl vyvinut model dynamiky půdního dusíku a na jeho rozšíření se dále pracuje. Ve specializovaných ústavech se pracuje na modelech tvorby výnosů hlavních plodin. S jejich využitím se počítá jako se součástí algoritmů rozhodování o zásazích v rámci řízení vstupu do produkčních procesů.

Příkladem systémového řízení rostlinné výroby je projekt metodiky stanovení struktury a intenzity rostlinné výroby a řízení produkčních procesů na farmě. Je vytvářen na principu finality, tedy vychází se ze stanovení cíle výroby a hledají se prostředky k jeho dosažení. Použití prostředky musí splňovat jak požadavky maximalizace účelové funkce, tak dodržení ekologických a dalších limitů pro vstupy. I tyto vztahy jsou účelně řešeny modely.

Předložené práce nejsou přesným obrazem stavu výzkumu v této oblasti. Jsou převážně předstupněm toho, na čem se pracuje a co bude během krátké doby daleko věrněji vyjádřeno v dalších příspěvcích, případně hotových programech. Smyslem tohoto úvodu bylo ukázat, odkud tento úsek výzkumu pochází a kam směřuje.

Ing. Vladislav Burda, CSc.

Milan Škarda, Jiří Zobač, Jitka Marková

Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Výzkumný ústav ekoagrotechniky, 664 62 Hrušovany u Brna

Ve třech osevních postupech s různým zastoupením plodin, hlavně víceletých píceň, jsme na dvou stanovištích s těžkou hnědozemí a střední hnědou půdou v řepařské a bramborářské výrobní oblasti sledovali dlouholetou účinnost slámy (Sl), slámy + dusíku, chrástu (Ch) cukrovky i jeho kombinace se slámou + dusíkem, s minerálním dohnojením i bez něho v porovnání s účinností hnoje (Hn). Vyhodnotili jsme vliv této technologie organického hnojení na výnos suché hmoty, výnosový efekt rostlinami odebraného dusíku, využití dusíku, bilanci organických látek a dusíku a na agrochemické vlastnosti půdy. V období 1962 až 1990 (23- až 29leté výsledky) sledované ukazatele prokázaly, že organické hnojení bez živočišné výroby nahradí nebo doplní v osevním postupu s minerálním dohnojením i bez něho stájová hnojiva. Tyto poznatky umožnily vypracovat systém organického hnojení bez živočišné výroby, který byl předán zemědělské praxi. Také se potvrdil významný vliv víceletých píceň na úsporu průmyslových hnojiv.

Při současném 28% deficitu v bilanci potřeby a přísunu organických látek ve statkových hnojivech na orné půdách je jedinou racionální možností kromě zkvalitnění výroby stájových hnojiv využít co nejvíce vyprodukované slámy a rozšířené výměry zeleného hnojení k postupnému snížení tohoto bilančního schodku, ohrožujícího úrodnost a produktivitu orné půdy (Škarda, 1987; Škarda, Zobač, 1991).

Slámu a zelené hnojení lze použít v různých kombinacích se stájovými hnojivy nebo jako samostatné organické hnojení bez živočišné výroby. Cílem výzkumu je prověřit dlouhodobou účinnost této technologie hnojení jako nutnou odpovídající náhradu nebo doplnění stájových hnojiv (Škarda, Zobač, 1983).

V tomto příspěvku předkládáme 23- až 29leté výsledky dlouhodobých přesných polních pokusů VÚRV Praha-Ruzyně, z nichž první jsme založili v roce 1961, ve kterých jsme vyhodnotili účinnost organického hnojení bez živočišné výroby. Získané poznatky navazují na již dříve uveřejněné výsledky (Škarda, Apltauer, 1972; Škarda, Junková, 1974; Škarda, 1982; Zobač, 1983; Škarda, Marková, 1986; Škarda, 1987 aj.).

MATERIÁL A METODA

Stanoviště

Pro vyhodnocení dlouhodobé hnojivé účinnosti organického hnojení bez živočišné výroby jsme vybrali tři přesné polní pokusy v řepařské a bramborářské výrobní oblasti. Charakteristiku stanovišť uvádí tab. I.

I. Charakteristika stanoviště pokusů — Characteristics of experimental sites

Místo pokusů ¹	Půda ²		Nadmořská výška ⁵ (m)	Roční srážky ⁶ (mm)	Roční teplota ⁷ (°C)	Obsah C _{ox} ⁸ (%)
	typ ³	druh ⁴				
Ruzyně	hnědozem ⁹	jílovito hlinitá ¹¹	335	493	7,8	1,17
Trutnov	hnědá půda ¹⁰	hlinitá ¹²	427	750	6,8	1,15

locality of experiments, ²soil, ³great soil group, ⁴texture, ⁵altitude, ⁶annual precipitation, ⁷annual temperature, ⁸C_{ox} content, ⁹Luvisol, ¹⁰Cambisol, ¹¹clay loam, ¹²loam

Metodika

V porovnání s hnojem (Hn) prověřujeme v těchto pokusech účinnost slámy (Sl), a to samotné, s vyrovnávací dávkou dusíku (1 kg N na 100 kg slámy) nebo v kombinaci se zeleným hnojením — chrást cukrovky (Ch), při samostatné aplikaci a s minerálním NPK-dohnojením. Charakteristika jednotlivých pokusů je uvedena v tab. II až IV.

Způsob zpracování

Vliv organického hnojení bez živočišné výroby na rostlinnou produkci v porovnání s účinností hnoje jsme vyhodnotili při použití těchto ukazatelů: výnos suché hmoty, odběr dusíku rostlinou a jeho využití, výnosový efekt rostlinami odebraného dusíku, bilance organických látek a dusíku, agrochemické vlastnosti půdy a obsah C_{ox} a N_t v půdě.

II. Pokus I (Ruzyně, 1962 až 1990); osevni postup: 45 % obilnin, 33 % okopanin, 22 % víceletých píceň (pšenice, cukrovka, ječmen, brambory, pšenice, cukrovka, ječmen, vojtěška, vojtěška); hnojení (roční dávky) — Experiment I (Ruzyně, 1962 to 1990); crop rotation: 45 % of cereals, 33 % of root crops, 22 % of perennial forage crops, (wheat, sugar beet, barley, potatoes, wheat, sugar beet, barley, lucerne, lucerne); fertilizing (annual rates)

Hnojivo ¹	t. ha ⁻¹	OL (t. ha ⁻¹)	N	P	K
			kg. ha ⁻¹		
Sl	1,9	1,6	8	2	13
Sl + N	1,9	1,6	27	2	13
Hn	6,4	1,2	33	11	39
NPK	—	—	64	30	99

Sláma a hnůj se zaorávají pod okopaniny ve dvou- až pětiletém, v průměru tříletém cyklu organického hnojení.²

¹fertilizer, ²straw and manure are under root crops in two- to five-year, three-year cycle of manuring on an average

III. Pokus II (Ruzyně, 1968 až 1990); osevní postup: 50 % obilnin, 50 % okopanin (cukrovka, jarní pšenice); hnojení (roční dávky) — Experiment II (Ruzyně, 1968 to 1990); crop rotation: 50 % of cereals, 50 % of root crops (sugar beet, spring wheat); fertilizing (annual rates)

Hnojivo ¹	Varianty hnojení ²	t. ha ⁻¹	OL (t. ha ⁻¹)	N	P	K
				kg. ha ⁻¹		
Ch	Ch	8,1	0,72	26	4	31
	Ch+NPK	15,9	1,34	52	6	58
Ch+Sl+N	Ch+Sl+N	9,1+2,0	2,43	58	7	48
	Ch+Sl+N+ +NPK	15,5+2,5	3,48	72	10	74
Hn	Hn	11,4	2,05	61	29	67
	Hn+NPK	11,4	2,05	61	29	67
NPK		—	—	126	27	61

Chrast cukrovky se zaorává pod jarní pšenici, sláma + N a hnůj pod cukrovku ve dvouletém cyklu organického hnojení³.

¹fertilizer, ²fertilizing treatments, ³trash of sugar beet is ploughed-in under spring wheat, straw + N and manure under sugar beet in two-year cycle of manuring

IV. Pokus III (Trutnov, 1966 až 1990); osevní postup: 50 % obilnin, 25 % okopanin, 25 % pícnin (pšenice, brambory, ječmen, luskovinoobilná směska, žito, brambory, oves, jetel); hnojení (roční dávky) — Experiment III (Trutnov, 1966 to 1990); crop rotation: 50 % of cereals, 25 % of root crops, 25 % of forage crops (wheat, potatoes, barley, leguminous-cereal mixture, rye, potatoes, oats, clover); fertilizing (annual rates)

Hnojivo ¹	t. ha ⁻¹	OL (t. ha ⁻¹)	N	P	K
			kg. ha ⁻¹		
Sl+N	2,1	1,7	30	3	18
Hn	9,8	1,7	42	16	46
NPK	—	—	70	59	100

Sláma a hnůj se zaorávají pod okopaniny a jednoleté pícniny ve dvou- až čtyřletém, v průměru necelém tříletém cyklu organického hnojení².

¹fertilizer, ²straw and manure are incorporated under root crops and annual forage crops in two- to four-year cycle of manuring, on an average for not complete three-year cycle

VÝSLEDKY

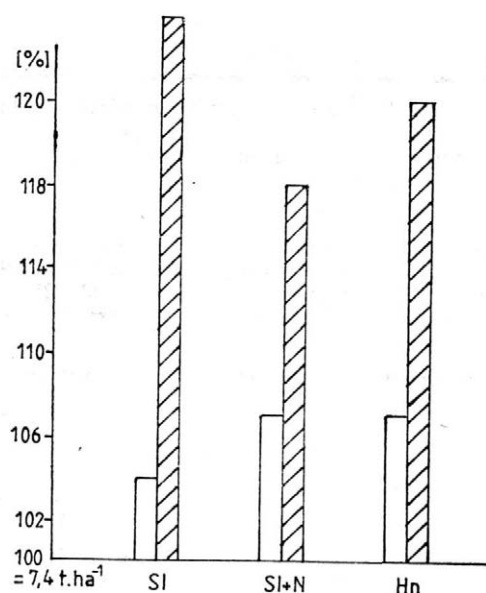
Výnos suché hmoty plodin

POKUS I

V klasickém řepařském osevním postupu rozhodlo vysoké 22% zastoupení vojtěšky (kromě roku podsevu) o tom, že ve výnosu suché hmoty (Ws) byla s minerálním NPK-dohnojením z použitých statkových

Minerální hnojení ¹	Organické hnojení ²							
	0		Sl		Sl+N		Hn	
	t.ha ⁻¹	%	t.ha ⁻¹	%	t.ha ⁻¹	%	t.ha ⁻¹	%
0	7,4	100	7,7	104	7,9	107	7,9	107
NPK	8,7	117	9,2	124	8,7	118	8,9	120

¹mineral fertilizing, ²manuring



1. Vliv slámy, slámy + N v porovnání s hnojem a minerálním NPK-dohnojením na přírůstek výnosu suché hmoty v řepařském osevním postupu s 22% zastoupením víceletých píceň (pokus I, Ruzyně, 1962 až 1990) — Effects of straw, straw + N in comparison with manure and mineral NPK-dressing on increment in dry matter yield in the beet rotation with 22% composition of perennial forage crops (experiment I, Ruzyně, 1962 to 1990)

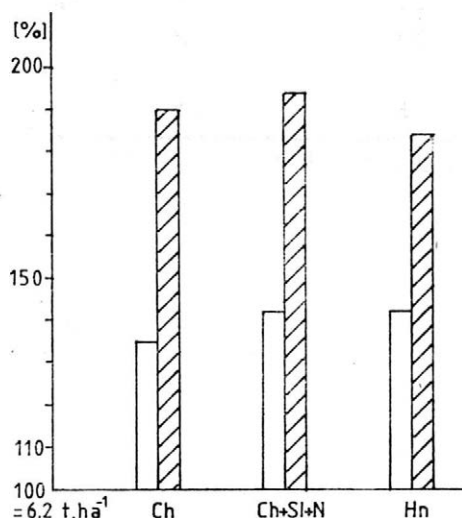
hnojiv nejúčinnější samotná sláma, která i při samostatné aplikaci dosahuje 98% účinnosti slámy + dusíku a hnoje (tab. V, obr. 1). Vlivem vojtěšky byla vyrovnávací dávka dusíku dodaná ke slámě s NPK-dohnojením příčinou výnosové deprese (snížením původního poměru C:N z 80:1 až na 7:1 došlo k poklesu dlouhodobé účinnosti slámy + dusíku). Vysoké zastoupení vojtěšky také přispělo k relativně vysoké výrobě nehnojené kontroly (96 až 81 % z výrobnosti hnojených variant). A tak sláma zvyšuje účinnost průmyslových hnojiv jen o 5 % a naopak průmyslová hnojiva účinnost slámy pouze o 19 %.

Sláma s dávkou 8 kg N.ha⁻¹ dosahuje 89% účinnosti průmyslových hnojiv s dávkou dusíku osmkrát větší. Sláma vyprodukuje na 1 kg dodaného dusíku 38 kg přírůstku W/s a průmyslová hnojiva pouze 20 kg. Při hnojení slámou s NPK se na dosaženém výnosu suché hmoty podílí půda nehnojená 81 %, hnojená pouze 19 %.

Minerální hnojení ¹	Organické hnojení ²							
	0		Ch		Ch+Sl+N		Hn	
	t. ha ⁻¹	%	t. ha ⁻¹	%	t. ha ⁻¹	%	t. ha ⁻¹	%
0	6,2	100	8,4	135	8,8	142	8,8	142
N ₄ P ₂ K ₂	9,8	158	11,8	190	12,0	194	11,4	184

For 1,2 see Tab. V

2. Vliv chrástu, chrástu + slámy + N v porovnání s hnojem a s minerálním NPK-dohnojením na přírůstek výnosu suché hmoty v řepářském osevním postupu bez víceletých píceň (pokus II, Ruzyně, 1968 až 1990) — Effects of trash, trash + straw + N in comparison with manure and mineral NPK-dressing on increment in dry matter yield in the beet rotation without perennial forage crops (experiment II, Ruzyně, 1968 to 1990)



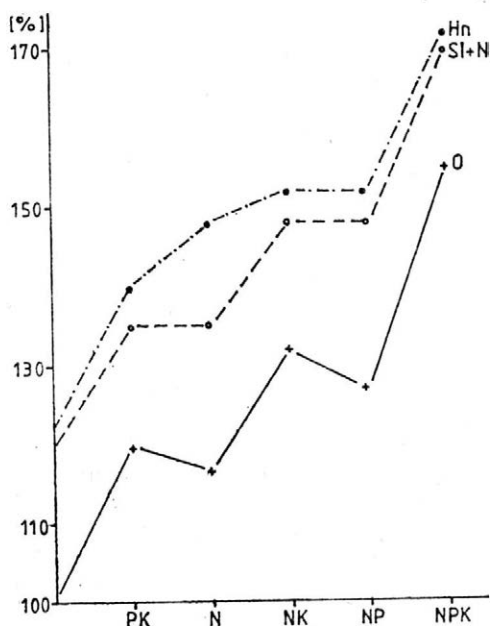
POKUS II

Ve specializovaném osevním postupu bez víceletých píceň zvýšila organické hnojení bez živočišné výroby výnos suché hmoty vůči nehnojené kontrole o 35 % [Ch], resp. o 42 % [Ch + Sl + N]. Minerální dohnojení dále zvyšuje přírůstek *Ws* na 90 % [Ch], resp. na 94 % [Ch + Sl + N]. Hnůj dosahuje pro srovnání 42, resp. 84 % zvýšeného přírůstku *Ws* (tab. VI, obr. 2). Bez vlivu víceletých píceň je relativní výrobnost nehnojené kontroly (74 až 52 % výrobnosti hnojených variant) výrazně nižší než v pokuse I s vojtěškou v osevním postupu. Organické hnojení bez živočišné výroby zvyšuje účinnost průmyslových hnojiv o 20 % [Ch], resp. o 22 % [Ch + Sl + N], naopak minerální dohnojení účinnost statkových hnojiv o 40 % [Ch], resp. o 36 % [Ch + Sl + N]. Hnůj tyto hodnoty neprokázal (16 %, resp. 30 %). Chrást s dávkou 26 a chrást + sláma + dusík s dávkou 58 kg N. ha⁻¹ dosahují ve *Ws* 86, resp. 90% účinnosti průmyslových hnojiv s dávkou 4,8krát, resp. 2,2krát větší. Na 1 kg dusíku [Ch + Sl + N] se vyprodukuje 45 kg přírůstku *Ws*, u průmyslových hnojiv 29 kg (Hn = 43 kg). Při nejúčinnějším organickém hnojení bez živočišné výroby [Ch + Sl + N + NPK] se na dosaženém *Ws* podílí nehnojená půda 52 %, hnojení 48 %.

VII. Výnos suché hmoty plodin (pokus III, Trutnov, 1966 až 1990) — The yield of crop dry matter (experiment III, Trutnov, 1966 to 1990)

Minerální hnojení ¹	Organické hnojení ²					
	0		Sl+N		Hn	
	t. ha ⁻¹	%	t. ha ⁻¹	%	t. ha ⁻¹	%
0	4,0	100	4,8	120	4,9	122
NPK	6,2	155	6,8	170	6,9	172
NP	5,1	127	5,9	148	6,1	152
NK	5,3	132	5,9	148	6,1	152
N	4,7	117	5,4	135	5,9	148
PK	4,8	120	5,4	135	5,6	140

For 1, 2 see Tab. V



Vysvětlivky k obr. 1 až 3:

□ bez NPK

▨ s NPK

osa y — přírůstek výnosu suché hmoty

Explanations to Figs 1 to 3:

□ without NPK

▨ with NPK

y axis — increase in dry matter yield

3. Vliv slámy + N v porovnání s hnojením a s různými kombinacemi NPK-dohnojení na přírůstek výnosu suché hmoty v bramborářském osevním postupu s 12,5% zastoupením víceletých píceň (pokus III, Trutnov, 1966 až 1990) — Effects of straw + N in comparison with manure and different combinations of NPK-dressing on increment in dry matter yield in the potato rotation with 12.5% composition of perennial forage crops (experiment III, Trutnov, 1966 to 1990)

POKUS III

V osevním postupu s 12,5% zastoupením víceletých píceň (užitkový rok) se organické hnojení bez živočišné výroby zastoupené slámou + dusíkem vyrovná v účinnosti hnoji (tab. VII, obr. 3), a to jak při samotné aplikaci (+20 % přírůstku *Ws*), tak i s minerálním dohnojením (+70 %), když hnůj +22 %, resp. 72 %. Použité kombinace minerálního hnojení prokázaly, že v daných půdně klimatických podmínkách samotný dusík ani dvojkombinace živin nedosahují ve *Ws* účinnosti kompletního NPK-hnojení při samostatné aplikaci ani při organominerálním hnojení (tab. VII, obr. 3). Sláma + dusík zvyšují účinnost průmyslových hnojiv o 10 % (Hn o 11 %), NPK-dohnojení

VIII. Dávky, odběr, bilance, výnosový efekt (VE_N) a využití N (pokus I) — Doses of N, uptake of N by plant, balance of N, yield effect of N (experiment I)

Variety hnojení ¹	Dávky N ² kg.ha ⁻¹	Odběr N ³ kg.ha ⁻¹	Bilance N ⁴ kg.ha ⁻¹	VE_N ⁵ kg.ha ⁻¹ N	Využití N ⁶ %
0	—	120	—120	61	—
Sl	8	130	—122	59	100
Sl+N	27	133	—106	59	48
Hn	33	133	—100	59	39
NPK	64	147	— 83	59	42
Sl+NPK	72	146	— 74	62	36
Sl+N+NPK	91	150	— 59	58	33
Hn+NPK	97	151	— 54	58	32

¹fertilizing treatments, ²doses of N, ³uptake of N by plant, ⁴N balance, ⁵ VE_N , ⁶N utilization

IX. Dávky, odběr, bilance, výnosový efekt (VE_N) a využití N (pokus II) — Doses of N, uptake of N by plant, balance of N, yield effect of N (experiment II)

Variety hnojení ¹	Dávky N ² kg.ha ⁻¹	Odběr N ³ kg.ha ⁻¹	Bilance N ⁴ kg.ha ⁻¹	VE_N ⁵ kg.ha ⁻¹ N	Využití N ⁶ %
0	—	60	—60	107	—
Ch	26	81	—55	106	81
Ch+Sl+N	58	87	—29	105	47
Hn	60	97	—27	96	62
NPK	126	129	— 3	78	55
Ch+NPK	178	163	+15	74	58
Ch+Sl+N+NPK	198	166	+32	74	54
Hn+NPK	186	164	+22	74	56

For 1–6 see Tab. VIII

X. Dávky, odběr, bilance, výnosový efekt (VE_N) a využití N (pokus III) — Doses of N, uptake of N by plant, balance of N, yield effect of N (experiment III)

Variety hnojení ¹	Dávky N ² kg.ha ⁻¹	Odběr N ³ kg.ha ⁻¹	Bilance N ⁴ kg.ha ⁻¹	VE_N ⁵ kg.kg ⁻¹ N	Využití N ⁶ %
0	—	67	—67	60	—
Sl+N	30	80	—50	60	41
Hn	42	79	—37	61	29
NPK	70	99	—29	63	46
Sl+N+NPK	100	112	—12	60	45
Hn+NPK	112	111	+ 1	62	39

For 1–6 see Tab. VIII

účinnost slámy + dusík o 42 % (Hn o 41 %). Sláma + dusík s dávkou 30 kg N. ha⁻¹ dosahuje 77% účinnosti průmyslových hnojiv s dávkou 2,4krát větší (Hn = 79 %). Na 1 kg N dodaného slámou + dusíkem se vyprodukuje 27 kg přírůstku *W*s dodaného průmyslovými hnojivy 31 kg (Hn = 21 kg). Při hnojení sláma + dusík + NPK se na dosaženém výnosu suché hmoty podílí nehnojená půda 59 %, hnojení 41 %.

Bilance dusíku

Bilance dusíku prokázala (tab. VIII až X), že ve všech variantách sledovaných pokusů bylo při organickém hnojení množství dusíku odebrané rostlinami větší než množství dodané hnojivy kromě dvou organominerálních variant pokusu III. Na odčerpaném dusíku rostlinami se tudíž podílel ještě dusík z půdní organické hmoty a také volně a symbioticky fixovaný dusík, nezahrnujeme-li do bilance dusíku dusík z atmosférických imisí. Zatímco v pokuse II je kromě hnojiv dalším zdrojem dusíku půdní organická hmota, popřípadě volně fixovaný dusík, potom v pokuse III a zvláště I je to pravděpodobně až z 50 % symbiotický fixovaný dusík (Klíř et al., 1991), a to hlavně ve variantách bez minerálního NPK-dohnojení, které fixační procesy inhibuje. Důkazem jsou nehnojené kontroly, např. v pokuse I je výnos suché hmoty o 16 % větší, ale odběr dusíku o 100 % větší než v pokuse II. Dalším důkazem příznivého působení víceletých píceň jsou relativní hodnoty, které udávají, že v pokuse I a zvláště III odpovídá trend odběru dusíku téměř výnosu suché hmoty, zatímco v pokuse II stoupá odběr dusíku rychleji než výnos suché hmoty, zvláště ve variantách s NPK-dohnojením (porovnání tab. V až VII s tab. VIII až X).

Výnosový efekt rostlinami odebraného dusíku (VE_N) a využití dodaného dusíku

Tyto dva rozhodující ukazatele účinnosti hnojení svými velmi příznivými hodnotami prokázaly (tab. VIII až X), že se organické hnojení bez živočišné výroby vyrovná tradičnímu hnoji. Výrazně vyšší hodnoty VE_N i využití dodaného dusíku v pokuse II v porovnání s pokusy I a III potvrzují významný vliv víceletých píceň v osevním postupu, které svou účastí na odběru dusíku rostlinami zvláště ve variantách s NPK-dohnojením snižují v pokuse I a III jak hodnoty VE_N, tak i využití v hnojivech dodaného dusíku. Porovnání hodnot VE_N ve variantách s NPK-dohnojením a bez něho v pokuse II dokazuje, že dávka 126 kg N. ha⁻¹ je zbytečně vysoká (vztah odběru dusíku k výnosu suché hmoty) a že by postačila dávka 100 kg N. ha⁻¹ (také v tomto pokuse sledovaná).

Bilance organických látek a obsah C_{ox} a N_t v půdě

V porovnání s normativy potřeby organických látek (OL) na orné půdě (Škarda, 1979) jsme ve sledovaných pokusech vyhodnotili bilanci organických látek při organickém hnojení bez živočišné výroby (tab. XIV).

Normativ potřeby organických látek (tab. XIV), který má být uhrazen statkovými hnojivy, je přisunem organických látek v organickém hnojení bez živočišné výroby uhrazen, kromě variant chrást a chrást +

XI. Agrochemické vlastnosti, obsah C_{ox} a N_t v půdě (pokus I) — Agrochemical properties, C_{ox} and N_t contents in soil (experiment I)

Varianty hnojení ¹	C _{ox}	N _t	pH/KCl	P	K	Mg
	%			mg. kg ⁻¹		
Před založením pokusu ²	1,19	—	7,0	62	179	59
0	1,23	0,14	6,8	60	131	63
Sl	1,23	0,14	6,9	65	131	64
Sl+N	1,27	0,14	7,0	77	142	64
Hn	1,22	0,14	7,0	74	139	65
NPK	1,23	0,14	6,9	76	165	54
Sl+NPK	1,29	0,15	6,9	79	184	60
Sl+N+NPK	1,31	0,15	6,8	78	199	69
Hn+NPK	1,30	0,15	6,7	76	186	70

¹fertilizing treatments, ²before establishment of experiment

+ NPK v pokuse II, které kryjí normativ potřeby organických látek jen na 36, resp. 67 %. Prozatím se však tento jejich nedostatečný přísun na dlouhodobě stále stejnou agrotechnikou obdělávané hnědozemí s vyrovnanou mineralizací a humifikací organických látek neodrazil v poklesu obsahu C_{ox} a N_t (v poměru 10,2, resp. 8,9) jako hlavních kritérií obsahu organických látek v půdě (tab. XII). Hodnoty C_{ox} a N_t (poměr 8,5 až 10,4) ve všech ostatních variantách organického hnojení bez živočišné výroby všech tří pokusů v porovnání s nehnojenou kontrolou i s variantou s hnojem jsou velmi příznivé (tab. XI až XIII). Výjimkou je varianta sláma + dusík + NPK v pokuse III, ve které snížení poměru

XII. Agrochemické vlastnosti, obsah C_{ox} a N_t v půdě (pokus II) — Agrochemical properties, C_{ox} and N_t contents in soil (experiment II)

Varianty hnojení ¹	C _{ox}	N _t	pH/KCl	P	K	Mg
	%			mg. kg ⁻¹		
Před založením pokusu ²	1,17	—	7,0	66	188	57
0	1,17	0,12	7,4	84	117	58
Ch	1,22	0,12	7,3	105	141	57
Ch+Sl+N	1,23	0,13	7,4	105	142	54
Hn	1,24	0,12	7,4	106	132	57
NPK	1,20	0,13	7,4	108	137	54
Ch+NPK	1,25	0,14	7,4	105	146	55
Ch+Sl+N+NPK	1,28	0,15	7,4	108	159	60
Hn+NPK	1,28	0,14	7,4	132	162	53

For 1, 2 see Tab. XI

XIII. Agrochemické vlastnosti, obsah C_{ox} a N_t v půdě (pokus III) — Agrochemical properties, C_{ox} and N_t contents in soil (experiment III)

Varianty hnojení ¹	C _{ox}	N _t	pH/KCl	P	K	Mg
	%			mg.kg ⁻¹		
Před založením pokusu ²	1,15	—	4,9	11	110	50
0	1,13	0,12	5,1	16	76	54
Sl+N	1,20	0,13	4,9	17	95	55
Hn	1,10	0,13	4,9	22	107	55
NPK	1,17	0,13	4,8	28	121	43
Sl+N+NPK	1,15	0,14	4,6	32	140	44
Hn+NPK	1,13	0,13	4,9	34	168	45

For 1, 2 see Tab. XI

C : N z původních 23 (SI + N) na 6,8 přispělo k většímu rozkladu organických látek v hnědé podhorské půdě.

Agrochemické vlastnosti půdy

I tento ukazatel prokázal, že se organické hnojení bez živočišné výroby osvědčilo. V porovnání s výchozím stavem před založením pokusů (tab. XI až XIII) ukázaly hodnoty pH/KCl na nutnost zkrátit čtyřletý cyklus udržovacího vápnění na tříletý v pokuse I, zesílit meliorační vápnění v pokuse III při použití dolomitických vápenců, aby se současně zlepšila zásobenost půdy hořčíkem. Hodnoty fosforu jsou v pořádku. Také hodnoty draslíku kromě pokusu II, ve kterém je třeba zvýšit dávku draslíku v průmyslových hnojivech a uplatnit hnojení hořčíkem v dostupném hořečnatém hnojivu kromě dolomitu nebo dolomitického vápence.

DISKUSE

Tři osevní postupy s různou strukturou plodin (včetně vysokého a nízkého zastoupení víceletých píceňin nebo bez něj) na dvou rozdílných

XIV. Normativ potřeby organických látek (OL) — Directions of needs for organic substances (OL)

Pokus ¹	Normativ ² (t. ha ⁻¹)	Přísun OL ³ (t. ha ⁻¹)				
		SI	SI+N	Ch	Ch+SI+N	Hn
I	1,1	1,6	1,6	—	—	1,2
II	2,0	—	—	0,72 1,34	2,43 3,48	2,05 2,05
III	1,7	—	1,7	—	—	1,7

¹experiment, ²direction, ³OL supply

ných stanovištích řepařské a bramborářské výrobní oblasti, ve kterých se zaorává celá produkce slámy (kromě slámy krycí obilniny podsevu) nebo veškeré vedlejší produkty rostlinné výroby (sláma, chrást cukrovky), umožnily vyhodnotit za období 1962 až 1990 (23- až 29leté výsledky) účinnost organického hnojení bez živočišné výroby v porovnání s hnojem.

Sledované ukazatele prověřily účinnost slámy, slámy + dusíku, chrástu cukrovky i jeho kombinace se slámou + dusíkem, při samostatném hnojení nebo společném s průmyslovými hnojivy. Prokázaly, že tato technologie organického hnojení nahradí nebo doplní v osevním postupu s minerálním dohnojením i bez něho hnůj. Zároveň potvrdily nenahraditelný význam víceletých píceň v osevním postupu, hlavně pokud jde o symbiotickou fixaci vzdušného dusíku, a tím vliv na odběr dusíku i ostatních živin rostlinou a úsporu průmyslových dusíkatých hnojiv.

Na základě již dříve získaných výsledků jsme vypracovali systém organického hnojení bez živočišné výroby (Škarda, Apltauer, 1972; Škarda, Zobač, 1983; Škarda, 1987), který nové poznatky potvrzují (Škarda, Zobač, 1991), ale který stále zpřesňujeme a také využíváme při vypracování projektů organického hnojení pro zemědělskou praxi (např. Škarda, Vojtíšková, 1991 apod.).

Součástí tohoto výzkumu jsou i dlouhodobé ověřovací provozní pokusy, které jsme založili v roce 1972 na 112 ha hnědé písčité půdy školního statku SZTŠ v Mělníku a v roce 1974 na 65 ha jílovité hlinité hnědozemě pokusného hospodářství VÚRV v Praze-Ruzyni.

Před založením pokusu činila v Mělníku do roku 1972 hrubá rostlinná produkce při hnojení hnojem 28,5 OJ .ha⁻¹ s obsahem 1,03 % humusu v půdě. Za dosud 17leté období (Zobač, 1991) jsme v osevním postupu se 100 % zrnin a při zaorávce veškeré slámy sklídili ve variantě sláma + dusík + zelené hnojení (řepka, hořčice) + NPK 37,0 OJ .ha⁻¹ (+30 %) a ve variantě sláma + dusík + NPK 38,5 OJ .ha⁻¹ (+35 %) a zvýšili obsah humusu na 1,19 % (+15 %).

V osevním postupu se 61 % obilnin, 13 % jednoletých a 26 % víceletých píceň v Ruzyni se zaorávkou celé produkce slámy a s minerálním dohnojením 93 kg N (+PK) jsme v průměru 12 let (1974 až 1985) sklídili 55,0 OJ .ha⁻¹; z toho v první polovině pokusu (do roku 1979) činila hrubá produkce 49,2 OJ .ha⁻¹ (100 %) a ve druhé polovině (do roku 1985) 60,7 OJ .ha⁻¹ (123 %) při celkovém zvýšení obsahu humusu v půdě o 9 % z 2,25 na 2,45 % (Škarda, Zobač, 1983).

Literatura

- KLÍR, J. — JOKEŠOVÁ, J. — MARKOVÁ, J.: Účinnost dusíku z hnojiv a jeho bilance v osevním postupu. In: Sbor. Ref. odb. Semin., Praha - Ruzyně, ČSVTS VÚRV 1991.
- ŠKARDA, M.: Organické hnojení (Komplexní technologie v zájmovém území okresu). Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1979, č. 15.
- ŠKARDA, M.: Hospodaření s organickými hnojivy. Praha, SZN 1982.
- ŠKARDA, M.: Hnojení slámou. Praha, MZVŽ ČSR 1987.
- ŠKARDA, M. — APLTAUER, J.: Hnojení slámou. Met. Zavád. Výsl. Výzk. Praxe, 1972, č. 24-25.

- ŠKARDA, M. — JUNKOVÁ, V.: Einfluss der Düngung mit Zuckerrübenblatt und Weizenstroh auf die Produktivität der Fruchtfolge ohne Viehwirtschaft. In: Věd. Práce Výzk. Úst. rostl. Vyr. Praha - Ruzyně, 18, 1974, s. 187-196.
- ŠKARDA, M. — MARKOVÁ, J.: Dlouhodobý vliv slámy a cukrovkových skrojek na účinnost průmyslových hnojiv. Rostl. Vyr., 32, 1986, č. 10, s. 1103-1114.
- ŠKARDA, M. — VOJTÍŠKOVÁ, I.: Projekt organického hnojení pro závod Milčice ŠSP Oseva Nymburk. 1991, 63 s.
- ŠKARDA, M. — ZOBAC, J.: Organické hnojení bez živočišné výroby. [Závěrečná zpráva.] Praha - Ruzyně, VÚRV 1983.
- ŠKARDA, M. — ZOBAC, J.: Organické hnojení bez živočišné výroby. Zemědělec, 1991.
- ZOBAC, J.: Organické hnojení bez živočišné výroby. Stud. Inform. ÚVTIZ, Půdoznal. Melior. Výž. Rostl., 1983, č. 5, 40 s.
- ZOBAC, J.: Výsledky provozního pokusu s organickým hnojením bez živočišné výroby v Mělníku. [Zpráva.] 1991.

Došlo 27. 6. 1991

M. ŠKARDA, J. ZOBAC, J. MARKOVÁ (Research Institute of Crop Production, Praha - Ruzyně; Research Institute of Agroecology and Soil Management, Hrušovany u Brna):

Organic fertilizing without animal production.

Rostl. Vyr., 37, 1991 (11) : 867-878.

Three crop rotations were used with different proportion of crops, especially in perennial forage crops, two sites with heavy-textured Luvisol soil and medium-textured Cambisol in beet- and potato-growing regions were studied for long-time efficacy of straw (Sl), straw + nitrogen, sugar beet thrash (Ch) and its combination with straw + nitrogen, mineral dressing and without it in comparison with efficiency of manure (Hn). Effects of this technology were evaluated for the dry matter yield, yield effect of nitrogen taken by plants, nitrogen utilization, balance of organic matter and nitrogen and for agrochemical properties of soil. In 1962—1990 (results for 23 to 29 years) parameters under study showed that organic fertilizing without using animal husbandry will be replaced or supplemented with manure in the crop rotation with and without mineral dressing. These facts enabled to work out a system of organic fertilizing without using the animal husbandry which was transferred to agricultural practice. Thus, a considerable effect of perennial forage crops to save the commercial fertilizer has been confirmed.

Jaromír Kubát, Jiří Donát

Research Institute of Crop Production, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

A mathematical model of nitrogen dynamics in the soil was established and verified at three locations differing in soil and climate. It comprises sub-models of soil moisture, organic nitrogen mineralization and mineral nitrogen uptake by plants. The input data of the soil moisture submodel constitutes the maximal and critical water capacity, sum of rainfall, average daily temperature, atmospheric pressure, relative air humidity and wind velocity in the height of 2 m. The submodel of organic matter mineralization is based upon the rate of potentially mineralizable nitrogen, presupposes a kinetics of the 1st order for mineralization of potentially mineralizable organic nitrogen. The submodel of the plant growth and of the nitrogen uptake was taken over from the work published by Addiscott, Whitmore (1986). The model was verified at three locations differing in soil and climate and planted with spring barley and winter wheat. A comparison between simulated and measured data well corresponded to the soil moisture data. The relation between simulated and measured values of mineral nitrogen contents in the soil was less close. Even so it is evident that the method of mathematical modelling can contribute to a much more exact estimate of the mineral nitrogen contents in the soil and may serve as a basis for a more precise determination of the need of mineral nitrogen fertilization as well as the risk of washing out the nitrates into underground and surface waters.

Plant nutrients, primarily nitrogen and phosphorus, are released from the soil supply partly by a series of desorption mechanisms in which the activities of rhizosphere microflora and of the root play an important role, partly by the decomposition and mineralization of soil organic matter. According to the results of the long-term field trials performed in Praha-Ruzyně, 70 — 120 kg N·ha⁻¹ are released a year on plots fertilized in different ways by organic and mineral fertilizers (Apfelthaler, 1984). Similar results have been achieved by Franko (1989) and the number of other authors under comparable soil and climatic conditions. The extent and rate of the soil organic matter mineralization and hence the releasing of nitrogen and partly of phosphorus depend both on comparatively constant physical soil properties and on dynamic processes of the primary organic matter supply and its biological transformation along with the soil native organic matter. The course and partly the mechanisms of these transformations are rather well known. For purposes of the practical utilization, the quantitative characteristics of the processes of organic matter decomposition and mineralization in the soil must be, however, found out as well and by means of system analysis and mathematical modelling, the course of these transformations with a certain degree of precision to be predicted. It stands to reason that one is obliged to simplify the real system to a great extent and hence the output of the model can be merely a certain estimate.

On the basis of data reported in literature, of our own studies aimed at a quantification of parameters of the organic matter transformation in the soil and the possibilities of using computer technique, a mathematical model of nitrogen release in the soil has been drawn up and verified in long-term field experiments on three locations differing in soil and climate (Praha-Ruzyně, Humpolec, Pohořelice).

MODEL DESCRIPTION

The mathematical model of decomposition and mineralization of soil organic matter and release of mineral nitrogen departs from a conception of so called decomposable part of the humus and from an assumption of the first order kinetics. A possibility of utilizing six different methods of determination of decomposable part of humus has been verified on soil samples originating from soils of different types and kinds and on soil samples taken from differing variants of the long-term field experiments (Kubát, Veselý, 1986a). The results obtained were compared by calculating the linear regression coefficient of values obtained by individual methods in the range of the analyzed samples. A significant correlation was established only between the data collections after Stanford and Smith and the alcalic extraction, N_0 and biomass and between the alcalic extraction and the fine particles (abbreviated names of the methods Kubát, Veselý, 1986b). The particular methods of decomposable humus part are not therefore mutually replaceable. In subsequent work the method after Stanford, Smith (1972) was followed as a standard methods departing from the definition of the decomposable humus portion and enumerating, besides potentially mineralizable nitrogen, also the mineralization rate constant even though it is not suitable for a more extensive practical application in view of its demanding character and long-term incubation.

The kinetics of the organic matter decomposition in the soil is questionable as well. In the long-term incubation experiment, the validity of the power function was verified, as suggested by Lemmermann, Weissmann (1924), we determined the kinetics of the glucose decomposition in the soil in laboratory experiments (Kubát, 1984) and statistically compared the closeness of several functions during the mineralization of the soil organic nitrogen (Kubát, Kalinová, 1988). Considering that during the soil organic matter mineralization many of substrates undergo decomposition simultaneously (chemical structure diversity as a part of soil organic matter), whose rate constant are different and the concentrations of which change with time, a full accord of measured data with none of the suggested functions can be expected. Therefore, we have chosen the kinetics of the first order as the basic function of the model due to its response to know growth regularities and soil microflora activities.

The model comprises a submodel of soil moisture which supplies the input data for the submodel of organic nitrogen mineralization and this is followed by the submodel of nitrogen uptake by plants. The simulation takes place in daily steps and the output of the model is as

follows: soil moisture; rate of mineralized nitrogen; plant uptake of nitrogen; content of mineral nitrogen in soil.

Submodel of moisture

The input data are the maximal and critical water capacity, sum of rainfall, average daily temperature, atmospheric pressure and relative air humidity as well as wind velocity at height of 2 m. Soil moisture of the 0 — 20 cm layer is calculated from the following relation:

$$W_{(n)} = W_{(n-1)} + S - E - R$$

where: $W_{(n)}$ — soil moisture content at n^{th} day;
 $W_{(n-1)}$ — soil moisture content at $(n-1)^{\text{th}}$ day;
 S — is water inflow due to rainfall;
 E — is evaporation;
 R — is the plant water uptake.

Water inflow due to rainfall depends directly on amount of rainfall (SS) decreased of the surface runoff (OW), leaching to the lower layers (LW) and the amount of rainfall kept by the above-ground parts of the plant (PW):

$$S = SS - OW - LW - PW$$

Growing quantity of above-ground plant mass creates a layer having a certain microclimate, temperature oscillations are not so important, relative moisture is more or less stable and for those reasons, evaporation is changing:

$$E = K_E \cdot E_p$$

where: E_p — the potential evaporation;
 K_E — coefficient dependent upon the quantity of the above-ground plant mass.

Potential evaporation is calculated from the relation:

$$E_p = 0.4 (e_1 - e_2) (1 + 0.17 VV)$$

where: VV — the wind velocity in the 2 m height;
 e_1, e_2 — partial water vapour pressures in the air and in the microlayer on the soil surface.

Partial water vapour pressures depend on the relative air humidity, previous soil moisture, temperature and atmospheric pressure. The plant water intake R is a function of plant dry matter growth.

Plant growth submodel

Plant growth and nitrogen intake are simulated by a function proposed by Addiscott, Whitmore (1986):

$$Y = A 1 (-1/1.5) + (e^{-kx}) 1 (-1.5)$$

where: x — thermal time ($^{\circ}\text{C}$) from sowing;
 A — curve maximum, that means the maximum dry mass quantity or the maximum nitrogen intake;
 k — a coefficient calculated from the relation:

$$k = (e_n 1.5 + e_n A/1.5) x'$$

where: x' — inflexional point of curve different for growth curve of nitrogen intake and different also for various soil types and plants.

Nitrogen mineralization submodel

Organic nitrogen mineralization submodel is based on the quantity of potentially mineralizable nitrogen and requires kinetics of first order:

$$N_v = N_o (1 - e^{-kt})$$

where: N_o — potentially mineralizable nitrogen;

k — mineralization rate constant (both estimated according to Stanford, Smith, 1972);

t — time (days).

It is true equally that:

$$k = k_{opt} \cdot f(T) \cdot f(W)$$

when: $f(T) = 0.09337 + e^{0.06771}$

$$f(W) = AW^2 + BW + C$$

$$A = -4 / (max - min)^2$$

$$B = 4 (max + min) / (max - min)^2$$

$$C = -4 + (max + min) / (max - min)^2$$

where: T — average day temperature;

W — soil moisture content (in % of dry mass);

max — maximum water capacity;

min — critical water capacity.

MODEL VERIFICATION

The functioning of this model was verified on two locations of a polyfactorial experiment at Humpolec and Pohořelice, respectively, in spring barley and winter wheat, as well as in spring wheat and sugar beet on a long-term experiment in Ruzyně.

The polyfactorial experiment at Pohořelice is established on chernozem, soil type clay loam soil at the altitude of 184 m above sea level with average yearly rainfall of 478 mm and of average temperature of 9.2 °C. The soil at Humpolec is brown acid sandy loam soil, altitude of 545 m, rainfall of 650 mm and average temperature of 7 °C. On both locations, four variants with minimal and maximal mineral nitrogen fertilizations after two different forecrops were selected.

The long-term nutritional experiment was established on brown soil, soil type was clay loam. The experiment involves variants of organic and mineral fertilization and their combinations, four times replicated, and the plot is alternately planted with sugar beet and spring wheat. Eight of these variants have been selected for our observations.

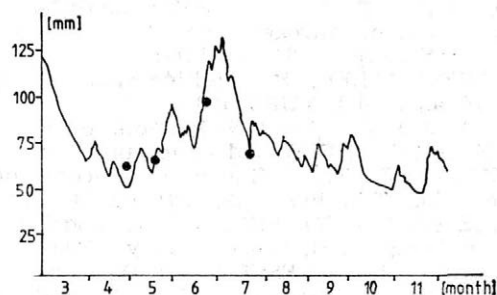
In the course of growing period, the soil was sampled four times in layers of 0 — 20, 20 — 40, 40 — 60 cm and the weight moisture,

ammoniacal nitrogen by means of the Conway method and mineral nitrogen in an extract of 0.01 M CaCl_2 (Stanford, Smith, 1972) were detected. A surface layer of 5 — 15 cm was sampled with the Kopecký cylinder for detection of the bulk density and moisture. From the recordings of the stations meteorological data, agrotechnical data and soil characteristics were obtained.

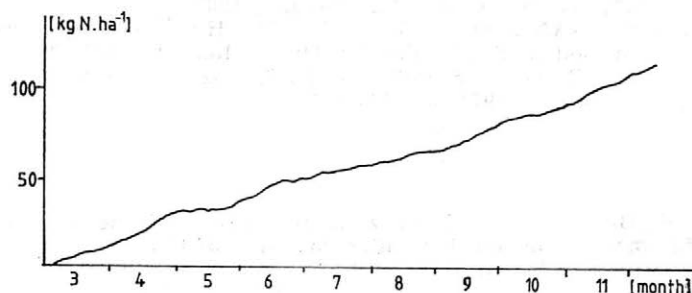
The measured values of the soil moisture and mineral nitrogen contents subsequently compared with the values simulated. In view of the great number of data, this work presents only three examples illustrated on Figs 1, 2 and 3.

The simulated soil moisture values relatively well-corresponded with the values measured (Fig. 1). On chernozem at Pohořelice the measured values of the soil moisture were as a rule reasonably lower than those simulated, which may be converted with the soil structure

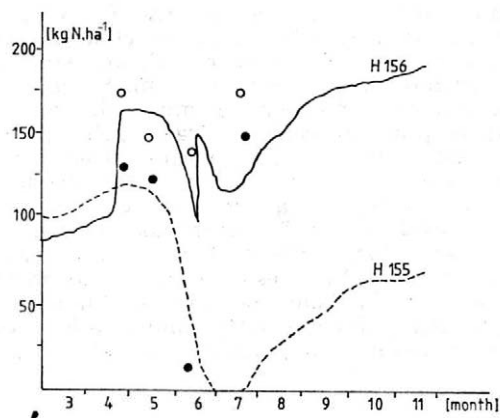
1. Simulated and measured moisture in the arable layer of the field experiment



2. Simulated data of mineralization of nitrogen in the arable layer of the field experiment at Humpolec



3. Simulated and measured data of mineral nitrogen contents in the arable layer on two plots of the field experiment at Humpolec (H 155 — non-fertilized, H 156 — fertilized with two rates of N)



and porosity [prevalence of capillary pores], possibly the heat soil conductivity and the validity of the soil moisture submodel parameters will have to be verified.

The amount of mineralized nitrogen on chernozem [Pohořelice] and on brown soil [Humpolec] related to the soil properties and climatic conditions is illustrated [Fig. 2].

The differences between measured and simulated values of mineral nitrogen content in the soil are greater [Fig. 3]. This is due, on the one hand, to the high complexity of the system and, on the other, to the heterogeneity of the soil environment, which also influences the degree or precision of the values established.

References

- ADDISCOTT, T. H. — WHITEMORE, A. P.: Computer simulation of changes in soil mineral nitrogen and crop nitrogen during autumn, winter and spring. *J. agric. Sci.*, 109, 1986, pp. 141-157.
- APFELTHALER, R.: Multienzymatický systém v kulturních půdách. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚRV 1984.
- FRANKO, V.: C-und N-Dynamik beim Umsatz organischer Substanzen im Boden. [Dissertation.] FZB Bad Lauchstädt, 1989.
- KUBÁT, J.: The influence of glucose concentration on its mineralization rate in soil. *Zbl. Mikrobiol.*, 139, 1984, pp. 569-573.
- KUBÁT, J. — VESELÝ, L.: The model of nitrogen mineralization in arable soil. In: 19th Congr. IAH, Karlovy Vary, 1986a.
- KUBÁT, J. — VESELÝ, L.: Další možnosti stanovení rozložitelné části humusu v různých půdách. *Rostl. Vyr.*, 32, 1986b, No. 6, pp. 643-648.
- KUBÁT, J. — KALINOVÁ, S.: Kinetics of organic matter mineralization in soil. In: *Symp. Humus et Planta*, Praha, 9, 1988.
- LEMMERMANN, O. — WEISSMANN, H.: Über den Verlauf der Kohlensäurebildung in Boden. *Z. Pfl.-Ernähr. Düng.*, 1924, pp. 387-395.
- STANFORD, G. — SMITH, S. J.: Nitrogen mineralization of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36, 1974, pp. 465-472.

Received July 11, 1991

J. KUBÁT, J. DONÁT (Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha - Ruzyně):
Matematický model dynamiky dusíku v půdě.
Rostl. Vyr., 37, 1991 (11) : 879-884.

Byl sestaven a na třech půdně a klimaticky odlišných lokalitách ověřen matematický model dynamiky dusíku v půdě. Sestává ze submodelů půdní vlhkosti, mineralizace organického dusíku a čerpání minerálního dusíku rostlinami. Vstupními údaji submodelu půdní vlhkosti jsou maximální a kritická vodní kapacita, množství srážek, průměrná denní teplota, tlak vzduchu, relativní vlhkost vzduchu a rychlost větru ve výšce 2 m. Submodel mineralizace organického dusíku vychází z množství potenciálně mineralizovaného dusíku, předpokládá kinetiku prvního řádu pro mineralizaci organického potenciálně mineralizovatelného dusíku. Submodel růstu rostlin a čerpání dusíku byl převzat z práce, kterou publikovali Addiscott, Whitemore (1986). Model byl ověřován na třech půdně a klimaticky odlišných stanovištích osetých jarním ječmenem a ozimou pšenicí. Srovnání měřených a simulovaných hodnot vykázalo relativně dobrou shodu hodnot půdní vlhkosti. Vztah měřených a simulovaných hodnot obsahu minerálního dusíku v půdě byl volnější. Přesto je zřejmé, že metoda matematického modelování může přispět k přesnějšímu odhadu obsahu minerálního dusíku v půdě a na jeho základě přesněji stanovit potřebu minerálního dusíkatého hnojení i riziko vyplavení nitrátů do podzemních a povrchových vod.

ANALÝZA VZTAHŮ MEZI HNOJENÍM, PŮDNÍ ORGANICKOU HMOTOU A OBSAHEM ATRAZINU V PŮDĚ

Blanka Procházková, Vladimír Růžička

Výzkumný ústav ekoagrotechniky, 664 62 Hrušovany u Brna

V letech 1987 až 1990 byl v polních a laboratorních pokusech sledován vliv různého hnojení (minerální hnojení, chlévský hnůj, Humex, posklizňové zbytky) a Zeazinu S 40 na obsah atrazinu v půdě, v rostlinách silážní kukuřice a na stav půdního humusu. Výsledky ukázaly, že změny obsahu atrazinu v půdě mají různý (kvalitativně i kvantitativně) průběh při různých obměnách pokusných podmínek. Látky zapravené do půdy se ve vztahu k atrazinu (podle podmínek) uplatňují různě. Ani ochranný vliv organického hnojení není jednoznačný. Vliv hnojení na přeměny Zeazinu v půdě byl výraznější ve vlhčích podmínkách, kde při samotném minerálním hnojení ve srovnání s variantou nehnojenou a hnojenou kombinovaně (minerální hnojení + chlévský hnůj) byl zjištěn výrazně nižší obsah atrazinu v půdě a jeho vyšší obsah v rostlinách. V laboratorních podmínkách bylo zaznamenáno působení Humexu ve směru snižování obsahu atrazinu v půdě. Celkově se projevovala tendence ke zvýšení fulvokyselin a snížení huminových kyselin pod vlivem Zeazinu.

Používání pesticidů, které je v současnosti pro zemědělskou produkci nezbytné, představuje zároveň vážný problém z hlediska jejich vedlejších účinků na kvalitu životního prostředí i na kvalitu produkce. Chování pesticidů v půdách je výsledkem vzájemných interakcí mezi půdním prostředím a pesticidem.

Pesticidy po aplikaci do půdy jsou vystaveny celé řadě rozkladných, transportních, transformačních a poutacích procesů. Rozsah jednotlivých procesů se mění podle fyzikálně-chemické povahy molekul pesticidů, vlastností půdy a klimatických podmínek (Kozák, 1983). Mezi obecné faktory, které ovlivňují přeměny pesticidů v půdě, patří typ půdy a její složení, struktura půdy, dřívější zatížení chemikáliemi, typ pesticidu, klimatické podmínky a metoda aplikace (Kubát, 1979). Z většiny prací vyplývá (Beckmann, Pestemer, 1975; Carringer et al., 1975; Khan, 1978; Kozák, 1983), že nejvýznamnějším činitelem přeměny pesticidů je půdní organická hmota.

Pesticidy, které se dostávají do půdy, ovlivňují na druhé straně chemické, biologické a následně i fyzikální poměry půdy. Významný je zejména jejich vliv na živou složku a s tím související mineralizační a humifikační procesy (Gordienko, 1983). V posledním období je velká pozornost věnována výzkumu interakcí mezi půdní organickou hmotou a pesticidy. Komplexnější informace o povaze těchto interakcí by mohly přispět k vytvoření racionálního základu pro efektivnější využívání pesticidů a snížení jejich nežádoucích účinků.

Z praktického hlediska je důležitý výzkum vztahů mezi hnojením (zejména organickými hnojivy) a pesticidy, které jsou zapravovány do

půdy. Závažný problém v posledním období představuje používání s-triazinových herbicidů, které se vyznačují nízkou biodegradovatelností a v důsledku toho dlouhodobým přetrváváním jejich reziduí v půdě a ve vodních zdrojích (Maslenicova, Kruglov, 1973; Vazzana et al., 1981). Velký význam při detoxikaci a pohybu triazinových přípravků v půdě je přisuzován půdní organické hmotě (Harris, 1967; Hayes, 1970; Kozák, 1983; Zásmětová, 1986).

Ve Výzkumném ústavu ekoagrotechniky v Hrušovanech u Brna jsme v letech 1987 až 1990 sledovali interakce mezi hnojením, půdní organickou hmotou, obsahem atrazinu v půdě a vybranými projevy činnosti půdní mikrobioty. V předloženém příspěvku je vyhodnocen vliv různého hnojení v kombinaci s aplikací Zeazinu S 40 na obsah atrazinu v půdě a v rostlinách a na stav půdního humusu.

MATERIÁL A METODA

Vztahy mezi hnojením, půdní organickou hmotou, obsahem atrazinu z půdě a vybranými projevy činnosti půdní mikrobioty byly sledovány v letech 1987 až 1990 ve dvou polních a ve dvou laboratorních pokusech.

SESTAVENÍ A PRŮBĚH POKUSŮ

Polní pokusy

Pokusy probíhaly na středně těžké černozemní půdě v kukuřičném výrobním typu v Hrušovanech u Brna. Byly založeny dva maloparcelkové pokusy (v roce 1987 a 1988) uspořádané ve znárodněných blocích ve třech opakováních s plodinou silážní kukuřicí (CE 240 S), předplodinou byl v obou případech jarní ječmen. Byl hodnocen vliv různého hnojení k silážní kukuřici v kombinaci s aplikací Zeazinu S 40 na změny obsahu atrazinu v půdě a na vybrané půdní vlastnosti.

Ekologické podmínky pokusného stanoviště: klimatický okrsek A₃ (teplý, mírně suchý, s mírnou zimou), průměrný srážkový úhrn za léta 1955 až 1979 činí 483,6 mm, průměrná roční teplota 9,1 °C (tab. I). Černozemní půda, vzniklá na spraši, v 0,7 až 1,0 m nasedá na terasu z převážně kyselého materiálu. Pod ornici mocností 0,3 m je krátký přechodný horizont, který okolo 0,4 m přechází v plavou spraš. Ornice i spodina je hlinitá, ornice středně humózní, přechodný horizont mírně humózní. Půdní reakce je neutrální, v podorniči mírně alkalická. Zásobenost fosforem a draslíkem je dobrá.

První pokus představují tři varianty hnojení: 1. nehnojeno, 2. minerální hnojení (N 120, P 50, K 90 kg·ha⁻¹), 3. minerální hnojení (dtto) + chlévský hnůj (60 t·ha⁻¹). Zeazin byl použit ve dvou různých dávkách (3 a 12 l·ha⁻¹), pokus probíhal v roce 1987. Zeazin S 40 byl aplikován 21. 4.

Druhý pokus proběhl rovněž ve třech variantách hnojení (shodně), ale jen s jednou dávkou Zeazinu (3 l·ha⁻¹), a to v roce 1988, Zeazin byl aplikován 18. 4.

I. Srážkové a teplotní poměry (Hrušovany u Brna) — Precipitation and temperature conditions (Hrušovany u Brna)

Měsíce ¹	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Rok ²	rozdělení srážek v jednotlivých měsících ³ (mm)												úhrn ⁵
1955—1979	26,0	24,4	20,8	34,0	48,6	71,4	70,5	60,9	34,9	26,8	42,2	23,1	483,6
1987	38,2	26,3	18,4	11,5	105,9	115,4	80,2	51,5	56,2	41,4	26,9	37,0	608,9
1988	27,0	31,4	20,2	13,7	37,8	54,2	26,2	39,4	41,7	23,0	20,9	27,3	362,8
	průměr teplot v jednotlivých měsících ⁴ (°C)												průměr ⁶
1955—1979	−1,6	0,3	4,6	8,9	14,4	17,3	18,7	18,2	14,2	9,2	4,0	0,0	9,1
1987	−7,1	−0,8	−0,4	9,8	12,6	16,4	20,0	16,8	16,5	10,4	4,7	1,1	8,2
1988	1,5	1,0	1,7	9,1	15,9	17,7	20,4	18,0	13,6	9,9	0,7	−0,7	9,1

¹months, ²year, ³distribution of precipitation in individual months, ⁴average of temperatures for different months, ⁵total, ⁶average

První pokus probíhal v roce 1988 s přetrváním do 1989. Zemina byla odebrána na podzim 1987 ze stanoviště polních pokusů, z určených plošek kvantitativně do hloubky 0,3 m; byla promíchána a zapravena hnojiva (P, K, chlévský hnůj — v množstvích, která na jednotku plochy odpovídají polním pokusům). Zemina byla potom naplněna do igelitových pytlů a ponechána přes zimu venku. Zjara (18. 5. 1988) byl aplikován dusík ve formě síranu amonného (množství odpovídá 120 kg .ha⁻¹), Zeazin S 40 (5 l.ha⁻¹) a Humex (10 l.ha⁻¹). Celkem byly vytvořeny čtyři varianty hnojení: 1. nehnojeno, 2. minerální hnojení, 3. chlévský hnůj + minerální hnojení, 4. Humex + minerální hnojení — vždy v kombinaci bez Zeazinu a se Zeazinem. Zemina byla opět naplněna do pytlů, vlhkost upravena na 17 % hmotnostních, pytle uloženy při venkovní teplotě do 10. 6. Pak byla zemina naplněna do nádobek na objemovou hmotnost 1,3 g.cm⁻³ a dlouhodobě inkubována při stálé teplotě 28 °C a vlhkosti 17 % hmotnostních. Za dobu inkubace bylo provedeno celkem sedm odběrů k analýzám, počínaje 18. 5. 1988 po aplikaci Zeazinu. Obsah atrazinu byl stanoven v prvních pěti termínech (do 3. 10. 1988), obsah a kvalita humusu byly vyhodnoceny k 5. 12. 1988 (šestý termín).

Druhý pokus probíhal v roce 1989 s přetrváním do roku 1990. Byla použita zemina z dlouhodobé monokultury kukuřice, kde byly po dobu 20 roků zcela vyloučeny pesticidy. Odběr (na podzim 1988) a příprava zeminy byly realizovány podobně jako v prvním pokusu. Organické materiály (chlévký hnůj a posklizňové zbytky) byly přidány až 27. 2. 1989 za opětovného promíchání. Zeazin, Humex a síran amonný byly aplikovány 16. 5. 1989, zemina byla téhož dne plněna do inkubačních nádobek (objemová hmotnost opět 1,3 g.cm⁻³) a inkubována dále při 28 °C a vlhkosti 17 % hmotnostních. První odběr vzorků pro analýzy byl proveden 23. 5. 1989 (týden po aplikaci Zeazinu). Celkem bylo uskutečněno šest odběrů, poslední 12. 6. 1990. Obsah atrazinu byl sledován po celou dobu, obsah a kvalita humusu byly hodnoceny k 12. 6. 1990. Celkem bylo vytvořeno pět variant hnojení: 1. minerální hnojení (NPK), 2. chlévský hnůj + minerální hnojení, 3. Humex + minerální hnojení, 4. chlévský hnůj + posklizňové zbytky kukuřice + minerální hnojení, 5. chlévský hnůj + Humex + minerální hnojení. Oproti prvnímu pokusu chybí nehnojená varianta, látky byly aplikovány ve shodném množství kromě Humexu (30 l.ha⁻¹), nově byly použity posklizňové zbytky kukuřice (drť lodyh, zbytků listů a hrubých kořenů v dávce 40 t.ha⁻¹).

LABORATORNÍ ANALÝZY

- obsah atrazinu po extrakci metodou plynové chromatografie (stanovení — ÚKZÚZ, Odbor zkoušení přípravků a metod na ochranu rostlin v Brně);
- obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) podle Tjurina;
- frakcionace humusových látek upravenou metodou (Konovová, Bělčíková, 1961);
- obsah celkového dusíku coulometricky.

II. Vliv různého hnojení a Zeazinu S 40 (5 l.ha⁻¹) na obsah a kvalitu humusu (1. laboratorní pokus) — An effect of different fertilizing and Zeazin S 40 (5 l per ha) on humus content and quality (laboratory experiment 1)

Ukazatelé obsahu a kvality humusu ¹	Bez Zeazinu ²					Zeazin S 40 ³ (6 l.ha ⁻¹)				
	varianty hnojení ⁴									
	1	2	3	4	průměr ¹¹	1	2	3	4	průměr ¹¹
C _{ox} (oxidovatelný uhlík) ⁵ (% hmotn. ⁹)	1,33	1,36	1,56	1,36	1,40	1,31	1,32	1,36	1,32	1,33
Humusové látky ⁶ (celkové % hmotnosti ¹⁰ .10 ³)	510,96	571,50	607,82	571,50	565,5	529,12	547,28	632,04	547,28	563,93
Huminové kyseliny ⁷ (% hmotn..10 ³)	317,23	341,45	389,88	302,70	337,82	329,34	293,01	365,66	286,96	318,74
Fulvokyseliny ⁸ (% hmotn..10 ³)	193,73	230,05	217,94	268,80	227,63	199,78	254,27	266,38	260,32	245,19
Celkový N (% hmotn.)	0,161	0,147	0,187	0,176	0,168	0,152	0,181	0,214	0,205	0,188
C _{ox} : N	8,26	9,25	8,34	7,73	8,33	8,62	7,29	6,35	6,44	7,17
C _{HK} : C _{FK}	1,64	1,48	1,79	1,13	1,48	1,65	1,15	1,37	1,10	1,30

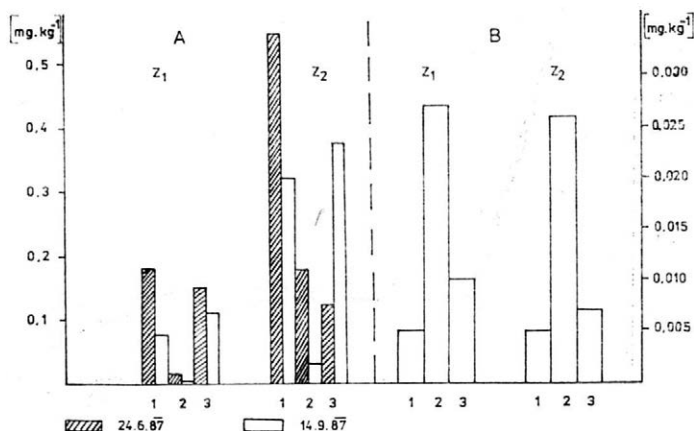
¹parameters of humus quality and content, ²without Zeazin, ³Zeazin S 40, ⁴variants of fertilizing, ⁵C_{ox} (oxidizable carbon), ⁶humous substances, ⁷humic acids, ⁸fulvic acids, ⁹% of weight, ¹⁰total % of weight, ¹¹average

III. Vliv různého hnojení a Zeazinu S 40 (5 l.ha⁻¹) na obsah a kvalitu humusu (2. laboratorní pokus) — An effect of different fertilizing and Zeazin S 40 (5 l per ha) on humus content and quality (laboratory experiment 2)

Ukazatelé obsahu a kvality humusu ¹	Bez Zeazinu ²						Zeazin S 40 ³ (5 l.ha ⁻¹)					
	varianty hnojení ⁴											
	1	2	3	4	5	průměr ¹¹	1	2	3	4	5	průměr ¹¹
C _{ox} (oxidovatelný uhlík) ⁵ (% hmotn. ⁹)	1,10	1,19	1,15	1,10	1,19	1,15	1,13	1,26	1,09	1,08	1,12	1,14
Humusové látky ⁶ (celkové % hmotnosti ¹⁰ .10 ³)	402,80	420,84	450,42	414,83	420,84	421,95	404,76	432,86	426,20	408,82	432,86	421,10
Huminové kyseliny ⁷ (% hmotn..10 ³)	246,49	244,58	280,91	246,49	246,49	252,99	216,43	234,47	262,74	228,46	262,56	240,93
Fulvokyseliny ⁸ (% hmotn..10 ³)	156,31	176,26	169,51	168,34	174,35	168,94	188,33	198,39	163,46	180,36	170,30	180,17
Celkový N (% hmotn.)	0,160	0,176	0,155	0,180	0,169	0,168	0,176	0,163	0,181	0,165	0,176	0,172
C _{ox} : N	6,88	6,76	7,42	6,11	7,04	6,85	6,42	7,73	6,02	6,55	6,36	6,63
C _{HK} : C _{FK}	1,58	1,39	1,66	1,46	1,41	1,50	1,15	1,18	1,61	1,27	1,54	1,34

For 1 — 11 see Tab. II

1. Vliv různého hnojení a dvou dávek Zeazinu S 40 (Z_1 — 3, Z_2 — 12 l. ha⁻¹) na obsah atrazinu v půdě a rostlinách silážní kukuřice (1. polní pokus) — Effect of different fertilizing and two application rates of Zeazin S 40 (Z_1 — 3, Z_2 12 l per ha) on atrazine content in soil and plants of silage maize (field trial 1)
 osa x — hnojení, A — půda, B — rostliny
 x axis — fertilizing, A — soil, B — plants



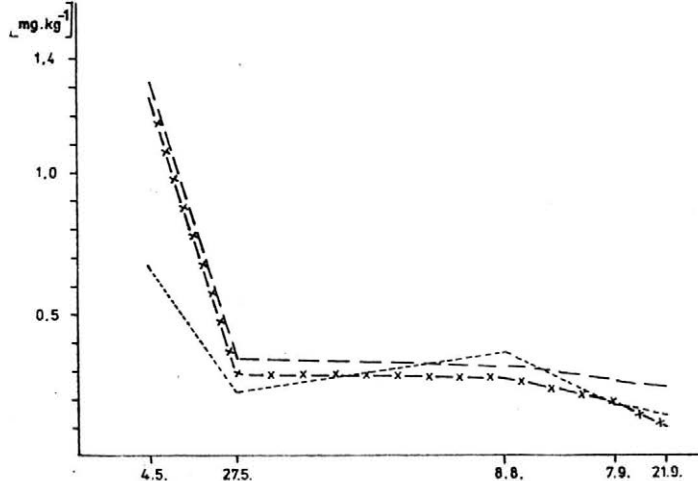
VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky sledování vlivu různého hnojení a Zeazinu S 40 na obsah atrazinu v půdě, v rostlinách a na stav půdního humusu jsou uvedeny na obr. 1 až 4 a v tab. II a III. V polních podmínkách byly sledovány dva povětrnostně velmi odlišné roky, srážkově nadprůměrný rok 1987 a suchý rok 1988 (tab. I).

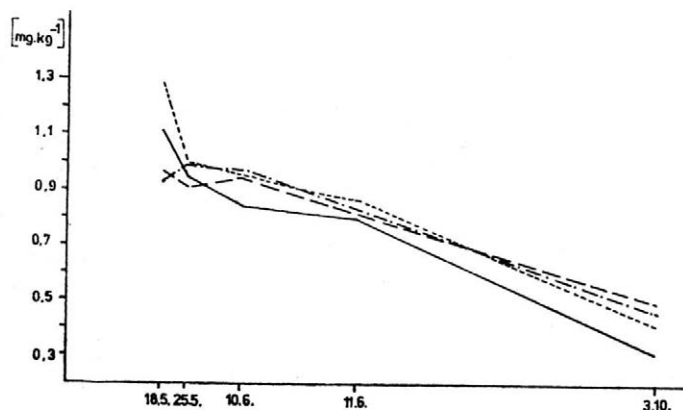
Vliv hnojení na rozdíly v obsahu atrazinu v půdě různých pokusných variant byl výraznější ve vlhkých podmínkách roku 1987. Na variantě hnojené pouze minerálními hnojivy byl zaznamenán ve srovnání s variantou nehnojenou a hnojenou kombinovaně (chlévký hnůj + minerální hnojení), a to u obou dávek aplikace Zeazinu (3 a 12 l. ha⁻¹), výrazně nižší obsah atrazinu v půdě a vyšší obsah v rostlinách. Pro ilustraci obsahu atrazinu v půdě na obr. 1 jsme vybrali stanovení 24. 6. (tj. cca dva měsíce po aplikaci Zeazinu) a 14. 9. Domníváme se, že v těchto termínech jsou nejlépe vyjádřeny rozdíly a vztahy mezi pokusnými variantami.

Obsah reziduí atrazinu v půdě se v tomto pokusu vyznačoval velmi výrazným kolísáním. Prakticky u všech pokusných variant nastávalo v průběhu pokusu v určitých termínech zvýšení měřitelného obsahu atrazinu v půdě. Tato zvýšení, často přesahující obsah atrazinu na začátku sledování po jeho aplikaci, byla u variant vyjádřena v různou dobu. Ve variantě s chlévským hnojem a vyšší dávkou Zeazinu se toto maximum objevilo v graficky znázorněném termínu 14. 9., proto se na obr. 1 tato varianta jeví poněkud atypicky. U jiných variant se tato maxima objevila v jiných (časnějších) termínech a nejsou tedy v grafu patrná.

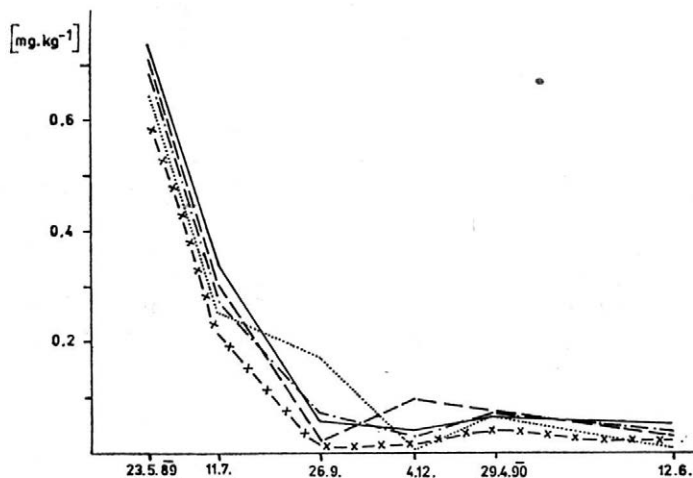
Tato kolísání měřitelného atrazinu v půdě, různá u různě hnojených variant, ukazují zřejmě na různou kvantitu, ale i kvalitu působících interakcí. Je možné, že se uplatňuje různá intenzita odbourávání atrazinu, jistě i příjmu rostlinami (obr. 1), především však předpokládáme různé procesy adsorbce a desorpce na půdních površích. Literární údaje, týkající se desorpce pesticidů, se liší. Někteří autoři uvádějí, že dochází k úplné desorpci z organických povrchů, jiní udávají částečnou desorpci a další téměř úplnou ireverzibilitu (Dunigan, McIntosh, 1971; Hance, 1967).



2. Vliv různého hnojení a Zeazinu S 40 (3 l .ha⁻¹) na změny obsahu atrazinu v půdě (2. polní pokus) — Effects of different fertilizing and Zeazin S 40 (3 l per ha) on changes in atrazine content in soil (field trial 2)



3. Vliv různého hnojení a Zeazinu S 40 (5 l .ha⁻¹) na změny obsahu atrazinu v půdě (1. laboratorní pokus) — Effects of different fertilizing and Zeazin S 40 (5 l per ha) on changes in atrazine content in soil (laboratory experiment 1)



4. Vliv různého hnojení a Zeazinu S 40 (5 l .ha⁻¹) na změny obsahu atrazinu v půdě (2. laboratorní pokus) — Effects of different fertilizing and Zeazin S 40 (5 l per ha) on changes in atrazine content in soil (laboratory experiment 2)

Vysvětlivky k obr. 2 až 4 — Explanations for Figs 2 to 4

- nehnojeno — untreated
- minerální hnojení (MH) — mineral fertilizing (MH)
- chlévský hnůj + MH — manure + MH
- Humex + MH — Humex + MH
- x-x- chlévský hnůj + posklizňové zbytky + MH — manure + postharvest residues + MH
- chlévský hnůj + Humex + MH — manure + Humex + MH

Vyšší dávka Zeazinu se projevila u všech variant hnojení ve zvýšeném obsahu detekovatelného atrazinu v půdě, naopak obsah atrazinu v rostlinách nebyl ovlivněn množstvím Zeazinu aplikovaného do půdy. V druhém polním pokusu, který probíhal v suchém roce 1988, byly zaznamenány v obsahu atrazinu v půdě (obr. 2) daleko menší rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení. Naopak průběh změn v obsahu atrazinu v půdě během doby trvání pokusu byl velmi pravidelný.

Domníváme se, že rozdílný charakter výsledků v obou polních pokusech (kvalitativně rozdílný průběh změn obsahu atrazinu v přesných laboratorních pokusech) souvisí se zmíněnou výraznou rozdílností obou pokusných let, což se týká povětrnostních podmínek, a tudíž také rozdílnosti v poměru procesů mineralizačních a humifikačních. Existují práce o významu vlhkosti pro sorpci pesticidů v půdě (např. K o z á k, 1983). Výsledky sledování ukazují na význam kombinovaného minerálního a organického hnojení ke kukuřici při použití Zeazinu z hlediska obsahu reziduí v rostlinách, kdy u samotného minerálního hnojení může dojít za určitých podmínek k vyššímu příjmu atrazinu.

Vzhledem k těžko předvídatelnému charakteru kolísání obsahu atrazinu v půdě v prvním polním pokusu (snad následkem sorpčních a následných desorpčních procesů) je však nutná značná opatrnost i při úvahách o ochranném vlivu organické hmoty na plodinu. V prvním pokusu lze totiž zřejmě hodnotit aplikaci chlévského hnoje jako ochranný faktor ve vztahu k plodině, současně však pozdější uvolňování atrazinu a zvyšování jeho měřitelného obsahu v půdě ke konci pokusu by se mohlo projevit negativně po sklizni kukuřice na následné plodině.

V laboratorních inkubačních pokusech, ve kterých byl sledován vliv různého hnojení v kombinaci s jednotnou dávkou Zeazinu S 40 (5 l. ha⁻¹) na obsah atrazinu v půdě a na obsah a kvalitu půdního humusu, bylo experimentováno se zeminou ze stanoviště polních pokusů (první pokus) a se zeminou z dlouhodobé monokultury kukuřice pěstované 20 roků bez pesticidů (druhý pokus).

V prvním pokusu (rok 1988) probíhala inkubace od aplikace Zeazinu (18. 5.) do 10. 6. při venkovní teplotě, dále pak při teplotě 28 °C. Jak ukazuje obr. 3, přeměny Zeazinu byly v daných podmínkách pozvolné a rozdíly v obsahu atrazinu v půdě mezi variantami hnojení byly v absolutních hodnotách malé. Zajímavý se zde ukazuje vliv Humexu, který i při nízké dávce (10 l. ha⁻¹) působil ve směru snižování obsahu atrazinu v půdě. Otázkou je, do jaké míry zde šlo o rozklad, adsorpci či jiné procesy. Tato otázka ostatně vyvstává nad některými zjištěnými rozdíly mezi různě hnojenými variantami. Že se humusové a vůbec organické látky velmi významně uplatňují při odbourávání i vázání triazinových přípravků v půdě, je nepochybné (K h a n, 1978; K o z á k, 1983 a další). Velký vliv v půdě právě na atrazin mají humusové kyseliny a fulvokyseliny.

V druhém pokusu byla inkubační teplota od aplikace Zeazinu (16. 5.) do konce pokusu 28 °C. Přeměny Zeazinu byly v daných podmínkách ve srovnání s prvním pokusem rychlejší (obr. 4). K termínu sledování 26. 9. 1989 klesl u všech variant hnojení obsah atrazinu pod

úroveň $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V průběhu inkubace docházelo u jednotlivých variant hnojení k určitému časovému posunu v kolísání hodnot obsahu atrazinu (ve srovnání s prvním polním pokusem). V posledním termínu sledování (tj. více než jeden rok po aplikaci) byl obsah atrazinu v půdě pod úrovní $0,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Stále tak ovšem přesahuje obsah reziduí atrazinu, který normálně nacházíme na polích v okolí Hrušovan. Diference mezi jednotlivými variantami hnojení byly v absolutních hodnotách malé a neprojevil se ani vliv Humexu, a to oproti předešlému pokusu ani při vyšší dávce ($30 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Změny v obsahu a kvalitě půdního humusu pod vlivem Zeazinu nejsou příliš výrazné a podobně jako v případě reziduí atrazinu nejsou zcela jednoznačné, jak svědčí laboratorní experimenty (tab. II a III), v nichž výsledky nejsou zatíženy běžnou chybou, která normálně vzniká při odběru vzorků v terénu. Zdá se, že i tyto výsledky (podobně jako v případě atrazinu) jsou výsledkem různých interakcí, podléhají proto i různým změnám v průběhu trvání pokusu a konkrétní pokusné varianty se chovají různě při různých obměnách působících podmínek. Tabelovali jsme hodnoty zjištěné při stanovení 5. 12. 1988 v prvním laboratorním pokusu (tj. cca sedm měsíců po aplikaci Zeazinu) a při stanovení 12. 6. 1990 ve druhém laboratorním pokusu (cca 13 měsíců po aplikaci).

Z uvedených důvodů a také proto, že mnoho rozdílů mezi variantami není statisticky průkazných, nechceme získané výsledky příliš zveřejňovat, přesto upozorňujeme na některé tendence. Pod vlivem Zeazinu se většinou zvýšil obsah fulvokyselin (oproti huminovým kyselinám). Lze v tom spatřit určitou tendenci ke snížení kvality humusových látek [snížení poměru HK:FK], ale také celkově zajímavý poznatek v souvislosti se zmíněnými údaji o významu huminových kyselin a fulvokyselin pro odbourání s-triazinových látek. Konstatování o zvyšování obsahu fulvokyselin neplatí ve variantách s použitím Humexu, což je kladná tendence, pokud jde o poměr HK:FK, současně se však v těchto variantách (s Humexem, ale bez chlévského hnoje) objevuje tendence k celkovému poklesu obsahu humusových látek (HK i FK), snad podporou mikrobiální činnosti a zvýšenou mineralizací. Zdá se, že nehnojená varianta prvního pokusu (tab. II) vykazuje vyšší stabilitu vlastností. I jiní autoři (např. Gordienko, 1983) nenašli jednoznačný vliv Zeazinu na obsah humusových látek, byl různý v různých podmínkách, někdy výrazný (za určitých podmínek), s tendencí ke zhoršování kvality pod vlivem tohoto herbicidu.

Rozdíly, které jsme v přeměnách Zeazinu zjistili mezi prvním a druhým laboratorním pokusem, lze dát do určité souvislosti jednak s rozdílnými podmínkami inkubace po aplikaci Zeazinu, jednak s kvalitou použité zeminy. Rychlejší přeměny Zeazinu v půdě pesticidy dlouhodobě nezatížené by mohly ukazovat na vyšší kvalitu její biologické složky.

Celkově skýtají získané výsledky řadu zajímavých námětů. Zjištěné účinky Zeazinu na půdu nejsou možná výrazné a vůbec nejsou jednoznačné, ale nepochybně je, že aplikovaný Zeazin ovlivnil poměry v půdě na dlouhou dobu. Různá kolísání jeho měřitelného obsahu u různě hnojených variant, spojená s časovými posuny tohoto kolísání a s vývojem rozdílů i v obsahu humusových látek, oxidovatelného

uhlíku i v projevech činnosti půdní mikroflóry (jak ukážeme v dalším připravovaném příspěvku), svědčí o komplexním vlivu atrazinu na soubor procesů v půdě. Ukázali jsme, že ani ochranný vliv organické hmoty na plodiny nemusí být jednoznačný. Takové komplexní působení může přinést řadu těžko předvídatelných dopadů a z praktického hlediska i rizik, zejména v polních podmínkách, jejichž vliv na účinky Zeazinu v komplikovaném půdním prostředí lze těžko specifikovat. Proto musíme v každém použití tohoto přípravku vidět ekologicky rizikový faktor. V pokusné práci je pak nutná velká opatrnost při jakékoli snaze o zevšeobecnění získaných poznatků.

Literatura

- BECKMANN, E. O. — PESTEMER, W.: Wirkung von unterschiedlicher Humusversorgung auf Herbizidabbau und biologische Aktivität des Bodens. *Landwirtsch. Forsch.*, 28, 1975, č. 1, s. 24-33.
- CARRINGER, R. D. — WEBER, J. B. — MONACO, T. J.: Adsorption-desorption of selected pesticides by organic matter and montmorillonite. *J. agric. Fd Chem.*, 23, 1975, s. 568-572.
- DUNIGAN, E. P. — McINTOSH, T. H.: Atrazine — soil organic matter interactions. *Weed Sci.*, 19, 1971, s. 279-282.
- GORDIENKO, S.: Vlijanje gerbicidov na sostav gumusa i počvenopogloščajušij kompleks. In: Sbor. Ref. VIII. Symp. Humus et Planta, 1983, s. 475-481.
- HANCE, R. J.: Decomposition of herbicides in the soil by nonbiological processes. *J. Sci. Fd Agric.*, 18, 1967, s. 554-547.
- HARRIS, C. I.: Fate of 2-chloro-s-triazine herbicides in soil. *J. agric. Fd Chem.*, 15, 1967, č. 1, s. 157-162.
- HAYES, M. H. B.: Adsorption of triazine herbicides on soil organic matter, including a short review on soil matter chemistry. *Resid. Rev.*, 32, 1970, s. 131-174.
- KHAN, S. U.: The interaction of organic matter with pesticides. In: *Soil organic matter*, Amsterdam, 1978, s. 135-171.
- KONOVA, M. M. — BĚLČIKOVA, N. P.: Uskorennyje metody opredelenija sostava gumusa mineralnych počv. *Počvovedenije*, 1961, č. 10, s. 75-87.
- KOZÁK, J.: Adsorpce a mobilita pesticidů v půdě. Praha, VŠZ 1983, 163 s.
- KUBÁT, J.: Detoxikace pesticidů v půdě. *Inform. ÚVTIZ, Výž. Rostl.*, 1979.
- MASLENICOVA, V. C. — KRUGLOV, Y. V.: Some aspects of simazine degradation in soil. In: *Int. Symp. The interaction of herbicides, mikroorganisms and plants*. Wrocław, 1973.
- VAZZANA, C. — FRANCI, M. — VECHIO, V.: Soil persistence accumulation and phytotoxicity of atrazine residues. In: *Proc. Symp. EWRS, The theory and practice of the use of soil applied herbicides*, 1981, s. 149-155.
- ZÁSMĚTOVÁ, Š.: Analýza reziduí herbicidů v půdě plynovou chromatografií. [Diplomová práce.] Praha, VŠZ 1986, 61 s.

Došlo 3. 7. 1991

B. PROCHÁZKOVÁ, V. RŮŽIČKA (Research Institute of Agroecology and Soil Management, Hrušovany u Brna):

Analysis of relations between fertilizing, soil organic matter and atrazine contents in soil.

Rostl. Výr., 37, 1991 (11) : 885-896.

In 1987—1990 field and laboratory trials were performed to study the effects of different fertilizing (mineral fertilizer, manure, Humex, postharvest residues) and Zeazin S 40 on atrazine content in soil, in the plants of silage maize, and on the state of soil humus. The results showed that the changes in atrazine content in

soil have different (qualitatively and quantitatively) pattern at different variants of experimental conditions. Substances dressed in soil are utilized in different way in the relationship to atrazine (according to conditions). Neither protective influence of organic fertilizing is ambiguous. The effect of fertilizing on the conversion of Zeazin in soil was more considerable in moister conditions when in mineral fertilizing alone significantly lower content of atrazine was found in soil and higher in plants in comparison with untreated variant and treated in combined way (mineral fertilizing + manuring). In laboratory conditions, an application of Humex resulted in reducing atrazine content in soil. Generally speaking, the trend of increasing fulvo acids and decreasing humine acids has been manifested when Zeazin was applied.

INTERAKCE ČTYŘ SOUČASNĚ APLIKOVANÝCH ŽIVIN VE VÝNOSU TRAVNÍHO POROSTU

Josef Královec, Jan Lipavský

*Lukařskopastvinářská stanice Závišín, 353 21 Mariánské Lázně
Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6 - Ruzyně*

V letech 1981 až 1989 probíhal na Lukařskopastvinářské stanici v Závišíně čtyřfaktoriální pokus s hnojením travního porostu dusíkem, fosforem, draslíkem a vápníkem. Pokusný pozemek leží v nadmořské výšce 750 m, s průměrnou roční teplotou 6,4 °C, za vegetaci 12,4 °C, s ročním úhrnem srážek přes 700 mm, za vegetaci kolem 400 mm. Půdním typem je hnědá půda kyselá s nízkou půdní zásobou přijatelného fosforu a draslíku (10 mg P a 65 mg K .kg⁻¹ půdy) a dobrou zásobou hořčíku (100 mg Mg .kg⁻¹ půdy). Pokusné faktory byly odstupňovány v pěti úrovních, varianty byly uspořádány podle centrálního schématu (Cochran, Cox, 1957). Hnojiva byla aplikována jednorázově na počátku vegetace, pouze dusík též po první seči. Sklizeň proběhla třikrát za vegetaci při výšce porostu cca 30 cm. V pokusu se zjišťovaly výnosy zelené píce a sušiny. Výsledky byly hodnoceny vícenásobnou korelační a regresní analýzou (stepwise analýza). Z vypočtených modelů výnosu sušiny byly počítány parciální regresní křivky pro jednotlivé faktory při různé kombinaci ostatních faktorů, tj. simulační aplikace. Model výnosu píce vytvořený na základě devítileté řady výnosů je vyjádřen rovnicí

$$Y = 4,35 + 0,016 N + 0,007 P + 0,014 K - 0,023 CaO + 0,0001 N.CaO - \\ -0,00002 N^2 - 0,00003 K^2$$

Index korelace byl 0,93. Částečný obraz o průběhu závislosti podávají parciální regresní křivky na obrázcích. Výnosy sušiny byly nejvíce ovlivněny dusíkatým hnojením (produkční účinnost 1 kg N je 16 kg sušiny). K dosažení uspokojivého výnosu je však nutné zajistit vyrovnaný přísun ostatních živin. Jako optimální se zdá hnojení 100 kg N, 22 kg P a 50 kg K .ha⁻¹, které poskytovalo v průměru devíti let výnos sušiny 6,5 t .ha⁻¹, tj. poměrně vysoký výnos sušiny při nižších vstupech. Nejméně se na tvorbě výnosu sušiny podílelo vápnění, je možné, že zde se projevilo zkreslení vlivu tím, že použité dávky byly zvoleny příliš vysoké.

Modelování výnosů travních porostů je ve srovnání s polními plodinami komplikovanější, což je dáno především jejich vytrvalým charakterem, rozmanitostí jejich botanického složení, ale i četností sklizní. Navíc je třeba zdůraznit, že travní porosty jsou mnohem závislejší na ekologických faktorech. Do značné míry to souvisí s umístěním drnového fondu spíše na extrémní stanoviště. Za nejdůležitější se považují dostatečné a navíc v průběhu vegetace rovnoměrně rozdělené srážky, bez významného vlivu však nejsou ani teploty. Produkci píce z travních porostů není tedy možné vidět jednostranně jen jako funkci vhodně zvolených kombinací hnojení: vyrovnaná výživa představuje pro výši výnosů jen jeden ze základních předpokladů, a to tím spíše, že ekologické faktory nejsme (zatím) schopni výrazněji ovlivnit.

Největším nedostatkem převážné většiny výživářských pokusů (nejen) na travních porostech u nás i v zahraničí při klasickém uspořádání v úplných blocích je omezený počet variant, který je limitován především organizačními, ale často i stanovištními podmínkami. Většinou lze kombinovat jen dva faktory. Uvedená problematika přitom vyžaduje takový pokus, v němž by bylo možné současně stupňovat a kombinovat hnojení několika živinami.

Proto byl založen čtyřfaktorový pokus uspořádaný podle centrálního schématu druhého řádu v neúplných blocích (Cochran, Cox, 1957). Hodnocení výsledků je možné pouze vícenásobnou korelační a regresní analýzou. V tomto příspěvku předkládáme hodnocení vlivu hnojení dále uvedenými faktory na průměrné výnosy sušiny, jichž se dosáhlo v devítiletém pokusu. K podrobnějšímu hodnocení, stejně jako hodnocení ostatních sledovaných veličin, se vrátíme v samostatných pojednáních.

MATERIÁL A METODA

Pokusná plocha Lukařskopastvinářské stanice v Závišíně leží v nadmořské výšce 750 m a je charakterizována průměrnou roční teplotou 6,4 °C (za vegetaci 12,4 °C) a ročním úhrnem srážek přes 700 mm (z toho kolem 400 mm ve vegetačním období). Je zde hnědá půda kyselá s kyselou půdní reakcí ($\text{pH/KCl} = 4,2$), nenasyčeným sorpčním komplexem a nízkou zásobou přijatelného fosforu a draslíku (10 mg P podle Egnera a 65 K podle Schachtschabela na 1 kg půdy). Zásobnost půdy hořčíkem byla poměrně dobrá (100 mg Mg podle Schachtschabela na 1 kg půdy), zřejmě vlivem postupného uvolňování z matečné horniny (amfibolit).

V roce 1981 byl založen exaktní čtyřfaktoriální pokus. Pokusnými faktory bylo hnojení dusíkem, fosforem, draslíkem a vápníkem. Varianty tohoto pokusu jsou obecně dány kombinacemi dávek živin v relativních hodnotách od -2 do $+2$, kde 0 představuje střed, -2 absolutní nedostatek a $+2$ nadbytek určité živiny (Burda, 1979). Absolutní úroveň těchto relativních hodnot (tab. I) byla určena kvalifikovaným odhadem na základě dosavadního výzkumu této problematiky

I. Úrovně zařazených faktorů — Levels of factors classified

Relativní úroveň ¹	Zařazené faktory a jejich absolutní úroveň ² (kg. ha ⁻¹)			
	N	P	K	CaO
-2	0	0	0	0
-1	100	22	50	1000
0	200	44	100	2000
+1	300	66	150	3000
+2	400	88	200	4000

¹relative level, ²factors classified and their absolute level

II. Průměrné roční výnosy sušiny (Závišín, 1981 až 1989) — Average annual dry matter yields (Závišín, 1981 to 1989)

Varianta ¹	Hnojení ² (kg · ha ⁻¹)				Výnos sušiny ³ (t · ha ⁻¹)	
	N	P	K	CaO	skutečný ⁴	podle modelu ⁵
1	100	22	50	1000	6,66	6,38
2	300	22	50	1000	8,62	8,48
3	100	66	50	1000	6,81	6,69
4	300	66	50	1000	8,80	8,79
5	100	22	150	1000	6,79	6,86
6	300	22	150	1000	8,35	8,96
7	100	66	150	1000	7,25	7,17
8	300	66	150	1000	9,62	9,27
9	100	22	50	3000	5,89	6,14
10	300	22	50	3000	9,22	8,66
11	100	66	50	3000	5,93	6,44
12	300	66	50	3000	9,40	8,97
13	100	22	150	3000	7,08	6,61
14	300	22	150	3000	8,76	9,14
15	100	66	150	3000	6,61	6,91
16	300	66	150	3000	8,98	9,45
17	0	44	100	2000	5,54	5,14
18	400	44	100	2000	9,75	9,78
19	200	0	100	2000	7,79	7,78
20	200	88	100	2000	8,31	8,39
21	200	44	0	2000	7,05	7,14
22	200	44	200	2000	8,55	8,09
23	200	44	100	0	8,32	8,12
24	200	44	100	4000	8,30	8,05
25	200	44	100	2000	7,99	8,09
26	200	44	100	2000	7,80	8,09
27	200	44	100	2000	8,46	8,09
28	200	44	100	2000	8,43	8,09
29	200	44	100	2000	7,50	8,09
30	200	44	100	2000	7,67	8,09
31	200	44	100	2000	8,16	8,09
32	0	0	0	0	4,03	4,35

¹variant, ²fertilizing, ³dry matter yield, ⁴actual, ⁵by model

v Závišíně, u vápnění pak navíc s ohledem na doporučení metodiky agrochemického zkoušení půd (Mazanec, Panýr, 1981). Konkrétní množství každoročně aplikovaných hnojiv v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ čistých živin jsou přehledně uvedena ve výnosové tab. II.

Běžná hnojiva (ledek amonný s vápencem — 27,5 % N, superfosfát — 8 % P, draselná sůl — 50 % K a mletý vápenec s obsahem 44,2 % CaO) byla aplikována jednorázově na počátku vegetace s výjimkou dusíku, kterým se hnojilo od 100 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ve dvou dávkách (na jaře a po první seči). Dělení dusíku nebylo v daném případě předmětem řešení. Sklízelo se třikrát ze vegetaci motorovou žací lištou, první sklizeň v senosečné zralosti (tj. při výšce porostu kolem 30 cm).

V pokusu se zjišťovaly výnosy zelené píce a sušiny, změny v botanickém složení porostu (vyjádřené váhovými podíly trav, jetelovin a ostatních bylin) a posuzovala se kvalita píce pomocí anorganických rozborů rostlin (obsah dusíku a minerálních živin). Kromě toho se sledovaly půdní vlastnosti v rozsahu agrochemického zkoušení půd a průběh povětrnosti (teplot a srážek). Pokus byl ukončen na podzim 1989.

Dosažené výsledky byly hodnoceny korelační a regresní analýzou (program STATGRAPHICS, stepwise analýza). Jako základní regresní funkce byl použit polynom druhého stupně s lineárními interakcemi všech členů rovnice. Metoda stepwise umožňuje úpravu vypočteného základního tvaru vypouštěním některých nevýznamných (nebo logicky nevyhovujících) členů z rovnice tak, aby výsledný tvar s co největší těsností vyhovoval co nejlépe popisovanému vztahu a jeho interpretaci. Z vypočtených modelů (vždy nestejně kombinace kvadratických a lineárních členů i interakcí podle logiky a statistické významnosti) byly dále počítány parciální regresní křivky pro jednotlivé faktory při různé kombinaci ostatních faktorů, což je vlastní řešení, tj. simulační aplikace.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Nášim původním záměrem bylo nalézt optimální kombinaci hnojení pro dosažení maximálního výnosu. Postupem času se však v souvislosti s tendencí omezování vstupů do zemědělské výroby jak z hlediska energetického, tak z hlediska ochrany přírodního prostředí (nižší úroveň hnojení snižuje nežádoucí únik živin do podzemních i povrchových vod) ukázalo, že polyfaktoriální pokus může přispět i k řešení těchto problémů: bude možné nalézt nejen optimální úroveň hnojení, ale i takové kombinace hnojiv, při nichž bude možné při minimálních vkladech docílit co nejvýhodnějších výsledků.

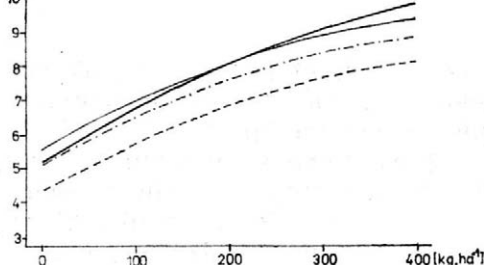
Statistickým hodnocením výnosů sušiny za devět pokusných let jsme došli k modelu vyjádřenému rovnicí

$$Y = 4,35 + 0,016 N + 0,007 P + 0,014 K - 0,023 \text{ CaO} + 0,0001 N \cdot \text{CaO} - 0,00002 N^2 - 0,00003 K^2$$

Index korelace byl 0,93, tj. zvolená funkce poskytuje velmi dobrý odhad uvedeného vztahu. Největší vliv na produkci sušiny vykazovalo dusíkaté hnojení. Hodnota regresního koeficientu, určující vlastně produkční účinnost každého kg dodaného dusíku na 16 kg sušiny, je ne-

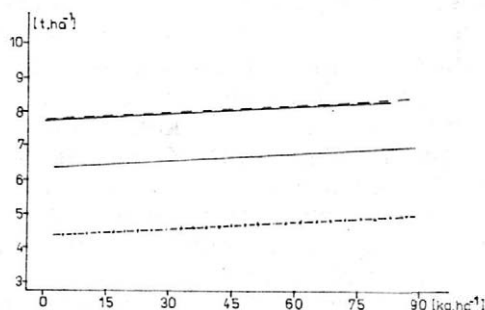
1. Závislost výnosu sušiny píce na hnojení dusíkem — Dependence of herbage dry matter yield on nitrogen fertilizing

- všechny faktory střední úrovně¹
 bez² Ca a K
 - - - - polovina střední úrovně³ P, K, Ca
 - - - - bez P, K, Ca



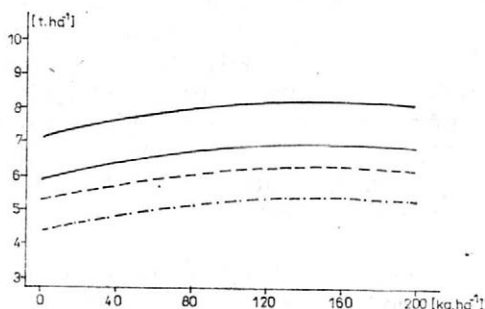
2. Závislost výnosu sušiny píce na hnojení fosforem — Dependence of herbage dry matter yield on phosphorus fertilizing

- všechny faktory střední úrovně¹
 - - - - bez² Ca
 polovina střední úrovně³ N, K, Ca
 - - - - bez N, K, Ca



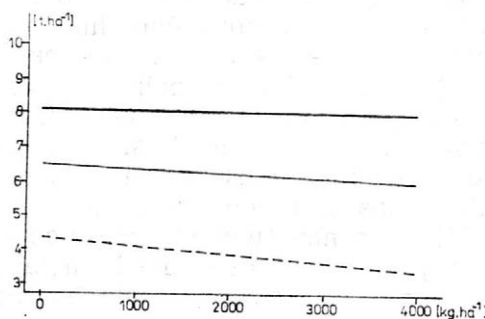
3. Závislost výnosu sušiny píce na hnojení draslíkem — Dependence of herbage dry matter yield on potassium fertilizing

- všechny faktory střední úrovně¹
 - - - - bez² Ca
 dávka⁴ N 100, P 22
 - - - - bez² N, P, Ca
 - - - - polovina střední úrovně³ N, P, Ca



4. Závislost výnosu sušiny píce na hnojení vápníkem — Dependence of herbage dry matter yield on calcareous fertilizing

- všechny faktory střední úrovně¹
 polovina střední úrovně³ N, P, K
 - - - - bez² N, P, K



¹all factors of medium level, ²without, ³half of the medium level, ⁴rate

patrně vyšší než hodnota, kterou Velich (1986) považuje za uspokojivou z energetického hlediska (15,4 kg sušiny). Tato produkční účinnost však nebyla v celém sledovaném rozmezí stejná: průběh výnosových křivek na obr. 1 potvrzuje známou zkušenost, že se zvyšující se úrovní dusíkatého hnojení produkční účinnost dodaného dusíku klesá. V našem případě stoupaly výnosy téměř lineárně až do 200 kg N . ha⁻¹

a od této hladiny se přírůstek produkce postupně snižoval. Z praktického hlediska se však dnes hnojení tímto množstvím dusíku považuje spíše za maximální.

Z ostatních živin mělo na průběh výnosů při stupňovaném dusíkatém hnojení nejmenší vliv vápnění a také draselné hnojení. Výnosové křivky při absenci vápnění i při její kombinaci s vyloučením draslíku na obr. 1 splývají a lze je považovat za jednu křivku. Pokud se nehnojilo draslíkem (a vápencem), byly výnosy v první polovině sledovaného rozmezí (tj. do 200 kg $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$) vyšší než při plném hnojení všemi zařazenými živinami. Nad tuto úroveň se negativně projevovalo zvláště nedostatečné hnojení draslíkem. Lze tedy vyvodit, že i při malé zásobě přístupného draslíku v půdě měl porost při nízké hladině dusíku této živiny dostatek — otázkou zůstává, jak dlouho by mohla absence draselného hnojení trvat. K udržení vysoké produktivity porostu nad úroveň 200 kg $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ nestačilo ani hnojení fosforem a draslíkem v polovičním množství (22 kg P a 50 kg $\text{K} \cdot \text{ha}^{-1}$). V rozmezí 0 až 100 kg $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$ nebyl mezi porovnávanými kombinacemi plného hnojení shledán žádný velký rozdíl.

Jednostranné hnojení dusíkem bylo výrazně méně účinné než hnojení plné: k dosažení uspokojivého výnosu je nutné zajistit vyrovnaný přísun ostatních živin, zvláště je-li jejich zásoba v půdě malá. Ze současného pohledu se ukazuje jako optimální hnojení 100 kg N , 22 kg P a 50 kg $\text{K} \cdot \text{ha}^{-1}$, kdy bylo při poměrně nízkých vstupech dosaženo v průměru všech devíti pokusných let výnosu 6,51 t. sušiny $\cdot \text{ha}^{-1}$, což je přibližně o 2 t. ha^{-1} více, než předpokládají Neuberger a kol. (1990). Uvedené množství dodaných živin přibližně odpovídá ekologické výrobní hladině EVH 4,0 (u dusíku EVH 4,5). Rozdíl lze uspokojivě vysvětlit příznivými podmínkami pokusu a minimálními sklizňovými ztrátami.

Fosforečné hnojení působilo na produkci travního porostu příznivě, produkční křivky na obr. 2 vykazují téměř lineární vzestup. Obdobně jako u dusíku se ani v tomto případě neprojevovalo vápnění. Výnosové křivky stupňovaného hnojení fosforem byly při střední úrovni hnojení dusíkem a draslíkem v obou případech (s vápněním i bez vápnění) shodné. Při sníženém hnojení (100 kg N a 50 kg $\text{K} \cdot \text{ha}^{-1}$) byly výnosy podstatně nižší a jednostranné hnojení fosforem (bez ostatních živin) se promítlo do dalšího snížení výnosu. Fosforečné hnojení bylo tedy v našem pokusu dostatečné. Je známo, že fosforečné hnojení zvyšuje výnos píce jen tehdy, je-li fosfor činitelem v minimu (Baier, 1977), a že negativní vliv absence fosforečného hnojení je ve výnosech zřejmý teprve po dvou až třech letech (Fryček a kol., 1983).

Výnosové křivky draselného hnojení vykazovaly při všech kombinacích shodný průběh se vzestupnou částí do 150 kg $\text{K} \cdot \text{ha}^{-1}$ (mezi 100 až 150 kg téměř stagnující) a zřetelným poklesem v poslední části sledovaného rozmezí (obr. 3). Pro dané podmínky je tedy možné stanovit množství 100 kg $\text{K} \cdot \text{ha}^{-1}$ jako maximální. Ani v případě draselného hnojení se neprojevovalo vápnění a výše výnosu byla v podstatě závislá na úrovni hnojení dusíkem: každé snížení množství aplikovaného dusíku umístilo výnosovou křivku na nižší úroveň. Nejnižší leží na obr. 3 křivka jednostranného draselného hnojení.

Vžitým představám o vlivu hnojení se zcela vymykalo vápnění: průběh výnosových křivek se stabilně klesající tendencí lze interpre-

tovat tak, že každoroční aplikace mletého vápence snižovala využití ostatních živin, což ovšem může platit jen pro podmínky daného stanoviště (obr. 4). Problematika vápnění travních porostů je velice komplikovaná, protože vápnění se na produkci píce podílí zprostředkovaně a jeho účinek bývá zřejmý spíše u nehnojených porostů. Naopak při vyšší úrovni zejména dusíkatého hnojení je vliv vápnění zcela setřen (Králavec a kol., 1990). Navíc na počátku pokusu stanovené tzv. optimální množství 2000 kg CaO, představující pětinásobek dávky udržovacího vápnění (Králavec et al., 1989), nebylo vhodné a do značné míry zkreslovalo i efektivnost hnojení ostatními živinami. Zajímavé bude zjištění, jak se toto nadměrné vápnění projevilo v půdních vlastnostech.

Předpokládáme, že probíhající podrobnější hodnocení výsledků tohoto pokusu, zejména ve vztahu k průběhu počasí v pokusných letech, přinese další zajímavé poznatky.

Literatura

- BAIER, J.: Principy základních vztahů ve výživě rostlin. [Doktorská disertace.] Praha - Ruzyně, VÚRV, 1977.
- BURDA, V.: Metodika uspořádání čtyřfaktoriálního polního pokusu. Praha - Ruzyně, VÚRV, 1979.
- COCHRAN, W. G. — COX, G. M.: Experimental designs. New York, London, Sydney, Wiley and Sons 1957.
- FRYČEK, A. a kol.: Využití živin z fosforečných hnojiv na travních porostech. Agrochémia, 23, 1983, č. 9, s. 250-252.
- KRÁLOVEC, J. — HAKEN, D. — ŠILAR, J.: Metodika vápnění travních porostů. Úroda, 37, 1989, č. 1, s. 171-173.
- KRÁLOVEC, J. a kol.: Vliv vápnění na půdu a porosty. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZPP 1990.
- MAZANEC, O. — PANÝR, M.: Jednotné pracovní postupy pro provádění agrochemického zkoušení půd v období 1981—1990. Praha, ÚKZÚZ 1981.
- NEUBERG, J. a kol.: Komplexní metodika výživy rostlin. Met. Zavád. Výsl. Výz. Praxe, 1990, č. 1.
- VELICH, J.: Studium vývoje produkční schopnosti trvalých lučních porostů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Praha, VŠZ 1986.

Došlo 8. 7. 1991

J. KRÁLOVEC, J. LIPAVSKÝ (Grassland Station Závěšín, Mariánské Lázně; Research Institute of Crop Production, Praha - Ruzyně):

Interaction of four contemporary applied nutrients in grassland yield.

Rostl. Výr., 37, 1991 (11) : 897-904.

In 1981—1989 four-factorial trial with grassland fertilizing with nitrogen, phosphorus, potassium and calcium was performed at the Grassland Station at Závěšín. The experimental plot is situated at the altitude of 750 m above sea level, with average annual temperature of 6.4 °C, during the growing season this was 12.4 °C, with annual sum of precipitation above 700 mm, during the growing season — about 400 mm. A soil type is acid Cambisol with low soil reserve of available phosphorus and potassium (10 mg of P and 65 mg of K per kg of soil) and good reserve of magnesium (100 mg of Mg per kg of soil). Experimental factors were composed of five levels, variants were arranged on the basis of central diagram (Cochran, Cox, 1975). Fertilizers were applied all at once at the beginning of the growing season, nitrogen alone was also applied after the first cut. The stand

was cut three times a growing season at its height of about 30 cm. Herbage and dry matter yields were determined in the trial. The results were evaluated by step-wise correlation and regression analyses. Partial regression curves were calculated from dry matter yields for different factors at different combination of the other factors, i.e. simulated application. The model of herbage yield formed on the basis of 9-year series of the yields is expressed by the following equation:

$$Y = 4.35 + 0.016 N + 0.007 P + 0.014 K - 0.023 CaO + 0.0001 N.CaO - 0.00002 N^2 - 0.00003 K^2$$

The correlation index was 0.93. A partial pattern of dependences is given in individual partial regression curves on figs. Dry matter yields were affected the most by nitrogen fertilizing (production efficacy of 1 kg of N is 16 kg of dry matter). To obtain a good yield, it is necessary to provide balanced supply of other nutrients. Fertilizing with 100 kg of N, 22 kg of P and 50 kg of K per ha gave the dry matter yield of 6.5 t per ha on an average for nine years, i.e. relatively high dry matter yield at lower inputs, seems to be optimum. Liming contributed the least to the dry matter yield, it is possible that there are some distorted effects caused by the fact that the calcium rate applied was too high.

MODELOVANIE ZMIEN OBSAHU DUSÍKA V BIOMASE OZIMNEJ PŠENICE

Michal Rúčka, Matej Lexa

Výskumný ústav závlahového hospodárstva, 825 63 Bratislava

Na základe jednoduchých vzťahov medzi obsahom dusíka v biomase a rýchlosťou fyziologicko-biochemických procesov je odvodený model popisujúci priebeh koncentračných kriviek u ozimnej pšenice. Model vychádza z teórie produktivity dusíka. Hodnoty príslušných parametrov sú určené z poľných pokusov s ozimnou pšenicom.

Je všeobecne známe, že počas vegetácie dochádza u väčšiny rastlín k zriedovaniu obsahu živín — zriedovaciemu efektu. Aplikovaný poľnohospodársky výskum narazil na potrebu kvantifikovať tento jav, predovšetkým pre potrebu diagnostiky výživného stavu poľných plodín. Vedieť sa rozhodnúť, nakoľko je za nízky obsah živín v biomase zodpovedná nedostatočná výživa a nakoľko prirodzený proces zriedovania, je kľúčovým krokom k správnej aplikácii hnojív.

Tomuto problému sa venuje mnoho autorov, ktorí najčastejšie vzťahujú pokles koncentrácie k časovým údajom alebo k vývojovým etapám porastov. Ako veľmi praktické sa ukázalo sledovať vzťah medzi hmotnosťou rastlín a koncentráciou živín za pomoci koncentračných kriviek (Moller-Nielsen, Friis-Nielsen, 1976a; Sallete, 1982; Marek, 1986; Greenwood, Draycott, 1989). Tieto krivky sa stali stavebným kameňom niekoľkých metód prihnojovania dusíkom (Moller-Nielsen, 1972; Moller-Nielsen, Friis-Nielsen, 1976b; Michalík, Ložek, 1987).

Táto práca rozoberá niektoré teoretické otázky priebehu koncentračných kriviek pre dusík. Na základe poľných pokusov s ozimnou pšenicom bol vytvorený matematický model. Vychádzajúc z tohto modelu možno simulovať zmeny koncentrácií dusíka v biomase.

MATERIÁL A METÓDA

Podrobnosti o niektorých postupoch matematického modelovania biologických procesov, použitých v našej práci, uviedol Thornley (1976).

Pokusný materiál bol získaný z výskumu v rokoch 1985 až 1987 na Výskumnej stanici VÚZH v Moste pri Bratislave v maloparcelkovom pokuse. Pokus bol založený na černozemi karbonátovej, hlinitej s obsahom humusu podľa Ľurina 3,5 %, celkového dusíka podľa Kjeldahla 0,2 %, s vysokou zásobou fosforu a strednou zásobou draslíka

v pôde. Porast bol zavlažovaný v priebehu vegetácie tak, aby pôda bola nasýtená na 50 % využiteľnej vodnej kapacity s bilancovanou hĺbkou navlaženia 0,40 až 0,60 m. Na jeseň bolo do pôdy zapravených 44 kg fosforu, 130 kg draslíka a 30 kg dusíka. Ďalších 30 kg dusíka bolo aplikovaných skoro na jar ako regeneračné prihnojenie. V pokusoch bola použitá odroda Danubia.

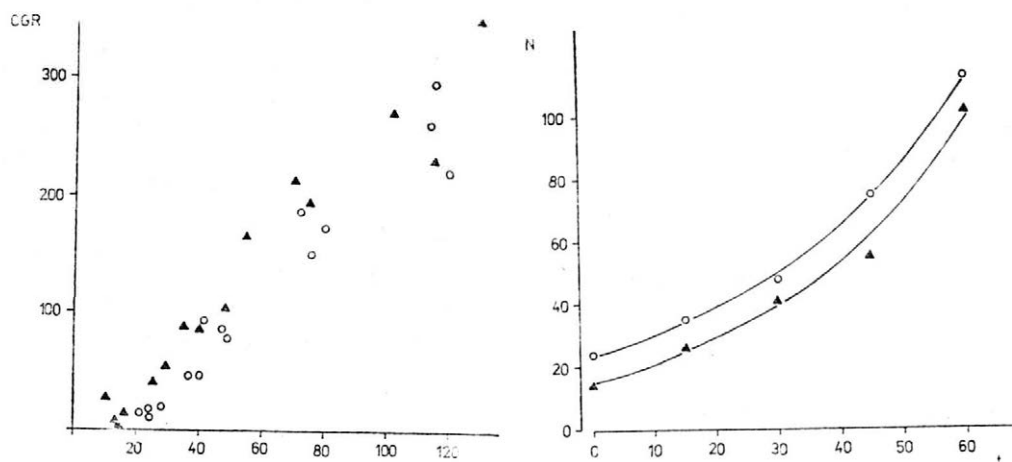
Nadzemná biomasa bola vysušená pri teplote 105 °C, zvážená a ďalej analyzovaná na celkový dusík podľa Kjeldahla v laboratóriu Agrokombinátu Lehnice. Ďalšie podrobnosti o experimente opísali Růčka a kol. (1989).

VÝSLEDKY

Matematický model

Na základe prijatia určitých zjednodušení možno teoreticky odvodiť priebeh koncentračných kriviek pre dusík v optimálnych i reálnych podmienkach prostredia.

Dusík ako nevyhnutný prvok pre tvorbu bielkovín limituje množstvo enzýmov v jednotlivých metabolických dráhach rastlín. Vo svetle takýchto úvah je zrejmé, prečo toľko autorov pozorovalo vzťah medzi obsahom dusíka v listoch a intenzitou fotosyntézy (Andreeva et al., 1971; Nátr, 1972, 1978; Gregory et al., 1981; Bill, Fomina, 1983). Zákonite podobný vzťah existuje i pre obsah dusíka vo vegetačnej hmote a rýchlosť rastu (Ingstad, 1987; Lopatník et al., 1990). Výsledky našich experimentov toto potvrdzujú (obr. 1). Podobne by mohla byť limitovaná rýchlosť inkorporácie dusíka do biel-



1. Vzťah medzi obsahom dusíka ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) v nadzemnej biomase a rýchlosťou rastu ozimnej pšenice ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{deň}^{-1}$) — The relationship between nitrogen content (kg per ha) in above-ground biomass and the growth rate of winter wheat (kg per ha and day)

2. Dynamika akumulácie dusíka ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) v nadzemnej biomase ozimnej pšenice — Dynamics of nitrogen accumulation (kg per ha) in above-ground biomass of winter wheat
 $t_0 = 15.4$.

○ 1986 ▲ 1987

kovín. Obr. 2 znázorňuje, ako v našich experimentoch narastal dusík stanovený podľa Kjeldahla v nadzemnej biomase. Exponenciálny priebeh podporuje takýto predpoklad.

Označme teraz N množstvo organického dusíka v rastline, W nech je hmotnosť sušiny rastlín. Vychádzajúc z už spomenutých vzťahov ilustrovaných na obr. 1 a obr. 2 bude zrejme platiť

$$\frac{dW}{dt} = a \cdot N + a_0 \quad [1]$$

$$\frac{dN}{dt} = b \cdot N \quad [2]$$

kde: a , a_0 , b — parametre popisujúce rýchlosť príslušných procesov (porovnaj so vzťahom pre relatívnu rýchlosť rastu $dW/dt = RGR \cdot W$)

Parameter a možno považovať za maximálnu produktivitu dusíka (Ingstad, 1979, 1987) a a_0 za jeho neproduktívny podiel. Lopatiník et al. (1990) dávajú vo svojej práci predstavu o možných hodnotách týchto parametrov. V optimálnych podmienkach je a_0 často blízke nule, preto si myslíme, že tu možno jeho hodnotu zanedbať. Nasvedčujú tomu i informácie v citovaných prácach.

Rovnice [1] a [2] tvoria jednoduchú sústavu diferenciálnych rovníc. Riešením tejto sústavy za predpokladu, že $a_0 = 0$, dostaneme

$$N(t) = N_0 \cdot e^{b(t-t_0)} \quad [3]$$

$$W(t) = W_0 + \frac{a}{b} \cdot [N(t) - N_0] \quad [4]$$

t — čas;

N , W_0 — hodnoty N a W v čase t_0 (počiatočné hodnoty).

Elimináciou premennej t z rovníc [3] a [4] a ich úpravou dostávame vzťah pre koncentračnú krivku v idealizovaných optimálnych podmienkach, keď $a_0 = 0$:

$$\frac{N}{W} = \frac{b}{a} + \frac{a \cdot N_0 - b \cdot W_0}{a \cdot W} \quad [5]$$

Za tohto predpokladu má teda koncentračná krivka hyperbolický tvar a koeficienty získané hyperbolickou regresiou nameraných hodnôt možno v zmysle tohto modelu biologicky interpretovať.

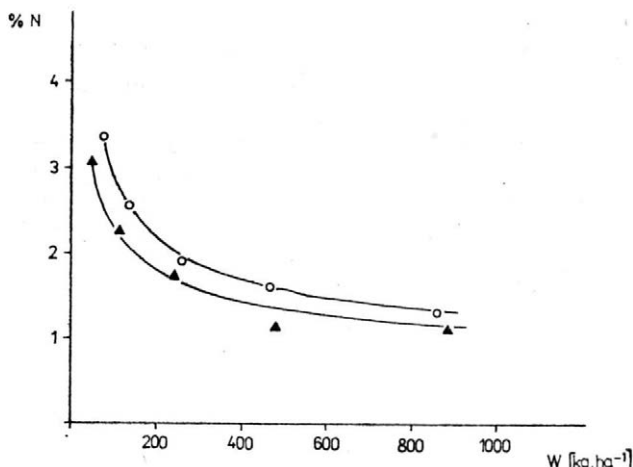
Hlavnou prekážkou prijatia platnosti uvedeného modelu, resp. rovnice [5] v poľných podmienkach je práve predpoklad o hodnote parametra $a_0 = 0$. Model v tejto podobe zjavne preceňuje počiatočnú produkciu biomasy a simulovaný pokles koncentrácie je ďaleko väčší než v skutočnosti. Pre modelovanie reálnej situácie je preto nevyhnutné uvažovať nenulovú hodnotu a_0 .

V tomto prípade je problematické vyjadriť tvar koncentračnej krivky analyticky, ako tomu bolo v prípade rovnice [5]. Uspokojíme sa preto s numerickým riešením. Obr. 3 znázorňuje koncentračnú krivku simulovanú na počítači a experimentálne namerané hodnoty. Parametre a , a_0 , b predstavujú v oboch prípadoch najlepšiu fit metódu najmenších štvorcov.

3. Experimentálne zistené body koncentračnej krivky a koncentračné krivky simulované modelom — Experimentally determined points of concentration curve and that simulated by model

1986 — $a = 2,9 \text{ d}^{-1}$, $a_0 = -37,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, $b = 0,026 \text{ d}^{-1}$

1987 — $a = 4,0 \text{ d}^{-1}$, $a_0 = -30,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, $b = 0,036 \text{ d}^{-1}$



DISKUSIA

Navrhovaný model — podľa predpokladov, na ktorých je postavený — simuluje priebeh koncentračných kriviek pre obdobie vegetatívneho rastu. V dôsledku toho, že po začatí naplňovania klasu už nedochádza k výraznejším zmenám v koncentrácii dusíka v rastline ako celku, popisujú vzťah [5] i krivky na obr. 3 dobre celé vegetačné obdobie.

Snáď stojí za povšimnutie, že popísaný model je schopný vysvetliť v súvislosti s koncentračnými krivkami dva zaujímavé javy.

Po prvé je to často pozorované „plateau“ v skorých rastových fázach, či dokonca počiatočný nárast koncentrácie dusíka v rastlinách v tomto období. Je možné, že nízka produktivita dusíka v mladých pletivách je spôsobovaná nízkou úrovňou rastových faktorov (žiarenie, teplota) v skorých jarných mesiacoch. Rovnako však príčinou môže byť skutočnosť, že ešte nie všetok dusík v pletivách rastlín je zabudovaný v aparáte zodpovednom za nárast biomasy, inými slovami, že obsah dusíka v rastline v tomto období nie je dobrým meradlom veľkosti metabolického aparátu a aktivity rastliny.

Druhým javom je postupné znižovanie variability v koncentrácii živín s narastajúcou biomasou [Smetánková, Eisler, 1983]. V popísanom modeli sa simulovaná koncentračná krivka asymptoticky blíži k hodnote b/a nezávisle od počiatočnej koncentrácie dusíka, čo spomínané zníženie variability dostatočne vysvetľuje.

Niet dôvodu sa domnievať, že by model v tejto podobe nebol použiteľný i pre iné druhy plodín, než je ozimná pšenica. Bolo by zaujímavé zistiť, či jestvujú druhové odlišnosti v hodnotách jeho parametrov.

Aby popisované postupy bolo možné použiť nielen pre zhodnotenie zmien koncentrácií, ale aj pre ich prognózu, bude treba zistiť, ako sa hodnoty parametrov a , a_0 , b menia v rôznych podmienkach prostredia. Pritom nie je vylúčené, že mnohé zjednodušenia použité v tejto práci neumožňujú spoľahlivú prognózu a bude potrebné použiť podrobnejšiu analýzu. Z pomerne malého rozptylu dát okolo simulovaných kriviek na obr. 3 (reziduálneho rozptylu) vidieť, že priebeh koncentračných kriviek možno predpovedať do takej miery, do akej možno predpovedať hodnoty tu použitých parametrov.

Bez ďalších prác možno už teraz uvádzané vzťahy využiť pre aproximáciu priebehu koncentračných kriviek z niekoľkých meraní.

- ANDREEVA, T. F. et al.: Effects of nitrogen in plants on structure and function of the photosynthetic apparatus. *Sov. Pl. Physiol.*, 18, 1971, s. 591-597.
- BIL, K. Y. — FOMINA, I. R.: Vlijanije azotnogo pitania na fotosintez kukuruzy. In: Regulacija metabolizma pervičnych i vtoričnych produktov fotosinteza, 1983, Puščino, s. 37-38.
- GREENWOOD, D. J. — DRAYCOTT, A.: Quantitative relationships for growth and N content of different vegetable crops grown with and without ample fertilizer-N on the same soil. *Fertil. Res.*, 18, 1989, s. 175-188.
- GREGORY, P. J. et al.: Nutrient relations of winter wheat. 3. Nitrogen uptake, photosynthesis of flag leaves and translocation of nitrogen to grain. *J. agric. Sci.*, 96, 1989, s. 539-547.
- INGESTAD, T.: Nitrogen stress in birch seedlings. II. N, K, P, Ca and Mg nutrition. *Physiol. Pl.*, 45, 1979, s. 149-157.
- INGESTAD, T.: New concepts on soil fertility and plant nutrition as illustrated by research on forest trees and stands. *Geoderma*, 40, 1987, s. 237-252.
- LOPATNÍK, J. et al.: Vzťah medzi obsahom dusíka vo vegetačnej hmote a rýchlosťou rastu ozimnej pšenice. *Ved. Práce Výsk. Ústavu Pôdoznal. Výž. Rastl.*, 16, 1990.
- MAREK, M.: Vliv dusíkatého hnojení na průběh koncentračních křivek u ozimého žita. *Agrochémia*, 26, 1986, č. 2, s. 37-39.
- MICHALÍK, I. — LOŽEK, O.: Metodika diagnostikácie stavu dusíkatej výživy ozimnej pšenice a ozimného jačmeňa pre účely produkčného a kvalitatívneho hnojenia. In: Ponukový zoznam realizačných výstupov z vyriešených výskumných úloh na VŠP v Nitre vhodných na využitie vo výrobní praxi. Informačný materiál expozície VŠP v Nitre na CVP Agrokomplex 87, Nitra, 1987, 90 s.
- MOLLER-NIELSEN, J.: Dohnojování ječmenů podle výsledků anorganických rozborů rostlin. *Agrochémia*, 12, 1972, č. 10, s. 298-300.
- MOLLER-NIELSEN, J. — FRIIS-NIELSEN, B.: Evaluation and control of the nutritional status of cereals. I. Dry matter weight level. *Pl. and Soil*, 45, 1976a, s. 317-338.
- MOLLER-NIELSEN, J. — FRIIS-NIELSEN, B.: Evaluation and control of the nutritional status of cereals. III. Methods of diagnosis and yield prognosis. *Pl. and Soil*, 45, 1976b, s. 647-658.
- NÁTR, L.: Influence of mineral nutrients on photosynthesis of higher plants. *Photosynthetic*, 6, 1972, s. 80-99.
- NÁTR, L.: Vzťah medzi obsahom dusíku v listoch a rýchlosťou fotosyntézy. *Agrochémia*, 18, 1978, č. 4, s. 98-100.
- RÚČKA, M. et al.: Výživa rastlín pri diferencovanom závlahovom režime a hnojení. [Záverečná správa.] Bratislava, VCPÚ 1986.
- SALETTE, J.: The role of fertilizers in improving herbage quality and optimization of its utilization. In: Optimizing yields — the role of fertilizers. *Proc. 12th IPI Congress*. Bern, IPI 1982.
- SMETÁNKOVÁ, M. — EISLER, J.: Estimation of the nutritional status of cereals by means of boundary nutrient concentration curves. *Biol. Plant.*, 25, 1983, č. 5, s. 349-360.
- THORNLEY, J. H. M.: Mathematical models in plant physiology. Academic Press 1976.

Došlo 30. 5. 1990

M. RÚČKA, M. LEXA (Research Institute of Irrigation Farming, Bratislava):
Modelling the changes in nitrogen content in winter wheat biomass.
Rostl. Výr., 37, 1991 (11) : 905-909.

A model describing the course of concentration curves is derived on the basis of simple relationships between nitrogen content in biomass and the speed of physiological and biochemical process. The model is based on the theory of nitrogen productivity. The values of parameters in question are determined from field trials with winter wheat.

III. SVĚTOVÝ KONGRES POTRAVINÁŘSKÝCH TECHNOLOGIÍ

Druhé největší město Španělska a hlavní město Katalánska Barcelona se stala ve dnech 20. až 23. února 1991 místem konání III. Světového kongresu potravinářských technologií. Na toto vrcholné vědecké sněmování potravinářů ze všech kontinentů, které probíhalo v prostorném kongresovém areálu výstaviště Maria Cristina, časově navazoval Mezinárodní potravinářský veletrh (Potravinářský salon) TECHNOALIMENTARIA—91. Obě akce s bohatou mezinárodní účastí byly organizovány španělskou národní účelovou institucí PROSEMA, což je vědeckotechnická nevydělečná organizace, zajišťující mimo jiné export a import vědeckotechnických poznatků v oblasti potravinářského průmyslu.

Samotný kongres navazoval časově a tematicky na tradici předcházejících dvou kongresů konaných v Buenos Aires (1985) a Barceloně (1987). Zúčastnilo se ho celkem 859 registrovaných specialistů z 23 států včetně USA, Japonska, Austrálie a Kanady. Největší účast vedle hostitelské země měly španělsky mluvící státy jižní a střední Ameriky a země ES. Jednácím jazykem v kongresové hale i mimo ní byla angličtina a španělština. Na pozvání společnosti PROSEMA se obou akcí, tj. kongresu i veletrhu, zúčastnila též skupiny šestnácti potravinářů z ČSFR.

Vlastní náplní kongresu byly plenární přednášky a hlavně sympoziální přednášky, probíhající v deseti sekcích, na které vhodně navazovala i plakátová sdělení (poster abstract). Přednášky zahrnovaly prakticky všechny potravinářské obory. Nejvíce byly zastoupeny masný a mlékárenský průmysl, technologie úpravy a zpracování ryb, ovoce a zeleniny, dále obiloviny a cereální výrobky, tuky a oleje, vína a alkoholické nápoje, nealkoholické nápoje, dietní výrobky, sterilované a dehydratované potraviny a zmrazené výrobky. Cukrovarnický i škrobářský průmysl byl zastoupen minimálně.

Pracovní jednání kongresu, které se konalo v moderní účelově řešené kongresové hale, bylo zahájeno obsáhlou přednáškou prezidenta IFT prof. D. B. Lunda ze Státní univerzity v New Jersey (USA) na téma Problémy potravinářských technologií v procesu změn stravovacích zvyků a životních stylů.

Dominující význam — největší tok živých informací a poznatků na kongresu měly sympoziální a kolokviální přednášky, probíhající v deseti sekcích, které zahrnovaly tyto tematické okruhy: složení a biochemické aspekty potravin, fyzikálně chemické a senzorické vlastnosti potravin, mikrobiologické změny potravin, biotechnologické aplikace, nové surovinové zdroje a aditiva, nové výrobní procesy a technologie, transport potravin a manipulace s nimi, analytické metody, kvalita potravin a její zabezpečení, návyky konzumenta.

Pokud jde o plakátová sdělení, byla většina poznatků soustředěna na nové technologie, kontrolu výrobních procesů a finálních výrobků. Významné místo zaujímala i mikrobiologická kontrola nezávadnosti potravin a metody, jak působit na trh a konzumenta.

Nedílnou součástí práce kongresu byla řada panelových diskusí a diskusí u kulatého stolu (round table) na téma radiobiologická ochrana potravin, problémy škodlivého hmyzu při skladování potravin, potravinářské technologie v novém životním prostředí aj.

Někteří účastníci čs. skupiny, např. prof. ing. J. Káš, DrSc., se aktivně zúčastnili panelové diskuse na téma Výhledové trendy rozvoje potravinářské vědy a technologie ve střední a východní Evropě.

Podobně aktivně přispěli v jednotlivých sekcích účastníci z ČSFR do pracovního programu svými přednáškami, zaměřenými zejména na tyto tematické okruhy: Soli fosfatidových kyselin jako významná potravinářská aditiva (J. Káš); Mlékárenský průmysl v ČFSR (J. Štípková a J. Kopáček); Cukrovarnický průmysl v ČSFR a možnosti spolupráce (R. Stengl); Technologická jakost cukrovky, její znaky a hlavní činitelé působící na její tvorbu (J. Zahradníček); Výsledky experimentálního sledování tvorby pigmentů a anthokyanových barviv ve vinných hroznech (A. Navara); Biologické řízení perspektivní ochrany skladovaných zrn a semen proti roztočům (E. Žďárková).

Veškerá abstrakta přednášek, ústních i plakátových sdělení, zveřejněných na kongresu, jsou obsažena ve sborníku, který je k dispozici u všech jeho registrovaných účastníků.

Doc. RNDr. ing. Josef Zahradníček, CSc.

Iva Mladičová, Lubomír Nátr

Univerzita Karlova, přírodovědecká fakulta, katedra anatomie a fyziologie rostlin, 128 44 Praha 2

Byl vybírán vhodný matematický model, který simuluje denní chod teploty vzduchu z naměřených teplotních extrémů a z délky dne. Ze tří uvedených modelů (sinusoexponenciálního, sinusoidálního a modifikovaného sinusoidálního) simuluje nejpřesněji chod teploty vzduchu první model. V časovém intervalu od dosažení minimální teploty do západu Slunce užívá funkce sinusoidální a ve zbylých částech dne funkce exponenciální. Parametry funkcí modelů byly určeny z roční plynulé řady termografických záznamů teploty vzduchu ve výšce 2 m lokality Bědovice u Prahy. Jejich použitelnost je tedy omezena na oblasti s obdobnými geografickými a podnebnými podmínkami. V měsících červen až srpen (vegetační období většiny rostlin) průměrně u 72 % dní je zachován pravidelný chod teploty. Je tak splněn předpoklad modelů: výskyt denního minima v brzkém ránu a maxima v době od východu do západu Slunce; simulovaný a skutečný chod se téměř shodují. U dnů s nepravidelnými změnami počasí se simulovaný a skutečný chod v některých částech dne odlišují. Přesnost simulace chodu teploty pomocí modelů byla statisticky zhodnocena.

Teplota je významný faktor ovlivňující fyziologické pochody v rostlině. Je proto výhodné při sledování např. růstu znát denní chod teploty vzduchu prostředí, v němž je rostlina pěstována. Teplota může být zaznamenána termografem, avšak stále ještě se z praktických důvodů častěji užívá denních teplotních extrémů (hlášených meteorologickými stanicemi) jako teplotní charakteristiky dne. Z tohoto důvodu existují matematické modely simulující denní chod teploty vzduchu právě z těchto teplotních extrémů. Časté nepravidelné změny počasí znesnadňují jeho předpověď a simulaci, což je jistě jedna z hlavních příčin malého počtu těchto modelů. Zatím hodně autorů používá při sledování různých závislostí jen denní teplotní průměr nejčastěji vypočítaný z denní minimální a maximální teploty (Gallagher, 1979).

V poslední době byly popsány tři modely. Sinusoexponenciální, který uvedli Parton, Logan (1981) a Wan et al. (1985), simuluje chod teploty v časovém intervalu od dosažení minimální teploty do západu Slunce sinusoidou, ve zbylých částech dne exponenciálou. Wann et al. (1985) uvádějí dále modely sinusoidální a modifikovaný sinusoidální. Druhý užívá funkce sinus v časovém intervalu od dosažení minimální teploty do dosažení maximální teploty a funkce kosinus ve zbylé části dne. V prvním modelu v obdobných časových intervalech bylo užito funkce kosinus. Uvedené modely simulují denní chod teploty vzduchu z minimální a maximální teploty daného dne, z maximální teploty předcházejícího dne, z minimální teploty následujícího dne a z délky dne.

Cílem práce bylo vybrat z uvedených modelů ten, který nejpřesněji simuluje denní chod teploty vzduchu a zhodnotit výhody a nedostatky jeho používání.

MATERIÁL A METODA

Uvedené matematické modely jsou založeny na předpokladu výskytu teplotního maxima během dne v časovém intervalu mezi východem a západem Slunce a dále teplotního minima mezi 4. a 7. h ranní. Matematické vyjádření modelů (Wann et al., 1985):

— sinusoexponenciální

$$tn \leq t \leq ts$$

$$T(t) = Tn + (Tx - Tn) \sin \{ \pi(t - tr - \beta) / [l + 2(\alpha - \beta)] \}$$

$$ts \leq t \leq tn'$$

$$T(t) = T'n + [T(ts) - T'n] \exp [-\delta(t - ts) / (24 - l + \beta)]$$

— sinusoidální

$$tn \leq t \leq tx$$

$$T(t) = \frac{1}{2}(Tx + Tn) - \frac{1}{2}(Tx - Tn) \cos [\pi(t - tr - \beta) / (\frac{1}{2}l + \alpha - \beta)]$$

$$tx \leq t \leq tn'$$

$$T(t) = \frac{1}{2}(Tx + Tn') + \frac{1}{2}(Tx - Tn') \cos \{ \pi[t - \frac{1}{2}(tr + ts) - \alpha] / (24 - \frac{1}{2}l - \alpha + \beta) \}$$

— modifikovaný sinusoidální

$$tn \leq t \leq tx$$

$$T(t) = Tn + (Tx - Tn) \sin \{ \pi(t - tr - \beta) / [l + 2(\alpha - \beta)] \}$$

$$tx \leq t \leq tn'$$

viz model sinusoidální

kde: $T(t)$ — teplota v čase t , Tn — nejnížší denní teplota, Tx — nejvyšší denní teplota, Tn' — nejnížší denní teplota následujícího dne, tr — doba východu Slunce, ts — doba západu Slunce, tn — doba dosažení Tn , tx — doba dosažení Tx , tn' — doba dosažení Tn' , α , β , δ — parametry: $\alpha = tx - 12$ = časový úsek mezi polednem a dobou dosažení maximální teploty, $\beta = tn - tr$ = časový úsek mezi dobou dosažení minimální teploty a dobou východu Slunce, δ = parametr rychlosti teplotní změny z $T(ts)$ na $T(tn')$, l — délka dne. Délka dne je počítána způsobem, který publikovali Weir et al. (1984).

Při výpočtech byla použita data (Krečmer, osobní sdělení) zpracovaná v Laboratoři lesnické klimatologie z termografických záznamů pokusné plochy Bědovice [Jíloviště Strnady]. Byly to hodnoty denního chodu teploty vzduchu pro každou sudou hodinu plus hodnoty v 7 a 21 h pro každý den roku z let 1960 až 1963.

Přesnost, se kterou byl simulován denní chod teploty vzduchu pomocí daného matematického modelu, byla statisticky zhodnocena metodou nejmenších čtverců. Parametry funkcí byly určeny tímto postupem: náhodně byly vybrány z intervalu reálných čísel (0,4) parametry funkcí. S těmito parametry byly vypočteny dané teploty a určeny sumy druhých mocnin odchylek od skutečných hodnot teplot denních průběhů. Tento postup byl opakován 200 X vždy s nově náhodně zvolenými parametry. Pro nejmenší sumu druhých mocnin odchylek byly zaznamenány parametry jako konečné. Výpočty byly prováděny pomocí osobního počítače TNS ST.

Byly stanoveny parametry pro teplotní průběhy jednotlivých dnů, ale i pro průměrné měsíční průběhy. Současně byly počítány sumy druhých mocnin odchylek funkčních hodnot funkcí modelů od skutečných průběhů.

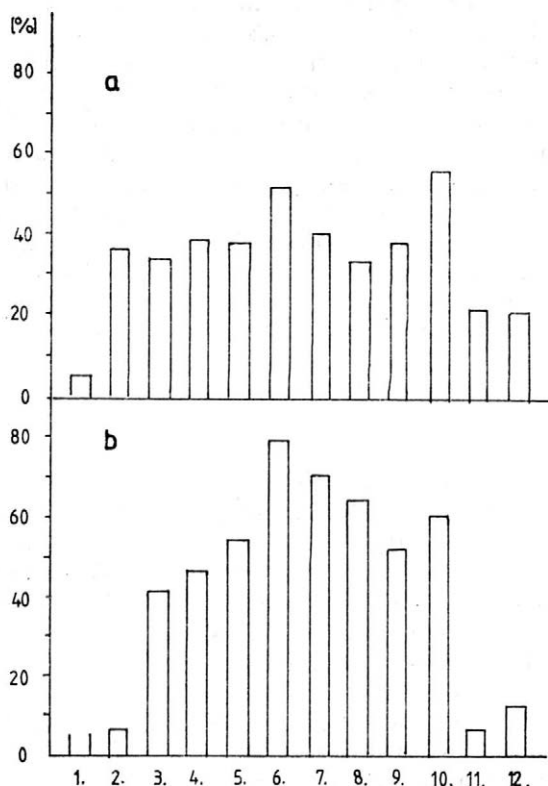
VÝSLEDKY

Počet a rozložení výskytu dní vyhovujících předpokladům matematických modelů jsou významně ovlivněny dobou záznamů teplotních extrémů (obr. 1). Ty byly zaznamenávány denně ve 24 a 21 h. První případ tak zahrnul časový interval 0 až 24 h, čas druhého záznamu se shodoval s dobou záznamů v meteorologických stanicích [Krečmer, osobní sdělení].

Hodnoty parametrů vypočtené pro jednotlivé dny vykazovaly značnou variabilitu, i když byly brány v úvahu pouze dny splňující požadav-

1. Zastoupení dnů vyhovujících modelům v procentech z celkového počtu každého měsíce roku 1962; teplotní extrémů zaznamenávány denně ve 24 h (horní graf) nebo ve 21 h (spodní graf) — Proportion of days complying the models in percent out of the total number of each month of the year 1962; temperature extremes recorded daily at 24 o'clock (upper diagram) or at 21 o'clock (lower diagram)

osa x — měsíce
x axis — months



I. Hodnoty parametrů α , β a δ sinusoexponenciálního modelu průměrných měsíčních chodů teploty (rok 1963) a příslušné sumy čtverců (s) odchylek od skutečných průměrných denních chodů — Values of α , β and δ parameters of sine-exponential model of average monthly temperature courses (1963) and appropriate sums of squares (s) of deviations from actual average diurnal courses

Měsíc ¹	α (h)	β (h)	δ	s
1.	2,12	1,79	3,42	0,76
2.	2,21	1,26	3,31	0,61
3.	2,40	1,63	3,19	1,22
4.	2,05	1,07	2,44	2,85
5.	2,17	1,07	3,10	1,13
6.	1,77	1,07	2,99	2,85
7.	1,89	1,01	3,56	2,40
8.	2,12	1,76	3,49	5,26
9.	1,77	1,41	3,15	1,95
10.	1,61	0,76	3,34	1,78
11.	0,93	0,98	3,67	1,07
12.	1,77	0,73	2,80	0,67

¹month

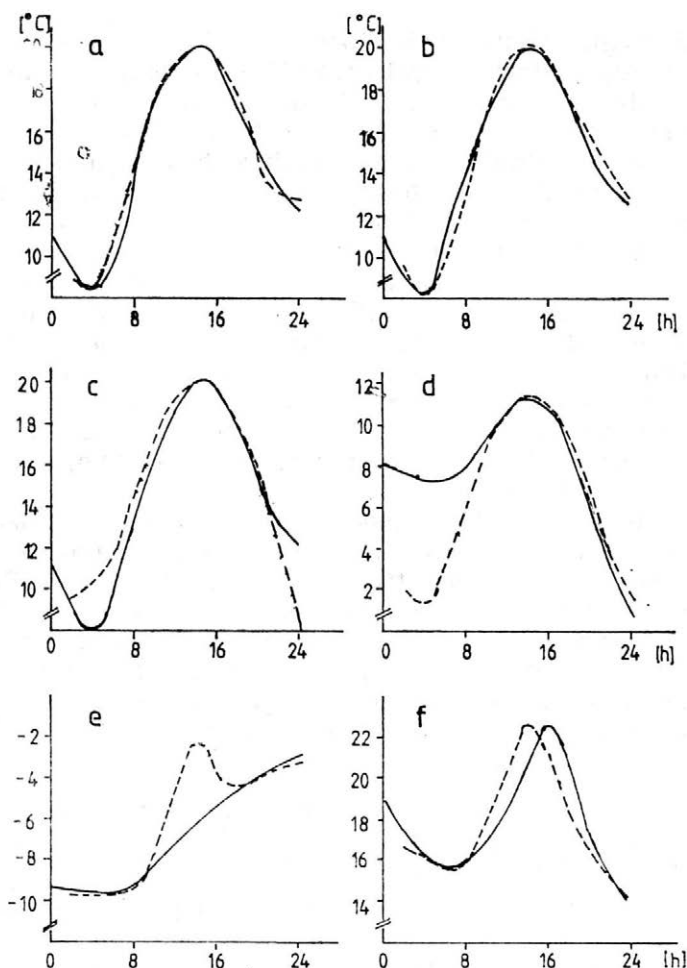
ky matematických modelů. Parametr alfa se pohyboval v intervalu [1,4;3,7] beta [0,2;3,3] a delta [0,6;3,9]. Byly proto stanoveny parametry průměrných měsíčních průběhů. Suma druhých mocnin odchylek teplot sinusoexponenciálního modelu dosahovala průměrné hodnoty za celý rok 1,9, sinusoidálního modelu 27,1 a modifikovaného sinusoidálního 15,7. V tab. I jsou uvedeny hodnoty parametrů a sumy druhých mocnin odchylek pro model sinusoexponenciální, který z uvedených tří modelů simuluje denní chod teploty vzduchu nejpřesněji.

Pokud se v daný den teplotní minimum vyskytovalo kolem východu Slunce a maximum mezi východem a západem Slunce, simulovaný denní chod se téměř shodoval se skutečnými průběhy a shoda byla i u dnů s velmi malou amplitudou (denní teplotní rozsah minimum až maximum). Průměry absolutních hodnot odchylek denních průměrných teplot skutečných a simulovaných průběhů dosahovaly 0,6 °C pro sinusoexponenciální a 0,5 °C pro sinusoidální a modifikovaný sinusoidální model. Na obr. 2a, b, c jsou zakresleny příklady skutečných a simulovaných chodů dne, který vyhovuje předpokladům matematických modelů.

U dnů, jejichž denní minimum se vyskytovalo v půlnoci (tedy během noci došlo ke znatelnému ochlazení), se simulovaný průběh neshodoval se skutečným od časného rána do 10. h dopolední (obr. 2d). Hodnoty denních průměrů simulovaných průběhů byly oproti průměrům skutečných průběhů nižší (průměrně o 0,5 °C), odchylka závisela na velikosti amplitudy. Dny, u nichž se naopak v půlnoci vyskytovalo denní maximum (tedy během noci došlo k oteplení), měly simulovaný průběh znatelně odlišný od skutečnosti mezi východem a západem Slunce (obr. 2e). Hodnoty denních průměrů simulovaných průběhů byly oproti skutečnosti vyšší (průměrně o 0,6 °C), odchylka opět závisela na ampli-

2. Skutečné (—) a simulované (---) denní chody teploty vzduchu; simulace podle modelu sinusoexponenciálního (a, d, e, f), sinusoidálního (b), sinusoidálního modifikovaného (c) — Actual (—) and simulated (---) daily cycles of air temperature; simulation by sine-exponential (a, d, e, f), sinusoidal (b), and sinusoidal modified (c) models

osa x — hodiny
x axis — hours



tudě teplot. Pokud teplotní minimum nastalo dříve nebo později oproti průměrným měsíčním hodnotám, simulovaný chod byl o toto opoždění či urychlení posunut, posunutí však denní průměr neovlivnilo (obr. 2f).

DISKUSE

Autoři modelů (Wann et al., 1985) testovali vhodnost použití modelů na datech některých lokalit ve Spojených státech amerických. Pro data z české lokality Bědovice vyplynuly obdobné poznatky: z uvedených tří modelů simuluje nej přesněji denní chod teploty vzduchu sinusoexponenciální model, naopak nejméně přesně model sinusoidální. Z výpočtů tedy vyplývá, že v praxi je nejvhodnější simulovat chod teploty vzduchu během dne sinusoidou a během noci exponenciálou. Parametry funkcí je vhodné stanovit z průměrných měsíčních chodů teplot. Vzhledem k tomu, že oblačnost i umístění lokality mají významný vliv na hodnoty parametrů, je výhodné vypočítat vlastní parametry pro daný typ lokality. Vhodným měřítkem přesnosti simulovaných chodů byl výpočet součtu druhých mocnin odchylek hodnot simulovaných průběhů

od hodnot skutečných. Počet a rozložení výskytu dní splňujících předpoklady matematických modelů byly značně ovlivněny časem záznamu teplotních extrémů. Z hlediska simulace je lepší jejich záznam ve 21 h. Jsou tak vyloučeny nepřesnosti při simulaci denního chodu teploty vzduchu ve dnech, u nichž dochází během noci ke zřetelnému ochlazení (obr. 2d). Zvýší se totiž hodnota teplotního minima a přiblíží se skutečné hodnotě teploty, která nastává kolem východu Slunce.

V měsících listopad až únor vyhovovalo předpokladům modelů nejméně dní z celého roku. Tento výsledek se shoduje s poznatkem (Chromov, 1968), který uvádí, že v mírných zeměpisných šířkách v zimě denní teplotní minimum většinou připadá na půlnoc a ne na dobu kolem východu Slunce. Uvedené měsíce však nespádají do vegetačního období u většiny rostlin. Měsíce červen až srpen jsou z hlediska rostlinné produkce mnohem důležitější. V těchto dnech můžeme simulovat chod teploty vzduchu sinusoexponenciálním modelem, aniž bychom se dopustili významných chyb.

Byly hodnoceny také teplotní záznamy z dalších výrazně odlišných lokalit (Hurbanovo — nížinná oblast, Skalnaté Pleso — horská oblast, Bědovice — oblast střední nadmořské výšky). Parametry pro shodná období, ale rozdílné oblasti se od sebe značně odlišovaly. Byly počítány také parametry pro dny s různou oblačností a také tento faktor velmi silně ovlivňoval hodnoty parametrů. Zatím bohužel neexistuje obecně platný popis denního chodu teploty vzduchu (Reicosky et al., 1989). Lze předpokládat, že výsledky dosažené naší analýzou jsou použitelné tímto způsobem:

1. použití modelu i s parametry uvedenými v tab. I pro prvou aproximaci nebo v případech, kdy není nutná dokonalá shoda simulovaných a skutečných hodnot;

2. odvození vlastních parametrů pro danou lokalitu a dané časové období;

3. odvození dalších modelů popisujících denní průběh teploty ve dnech, kdy teplotní extrémy neodpovídají předpokladům nebo využitím jiných či dalších údajů meteorologické služby.

Potřeba simulace denního chodu teploty pro účely výzkumu i praxe vzrůstá. Tato potřeba je dále umocněna úsilím o adekvátní simulaci denního chodu teploty i v půdě (Langholz, 1989; Rodskjer et al., 1989). Lze proto očekávat i rychlejší pokrok při konstrukci stále realističtějších matematických modelů.

Literatura

- GALLAGHER, J. N.: Field studies of cereal leaf growth. I. Initiation and expansion in relation to temperature and ontogeny. *J. Exp. Bot.*, 30, 1979, s. 625-636.
- CHROMOV, P.: Meteorológia a klimatológia. Bratislava, SAV 1968.
- LANGHOLZ, H.: A simple model for predicting daily mean soil temperatures. *J. Agron. Crop Sci.*, 163, 1989, s. 312-318.
- PARTON, W. J. — LOGAN, J. A.: A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agric. Meteorol.*, 23, 1981, s. 205-216.
- REICOSKY, D. C. — WINKELMAN, L. J. — BAKER, D. G.: Accuracy of hourly air temperatures calculated from daily minima and maxima. *Agric. Forest Meteorol.*, 46, 1989, s. 193-209.

RODSKJER, N. — TUVESSON, M. — WALLSTEN, K.: Soil temperature during the growth period in winter wheat, spring barley and ley compared with that under a bare soil surface at Ultuna, Sweden. Swedish J. agric. Res., 19, 1989, s. 193-202.

WANN, M. — YEN, D. — GOLD, H. J.: Evaluation and calibration of three models for daily cycle of air temperature. Agric. For. Meteorol., 34, 1985, s. 121-128.

WEIR, A. H. — BRAGG, P. L. — PORTER, J. R. — RAYNER, J. H.: A winter wheat crop simulation model without water or nutrient limitations. J. agric. Sci. (Cambridge), 102, 1984, s. 371-382.

Došlo dne 4. 10. 1990

I. MLADIČOVÁ, L. NÁTR (The Charles University, Faculty of Natural Sciences, Praha):

Mathematical modelling of daily course of air temperature.

Rostl. Výr., 37, 1991 (11) : 911-918.

For mathematical modelling of plant growth, it appears to be more and more important to simulate apply the daily course of temperatures as most of meteorological services are provided only by certain methods of measuring the daily averages, minimum and maximum temperatures. An applicability of three mathematical functions which were undergone to examinations by Wann et al. (1985) in conditions of the North America, are evaluated in this paper, that is:

sine-exponential:

if $tn \leq t \leq ts$, then

$$T(t) = T_n + (T_x - T_n) \sin \{ \pi(t - tr - \beta) / [l + 2(\alpha - \beta)] \}$$

if $ts \leq t \leq tn'$, then

$$T(t) = T_n' + [T(ts) - T_n'] \exp [-\delta(t - ts) / (24 - l + \beta)]$$

sinusoidal:

if $tn \leq t \leq tx$, then

$$T(t) = \frac{1}{2}(T_x + T_n) - \frac{1}{2}(T_x - T_n) \cos [\pi(t - tr - \beta) / (\frac{1}{2}l + \alpha - \beta)]$$

if $tx \leq t \leq tn'$, then

$$T(t) = \frac{1}{2}(T_x + T_n') + \frac{1}{2}(T_x - T_n') \cos \{ \pi[t - \frac{1}{2}(tr + ts) - \alpha] / (24 - \frac{1}{2}l - \alpha + \beta) \}$$

modified sinusoidal:

if $tn \leq t \leq tx$, then

$$T(t) = T_n + (T_x - T_n) \sin \{ \pi(t - tr - \beta) / [l + 2(\alpha - \beta)] \}$$

if $tx \leq t \leq tn'$, then

see sinusoidal model.

Symbols in given relationships:

$T(t)$ — temperature in t time, T_n — lowest daily temperature, T_x — highest daily temperature, T_n' — lowest daily temperature next day, tr — time of sunrise, ts — time of sunset, tn — time of reaching T_n , tx — time of reaching T_x , tn' — time of reaching T_n' , α , β , δ — parameters: $\alpha = tx - 12$ — time interval between noon and time of reaching the maximum temperature, $\beta = tn - tr$ — time interval between time of reaching minimum temperature and time of sunrise, δ — parameter of rate of temperature change from $T(ts)$ to $T(tn')$, l — length of day. Length of day is calculated after Weir et al. (1984).

The data read from thermograph for each even hour and at 7 and 21 o'clock in addition, that is 12 values for each 24 hours, and for the period of four hours, were used as input data. It was more suitable to derive the parameters through the calculation of the daily course of monthly average temperatures than from average daily temperatures. The course of temperatures is simulated the best by sine-exponential model of three given models. The sinusoidal function is used for the interval from reaching the maximum temperature to sunset, and an exponential function in used for the remaining parts of the day. The number and distri-

bution of days complying the prerequisites of mathematical models are significantly influenced by the time of recording the temperature extremes (Fig. 1). Reading of daily temperature extremes at 21 o'clock was more suitable for correctness of the parameters derived than reading at 24 o'clock.

In June to August (growing season of most plants) the regular temperature course is kept on an average in 72% days. Thus, a prerequisite of the models is fulfilled: an occurrence of daily minimum early in the morning and maximum in time from sunrise to sunset; simulated and actual course are almost identical. An accordance was also in days with very low amplitude (daily temperature range: minimum to maximum).

In days daily minimum of which was at midnight (the weather became much colder overnight), the simulated course did not fall in with actual course from the very early morning to 10 o'clock a.m. (Fig. 2d). Daily average values of simulated courses were lower compared with averages for actual courses (on an average by 0.5 °C), the deviation depended on the amplitude value. The days when at midnight was the daily maximum (that is, it got warmer during night), the simulated pattern was markedly different from an actual one between sunrise and sunset (Fig. 2e). The values of daily averages of simulated courses were higher compared with reality (by 0.6 °C on an average), the deviation was dependent again on temperature amplitude. As far as the temperature minimum was early or later in comparison with average monthly values, the simulated course was shifted by this delay or acceleration, but the shift did not affect the daily average (Fig. 2f).

The values of parameters calculated for different days exhibited a high variability, though only the days complying the needs of mathematical models were taken into account. The α parameter ranged in interval (1.4 to 3.7), β (0.23 to 3.3) and δ (0.6 to 3.9).

The possibilities using the given results are as follows: 1. Using the model together with parameters given in Tab. I for the 1st approximation when the parameters proper are derived for the given site and for the given time or in cases when perfect accordance of simulated and actual values is not necessary. 2. Derivation other models describing the daily course of temperature on the days when temperature extremes do not correspond to prerequisites, or to uses of other data of weather services.

Anton Sasin

Výskumný a šľachtiteľský ústav chmeliarsky, 916 24 Horná Streda

Na úrodách chmeľu ($1,193 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) sa najviac podieľa množstvo zrážok v mesiaci jún a júl spolu na úrode v Trebaticiach a v Trenčianskej Turnej (23,9 až 20,8 %). Najvyšší podiel zrážok na úrode činil v júli v Urminciach 40,2 % vo Veľkých Ripňanoch a v Trenčianskej Turnej 27,6 až 28 % a v Trebaticiach a v Ostrove 19,5 až 19,6 %. Najvyššie úrody sme dosiahli pri zrážkovo normálnom júni a júli a naopak najnižšie pri veľmi vlhkom júni a mimoriadne suchom júli a tiež pri zrážkovo normálnom júni a veľmi suchom júli. Najvhodnejšia priemerná teplota vo vegetačnom období v našich podmienkach bola 15,9 až 16,6 °C. Znížené teploty pôsobili negatívne na výšku úrody, naopak zvýšené teploty v mesiaci jún (16,8 až 18,5 °C) pri normálnych zrážkach pôsobili na výšku úrody pozitívne.

Z agroekologických faktorov má rozhodujúci význam počasie cez vegetačné obdobie, a to hlavne zrážky a priemerné teploty. Vplyv počasia na úrodách poľných plodín udáva Vrkoč (1981) u poľných plodín 15 %. Príčiny nízkych úrod vidí Fric (1978) nielen v množstve zrážok a ich rozdelení počas vegetácie, ale i v priebehu teplôt a slnečného žiarenia.

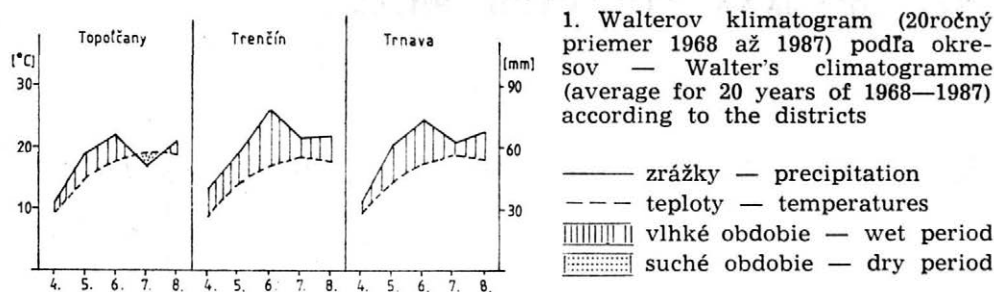
Za najvhodnejšiu priemernú teplotu pre intenzívny rast chmeľu udáva Mohl (1924) 15 až 18 °C, Karabanov (1959) udáva optimálnu teplotu 18 až 22 °C, Zázvorka, Zima (1956) vo vegetačnom období 15 až 17 °C, Linke, Rebl (1950) 16 až 18 °C. Pri týchto teplotách sa dosahuje vysokých úrod pri dostatku zrážok.

Grenčík (1974) charakterizuje piešťanskú oblasť za preukazne teplejšiu. Chladno v mesiaci júni bolo príčinou zníženia úrod v rokoch 1965, 1966 a 1969 (Grenčík, 1974). Mohl (1924), Linke, Rebl (1950), Klapal, Klapal (1963) uvádzajú, že júnové a júlové zrážky rozhodujú o výške úrody.

Zelenka (1963) zistil náročnosť chmeľu na zrážky počas kvitnutia a počiatku hlávkovania. Význam vody pre chmeľ v dobe tvorby hlávok potvrdzujú rovnako Slanský et al. (1971). Najväčšie nároky na vodu boli zistené v mesiaci júl a august, a to v každom mesiaci viac než 100 mm.

MATERIÁL A METÓDA

Úroveň dosahovaných hektárových úrod a ich trendy za obdobie 20 rokov (1968 až 1987) sme hodnotili v súbore podnikov najbližších k meteorologickým staniciam, v ktorých sme zisťovali koreláciu medzi hektárovými úrodami a zrážkami za jún a júl osobitne a spolu. Podobne



sme urobili koreláciu medzi úrodami a teplotami za vegetačné obdobie chmeľu (apríl až august).

Priemerné teploty vo vegetačnom období (tab. I, obr. 1) v topoľčianskej časti 15,9 °C, v trenčianskej časti 15,2 °C, v trnavskej časti 15,6 °C boli oproti dlhodobému normálu nižšie v topoľčianskej časti o 0,2 °C, resp. v trenčianskej časti a v trnavskej časti o 0,5 °C. Zvýšenie teplôt sme zistili spolu za 20 rokov len v roku 1983, a to v topoľčianskej časti 17,8 °C, v trenčianskej časti 16,7 °C a v trnavskej časti 17,4 °C. Naopak zníženie teplôt sme zistili viackrát, napr.: v topoľčianskej časti v roku 1980 (14,5 °C), 1984 (14,6 °C), 1978 (14,9 °C); v trenčianskej časti 1980 (13,6 °C), 1970, 1978 (14,2 °C), 1984 (14,4 °C), 1974 (14,6 °C); v trnavskej časti 1980 (13,9 °C), 1978 (14,5 °C), 1984 (14,8 °C).

I. Priemerné mesačné teploty v °C podľa okresov a percento z dlhodobého normálu za 20 rokov (1968 až 1987) — Average monthly temperatures in °C according to the districts and percent of long-time normal for 20 years (1968 to 1987)

Okres ¹ Meteorologická stanica ²	Mesiace ⁷					
	4.	5.	6.	7.	8.	4.—8.
Časový normál ³ (Topoľčany 1951—1967)	10,0	14,1	18,0	19,4	18,8	16,1
Veľké Ripňany	9,5	14,9	17,6	19,2	18,6	15,9
% k časovému normálu ⁴	95,0	105,6	97,7	98,9	98,9	98,7
Dlhodobý normál ⁵ (Trenčín 1931—1960)	9,3	14,3	17,6	19,2	18,4	15,7
Trenčianske Biskupice	8,8	14,2	17,0	18,4	17,8	15,2
% k dlhodobému normálu ⁶	94,6	99,3	96,5	95,8	96,7	96,8
Dlhodobý normál ⁵ (Trnava 1931—1960)	9,7	14,6	17,8	19,6	18,8	16,1
Piešťany	9,2	14,6	17,4	18,9	18,3	15,6
% k dlhodobému normálu ⁶	94,8	100,0	97,7	96,4	97,3	96,8

¹district, ²meteorological station, ³time normal, ⁴% to time normal, ⁵long-time normal, ⁶% to long-time normal, ⁷months

II. Priemerné mesačné zrážky v °C podľa okresov a percento z dlhodobého normálu za 20 rokov (1968 až 1987) — Average month's precipitation in °C according to the districts and percent of long-time normal for 20 years (1968 to 1987)

Okres ¹ Meteorologická stanica ²	Mesiace ⁷			
	4.	7.	6.—7.	4.—8.
Časový normál ³ (Topoľčany 1931—1960)	66	73	139	291
Veľké Ripňany	65,7	50,4	116,2	267,6
% k časovému normálu ⁴	100,9	69,0	83,6	91,9
Dlhodobý normál ⁵ (Trenčín 1911—1960)	76	79	155	331
Trenčianske Biskupice	78,7	64,9	143,6	305
% k dlhodobému normálu ⁶	103,5	82,2	92,6	92,2
Dlhodobý normál ⁵ (Trnava 1911—1960)	72	72	144	308
Piešťany	74,9	63,9	138,8	308,2
% k dlhodobému normálu ⁶	104,0	88,7	96,3	100,0

For 1—7 see Tab. II

Zrážky za jún a júl počas 20 rokov boli blízko normálu (tab. II, obr. 1) v topoľčianskej časti (116,2 mm = 83,6 %), v trenčianskej časti (143,6 mm = 92,6 %) aj v trnavskej časti (138,8 mm = 96,3 %). Aj júňové zrážky v topoľčianskej časti 66 mm boli normálne (100,9 %), podobne i v trenčianskej časti 78,7 mm (103,5 %) i v trnavskej časti 74,9 mm (104,0 %). Avšak júlové zrážky v topoľčianskej časti už boli podnormálne (50,4 mm = 69,0 %), kým v trenčianskej časti normálne (64,9 mm = 82,2 %) aj v trnavskej časti (63,9 mm = 88,7 %).

VÝSLEDKY

U sledovaných podnikov vo výrobnnej oblasti za 20 rokov (1968 až 1987) sme dosiahli úrodu 1,193 t. ha⁻¹ (tab. III). Najvyššiu priemernú úrodu mali podniky: Trenčianska Turná, Soblahov (1,402 až 1,326 t. ha⁻¹) pred Nitrianskou Blatnicou, Ostrovom, Trebatovicami a Urmincami (1,238 až 1,108 t. ha⁻¹). Vysoko preukazne klesajúce trendy sme zistili v Nitrianskej Blatnici, Soblahove ($r = -0,67^{++}$ až $-0,60^{++}$), ďalej preukazne klesajúce v Urminciach, Trenčianskej Turnej ($r = -0,49^{+}$ až $-0,44^{+}$) a nepreukazne v Ostrove, Veľkých Ripňanoch a Trebatovicach. Najvyššiu úrodu v rokoch sme dosiahli v 1970, 1975 (1,586 až 1,503 t. ha⁻¹) v ostatných rokoch (1971, 1968, 1973, 1985, 1982, 1977, 1987) boli úrody 1,467 až 1,222 t. ha⁻¹ a v rokoch 1971, 1980, 1981, 1984, 1969, 1973, 1976 boli úrody 1,175 až 1,058 t. ha⁻¹. Najnižšie úrody boli v rokoch 1978, 1983, 1986 (0,944 až 0,784 t. ha⁻¹).

III. Priemerné úrody chmeľu v t.ha⁻¹ za roky 1968—1987 — Average hop yields in t per ha for 1968—1987

Rok ²	Okres ¹							$\bar{x}$	V v %	Index ³ $\frac{\bar{x}}{1968-1987} = 100$
	Topoľčany			Trenčín		Trnava				
	Nitrianská Blatnica	Urmince	Veľké Ripňany	Soblahov	Trenčian- ská Turná	Ostrov	Trebatice			
1968	1,705	1,156	1,030	1,873	1,514	1,247	1,120	1,3779	23,41	115,46
1969	1,442	1,066	0,777	1,541	1,187	1,053	0,740	1,1151	27,26	93,44
1970	1,491	1,522	1,376	1,914	1,619	1,863	1,319	1,5863	14,42	132,92
1971	1,521	1,254	0,948	1,353	1,240	0,997	0,914	1,1753	19,42	98,48
1972	1,643	1,492	1,451	1,341	1,968	1,352	1,028	1,4679	19,76	123,00
1973	1,427	1,220	1,026	1,363	1,681	1,259	1,174	1,3071	16,04	109,53
1974	1,301	1,017	0,778	0,940	1,515	0,792	1,167	1,0729	25,32	89,90
1975	1,737	1,360	1,090	1,366	1,901	1,509	1,560	1,5033	17,73	125,97
1976	0,966	0,926	0,679	1,281	1,515	1,019	1,020	1,0580	25,33	88,65
1977	1,251	1,427	0,896	1,490	1,516	1,198	0,935	1,2447	20,40	104,30
1978	0,966	0,881	0,643	0,987	0,949	1,072	1,112	0,9443	16,27	79,13
1979	1,084	1,126	0,785	1,520	1,393	0,725	1,096	1,1041	26,22	92,52
1980	1,104	1,211	0,727	1,438	1,438	1,091	1,112	1,1601	20,96	97,21
1981	1,087	1,123	0,866	1,383	1,249	1,100	1,113	1,1316	14,01	94,82
1982	1,170	0,946	1,129	1,501	1,385	1,436	1,500	1,2953	16,60	108,53
1983	0,717	0,685	0,750	1,004	0,908	0,807	0,969	0,8343	15,19	69,91
1984	0,638	0,979	1,168	1,303	1,332	1,113	1,375	1,1297	22,78	94,66
1985	1,273	1,282	1,471	1,157	1,585	1,450	1,245	1,3519	11,24	112,44
1986	0,842	0,643	0,973	0,720	0,960	0,808	0,546	0,7846	20,24	65,74
1987	1,400	1,100	1,130	1,060	1,190	1,560	1,120	1,2229	15,18	102,47
$\bar{x}$	1,2382	1,1208	0,9846	1,3267	1,4022	1,1725	1,1082	1,1934		
V v %	25,46	21,38	25,29	22,16	20,50	25,04	21,24		25,09	
Index ³ $\frac{\bar{x}}{1968-1987} = 100$	103,75	93,92	82,50	111,17	117,50	98,25	92,86			

¹district, ²year, ³index

IV. Korelačné vzťahy medzi úrodou a počasím (1968 až 1987) — Correlations between yield and weather (1968—1987)

Poľnohospodársky podnik ¹	Úrody ² (t.ha ⁻¹)	Zrážky ³ (jún)		Zrážky (júl)	
		percentuálny podiel vplyvu na úrode ⁴	korelačný koeficient ⁵	percentuálny podiel vplyvu na úrode ⁴	korelačný koeficient ⁵
1. Nitrianska Blatnica	1,238	-7,3	$r = -0,26$	18,7	$r = 0,41$
2. Urmince	1,120	-2,6	$r = -0,16$	40,2	$r = 0,64^{++}$
3. Veľké Ripňany	0,984	-1,4	$r = -0,11$	27,6	$r = 0,52^{+}$
4. Soblahov	1,327	1,4	$r = 0,08$	9,1	$r = 0,28$
5. Trenčianska Turná	1,402	1,7	$r = 0,07$	28,0	$r = 0,51^{+}$
6. Ostrov	1,172	0	$r = -0,02$	19,6	$r = 0,45^{+}$
7. Trebatice	1,108	6,7	$r = 0,26$	19,5	$r = 0,47^{+}$

¹agricultural enterprise, ²yields, ³precipitation, ⁴% of proportion of influence on yield, ⁵correlation coefficient

Zistili sme preukazný vplyv zrážok ($r = 0,49^{+}$) v Trebaticiach s podielom 23,9 % a v Trenčianske Turnej ($r = 0,43^{+}$) s podielom 20,8 % (tab. IV). Ďalej sme zistili nepreukazný vplyv priemerných teplôt ($r = 0,10$) za apríl až august v Nitrianskej Blatnici s podielom 1,2 % (tab. V). U ostatných podnikov pri priemerných teplotách 15,2; 15,6; 15,9 °C a nižších bol nepreukazný záporný vplyv.

Zistili sme tiež vysoko preukazný vplyv zrážok za júl na úrodu v Urminciach ($r = 0,64^{++}$) s podielom 40,2 %, resp. preukazný vplyv vo Veľkých Ripňanoch ($r = 0,52^{+}$) s podielom 27,6 %, v Trenčianskej Turnej ($r = 0,51^{+}$) s podielom 28 %, v Trebaticiach ($r = 0,17^{+}$) s podielom 19,5 % a v Ostrove ($r = 0,45^{+}$) s podielom 19,6 %.

V. Korelačné vzťahy medzi úrodou a počasím (1968 až 1987) — Correlations between yield and weather (1968—1987)

Poľnohospodársky podnik ¹	Úrody ² (t.ha ⁻¹)	Zrážky ³ (jún + júl)		Priemerná teplota ⁶	
		percentuálny podiel vplyvu na úrode ⁴	korelačný koeficient ⁵	percentuálny podiel vplyvu na úrode ⁴	korelačný koeficient ⁵
1. Nitrianská Blatnica	1,238	2,0	$r = 0,14$	1,2	$r = 0,10$
2. Urmince	1,120	13,3	$r = 0,38$	-5,2	$r = -0,25$
3. Veľké Ripňany	0,984	9,8	$r = 0,32$	-1,1	$r = 0,12$
4. Soblahov	1,327	7,7	$r = 0,26$	-1,5	$r = -0,09$
5. Trenčianska Turná	1,402	20,8	$r = 0,43^{+}$	-5,7	$r = -0,19$
6. Ostrov	1,172	7,5	$r = 0,28$	-3,9	$r = -0,20$
7. Trebatice	1,108	23,9	$r = 0,49^{+}$	-9,5	$r = -0,32$

For 1—5 see Tab. IV, ⁶average temperature

Najvyššie úrody sme dosiahli v rokoch pri zrážkovo normálnom júni a zrážkovo normálnom júli. Najnižšie úrody boli v rokoch s veľmi vlhkým júnom a mimoriadne suchým júlom a tiež zrážkovo normálnym júnom a veľmi suchým júlom. Pritom za rozhodujúce pre výšku úrody sa považujú nadpriemerné zrážky v júni a júli (Mohl, 1924; Klapal, Klapal, 1963; Zelenka, 1963). Najvhodnejšia priemerná teplota vo vegetačnom období pre intenzívny rast chmeľu bola v našich podmienkach 15,9 až 16,6 °C (Mohl, 1924; Zázvorka, Zima, 1956). Znížené teploty vo vegetačnom období pri nižších zrážkach pôsobili negatívne na výšku úrody. Zvýšené teploty v mesiaci júni (16,8 až 18,5 °C) pri normálnych zrážkach pôsobili pozitívne na výšku úrody (Grenčík, 1974).

Literatúra

- FRIC, V.: Zamyšlení nad některými úkoly před zahájením příprav na budoucí úrodu chmele. Chmelařství, 51, 1978, č. 11, s. 161.
- GRENCÍK, M.: Štúdium územnej rajonizácie chmeľu na Slovensku. [Kandidátska dizertácia.] Nitra, 1974.
- KARABANOV, J. B.: Rost, rozvitie i urožaj chmeľa pervogo goda posadki v svjazi s meteorologičeskimi uslovijami i uslovijami pitanija. Trudy VI. 1959.
- KLAPAL, M. — Klapal, I.: Vliv vody a tepla na vzrůst a výnos chmele. Chmelařství, 36, 1963, č. 5.
- LINKE, W. — REBL, A.: Der Hopfenbau. Nürnberg, 1950.
- MOHL, A.: Chmelařství. II. Díl. Praha, 1924.
- SLANSKÝ, J. — SACHL, J. — KOPECKÝ, J.: Závlaha chmele. Met. Závad. Výsl. Výzk. Praxe, 1971, s. 25.
- VRKOČ, F.: Agrotechnické základy tvorby výnosů hlavních polních plodin. 1981, s. 56.
- ZÁZVORKA, V. — ZIMA, F.: Chmelařství. Praha, 1956.
- ZELENKA, V. a kol.: Chmelařství. Praha, SZN 1963, s. 65-66.

Došlo 4. 7. 1991

A. SASIN (Hop Research and Breeding Institute, Horná Streda):
Effects of weather on hop yields.
 Rostl. Výr., 37, 1991 (11) : 919-924.

The greatest contributions to hop yields of 1.193 t per ha were made by precipitation sums in both June and July (23.9 to 20.8 %) at Trebatice and Trenčianska Turná. In July alone the greatest contribution of precipitation to the yield was recorded at Urmince (40.2 %), at Velké Ripňany and Trenčianska Turná (27.6 to 28 %) and at Trebatice and Ostrov (19.5 to 19.6 %). The highest yields were obtained in June and July at normal pattern of precipitation and on the other hand, lowest yields were recorded when July was very wet and July was extremely dry and as well as when June was normal and July was very dry. In our conditions during the growing season, the most suitable temperature was 15.9 to 16.6 °C. Lower temperatures affected the yield, on the contrary, higher temperatures in June (16.8 to 18.5 °C) when normal precipitation exhibited a positive influence on the yield.

ZÁVISLOST VÝNOSU RANÝCH ODRŮD BRAMBOR NA NĚKTERÝCH CHARAKTERISTIKÁCH RŮSTU

Jaromír Zrůst, Jaroslav Čepl

Výzkumný ústav bramborářský, 580 03 Havlíčkův Brod

Vztah mezi výnosem hlíz a 12 proměnnými, většinou růstovými charakteristikami se zjišťoval jako podklad pro modelování porostů raných brambor. Vysoce průkazný vztah byl zjištěn u integrální listové plochy, listové pokryvnosti a počtu listů na nejvyšším stonku. Mezi 16 sledovanými proměnnými byla zjištěna jejich vzájemná korelace v souboru osmi odrůd v průměru ze čtyř let. Potvrdily se vysoce významné vztahy mezi některými charakteristikami růstu. Významnost těchto vztahů byla v některých případech odrůdově rozdílná. I mezi dalšími ukazateli (morfologickými znaky, výnosotvornými prvky) a výnosem byly nalezeny významné korelace.

Analýza růstu porostu brambor, podobně jako porostů jiných kulturních rostlin, vyžaduje zaznamenávat velký počet údajů o prostředí i rostlinách v něm rostoucích. Jejich zpracování je komplikované a získání obecně platných zákonitostí pro charakteristiku jejich růstu a zejména průběhu jejich produkčního procesu je nesnadné. Tvorba výnosu se na poli uskutečňuje v nedostatečně kontrolovaných podmínkách (při neustálých denních a vegetačních změnách klimatických faktorů), a tím změnách produkčních a růstových procesů v rostlinách.

Pro popis chování takového živého systému se alespoň v určité míře hodí dynamický model, popisující časový průběh jevů (France, Thornley, 1984). Konkrétní model pro růst brambor (s ohledem na fyziologické a morfologické detaily) vyvinuli Ng, Loomis (1983) a Fishman et al. (1985). Posledně jmenovaní použili model simulující produkci porostu za měnících se meteorologických podmínek.

Dříve než se k zpracování takovýchto systémů může přikročit, je třeba nashromáždit velké množství hodnověrných údajů. Kvantitativní popis struktur rostliny je metodicky náročný. Jednoznačná není ani interpretace všech získaných údajů. V našem ústavu jsme se nejdříve pokusili o vyhledání závislostí mezi některými fyziologickými procesy a hospodářským výnosem, případně raností.

MATERIÁL A METODA

V polním pokusu zakládaném v letech 1986 až 1989 jsme měli zařazeno šest velmi raných a dvě rané odrůdy (Kera, Klára, Ostara, Resy, Gloria a Toccata — velmi rané, Karla a Šárka — rané). Některé jejich charakteristiky včetně původu a metodiky pokusu uvádí Zrůst (1991). K hodnocení produktivity porostu brambor jsme zvolili metodu

analýzy růstu (Květ et al., 1971), kterou pro brambory modifikovali Nečas (1966) a Nečas et al. (1966). Listovou plochu jednotlivých odrůd jsme měřili během vegetace pomocí přístroje LI-3100 Area Meter, fy LI-COR (USA).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vzájemné závislosti výnosu a 12 charakteristik, vypočítané souhrnně za čtyři roky pokusů, jsou uvedeny v tab. I. Vysoce průkazný vztah k výnosu byl zjištěn u integrální listové plochy (LAD), listové pokryvnosti (LAI) a počtu listů na nejvyšším stonku u sedmi odrůd. Pouze u odrůdy Kera nebyl vysoce průkazný vztah všech zmíněných charakteristik k výnosu potvrzen. Důvodem odlišného chování odrůdy Kera byl vyšší výskyt nemocných rostlin v roce 1989. Při výpočtu těchto korelací ze souboru prvních tří let pokusu byly získány u této odrůdy rovněž vysoce průkazné závislosti (0,737 u LAD , 0,717 u LAI). Mezi počtem listů na nejvyšším stonku a výnosem se korelační koeficient zvýšil na hodnotu 0,537, ale nebyl statisticky významný. Maximální výška trsu, která u většiny odrůd souvisí s osazením listů na stonku, resp. jejich počtem, měla vysoce průkazný vztah k výnosu u poloviny odrůd zařazených v pokusu a průkazný u jedné odrůdy.

U ostatních charakteristik růstu mimo dvě již jmenované (LAD a LAI) nebyla nalezena významná korelace s výnosem u většiny odrůd zahrnutých v pokusu. Maximální hodnota poměrné listové plochy vztažené na sušinu bez hlíz (LAR_s) měla průkazný vztah k výnosu hlíz u čtyř z osmi odrůd. Jde o odrůdy Klára, Ostara, Resy a Karla s listovým typem trsu.

Obě dílčí složky této růstově analytické charakteristiky (SLA a LWR_s) mají nerovnoměrný podíl na korelaci s výnosem. Zatímco specifická listová plocha (SLA) měla u čtyř odrůd průkazný vztah k výnosu (z tohoto počtu byl u tří odrůd vztah vysoce průkazný), podíl sušiny listů v sušině trsu bez hlíz (LWR_s) neměl ani u jedné odrůdy průkazný vztah k výnosu.

Nejvyšší hodnota rychlosti růstu porostu (CGR) ve vegetaci vykazovala u tří odrůd průkazný vztah k výnosu, resp. u dvou odrůd vysoce průkazný. Na počátku vegetace měla tato charakteristika u všech odrůd negativní vztah k výnosu (u tří odrůd významný). I relativní rychlost růstu vztažená na sušinu trsu bez hlíz (RGR_s) měla na počátku vegetace u většiny odrůd negativní vztah k výnosu (nebyl však významný ani v jednom případě).

Poslední dvě jmenované charakteristiky (CGR , RGR_s), zejména jejich počáteční hodnoty, byly rovněž počítány pro námi předpokládaný vztah k ranosti odrůd. Jeho významnost však zjištěna nebyla. Naše výsledky v podstatě souhlasí s výsledky, které uveřejnily Rasochová et al. (1988), v jejichž pokusech se prokázalo, že počáteční rychlost růstu natě není ve vztahu k délce vegetační doby jednotlivých odrůd, je odrůdově determinována a vnější faktory tuto vlastnost pouze modifikují.

Také výsledky, které publikovali Singh, Singh (1987), potvrzují naše poznatky týkající se vztahu listové plochy k výnosu. V pokusech s 20 odrůdami brambor zjistili v jednom roce průkazný vztah

I. Vzájemné závislosti výnosu a 12 charakteristik, vypočítané souhrnně za čtyři roky (1986 až 1989) u osmi odrůd (korelační koeficienty) — Correlations between the yield and 12 characteristics calculated as a sum for four years (1986 to 1989) in eight varieties (correlation coefficients)

	Kera	Klára	Ostara	Resy	Gloria	Toccata	Karla	Šárka
Relativní růstová rychlost RGR_s (v prvním termínu) ¹	0,342	-0,208	-0,264	-0,224	-0,487	0,212	-0,461	-0,029
Rychlost růstu porostu CGR (v prvním termínu) ²	-0,381	-0,513+	-0,435	-0,456	-0,550+	-0,202	-0,617+	-0,310
Rychlost růstu porostu CGR_{max} (max. hodnota) ³	0,169	0,283	0,604+	0,613	0,737++	0,729++	0,209	0,470
Poměrná listová plocha LAR_s (maximální hodnota) ⁴	0,054	0,503+	0,555+	0,608+	0,468	0,316	0,517+	0,437
Specifická listová plocha SLA (maximální hodnota) ⁵	-0,036	0,416	0,598+	0,657++	0,739++	0,259	0,461	0,842++
Podíl sušiny listů v sušině trsu bez hlíz LWR_s (maximální hodnota) ⁶	0,236	0,072	-0,363	0,383	0,456	0,330	-0,112	-0,091
Listová pokrývnost LAI (maximální hodnota) ⁷	0,463	0,750++	0,863++	0,886++	0,781++	0,807++	0,798++	0,780++
Integrální listová plocha LAD ⁸	0,589+	0,704++	0,885++	0,936++	0,916++	0,830++	0,766++	0,927++
Dynamika klíčení ⁹	-0,181	0,153	0,440	-0,174	-0,642++	-0,550+	-0,169	-0,182
Počet dnů od výsadby do počátku tvorby hlíz ¹⁰	-0,350	-0,707++	-0,845++	-0,916++	-0,550+	-0,648++	-0,415	-0,457
Maximální výška trsu ¹¹	-0,388	0,239	0,631++	0,455	0,617+	0,738++	0,709++	0,767++
Počet listů na nejvyšším stonku ¹²	0,384	0,734++	0,722++	0,785++	0,766++	0,690++	0,781++	0,710++

+ — průkazný vztah¹³

++ — vysoce průkazný vztah¹⁴

Index s značí, že byly při výpočtu růstově analytické charakteristiky vztaženy k sušině trsu bez hlíz (Nečas, 1966)¹⁵

¹relative growth rate RGR_s (first date), ²crop growth rate CGR (first date), ³crop growth rate CGR_{max} (maximum value), ⁴leaf area ratio LAR_s (maximum value), ⁵specific leaf area SLA (maximum value), ⁶leaf weight ratio on total less tuber dry weight basis LWR_s (maximum value), ⁷leaf area index LAI (maximum value), ⁸leaf area duration LAD , ⁹emergence dynamics, ¹⁰number of days from planting to onset of tuber formation, ¹¹maximum hill height, ¹²number of leaves on the highest stalk, ¹³significant relation, ¹⁴highly significant relation, ¹⁵s index means, that growth analytical characteristics were associated with dry hill without tubers (Nečas, 1966)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	—							
2		—						
3	x xx xx xx	x- x-	—					
4	x- x- x-	xx x xx xxxxxxxx	x-	—				
5	x xx xxx	x-	x-	x-	—			
6	xxxx xx xxxxxxxx		x xx x x		xx x xx xxxx x	—		
7	xxxxx xx xxxxxxxx		x x xx xx x xx		xx xxxx xxxxx	xxxxxxxx xxxxxxxx	—	
8	xx xxxx xx	x	x x		xx x xxxx	xxxx xxxx x	x xx xx xxxx	—
9			x		xx-			x- x-
10	xx xx x xx x	x- x	x xx	x-	x	xx x	xx xx x x	
11	xx- x-	xx x-		xx	x x xx- x- x-	x- x- x-		x- xx-
12	xx x xxxx xx				xxxx x x xxxx x	x xx x xxxx x	xx xx xx xx	xx x xxxxxxxx
13	xxxx xx xxxxxxxx		x xxx	x-	xx	xx x x xx xxxxx	xx xxxxx xxxxxx xx	x xx
14	xxxx- x- xxxx-	x-	xx- x-		xx-x-x-x- x-x-	xx-x-x-x- xx-xx-xx-	xx-x-xx-x- xx-xx-x-	xx-xx-xx- xx-
15	xx x x	x-	xxxxxx xxxxxxxx			x xx	xx xx x	
16			xx xx		x-			

listové plochy s výnosem 75 dnů po výsadbě, ve druhém roce zaznamenali totéž ve třech termínech (45, 60 a 75 dnů po výsadbě). Také relativní rychlost růstu negativně korelovala s výnosem (jako u většiny našich odrůd) a neměla vliv na množství sklizených hlíz. LAI, LAR a CGR v pokusech citovaných autorů vykázaly pouze pozitivní, ale ne-

Vysvětlivky k tab. II:

x průkazná korelace
xx vysoce průkazná korelace

O	Kl	Ke	G
Ka	T	R	Š

x- záporná korelace průkazná
xx- záporná korelace vysoce průkazná

O — Ostara	Ka — Karla
Kl — Klára	T — Toccata
Ke — Kera	R — Řesy
G — Gloria	Š — Šárka

umístění odrůd v příslušné
kolonce a řádku

16 proměnných je řazeno v pořadí:

- 1 výnos hlíz
- 2 relativní růstová rychlost vztahovaná na sušinu bez hlíz (RGR_s) počítaná v prvním termínu odběrů
- 3 specifická listová plocha (SLA_{max}) — její maximální hodnota v průběhu vegetace
- 4 rychlost růstu porostu (CGR) zjištěná v prvním termínu odběrů
- 5 rychlost růstu porostu (CGR_{max}) — její maximální hodnota v průběhu vegetace
- 6 listová pokrývnost (LAI_{max}) — její maximální hodnota v průběhu vegetace
- 7 integrální listová plocha (LAD)
- 8 počet stonků na trs
- 9 počet hlíz na stonek
- 10 hmotnost jedné hlízy
- 11 dynamika klíčení
- 12 maximální výška trsu
- 13 počet listů na nejvyšším stonku trsu
- 14 počet dnů od výsadby do počátku tvorby hlíz
- 15 poměrná listová plocha ($LAR_{s\ max}$) vztahovaná na sušinu bez hlíz — její maximální hodnota v průběhu vegetace
- 16 podíl sušiny listů v sušině trsu bez hlíz ($LWR_{s\ max}$) — její maximální hodnota v průběhu vegetace

Explanations to Tab. II:

x significant correlation
xx highly significant correlation

O	Kl	Ke	G
Ka	T	R	Š

x- negative significant correlation
xx- negative highly significant correlation

O — Ostara	Ka — Karla
Kl — Klára	T — Toccata
Ke — Kera	R — Řesy
G — Gloria	Š — Šárka

place of varieties in appropriate
column and line

16 variables are classified in the following order:

- 1 tuber yield
- 2 relative growth rate on total less tuber dry weight basis (RGR_s) calculated in the first date of samplings
- 3 specific leaf area (SLA_{max}) — its maximum value in the course of the growing season
- 4 crop growth rate (CGR) found in the first date of samplings
- 5 crop growth rate (CGR_{max}) — its maximum value in the course of the growing season
- 6 leaf area index (LAI_{max}) — its maximum value in the course of the growing season
- 7 leaf area duration (LAD)
- 8 number of stalks per hill
- 9 number of tubers per stalk
- 10 one tuber weight
- 11 dynamics of emergence
- 12 maximum hill height
- 13 number of leaves on the highest stalk of hill
- 14 number of days from planting to the onset of tuber formation
- 15 leaf area ratio ($LAR_{s\ max}$) on total less tuber dry weight basis — its maximum value during the growing season
- 16 leaf weight ratio on total less tuber dry weight basis (LWR_s) — its maximum value during the growing season

III. Regresní rovnice pro výpočet výnosu hlíz z listové pokryvnosti *LAI* a korelační koeficient *r* (1986 až 1989) — Regression equation to calculate the tuber yield from leaf area index *LAI* and correlation coefficient *r* (1986 to 1989)

Odrůda ¹		<i>r</i>
Klára	$Y = 181,390 + 194,977x$	0,750++
Ostara	$Y = -42,407 + 241,677x$	0,863++
Resy	$Y = -81,775 + 221,874x$	0,886++
Gloria	$Y = -124,782 + 210,398x$	0,781++
Toccata	$Y = 25,160 + 178,572x$	0,807++
Karla	$Y = -86,160 + 231,606x$	0,798++
Šárka	$Y = 258,721 + 138,496x$	0,780++

¹variety

kazného u jedné odrůdy dokládá důležitost brzké iniciace hlíz pro vlastní výnos. Menší význam má negativní průkazný vztah dynamiky klíčení, sledované v průběhu skladovacího období, a výnosu, který byl prokázán pouze u dvou z osmi odrůd.

Vzájemné vztahy mezi šestnácti proměnnými charakteristikami u osmi odrůd, počítané z celého souboru výsledků ze čtyř let pokusů, ukazuje tab. II, ve které jsou podchyceny všechny výsledky z tab. I a některé jiné zjištěné údaje. Dále navazují vztahy mezi všemi ostatními parametry. Zaznamenali jsme významné závislosti mezi některými sledovanými ukazateli. U všech osmi odrůd byl zjištěn vysoce průkazný vztah mezi listovou pokryvností a integrální listovou plochou. Postupně u menšího počtu odrůd jsme prokázali významné korelace mezi růstově analytickými charakteristikami, případně jednou z těchto charakteristik a maximální výškou trsu či počtem listů na nejvyšším stonku jako např. mezi integrální listovou plochou a počtem listů na nejvyšším stonku, maximální hodnotou poměrné listové plochy a maximální hodnotou specifické listové plochy, maximální hodnotou rychlosti růstu porostu a maximální výškou trsu, maximální hodnotou lis-

IV. Regresní rovnice pro výpočet výnosu hlíz z integrální listové plochy *LAD* a korelační koeficient *r* (1986 až 1989) — Regression equation to calculate the tuber yield from leaf area duration *LAD* and correlation coefficient *r* (1986 to 1989)

Odrůda ¹		<i>r</i>
Kera	$Y = 150,997 + 1,773x$	0,589+
Klára	$Y = 288,055 + 1,646x$	0,704++
Ostara	$Y = -82,213 + 3,053x$	0,885++
Resy	$Y = -147,197 + 2,814x$	0,936++
Gloria	$Y = -109,104 + 2,540x$	0,916++
Toccata	$Y = -86,595 + 2,491x$	0,830++
Karla	$Y = 93,938 + 1,903x$	0,766++
Šárka	$Y = 56,756 + 2,267x$	0,927++

¹variety

tové pokryvnosti a počtem listů na nejvyšším stonku, maximální hodnotou listové pokryvnosti a maximální výškou trsu a dalšími. Všechny tyto korelace byly kladné.

Při hodnocení vztahů mezi růstově analytickými charakteristikami navzájem, případně mezi nimi a výškou trsu či počtem listů je nutné si uvědomit, že všechny jsou počítány ze dvou základních údajů, a to z nárůstu sušiny a velikosti listové plochy, a proto vycházejí logicky některé významné vzájemné vztahy a nemohou být směřovány se vztahy genetickými. Nicméně mezi ukazateli navzájem i v jejich vztahu k charakteristikám růstu jsme našli použitelné korelace (např. mezi maximální hodnotou LAI i LAD a počtem dnů od výsadby do počátku tvorby hlíz), rovněž tak jako mezi výnosotvornými prvky a některou růstově analytickou charakteristikou (např. mezi počtem stonků na trs a CGR , případně LAI_{max} nebo mezi počtem stonků na trs a počtem dnů od výsadby do počátku tvorby hlíz). Některé z těchto posledně jmenovaných korelací jsou záporné a je nutné to vzít v úvahu.

Z nejvýznamnějších vztahů jsme sestavili rovnice pro výpočet výnosu hlíz z listové pokryvnosti (tab. III) a z integrální listové plochy (tab. IV) a doplnili je korelačními koeficienty. Tato možnost existuje i pro další průkazné vztahy. Při jejich použití je třeba si uvědomit, že rovnice byly vypočítány z určitého souboru dat (odrůd i let) a nejsou tudíž obecně platné.

Některé průkazné vztahy jsme zjistili i mezi výnosotvornými prvky. Pouze menší část těchto výsledků souhlasila s již publikovanými zjištěními (Hruška et al., 1985) pravděpodobně i vzhledem k zařazení osmi odrůd ze všech skupin ranosti od raných až po pozdní odrůdy.

Literatura

- FISHMAN, S. — TALPAZ, H. — WINOGRAD, R. — DINAR, M. — ARAZI, Y. — ROSEMAN, Y. — VARSHAVSKI, S.: A model for simulation of potato growth on the plant community level. *Agric. Syst.*, 18, 1985, s. 115-128.
- FRANCE, J. — THORNLEY, J. H. M.: *Mathematical models in agriculture*. London, Butterworths 1984.
- HRUŠKA, L. — BÝMA, M. — JINDRA, J.: Výnosotvorné prvky a stavba rostliny v ideotypu bramborů. *Rostl. Výr.*, 31, 1985, č. 12, s. 1287-1304.
- KVĚT, J. — ONDOK, J. P. — NEČAS, J. — JARVIS, P. G.: Methods of growth analysis. In: ŠESTÁK, Z. — ČATSKÝ, J. — JARVIS, P. G. (eds): *Plant photosynthetic production. Manual of methods*. Hague, W. Junk N. V. Publishers 1971, s. 343-391.
- NEČAS, J.: Možnosti využití růstově analytických charakteristik v analýze struktury komplexního znaku výnosový výkon bramborových odrůd. *Rostl. Výr.*, 12, 1966, č. 7, s. 759-778.
- NEČAS, J. — ZRŮST, J. — HAŠKOVÁ, B.: Růstová analýza jako metoda hodnocení produktivity brambor při vytváření jejich biologického a hospodářského výnosu. In: *Věd. Práce Výzk. Úst. bramb. Havl. Brod*, 1966, č. 3, s. 33-57.
- NG, E. — LOOMIS, R. S.: *Simulation of growth and yield of the potato crop*. Wageningen, Netherlands, Pudoc 1983.
- RASOCHOVÁ, M. — VALENTOVÁ, M. — RASOCHOVÁ, L.: Variabilita počáteční rychlosti růstu natě u vybraného souboru odrůd brambor. *Rostl. Výr.*, 34, 1988, č. 10, s. 1037-1044.
- SINGH, R. P. — SINGH, R. P.: Correlation of some plant characters with yield in potato. Short note. *J. Indian Potato Assoc.*, 14, 1987, s. 124-126.
- ZRŮST, J.: Příčiny rozdílů ve výkonnosti raných odrůd brambor. *Rostl. Výr.*, 37, 1991, č. 2, s. 99-106.

Došlo 27. 6. 1991

The contribution is concentrated on searching the relationships between yields and some variables, mostly growth characteristics, which may serve as a basis for modelling the early potato crops. In 1986 to 1989 a field trial has been performed with six very early varieties (Kera, Klára, Ostara, Resy, Gloria, Toccata) and two early varieties (Karla, Šárka) for this purpose. To evaluate the productivity of potato crops, the method of growth analysis was selected. Highly significant relation to the yield was found in leaf area duration (LAD), leaf area index (LAI) and leaf number on the highest stalk in seven varieties. In 1989 the 8th variety displayed higher number of ill plants which caused no finding the significant relations of above-mentioned characteristics to the yield. Maximum height of hill, usually associated with leaf number per stalk in most varieties, exhibited highly significant relation to the yield in half of varieties involved in the trial and significant in one variety. Maximum value of leaf area ratio on total tuber-less dry weight basis (LAR_s) showed significant relation to the potato tubers in four varieties of a leaf type. Both partial components of a growth analytical characteristics displayed an uneven share in correlation with the yield. While specific leaf area (SLA) displayed a significant relation to the yield in four varieties, leaf weight ratio on total less tuber dry weight basis (LWR_s) had no significant relation to the yield in not a single variety.

The highest value of crop growth rate (CGR) was demonstrated in three varieties by significant relation to the yield during the growing season. At the beginning of the growing season, this characteristics, similarly as relative growth rate on total less tuber dry weight (RGR_s) basis, had a negative relation to the yield. A finding of highly significant negative relation between number of days passed since beginning of tuber formation and the yield in four varieties and significant in one variety shows the importance of early initiation of tubers on the yield alone. A negative significant relation of germination dynamics studied during the storing period and the yield, proved only in two out of eight varieties, was of less importance for the subsequent yield. Significant dependences were recorded between individual parameters in studying the mutual relations among sixteen variables in eight varieties of the total set of results for four years of trials. Highly significant relation between LAI and LAD was observed in all eight varieties. Significant correlations were confirmed gradually between growth analytical characteristics in lower number of varieties or one of these characteristics and maximum height of hill or leaf number on the top stalk. It is necessary in evaluating the relations between growth analytical characteristics or among them and the height of hill or leaf number to take into account that all the characteristics are calculated from two basic data, this is dry matter increase and leaf area size, and therefore, some significant mutual relations are concluded logically and they cannot be mixed up with genetic relations. Nevertheless, some applicable correlations were found between parameters alone as well as in relationship to the growth characteristics. An equation to calculate the tubers may be arranged on the basis of the most important relations. In their use it should be taken into account that the equations are calculated from some set of data (varieties and years) and so, they have no general applicability.

BIOORGANICKÁ CHEMIE

Z. Vodrážka, J. Krechl

Praha, SNTL 1991

Poprvé od domácích autorů přichází na náš knižní trh monografie, která je prvním pokusem v naší odborné literatuře přiblížit čtenáři nový interdisciplinární obor — bioorganickou chemii. Jde o obor značně obsáhlý s tematickou náplní ne dosud vyhraněnou a definovanou.

Metody organické chemie a biochemie sehrály a stále hrají velmi důležitou úlohu při studiu živých systémů a procesů, které v nich probíhají. Právě snaha hlouběji proniknout do mechanismu těchto dějů vedla ke vzniku tohoto nejnovějšího interdisciplinárního oboru — bioorganické chemie, která se o výše jmenované mateřské disciplíny opírá.

Vycházející knižní publikace racionálně shrnuje metody organické chemie, aplikované na vysvětlení podstaty procesů probíhajících v živých systémech. Textově je kniha rozdělena do devíti kapitol, které jsou svým rozsahem podle tematické důležitosti vyvážené a harmonicky na sebe navazují.

V první kapitole je vymezena oblast bioorganické chemie, náplň, cíle a její vztah k ostatním vědním disciplínám.

Druhá kapitola se zabývá pohledem na problematiku biomakromolekul živých systémů. Autoři zde popisují chemickou stavbu biomakromolekul, klasifikují strukturu biopolymerů, jejich konformace a vlastnosti včetně významu nekovalentních vazeb v živých systémech.

Třetí kapitola je věnována chemii peptidů a bílkovin. Popisuje strukturu a vlastnosti těchto látek a jejich stavební kameny — aminokyseliny. Pozornost je zde věnována konformaci molekul bílkovin, jejímu vzniku a predikci, biologickým funkcím bílkovin a přírodních peptidů. Dále je zde zhodnocena obecná strategie a taktika používaná při syntéze peptidů a bílkovin.

Čtvrtá, nejrozsáhlejší kapitola se zabývá problematikou enzymů. Po obecné charakteristice, klasifikaci a popisu struktury molekul enzymů jsou rozebrány obecné rysy mechanismu jejich katalytických funkcí a vliv různých faktorů na rychlost enzymových reakcí. Hlavní pozornost je pak věnována výkladu reakčních mechanismů jednotlivých tříd enzymů, včetně možností vyplývajících z aplikací kvantové chemie. Současně je zde dostatečně objasněn samotný kvantově chemický přístup.

Pohled na problematiku enzymů je doplněn pátou kapitolou, věnovanou modelovým sloučeninám, které simulují katalytické účinky enzymu nebo jeho kofaktoru a působí podobným mechanismem.

Šestá kapitola pojednává o moderním a velmi aktuálním směru, využívajícím vynikajících vlastností enzymů — enzymovém inženýrství. Pozornost je hlavně zaměřena na přípravu vhodných forem enzymových katalyzátorů, na jejich využití v analytice a v organické syntéze a na možnosti konstrukce umělých katalyzátorů s vlastnostmi enzymů.

Následující sedmá kapitola shrnuje nejnovější poznatky o chemii nukleotidů a nukleových kyselin. Po rozboru chemických vlastností purinových a pyrimidinových bází je pojednáno také o chemii nukleosidů, nukleotidů a polynukleotidů. Významná část v této kapitole je věnována i obecnému významu přírodních sloučenin fosforečných kyselin, chemii a funkci DNA a RNA včetně možností praktického využití poznatků molekulární genetiky a chemické syntéze oligonukleotidů a polynukleotidů.

Osmá kapitola je určena nadmolekulovým strukturám, především biologickým membránám, jejich struktuře, fyzikálním vlastnostem, mechanismu jejich funkcí a jejich modelování.

Závěrečná devátá kapitola pojednává o afinitní chromatografii, o základech metody, o otázkách polymerních nosičů a jejich aktivaci, případně afinitních adsorbentech a možnostech využití této nové detekční analytické metody.

Při celkovém hodnocení monografie možno konstatovat, že se autorům podařilo uspokojivě pokrýt všechny stěžejní aspekty současné bioorganické chemie.

Doc. RNDr. ing. Josef Zahradníček, CSc.

Jozef Vidovič

Výskumný ústav rastlinnej výroby, 921 68 Piešťany

V poľnom pokuse v Trnave (48°23' severnej zemepisnej šírky) na černoze na spraši u Sc hybridu kukurice na zrno TA 31 s FAO = 350 sme sledovali bilanciu materiálových a energetických vstupov a efektívnosti ich využitia v produkčnom procese za ontogenézu. Pokusné roky 1981 a 1982 boli typicky kontrastné pre semiaridnú kukuričnú výrobnú oblasť južného Slovenska v distribúcii zrážok a v úrodách zrna o 14% vlhkosti (U_{h14}) a nadzemnej sušiny (U_{bn}). Priaznivý rok 1982 (PRIAZ) mal vyššiu sumu zrážok v júli a v auguste, U_{h14} a U_{bn} v porovnaní s menej priaznivým rokom 1981 (NORM). Pri rovnakom minerálnom hnojení a temer rovnakom príkone FAR, tepla a zrážok za vegetačné obdobie sa to prejavilo vo zvýšení hydratácie pôdy a listov, LAI, slnkom ožiareného LAI, integrálnej listovej plochy, aktuálnej evapotranspirácie a transpirácie, rýchlosti rastu sušiny celkovej a zrna, rýchlosti lineárneho naplňovania zrna, poklesu retranslokácie z vegetatívnych orgánov do generatívnych orgánov pri konci ontogenézy a následne vo zvýšení U_{h14} , U_{bn} , zberového indexu, počtu zŕn na 1 m² a HTZ pri zbere, efektívnosti využitia dopadajúcej FAR, minerálnych živín aplikovaných hnojením a evapotranspirácie v tvorbe U_{h14} a U_{bn} . Všetky tieto a ďalšie ukazovatele sme parametrizovali. V NORM a PRIAZ pri $U_{h14} = 6,5$ a $9,7$ t·ha⁻¹ a $U_{bn} = 13,4$ a $17,3$ t·ha⁻¹ bol koeficient efektívnosti využitia dopadajúcej FAR za ontogenézu 1,8 a 2,3 %, evapotranspiračný koeficient pre $U_{h14} = 420$ a 326 a pre $U_{bn} = 204$ a 183, efektívnosť využitia živín NPK 18,8 a 27,9 kg zrna na 1 kg aplikovaných NPK a 25,7 a 25,1 kg zrna na 1 kg rastlinou prijatých NPK.

Zložitosť tvorby úrody poľných plodín v agroekosystéme pôda — rastlina — atmosféra (PRAT) je analyzovaná v niektorých súhrnných publikáciách (Evans, 1975; Petr et al., 1980). V posledných 20 rokoch sa vo vyspelých krajinách rozvíja systémový prístup k porastu ako ku zložitému systému s viacnásobnými interakciami, ktorý si vymieňa s okolím hmotu a energiu. V zahraničí vznikli komplexné dynamické modely typu PRAT (Penning de Vries et al., 1989). Tieto matematické modely produkčného procesu porastu (MMPPP) sú významným krokom vpred v riadení optimalizácie pestovania na príčinnom základe. Na druhej strane sú náročné na vstupné údaje s denným krokom. Tam, kde túto možnosť nemáme, treba pre hodnotenie úrovne a riadenie produkčného procesu pomocou rozhodovacích tabuliek hľadať jednoduchšie a dlhodobejšie ukazovatele efektívnosti využitia energetických a hmotných vstupov v produkčnom procese. Zároveň ich potrebujeme aj ako vstupy do MMPPP. Pre naše podmienky je pre poľný porast kukurice týchto údajov málo, a najmä, sú nekomplexné. Cieľom nášho výskumu ich bolo získať. Súborne sú výsledky nášho širokého interdisciplinárneho výskumu na jednom pokusnom poraste kukurice zhrnuté v našej predošlej práci (Vidovič et al., 1984) a časť z nich syntetického charakteru predstavujeme v tejto práci.

Úplný popis metodík uvádzajú Vidovič et al. (1984). Do tejto práce sme vybrali výsledky pokusov v Trnave (48°23' severnej zemepisnej šírky a 17°35' východnej zemepisnej dĺžky) za roky 1981 a 1982.

Poľný pokus tvoril súvislý porast Sc hybrida TA 31-1/73 (FAO = 350) o ploche 3724 m² v strede 3 ha kukuričného poľa. Pôda pokusného pozemku je černozem na spraši, hlinitá, stredne ťažká pôda s dobrou až veľmi dobrou zásobou živín a priaznivým fyzikálnochemickým stavom. Použili sme intenzívnu bezzávlahovú agrotechniku. Spon a hustota porastu boli 70 × 20 cm = 71 429 rastlín . ha⁻¹.

Na meteorologickej stanici tesne pri poraste, nad porastom a v poraste sme každý deň, resp. týždeň vegetačného obdobia merali širší súbor pôdnych a meteorologických faktorov podmienok tvorby úrody (Vidovič et al., 1984). Do tejto práce z nich vyberáme (tab. I) sumu zrážok (Z), teplotu vzduchu (T), dopad fotosynteticky aktívneho žiarenia (FAR_{inc}) a kvantovú ožiarenosť porastu vo FAR (I_{inc}) a podiel využiteľnej vody (VV) vo využiteľnej vodnej kapacite (VVK) za úrodovotorné dôležité časové úseky. FAR_{inc} a I_{inc} boli merané pomocou LI-COR LI-190 snímača a integrátora LI-510. Pre stanovenie VV/VVK sme vlhkosť pôdy merali každých 10 cm do hĺbky 1 m v týždňových intervaloch gravimetrickou a dielektricko-kapacitnou metódou (vlhkomer DVM-1P).

Fyziologický stav porastu, rast a vývoj orgánov rastliny sme merali počas ontogenézy na 4 × 10 rastlinách každých 7–14 dní. Do tejto práce sme ich sumovali za dôležité úseky ontogenézy, resp. celú ontogenézu (tab. II). Význam jednotlivých ukazovateľov vyplýva z ich názvu v tab. II a ich stanovenie uvádzajú Vidovič et al. (1984). Fáza kvitnutia predstavuje objavenie sa blizien na 50 % rastlinách. Poľudňajší vodný potenciál listov (Ψ_l) sme merali na stredných listových inzerciách medzi 12.00 a 15.00 h pomocou prenosného psychrometra typu Wescor HR-33T. Rýchlosť potenciálnej evapotranspirácie porastu (E_{etp}) bola určená podľa Penmana v modifikácii FAO 1977 (Kolektív, 1977). Rýchlosť aktuálnej evapotranspirácie (E_{et}) bola určená v odberových dňoch meraním vodnej bilancie pôdneho profilu a medzi nimi každý deň zo vzťahu radiačnej bilancie (R) ku toku tepla na výpar (LE), ako uvádzajú Hurtalová et al. (1984). Rýchlosť aktuálnej transpirácie porastu (E_t) bola určená zo vzťahu E_{etp} ku LAI (Budagovskij, 1964; Novák, 1981). Podiel retranslokovanej + predýchanej sušiny z nadzemných vegetatívnych orgánov do zrna (RTR_{zn}) v období po kulminácii hmotnosti ich sušiny bol určený bilančnou metódou (Vidovič et al., 1984).

Úrody a úrodové prvky rastliny a porastu po fyziologickej zrelosti (tab. III) boli určené na 4 × 100 rastlinách (Vidovič et al., 1984). Určenie ukazovateľov (tab. IV) radiačného režimu a koeficientov efektívnosti využitia dopadajúcej FAR (ε_{inc}) a porastom absorbovanej FAR (ε_a) v tvorbe biologickej úrody (U_b) popisujú Vidovič et al. (1984). Energetickú hodnotu sušiny počítame 1 t = 17 GJ. Radiačnú bilanciu porastu (R) sme merali pomocou bilancometra firmy Middleton M-10. Princíp stanovenia koeficientov efektívnosti využitia evapotranspirovanej (ket) alebo transpirovanej vody (kt) v tvorbe úrody, resp. ich prevrátené hodnoty evapotranspiračný (etk) a transpiračný (tk) koefi-

I. Ukazovatele podmienok tvorby úrody — Parameters of conditions for yield formation

Symbol ¹	Ukazovateľ (časový úsek) ²	Jednotka ³	Rok ⁴			% PRIAZ/ /NORM
			NORM	PRIAZ	$\bar{x}$	
Z_{IV-IX}	suma zrážok za mesiace ⁵ IV—IX	mm	345	313	329	91
$Z_{VII+VIII}$	suma zrážok za mesiace ⁵ VII a VIII	mm	72	213	143	296
VV/VVK_{100}	VV/VVK pôdy do hĺbky 100 cm (kvitnutie — vosková zrelosť) ⁶		0,2 až 0,4	0,4 až 0,6	0,3 až 0,5	200 až 150
T_{IV-IX}	teplota vzduchu priemerná denná za mesiace ⁷ IV—IX	°C	16,8	17,6	17,2	105
FAR_{inc}	příkon FAR (sejba — fyziologická zrelosť) ⁸	GJ.ha ⁻¹	13 442	13 323	13 383	99
I_{inc}	ožiarenosť porastu FAR priemerná denná (vzídenie — fyziologická zrelosť) ⁹	$\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$	855	848	852	99
		GJ.ha ⁻¹ .deň ⁻¹	102	101	102	99
NPK_{hn}	hnojenie minerálne s N+P+K v čistých živinách ¹⁰	kg.ha ⁻¹	346	346	346	100

¹symbol, ²parameter (time space), ³unit, ⁴year, ⁵sum of precipitation for months, ⁶ VV/VVK (available water/available water capacity) of soil to the depth of 100 cm (silking — wax ripeness), ⁷average daily air temperature for months, ⁸incoming FAR (sowing — physiological ripeness), ⁹ FAR stand irradiation — average daily (emergence — physiological ripeness), ¹⁰mineral fertilizing with N+P+K in pure nutrients

II. Fyziologický stav porastu a rýchlosť rastu — Physiological conditions of the stand and growth rate

Symbol ¹	Ukazovateľ (časový úsek) ²	Jednotka ³	Rok ⁴			% PRIAZ/ /NORM
			NORM	PRIAZ	$\bar{x}$	
ψ_e	vodný potenciál listov poludňajší ⁵ (kvitnutie — vosková zrelosť) ¹⁹	MPa	-1,9	-1,0	-1,5	190
LAI	index listovej pokrývnosti ⁶ (mliečna — vosková zrelosť) ²⁰	m ² .m ⁻²	1,5	3,1	2,3	207
s	slnkom ožiarený LAI ⁷ (mliečna — vosková zrelosť) ²⁰	m ² .m ⁻²	0,8	1,7	1,3	213
DVO	dĺžka vegetačného obdobia ⁸ (sejba — fyziologická zrelosť) ²¹	deň ⁽²⁷⁾	131	130	131	99
LAD	integrálna listová plocha ⁹ (vzídenie — fyziologická zrelosť) ²²	m ² .deň.10 ⁶	1,86	2,41	2,14	130
E_{etp}	potenciálna evapotranspirácia ¹⁰ (vzídenie — zberová zrelosť) ²³	mm	527	524	526	99
E_{et}	aktuálna evapotranspirácia ¹¹ (vzídenie — zberová zrelosť) ²³	mm	273	316	295	116
E_t	aktuálna transpirácia ¹² (vzídenie — zberová zrelosť) ²³	mm	196	249	223	127
E_t/E_{et}			0,72	0,79	0,76	110
E_{et}/E_{etp}			0,52	0,60	0,56	115
CGR_{bn}	rýchlosť rastu nadzemnej sušiny ¹³ (vzídenie — fyziologická zrelosť) ²²	kg.ha ⁻¹ .deň ⁻¹	118	145	132	123
CGR_{vn}	rýchlosť rastu vegetatívnej nadzemnej sušiny ¹⁴ (vzídenie — kvitnutie) ²⁴	kg.ha ⁻¹ .deň ⁻¹	140	120	130	86
RTR_{vn}	retranslokácia vegetatívnej sušiny ¹⁵ (po začiatku mliečnej zrelosti) ²⁵	%	28	15	22	54
$EGFL$	dĺžka lineárneho naplňovania zrna ¹⁶	deň	37	39	38	105
GFR	rýchlosť lineárneho naplňovania sušiny zrna ¹⁷	g.deň ⁻¹ .rastlina ⁻¹ (28)	2,1	3,1	2,6	148
CGR_{h14}	rýchlosť rastu zrna ¹⁸ (kvitnutie — fyziologická zrelosť) ²⁶	kg.ha ⁻¹ .deň ⁻¹	123	176	150	143

For 1—4 see Tab. I, ⁵water potential of leaves at noon, ⁶leaf area index, ⁷sunlit LAI, ⁸duration of the growing season, ⁹leaf area duration, ¹⁰potential evapotranspiration, ¹¹actual evapotranspiration, ¹²actual transpiration, ¹³growth rate of aboveground dry matter, ¹⁴growth rate of vegetative aboveground dry matter, ¹⁵retranslocation of vegetative dry matter, ¹⁶length of linear filling of grain, ¹⁷rate of linear grain dry matter filling, ¹⁸grain growth rate, ¹⁹(silking — wax ripeness), ²⁰(milk — wax ripenesses), ²¹(sowing — physiological ripeness), ²²(emergence — physiological ripeness), ²³(emergence — harvest ripeness), ²⁴(emergence — silking), ²⁵(after beginning of milk ripeness), ²⁶(silking — physiological ripeness), ⁽²⁷⁾day, ⁽²⁸⁾plant

III. Úroda a úrodové prvky pri zbere — Yield and yield-forming components during harvest

Symbol ¹	Ukazovateľ ²	Jednotka ³	Rok ⁴			% PRIAZ/ /NORM
			NORM	PRIAZ	$\bar{x}$	
U_{h14}	úroda zrna o 14% vlhkosti ⁵	t. ha ⁻¹	6,5	9,7	8,1	149
U_{zr}	úroda zrna v sušine ⁶	t. ha ⁻¹	5,6	8,3	7,0	148
U_{bn}	úroda nadzemnej sušiny ⁷	t. ha ⁻¹	13,4	17,3	15,4	129
U_{vn}	úroda vegetatívnej nadzemnej sušiny ⁸	t. ha ⁻¹	7,8	9,0	8,4	115
U_v	úroda celkovej vegetatívnej sušiny ⁹	t. ha ⁻¹	8,6	9,9	9,3	115
U_{kor}	hmotnosť sušiny koreňov ¹⁰	t. ha ⁻¹	0,8	0,9	0,9	113
U_b	úroda sušiny celkovej ¹¹	t. ha ⁻¹	14,2	18,2	16,2	128
HI	zberový index ¹² = U_{zr}/U_{bn}		0,46	0,54	0,50	117
ZR_p	počet zrn na plochu pôdy ¹³	zrn. m ⁻²	2602	3068	2835	118
HTZ_w	hmotnosť 1000 zrn v sušine ¹⁴	g	217	275	246	127

For 1—4 see Tab. I, ⁵grain yield having 14% moisture content, ⁶grain yield in dry matter, ⁷aboveground dry biomass yield, ⁸vegetative aboveground dry matter yield, ⁹total vegetative dry matter yield, ¹⁰weight of root dry matter, ¹¹yield of total dry matter, ¹²harvest index, ¹³grain number per soil area, ¹⁴1000-kernel weight in dry matter

IV. Efektivnosti využitia produkčných faktorov porastu — Efficiency of utilization of production factors of the stand

Symbol ¹	Ukazovateľ (časový úsek) ²	Jednotka ³	Rok ⁴			% PRIAZ/ /NORM
			NORM	PRIAZ	$\bar{x}$	
ε_{inc}	koeficient využitia dopadajúcej FAR v biologickej úrode ⁵ (U_b)	%	1,8	2,3	2,1	129
$\varepsilon_{inc \max}$	max. ε_{inc} počas ontogenézy (koniec formovania zrna — voskovo-mliečna zrelosť) ⁶	%	5,3	4,4	4,9	83
$\varepsilon_a \max$	max. ε_a počas ontogenézy (8. vyvinutý list — začiatok mliečnej zrelosti) ⁷	%	6,3	9,1	7,7	144
I_{fix}	energia fixovaná v sušine (sejba — fyziologická zrelosť) ⁸	GJ · ha ⁻¹ · deň ⁻¹	1,8	2,4	2,1	129
R	radiačná bilancia porastu (vzidenie — fyziologická zrelosť) ⁹	MJ · m ⁻²	1054	1224	1139	116
k_{eth}	koeficient efektívnosti evapotranspirácie v tvorbe ¹⁰ U_{h14}	kg · (mm H ₂ O) ⁻¹	24	31	28	129
k_{th}	koeficient efektívnosti transpirácie v tvorbe ¹¹ U_{h14}	kg · (mm H ₂ O) ⁻¹	33	39	36	118
k_{etbn}	koeficient efektívnosti evapotranspirácie v tvorbe ¹⁰ U_{bn}	kg · (mm H ₂ O) ⁻¹	49	55	52	112
k_{tbn}	koeficient efektívnosti transpirácie v tvorbe ¹¹ U_{bn}	kg · (mm H ₂ O) ⁻¹	68	69	69	101

<i>etkh</i>	evapotranspiračný koeficient ¹² U_{h14}	kg. H ₂ O. kg ⁻¹	420	326	373	78
<i>tkh</i>	transpiračný koeficient ¹³ U_{h14}	kg. H ₂ O. kg ⁻¹	302	257	280	85
<i>etkbn</i>	evapotranspiračný koeficient ¹² U_{bn}	kg. H ₂ O. kg ⁻¹	204	183	194	90
<i>tkbn</i>	transpiračný koeficient ¹³ U_{bn}	kg. H ₂ O. kg ⁻¹	146	144	145	99
NU_{NPK}	odber NPK celou rastlinou (zberová zrelosť) ¹⁴	kg. ha ⁻¹	254	385	320	152
$GNUE_{NPK}$	efektívnosť využitia rastlinou prijatých živín v tvorbe ¹⁵ U_{h14}	kg. (kg. NPK) ⁻¹	25,7	25,1	25,4	98
NE_{NPK}	efektívnosť využitia aplikovaných živín v tvorbe ¹⁶ U_{h14}	kg. (kg. NPK) ⁻¹	18,8	27,9	23,4	148
NU_{h14}	odber NPK celou rastlinou v kg č. ž. na t zrna o 14% vlhkosti ¹⁷	kg. t ⁻¹	39	40	40	103
NU_{bn}	odber NPK celou rastlinou v kg č. ž. na 1 t nadzemnej sušiny ¹⁸	kg. t ⁻¹	19	22	21	116

For 1—4 see Tab. I, ⁵coefficient of use of incident FAR in biological yield, ⁶max. ϵ_{inc} during ontogenesis (end of grain formation — wax-milky ripeness), ⁷max. ϵ_a during ontogenesis (8th developed leaf — onset of milky ripeness), ⁸energy fixed in dry matter (sowing — physiological ripeness), ⁹radiation balance of stand (emergence — physiological ripeness), ¹⁰efficiency coefficient of evapotranspiration in formation, ¹¹efficiency coefficient of transpiration in formation, ¹²evapotranspiration coefficient, ¹³transpiration coefficient, ¹⁴NPK uptake by the whole plant (harvest ripeness), ¹⁵efficiency of use of nutrients taken by plant in formation, ¹⁶efficiency of use of nutrients applied in formation, ¹⁷NPK uptake by the whole plant in kg of pure nutrients per t of grain having 14 % moisture content, ¹⁸NPK withdrawal by the whole plant in kg of pure nutrients per 1 t of above-ground dry matter

cient, uvedené v tab. IV, popísali Vidovič, Novák (1987). Koeficienty k_{eth} , k_{th} sú v kg zrna o 14% vlhkosti na 1 mm vody a ket_{bn} a k_{tbn} sú v kg nadzemnej sušiny na 1 mm vody. Odber dusíka, fosforu a draslíka (NPK) vyjadrený v prvkoch bol určený pomocou chemickej analýzy rastliny v zberovej zrelosti (Vidovič et al., 1984). Význam ukazovateľov efektívnosti využitia hnojením aplikovaných (NE_N) a rastlinou odobratých ($GNUE_{NPK}$) živín NPK v tvorbe úrody vyplýva z tab. IV a podrobnejšie ho popísal Vidovič (1988).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z rozsiahleho výskumu ontogenetického priebehu kvantitatívnych vzťahov charakteristík hydrofyziky pôdneho profilu, mikrometeorológie prízemnej vrstvy atmosféry, evapotranspirácie a jej zložiek a energetickej bilancie porastu na jednej strane ku niektorým fotosyntetickým, rastovým, vývojovým a produkčným funkciám porastu kukurice na zrno na druhej strane (Vidovič et al., 1984) predstavujeme v tejto práci len záverečný súbor celoontogenetických ukazovateľov. Okrem toho predstavujeme niektoré ukazovatele za rozhodujúce fázy ontogenézy, a to z hľadiska najfrekvencovanejšieho limitujúceho produkčného faktora u nás, t. j. vody (tab. I až IV). Tomu sme podriadili aj výber pokusných rokov, ktoré predstavujú dve kontrastné skupiny rokov v našej kukuričnej oblasti. Rok 1981 je rok menej priaznivý a s normálnou úrodou a rok 1982 veľmi priaznivý s vysokou úrodou (tab. III). Rok 1981 sme označili ako normálny (NORM) a rok 1982 ako priaznivý (PRIAZ). Rozdielnosť týchto dvoch typov rokov je spôsobená rozdielnosťou v distribúcii zrážok počas ontogenézy, nie sumou zrážok za vegetačné obdobie (tab. I), ktorá v oboch rokoch dosahuje 50ročný normál. V kritických mesiacoch júl a august je rok 1982 v zrážkach veľmi priaznivý a percento PRIAZ/NORM je pre $Z_{VII+VIII} = 296$. To sa odrazilo aj v percente využiteľnej vody vo využiteľnej vodnej kapacite pôdy do hĺbky 1 m (VV/VVK_{100}) za kritický úsek ontogenézy kvitnutie až vosková zrelosť: % PRIAZ/NORM pre VV/VVK_{100} bolo 200 až 150 (tab. I). V ostatných ukazovateľoch podmienok úrovne fotosyntézy, rastu a iných úrodotvorných procesov boli malé rozdiely (tab. I). Dávka minerálnych živín bola projektovaná na 8 t zrna $\cdot ha^{-1}$ a jej zloženie bolo 346 kg NPK = 178 kg N + 52 kg P + 116 kg K $\cdot ha^{-1}$.

Vysoká $Z_{VII+VIII}$ sa prejavuje aj vo vyššej hydratácii hlavných fotosyntetizujúcich orgánov kukurice — listových čepelí počas hydratácie kritického úseku dňa — popoludnia. Percento ich vodného potenciálu Ψ_i PRIAZ/NORM je 190. To má za následok pomalšie odumieranie listovej plochy počas generatívnej fázy ontogenézy, vyšší slnkom ožiarený LAI (s) a integrálnu listovú plochu (LAD), ako uvádza tab. II. Aktuálna evapotranspirácia (E_{et}) a transpirácia (E_t) a podiel E_t/E_{et} a E_{et}/E_{etp} je vyšší v PRIAZ ako v NORM (tab. II). Údaje o vyššej rýchlosti rastu sušiny zrna (CGR_{h14}) a celkovej nadzemnej sušiny (CGR_{bn}) za generatívne obdobie v PRIAZ v porovnaní s NORM svedčia o tom, že vyšší výdaj vody porastom cez transpiráciu je pre produkčný výkon prospešný, ak je porast dostatočne hydratovaný, a že je tu spätná väzba (tab. II a III). Zníženú fotosyntetickú a rastovú aktivitu v NORM kompenzujú rastliny vyššou retranslokáciou z vegetatívnych orgánov (dočas-

ného, prechodného sinku) do zrna, čo sa dialo od začiatku mliečnej po fyziologickú zrelosť. Ani táto kompenzácia však nezachránila rastlinu od poklesu CGR_{h14} a rýchlosti lineárneho naplňovania sušiny zrna (GFR) v NORM oproti PRIAZ (tab. II). Dĺžka lineárneho naplňovania zrna ($EGFL$) a vegetačného obdobia (DVO) sa pritom nemení (tab. II).

Zmienené trendy sa prejavujú v hlavnom celi nášho záujmu — v úrodách (tab. II). V PRIAZ sa docielilo 149 % úrody zrna (U_{n14}) z NORM. Toto zvýšenie je podmienené kombináciou zvýšenia úrody celkovej sušiny (U_b) o 28 % a zlepšenej distribúcie asimilátov do zrna. Zberový index HI sa zvýšil o 17 %. Je to spojené (tab. III) tak so zvýšením HTZ_w , ako aj so zvýšením počtu zŕn na 1 m² pôdy (ZR_p).

Tvorba úrody je v prvom rade premenou slnečnej energie na energiu chemických väzieb organických zlúčenín v sušine rastliny. Porast predstavuje určitú súhrnu odrazu, prepúšťania (transmisie) na pôdu, znovuodrazu od pôdy do porastu a absorpcie slnečnej energie fotosynteticky aktívnej (FAR) i neaktívnej časti spektra (Vidovič, 1980). Za ontogenézu (štvrtý vyvinutý list až fyziologická zrelosť) boli v PRIAZ koeficienty pre FAR a celý porast pre absorpciu $A_t = 60$ %, transmisiu na pôdu $T_{IS} = 45$ %, odraz porastom $R_t = 8$ %, odraz pôdou do porastu $R_{IS} = 13$ % a absorpcie pôdou v poraste $A_{IS} = 38$ %. Vyššie využitie dopadajúcej FAR v tvorbe U_b (ε_{inc}) v PRIAZ súvisí najmä s vyšším A_t a vyššou radiačnou bilanciou porastu (R) ako uvádza tab. IV, spojenou s vyššou LAD (tab. II). R je čistá energia porastu, t. j. energia, ktorú porast prijme. ε_{inc} bol v PRIAZ a NORM = 2,3 a 1,8 %, t. j. % PRIAZ/NORM = 127. Táto efektívnosť, t. j., že porast fixuje v U_b z dopadnutej FAR aj v PRIAZ len 2,3 %, sa zdá byť nízkou. Z obilnín predstihuje kukuricu na zrno len jarný jačmeň (Nátr, 1980) a oproti normálnym porastom začiatku 70. rokov, kedy $\varepsilon_{inc} = 1,3$ % (Vidovič, 1972), je to progres. Porast kukurice nevyužije veľa slnečnej energie, dokedy sa nevybuduje jeho produkčná fabrika — príslušný LAI . Keď ho už má, zvyčajne v našej kukuričnej oblasti nemá už dostatok vody, a teda súlad príkonu vody, žiarenia a LAI má horší ako porast ozimnej pšenice (Vidovič, Repka, 1982). Ak sa tento súlad zlepši, čo je prípad nášho PRIAZ, tak podá kukurica vysoký produkčný výkon. Toto tvrdenie potvrdzuje aj fakt, že maximálny koeficient využitia absorbovanej FAR u U_b bol v PRIAZ až 9,1 % (tab. IV).

Priaznivá distribúcia zrážok počas ontogenézy zvyšuje efektívnosť tak využitia FAR , ako aj evapotranspirovanej vody v tvorbe hospodárskej i biologickej úrody. Efektívnosť využitia transpirovanej vody ($ktbn$) a ani transpiračný koeficient ($tkbn$) sa pritom nemenia. Priama, t. j. transpiračná potreba vody, sa teda na jednotku úrody celkovej sušiny musí zabezpečiť. Pre tvorbu úrody zrna sú už efektívnosti aj transpirovanej vody vyššie v PRIAZ ako v NORM (tab. IV). Na 1 mm evapotranspirovanej, resp. transpirovanej vody sa vytvorí v PRIAZ 31, resp. 39 a NORM 24, resp. 33 kg zrna. Evapotranspiračný, resp. transpiračný koeficient pre U_{bn} bol pre PRIAZ = 183, resp. 144 a NORM 204, resp. 146 kg vody na 1 kg sušiny. Obdobné hodnoty pre zrno sú pre PRIAZ 326, resp. 257 a pre NORM 420, resp. 302 kg vody na 1 kg zrna o 14 % vlhkosti. Porovnanie s literatúrou (Aldrich et al., 1975; Spaldon et al., 1982) potvrdzuje nízky transpiračný koeficient kukurice i to, že evapotranspiračný koeficient je dobrým indikátorom

optimalizácie produkčného procesu. Nie vždy je však z literatúry jasné, či ide o koeficient pre celkovú sušinu alebo pre zrno. Vysoká úroda ($U_{h14} = 9,7 \text{ t zrna} \cdot \text{ha}^{-1}$ a $U_{bn} = 17,3 \text{ t sušiny} \cdot \text{ha}^{-1}$) v PRIAZ odobrala z pôdy (NU_{NPK}) až $385 \text{ kg č. ž. NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. IV). Porovnanie s NORM ($NU_{NPK} = 254 \text{ kg č. ž. NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$, $U_{h14} = 6,5 \text{ t zrna} \cdot \text{ha}^{-1}$ a $U_{bn} = 13,4 \text{ t sušiny} \cdot \text{ha}^{-1}$) ukazuje, že podobne ako pri efektívnosti transpirácie pre nadzemnú sušinu tu zákon zachovania hmoty a energie platí. Skutočne v efektívnosti využitia prijatých živín celou rastlinou v tvorbe U_{h14} ($GNUE_{NPK}$) niet rozdielu a $GNUE_{NPK}$ pre PRIAZ a NORM = 25,1 a 25,7 kg zrna o 14% vlhkosti na 1 kg prijatých NPK. V efektívnosti využitia živín aplikovaných v tvorbe U_{h14} (NE_{NPK}) je výrazný vzostup o 48 % v PRIAZ (27,9) oproti NORM (18,8 kg zrna o 14 % vlhkosti na 1 kg aplikovaných NPK) ako uvádza tab. IV.

V tejto práci uprednostňujeme šírku súboru kvantitatívnych údajov o vstupoch a efektívnosti ich využitia pred hĺbkou ich analýzy. Tú predstavíme v ďalších prácach. Naše výsledky poukazujú na to, že v produkčnom procese s vybilancovanými vstupmi (zvlášť vody) a bez technologických chýb je možné dosiahnuť vysoké efektívnosti využitia FAR, vody a aplikovaných NPK a minimalizovať tým aj ekologickú záťaž. Spolu s použitím low input varieties, t. j. odrôd s nízkymi vstupmi (Vidovič, 1988), to určuje trend vývoja technológie pestovania s vysokou efektívnosťou vstupov. Naš súbor parametrov nám umožňuje kvantitatívne hodnotenie úrovne efektívnosti vstupov. V porovnaní s kvantifikáciou efektívnosti využitia jedného faktora, napr. FAR (Kostrej, 1985) má výhodu komplexnosti (FAR, voda, NPK) pre reálny porast s konkurenčnými vzťahmi. Kvantifikovali sme tiež fyziologickú podmienenosť efektívnosti pre dve typické skupiny tzv. kukuričných rokov pre kukuričnú výrobnú oblasť a kukuricu na zrno. Naš súbor možno použiť tiež v MMPPP a ešte viac v programovaní úrod. V tomto smere je potrebné tento súbor ďalej detailizovať až na denné kroky v rámci systému PRAT a MMPPP.

Literatúra

- ALDRICH, S. R. — SCOTT, W. O. — LENG, E. R.: Modern corn production. Champaign, Illinois, A & L Publications 1975.
 BUDAGOVSKIJ, A. I.: Isparenije počvennoj vlagi. Moskva, Nauka 1964.
 EVANS, L. T.: Crop physiology. London, Cambridge University Press 1975.
 HURTALOVÁ, T. — NOVÁK, V. — MATEJKA, F.: Výpočet evapotranspirácie zo vzťahu medzi tokom tepla potrebným na výpar a radiačnou bilanciou aktívneho povrchu. Vodohosp. Čas., 32, 1984, č. 3, s. 310-319.
 KOLEKTÍV: Crop water requirement. FAO Irrigation and drainage paper. Rome, FAO 1977.
 KOSTREJ, A.: K problematike vstupov, výstupov a transformácie energie v poľných produkčných systémoch. In: Agrobiologické aspekty racionalizácie rastlinnej výroby. Nitra, VŠP 1985, s. 103-109.
 NÁTR, L.: Fotosyntéza. In: PETR, J. et al.: Tvorba výnosu hlavných poľných plodín. Praha, SZN 1980, s. 44-56.
 NOVÁK, V.: Štruktúra evapotranspirácie. I. Metódy výpočtu výparu a transpirácie. Vodohosp. Čas., 29, 1981, č. 5, s. 476-492.
 PETR, J. et al.: Tvorba výnosu hlavných poľných plodín. Praha, SZN 1980.
 PENNING, F. W. T. et al.: Simulation of ecophysiological process of growth in several annual crops. Wageningen, Pudoc 1989.
 ŠPALDON, E. et al.: Rastlinná výroba. Bratislava, Príroda 1982.

VIDOVIČ, J.: Súčasný stav a perspektívy fyziológie kukurice vo Výskumnom ústave kukurice. Poľnohosp. potrav. Výsk., 1972, č. 3, s. 30-36.

VIDOVIČ, J.: Chemická regulácia fyziologických znakov rastliny kukurice. [Záverečná správa.] Trnava, VÚK 1980.

VIDOVIČ, J.: Produkčno-fyziologické znaky využiteľné v praktickom šľachtení kukurice. Slovosivo, 3, 1988, č. 10, s. 10-11.

VIDOVIČ, J. — REPKA, J.: Vzfah fotosyntetických procesov a činiteľov k produktivite porastu. In: KOLEKTÍV: Kukurica. Bratislava, Príroda 1982, s. 44-64.

VIDOVIČ, J. — NOVÁK, V.: Závislosť úrody kukurice od evapotranspirácie porastu. Rostl. Výr., 33, 1987, č. 6, s. 663-670.

VIDOVIČ, J. — NOVÁK, V. — HURTALOVÁ, T. — MATEJKA, F. — MŮDRY, P. — UGOROVÁ, M. — SLABOŇ, S.: Produkčné funkcie a evapotranspirácia porastu v ontogenéze. [Záverečná správa.] Trnava, VÚK 1984.

Došlo 3. 7. 1991

J. VIDOVIČ (Research Institute of Plant Production, Piešťany):

Production and energy balance of maize stand.

Rostl. Výr., 37, 1991 (11) : 935-945.

A field trial was performed (48°23' of northern latitude) on chernozem on loess in Sc maize hybrid for grain TA 31 with FAO = 350 in Trnava to study the balance of mass and energy inputs and efficiency of their use in production process during ontogenesis. Experimental years 1981 and 1982 were typically contrast for semiarid maize-growing region of Southern Slovakia in distribution of precipitation and in the grain yields by 14% moisture (U_{h14}) and aboveground dry matter (U_{bn}). A good year of 1982 (PRIAZ) exhibited higher sum of precipitation in July and August, U_{h14} and U_{bn} in comparison with less positive effects of the year 1981 (NORM). Identical mineral fertilizing and similar FAR input, temperature and precipitation during the growing season reflected in increased soil and leaf hydration, LAI, sunlit LAI, leaf area duration, actual evapotranspiration and transpiration, rate of total dry matter and grain increase, rate of linear filling of grain, decrease in retranslocation from vegetative organs into generative organs at the end of ontogenesis and as a result of it, in increase of U_{h14} , U_{bn} , harvest index, grain number per 1 m² and TKW during harvest, in efficiency of utilization of incident FAR, mineral nutrients applied through fertilizing and evapotranspiration in U_{h14} and U_{bn} formation in PRIAZ in comparison with NORM year. All these and others parameters were parametrized. In normal and good years, at U_{h14} = 6.5 and 9.7 t per ha and U_{bn} = 13.4 and 17.3 t per ha, the efficiency coefficient of utilization of incident FAR during ontogenesis was 1.8 and 2.3 %, evapotranspiration coefficient for U_{h14} = 420 and 326 and for U_{bn} = 204 and 183, efficiency of nutrient utilization (NPK) was 18.8 and 27.9 kg of grain per 1 kg of NPK applied and 25.7 and 25.1 kg of grain per 1 kg of NPK withdrawn by plant.



CHCETE PODNIKAT?

NEVITE JAK NA TO?

NEVITE S KÝM?

NEVITE ZA CO?

PŘIJĎTE, JE TU

ADEKO!!!

ADEKO, a. s. Vám nabízí

- marketingovou činnost v oboru ekologie
- poradenskou, konzultační, posudkovou, zprostředkovatelskou, obstaravatelskou a zastupitelskou činnost
- kapitálovou účast v jiných podnikatelských společnostech
- společné podnikání
- investorskou a investiční činnost
- výběr zahraničních partnerů pro společné podnikání
- zajišťování a provádění leasingu
- poskytování služeb

ADEKO, a. s.

Slezská 7

120 56 PRAHA 2

Tel.: 258 342 FAX: 259 270

ODRŮDOVÁ REAKCE OZIMÉ PŠENICE NA PRODUKČNÍ POTENCIÁL PROSTŘEDÍ

Ladislav Dotlačil, Karel Toman

Výzkumný ústav rostlinné výroby, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

V tříletých pokusech na třech stanovištích byly hodnoceny čtyři odrůdy s rozdílným výnosovým potenciálem (Chlumecká 12, Mironovská 808, Slavia, Maris Marksman), v šestiletých pokusech na dvou stanovištích tři vysoce produktivní současné odrůdy (Regina, Zdar a Viginta). Odrůdy s různou úrovní výnosů se lišily především sklizňovým indexem, mnohem méně produkcí nadzemní biomasy. U odrůd s vysokým výnosovým potenciálem byla tvorba výnosu zrna závislá zejména na počtu zrn a klasů na plochu, velmi nízká byla závislost na počtu zrn v klasu. Odrůdy s nízkým potenciálem nevykázaly závislost tvorby výnosu na hustotě porostu, je zde však výrazná závislost na počtu zrn v klasu. Výnosové pořadí odrůd se při různé úrovni produktivity prostředí mění. Např. odrůda Slavia byla nejlepší při produktivitě nad 8,5 t.ha⁻¹, při nižší úrovni ji překonávala Maris Marksman a při výnosu pod 3,5 t.ha⁻¹ též Mironovská 808. Mezi současnými zkoušenými odrůdami byla odrůda Zdar nejvýkonnější při výnosech nad 7,5 t.ha⁻¹, při nižší úrovni byla výkonnější Regina a na úrovni 5,0 t.ha⁻¹ i Viginta. Vysoké výnosy zrna podmiňovala vždy vysoká hustota porostu a počet zrn na plochu. Nízké výnosy souvisely vedle určitého poklesu uvedených znaků zpravidla i s nízkou HTS.

Vysoký výnosový potenciál, požadovaná technologická a nutriční kvalita zrna a výnosová stabilita patří k základním požadavkům na současné odrůdy pšenice. Pro praktický výsledek je ovšem rozhodující realizace výnosového potenciálu (Borojevic, 1975), tedy i co nejlepší zhodnocení podmínek pěstování odrůdou (Dotlačil, Toman, 1991). Volba odrůdy by proto měla mj. vycházet z objektivního hodnocení pěstebních podmínek (Kratzsch et al., 1990). Jde nejen o předpokládanou úroveň výživy a agrotechniky, ale i znalost klimatických a půdních podmínek, které úroveň agrofonu významně spolurourčují (Entz, Fowler, 1989; Kratzsch et al., 1990; Listova et al., 1990; Sieling, Hanus, 1990). Optimální výsledek lze očekávat u takové odrůdy, která svým výnosovým potenciálem odpovídá produkčnímu potenciálu prostředí (Borojevic, 1975; Bedř, Balla, 1977). V polních pokusech může k odhadu produkčního potenciálu prostředí (konkrétního ročníku a stanoviště) pomocí průměrný výnos souboru odrůd. Z výpočtu regrese konkrétních odrůd na průměry souboru (Finlay, Wilkinson, 1963) lze potom usuzovat na projev odrůdy při určité úrovni agrofonu.

MATERIÁL A METODA

Práce čerpá ze dvou pokusných sérií. Pokus se čtyřmi typově odlišnými odrůdami ozimé pšenice (Chlumecká 12, Mironovská 808, Slavia a Maris Marksman) byl zakládán ve třech ročnících (1981 až 1983)

na třech stanovištích (Klatovy, Praha-Ruzyně a Pohořelice u Brna) ve čtyřech znáhodněných blocích. Velikost sklizňové parcely činila 9 m². Hodnocení odrůd Regina, Zdar a Viginta vychází ze šestiletých pokusů na stanovištích Klatovy a Praha-Ruzyně (1984 až 1989), kde byly tyto odrůdy využívány jako kontrolní při hodnocení genofondu. Pokusy byly zakládány v pěti znáhodněných blocích při velikosti sklizňové parcelky 5 m².

U obou pokusných sérií byl použit výsevek 4,5 mil. klíčivých zrn na 1 ha. Agrotechnika a hnojení byly voleny jako optimální pro danou oblast pěstování. Regulátory růstu použity nebyly. Na každé parcele byl proveden po vymetání odpočet klasů (3 × 0,25 m²). Před sklizní byl z každé parcely odebrán pokusný snopek (z plochy 0,25 m²), jeho rozbořením byly stanoveny uváděné prvky struktury výnosu zrna. Výnos zrna byl přepočítáván na 86 % sušiny. K odhadu podílu výnosových prvků na tvorbě výnosu bylo použito výpočtu jednoduchých korelací a lineární regrese. Druhé metody bylo využito též k odhadu reakcí odrůd na různý výnosový potenciál prostředí.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Prvý soubor odrůd (Chlumecká 12, Mironovská 808, Slavia, Maris Marksman) reprezentuje typy s odlišným výnosovým potenciálem a reakcí na prostředí (Dotlačil, Toman, 1991). Na tomto souboru lze dokumentovat i obecné rysy dosaženého pokroku ve šlechtění pšenice. U odrůdy Chlumecká 12 byl průměrný výnos 4,26 t. ha⁻¹ dosažen při sklizňovém indexu (HI) = 0,31 a produkci nadzemní biomasy 13,7 t. Nejvýnosnější odrůda Maris Marksman dosáhla výnosu zrna 7,16 t. ha⁻¹ (tj. o 68 % více) při HI = 0,46 (tj. o 48 % více) a produkci nadzemní biomasy 15,6 t. ha⁻¹ (tj. o 14 % více). Odrůdy Mironovská 808 a Slavia zcela do naznačeného trendu zapadají. Produkce nadzemní biomasy se tedy zvýšila poměrně málo, rozhodující přínos lze připsat výhodnější distribuci asimilátů. K podobným závěrům dospěli Waddington et al. (1986), kteří dokumentují nárůst biomasy o cca 16 % při srovnání moderních odrůd CIMMYT (Mexiko) se staršími odrůdami, vyšlechtěnými před rokem 1970. Výrazný vzestup sklizňového indexu moderních výkonných odrůd potvrzují např. Mehrhoft, Kühbauch (1990).

Podstatné jsou ovšem i rozdíly ve struktuře výnosových složek (tab. I). S úrovní výnosového potenciálu se zvyšuje zejména počet zrn na klas a počet zrn na plochu (Chlumecká 12: 20,8, resp. 13,0 · 10³; Maris Marksman: 35,6, resp. 16,5 · 10³). Výrazné rozdíly v počtu zrn na klas u skupin starších a moderních odrůd (o 20 % vyšší průměrná hodnota druhé skupiny) zdůrazňují rovněž Mehrhoft, Kühbauch (1990). Waddington et al. (1986) poukazují také na závislost výnosu zrna na dosaženém počtu zrn z plochy (r = 0,74) a v klasu (r = 0,51). Z údajů v tab. I je možné sledovat pokles závislosti tvorby výnosu zrna na tomto znaku se stoupajícím počtem zrn v klasu, a tím i výnosovým potenciálem odrůd (r = 0,70⁺ u odrůdy Chlumecká 12, ale pouze r = 0,22 u odrůdy Maris Marksman).

U odrůdy Chlumecká 12 jsou s výjimkou hustoty porostu hodnoty všech výnosotvorných prvků nízké se spíše vyšší variabilitou. Tvorba

I. Struktura a tvorba výnosu zrna u čtyř odrůd ozimé pšenice odlišných ve výnosovém potenciálu
— Structure and formation of grain yield in four winter wheat varieties differing by their yield potential

Znak (charakteristika) ¹		Odrůda ⁷			
		Chlumecká 12	Mironovská 808	Slavia	Maris Marksman
Výnos zrna ²	$\bar{x}$ (t. ha ⁻¹)	4,26	5,49	6,43	7,16
	<i>s</i>	1,25	1,45	1,52	1,53
	<i>Vk</i> (%)	29,3	26,1	23,7	21,1
HTS ³	$\bar{x}$ (g)	31,6	44,1	47,0	41,8
	<i>Vk</i> (%)	16,7	17,7	9,7	9,6
	<i>r</i>	0,65 ⁺	0,41	0,29	—0,05
Počet zrn ⁽⁴⁾ /m ² (.10 ³)	$\bar{x}$	13,0	12,2	14,6	16,5
	<i>Vk</i> (%)	23,0	22,4	23,1	22,0
	<i>r</i>	0,75 ⁺	0,34	0,41	0,75 ⁺
Počet klasů ⁽⁵⁾ /m ²	$\bar{x}$	611	551	573	473
	<i>Vk</i> (%)	15,0	19,4	24,8	20,9
	<i>r</i>	0,08	0,04	0,05	0,75 ⁺
Počet zrn na klas ⁶	$\bar{x}$	20,8	22,2	25,1	35,6
	<i>Vk</i> (%)	22,5	14,3	10,7	17,8
	<i>r</i>	0,70 ⁺	0,58 ⁺	0,32	0,22

+ — významné⁸ při $P = 0,05$

r — fenotypová korelace znaku s výnosem zrna⁹

$\bar{x}$ — aritmetický průměr¹⁰

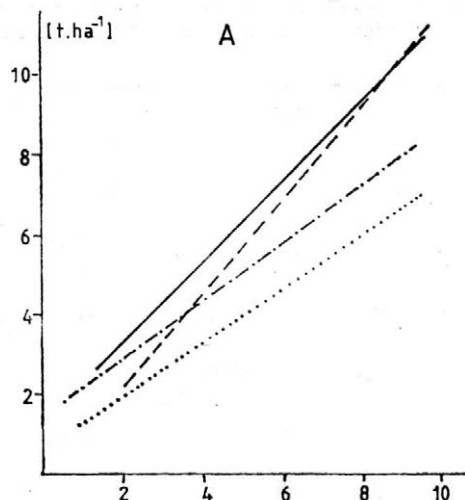
Vk — variační koeficient¹¹

s — směrodatná odchylka¹²

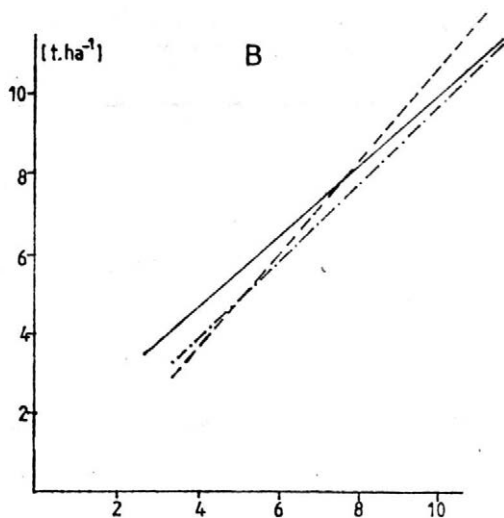
¹character (characteristics), ²grain yield, ³TKW, ⁽⁴⁾grain number, ⁽⁵⁾spike number, ⁶grain number per spike, ⁷variety, ⁸significant, ⁹phenotype correlation of trait with grain yield, ¹⁰arithmetic mean, ¹¹variation coefficient, ¹²standard deviation

výnosu je výrazně závislá na dosaženém počtu zrn na klas a na plochu ($r = 0,70^+$, resp. $0,75^+$), ale i na HTS ($r = 0,65^+$). U odrůdy Mironovská 808 je tvorba výnosu podmiňována především počtem zrn na klas ($r = 0,58^+$), na nižší závislost lze usuzovat u HTS a počtu zrn na plochu. Odrůda Slavia je velmi dobře adaptována k domácím podmínkám, struktura výnosotvorných prvků je vyvážená, a proto závislost tvorby výnosu na jednotlivých prvcích je poměrně nízká (nejvyšší u počtu zrn na plochu, $r = 0,41$). Nejvýkonnější odrůda Maris Marksman tvoří výnos zejména v závislosti na dosaženém počtu zrn na plochu a s tím související hustotě porostu ($r = 0,75^+$).

Z obr. 1 je zřejmé, že odrůdy Chlumecká 12 a Mironovská 808 (pokud by byly pěstovány) se hodí pro nízkou úroveň produktivity prostředí, zatímco odrůda Maris Marksman a zejména Slavia pro vysoký agrofon. Efektivně reaguje na produktivitu prostředí zejména Slavia,



..... Chlumecká 12 $y = 0,57 + 0,67x$
 -.- Mironovská 808 $y = 1,38 + 0,73x$
 -- Slavia $y = -0,14 + 1,16x$
 — Maris Marksman $y = 1,25 + 1,02x$



-.- Viginta $y = -0,05 + 0,96x$
 -- Zdar $y = -0,99 + 1,15x$
 — Regina $y = 1,06 + 0,88x$

1. Reakce odrůd na rozdílnou úroveň produktivity prostředí — Response of varieties to different level of productivity of environment

osa x — produktivita prostředí

osa y — výnos

A — průměrný výnos 12 odrůd

B — průměrný výnos 3 odrůd

x axis — productivity of environment

y axis — yield

A — average yield of 12 varieties

B — average yield of 3 varieties

což prokázaly dřívější výzkumy (Pešek et al., 1984) i naše předchozí práce (Dotlačil, Toman, 1991). Z obr. 1 lze vyvodit, že při vysoké produktivitě prostředí (kolem $8,5 \text{ t.ha}^{-1}$) jsou výnosově srovnatelné odrůdy Maris Marksman a Slavia. Odrůda Maris Marksman byla však nejvýnosnější při běžně dosahovaných výnosech. Při nízké úrovni agrofonu (pod $3,5 \text{ t.ha}^{-1}$) se Slavia již neprosadila a vhodnější do těchto podmínek byla odrůda Mironovská 808.

Prakticky využitelné závěry může přinést modelování reakce na agrofon u pěstovaných produktivních odrůd. Rozdíly zde nejsou ovšem tak výrazné jako u odrůd s velmi odlišným výnosovým potenciálem, lze však vysledovat specifické odrůdové rozdíly. Pro tento účel jsme využily výsledků pokusné série, ve které byly jako tři kontroly pravidelně zařazovány odrůdy Regina, Zdar a Viginta, které patří ke špičkovým v současném sortimentu ozimé pšenice.

Průměrným výnosem zrna se prakticky nelišily odrůdy Regina a Zdar ($7,74 \text{ t.ha}^{-1}$, resp. $7,72 \text{ t.ha}^{-1}$), průměrný výnos odrůdy Viginta byl poněkud nižší ($7,24 \text{ t.ha}^{-1}$). Odrůda Regina prokázala nejnížší variabilitu výnosů ($V_k = 16,0 \%$), charakteristický je hustší porost (615 klasů na 1 m^2), nižší HTS ($39,2 \text{ g}$) a vysoký počet zrn na 1 m^2 ($19,9 \cdot 10^3$). Pro odrůdu Zdar je charakteristická vysoká produktivita klasu, daná vysokým počtem zrn v klasu ($34,1$) i HTS ($44,1 \text{ g}$). Odrůda Viginta má oproti předchozím poněkud nižší počet zrn v klasu ($28,7$), a tím i nižší počet zrn na 1 m^2 ($16,6 \cdot 10^3$), jak uvádí tab. II.

II. Struktura výnosu zrna u tří vysoce výkonných odrůd ozimé pšenice — Structure of grain yield in three high-yielding winter wheat varieties

Znak (charakteristika) ¹		Odrůda ⁷		
		Regina	Zdar	Viginta
Výnos zrna ²	$\bar{x}$ (t.ha ⁻¹)	7,74	7,72	7,24
	<i>s</i>	1,27	1,67	1,41
	<i>Vk</i> (%)	16,4	21,6	19,5
HTS ³	$\bar{x}$ (g)	39,2	44,1	43,6
	<i>Vk</i> (%)	13,0	11,7	11,3
	<i>r</i>	0,26	0,58	0,38
	<i>b</i>	0,07	0,19	0,11
Počet zrn ⁽⁴⁾ /m ² (.10 ³)	$\bar{x}$	19,9	17,4	16,6
	<i>Vk</i> (%)	17,2	18,2	17,8
	<i>r</i>	0,75 ⁺	0,89 ⁺	0,83 ⁺
	<i>b</i>	0,28	0,47	0,40
Počet klasů ⁽⁵⁾ /m ²	$\bar{x}$	615	521	583
	<i>Vk</i> (%)	19,2	23,6	21,2
	<i>r</i>	0,77 ⁺	0,78 ⁺	0,71 ⁺
	<i>b</i>	0,01	0,01	0,01
Počet zrn na klas ⁶	$\bar{x}$	32,0	34,1	28,7
	<i>Vk</i> (%)	13,4	11,5	13,6
	<i>r</i>	-0,42	-0,33	-0,27
	<i>b</i>	-0,12	-0,13	-0,10

+ — významné⁸ při $P = 0,05$

r — fenotypová korelace znaku s výnosem zrna⁹

b — regrese výnosu zrna na sledovaný znak¹³

For 1—9 see Tab. I, ¹³regression of grain yield for trait under investigation

Závislost tvorby výnosu na jednotlivých výnosových složkách je u všech tří odrůd dosti podobná, srovnatelná s odrůdou Maris Markman z předchozího souboru. Těsná je tato závislost zejména u počtu klasů na 1 m² ($r = 0,71^+$ až $0,78^+$) a počtu zrn na 1 m² ($r = 0,75^+$ až $0,89^+$). O významnější závislosti na HTS lze uvažovat pouze u odrůdy Zdar, u žádné z odrůd nelze prokázat závislost tvorby výnosu zrna na variabilitě v počtu zrn na klas.

Podrobný přehled o reakci sledovaných odrůd na konkrétní podmínky prostředí (šest ročníků, dvě stanoviště) uvádí tab. III. Produktivita prostředí je charakterizována průměrem všech tří odrůd (nejnižší průměrný výnos 5,08 t.ha⁻¹, nejvyšší 10,71 t.ha⁻¹), reakce odrůdy procentuální odchylkou znaku v konkrétním prostředí od průměrné hodnoty znaku u odrůdy.

III. Reakce tří vysoce výkonných odrůd ozimé pšenice na rozdílnou úroveň produktivity prostředí (procentuální odchylka znaku v konkrétním prostředí od průměrné hodnoty znaku u odrůdy) — Response of three high-yielding winter wheat varieties to different level of productivity of environment (percent deviation of trait in concrete environment from average value of trait in variety)

Prostředí (stanoviště ročník) ¹		R 89	K 89	K 88	K 86	K 87	R 88	R 86	K 84	K 85	R 84	R 87	R 85	$\bar{x}$ znaků ⁸
Výnos ² (t.ha ⁻¹) $\bar{x}$ tří odrůd ³		5,08	6,68	6,70	6,75	6,92	6,93	7,77	7,81	8,19	8,58	8,61	10,71	
Regina	výnos zrna ⁴	-30,6	-9,7	-12,4	-11,1	+1,9	-8,5	-0,4	+4,5	+4,4	+11,8	+15,2	+34,1	7,74 t.ha ⁻¹
	HTS ⁵	-26,3	-17,3	+13,5	-0,8	+11,5	+17,3	-1,5	-2,6	+13,8	-5,6	-2,3	-0,8	39,2 g
	zrn ⁽⁶⁾ /m ² (.10 ³)	-6,5	+8,5	-23,6	-11,1	-9,0	-22,4	+0,5	+6,5	-9,0	+17,6	+17,1	+34,2	19,9
	klasy ⁽⁷⁾ /m ²	-26,1	-12,7	-21,9	-9,3	+16,4	-17,3	-11,9	+32,6	-0,6	+10,6	+21,8	+17,0	616
	zrn ⁽⁶⁾ /klas ⁷	+27,5	+7,8	-4,1	-0,9	-11,9	-5,6	+16,9	-19,4	-9,1	+7,5	-2,8	-2,2	32,0
Zdar	výnos zrna	-44,5	-15,3	-1,6	-8,4	-16,1	-6,5	+5,4	+7,4	+9,3	+8,7	+15,5	+45,5	7,72 t.ha ⁻¹
	HTS	-30,4	-9,8	+10,9	-0,7	0,0	+7,2	+3,2	+4,8	+16,6	-3,2	+1,6	-0,5	44,1 g
	zrn/m ² (.10 ³)	-20,1	-5,7	-10,9	-7,5	-15,5	-12,1	+2,9	+2,9	-5,7	+13,2	+14,4	+47,1	17,4
	klasy/m ²	-32,1	-14,6	-15,2	-14,6	-2,9	-21,3	-10,7	+40,9	0,0	+21,1	+8,4	+40,9	521
	zrn/klas	+15,2	+0,6	+0,3	+7,6	-10,6	+9,1	+10,6	-27,9	+3,8	-8,5	+3,2	-2,9	34,1
Viginta	výnos zrna	-22,6	-10,1	-21,0	-12,8	-11,6	-10,2	+3,0	-2,5	+11,3	+20,2	+10,4	+45,3	7,24 t.ha ⁻¹
	HTS	-21,8	-11,7	+1,3	-2,3	-1,4	+15,1	+12,4	-7,1	+16,7	+0,7	-6,9	+5,5	43,6 g
	zrn/m ² (.10 ³)	-1,2	+1,8	-22,3	-10,8	-10,2	-22,3	-8,4	+4,8	-4,8	+19,3	+18,7	+38,0	16,6
	klasy/m ²	-26,1	-14,1	-25,0	-6,7	+4,6	-16,0	-23,3	+30,2	+6,3	+25,4	+19,2	+24,5	583
	zrn/klas	+32,9	+4,9	-2,4	-0,3	-11,5	-7,7	+17,5	-19,6	-2,1	-4,9	-1,4	-4,9	28,6

R — Praha-Ruzyně, K — Klatovy

¹environment (site, year), ²yield, ³of three varieties, ⁴grain yield, TKW, ⁽⁶⁾of grains, ⁽⁷⁾spikes, ⁸of traits

U odrůdy Regina kolísaly výnosy zrna od 30,6 % do 34,1 % k $\bar{x}$ v souladu s vypočtenými fenotypovými korelacemi byly nízké výnosy zrna zpravidla podmiňovány nízkou hustotou porostu ($-26,1$ % až $+32,6$ % k $\bar{x}$). Počet zrn na 1 m^2 byl vysoký (až $+34,2$ % k $\bar{x}$) u nejlepších výnosů, při nejnižších výnosech však příliš neklesal ($-6,5$ % při nejnižším výnosu zrna — projevil se pokles HTS).

Výnosy zrna odrůdy Zdar kolísaly v rozmezí $-44,5$ % až $+45,5$ % k $\bar{x}$, čemuž odpovídá i vysoký variační koeficient ($V_k = 21,6$ %). Charakteristická je poněkud výraznější reakce na produktivitu prostředí oproti odrůdám Regina a Viginta. Potvrzuje se závislost tvorby výnosu především na hustotě porostu a počtu zrn na plochu u výnosů vysokých, nejnižší výnosy byly vedle poklesu uvedených znaků určovány i výrazným poklesem HTS.

Odrůda Viginta kolísala ve výnosech zrna od $-22,6$ % do $+43,3$ % k $\bar{x}$. Za charakteristický lze považovat menší pokles počtu zrn na plochu u nižších výnosů, daný zřejmě především vysokou kompenzační schopností v počtu zrn na klas. U vysokých výnosů předpokládáme trend k poměrně vyváženému zvyšování všech sledovaných prvků výnosové struktury.

Při celkovém srovnání obou stanovišť byl průkazně nižší výnos zrna v Klatovech ($7,18 \text{ t. ha}^{-1}$) oproti Praze-Ruzyni ($7,95 \text{ t. ha}^{-1}$). Efekt různých povětrnostních a půdních vlivů se projevil především v prvcích struktury výnosu. Rovněž Sieling, Hanus (1990) upozorňují, že interakce výnosových prvků s prostředím (především půdními podmínkami) je výraznější než interakce vlastního výnosu zrna. Je zřejmé, že ve snížení interakce s prostředím u výnosu oproti jeho složkám se promítá výrazná schopnost pšenice kompenzovat některé výnosové prvky jinými.

Přehlednou informaci o reakci tří studovaných produktivních odrůd na prostředí podává obr. 1. Při produkčním potenciálu prostředí nad $7,5 \text{ t. ha}^{-1}$ byla nejvýnosnější odrůda Zdar, při produktivitě prostředí pod touto hranicí byla nejvýnosnější odrůda Regina. Odrůda Zdar reagovala na produktivitu prostředí výrazněji než obě zbývající odrůdy ($b = 1,15$). Proto při výnosech pod $5,0 \text{ t. ha}^{-1}$ byla překonávána též odrůdou Viginta. Z uvedeného je zřejmé, že úroveň produktivity prostředí mění výnosové pořadí odrůd. Při úrovni produktivity nad $7,5 \text{ t. ha}^{-1}$ je nejvýnosnější Zdar, následují Regina a Viginta. V rozmezí produktivity prostředí $5,0$ až $7,5 \text{ t. ha}^{-1}$ se dostává na první místo Regina, následuje Zdar a Viginta. A konečně při výnosech pod $5,0 \text{ t. ha}^{-1}$ se po nejvýnosnější odrůdě Regina dostává na druhé místo Viginta, Zdar klesá na místo poslední.

Uvedené řešení je ovšem modelové, vychází pouze z výsledků dvou stanovišť a šestileté pokusné řady. Otázku stanovišť je zde potřebné považovat za velmi významnou, neboť úzce souvisí s vhodností odrůd pro určité podmínky (v našem případě stanoviště Klatovy představuje oblast bramborářskou a Praha-Ruzyně oblast řepářskou). O praktické interpretaci modelu lze proto uvažovat pouze v rozsahu půdních a klimatických podmínek zahrnutých do experimentu. Použitelnost lineárního modelu potvrzuje vysoká korelace mezi úrovní produktivity prostředí a výkonem jednotlivých odrůd ($r = 0,96$ až $0,99$).

- BEDÖ, Z. — BALLA, L.: Őszi búzafajták termőképesség stabilitása különböző ökológiai viszonyok között. *Növénytermelés*, 26, 1977, č. 6, s. 443-449.
- BOROJEVIC, S.: Ideotypes for high productivity, performance stability and adaptation. 2nd Int. Wheat Conf. Zagreb, 1975, s. 46-95.
- DOTLAČIL, L. — TOMAN, K.: Výnosová stabilita u typově odlišných odrůd pšenice. *Rostl. Vyr.*, 37, 1991, č. 1, s. 33-38.
- ENTZ, M. H. — FOWLER, D. B.: Response of winter wheat to N and water: growth, water use, yield and grain protein. *Can. J. Pl. Sci.*, 69, 1989, č. 4, s. 1135-1147.
- FINLAY, K. W. — WILKINSON, G. N.: The analysis of adaptation in plant breeding programme. *Austral. J. agric. Res.*, 14, 1963, s. 742-754.
- KRATZSCH, G. — HÄNSEL, A. — BEESE, G.: Zur Sorten-spezifischen Anbautechnik bei Getreide. *Feldwirtschaft*, 31, 1990, č. 6, s. 234-249.
- LISTOVA, M. P. — PLATONOVA, L. S. — VINOGRADOVA, R. I.: Opisaniye uslovij formirovaniya urozhajev ozimoy pšenicy i kartofelja metodami matematičeskogo modelirovaniya. *Agrochimija*, 1990, č. 5, s. 63-69.
- MEHRHOFF, R. — KÜHBAUCH, W.: Ertragsstruktur alter und neuer Winterweizensorten unter dem Aspekt der Einlagerung und Remobilisation von Fruktanen im Weizenhalm. *J. Agron. Crop Sci.*, 165, 1990, s. 47-63.
- PESEK, J. — HLAVIČKA, A. — HARTMAN, J. — SUŠKEVIČ, M.: Analýza stability a tvorby vysokých výnosů odrůd ozimé pšenice. *Rostl. Vyr.*, 30, 1984, č. 10, s. 1014-1024.
- STELING, K. — HANUS, H.: Yield reaction of winter wheat in monoculture in dependence upon weather and soil. *J. Agron. Crop Sci.*, 165, 1990, s. 151-158.
- WADDINGTON, S. R. — RANSOM, J. K. — OSMANZAI, M. — SAUNDERS, D. A.: Wheat program, CIMMYT, Mexico. *Crop Sci.*, 26, 1986, č. 4, s. 698-703.

Došlo 4. 7. 1991

L. DOTLAČIL, K. TOMAN (Research Institute of Crop Production, Praha - Ruzyně): **Varietal response of winter wheat to production potential of environment.** *Rostl. Vyr.*, 37, 1991 (11) : 947-954.

In three-year trials at three sites were evaluated four varieties of different yield potential (Chlumecká 12, Mironovská 808, Slavia, Maris Marksman) and three highly productive present varieties (Regina, Zdar and Viginta) at two sites in six-year trials. Varieties of different yields differed especially by harvest index, much less in above-ground biomass output. The grain yield formation in varieties having high yield potential was dependent especially on grain number and spike number per area unit, very low was the dependence on grain number per spike. Varieties with low potential exhibited no dependence of yield formation on stand density, however, there is a significant dependence on the grain number per spike. The yield sequence of varieties is varying at different level of environment. The Slavia variety, e.g., was found to be the best at the productivity above 8.5 t per ha, this was over-yielded by the variety Maris Marksman at the lower yield and at the yield below 3.5 t per ha, this was overcome by the Mironovská 808 variety. The Zdar variety exhibited the highest performance at the yields above 7.5 t per ha among present tested varieties, the Regina variety exhibited higher performance at lower level of productivity and at the yield of 5.0 t per ha also Viginta. High grain yields were always conditioned by a high stand density and grain number per area. Low yields were usually associated with a low TKW value along with decrease in the traits.

ENERGETICKÁ NÁROČNOST ROSTLINNÉ VÝROBY V PODMÍNKÁCH JIŽNÍ MORAVY

Marie Dvořáková

Výzkumný ústav pícninářský, 664 41 Troubsko

Byly vyhodnoceny dílčí a celkové energetické vstupy u ozimé pšenice, jarního ječmene, kukuřice na zrno, cukrovky, hrachu, kukuřice na siláž a vojtěšky. Z uskutečněných rozborů dílčích vstupů dodatkové energie do rostlinné výroby zaujímá první místo hnojení, tj. použití průmyslových a statkových hnojiv (55,4 %). Na druhé místo se zařadila sklizeň včetně posklizňové úpravy (17,6 %), dále pak setí včetně osiv (13,6 %) a zpracování půdy (9,4 %). Při hodnocení celkových energetických vstupů bylo v průměru sledovaných let 1976 až 1987 dosaženo nejvyšších vstupů energie u kukuřice na zrno (30,24 GJ . ha⁻¹) a cukrovky (37,74 GJ . ha⁻¹) a nejnižší vstupy vykazoval jarní ječmen (18,39 GJ . ha⁻¹), dále pak hrách (14,16 GJ . ha⁻¹) a vojtěška (13,70 GJ . ha⁻¹).

Růst životní úrovně je těsně spjat s růstem spotřeby energie. Zemědělství a lesnictví má proti ostatním odvětvím národního hospodářství, která jsou s výjimkou těžby paliv a energie především spotřebiteli energie, zcela odlišný charakter. Na jedné straně je spotřebitelem energie, na druhé straně však zajišťuje transformaci sluneční i dodatkové energie na organickou hmotu, která je obnovitelem energie a poskytuje energii ve výživě lidu nebo ve formě krmiv k výživě a produkci hospodářských zvířat.

Spotřeba fosilní energie v zemědělství je dána především uplatňováním chemizace, mechanizace a automatizace v procesu prvovýroby, ale i nárůstem kvantity a kvality produkce.

Kromě přímé spotřeby energie v zemědělství ve formě paliv, elektrické energie, hnojiv, pesticidů, ale i lidské práce využívá zemědělství nepřímou formu energie, která zároveň představuje vazby na ostatní odvětví. Především úzká vnitřní vazba se vytváří s potravinářským průmyslem.

Z řady prací zabývajících se problematikou energetických bilancí (Hurd, Foster, 1974; Pimentel, 1976; Štolcová, Štolc, 1982 aj.) je známo, že nárůst výnosů u zemědělských plodin není adekvátní rychlému vzestupu spotřeby fosilní energie, která je využívána v rostlinné výrobě. Z tohoto pohledu efektivnost rostlinné výroby s intenzifikací klesá. Někdy např. vysoké dávky průmyslových hnojiv nebo pesticidů mohou produkci ještě zvýšit, ale z hlediska vkladu energie nejsou efektivní. V extrémních případech může vklad energie dokonce převyšovat energetický obsah konečného produktu. Největší část energetických vkladů připadá na průmyslová hnojiva (Schuffelen, 1975; Hruška, Janíček, 1982; Štolcová, Štolc, 1982), ná-

ročnější na výrobu jsou pesticidy, ale vzhledem k tomu, že se jich používá velmi malé množství, není prvovýroba těmito vstupy tak zatěžována. Kromě hnojiv se velké množství energie z rostlinné výroby vynakládá na zpracování půdy, které mimo jiné spotřebuje velké množství pohonných hmot. Furniss (1977), Havelec (1980), Kossek (1980), Šimon (1980) aj. ukazují na možnost úspory energie v oblasti používání vysoce výkonné techniky a na úseku technologie zpracování půdy.

Energetické bilance podpořily propagaci tzv. biologických směrů v rostlinné výrobě (Šimon, Zimová, 1980). Zdůrazňoval se zde kladný vliv předplodin, zeleného hnojení nebo i dalších forem organického hnojení (Hurd, Foster, 1974; Strnad, Valeš, 1980).

MATERIÁL A METODA

Vyhodnocení energetických vstupů se uskutečnilo u ozimé pšenice, jarního ječmene, kukuřice na zrno, cukrovky, hrachu, kukuřice na siláž a vojtěšky v letech 1976 až 1987 v ZD Syrovice na okrese Brno-venkov, které hospodaří na výměře 2000 ha orné půdy. Energetické vklady byly propočteny podle metodiky, kterou publikoval Preininger (1987).

Stanovištní podmínky: zeměpisná šířka je 49° 09', zeměpisná délka 16° 33', nadmořská výška 220 m n. m., výrobní subtyp kukuřično-řepařský, půdní typ černozem, půdní druh (ornice) hlinitá, písčitohlinitá, průměrná roční teplota činila 8,9 °C, průměrný roční úhrn srážek 483,6 mm.

Agrochemické vlastnosti ornice: obsah humusu 2 %, pH (KCl) 7, obsah fosforu 75 mg.kg⁻¹, obsah draslíku 180 mg.kg⁻¹.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Vyšší intenzita hnojení, větší využívání pesticidních látek, nové odrůdy plodin, ale i používání nových pěstebních technologií a dalších faktorů intenzifikace navozují problematiku různých kalkulací nejen s ohledem na výši a jakost dosažené produkce nebo z ekonomického pohledu, ale v poslední době i se zřetelem na energetickou náročnost rostlinné výroby.

Tyto studie přispívají k větší objektivizaci spotřeby energie v rostlinné výrobě, a to jak z hlediska ekonomiky, tak i s ohledem na ekologizaci zemědělství jako celku.

Výrobní proces u jednotlivých plodin se skládá z většího množství specifických pracovních operací a vstupuje do něho sluneční energie a značné množství surovin, různorodých materiálů a živé práce.

Uváděná struktura položek energetických vstupů je také ovlivněna metodickým postupem, který je značně podmíněn existující evidencí zemědělského podniku. Hlavní pozornost je věnována vstupům do výrobního procesu, které se svými výnosotvornými komponenty (živinami, genetickým potenciálem) přímo účastní na tvorbě organické hmoty.

Z uskutečněných rozborů vstupů dodatkové energie do rostlinné výroby jednoznačně zaujímá první místo hnojení, tj. použití průmyslových a statkových hnojiv (tab. I). Na druhé místo se zařadila sklizeň

I. Vstupy dodatkové energie ($\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$) podle jednotlivých pracovních operací u sledovaných plodin (průměr let 1976 až 1987, ZD Sychrovice) — Inputs of supplemental energy (GJ per ha) according to different procedures in crops under study (average for the years 1976 to 1987, Farm Sychrovice)

Plodina ¹ (vstupy) ²	Pracovní operace ³					
	zpracování půdy ⁴	setí včetně osiva ⁵	hnojení celkem ⁶	ošetření porostu ⁷	sklizeň + posklizňo- vá úprava ⁸	celkem ⁹
Ozimá pšenice ¹⁰ celkem (z toho přímá %) ¹⁸	1,92 (87,5)	3,36 (5,9)	11,39 (1,7)	0,86 (24,4)	1,85 (56,8)	19,38 (17,2)
Jarní ječmen ¹¹ celkem (z toho přímá %)	1,40 (85,7)	2,35 (4,6)	11,01 (0,1)	0,65 (27,7)	2,98 (39,6)	18,39 (14,8)
Kukuřice na zrno ¹² celkem (z toho přímá %)	2,66 (72,2)	5,61 (2,5)	18,38 (1,3)	1,42 (33,1)	2,17 (81,1)	30,24 (15,0)
Hrách ¹³ celkem (z toho přímá %)	1,63 (98,1)	3,58 (13,4)	6,93 (2,6)	0,49 (32,7)	1,68 (77,4)	14,31 (26,0)
Cukrovka ¹⁴ celkem (z toho přímá %)	3,00 (74,7)	1,80 (7,8)	21,27 (3,8)	1,60 (26,9)	10,31 (81,6)	37,74 (31,9)
Kukuřice na siláž ¹⁵ celkem (z toho přímá %)	2,16 (83,3)	3,09 (4,5)	13,07 (2,5)	0,73 (21,9)	2,17 (67,7)	21,22 (18,4)
Vojtěška ¹⁶ celkem (z toho přímá %)	1,49 (81,5)	2,56 (3,2)	3,86 (2,1)	0,47 (23,1)	5,32 (85,3)	13,70 (48,8)
Průměr plodin ¹⁷ (z toho přímá %)	2,13 (80,3)	3,08 (5,4)	12,57 (2,6)	0,90 (27,0)	4,01 (61,1)	22,69 (35,3)

¹crop, ²inputs, ³procedures, ⁴soil cultivation, ⁵sowing including seed, ⁶total fertilizing, ⁷stand treatment, ⁸harvest + post-harvest treatment, ⁹total, ¹⁰winter wheat, ¹¹spring barley, ¹²grain maize, ¹³pea, ¹⁴sugar beet, ¹⁵silage maize, ¹⁶lucerne, ¹⁷average of crops, ¹⁸(of it direct in %)

včetně posklizňové úpravy, dále pak setí včetně osiv a zpracování půdy.

V rámci průmyslových hnojiv představují největší energetický podíl dusíkatá hnojiva. Je to v důsledku vysoké energetické náročnosti jejich výroby. Podle našich výsledků největší vstup průmyslových dusíkatých hnojiv byl u kukuřice na zrno, a to $13,45 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, dále v sestupném pořadí u kukuřice na siláž $11,30 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, u cukrovky $10,74 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, u ozimé pšenice $7,89 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, u jarního ječmene $4,86 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, u hrachu $3,57 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ a nejmenší u vojtěšky $2,51 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Podíl osiv je důležitou položkou nejen z hlediska svého podílu na celkových energetických vstupech, ale především z hlediska genetického jako potenciálního nositele základu vysokých výnosů a potenciálního předpokladu vysoce efektivního využití ostatních energetických vstupů.

Energetický vstup osiv a sadby tvoří v průměru 13,6 % z celkových energetických vstupů. Velikost tohoto vstupu je u jednotlivých plodin

závislá na výši výsevního množství, dále pak na reprodukční schopnosti plodin a na dalších vkladech na šlechtění a úpravu osiv.

Největší vstup na osiva podle jednotlivých plodin byl u kukuřice na zrno, a to $5,61 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ a dále v sestupném pořadí u hrachu $3,58 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, u ozimé pšenice $3,36 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, u kukuřice na siláž $3,09 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, u vojtěšky $2,56 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, u jarního ječmene $2,35 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ a nejmenší vstup na osivo byl u cukrovky, a to $1,80 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Důležitým vstupem především z hlediska agrotechnického jsou pesticidy. V porovnání s výše uvedenými energetickými vstupy představují menší podíl, v průměru 4 %.

Největší vstup energie ve formě pesticidů byl u cukrovky, a sice $1,60 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 4,2 %, a dále sestupně u kukuřice na zrno $1,42 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 4,7 %, u ozimé pšenice $0,86 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 4,4 %, u kukuřice na siláž $0,73 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 3,4 %, u jarního ječmene $0,65 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 3,4 %, u hrachu $0,49 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 3,4 %, a nejmenší vstup v pesticidech byl zjištěn u vojtěšky $0,47 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 3,4 %.

Druhý nejnáročnější vstup energie po hnojení vykazuje sklizeň včetně posklizňové úpravy. To je ovlivněno především energetickými vstupy na sklizeň cukrovky a vojtěšky, kde dodatkové vstupy tvoří 27,3 %, resp. 38,8 % z celkových vstupů. Na vysokých vstupech u sklizeň vojtěšky se podílí horkovzdušné sušení v důsledku vysokých energetických nároků.

Vynaložená energie na zpracování půdy byla v průměru let nejvyšší u cukrovky, a to ve výši $3,65 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, z toho činila přímá energie 74,7 %, dále pak u kukuřice na zrno $2,66 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, z toho 72,2 % přímé energie, u kukuřice na siláž činil vstup energie celkem na zpracování půdy $2,16 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$, z toho 83,3 % přímé energie.

Při hodnocení celkových energetických vstupů v průměru sledovaných let bylo dosaženo nejnižších hodnot u vojtěšky, dále pak u hrachu a jarního ječmene, nejvyšší vstupy energie vykazovala kukuřice na zrno a cukrovka.

Hodnotíme-li vstupy energie u jednotlivých plodin v jednotlivých letech, je možno konstatovat, že vstupy energie u ozimé pšenice od roku 1987 mírně stoupají; rozdíl roku 1976 oproti roku 1987 je $12,51 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na zvýšení trendů energetických vstupů u této plodiny se podílely především zvyšující se dávky dusíkatých hnojiv.

U jarního ječmene mají naopak vstupy energie celkem mírně klesající tendenci, a to z toho důvodu, že od roku 1985 byla značná pozornost věnována kvalitě sladovnických ječmenů, a proto také byly sníženy dávky dusíku na 1 ha.

Energetická náročnost v rostlinné výrobě a hlavně vstupy dodatkové energie, jak ukazují naše výsledky, jsou oprávněně středem zájmu výrobní praxe.

Při pohledu na celkové energetické vstupy lze v daných podmínkách sledované plodiny seřadit podle náročnosti na vstup celkové energie v tomto sestupném pořadí: cukrovka, kukuřice na zrno, kukuřice na siláž, ozimá pšenice, jarní ječmen, hrách a vojtěška. K obdobnému pořadí dospěl též Stražil [1987] v podmínkách středních Čech. Porovnání vstupů energií podle jednotlivých autorů pro jednotlivé plodiny uvádí tab. II.

Jak uvádí Číslák [1983], rozdíl ve velikosti vstupní energie u jednotlivých plodin je podmíněný více příčinami jako např. speci-

II. Vstupy energie (GJ.ha⁻¹) podle různých autorů pro některé plodiny — Energy inputs (GJ per ha) after different authors for some crops

Plodina ¹	Hruška, Janíček (1982)	Čislák (1983)	Stražil (1987)	Dvořáková (1989)
Ozimá pšenice ²	28,91	25,13	32,28—35,43	19,38
Jarní ječmen ³	23,48	16,35	28,58	18,39
Kukuřice na zrno ⁴	37,71	40,67	43,10	30,24
Cukrovka ⁵	37,75	45,65	48,27	37,77

¹crop, ²winter wheat, ³spring barley, ⁴grain maize, ⁵sugar beet

fikou jednotlivých plodin vyplývající z genetických vlastností, stupněm intenzifikace (hnojení, pesticidy aj.).

Další příčinou je použití technologií pěstování a s tím související výrobně technologické linky, které mohou být rozdílné u jednotlivých plodin nejenom v důsledku specifických agrotechnických zásad, ale i v důsledku rozdílné úrovně mechanizace (např. různé plodinové systémy pěstování apod.).

Většina výsledků u energetických vstupů (Čislák, 1983) se však vztahuje na polní experimenty s předpokládanou technologií pěstování polních plodin. Naše poznatky z prvovýroby mají větší praktický význam, na druhé straně jsou však zatíženy některými technickými chybami. Výsledky, které uvádíme, vycházejí ze skutečně použitých technologií pěstování polních plodin v podmínkách velkovýrobní praxe.

Vstupy dodatkové energie ve sledovaném zemědělském podniku představují v průměru sledovaných let a plodin 22,69 GJ.ha⁻¹ (tab. I). Největší vstup z výše uvedené hodnoty dodatkové energie připadá na hnojení, a to 55,4 %. Z těchto základních výsledků lze blíže charakterizovat energetickou náročnost rostlinné výroby a hledat nová řešení, a to jak v soustavě hospodaření na půdě, tak i v systému pěstování plodin. Stanovení energetické náročnosti rostlinné výroby je i jedním z hledisek při posuzování tzv. ekologizace rostlinné výroby a při stanovení dalších směrů při prohlubování a uplatňování biologických aspektů v zemědělské soustavě.

Literatura

- ČISLÁK, V.: Tok a transformácia energie v sústave hospodárenia v závlahách. [Závěrečná správa.] Bratislava, VÚZH 1983.
- DVOŘÁKOVÁ, M.: Energetické bilance v rostlinné výrobě ve velkovýrobních podmínkách jižní Moravy. [Kandidátská disertace.] Praha - Ruzyně, 1989, 88 s. Výzk. Úst. rostl. Výr.
- FURNISS, I.: Resource use in Canadian agriculture. *Agrologist*, 6, 1977, č. 1, s. 1-4.
- HAVELEC, S.: Energetická náročnost zpracování půdy. In: Sbor. Ref. Českoslov. věd. techn. Spol. Energetické bilance s ohledem na intenzifikaci rostlinné výroby, Praha, 1980, s. 70-74.
- HURD, E., — FOSTER, M.: Food production and the energetic crisis. *Ceres*, 132, 1974, s. 443-449.

- KOSEK, J.: Spotřeba paliv a energie v zemědělské výrobě. In: Sbor. Českoslov. Akad. zeměd. Racionalizace spotřeby energie v mechanizaci rostlinné výroby, Praha, 1980, s. 5-16.
- PIMENTEL, D.: The energy crisis: Its impact on agriculture. Ref. Res. Cornell Univ. Agric. Exp. Stat., 1976.
- PREININGER, M.: Energetické hodnocení výrobních procesů v rostlinné výrobě. Stud. Inform. ÚVTIZ, Rostl. Výr., 1987, 29 s.
- SCHUFFELEN, A. C.: Energy balance in use of fertilizers. Span, 48, 1975, č. 1, s. 18-20.
- STRAŠIL, Z.: Balance energie a efektivnost vkladů v zavlažovaných a nezavlažovaných ekosystémech orných půd. [Závěrečná zpráva.] Praha - Ruzyně, VÚRV 1987, 29 s.
- STRNAD, P. — VALEŠ, J.: Energetické hodnocení produktivity osevního postupu při různé intenzitě hnojení. In: Sbor. Ref. Českoslov. věd. techn. Spol. Energetické bilance s ohledem na intenzifikaci rostlinné výroby, Praha, 1980, s. 56-59.
- SIMON, J.: Některé příklady energetických bilancí v rostlinné výrobě. In: Sbor. Ref. Českoslov. věd. techn. Spol. Energetické bilance s ohledem na intenzifikaci rostlinné výroby, Praha, 1980, s. 45-55.
- ŠIMON, J. — ZIMOVÁ, D.: Biologické aspekty v intenzivní rostlinné výrobě. Stud. Inform. ÚVTIZ, Rostl. Výr., 1980, č. 5, 95 s.
- ŠTOLCOVÁ, J. — ŠTOLC, K.: Energetické bilance v agroekosystémech při různé intenzitě hnojení. [Závěrečná zpráva.] Praha - Ruzyně, VÚRV, 1982, 21 s.

Došlo 6. 8. 1990

M. DVORÁKOVÁ (Fodder Crops Research Institute, Troubsko):
Energy demand of crop production in the conditions of Southern Moravia.
 Rostl. Výr., 37, 1991 (11) : 955-960.

Partial and total energy inputs in winter wheat, spring barley, grain maize, sugar beet, pea, silage maize and lucerne were evaluated. The first place, from all performed analyses of partial inputs of supplemental energy into crop production, occupies fertilizing, i.e. using fertilizers and manure (55.4 %). The second place filled in the harvest including post-harvest practices (17.6 %), further sowing including seeds (13.6 %) and soil cultivation (9.4 %). Evaluating the total energy inputs for an average of the years 1976—1987 under study, the highest energy inputs were obtained in grain maize (30.24 GJ per ha), sugar beet (37.74 GJ per ha) and the lowest inputs exhibited spring barley (18.39 GJ per ha), followed by pea (14.16 GJ per ha) and lucerne (13.70 GJ per ha).

Sasin A.: Effects of weather on hop yields	919
Zrůst J., Čepl J.: Dependence of early potato yield on some growth characteristics	925
Vidovič J.: Production and energy balance of maize stand	935
Dotlačil L., Toman K.: Varietal response of winter wheat to production potential of environment	947
Dvořáková M.: Energy demand of crop production in the conditions of Southern Moravia	955

Rukopisy odevzdány k tisku 9. 9. 1991, podepsáno k tisku 29. 1. 1992

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA • Vydává Československá akademie zemědělská — Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství • Vychází měsíčně • Redaktorka RNDr. Eva Stříbrná • Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541 • Vytiskl Final, s.p., 120 00 Praha 2, Legerova 22 • © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1991

Rozšiřuje PNS. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, pošta, doručovatel a PNS-ÚED Praha, ACT, Kafkova 19, 160 00 Praha 6; PNS-ÚED Praha, závod 02, Obránců míru 2, 656 07 Brno; PNS-ÚED Praha, závod 03, 28. října 206, 709 90 Ostrava 9.