



VĚDECKÝ ČASOPIS

ODBORNÁ KNIHOVNA
ministerstva zemědělství
PRAHA 1 - TĚŠNOV č. 65

ROSTLINNÁ VÝROBA

12

ROČNÍK 38
PRAHA
PROSINEC 1992
ROVYAM 38 (12)
977 - 1060
CS ISSN 0370-663X

AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH VĚD ČSFR
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Řídí redakční rada: doc. ing. Josef Šimon, CSc. (předseda), doc. ing. Pavol Bajčí, 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. Josef 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, DrSc.

Vedoucí redaktorka: RNDr. Eva Stříbrná

OBSAH

Voplakal K.: Teplotní a vlhkostní ovlivnění obsahu dostupného fosforu v půdě a jeho změny během vegetace	977
Pavlíková D., Vaněk V., Vlková O.: Hodnocení metod stanovení mineralizovatelného dusíku v půdě	983
Švihra J.: Vliv teplotního a vodního stresu po antéze na kapacitu zrnového sinku vybraných odrůd ozimnej pšenice	989
Ulmann L.: Vliv vybraných agrotechnických opatření na výnos tritikale Grado	995
Novák J.: Pestovanie skorých hybridov kukurice v horskej oblasti	1001
Tejklková E.: Dlouhodobá kultivace shluků pupenů a regenerace rostlin lnu <i>in vitro</i>	1009
Máchova M.: Nitrogenázová aktivita jetele lučního během kvetení, zrání semen a po seči	1023
Hofbauer J.: Vliv přípravku Relan PGR (Trihor) na pyl a výnosy semene vojtěšky seté	1033
Mrkvička J., Velich J., Hrnčíř M.: Vyplavování nitrátového dusíku při rychloobnově trvalého lučního porostu na nivní glejové půdě	1039
Zrůst J., Míča B.: Iniciace a tvorba stolonů hlíz bramboru při rozdílných hladinách dusíkaté výživy	1045
Kajan M., Kubičko P., Mader P.: Použití biomasy řas z otevřených solárních kultivátorů k monitorování obsahu těžkých kovů v atmosférickém spadu	1053

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

Macháček V.: 4. Kongres IMPHOS Fosfor – život a prostředí, od výzkumu k aplikaci	982
Zahradníček J.: XIII. Celostátní biochemické dny 1992	1032
Zahradníček J.: VI. Dny rostlinné fyziologie – Praha 1992	1038

JUBILEUM

Habovštiak J.: Životné jubileum prof. Ing. Vladimíra Krajčoviča	1059
Vrkoč F.: K životnímu jubileu ing. Františka Křišťana, CSc.	1060

TEPLOTNÍ A VLHKOSTNÍ OVlivNĚNÍ OBSAHU DOSTUPNÉHO FOSFORU V PŮDĚ A JEHO ZMĚNY BĚHEM VEGETACE

Karel Voplakal

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 165 00 Praha 6

V laboratorních inkubačních pokusech bylo zkoumáno ovlivnění režimových charakteristik půdního fosforu v extrémních teplotních a vlhkostních podmínkách. Bylo ověřeno, že jak při vysoké teplotě půdy, tak i při jejím vysokém ovlhčení dochází k nepříznivému ovlivnění intenzitních i sorpčních ukazatelů i ke snížení úrovně dostupného fosforu. Výsledky pokusů byly konfrontovány s dříve zjištěnými extrémními úrovněmi dostupného fosforu během vegetačního období. Je pravděpodobné, že jedním z předpokladů vzniku jarního maxima může být kromě nahromaděných nespotřebovaných produktů mobilizace půdních fosforečných rezerv i nízká půdní teplota; na maximum v době pozdního léta se patrně podílí i nižší úroveň ovlhčení půdy. Naproti tomu příčinou minimální úrovně dostupného fosforu v době plného léta může být kromě zvýšeného odběru fosforu pěstovanými plodinami i vyšší teplota půdy, zatímco na vzniku podzimního minima se kromě jiných vlivů může podílet i zvýšené provlhčení půdy.

Z nejstarších prací zabývajících se proměnlivostí obsahu dostupného fosforu v půdě lze citovat např. studii, kterou uveřejnil Hemmerling (1927), v níž se poukazuje na rozhodující vliv půdní teploty. Sik, Schönfeld (1952) uvádějí, že nejnižší hodnoty obsahu dostupného fosforu se vyskytují zpravidla v letních měsících, zatímco maxima nacházíme v období jarním a zimním. Přitom rozsah sezónních výkyvů hladiny dostupných živin může dosahovat až 200 % průměrné hodnoty.

U nás se dynamikou půdních vlastností intenzivně zabývali Damaška, Fürst (1975, 1979); zavedli tzv. teplotní koeficient jakožto objektivní míru intenzity těchto sezónních změn. Na základě dlouholetého systematického sledování dekadních změn úrovně dostupných živin v podmínkách stacionárního pokusu na hnědozemi na spraši (Tupadly) byly jednak vypočteny trendy dlouhodobého vývoje obsahu dostupného fosforu a jeho režimových ukazatelů (Voplakal, 1990), jednak byl sledován i průběh sezónního kolísání obsahu dostupného fosforu (Sirový et al., 1988). Sezónní proměnlivost lze s dostatečnou přesností matematicky aproximovat jakožto polynom třetího stupně. Na jednotlivých křivkách jsou patrna dvě maxima (v jarním a pozdně letním období) a dvě minima (v období letním a podzimním).

Vlastním výzkumem teplotního, resp. vlhkostního ovlivnění obsahu dostupného fosforu v půdě se zabýval již Robison (1942); zaznamenal účinek půdní teploty na fixaci fosforu. Na rozdílnou dostupnost půdního fosforu při různých teplotních poměrech upozornil Dadykin (1949), zatímco Mack, Barber (1969) a později Haman (1982) se zabývali účinkem teploty a vlhkosti na skupinové (frakční) složení půdního fosforu. Ukazuje se, že např. při dlouhodobém provlhčení půdy v podmínkách závlah dochází k specifickým přesunům způsobů vazby fosforu v půdě, jmenovitě dochází ke zvýšení podílu málo dostupných fosfátů na úkor Ca-fosfátů. K podobným závěrům došli i Korolev et al. (1983). Podobně Alva (1984) zaznamenal určitou imobilizaci půdního fosforu v zaplavovaných půdách. Hinman et al. (1962) konstatovali, že při různých hodnotách ovlhčení bylo množství rozpustného fosforu v půdě úměrné sacímu napětí. Dalším přínosem v problematice teplotního a vlhkostního ovlivnění fosforečné sorpce v půdě je práce, kterou uveřejnili Sah, Mikelsen (1986).

Ke stanovení okrajových podmínek teplotního a vlhkostního ovlivnění režimu půdního fosforu byly založeny laboratorní inkubační pokusy se zeminami z orničních horizontů širšího souboru půdních představitelů: ze stacionárního pokusu na hnědozemí na spraši v Tupadlech a z agrometeorologických stanic na okrese Ústí nad Orlicí: hnědozem na spraši (Džbánov), hnědozem oglejená na sprašové hlíně (Podleší), illimerizovaná půda oglejená na sprašové hlíně (Žichlínek), oglejená půda na soliflukční sprašové hlíně (Dolní Lipka), hnědá půda illimerizovaná na slinitém písku (Česká Třebová), hnědá půda na opuce (Kameničná), hnědá půda kyselá na permokarbonu (Písečná), rezivá půda na ortonule (Jamné). Rozsah půdní reakce pH/KCl jednotlivých půdních představitelů je od 5,5 do 7,2; místa odběru půdních vzorků leží v nadmořské výšce od 270 m (Tupadly) do 640 m (Jamné); průměrná roční teplota míst odběru je 6 až 8,2 °C a jejich roční úhrn srážek od 570 do 860 mm.

Vzorky zeminy (jemnozem I) v množství à 200 g byly inkubovány v plastických krabičkách po dobu čtyř týdnů při dvou extrémních teplotách ($T_{\min} = 5\text{ °C}$; $T_{\max} = 35\text{ °C}$), resp. při dvou stupních vlhkosti ($V_{\min} = 50\text{ \% MKVK}$; $V_{\max} = 100\text{ \% MKVK}$). Pokusné schéma zahrnuje varianty: $T_{\min}V_{\min}$, $T_{\max}V_{\max}$, $T_{\max}V_{\min}$, $T_{\min}V_{\max}$. Po ukončení pokusů a kontrolních stanovení sušiny v jednotlivých variantách pokusů byly provedeny tyto analýzy: obsah dostupného fosforu Egnerovou metodou, faktor intenzity FI (Schofield, 1955), sorpční index SI (Bache, Williams, 1971). Navážky pro jednotlivá stanovení byly dělány se zřetelem na momentální vlhkost příslušných pokusných variant.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Trend zjištěného teplotního ovlivnění intenzitního ukazatele FI, který lze interpretovat i jako koncentraci fosforu v půdním roztoku, odpovídá v podstatě poznatkům uvedeným v úvodní části, že vyšší teplota totiž zvyšuje rychlost sorpce fosforu půdou a snižuje tak koncentraci jeho rozpustných forem. Účinek zvýšené teploty se podobným způsobem projevil i u ukazatele kapacitního: aktuální obsah dostupného fosforu byl nižší v průměru o 25 % ve srovnání s variantou při nízké teplotě. Je zřejmé, že při vyšší teplotě by ke zvyšování koncentrace rozpustných fosfátů mohlo dojít pouze tehdy, kdyby zároveň nedocházelo k nárůstu sorpce fosforu, tedy za podmínek, kdy je dosaženo sorpční rovnováhy, a tudíž rychlost přechodu sorbovaných fosfátů do pevně poutaných forem je nízká. Se zvýšením teploty však dochází nejen k nárůstu kapacity sorpce, ale zároveň se zvyšuje i vazební energie sorpce fosforu figurující v Langmuirově rovnici izoterm (Sah, Mikkelsen, 1986). V souladu s tím jsme u pokusných variant inkubovaných při vyšší teplotě ($T_{\max}$) nacházeli vyšší hodnoty sorpčního indexu SI. Svými důsledky byl obdobný i účinek vysokého provlhčení inkubovaných zemin: u variant $V_{\max}$ byly nalezeny vyšší hodnoty sorpčního indexu a zároveň i nižší úroveň intenzitního ukazatele FI i nižší hladina dostupného fosforu než při nižším stupni ovlhčení ($V_{\min}$), a to jak při nízké, tak i při vysoké teplotě. Výsledky nepřímě potvrzují konstatování (Hamán, 1982), že v zavlažovaných půdách v důsledku nepříznivého ovlivnění skupinového (frakčního) složení fosforu docházelo k výraznému snížení jeho dostupnosti rostlinám.

Tendence teplotního i vlhkostního ovlivnění jednotlivých režimových charakteristik půdního fosforu byly v souboru sledovaných půd za daných pokusných podmínek velmi podobné. Vzhledem k této skutečnosti uvádíme pro větší názornost v tab. I prů-

I. Ovlivnění režimových ukazatelů půdního fosforu změnou teplotních a vlhkostních podmínek – The soil phosphorus regime characteristics as influenced by the variations of temperature and/or soil moisture content

Změna podmínek (konstantní podmínky) ¹	Rozdíl mezi variantami ²	Průměrná změna režimového ukazatele ³ (max – min)		
		P dostupný ⁴	FI	SI
$T_{\min}V_{\min} \rightarrow T_{\max}V_{\max}$	$T_{\max}V_{\max} - T_{\min}V_{\min}$	-6,4 (-9,6; -4,1)	-0,029 (-0,035; -0,012)	+0,94 (+1,12; +0,73)
$T_{\min} \rightarrow T_{\max}$ ($V_{\min} = \text{konst.}$)	$T_{\max}V_{\min} - T_{\min}V_{\min}$	-5,5 (-7,8; -2,3)	-0,021 (-0,038; -0,006)	+0,76 (+1,03; +0,45)
$T_{\min} \rightarrow T_{\max}$ ($V_{\max} = \text{konst.}$)	$T_{\max}V_{\max} - T_{\min}V_{\max}$	-3,9 (-5,1; -2,6)	-0,013 (-0,024; -0,010)	+0,70 (+0,92; +0,57)
$V_{\min} \rightarrow V_{\max}$ ($T_{\min} = \text{konst.}$)	$T_{\max}V_{\max} - T_{\min}V_{\min}$	-2,5 (-3,4; -1,0)	-0,016 (-0,030; -0,007)	+0,24 (+0,33; +0,18)
$V_{\min} \rightarrow V_{\max}$ ($T_{\max} = \text{konst.}$)	$T_{\max}V_{\max} - T_{\max}V_{\min}$	-0,9 (-2,1; +0,3)	-0,008 (-0,012; +0,001)	+0,18 (+0,26; +0,12)

¹variation of conditions (constant conditions), ²difference between variants, ³average difference in the phosphate regime characteristics, ⁴available P

měrné výsledky – změny hodnot jednotlivých režimových charakteristik – včetně rozsahu těchto diferencí (maximální a minimální odchylky), odpovídající rozdílu teplotních a vlhkostních podmínek v jednotlivých pokusných variantách.

Ze srovnání velikosti teplotního, resp. vlhkostního ovlivnění kapacitního, intenzitního i sorpčního ukazatele fosforečného režimu vyplývá posloupnost jednotlivých pokusných variant (od hodnot příznivějších k ovlivnění méně příznivému): $T_{\min}V_{\min}$; $T_{\min}V_{\max}$; $T_{\max}V_{\min}$; $T_{\max}V_{\max}$.

Míra nepříznivého ovlivnění půdního fosforečného režimu v důsledku zvýšené teploty či vlhkosti (resp. jako účinek vzájemných kombinací změn teplotních a vlhkostních podmínek) je v tab. I vyjádřena průměrnými rozdíly hodnot ukazatelů fosforečného režimu mezi jednotlivými pokusnými variantami.

Z výsledků je možno formulovat závěry:

- v podmínkách vysoké teploty a současně i maximálního ovlhčení byla zaznamenána nejvyšší nenasycenost půdní fosforečné sorpční kapacity (maximální hodnoty SI) současně s nízkou úrovní dostupného fosforu a intenzitního ukazatele;
- teplotní ovlivnění režimových charakteristik půdního fosforu sledovaných půd bylo v průměru výraznější než ovlivnění vyvolané jejich rozdílným ovlhčením;
- nepříznivý účinek zvýšené teploty se při nízkém stupni ovlhčení projevil zřetelněji než při vyšší vlhkosti;
- při nízké teplotě bylo nežádoucí ovlivnění režimových charakteristik zvýšeným ovlhčením výraznější než při teplotě vysoké.

Porovnáme-li naše předchozí poznatky o sezónní proměnlivosti dostupného fosforu (Sirový et al., 1988) s výše uvedenými výsledky inkubačních pokusů, můžeme usoudit, že nízká půdní teplota v jarním období se pravděpodobně uplatňuje při vzniku zvýšeného obsahu dostupného fosforu v tomto časovém úseku (spolu s dalšími faktory); nižší ovlhčení půdy v období pozdního léta se patrně podílí na vzniku druhého maxima. Naproti tomu pozorované minimum obsahu dostupného fosforu může být částečně způsobeno zvýšenou teplotou půdy v tomto ročním období (kromě zvýšené spotřeby mobilních forem fosforu pěstovanými rostlinami). Můžeme rovněž předpokládat, že na

nízkém obsahu fosforu v podzimní době se kromě dalších faktorů podílí i zvýšená provlhlčenost půdy.

Literatura

- ALVA, A. K.: Labile phosphat in flooded soil as influenced by mineral nutrition of rice plants. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 15, 1984, č. 4, s. 161 – 176.
- BACHE, B. W. – WILLIAMS, L. L.: A phosphate sorption index for soils. *J. Soil Sci.*, 22, 1971, s. 289 – 301.
- BARROW, N. J.: Three effects of temperature on the reaction between inorganic phosphate and soil. *J. Soil Sci.*, 30, 1979, s. 271 – 279.
- DADYKIN, V. P.: The influence of soil temperature on the availability of phosphorus to plants. *Dokl. Vsesojuz. Akad. Sel.-Choz. Nauk.*, 14, 1949, č. 4, s. 19 – 21.
- DAMAŠKA, J. – FÜRST, Z.: Komplexní výzkum dynamiky faktorů půdní úrodnosti v podmínkách intenzivního využívání půd. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1975.
- DAMAŠKA, J. – FÜRST, Z.: Zákonitosti sezónní a dlouhodobé dynamiky půdních vlastností. [Závěrečná zpráva.] Praha-Ruzyně, VÚRV 1979.
- HAMAN, E.: Badanie przemian fosforeanów glebowych w profilu nawidnianego csarnoziemu. *Rocz. Nauk roln. Sera.*, 105, 1982, č. 4, s. 31 – 38.
- HEMMERLING, V.: Russian investigations concerning the dynamics of natural soils. *Acta Sci. rus. pedol. Inst. Leningrad*, 1927.
- HINMAN, W. L. – BEATON, J. D. – READ, D. W. L.: Some effects of moisture and temperature on transformation of monocalcium phosphate in soils. *Canad. J. Soil Sci.*, 42, 1962, s. 229 – 239.
- KOROLEV, V. A. – KOROLEVA, G. V. – GALAŠEVA, O. E.: Vlijanije orošenija na gruppovoj sostav fosfatov v obyknovennych černozemach voroněžskoj oblasti. *Agrochimija*, 12, 1983, s. 28 – 32.
- MACK, A. R. – BARBER, S. A.: Influence of temperature and moisture on soil phosphates. Effect on phosphate fractions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 24, 1969, s. 381 – 385.
- ROBINSON, R. D.: Phosphorus fixation as influenced by soil temperature. *J. Amer. Soc. Agron.*, 34, 1942, s. 301 – 306.
- SAH, R. N. – MIKKELSEN, D. S.: Effects of temperature and prior flooding on intensity and sorption of phosphorus in the soil. *Pl. and Soil*, 95, 1986, s. 169 – 171.
- SCHOFIELD, R.: Can a precise meaning be given to available soil phosphorus? *Soil and Fertil.*, 18, 1955, s. 5 – 9.
- SIK, L. – SCHÖNFELD, A.: Über periodischen Veränderungen der Bodenkennzahlen. *Agrokém. és Talajt.*, 1, 1952, s. 3 – 8.
- SÍROVÝ, V. – DAMAŠKA, J. – VOPLAKAL, K. et al.: Účinek dlouhodobého intenzivního hnojení na chemismus a produkční potenciál hnědozemě na spraši. [Závěrečná zpráva.] Praha, VÚZP 1988.
- VOPLAKAL, K.: Dlouholetý vývoj fosforečného režimu hnědozemní půdy při různých způsobech hnojení. *Rostl. Výr.*, 36, 1990, č. 8, s. 805 – 810.

Došlo 29.11.1991

K. VOPLAKAL (Research Institute for Soil and Water Conservation, Praha):

The effect of temperatures and moisture on the soil available phosphorus level and its variation during the vegetation period.

Rostl. Výr., 38, 1992 (12): 977 – 981.

Laboratory incubation experiments were conducted to investigate the effects of extreme temperatures and soil moisture contents on the extreme values of the plant available phosphorus level and of the main soil phosphorus regime characteristics. The incubation experiments were made with soils belonging to these great soil groups: Luvisol on loess, Albic Luvisol on loess loam, Pseudogleyic soil on solifluction loess loam, Cambisol on marly sand and arenaceous marl, dystric Cambisol on permocarbon and spodo-dystric Cambisol on orthogneiss. The soil reaction was in the range of 5.5 to 7.2 pH, the localities were at various heights above sea level and they had corresponding climatic conditions. Soil samples were incubated for four weeks at two extreme temperatures ($T_{\min} = 5^{\circ}\text{C}$, $T_{\max} = 35^{\circ}\text{C}$) and at two levels of soil moisture ($V_{\min} = 50\%$ maximum capillary moisture capacity MCMC, $V_{\max} = 100\%$ MCMC). After the finish of incubation the actual water content in the soil of the experimental variants was determined, and the soil available phosphorus content by the method after Egner, intensity factor IF (Schofield, 1955) and sorption index SI to phosphorus (Bache, Williams, 1971) were also determined.

It was confirmed in the whole collection of investigated soils that a certain increase in both the capacity and intensity of phosphorus sorption (higher SI values) could be observed as a result of the higher temperature $T_{\max}$. At the same time the concentrations of phosphorus in soil solution (FI values) and the plant available phosphorus level decreased in comparison with the values of phosphate characteristics at the lower temperature. Similarly, the soil phosphorus characteristics showed less favourable values in all soils incubated at the higher moisture content ($V_{\max}$) than at the lower moisture content. The trends of the effects of temperatures and soil moisture contents on the phosphate characteristics were identical in the whole collection of investigated soils. For the purposes of simple and clear presentation, the average extent of the effects on the different soil phosphorus characteristics (including maximum and minimum divergences from the average values) is evaluated.

If the extent of different temperature and/or moisture effects on the soil characteristics is compared, the order of experimental variants is as follows (from favourable values to the least favourable ones): $T_{\min}V_{\min} - T_{\max}V_{\max} - T_{\max}V_{\min} - T_{\min}V_{\max}$. Tab. I shows the differences between the experimental variants expressed as the average differences in the values of soil phosphate characteristics, corresponding to the variations of temperatures and/or moisture content.

These conclusions can be drawn from the results:

- all phosphate characteristics showed the least favourable values at the high temperature and high moisture content;
- the effect of temperature was more marked on average than that of soil moisture content;
- the unfavourable effect of the high temperature was more distinct at the low moisture content ($V_{\min}$) than at the $V_{\max}$ variants;
- the unfavourable effect of the high moisture content was more significant at the low temperature than at the $T_{\max}$ variants.

In our previous paper (Sirový et al., 1988), where seasonal variations of the plant available phosphorus soil level were investigated in ten-day intervals for twenty years in a stationary field experiment, two periods of the higher phosphorus content (maximums in the spring time and in late summer) and two periods of the lower phosphorus level (minimums in high summer and in autumn) were observed. With respect to the climatic conditions prevailing in these seasons it seems possible that the low soil temperature in spring may be one of the factors inducing the spring maximum; the lower moisture content in late summer is probably the reason of the second phosphate maximum. On the contrary, the minimum of the soil phosphate level observed in high summer (till the second decade of August) is likely affected by the higher soil temperature (and by other factors, mainly due to the increased consumption of mobile phosphates by plants); the increased wetness of soil in autumn can be in certain relationship with the lower level of plant available phosphorus during this year season.

Z VĚDECKÉHO ŽIVOTA

4. KONGRES IMPHOS FOSFOR – ŽIVOT A PROSTŘEDÍ, OD VÝZKUMU K APLIKACI

Ve dnech 7. až 11. září 1992 pořádal Světový fosforový institut (IMPHOS) 4. kongres v Gentu (Belgie) v prostorách Mezinárodního kongresového centra (ICC). Kongresu se zúčastnilo přes 200 vědeckých pracovníků ze čtyř kontinentů (Evropa, Amerika, Asie a Afrika). Bylo předneseno 29 přednášek a vystaveno 50 posterů. V současné době jsou k dispozici dva sborníky souhrnů přednášek a posterů.

Tematický rozsah konference byl široký a zahrnoval tyto okruhy: chemie a biochemie fosforu; životní prostředí; výživa lidí, zvířat a rostlin; půda; voda a průmysl.

Příspěvky jednotlivých autorů na konferenci byly jak teoretické, týkající se základního výzkumu, tak s praktickým zaměřením. Referáty byly rozděleny podle zaměření do sedmi sekcí:

1. **Klíčové přednášky** – Chemické vlastnosti fosforu (A. Cottenie); Fosfor v biologii (M. Polonovski); Fosfor v živočišném prostředí (F. Ferrando); Fosfor v rostlinách (J. Le Bot); Fosfor v půdě a sedimentech (W. Patrick); Fosfor a průmyslová hnojiva (Smith).
2. **Fosfor a zemědělství** – Historie fosforečného hnojení v Evropě (G. Boulaïne); Absorpce fosforu rostlinami (H. M. Helal); Fosforové inputy v relaci k odběru fosforu a výnosu rostlin (P.W. Dyson); Hnojení fosforem a kvalita rostlin (A. Finck).
3. **Fosfor a výživa** – Požadavek fosforu v živočišné výživě (J. Bokori); Bilance fosforu u ovcí a jeho biopřístupnost (L. Gereguen); Deficit fosforu v relaci k živočišné patologii (R. Ferrando); Fosfor v minerální bilanci lidské výživy (G. Tomassi).
4. **Fosfor a životní prostředí** – Biochemický cyklus fosforu (F. Winteringham); Důsledky použití fosforu na životní prostředí v evropském společenství (H. Tunney); Biologický mechanismus v jezerních vodách (G. Barroin); Biologický mechanismus v pobřežních mořských vodách (C. Picuinetti); Úloha fosforu v mořské ekologii (J. Senez); Přenos fosforu: kontrola a mechanismus (D. Gabriels).
5. **Prezentace posterů a diskuse v kuloárech** – Postery byly rozděleny podle svých obsahů do tří skupin a 11 podskupin: A. Hnojení fosforem [Analytické metody (3); Dynamika fosforu v půdě (6); Výživa rostlin (10); Doporučené fosforečné hnojení (9); Ostatní úloha fosforu v půdě (6)]; B. Půdní fosforová úrodnost [Deficit fosforu v rostlinách (2); Kartografie (4)]; Životní prostředí [Alternativní zemědělství (1); Eutrofizace (4); Migrace (3); Kadmium (1)]. Předpokládaný poster o názvu Stanovení dominantních forem fosforu v půdě pomocí studie rovnováhy byl zařazen do skupiny A, podskupina Dynamika fosforu v půdě.
6. **Hnojení fosforem a ekotoxikologie těžkých kovů** – Hnojení fosforem jako příspěvek ke zvyšování obsahu těžkých kovů v půdě (C. Juste); Půdní podmínky pro biopřístupnost těžkých kovů v půdě (D. Sauerbeck); Srovnání vyhodnocení obsahů těžkých kovů ze zemědělských inputů: fosforečná hnojiva, zvířecí odpady, kaly atd. (C. Avril); Evropská regulace při hnojení fosforem (L. Lavrysen); Techniky pro eliminaci těžkých kovů (kadmium) z kyseliny fosforečné (M. Smami).
7. **Dávkování fosforečných hnojiv** – Dynamika fosforu v půdách a účinnost fosforečných hnojiv (K. Mengel); Bilance dávek fosforu a jeho odběr v relaci k řízenému fosforečnému hnojení (J. Delas); Racionální hnojení pro stabilizaci zemědělství (J. Ignazi); Dlouhodobé fosforečné hnojení pokusů v Rothamstedu – výsledky a závěry (A. Johnston).

RNDr. Václav Macháček, CSc.

HODNOCENÍ METOD STANOVENÍ MINERALIZOVATELNÉHO DUSÍKU V PŮDĚ

Daniela Pavlíková, Václav Vaněk, Olga Vlková

Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6

U pěti zemín z rozdílných stanovišť byly stanoveny hodnoty mineralizovatelného N těmito metodami: aerobní inkubace, aerobní inkubace s pískem, anaerobní inkubace, alkalická hydrolyza na Conwayových miskách, extrakce zemin 0,01M roztokem NaHCO_3 , přímá destilace s Ca(OH)_2 , kyselá oxidační hydrolyza, extrakce 0,01M CaCl_2 , EUF a hydrolyza v 6M HCl . Pro stanovení mineralizovatelného N lze doporučit aerobní inkubaci s pískem v trvání 7 dní. Tato metoda ze všech testovaných metod nejlépe koreluje s odběrem N rostlinami. Chemické metody se většinou vyznačují větší produktivností. Perspektivní se zdá být využití extrakce zemin NaHCO_3 i CaCl_2 .

Obsah anorganického N poskytuje aktuální informaci o zásobě přijatelného N v půdě, ale s ohledem na značnou dynamiku přeměn N v půdním prostředí mají příslušná hnojivská doporučení omezenou platnost a nelze jich využít na delší období. Proto je snahou řady pracovišť nalézt metodu, která by umožňovala v půdě stanovit tzv. mineralizovatelný N, který se během vegetace uvolní mineralizací organických látek a může být využit rostlinami. Kvantifikovat množství mineralizovatelného N během vegetace by poskytlo důležité údaje pro optimalizaci výživy rostlin.

I když je známa řada metod stanovení mineralizovatelného N, je zatím obtížné jejich využití v praxi. Proto byly prověřeny vybrané metody z hlediska jejich pracnosti a reprodukovatelnosti výsledků.

MATERIÁL A METODA

Z četných metod stanovení mineralizovatelného dusíku v půdě byly vybrány tyto metody:

1. aerobní inkubace zemin;
2. aerobní inkubace zemin s pískem;
3. anaerobní inkubace (Selmer - Olsen et al., 1974);
4. alkalická hydrolyza na Conwayových miskách (Cornfield, 1960) v úpravě (Dinčev, Badžov, 1970);
5. extrakce zemin 0,01M roztokem NaHCO_3 (Mac Lean, 1964);
6. destilace s Ca(OH)_2 (Prasad, 1968);
7. kyselá oxidační hydrolyza (Stanford, Smith, 1978);
8. extrakce zemin 0,01M roztokem CaCl_2 (Houbá et al., 1988);
9. elektroultrafiltrace, I. a II. frakce organického N;
10. hydrolyza v 6M HCl (Bremner, 1965).

U jednotlivých metod byla sledována pracnost, reprodukovatelnost výsledků a vypočítány korelační vztahy mezi jednotlivými metodami a odběrem N rostlinami.

K pokusům byly použity zeminy z pěti pokusných lokalit. Jejich charakteristika je uvedena v tab. I a II. Použité zeminy byly nejprve vysušeny, homogenizovány, poté drceny a prosátý na sítu průměrem ok 2 mm.

I. Základní charakteristika zemin – Basic soil characteristics

Původ ¹	Označení ²	Půdní představitel ³	Půdní druh ⁴
Suchdol	SU	hnědozem ⁵	půda střední ⁸
Dobrá Voda	DV	hnědozem	půda střední
Humpolec	HU	hnědá půda ⁶	půda střední
Červený Újezd	CU	hnědozem	půda střední
Trávčice	TR	drnová půda ⁷	půda lehká ⁹

¹origin, ²designation, ³soil type, ⁴texture, ⁵Orthic Luvisol, ⁶Cambisol, ⁷Regosol, ⁸medium soil, ⁹light soil

II. Agrochemická charakteristika zemin – Agrochemical soil characteristics

Zemina ¹	pH	C _{ox}	N _t	C:N	P	K	Mg	KVK
		%	%		mg.kg ⁻¹			mmol.chem. ekv.kg ⁻¹
SU	6,5	1,55	0,136	11,4	49	162	141	212
DV	6,8	1,45	0,142	10,2	100	200	92	158
HU	5,9	1,75	0,153	11,5	44	298	121	134
CU	6,7	1,60	0,125	12,8	57	140	76	126
TR	6,9	1,15	0,104	11,1	238	237	84	101

¹soil

VÝSLEDKY A DISKUSE

Hodnocené údaje jednotlivých metod jsou uvedeny v tab. III. Pro hodnocení vztahů mezi jednotlivými metodami vzájemně a mezi metodami a odběrem N rostlinami jsme využili statistické hodnocení lineární regresí. Korelační koeficienty u jednotlivých hodnot aerobní inkubace ukazují vysokou shodu výsledků uváděných v hodnotách anorganického N s výsledky v N-NO₃⁻. Podobně je tomu u hodnot nárůstu anorganického N a N-NO₃⁻ během inkubace. Při porovnání s ostatními metodami byla zjištěna těsná závislost mezi obsahem N-NO₃⁻ stanoveným aerobní inkubací za 7 dní a obsahem N-NO₃⁻ po aerobní inkubaci s pískem ($r = 0,80$) a mezi obsahem anorganického N a obsahem amonného dusíku stanoveného destilací s Ca(OH)₂ ($r = 0,81 - 0,82$). Také obsah anorganického N po 7 dnech aerobní inkubace koreloval s obsahem hydrolyzovatelného i nehydrolyzovatelného N ($r = 0,86$ a $r = 0,84$) stanoveného metodou, kterou popsal B r e m n e r (1965).

Podobně jako u aerobní inkubace i jednotlivé výsledky aerobní inkubace zemin s pískem i doba inkubace (7, 14 a 28 dní) jsou vzájemně v dobré kladné korelaci. Obsah N-NO₃⁻ stanovený po 7denní inkubaci také koreloval s obsahem organického N stanoveného ve výluhu 0,01M roztoku CaCl₂ ($r = 0,81$). Výsledky získané po 7denní inkubaci dobře korelovaly s obsahem hydrolyzovatelného dusíku ($r = 0,84 - 0,96$). Velkou předností aerobní inkubace s pískem je (tab. IV) těsná závislost všech získaných hodnot na odběru N rostlinami ($r = 0,84 - 0,96$).

S ohledem na pracnost aerobních inkubačních metod je pro praktické využití vhodné kratší trvání inkubace (7 nebo 14 dní), což doporučují např. B r e m n e r (1965), K r á l o v á, D r a ž d á k, (1985). Velmi důležité se zdá být současné využití výsledků inkubačních metod a momentního obsahu anorganického dusíku. V úvahu musí být brány

III. Údaje jednotlivých metod hodnocených lineární regresí – Data of the different methods evaluated by linear regression

Metoda ¹	Hodnocený údaj ⁹
Aerobní inkubace ²	N anorg. za 7, 14, 28 dní ¹²
Aerobní inkubace	N-NO ₃ ⁻ za 7, 14, 28 dní
Aerobní inkubace	nárůst ¹⁰ N anorg. za 7, 14, 28 dní
Aerobní inkubace	nárůst N-NO ₃ ⁻ za 7, 14, 28 dní
Aerobní inkubace s pískem ³	N anorg. za 7, 14, 28 dní
	N-NO ₃ ⁻ za 7, 14, 28 dní
Aerobní inkubace s pískem	nárůst N anorg. za 7, 14, 28 dní
Aerobní inkubace s pískem	nárůst N-NO ₃ ⁻ za 7, 14, 28 dní
Anaerobní inkubace ⁴	obsah ¹¹ N-NH ₄ ⁺
Anaerobní inkubace	nárůst N-NH ₄ ⁺
Alkalická hydrolyza na	obsah N-NH ₄ ⁺
Conwayových miskách ⁵	nárůst N-NH ₄ ⁺
Destilace s Ca(OH) ₂ ⁽⁶⁾	obsah N-NH ₄ ⁺
Destilace s Ca(OH) ₂	nárůst N-NH ₄ ⁺
Výluh ⁷ NaHCO ₃	absorbance 260 nm
CaCl ₂	N org.
EUF	N celk. – I. frakce ¹³
EUF	N org. – I. frakce
EUF	N org. – II. frakce
Kyselá hydrolyza ⁸	N hydrolyz.
Kyselá hydrolyza	N nehydrolyz.

¹method, ²aerobic incubation, ³aerobic incubation with sand, ⁴anaerobic incubation, ⁵alkaline hydrolysis on Conway dishes, ⁶Ca(OH)₂ distillation, ⁷extract, ⁸acid hydrolysis, ⁹evaluated data, ¹⁰increase, ¹¹content, ¹²days, ¹³fraction

i půdní a klimatické podmínky, které výrazně ovlivňují průběh mineralizace organického dusíku. V našich podmínkách je to jeden z rozhodujících faktorů, ovlivňujících využití analýz v praxi (Baier, 1967; Vaněk et al., 1989).

Anaerobní inkubace je v porovnání s aerobními inkubacemi méně pracná. To potvrzují i Selmer-Olsen et al. (1974), Keeney, Sahrawat (1986) a další. Její výhodou je kratší doba trvání i to, že výsledky neovlivňuje aerace ani vlhkost vzorku. Inkubace vykazuje většinou nepřímou závislost. Těsná nepřímá závislost byla zjištěna mezi nárůstem anorganického N, 7denní aerobní inkubací s pískem ($r = -0,95$) a destilací s Ca(OH)₂ ($r = -0,90$). Podle našich výsledků má obsah N-NH₄⁺ stanovený po inkubaci i přírůstek N-NH₄⁺ nepřímou korelaci s odběrem N rostlinami. Podobnou korelaci zjistili také Fox, Piekielek (1984). Naopak Inubushi, Watanabe (1986) uvádějí vysokou korelaci mezi obsahem N-NH₄⁺ a příjmem N rostlinami.

Testované chemické metody stanovení mineralizovatelného dusíku byly většinou méně pracné než metody inkubační. Výjimku tvoří kyselá oxidační hydrolyza (Stanton, Smith, 1978), která je velmi pracná a nehodí se pro sériovou analýzu.

U hydrolyzy na Conwayových miskách lze kladně hodnotit menší pracnost. Na základě našich výsledků můžeme konstatovat, že metoda poskytuje dobré informace u půd stejných vlastností, ale dochází k dosti vysokému rozptylu analytických hodnot.

IV. Korelace testovaných metod s odběrem N rostlinami – Correlations of the tested methods with N uptake by plants

Metoda ¹	Hodnocený údaj ¹⁰	r
Aerobní inkubace s pískem ²	všechny hodnocené údaje ¹¹	0,81 – 0,95
Kyselá hydrolyzá ³	N hydrolyz.	0,77
Aerobní inkubace ⁴	N anorg. po 7, 14 dnech	0,67 – 0,71
Kyselá hydrolyzá	N nehydrolyz.	0,46
Extrakce ⁵ NaHCO ₃	absorbance	0,38
Extrakce CaCl ₂	N org.	0,36
Přímá destilace ⁶ s Ca(OH) ₂	N-NH ₄ ⁺	0,39
	nárůst ¹² N-NH ₄ ⁺	0,32
Nepřímá závislost ⁷		
Anaerobní inkubace ⁸	N-NH ₄ ⁺	-0,67
	nárůst N-NH ₄ ⁺	-0,87
Hydrolyzá na Conwayových miskách ⁹	N-NH ₄ ⁺	-0,50
	nárůst N-NH ₄ ⁺	-0,70
EUF	N celk. – I. frakce ¹³	-0,42
EUF	N org. – I. frakce	-0,45
EUF	N org. – II. frakce	-0,38

¹method, ²aerobic incubation with sand, ³acid hydrolysis, ⁴aerobic incubation, ⁵extraction, ⁶direct distillation, ⁷indirect dependence, ⁸anaerobic incubation, ⁹hydrolysis on Conway dishes, ¹⁰evaluated data, ¹¹all evaluated data, ¹²increase, ¹³fraction

Dražďák et al. (1981) došli k podobnému závěru a doplňují, že takto stanovené hodnoty jsou vyšší než odpovídá skutečnému obsahu dusíku. Korelace s ostatními metodami je většinou nepřímá. Těsný nepřímý vztah vykazuje s obsahem anorganického N po aerobní inkubaci ($r = -0,83$ a $r = -0,89$), s výsledky destilace s Ca(OH)₂ ($r = -0,90$ a $r = -0,88$) i obsahem nehydrolyzovatelného N ($r = -0,88$ a $r = -0,95$).

Metoda přímé destilace v roztoku Ca(OH)₂ (Prasad, 1968) vykazuje vysokou korelaci s obsahem anorganického N po 7denní aerobní inkubaci ($r = 0,82$) a obsahem nehydrolyzovatelného N ($r = 0,98$). Tato metoda má značný rozptyl analytických hodnot a množství uvolněného amonného N závisí na podmínkách destilace. Použití různých destilačních přístrojů pravděpodobně značně zvýší rozptyl analytických hodnot, a tím zhorší reprodukovatelnost výsledků. Tyto důvody značně sníží využitelnost získaných údajů v praxi (Vaněk et al., 1989).

Extrakce 0,01M roztokem NaHCO₃ a následné stanovení UV absorbance půdního výluhu při vlnové délce 260 nm má poměrně vysokou korelaci s aerobní inkubací s pískem ($r = 0,76$) a s hydrolyzovatelným N ($r = 0,84$) stanoveným metodou, kterou popsal Bremner (1965). Gianello, Bremner (1986) naopak uvádějí, že výsledky neodpovídají hodnotám získaným inkubační metodou. Značnou předností této metody je malá pracnost. Výsledky však nekorelují s příjmem N rostlinami (tab. IV).

Perspektivní se zdá být extrakce zemin 0,01M roztokem CaCl₂. Tato metoda dobře koreluje s aerobní inkubací s pískem (anorganický N za 7 dní – $r = 0,76$, N-NO₃⁻ za 7 dní – $r = 0,81$), s přímou destilací (Prasad, 1986) – ($r = 0,75$) a s hydrolyzovatelným N ($r = 0,76$). Ani u této metody není těsná korelace s odběrem N rostlinami (tab. IV).

Při analýzách zemin pomocí elektroultrafiltrace nebyly shledány jednoznačné korelační vztahy mezi jednotlivými frakcemi N a ostatními metodami. Pouze celkový N I. frakce těsně koreluje s obsahem anorganického N, uvolněným po 28denní aerobní inkubaci ($r = 0,91$). Ke stejným závěrům dospěli Baier (1990). Na rozdíl od výsledků, které uveřejnili Appel, Steffens (1988), neshledali jsme korelaci mezi EUF organickým N a příjmem N rostlinami. Širšímu využití EUF v praxi brání vyšší náklady na přístrojové vybavení a nejednoznačné a hůře reprodukovatelné výsledky stanovení.

Velmi používaná je kyselá hydrolyza (Bremner, 1965). Naše výsledky ukazují, že obsah hydrolyzovatelného N koreloval s většinou hodnot aerobní inkubace s pískem ($r = 0,95 - 0,96$). Těsná závislost byla zjištěna mezi N nehydrolyzovatelným a obsahem $N-NH_4^+$ stanoveným přímou destilací ($r = 0,98$). Tato metoda je velmi pracná, ale její výhodou je dobrá korelace N hydrolyzovatelného s odběrem N rostlinami (tab. IV).

Na základě našich výsledků lze pro stanovení mineralizovatelného dusíku doporučit inkubační metody, zvláště aerobní inkubaci zemin s pískem v trvání 7 dní. Naše zjištění je v souladu s tvrzením (Bremner, 1965), že inkubace je velmi vhodná, protože mikroorganismy uvolňující N během inkubace jsou totožné s mikroorganismy, které mineralizují N v polních podmínkách. Také Gianello, Bremner (1986) považují inkubační metody za spolehlivé.

Chemické metody stanovení mineralizovatelného N se většinou vyznačují větší produktivností. Perspektivní se zdá být využití extrakce zemin 0,01M roztokem $NaHCO_3$ a 0,01M roztokem $CaCl_2$. Využití těchto metod však vyžaduje speciální vybavení laboratoří.

Literatura

- APPEL, T. – STEFFENS, D.: Vergleich von EUF und Extraktion mit 0,01 M $CaCl_2$ Lösung zur Bestimmung des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden. Z. Pfl.-Ernähr. Bodenkde, 151, 1988, s. 127 – 130.
- BAIER, J.: K otázce vztahu mezi dusíkem stanoveným inkubační metodou a jeho příjmem a výnosy plodin. Agrochémia, 3, 1967, s. 65 – 67.
- BAIER, J.: Výsledky získané metodou EUF v dlouhodobých výživářských pokusech. Agrochémia, 30, 1990, č. 2, s. 38 – 41.
- BREMNER, J. M.: Nitrogen availability indexes. In: BLACK, C. A. (ed.): Methods of soil analysis. Agronomy. Amer. Soc. Agron. (Madison, Wisconsin), 2, 1965, č. 9, s. 1324 – 1345.
- CORNFIELD, A. H.: Ammonia released on treating soils with N sodium hydroxide as a possible means of predicting the nitrogen – supplying power of soils. Nature, 187, 1960, s. 260 – 261.
- DINČEV, D. – BADŽOV, K.: Bestimmung des pflanzenaufnehmbaren Stickstoffs durch agronomische Methoden mit Hilfe des stabilen Isotop ^{15}N . Agrochemica, 14, 1970, s. 252 – 258.
- DRAŽDÁK, K. – KRÁLOVÁ, M. – KUBÁT, J.: Srovnání extrakční metody s 1M KCl s Conwayovou metodou pro stanovení NH_4^+ -N v půdě. Rostl. Výr., 27, 1981, č. 9, s. 923 – 928.
- FOX, R. H. – PIEKIELEK, W. P.: Relationships among anaerobically mineralized nitrogen, chemical indexes, and nitrogen availability to corn. Soil Sci. Soc. Amer. J., 48, 1984, s. 1087 – 1090.
- GIANELLO, C. – BREMNER, J. M.: Comparison of chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. Commun. Soil Sci. Pl. Anal., 17, 1986, č. 2, s. 215 – 236.
- HOUBA, V. J. G. – LEE, J. J. VANDER – NOVOZAMSKY, I. – WALINGA, I.: Soil and plant analysis. Part 5, Soil analysis procedures, Dep. Soil Sci. Pl. Nutr., Wageningen, Agric. Univ. 1988.
- INUBUSHI, K. – WATANABE, I.: Dynamic of available nitrogen in paddy soils. II. Mineralized N of chloroform-fumigated soil as a nutrient source for rice. Soil Sci. Pl. Nutr., 32, 1986, č. 4, s. 561 – 577.
- JUMA, N. G. – PAU, E. A.: Mineralizable soil nitrogen: Amounts and extractability ratios. Soil Sci. Soc. Amer. J., 48, 1984, s. 76 – 80.
- KEENEY, D. R. – SAHRAWAT, K. L.: Nitrogen transformations in flooded rice soils. Fertil. Res., 9, 1986, s. 15 – 38.
- KRÁLOVÁ, M. – DRAŽDÁK, K.: Obsah nitrátů v půdě jako ukazatel využitelnosti půdního dusíku pro rostliny. In: Sbor. Optimalizace výživy polních plodin, Praha, ČSAZ 1985, č. 95, s. 115 – 120.

MACLEAN, A. A.: Measurement of nitrogen supplying – power of soils by extraction with sodium bicarbonate. *Nature*, 203, 1964, s. 1307 – 1308.

PRASAD, R.: Determination of potentially available nitrogen in soils – a rapid procedure. *Pl. and Soil*, 23, 1968, s. 114 – 125.

SELMER-OLSEN, A. R. – OIEN, A. – BAERUG, R. – LYGSTAD, I.: Studies on soil nitrogen. Anaerobic incubation of soil in potassium chloride solution. *Acta Agric. Scand.*, 24, 1974, s. 217 – 221.

STANFORD, G. – SMITH, S. J.: Oxidative release of potentially mineralizable soil nitrogen by acid permanganate extraction. *Soil Sci.*, 126, 1978, s. 210 – 218.

VANĚK, V. – VOSTAL, J. – PAVLÍKOVÁ, D.: Metody stanovení dusíku v půdě a jejich využití ke hnojení zemědělských plodin. [Závěrečná zpráva.] Praha, VŠZ 1989, 47 s.

Došlo 16.10.1991

D. PAVLÍKOVÁ, V. VANĚK, O. VLKOVÁ (University of Agriculture, Praha):

Evaluation of methods of mineralizable nitrogen determination in the soil.

Rostr. Vyr., 38, 1992 (12): 983 – 988.

The values of mineralizable N were determined in five soils from different localities. These methods were used:

1. Aerobic incubation of soils;
2. Aerobic incubation of soils with sand;
3. Anaerobic incubation (Selmer - Olsen et al., 1974);
4. Alkaline hydrolysis on Conway dishes (Cornfield, 1960) modified according to Dincev, Badzov, (1970);
5. Soil extraction with 0.01M solution of NaHCO_3 (Maclean, 1964);
6. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ distillation (Prasad, 1968);
7. Acid oxidation hydrolysis (Stanford, Smith, 1978);
8. Soil extraction with 0.01M solution of CaCl_2 (Houbá et al., 1988);
9. Electroultrafiltration, fractions I and II of organic N;
10. Hydrolysis in 6M HCl (Bremner, 1965).

The methods were evaluated with respect to labour consumption, reproducibility of results, and correlation relations were calculated for the different methods and N uptake by plants. Soils from five experimental localities were used for the trials. Tabs. I and II show the soil characteristics. The evaluated data of the different methods are summarized in Tab. III.

As for the above tested methods, very good results were obtained from aerobic incubation of soils with sand. This type of incubation was in the best correlation with N uptake by plants (Tab. IV). The simultaneous use of results of the incubation method with the instantaneous content of inorganic N seems to be very important.

Chemical methods of mineralizable nitrogen determination can be characterized by higher productivity. The two methods – acid oxidation hydrolysis (Stanford, Smith, 1978) and acid hydrolysis (Bremner, 1965) – are the exception. They require much labour and cannot be used for series analyses. A promising method seems to be extraction with 0.01M solution of NaHCO_3 followed by determination of soil extract UV absorbance at the wavelength of 260 nm, and extraction with 0.01M CaCl_2 (Houbá et al., 1988). Both methods do not require much labour and they are simple. But they require a special laboratory equipment. Their shortcoming is low correlation with N uptake by plants (Tab. IV).

Since laboratories in the CSFR do not mostly possess sensitive analyzers, in our conditions it is most convenient for the time being to use an incubation method, particularly aerobic incubation with sand, to determine mineralizable N in the soil.

VPLYV TEPLOTNÉHO A VODNÉHO STRESU PO ANTÉZE NA KAPACITU ZRNOVÉHO SINKU VYBRANÝCH ODRÔD OZIMNEJ PŠENICE

Ján Švihra

Vysoká škola poľnohospodárska, 949 76 Nitra

V sérii nádobových vegetačných pokusov s vybranými genotypmi ozimnej pšenice Hana, Iris, Roxana, Danubia a Viginta vplyvom teplotného a vodného stresu 7, 15 a 25 dní pri teplotách 38 až 40 °C po antéze boli kvantifikované poruchy v procese naplňovania sinku asimilátmi. Sledované genotypy pšenice reagovali na stresové zaťaženie tak, že znižovali oproti nestresovaným rastlinám úrodu zrna od 15 do 33,0 %. Stresová záťaž od 7. až 11. dňa po antéze u všetkých genotypov spôsobila zníženie úrody vysokopreukazne od 19,22 % pri genotype Iris do 33,34 % pri genotype Roxana. Stres nasimulovaný od 15 do 20 dní po antéze spôsobil preukazné zníženie úrody pri genotype Danubia o 15,76 % a pri odrode Roxana až o 24,51 %. Stres od 25 do 30 dní po antéze vyvolal vysokopreukazné zníženie úrody pri genotype Iris od 14,99 do 35,05 % pri odrode Hana v porovnaní s nestresovanými rastlinami. Stresová teplotno-hydratačná záťaž počas naplňovania zrnového sinku ozimnej pšenice je najťažšia v období tesne po tvorbe zygoty a počas intenzívneho prevodu asimilátov do akumulčných sinkov 25 až 30 dní po antéze.

Po antéze obilnín nastáva začiatok diferenciácie a zväčšovanie pletív zrnového sinku a neskoršie naplňovanie zŕn fotosyntátmi. Počas tohto veľmi dôležitého obdobia generatívnej fázy každej obilniny je dôležité svetelné žiarenie, vhodná teplota, voda, minerálna výživa, ale i ďalšie faktory. Nedostatok týchto faktorov môže už pri oplodňovaní vyvolať poruchy a nastáva po predchádzajúcej redukcii kvietkov k ďalšej redukcii potenciálnej kapacity zrnového akceptora. Vzniká konkurencia o asimiláty, ktoré ostávajú ako pool v stebľe, čím sa steblo stáva pri dostatku asimilátov v rastline dočasným rezervoárom, aby poskytlo asimiláty v aktívnej fáze naplňovania zŕn. Redukcia zŕn v klase môže vzniknúť i napriek oplodneniu pri zhoršených (zvlášť stresových podmienkach) a dochádza k ďalšiemu stupňu redukcii potenciálnej kapacity sinku (Švihra, 1984).

Medzi producentom a konzumentom asimilátov existujú podstatné spätnoväzbové vzťahy. Pri negatívnej spätnoväzbovej kontrole je výkon producenta kontrolovaný mierou spotreby asimilátov konzumenta. Pri pozitívnej spätnoväzbovej kontrole ide pravdepodobne o signál, ktorý vysiela konzument (sink) k producentovi (source) asimilátov, ktorý ho informuje o požiadavke na fotosyntézu (Mokronosov, 1983). Pri regulácii vzťahov producent – konzument fotosyntátov existuje viacero javov, ako je fytohormonálna regulácia, koncentrácia asimilátov v liste a ich transport vo floéme, morfológická adaptácia a ďalšie. Treba však zdôrazniť, že vzťah medzi výkonom fotosyntézy a rýchlosťou rastu zŕn je zložitý, pričom však rýchlosť rastu zŕn je druhovým znakom a je podmienená genotypom.

Počas vegetatívnej i generatívnej fázy sa neustále v rastline tvoria asimiláty a ich akumulácia prebieha dovtedy, kým sa nezačne naplňovanie zrna. Zrno rastie aj pri nulovej hodnote čistého výkonu fotosyntézy, pretože sa asimiláty odčerpávajú z iných orgánov do zrna, ako je steblo, preto vzťah zdroj – akceptor asimilátov nie je jednoduchý (Mokronosov, 1983). Pre hospodársku úrodu zrna bude rozhodujúca veľkosť zdroja asimilátov v čase 10 až 14 dní pred kvitnutím, počas antézy a 14 až 20 dní po kvitnutí, kedy sa rozhoduje o potenciálnej kapacite zrnového sinku. Predpokladom vysokej úrody zrna bude dostatočná produkcia asimilátov s veľkým sinkom a jeho atrakčnou a akumulátnou schopnosťou asimilátov (Repka a kol., 1985).

Cieľom práce bolo porovnať rozdielnosti vybraných genotypov ozimných pšeníc cez simuláciu vodnoteplotných stresových záťaží v období zakladania zrnového sinku a v procese jeho naplňovania asimilátmi.

MATERIÁL A METÓDA

V rokoch 1987 až 1990 sme založili sériu nádobových vegetačných pokusov, v ktorých bolo okrem iného vysiatych päť odrôd ozimnej pšenice (Hana, Iris, Roxana, Danubia a Viginta). Sejba sa uskutočnila v agrotechnickom termíne začiatkom októbra. Vegetačné nádoby pre prezimovanie boli umiestnené v pôde. V nádobách po vyjednotení rastlín bol rovnaký počet 25. Na jar po prezimovaní boli rastliny prihnojené dusíkom vo forme liadku vápenatého a nádoby boli umiestnené vo vegetačnej hale. Rastliny sme pestovali pri 70% vlhkosti substrátov. Stresové podmienky sme uskutočnili v klimatizovanej miestnosti s teplotou cez deň 36 až 38 °C a v noci 20 až 22 °C s relatívnou vlhkosťou 38 až 40 %, pričom počas stresu 104 h sme rastliny nezalievali. Vlhkosť pôdneho substrátu sa znížila na 25 až 26 % maximálnej pôdnej vodnej kapacity. Po strese sme rastliny znovu zaliali na 70 % MPVK a vrátili späť do vegetačnej haly. Vlhkosť substrátu sa udržiavala naďalej pri 70 % MPVK. Teplotný a vodný stres jednotlivých genotypov (genotypový rozdiel v antéze) sme vyvolali 7, 15 a 25 dní po antéze. Výsledky sme vyhodnotili štatisticky.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Ozimná pšenica počas fylogenézy sa adaptovala na miernejšie chladnejšie podmienky, a preto pri teplotách nad 28 až 30 °C dochádza k zrýchlenej senescencii a k znižovaniu úrodového potenciálu genotypov. Existujú však genotypy schopné vytvoriť relatívne dosť vysokú úrodu i za stresových podmienok vyšších teplôt (Sh p i l e r, B l u m, 1986).

Z našich výsledkov vyplýva, že v sledovanom období už 7 dní po antéze, kedy dochádza k diferenciacii zásobných pletív v tvoriacom sa zrne, intenzívne prebieha a dochádza po predchádzajúcej redukcii do antézy k ďalšej redukcii potenciálnej kapacity sinku asimilátov. Ak predpokladáme, že primárnym predpokladom vysokej úrody zrna je dostatočná produkcia asimilátov, je potrebné ešte dodať, že reálnu úrodu okrem asimilátov určuje veľkosť sinku genotypu, jeho akumulácia kapacita a kapacita transportných ciest asimilátov (Š v i h r a, 1984; Z e m á n e k, F r e c e r, 1990; N á t r o v á, 1991). Vplyvom stresu 7 až 11 dní po antéze sa nevytvorili zo všetkých potenciálne schopných kvietkov zrná. Niektoré klásky a ich kvety redukovali úplne a pri ostatných nastala redukcia zŕn v klásku, takže podľa genotypu sme zistili rozdielne počty vyvinutých kláskov a zŕn v kláskoch. U rôznych genotypov pšenice sme zistili od 2,75 do 3,25 zŕn v kláskoch (Š v i h r a, Š v o l í k o v á, 1990).

Na základe týchto poznatkov sme vyhodnotili hmotnosť zrna v klase (tab. I). Výsledky rozborov klasov ukázali, že jednotlivé genotypy ozimnej pšenice reagovali rozdielne na simulované stresové záťažce. Najnižšiu hmotnosť zrna v klase (tab. I) a úrodu na nádobu (tab. II) dali rastliny genotypov Iris, Danubia a Viginta. Túto skutočnosť možno zdôvodniť tým, že v období od 7 až 11 dní po antéze došlo u rastlín vplyvom teplotného a vodného stresu k silnej poruche tvorby základov zrnového sinku. Mnohé bunky sa vplyvom stresu riadne nevyvinuli, a tým sa potenciálna kapacita akumulácie asimilátov v sinkoch znížila. Prekvapujúco veľmi nepriaznivo reagovali na

I. Hmotnosť zrna z priemerného klasu v g – Grain weight of the average spike (g)

Variant ¹	Odroda ²				
	Hana	Iris	Roxana	Danubia	Viginta
Kontrola ³	1,655	1,345	1,605	1,433	1,385
Stres 7 dní po antéze ⁴	1,083	1,054	1,123	1,010	1,001
Stres 15 dní po antéze	1,396	1,106	1,249	1,210	1,143
Stres 25 dní po antéze	1,076	1,143	1,425	1,425	1,028

¹treatment, ²variety, ³control, ⁴stress seven (15, 25) days after anthesis

II. Priemerná hmotnosť zrna v g na nádobu – Average grain weight per pot (g)

Variant ¹	Odroda ²				
	Hana	Iris	Roxana	Danubia	Viginta
Kontrola ³	33,13	26,90	33,09	28,87	27,70
Stres 7 dní po antéze ⁴	22,17	21,09	22,06	20,21	20,02
Stres 15 dní po antéze	27,44	22,12	24,98	24,21	22,85
Stres 25 dní po antéze	21,52	22,87	26,50	22,01	20,57

For 1-4 see Tab. I

III. Percento vyjadrenia úrody zrna po strese – The per cent of grain yield after stress

Variant ¹	Odroda ²				
	Hana	Iris	Roxana	Danubia	Viginta
Kontrola ³	100	100	100	100	100
Stres 7 dní po antéze ⁴	66,91	80,78	66,66	70,36	72,33
Stres 15 dní po antéze	82,82	82,22	75,49	84,44	82,49
Stres 25 dní po antéze	64,95	85,01	77,06	76,73	74,25

For 1-4 see Tab. I

živiny a vodu náročnejšie genotypy Roxana a Hana, ktoré znížili úrodu oproti nestresovaným rastlinám od 33,09 do 33,34 % (tab. III).

Nasimulovaný vodný a teplovodný stres 15 až 20 dní po antéze, kedy už rastliny vytvorili a sformovali zrnový sink, vyvolal rozdielnu reakciu na túto stresovú záťaž počas 4 až 5 dní. Rastliny jednotlivých genotypov reagovali rozdielne, čo sa prejavilo v znížení hmotnosti zŕn v klase i na celkovej úrode, ktorá sa znížila oproti nestresovaným rastlinám. Za predpokladu, že prvé obdobie naplňovania zŕn je pomalšie, čo ukazujú naše výsledky, kedy sa denné prírastky hmotnosti 1 zrna pohybujú v hodnotách od 0,70 do 5,74 mg v klase (Švihra, Hudcová, 1986), nevyvolal stres veľkú odvetnú reakciu rastlín na naplňovanie zŕn asimilátmi. Úroda zrna na nádobu sa znižovala oproti kontrolným rastlinám v rozmedzí od 15,56 do 24,51 % v závislosti na genetickej špecifite (tab. III).

Najväčšiu účinnosť mala stresová záťaž na rastliny v období od 25 do 30 dní po antéze. V tomto období je veľmi vysoký prírastok sušiny zŕn v bezstresových podmienkach od 53,8 do 142,2 mg za deň na klas (Švihra, Hudcová, 1986). Počet zŕn

IV. Štatistické hodnotenie úrody zrna na priemerný klas – Statistical evaluation of grain yield per average spike

Zdroj premenlivosti ¹	Súčet štvorcov ²	Stupeň voľnosti ³	Rozptyl ⁴	F-test ⁵	Významnosť ⁶
Odroda	0,45889	4	0,11472	3,448	+
Stres ⁷	2,09251	3	0,69750	61,51	++

+ = $P_{0,05}$

++ = $P_{0,01}$

¹variability source, ²sum of squares, ³degree of freedom, ⁴variance, ⁵F-test, ⁶significance, ⁷stress

V. Štatistické hodnotenie hmotnosti zrna podľa odrôd – Statistical evaluation of grain weight according to varieties

Zdroj premenlivosti ¹	Súčet štvorcov ²	Stupeň voľnosti ³	Rozptyl ⁴	F-test ⁵	Významnosť ⁶
Hana	0,02338	12	0,01958	–	–
Stres ⁷	0,88852	3	0,29617	152,03	++
Iris	0,01594	12	0,00132	–	–
Stres	0,20821	3	0,09404	52,26	++
Roxana	0,02352	12	0,00196	–	–
Stres	0,50343	3	0,16781	85,60	++
Danubia	0,02444	12	0,00204	–	–
Stres	0,40865	3	0,13622	66,88	++
Viginta	0,02852	12	0,02377	–	–
Stres	0,27013	3	0,09004	3,78	++

+ = $P_{0,05}$

++ = $P_{0,01}$

For 1-7 see Tab. IV

v jednotlivých kláskoch klasu je genotypove podmienený a stresová záťaž túto podmienenosť nemení v ťažiskovom klásku klasu a zrne, ale vplýva ešte redukcia na hmotnosť kláskov, hmotnosť zŕn v kláskoch a hmotnosť ťažiskového zrna v jednotlivých klasoch (Švihra, 1984). Uvedený stres spôsobil zníženie úrody zrna od 20 do 35,05 % podľa genotypu pšenice (tab. III).

Štatistické hodnotenie úrody zrna na priemerný klas a hmotnosti zrna podľa odrôd udávajú tab. IV a V. Jednotlivé stresy vplývali preukazne až vysokopreukazne na hmotnosť zŕn v klasoch a úrodu. Pri odrode Hana v porovnaní s nestresovými rastlinami všetky nasimulované stresy javili vysokopreukazný rozdiel v hmotnosti úrody zrna. Vplyv prvého a tretieho stresu na úrodu bol nepreukazný v prospech prvého stresu, ale pri porovnaní s druhým stresom prvý a tretí stres zapríčinili zníženie úrody vysokopreukazne.

Pri hodnotení odrody Iris ovplyvnili stresy v porovnaní s kontrolou vysokopozitívne zníženie úrody. Medzi prvým, druhým a tretím stresom nebol vysokopreukazný rozdiel, ale medzi druhým a tretím stresom zaznamenali úrody po treťom strese vysokopreukazné zníženie.

Rastliny genotypu Roxana javili oproti kontrole po strese preukazné negatívne zníženie úrody. Medzi prvým a tretím stresom bol vysokopreukazný negatívny rozdiel.

Odroda Danubia reagovala na stresovú záťaž podobne ako rastliny genotypu Roxana. Pri odrode Viginta sme zistili preukazný rozdiel medzi kontrolou a nasimulovanými stresmi. Medzi prvým a druhým stresom bol preukazný rozdiel, ale medzi prvým a tretím stresom nebola v rozdieloch preukaznosť.

Pri vyhodnotení genotypov sme nezistili významnú preukaznosť, hoci išlo o rozdielne genotypy čo do ranosti. Na navodené stresové záťaže reagovali približne všetky sledované genotypy tak, že najviac znížili úrodu zrna oproti kontrole genotypy Viginta, Iris a Danubia, menej výrazne Hana a Roxana. Najsilnejší vplyv na všetky genotypy mal teplotný a vodný stres uskutočnený 7 dní po antéze v trvaní 4 až 5 dní. Ako druhý v poradí sa zaradil účinok stresovej záťaže 25 až 30 dní po antéze a najmenší účinok mali vysoké teploty a nedostatok vody v priebehu 15 až 20 dní po antéze. V tomto období znášajú rastliny ozimnej pšenice aj vyššie teploty a hoci priamy akceptor asimilátov je vo fotosyntetickej činnosti narušený, asimiláty môžu byť translokované z poolu do sinkov.

V rámci súboru genotypov medzi prvým a tretím stresom po antéze bol preukazne významný účinok v prospech zníženia úrody tretím stresom (25 až 30 dní po antéze). Medzi prvým a druhým stresom sme zistili vysokopreukazný účinok v prospech prvého stresu. Medzi druhým a tretím obdobím stresu bolo zníženie úrody vplyvom tretieho stresu preukazné. Na všetky sledované odrody malo najväčší negatívny účinok tretie obdobie stresu 25 až 30 dní po antéze.

Súhrnne možno konštatovať, že sledované genotypy ozimných pšeníc reagujú preukazne na stresové záťaže vysokých teplôt a nedostatku vody počas celého procesu tvorby pletív sinku a naplňovania zrnového sinku asimilátmi. Vysokopreukazne negatívne vplyvy u všetkých genotypov mali teplotné a vodné stresy počas 7 až 11 dní po antéze ako aj stresy od 25 do 30 dní po antéze. Stresová záťaž 15 až 20 dní po antéze sa javí ako menej negatívne pôsobivá na zníženie úrody, ktoré bolo oproti kontrole o 15 až 24 % nižšie, kým vplyvom prvého stresu (7 až 11 dní po antéze) a tretieho stresu (25 až 30 dní po antéze) sa znížila hmotnosť úrody od 30 do 33 %.

Literatúra

- MOKRONOSOV, A. T.: Fotosyntetická funkcia i celostnosť rastiteľného organizmu. Timirjazevskoje čtenie 42, Moskva, Nauka 1983, s. 63.
- NÁTROVÁ, H.: Transport asimilátů jako faktor limitující produktivitu klasu ozimé pšenice. In: Sbor. Konf. Račková dolina, Nitra, VŠP 1991.
- REPKA, J. a kol.: Zvýšení efektivity využití žiarenia reguláciou akumuláčného a produkčného potenciálu rastliny a porastu. [Závěrečná správa.] Nitra, VŠP 1985.
- SHPIER, L. – BLUM, A.: Differential reaction of wheat cultivars to hot environments. Euphytica, 35, 1986, s. 483 – 492.
- ŠVIHRA, J.: Vodný deficit v ontogenéze obilnín. Bratislava, Veda 1984, 210 s.
- ŠVIHRA, J. – HUDECOVÁ, M.: Dozrievanie ozimnej pšenice (*Triticum aestivum* L.) vo vzťahu k vodnému a teplotnému stresu. Rostl. Výr., 32, 1986, č. 4, s. 347 – 354.
- ŠVIHRA, J. – ŠVOLÍKOVÁ, V.: Vplyv teplotného stresu počas dozrievania na produkčné ukazovatele vybraných odrôd ozimnej pšenice. Acta fytotechn. (Nitra), 46, 1990, s. 301 – 312.
- ZEMÁNEK, M. – FREČER, R.: Působení vysokých teplot na akumulaci sacharózy v obilkách genotypů ozimé pšenice. Rostl. Výr., 36, 1990, č. 9, s. 965 – 976.

Disorders in the process of sink assimilate filling were quantified in a series of pot vegetation trials with some genotypes of winter wheat, namely Hana, Iris, Roxana, Danubia and Viginta, investigating temperature and water stress for 7, 15 and 25 days after anthesis at temperatures of 36 to 38 °C. Reduction in the potential capacity of assimilate sink continued to occur due to the stress for seven days after anthesis while storage tissues in forming grains were differentiated. The investigated genotypes of winter wheat seemed to reduce the potential capacity of assimilate accumulation in sinks as a result of temperature and water stress, and this lowered the yield by 19.22 % to 33.34 % in comparison with plants not exposed to stress (Tab. III). The lowest grain weight per spike (Tab. I) and yield per pot (Tab. II) were observed in plants of the genotypes Iris, Danubia and Viginta. The responses of the Roxana and Hana genotypes, which are rather demanding for nutrients and water, to stress were negative because their yields decreased by 33.09 to 33.34 % in comparison with plants not exposed to stress (Tab. III).

Simulated temperature and water stress in 15 to 20 days after anthesis when the base of grain sink had been formed, induced different responses of the genotypes. In the situation when grain filling is slower, as demonstrated by our previous results, daily 1 grain weight increases ranged from 0.70 to 5.74 mg per spike/day (Švihra, Hudcová, 1986), and the stress did not induce a great contra-action to grain assimilate filling. Grain yield decreased from 15.56 to 24.51 % against the control in dependence of genetic specificity (Tab. III).

An exposure of plants to stress within 25 to 30 days after anthesis was very effective. In this period the increment of grain dry matter in zero-stress conditions is very high, namely 52.8 to 142.2 mg per spike/day (Švihra, Hudcová, 1986).

Stress in this stage led to a grain yield decrease from 20 to 35.05 % in dependence on the wheat genotype (Tab. III).

Different types of stress affected significantly to highly significantly grain weight per spike and yields. In comparison with plants not exposed to stress, all simulated types of stress in the Hana variety indicated highly significant differences in the weight of grain yield. In the Iris variety all types of stress had positive effects on the yield decrease in comparison with the control. There was no highly significant difference between the first, second and third type of stress, but a highly significant decrease in yield after the third type of stress was recorded between the second and third stress. In comparison with the control, plants of the Roxana genotype indicated a significant decrease in yield after stress. There was a highly significant negative difference between the first and third stress. The Danubia genotype had similar responses to stress like plants of the Roxana genotype. A significant difference between the control and plants exposed to simulated stress was observed in the Viginta variety. The difference was significant between the first and second type of stress, but the differences between the first and third stress were not significant.

The evaluation of genotypes did not provide significant results. All genotypes responded to exposure to stress in this way: the greatest decrease in yield due to stress was observed in the varieties Viginta, Iris and Danubia, less marked decrease was recorded in the Hana and Roxana varieties.

Temperature and water stress within 7 to 11 days after anthesis induced highly significant effects in all genotypes; the same applies to stress within 25 to 30 days after anthesis. Stress within 15 to 20 days after anthesis has less negative effects on yield decreases.

VLIV VYBRANÝCH AGROTECHNICKÝCH OPATŘENÍ NA VÝNOS TRITIKALE GRADO

Lubomír Ulmann

Výzkumný ústav obilnářský, 767 41 Kroměříž

V bramborářském výrobním typu v průměru tří pokusných míst byl dosažen u tritikale Grado nejvyšší výnos zrna při seti v agrotechnické lhůtě žita ($6,39 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). O $0,17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ nižší výnos ($6,22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) byl zaznamenán při seti dva týdny po agrotechnické lhůtě. Seti v agrotechnické lhůtě vykazovalo vyšší produktivní hustotu porostu ($434 : 394$ klasů na 1 m^2), počet zrn v klasu a hmotnost 1000 zrn byla vyšší i u porostů setých po agrotechnické lhůtě. Vyšší byla i odolnost rostlin k poléhání ($8,4 : 8,7$ bodů). V obou termínech seti byl dosažen nejvyšší výnos zrna dávkou dusíku $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Vyšší dusíkaté hnojení podporovalo produktivní odnožování rostlin a zpravidla i vyšší počet zrn v klasu. Hmotnost 1000 zrn byla nižší, stejně i odolnost rostlin k poléhání. Při seti v agrotechnické lhůtě výsevek $4,5$ mil. klíčivých zrn $\cdot \text{ha}^{-1}$ poskytl vyšší výnos o $0,05 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, při seti po agrotechnické lhůtě o $0,46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Vyšší výsevek vykazoval vyšší produktivní hustotu porostu oproti výsevu $3,5$ mil. klíčivých zrn $\cdot \text{ha}^{-1}$, a to zejména při seti po agrotechnické lhůtě.

Tritikale je prvním obilním druhem vytvořeným člověkem křížením pšenice a žita. Od počátku 80. let nabývá tritikale v celé řadě zemí na hospodářském významu pro svou vysokou potenciální výkonnost, schopnost poskytovat vysoký výnos i na poměrně chudých půdách a pro vyšší kvalitu biomasy. V podmínkách ČSFR se předpokládá jeho rozšíření zejména v méně intenzivních podmínkách bramborářského výrobního typu.

Na základě zahraničních poznatků lze považovat za rozhodující intenzifikační faktory u tritikale pěstovaného na zrno odrůdy, dobu seti, dusíkatou výživu a morforegulační přípravky.

B e c k e r et al. (1984) pokusně ověřili jako optimální termín seti u tritikale období od 20.9. do 10.10., nedoporučují příliš rané seti kvůli silnému vegetativnímu růstu, ani příliš pozdní seti, které má za následek slabý a nevyrovnaný růst rostlin, což vede k poklesu výnosu. Nejvyšších výnosů bylo dosaženo u výsevu 5 mil. klíčivých zrn $\cdot \text{ha}^{-1}$. Optimální dávka dusíku činila 100 až $140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

M a z u r k o v á et al. (1986) sledovali reakci odrůd na termín seti (20.9.; 30.9.; 10.10.) při výsevu 3 mil. klíčivých zrn $\cdot \text{ha}^{-1}$. Grado patří mezi odrůdy citlivě reagující na opožděné seti.

A c k e r m a n n (1987) uvádí, že k zajištění dobře odnožených porostů před nástupem zimy je nutný výsev od 20. do 30.9. Čím nepříznivější jsou agroekologické podmínky pěstování, tím důležitější je udržení optimálního termínu seti. Výsevek kolísá v rozmezí $4,5$ až $5,5$ mil. klíčivých zrn $\cdot \text{ha}^{-1}$. Pro regenerační hnojení doporučuje dávku dusíku 50 až $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, produkční dávka činí cca $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a kvalitativní 30 až $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. P e t r (1987) doporučuje seti tritikale v termínu 15.9. až 10.10., v méně příznivých podmínkách 10.9. až 5.10., výsevek 4 až 5 mil. klíčivých zrn $\cdot \text{ha}^{-1}$, doporučená dávka dusíku kolísá v rozmezí 80 až $110 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

H o n e r m e i e r (1987) udává, že seti 16.10. výrazně snižuje výnos ve srovnání s termínem 2.10. Je to důsledek horšího přezimování, nižšího odnožování, a tím i nižšího počtu klasů na jednotce plochy. Vliv pozdního seti lze částečně kompenzovat vyšším výsevem. Optimální výsevek u odrůdy Grado je 4 až 5 mil. klíčivých zrn $\cdot \text{ha}^{-1}$.

F e d o r o v, U t a g a n o v (1988) zjistili, že dávka dusíku $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ zvyšovala výnos zrna o $0,47 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oproti dávce $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W i n k e l, H o n e r m e i e r (1988)

dosáhli nejvyššího výnosu u tritikale Grado po aplikaci dusíku v dávce $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, dvojím použitím CCC a po postřiku proti chorobám pat stébel, listů a klasů. Výnos oproti kombinaci s dávkou dusíku $110 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ se zvýšil o 13 %. Doporučují strukturu porostů: 550 až 620 klasů na 1 m^2 , 28 až 30 zrn v klasu a hmotnost 1000 zrn 44 až 46 g.

MATERIÁL A METODA

Pokusy byly založeny v bramborářském výrobním typu (Březová, Bystřice n/P, Krukanice). Stručnou charakteristiku jednotlivých stanovišť uvádí tab. I. Předplodinou je jarní ječmen, pokusnou odrůdou Grado, výsevek činil 3,5 a 4,5 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} . Termín setí byl sedm dní před koncem agrotechnické lhůty žita a tři týdny po prvním termínu. Byly použity dávky živin (v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$): a) N 60, P 38, K 73; b) N 90, P 38, K 73.

Bylo hnojeno granulovanými hnojivy GVH (8,5 % N: 17,5 % P_2O_5 : 17,5 % K_2O), které bylo zapraveno před setím v dávce $500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. U kombinace a) bylo aplikováno $17,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ve formě ledku amonného s vápencem, u kombinace b) $27,5 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ve formě LAV v regeneraci a $20 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ve formě LAV počátkem sloupkování. Pokus proběhl v počtu opakování čtyři a velikost sklizňových dílců byla 10 m^2 .

VÝSLEDKY

Březová

V tříletém průměru byl dosažen nejvyšší výnos (tab. II) při setí v agrotechnické lhůtě ($6,60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Průkazně nižší výnos (o $0,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) byl zaznamenán při setí dva týdny po agrotechnické lhůtě. Na snížení výnosu se podílela nižší produktivní hustota porostu ($437 : 390$ klasů na 1 m^2). S ohledem na nižší hustotu porostu byl zaznamenán vyšší počet zrn v klasu ($35,0 : 36,5$) a vyšší hmotnost 1000 zrn ($45,1 : 46,9 \text{ g}$). Rostliny z pozdního setí vykazovaly vlivem nižší hustoty porostu vyšší odolnost rostlin k poléhání ($8,4 : 8,7$ bodu).

Při setí v agrotechnické lhůtě byly dosaženy vysoce průkazně vyšší výnosy po aplikaci dusíku v dávce $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Vyšší dusíkaté hnojení pozitivně ovlivňovalo produktivní odnožování rostlin. Vliv na další výnosové prvky byl menší. Odolnost rostlin k poléhání se snižovala. Vysoce průkazně vyšší výnos byl zaznamenán také u nižšího výsevu 3,5 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} . Rostliny z nižšího výsevu měly produktivnější klasy (vyšší počet zrn v klasu o vyšší hmotnosti).

Také při setí po agrotechnické lhůtě byl dosažen vysoce průkazně vyšší výnos po aplikaci dávky dusíku $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Vyšší výsevek 4,5 mil. klíčivých zrn. ha^{-1} poskytl průkazně vyšší výnos zrna o $0,23 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($6,24 : 6,47 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Bystřice nad Perštejnem

V tříletém průměru byl dosažen při setí v agrotechnické lhůtě výnos $5,84 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. III). O $0,16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ nižší výnos byl zaznamenán při setí po agrotechnické lhůtě ($5,68 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Rozdíl nebyl průkazný. Příčinou poklesu výnosu byl nižší počet klasů na 1 m^2 ($383 : 344$). Počet zrn v klasu ($31,9 : 33,3$) a hmotnost 1000 zrn ($49,6 : 51,4 \text{ g}$) byla vyšší u řidšího porostu setého po agrotechnické lhůtě. Porosty seté v obou termínech nepolehly.

Při setí v agrotechnické lhůtě byl dosažen vysoce průkazně vyšší výnos dávkou dusíku $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Vyšší dusíkaté hnojení pozitivně ovlivňovalo produktivní odnožování rostlin, ostatní výnosové prvky byly ovlivněny nepodstatně. Výsevek 4,5 mil. klíčivých

I. Charakteristika pracovišť – Characteristics of experimental locations

Pracoviště ¹	Nadmořská výška ² v m	Genetický půdní typ ³	Průměr srážek v mm za období ⁴ 1901 – 1950							
			9.	10.	11.–3.	4.	5.	6.	7.	8.
Březová	380	hnědá půda ⁵	64	75	295	66	81	78	90	94
Bystřice n/P	554	hnědá půda	53	54	201	47	64	75	77	80
Krukanice	480	hnědá půda	41	32	143	30	51	61	59	61

¹location, ²height above sea level, ³genetic soil group, ⁴average rainfall amount in mm over the growing season, ⁵Cambisol

II. Vliv termínu setí, výsevků a dávek dusíku na odolnost rostlin k poléhání, strukturu výnosových prvků a výnos zrna tritikale Grado (Březová, ø 1988 – 1990) – The effects of sowing date, sowing rates and nitrogen rates on lodging resistance, yield component structure and grain yield in Grado triticale (Březová, ø 1988 – 1990)

Termín setí ¹	Výsvek ² (mil.ha ⁻¹)	Dávka ³ N (kg.ha ⁻¹)	Poléhání (body) ⁴	Počet klasů na 1 m ² (⁵)	Počet zrn v klasu ⁶	Hmotnost 1000 zrn ⁷ (g)	Výnos zrna ⁸ (t.ha ⁻¹)
I	3,5	60	8,8	422	35,5	45,1	6,58
		90	7,5	451	35,3	45,4	6,95
		ø	8,2	437	35,4	45,3	6,76
	4,5	60	9,0	425	32,9	44,9	6,11
		90	8,0	449	36,2	44,7	6,78
		ø	8,5	437	34,6	44,8	6,44
ø I			8,4	437	35,0	45,1	6,60
II	3,5	60	8,9	395	33,9	46,6	6,07
		90	8,8	396	34,6	47,4	6,40
		ø	8,8	396	34,3	47,0	6,24
	4,5	60	8,9	370	38,0	46,6	6,15
		90	8,6	395	39,4	46,9	6,80
		ø	8,7	383	38,7	46,8	6,47
ø II			8,7	390	36,5	46,9	6,35

9 – nepolehlé⁹

Statistické průkaznosti¹⁰: P 0,05 0,20 t.ha⁻¹

P 0,01 0,27 t.ha⁻¹

¹sowing date, ²sowing rate, ³nitrogen rate, ⁴lodging (points), ⁵spike number per 1 m², ⁶grain number per spike, ⁷1,000 grain weight, ⁸grain yield, ⁹not lodged, ¹⁰statistical significances

zrn.ha⁻¹ byl výnosnější (5,91 t.ha⁻¹) než výsvek 3,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ (5,76 t.ha⁻¹). Rozdíl 0,15 t.ha⁻¹ nebyl průkazný.

Při setí po agrotechnické lhůtě nebyla efektivně využita dávka dusíku 90 kg.ha⁻¹. Vyšší výsvek 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ vysoce průkazně zvyšoval výnos zrna ve srovnání s výsevem 3,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹, což bylo dáno vyšším počtem produktivních klasů na jednotce plochy.

Krukanice

V tříletém průměru byl dosažen setím v agrotechnické lhůtě výnos zrna 6,72 t.ha⁻¹ (tab. IV). Neprůkazně nižší výnos (o 0,1 t.ha⁻¹) byl zaznamenán při setí po agrotechnické lhůtě (6,62 t.ha⁻¹).

III. Vliv termínu setí, výsevků a dávek dusíku na odolnost rostlin k poléhání, strukturu výnosových prvků a výnos tritikale Grado (Bystřice, ø 1988 – 1990) – The effects of sowing date, sowing rates and nitrogen rates on lodging resistance, yield component structure and grain yield in Grado triticale (Bystřice, ø 1988 – 1990)

Termín setí ¹	Výsevek ² (mil.ha ⁻¹)	Dávka ³ N (kg.ha ⁻¹)	Poléhání (body) ⁴	Počet klasů na 1 m ²⁽⁵⁾	Počet zrn v kladu ⁶	Hmotnost 1000 zrn (g) ⁷	Výnos zrna ⁸ (t.ha ⁻¹)
I	3,5	60	9	331	33,8	50,4	5,25
		90	9	405	31,7	49,3	6,28
		ø	9	368	32,7	49,8	5,76
	4,5	60	9	376	31,0	49,4	5,39
		90	9	420	31,1	49,5	6,44
		ø	9	398	31,0	49,4	5,91
ø I			9	383	31,9	49,6	5,84
II	3,5	60	9	352	31,8	51,1	5,44
		90	9	294	35,7	51,4	5,28
		ø	9	323	33,7	51,2	5,36
	4,5	60	9	361	34,8	52,0	6,13
		90	9	370	31,0	51,4	5,87
		ø	9	365	32,9	51,7	6,00
ø II			9	344	33,3	51,4	5,68

9 – nepolehlé⁹

Statistické průkaznosti: ¹⁰ P 0,05 0,20 t.ha⁻¹

P 0,01 0,37 t.ha⁻¹

For 1-10 see Tab. II

Při setí v agrotechnické lhůtě byl dosažen vysoce průkazně vyšší výnos zrna dávkou dusíku 90 kg.ha⁻¹. Dusíkaté hnojení pozitivně ovlivňovalo produktivní hustotu porostu. Hmotnost 1000 zrn a odolnost rostlin k poléhání se snižovala. Vysoce průkazně vyšší výnos zrna byl zaznamenán u výsevu 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ (6,88 : 6,56 t.ha⁻¹). Všechny výnosové prvky vykazovaly hodnoty vyšší u výsevu 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹.

Při setí po agrotechnické lhůtě poskytla dávka dusíku 90 kg.ha⁻¹ vysoce průkazně vyšší výnos zrna. Vysoce průkazně vyšší výnos zrna byl zaznamenán také u vyššího výsevu 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹ (6,89 : 6,36 t.ha⁻¹). Příčinou byl vyšší počet produktivních klasů na jednotce plochy.

DISKUSE

V bramborářském výrobním typu byl v průměru tři pokusných míst dosažen nejvyšší výnos zrna při setí v agrotechnické lhůtě (6,39 t.ha⁻¹). O 0,17 t.ha⁻¹ nižší výnos (6,22 t.ha⁻¹) byl dosažen při setí dva týdny po agrotechnické lhůtě. Výsledky jsou v souladu se závěry z literatury (A c k e r m a n n, 1987), že k zajištění dobře odnožených porostů před nástupem zimy je nutný výsev v poslední dekádě září. V našich podmínkách klade P e t r (1987) důraz na zářijové setí v méně příznivých podmínkách.

V obou termínech setí byl dosažen nejvyšší výnos zrna dávkou dusíku 90 kg.ha⁻¹. Přírůstky výnosu oproti dávce 60 kg.ha⁻¹ byly vysoce průkazné, což svědčí o tom, že tritikale by efektivně využilo i dávku dusíku vyšší než 90 kg.ha⁻¹. Dosažené výsledky jsou

IV. Vliv termínu setí, výsevků a dávek dusíku na odolnost rostlin k poléhání, strukturu výnosových prvků a výnos tritikale Grado (Krukanice, 1988 – 1990) – The effects of sowing date, sowing rates and nitrogen rates on lodging resistance, yield component structure and grain yield in Grado triticale (Krukanice, 1988 – 1990)

Termín setí ¹	Výsvek ² (mil.ha ⁻¹)	Dávka ³ N (kg.ha ⁻¹)	Poléhání (body) ⁴	Počet klasů na 1 m ²⁽⁵⁾	Počet zrn v kladu ⁶	Hmotnost 1000 zrn ⁷ (g)	Výnos zrna ⁸ (t.ha ⁻¹)
I	3,5	60	8,1	459	33,6	42,5	6,39
		90	7,4	494	34,6	40,1	6,73
		0	7,8	477	34,1	41,3	6,56
	4,5	60	7,9	454	35,0	42,4	6,69
		90	7,9	517	34,0	40,7	7,08
		0	7,9	486	34,5	41,6	6,88
0 I			7,9	482	34,3	41,5	6,72
II	3,5	60	8,5	403	33,1	45,2	6,00
		90	7,9	436	35,7	43,7	6,72
		0	8,2	420	34,4	44,5	6,36
	4,5	60	8,5	487	31,5	43,7	6,57
		90	7,9	474	36,2	42,7	7,21
		0	8,2	480	33,9	43,2	6,89
0 II			8,2	450	33,9	43,9	6,62

9 – nepolehlé⁹

Statistické průkaznosti¹⁰: P 0,05 0,16 t.ha⁻¹

P 0,01 0,22 t.ha⁻¹

For 1-10 see Tab. II

v souladu s doporučením (Petr, 1987) aplikovat u tritikale dávku dusíku 80 až 110 kg.ha⁻¹.

Vliv výsevu byl závislý na termínu setí. V obou termínech byl sice dosažen vyšší výnos u výsevu 4,5 mil. klíčivých zrn.ha⁻¹, ovšem při setí v agrotechnické lhůtě činil přírůstek výnosu zrna pouze 0,05 t.ha⁻¹ (6,36 : 6,41 t.ha⁻¹), zatímco při setí po agrotechnické lhůtě 0,46 t.ha⁻¹.

Poděkování

Děkuji pracovníkům z pokusnýchází ing. Čapkovi, CSc., ing. Vorlovi a panu Kovaříkovi za obětavost při zabezpečování úkolů.

Literatura

- ACKERMANN, D.: Wintertriticale Grado. Saat u. Pflanzgut, 1987, č. 9, s. 152.
 BECKER, R. – SCHRAMM, Q. – SCHLENKER, R. – NAUMANN, S.: Perspektiven den Triticaleanbau, Getreidewirtschaft, 1984, č. 12, s. 276 – 278.
 FEDOROV, A. K. – UTAGANOV, CH.: Mineralnyje udobrenija i urožajnost tritikale. Chim. sel. Choz., 1988, č. 6, s. 61.
 HONERMEIER, B.: Výzkum a pěstování tritikale v NDR. Úroda, 1987, č. 8, s. 354 – 355.
 MAZUREK, J. – MAZUREK, J. – JANUSZEWSKA, M.: Vplyv terminu siewu na produktyjność i jakość ziarna radów i odmian pszenżyta ozimego. Biul. Inst. Hod. i Aklim. Rósl., 1986, č. 159, s. 27 – 37.
 PETR, J.: Agrotechnika tritikale. Úroda, 1987, č. 8, s. 351 – 352.
 EINKEL, a. – HONERMEIER, B.: Ersta Erfahrungen bei Anbau von Triticale. Feldwirtschaft, 1988, č. 6, s. 258 – 260.

Došlo 6.6.1991

The effect of nitrogen fertilizing, sowing date and sowing rate on yield component structure and grain yield in Grado triticale was investigated in a potato-growing region at three experimental locations (Březová – 380 m above sea-level, Bystřice n/P – 554 m, Krukanice – 480 m). Tab. I shows precipitation amounts in mm. Tabs. II, III and IV indicate the results recorded at Březová, Bystřice n/P and Krukanice, respectively.

The highest grain yield on average of the three experimental locations was obtained from sowing on the agrotechnical date (6.39 t/ha). From sowing in two weeks later after the agrotechnical date the yield was lower by 0.17 t/ha (6.22 t/ha). The yield differences between sowing on the agrotechnical date and sowing in two weeks after the agrotechnical date varied at the particular experimental locations (Březová 0.25 t/ha, Bystřice n/P 0.16 t/ha and Krukanice 0.10 t/ha in favour of sowing on the agrotechnical date). Smaller differences were observed in the western part of the Czech Republic. Sowing on the agrotechnical date resulted in the higher productive stand density, that means there were 434 to 394 spikes per 1 m² (Březová +47, Bystřice n/P +39 and Krukanice +32 spikes in favour of sowing on the agrotechnical date), while the grain number per spike (33.7 to 34.7) and 1,000 grain weight (45.4 : 47.4 g) were higher in stands planted after the agrotechnical date. The lower productive stand density was partly compensated by the higher grain number per spike and by their higher weight (except Krukanice) at all experimental locations. Somewhat higher resistance to lodging was observed for sowing after the agrotechnical date (8.4 : 8.6 points) as a result of the lower productive stand density (no lodging was observed at Bystřice n/P).

The fertilizing rate of 90 kg N/ha provided for the higher yield on average of the three experimental locations, and this applied to both sowing dates. From sowing on the agrotechnical date the yields were 6.71 t/ha at the application rate of 90 kg N/ha and 6.07 t/ha at the rate of 60 kg N/ha. From sowing after the agrotechnical date the grain yields were 6.38 t/ha and 6.06 t/ha at the rates of 90 kg N/ha and 60 kg N/ha, respectively. Nitrogen conversion from the higher application rate was more effective in sowing on the agrotechnical date. Higher nitrogen application rates stimulated productive tillering of plants (411 : 456 spikes per 1 m² from sowing on the agrotechnical date). The higher nitrogen application rates at sowing after the agrotechnical date did not affect productive tillering of plants (395 : 394 spikes per 1 m²). The grain number per spike was higher on average after the application rate of 90 kg N/ha (33.6 : 33.9 at sowing on the agrotechnical date, 33.8 : 35.4 at sowing after the agrotechnical date). The higher nitrogen rates decreased on average 1,000 grain weight (45.8 : 45.0 g at sowing on the agrotechnical date, 47.5 : 47.3 g at sowing after the agrotechnical date) and lodging resistance (8.6 : 8.2 points at sowing on the agrotechnical date, 8.8 : 8.6 points at sowing after the agrotechnical date).

The sowing rate of 4.5 mil. germinating seeds per 1 ha gave the higher grain yield on average of the three experimental locations, this applying to both sowing dates. At sowing on the agrotechnical date, an increase in grain yield against the sowing rate of 3.5 mil. germinating seeds per 1 ha was only 0.05 t/ha (6.36 : 6.41 t/ha), at sowing after the agrotechnical date it was 0.46 t/ha (5.99 : 6.45 t/ha).

While the advantage of the higher sowing rate at sowing after the agrotechnical date was demonstrated at all experimental locations, the sowing rate used at Březová for sowing on the agrotechnical date decreased the grain yield by 0.32 t/ha. The higher sowing rate provided on average for the higher productive stand density (427 : 440 spikes per 1 m² at sowing on the agrotechnical date, 379 : 407 spikes at sowing after the agrotechnical date).

The grain number per panicle and 1,000 grain weight were lower on average in the higher sowing rate at sowing on the agrotechnical date, at sowing after the agrotechnical date the 1,000 grain weight was lower for the higher sowing rate.

PESTOVANIE SKORÝCH HYBRIDOV KUKURICE V HORSKEJ OBLASTI

Ján Novák

Vysoká škola poľnohospodárska, 949 76 Nitra

Poľné pokusy sme uskutočnili v rokoch 1986 až 1989 v horskej oblasti (600 až 800 m n.m.). Boli študované pestovateľské možnosti šiestich hybridov kukurice na siláž FAO 165 – 268 (CE – 165 S, CE – 185, CE – 205 S, CE – 220, CE – 240 S, CE – 268) pri hustote do 99 000 rastlín na 1 ha a vzdialenosti riadkov 750 mm. Z výsledkov vyplýva, že pri použití tejto skladby hybridov sa v danej oblasti najlepšie uplatňujú veľmi skoré hybridy do FAO 200. V priaznivých pestovateľských rokoch, ktorých je väčšina, dosahujú sušinu nad 250 g.kg⁻¹, čím umožňujú získať siláž s najvyššou triedou akosti pri použití probiotického prípravku Microsil. Veľmi skoré hybridy CE – 165 S a CE – 185 poskytujú v priemere nižšiu úrodu zelenej hmoty 35,80 g.ha⁻¹, ale vyššiu sušinu 264,70 g.kg⁻¹. Tým sa zvyšuje podiel šúľkov a úroda sušiny šúľkov. Stúpajú pritom škrobové jednotky, zvyšuje sa kvalita a kukurica na siláž sa približuje hodnotám produkcie š.j.ha⁻¹ kŕmnej repe.

Z dosiahnutých výsledkov (Lichner, 1988; Podolák, Horváth, 1990; Novák, 1990) vyplýva, že aj keď sa kukurici na siláž v extrémnych, teplotne menej vhodných polohách nedarí, v priaznivých rokoch pomáha zvyšovať produkčnú účinnosť objemových krmovín a optimalizovať kŕmne dávky vhodným pomerom SNL:ŠJ.

Pretože v podhorskej a horskej oblasti je deficit glycidových krmív, musíme popri kŕmnej repe, kde ešte mechanizácia nie je doriešená na požadovanej úrovni, pestovať aj kukuricu na siláž. Má prednosť kvôli použitiu komplexnej mechanizácie, aj keď nie je stabilita kvality objemového krmiva efektívnejšia, pretože výslednú hodnotu ovplyvňuje faktor počasia.

Problém pestovania kukurice na siláž nebol doteraz v týchto oblastiach v uspokojivej miere výskumne doriešený. Poľnohospodárska prax preferovala pestovanie vo vzdialenosti medzi riadkami od 300 do 500 mm s výsevom nad 200 tis. rastlín na 1 ha a osivom sa pľtvalo.

Pri kukurici na siláž nejde len o dosiahnutie vysokých úrod zelenej hmoty, ale predovšetkým o dosiahnutie kvalitatívnych ukazateľov, tj. obsahu sušiny v čase zberu a podiel šúľkov na celkovej úrode pri voľbe vhodných hybridov.

MATERIÁL A METÓDA

Experimentálne práce sa uskutočnili v rokoch 1986 až 1990 v dvoch lokalitách. Stanovištné podmienky pokusov udáva tab. I.

Lokalita Lisková je v nadmorskej výške 650 m, v mierne chladnej oblasti s priemernou ročnou teplotou 8,6 °C, za vegetáciu (4. až 9. mesiac) 15 °C. Dlhodobý úhrn ročných zrážok je 650 až 700 mm, za vegetačné obdobie 400 až 450 mm. Pôdy sú hnedé, stredne ťažké, oglejené, s pôdnym druhom ílovitohlinitým (ornica hlinitá, podorničie hlinitoílovité). Obsah humusu je 1,2 až 1,8 %, obsah fosforu stredný až dobrý, obsah draslíka dobrý až vysoký, pH 6,5. Expozícia pestovateľskej plochy je južná.

Lokalita Hybe je v nadmorskej výške 750 m, v mierne chladnej oblasti s priemernou teplotou za rok 8 °C, za vegetáciu (4. až 9. mesiac) 14 °C. Dlhodobý úhrn ročných zrážok je 700 až 800 mm, za vegetačné obdobie 450 až 500 mm. Pôdy sú hnedé, stredne ťažké až ťažké, oglejené, s pôdnym druhom hlinitým až ílovitohlinitým. Obsah humusu

I. Stanovištné podmienky – Site conditions

Stanovište ¹	Nadmorská výška ² (m)	Ročný úhrn zrážok ³ (mm)	Úhrn zrážok za vegetáciu ⁴ (4. – 9.) (mm)	Ročná teplota ⁵ (°C)	Teplota za vegetáciu ⁶ (4. – 9.) (°C)	Pôdny typ ⁷	Pôdny druh ⁸
Lisková	650	650 – 700	400 – 450	8,6	15	HP oglejená ⁹	IH
Hybe	750	700 – 800	450 – 500	8	14	HP oglejená	H – IH

HP – hnedá pôda¹⁰, IH – ilovitohlinitá¹¹, H – hlinitá¹²

¹site, ²height above sea level, ³annual rainfall amount, ⁴ rainfall amount over growing season, ⁵ annual temperature, ⁶ temperature over growing season, ⁷soil group,

⁸texture, ⁹pseudogleyic, ¹⁰Cambisol, ¹¹clay loam, ¹²loam

II. Agrotechnické opatrenia – Cultural practices

Lokalita ¹	Zaorávka ² MH (t.ha ⁻¹)	N	P	K	Príprava pôdy ³	Sejba ⁴	Výsevok ⁵ (kg.ha ⁻¹)	Počet jedincov ⁶ . .ha ⁻¹	Spon ⁷ (mm)	Hĺbka sejby ⁸ (mm)	Vzchá- dzanie ⁹	Zber ¹⁰
		kg.ha ⁻¹										
Lisková	50	147	57	124	8.5.	10.5.	30	95 000	150x750	50	26.5.	23.9.
Hybe	55	147	57	124	6.5.	12.5.	35	99 000	150x750	50	27.5.	28.9.

¹location, ²ploughdown, ³soil preparation, ⁴sowing, ⁵sowing rate, ⁶number of individuals, ⁷spacing, ⁸sowing depth, ⁹emergence, ¹⁰harvest

je 1,3 až 1,6 %, obsah fosforu stredný až dobrý, obsah draslíka dobrý až vysoký, pH 6,2. Expozícia skúmanej plochy je juhovýchodná.

Pokusy boli založené po predplodine ozimná pšenica. Príprava pôdy a hnojenie bolo realizované podľa platných pestovateľských zásad uvedených v tab. II. Na ochranu proti burinám bol použitý Zeazín 50 DP v dávke 2,5 kg.ha⁻¹.

V pokuse boli zaradené hybridy CE – 165 S, CE – 185, CE – 205 S, CE – 220, CE – 240 S, CE – 268, s výsevom 25 až 30 kg.ha⁻¹ (95 000 až 99 000 jedincov na 1 ha) a sponom 150 mm x 750 mm. Sejba bola robená sejačkou Pneumasem a zber rezačkou SPS – 420 s drviacim dnom a SPS – 35 Toron s mnohonožovým drviacim bubnom FMB 172 a drviacim dnom BDD 190.

Pokus sme usporiadali do blokov. Zberová plocha reprezentujúca jednu parcelu bola 15 m². Na základe signalizácie sa jednotlivé odbery na sušinu robili mesiac pred predpokladaným zberom v týždenných intervaloch pomocou prenosného prístroja na rýchle stanovenie sušiny TZ 8-038. Na základe dosiahnutej sušiny pred príchodom prvého mrazu sa uskutočnil zber. V prípade mrazu bol urobený zber spolu so silážovaním do troch dní.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky pokusov sú uvedené v tab. III až VIII. Za štvorročné obdobie u jednotlivých hybridov kukurice na siláž sme dosiahli úrody v priemere 44,03 t.ha⁻¹ zelenej hmoty a 3,66 t.ha⁻¹ sušiny šúľkov s podielom 37,20 % šúľkov na rastlinu. V závislosti od hybridov najnižšiu úrodu zelenej hmoty (35,60 t.ha⁻¹), ale pritom najvyššiu sušinu (272,30 g.kg⁻¹), poskytol veľmi skorý hybrid CE – 165 S. Vyššie úrody zelenej hmoty boli pri všetkých ostatných hybridoch, ale zároveň sa priamo úmerne znižovala sušina (u hybridu CE – 268 až na 180 g.ha⁻¹). Tento hybrid dosiahol najvyššiu úrodu zelenej hmoty 56 t.ha⁻¹.

Úroda sušiny celých rastlín bola najvyššia u hybridu CE – 240 S (10,93 t.ha⁻¹), najnižšia u CE – 205 S (9,00 t.ha⁻¹). V podiele šúľkov na rastlinu (46,90 %) s najvyššou úrodou sušiny šúľkov (4,54 t.ha⁻¹) sa najlepšie javil veľmi skorý hybrid CE – 165 S (tab. III). Pretože podiel šúľkov na produkciu ŠJ.ha⁻¹ je u kukurice na siláž rozhodujúci, hybrid CE – 165 S obsahoval 5728 ŠJ.ha⁻¹, bol zo sledovaných hybridov najvhodnejší. Najnižšie hodnoty (29,20 % podiel šúľkov na rastlinu, 2,94 t.ha⁻¹ úrodu sušiny šúľkov) a najnižšiu produkciu (4777 ŠJ.ha⁻¹) mal hybrid CE – 268.

Najlepšie výsledky boli zaznamenané v rokoch 1986 a 1988, kedy aj hybrid CE – 205 S dosiahol minimálnu hodnotu 250 g.kg⁻¹ sušiny. V roku 1987 sme zaregistrovali o niečo nižšie hodnoty a rok 1989 bol nepriaznivý aj pre veľmi skoré hybridy.

Naše výsledky v horskej oblasti sú porovnateľné so závermi, ku ktorým dospeli Lichner (1988) v Bodorovej a Zborove, Podolák, Horváth (1990) v Malom Čepčine, ktoré ako jediné na Slovensku boli dosiahnuté v podhorskej oblasti. Podolák, Horváth (1990) tvrdia, že ak sa kukurica na siláž dostane do vyslovene nepriaznivých agroekologických podmienok (ohrozené pozemky eróziou a príliš chladné pôdy), efektívnosť pestovania sa znižuje a je treba využiť vhodný potenciál veľmi skorých hybridov.

Súčasná finálna úprava osív umožňuje siať v týchto oblastiach o niekoľko dní skôr od pôvodne odporúčaných agrotechnických termínov, čím sa lepšie využije zásoba zimnej vlhky a predĺži sa vegetačné obdobie. Naše pokusy sme zakladali maximálne do 12. mája a zber hmoty bol uskutočnený do 28. septembra, do príchodu prvých mrazov.

III. Úrody sušiny a podiel šúľkov u hybridov kukurice na siláž v čase zberu – Dry matter yields and cob proportions in silage maize hybrids at the time of harvest

Hybrid ¹	Obsah sušiny zelenej hmoty v čase zberu ² (g.kg ⁻¹)	Úroda zelenej hmoty ³ (t.ha ⁻¹)	Úroda sušiny celých rastlín ⁴ (t.ha ⁻¹)	Podiel šúľkov na rastlinu ⁵ (%)	Úroda sušiny šúľkov ⁶ (t.ha ⁻¹)
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
CE – 165 S	272,30	35,60	9,69	46,90	4,54
CE – 185	257,00	36,00	9,25	45,40	4,20
CE – 205 S	240,00	37,50	9,00	43,30	3,89
CE – 220	227,20	46,80	10,63	29,40	3,12
CE – 240 S	209,00	52,30	10,93	30,20	3,30
CE – 268	180,00	56,00	10,08	29,20	2,94

¹hybrid, ²dry matter content of green matter at harvest, ³green matter yield, ⁴dry matter yield of whole plants, ⁵cob proportion per plant, ⁶cob dry matter yield

IV. Produkcia škrobových jednotiek na 1 ha u kukurice na siláž – Production of starch units per 1 ha in maize for silage

Hybrid ¹	Obsah sušiny zelenej hmoty v čase zberu ² (g.kg ⁻¹)	Škrobové jednotky ³	Koncentrácia energie ⁴	Úroda zelenej hmoty ⁵ (t.ha ⁻¹)	Produkcia ⁶ (ŠJ.ha ⁻¹)
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
CE – 165 S	272,30	16,09	0,591	35,60	5728
CE – 185	257,00	15,60	0,607	36,00	5616
CE – 205 S	240,00	13,60	0,567	37,50	5100
CE – 220	227,20	11,00	0,484	46,80	5148
CE – 240 S	209,00	9,45	0,452	52,30	4942
CE – 268	180,00	8,53	0,474	56,00	4777

¹hybrid, ²dry matter content of green matter at harvest, ³starch units, ⁴energy concentration, ⁵green matter yield, ⁶production

V. Obsah sušiny v zelenej hmote silážnej kukurice v čase zberu (g.kg⁻¹) – Dry matter content of green matter in silage maize at harvest (g/kg)

Roky ¹	CE – 165 S	CE – 185	CE – 205 S	CE – 220	CE – 240 S	CE – 268
1986	280,5	258,5	250,3	240,1	220,2	183,5
1987	269,2	269,3	247,2	235,3	210,3	180,4
1988	291,1	270,1	261,3	240,2	225,1	185,7
1989	248,1	230,2	201,1	193,2	180,3	170,2
$\bar{x}$	272,3	257,0	240,0	227,2	209,0	280,0

¹years

Tým vzniklo dostatočne dlhé vegetačné obdobie (do 140 dní) na dosiahnutie minimálnej sušiny 250 g.kg⁻¹ potrebnej ku zberu kukurice na siláž.

VI. Chemický rozbor vzoriek kukurice na siláž u veľmi skorého hybridu CE – 165 S v jednotlivých rokoch –
Chemical analysis of silage maize samples in a very early hybrid CE – 165 S in particular years

	1986	1987	1988	1989	$\bar{x}$
Sušina ¹ (g.kg ⁻¹)	280,500	269,200	291,100	248,300	272,300
NL ² (%)	3,270	2,700	2,600	2,780	2,830
SNL ³ (%)	1,590	1,610	1,490	1,310	1,450
Popol ⁴ (%)	2,390	2,350	1,370	1,930	2,010
ŠJ ⁵	16,090	15,700	16,870	14,600	15,890
Vláknina ⁶ (%)	7,750	7,300	8,530	7,130	7,680
BNLV ⁷ (%)	13,770	13,570	15,710	12,000	13,760
Tuk ⁸ (%)	0,990	0,890	0,910	0,990	0,940
Kyslosť ⁹ (pH)	3,840	3,830	3,810	3,640	3,780
Koeficient stráviteľnosti proteínu ¹⁰	47,000	47,000	50,000	47,000	47,750
Kyselina mliečna ¹¹ (%)	2,210	2,000	1,510	1,870	1,900
Kyselina octová ¹² (%)	0,550	0,500	0,530	0,500	0,520
Kyselina maslová ¹³ (%)	0,000	0,000	0,000	0,100	0,020
KVV ¹⁴ (mg.100 ⁻¹)	1572,000	1527,000	1335,000	1645,000	1519,750
Ca (g.kg ⁻¹)	1,820	1,750	1,772	1,373	1,678
P (g.kg ⁻¹)	0,640	0,600	0,560	0,469	0,567
Mg (g.kg ⁻¹)	0,440	0,450	0,316	0,389	0,399
K (g.kg ⁻¹)	4,990	4,700	3,345	4,968	4,501
Na (g.kg ⁻¹)	0,060	0,050	0,077	0,056	0,046
Stupeň akosti fermentačného procesu ¹⁵	1	1	1	1	1
Výsledná trieda akosti ¹⁶	1	1	1	1	1
Pomer ¹⁷ SNL:ŠJ	1:10	1:10	1:11	1:11	1:10,5

¹dry matter, ²crude protein, ³digestible crude protein, ⁴ash, ⁵starch units, ⁶fibre, ⁷nitrogen-free extract, ⁸fat, ⁹acidity, ¹⁰protein digestibility coefficient, ¹¹lactic acid, ¹²acetic acid, ¹³butyric acid, ¹⁴acid water extract, ¹⁵quality grade of fermentation process, ¹⁶resultant quality class, ¹⁷ratio

Úrody zelenej hmoty a sušiny šúľkov súvisia aj so vzdialenosťou riadkov a hustotou rastlín na 1 ha. Výsledky pokusov boli dosiahnuté pri vzdialenosti riadkov 750 mm a hustote maximálne do 99 000 rastlín na 1 ha. Optimálnou hustotou a správnym výberom hybridu môžeme dosiahnuť lepšie využitie tepla a zlepšenie kvality siláže. P o d o l á k, H o r v á t h (1990) uvádzajú optimum do 130 000 rastlín na 1 ha pri vzdialenosti riadkov do 700 mm. Aj predtým publikované práce (D i v i š, P r i n c o v á, 1985) poukazovali na nutnosť zníženia hustoty porastu. Š e v č o v i č (1979) tvrdil, že najväčší vplyv na tvorbu úrody – čistý výkon asimilácie (NAR) bol o 22,87 % vyšší pri hustote 66 000 rastlín na 1 ha oproti 133 000 rastlín na 1 ha. Pri nižšom počte rastlín na 1 ha a širších medziriadkových vzdialenostiach sa zvýšila úroda šúľkov a ani v rokoch nenaštal zreteľný pokles úrod sušiny celých rastlín. Prehustením sa zvyšuje úroda zelenej hmoty a sušiny, avšak súčasne sa znižuje podiel šúľkov.

L i c h n e r (1988) konštatuje, že cieľom pestovania je dosiahnutie sušiny nad 250 g.kg⁻¹ v čase zberu, pred príchodom prvých mrazov. Nižší obsah sušiny spôsobuje nepriaznivý priebeh kvasenia, vysoký obsah kyseliny octovej a vysokú stratu živín odtokom silážnych štiav. Údaje, ktoré sme dosiahli za štvorročné obdobie v porovnaní s údajmi, ktoré uverejnil L i c h n e r (1988), ukazujú, že v priebehu siedmich rokov

VII. Fenologické sledovania kukurice na siláž v nepriaznivom roku pestovania 1989 – Phenological observations of maize for silage in the growing year 1989 with unfavourable conditions of growing

Hybrid ¹	28.5.	8.6.	16.6.	29.6.	10.7.	19.7.	3.8.	9.8.	16.8.	29.8.
	vzchádzanie ²	tvorba ³ 3. listu ⁴	tvorba 4. listu	začiatok metania ⁵ – tvorba 6. – 8. listu	tvorba 7. – 8. listu	tvorba 10. – 11. listu	tvorba 11. – 12. listu	tvorba 12 listov	tvorba generatívnych orgánov ⁶	koniec kvitnutia ⁷ – začiatok kvitnutia ⁸
	počet dní od sejby ⁹	zapojenie ¹⁰ %	výška ¹¹ (mm)	výška (mm)	výška (mm)	výška (mm)	výška (mm)	výška (mm)	výška (mm)	výška (mm)
CE – 165 S	10	60	100	250	410	620	820	990	1100	1450 ⁺
CE – 185	10	60	110	300	490	650	760	1060	1160	1400 ⁺
CE – 205 S	10	25	100	280	480	700	990	1180	1380	1430 ⁺
CE – 220	10	70	95	340	480	690	990	1230	1400	2050 ^x
CE – 240 S	16	50	100	380	490	700	900	1250	1420	2030 ^x
CE-268	16	60	140	490	600	800	1210	1300	1600	2150 ^x

⁺koniec kvitnutia⁷, ^xzačiatok kvitnutia⁸

¹hybrid, ²emergence, ³formation, ⁴of leaf, ⁵beginning of earing, ⁶formation of generative organs, ⁷end of silking, ⁸beginning of silking, ⁹number of days since sowing, ¹⁰closed stand, ¹¹height

VIII. Produkcia škrobových jednotiek na 1 ha u kŕmnej repy (Kavulič, 1986) – Starch unit production per 1 ha in fodder beet (Kavulič, 1986)

Odroda ¹	Obsah sušiny zelenej hmoty v čase zberu ² (g.kg ⁻¹)	Škrobové jednotky ³	Koncentrácia energie ⁴	Úroda buliev ⁵ (t.ha ⁻¹)	Produkcia ⁶ (ŠJ.ha ⁻¹)
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
Hako	124,3	7,39	0,594	79,10	5845
Triga	129,3	8,04	0,621	71,94	5784
Rubra	192,9	12,32	0,649	49,67	6119
Rosamona	199,4	12,64	0,634	62,88	7948
Kyros	175,0	11,19	0,639	65,46	7325

¹variety, ²dry matter content of green matter at harvest, ³starch units, ⁴energy concentration, ⁵root yield, ⁶production

sledovania sa vyskytli len dva roky nepriaznivé, kedy sušina klesla pod 250 g.kg⁻¹. Naše pokusy boli založené v nadmorskej výške cca o 275 m vyššie, s priemernou ročnou teplotou o 1,4 °C nižšou a zrážkami približne rovnakými. V priaznivých rokoch sušina u sledovaných hybridov bola len o 20 g.kg⁻¹ nižšia oproti stanovištiam Bodorová a Zborov.

Z chemického rozboru vzoriek kukurice na siláž u hybridu CE – 165 S (tab. VI) vyplýva: čím vyššiu sušinu zberaná hmota obsahuje, tým sú vyššie hodnoty škrobových jednotiek. Najvyššie hodnoty dosiahol sledovaný hybrid v roku 1988 (291,10 g.kg⁻¹ sušiny a 16,87 ŠJ). Zaujímavé je, že v tomto roku boli dosiahnuté najvyššie hodnoty koeficientu stráviteľnosti proteínu a najnižšie hodnoty P, K, Na, Ca a Mg. Najvyššie hodnoty týchto prvkov boli v roku 1986 pri sušine o niečo nižšej (280 g.kg⁻¹). Pomer SNL:ŠJ nevychádzal vždy najvyšší v prospech vzoriek s vyššou sušinou. Pri hodnotení siláží boli všetky rozborované vzorky zaradené do najvyššej výslednej triedy akosti a dosahovali najvyšší stupeň fermentačného procesu.

Výsledky, ktoré publikoval Kavulič (1986), slúžia na porovnanie produkcie ŠJ.ha⁻¹ s kŕmnu repou pestovanou v porovnateľných podmienkach v lokalite Spišská Belá. Do úvahy sme zobrali odrody kŕmnej repy obsahového typu Kyros a Rosamona (tab. VIII) so sušinou nad 170 g.kg⁻¹, dovážaných k nám z Dánska a Nemecka. Ukazujú, že aj keď kŕmna repa poskytuje vyššiu produkciu ŠJ.ha⁻¹ (maximum u odrody Rosamona 7948 ŠJ.ha⁻¹) a stabilnejšie úrody ako kukurica na siláž (maximum 5728 ŠJ.ha⁻¹ u hybridu CE – 165 S), produkciou ŠJ.ha⁻¹ sa k nej približujú hybridy do FAO 200. V horskej oblasti ich treba zaradiť do pestovania, pretože obohacujú kŕmne dávky o chýbajúce glycidy.

Literatúra

- DIVIŠ, J. – PRINCOVÁ, G.: Některé faktory působící na produkci silážní kukuřice v podmínkách bramborářské výrobní oblasti. In: Sbor. Vys. Šk. zeměd. Fak. provoz. ekon., Řada fytotechn., 1985, č. 1, s. 25 – 36.
- KAVULIČ, M.: Výsledky testovania odrôd kŕmnej repy v extrémnych horských podmienkach. In: Zbor. ČSVTS, Okopaniny vo výžive hospodárskych zvierat, 1986, s. 25 – 32.
- LIČNER, S.: Pestovanie jednoročných krmovín v podhorskej a horskej oblasti. In: Zbor. ČSVTS, Intenzifikácia poľnohospodárskej výroby v podhorskej a horskej oblasti so zameraním na riešenie krmovínovej základne, 1988, s. 77 – 82.

- NOVÁK, J.: Kvalitná kukuričná siláž v podhorskej oblasti. Úroda, 1990, č. 2, s. 66 – 67.
- PODOLÁK, M. – HORVÁTH, I.: Zefektívnenie technológie pestovania kukurice pri oneskorenom termíne sejby. [Záverčná správa.] Trnava, VÚK 1985, 62 s.
- PODOLÁK, M. – HORVÁTH, I.: Kukurica na siláž v teplotne menej priaznivých podmienkach. Rostl. Výr., 36, 1990, č. 7, s. 717 – 726.
- ŠEVČOVIČ, R.: Organizácia porastu ako významný faktor tvorby a výšky úrod kukurice na siláž. In: Sbor. Vys. Šk. zeměd. Fak. agron., 1979, s. 227 – 232.

Došlo 3.7.1991

J. NOVÁK (University of Agriculture, Nitra):

Growing of early maize hybrids in a mountain region.

Rostl. Výr., 38, 1992 (12): 1001 – 1008.

Experimental activities in form of pilot variety trials took place in a mountain region of Slovakia in 1986 to 1989, at Lisková and Hybe localities (600 to 800 m a.s.l.) in a moderately cold region with the average yearly temperature of 8 to 8.6 °C, average temperature over the growing season 14 to 15 °C, yearly rainfall amount of 650 to 800 mm, rainfall amount over the growing season 400 to 500 mm (Tab. I); the soils at these localities are Cambisols, medium-heavy pseudogleyic clay loams with humus content 1.2 to 1.8 %, with intermediate to good phosphorus reserve, good to high potassium content and pH value 6.2 to 6.5. Tab. II shows cultural practices. Opportunities for growing six maize hybrids for silage FAO 165 – 268 (CE – 165 S, CE – 185, CE – 205 S, CE – 220, CE – 240 S, CE – 268) were investigated for maximum density of 99,000 plants per 1 ha and row distance of 750 mm (150 mm x 750 mm spacing). Data are shown in Tab. II.

The average yields of 44.03 t/ha green matter, 9.93 t/ha whole plant dry matter and 3.66 t/ha cob dry matter with the proportion of 37.20 % of cobs per plant were obtained in particular maize hybrids for silage over the four-year period. The highest value of dry matter was recorded in a very early hybrid CE – 165 S while this hybrid had the lowest green matter yield in t/ha but the highest proportion of cobs in per cent per plant and cob dry matter yield in t/ha, in comparison with the other hybrids (Tab. III). The other hybrids reached proportionately higher yield values in t/ha although they had lower dry matter yields, and they also had lower cob proportions in t/ha. The lowest values were determined in the hybrid CE – 268.

Cob percent proportions in the production of starch units (SU) per hectare are important, they make 5,728 SU/ha in the CE 165 S hybrid. These are the most significant data for the investigated hybrids although this hybrid had the lowest green matter yield in t/ha (Tab. IV). Its dry matter yield is higher than 250 g/kg (Tab. V) in the years with favourable growing conditions, that means it has the highest resultant quality class and the highest quality grade of fermentation process in maize for silage (Tab. VI).

Chemical analyses of silage matter samples show (Tab. VI) this fact: the higher the dry matter yield, the higher the values of starch units. In the years with the most favourable growing conditions when the CE – 165 S hybrid reached the highest dry matter yield, fibre content increased directly proportionately, but crude protein content and digestible crude protein content decreased, and protein digestibility coefficient increased in one case.

Data in Tab. VII show that the plants of the CE – 165 S hybrid grew to the lower height in the course of phenological observation in comparison with the other cultivars, but they began silking and cob formation earlier and this resulted in higher values of starch units per hectare.

A comparison of the values of starch units per hectare in maize for silage with fodder beet (Tab. VIII), grown in comparable conditions particularly as to the type of SU contents (Kyros, Rosamona), which have the dry matter content higher than 170 g/kg, shows that maize hybrids belonging to the category FAO 200 approach the quality of fodder beet to the greatest extent by their values of starch unit production per hectare, even though fodder beet has the higher production of SU/ha (maximum production of 7,948 SU/ha in the Rosamona variety) and its yields are more stable.

Hence it is desirable to include maize for silage into crop rotations in mountain regions and to take into consideration its good characteristics when complex mechanization is used.

DLOUHODOBÁ KULTIVACE SHLUKŮ PUPENŮ A REGENERACE ROSTLIN LNU *IN VITRO*

Eva Tejklová

Výzkumný ústav technických plodin a luskovin, 787 01 Šumperk

Byly studovány podmínky dlouhodobé kultury shluků pupenů, zakořeňování prýtlů a převodu regenerantů do nesterilních podmínek u lnu (*Linum usitatissimum* L.). Pro dlouhodobou kultivaci kultury shluků pupenů je nejvhodnější médium MS doplněné 0,005 μ M NAA a 0,1 μ M BAP. Vyšší obsah auxinů i cytokininů a snížení koncentrace základního média vyvolává silnou kalogenezi explantátů a vitifikaci pupenů a prýtlů. Prýtle získané na doporučeném médiu zakořeňují až v 88 % na médiu MS bez růstových regulátorů. Doplnění auxinů do zakořeňovacího média zvyšuje rhizogenezi, avšak současně také nežádoucí kalogenezi na bázi prýtlů. Byly sledovány další faktory ovlivňující zakořeňování prýtlů: kultivační médium pro odvození prýtlů, velikost prýtlů, délka doby kultivace prýtlů na zakořeňovacím médiu, sacharóza a roční období. Při převádění regenerantů do nesterilních podmínek bylo dosahováno až 96% úspěšnosti.

Řada autorů popisuje vývoj adventivních pupenů na různých izolovaných částech lnu (*Linum usitatissimum* L.) kultivovaných *in vitro* (Gamborg, Shyluk, 1976; Mathews, Narayanaswamy, 1976; Murray et al., 1977; Lane, 1979; Sqalli, Chlyah, 1985; Kaul, Williams, 1987; Zhang, 1987; Jordan, McHughen, 1988; Zhan et al., 1989a, b; Tejklová, 1990). Nikdo z nich se však nezabýval odvozením dlouhodobé kultury s plynulou produkcí nových pupenů a prýtlů na explantátech a optimalizací zakořeňování.

Některé z autorů se zmiňují o zakořeňování prýtlů vyvinutých z pupenů na různých explantátech. Len zakořeňuje na různých médiích a lze předpokládat, že rhizogeneze na prýtech bude ovlivněna kultivačním médiem, na kterém se prýty vyvíjejí. Nabízí se možnost převést regenerované pupeny a prýty různého původu do dlouhodobé kultury shluků pupenů a pak prýty zakořeňovat na jednom optimálním médiu. V případě neúspěchu je možné zakořeňování zopakovat.

Převádění kompletních rostlinek do nesterilního prostředí někdy komplikuje kalus na bázi prýtlů, který se vyvíjí současně s kořeny. Kalus je vstupní branou pro infekci z půdy nebo ze vzduchu, a tak nepřímo způsobuje úhyn převáděných rostlinek. Dosud nebyla publikována práce, která by tento problém řešila.

MATERIÁL A METODA

Za dlouhodobou kulturu shluků pupenů považujeme takovou kulturu, ve které se pupeny a prýty vyvíjejí z již založených meristémů a která si víceméně zachovává své charakteristické vlastnosti po neomezeně dlouhou dobu.

Používané zkratky

Kultivační média: MS = Murashige, Skoog (1962), B5 = Gamborg et al. (1968), MSB5 = MS makro- + B5 mikroelementy + vit., W = White (1942).

Růstové regulátory: NAA = kyselina α -naftyloctová, IAA = kyselina β -indolyloctová, IBA = kyselina β -indolylmásečná, BAP = 6-benzylaminopurin, kin. = kinetin.

Sterilizaci jsme prováděli autoklávováním 15 min při 121 °C. Růstové regulátory jsme do kultivačních médií přidávali před autoklávováním. Jejich koncentraci uvádíme

v $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Ke ztužení médií jsme používali 7 g.l^{-1} agaru, pH médií jsme upravovali před autoklávováním na hodnotu 5,5.

Explantáty jsme kultivovali v bakteriologických zkumavkách $16/1,5\text{ cm}$ a $12/1,5\text{ cm}$ s 5 ml média nebo ve 100 ml Erlenmeyerových baňkách s 25 ml média. Světelný a teplotní režim kultivační místnosti byl 16 h , $24 \pm 2^\circ\text{C}$ den/ 8 h , $20 \pm 2^\circ\text{C}$ noc. Intenzita osvětlení byla $3000 - 4000\text{ lx}$.

Kultivační podmínky pro dlouhodobou kulturu shluků pupenů jsme stanovili na základě několika pokusů s výchozími explantáty různého původu a s kultivačními médii různého složení.

1) Testovali jsme médium MS 9,85 IBA/4,65 kin. (médium pro regeneraci pupenů z kalusu – Matthews, Narayanaswamy, 1976), je-li vhodné pro dlouhodobou kulturu shluků pupenů. Shluky pupenů původem ze segmentů hypokotylů linie Inu Te 93/13 jsme kultivovali na tomto médiu 10 týdnů (pasáže po 14 dnech). V jednotlivých subkulturách jsme sledovali vývoj pupenů a kořenů. Při pasážování jsme odstraňovali kalus, prýty a kořeny.

2) Vliv auxinů (IAA, NAA) a cytokininů (BAP, kin.) v šesti kombinacích (obr. 1) jsme pozorovali na kultuře shluků pupenů Te 93/13 původem ze segmentů hypokotylů izolovaných na médiu MS 0,1 NAA/5 BAB (Murray et al., 1977). Před vlastním pokusem jsme kulturu udržovali čtyři týdny na médiu MS 10 IAA/1 BAP. Počty pupenů, prýtů a kořenů a stupeň kalogeneze jsme stanovili po třech týdnech kultivace na testovaných médiích.

3) Podle popsání metodiky (Cullis, Cleary, 1986) jsme založili kulturu segmentů stonků z klíčnicích rostlin Te 93/13. Vyvíjející se shluky pupenů jsme sledovali během devíti týdnů kultivace na MS 0,01 NAA/5 BAP a dalších pět týdnů na MS 0,005 NAA/2,5 BAP. Zaznamenávali jsme vývoj pupenů, prýtů a kořenů. Při pasážování jsme velké shluky pupenů dělili, odstraňovali jsme kalus, prýty a kořeny a vyřazovali zcela zkalusovatělé explantáty.

4) Vliv koncentrace základního kultivačního média na tvorbu pupenů v meristémové kultuře jsme stanovili u materiálu z předešlého pokusu. Shluky pupenů byly 25 dní předem udržovány na MS 0,005 NAA/0,22 BAP. Testovaná média obsahovala stejné růstové regulátory ve stejných koncentracích, ale jedno médium obsahovalo ostatní složky v plné koncentraci, druhé v poloviční koncentraci.

5) Shluky pupenů Te 93/13 různého původu, v posledních dvou pasážích na MS 0,001 NAA/0,22 BAP, jsme přenášeli na média MS 2,45 IBA/2,2 BAP – modifikované médium (Matthews, Narayanaswamy, 1976) a MS 0,005 NAA/0,1 BAP – modifikované médium (Lane, 1979). Sledovali jsme počet a vzhled vyvíjejících se prýtů.

Médium pro zakořeňování jsme vybrali na základě pokusů s prýty vyvíjejícími se na různých médiích, zakořeňujících za různých podmínek. Prýty jsme od explantátů oddělovali ostrým skalpelem. Pokud nebude dále uvedeno jinak, používali jsme na zakořeňování prýty $13 - 15\text{ mm}$ dlouhé. Prýty sklovitého vzhledu nezakořeňují, proto jsme vybírali prýty normálního vzhledu.

6) Sledovali jsme vliv kultivačního média, na kterém se vyvíjejí prýty, na zakořeňování těchto prýtů. Prýty Te 93/13 z MS 1 IAA/20 kin. (médium s relativně vyšším obsahem cytokininu) a z MS 9,85 IBA/4,65 kin. (Matthews, Narayanaswamy, 1976 – pro odvození prýtů z hypokotylů klíčnicích rostlin s relativně vyšším obsahem auxinu) jsme přenášeli na zakořeňovací média (Cullis, Cleary, 1986; Matthews, Narayanaswamy, 1976; Gamborg, Shyluk, 1976; Sun, Fu, 1981). Hodnotili jsme

frekvenci zakořeňování a frekvenci kompletních rostlin vhodných pro převod do nesterilních podmínek.

7) Z primární i z dlouhodobé meristémové kultury na MS 0,005 NAA/1 BAP a z kultury adventivních pupenů na W médiu jsme izolovali vyrůstající prýty a přenášeli na MS, MS 0,1 NAA a MS 1 NAA na indukci rhizogeneze. Prýty jsme rozdělili podle délky do dvou skupin: 1 – 1,5 cm a 1,6 – 2,5 cm. Porovnávali jsme rhizogenezi a kalogenezi v těchto dvou skupinách.

8) Abychom stanovili dobu potřebnou pro zakořeňování prýtů, přenášeli jsme prýty z dlouhodobé kultury shluků pupenů (kultivace na MS 0,005 NAA/0,1 BAP) na zakořeňovací médium MS bez růstových regulátorů a MS 1 NAA. Po 14 a 26 dnech kultivace bez pasážování jsme hodnotili rhizogenezi a kalogenezi na bázi prýtů.

9) Dvěma následujícími pokusy jsme se snažili zjistit vliv zvýšení obsahu sacharózy v médiu pro zakořeňování oproti médiu pro odvození prýtů. Prýty z dlouhodobé kultury shluků pupenů Te 93/13, Belanu a Horanu, udržované na médiu MS 0,005 NAA/0,1 BAP obsahujícím buď 2% nebo 3% sacharózu, zakořeňovaly na médiích MS, MS 1 IBA, MS 1 NAA a MS 1 IAA s 3% sacharózou. Po 19 dnech kultivace na zakořeňovacích médiích jsme hodnotili rhizogenezi a kalogenezi na bázích prýtů.

10) Prýty ze stejné kultury udržované na 3% sacharóze jsme přenášeli na média MS s 3% nebo 4% sacharózou a pro porovnání významnosti vlivu také na média s NAA (tab. VI). Sledovali jsme rhizogenezi a kalogenezi na bázích prýtů po 14 dnech kultivace.

11) Prýty vyvinuté na segmentech stonků na médiu MS 0,1 NAA/5 BAP (Murray et al., 1977) z rostlin Te 93/13 ve fázi před květem, které nezakořenily na MS 1 NAA, byly znovu použity pro zakořeňování. Odřízli jsme z nich vrcholy 1,5 – 2 cm dlouhé a přenesli opět na médium MS 1 NAA. Stanovili jsme frekvenci zakořeňování.

12) Prýty z dlouhodobé meristémové kultury jsme postupně během osmi měsíců (listopad – červen) nechávali 14 dní zakořeňovat na MS médiu. Sledovali jsme vliv ročního období na rhizogenezi a kalogenezi na bázích prýtů.

13) Zakořeňené prýty různého původu jsme přenášeli do nesterilních podmínek. Otestovali jsme tři způsoby:

- Prýty byly vysazeny sterilně do 500ml Erlenmeyerových baněk se zeminou. Jakmile rostliny dorostly po víčko, víčko jsme poodkryli, později jsme ho úplně odstranili. Podle potřeby jsme regenerenty zalévali, jedenkrát týdně přihnojili polovičním roztokem MS solí.
- Zpočátku byl postup stejný jako v bodě 1). Po přivyknutí rostlinek na nižší relativní vzdušnou vlhkost jsme vyplavili zeminu z baněk a rostlinky jsme přesadili do vegetačních nádob se zeminou.
- Báze prýtů s kořeny jsme namočili do 0,15% Previcuru N (Schering A6, NSR), nesterilně vysadili do vegetačních nádob s vysterilizovanou zeminou (ornice, písek a rašelina v poměru 3:1:1) a zakryli průsvitným krytem (polyetylén, sklo). Jakmile rostliny začaly růst, kryt jsme poodkryli a později zcela odstranili.

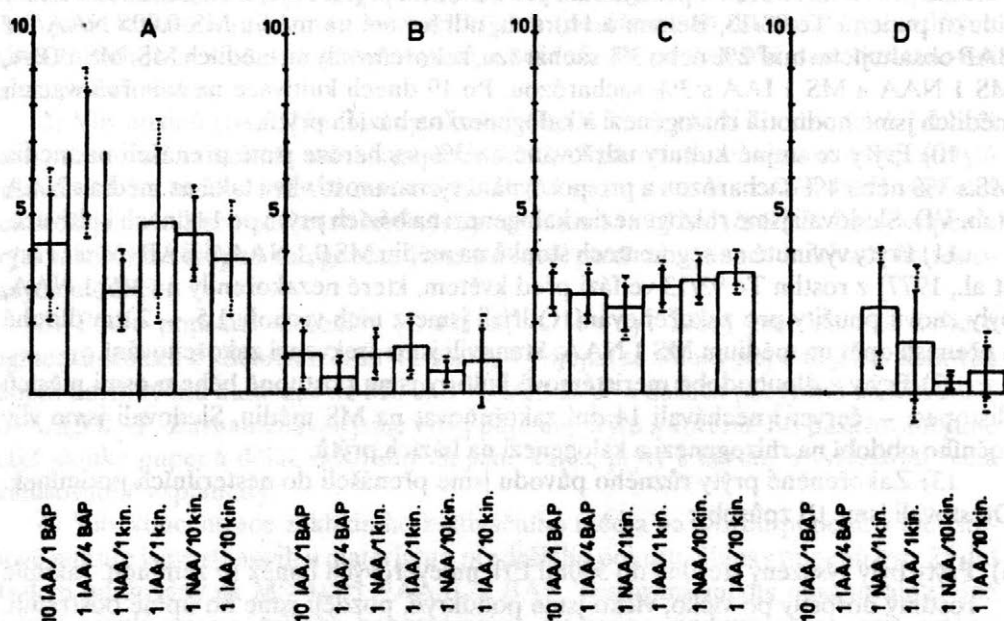
VÝSLEDKY A DISKUSE

Tvorbu pupenů lze vyvolat na různých explantátech rostlin lnu v různých fázích vývoje. Pupeny se mohou zakládat jednotlivě, ale v krátké době se z nich vyvíjejí celé shluky pupenů. Některé z pupenů se prodlužují v prýty. Chceme-li zajistit plynulou

I. Vliv délky doby kultivace kultury shluků pupenů Te 93/13 na produkci prýtlů a kořenů (kultivace na médiu MS 9,85 IBA/4,65 kin.) – The effect of long-term *in vitro* shoot-tip culture Te 93/13 on shoot and root development (medium MS 9.85 IBA/4.65 kin.)

Pasáž ¹	Počet explantátů celkem ²	Frekvence explantátů s pupeny ³ (%)	Frekvence explantátů s kořeny ⁴ (%)
Primární kultura ⁵	40	100	0
1.	30	100	10
2.	50	60	62
3.	70	54	53
5.	40	10	40

¹subculture, ²total number of explants, ³frequency of explants with buds, ⁴frequency of explants with roots, ⁵primary culture



1. Vliv některých kombinací růstových regulátorů na morfogenezi a kalogenezi v kultuře shluků pupenů založené ze segmentů hypocotylů klíčnicích rostlin lnu Te 93/13 (20 explantátů ve variantě); hodnoceno po 20 dnech kultivace na MS médiu s uvedenými růstovými regulátory; úsečky představují intervaly spolehlivosti při $P = 0,05$ a $P = 0,01$ – The effect of some combinations of growth regulators on morphogenesis and callogenesis in shoot-tip culture founded from segments of flax seedling hypocotyls Te 93/13 (20 explants per treatment); evaluated after 20 days of cultivation in MS medium with the mentioned growth regulators; bars represent reliability intervals at $P = 0.05$ and $P = 0.01$

Vysvětlivky k obr. 1 a 2 – Explanations for Figs 1 and 2:

- A – průměrný počet pupenů < 1 cm na explantát – average number of buds < 1 cm per explant
- B – průměrný počet prýtlů > 1 cm na explantát – average number of shoots > 1 cm per explant
- C – průměrná velikost kalusu – average callus size
- D – průměrný počet kořenů na explantát – average number of roots per explant
- E – průměrný počet kořenů < 1 cm na explantát – average number of roots < 1 cm per explant
- F – průměrný počet kořenů > 1 cm na explantát – average number of roots > 1 cm per explant

a dlouhodobou produkci těchto pupenů, tedy založit a udržovat kulturu shluků pupenů, narážíme na problém vitifikace pupenů a prýtlů a problém kalogeneze.

II. Vliv doby kultivace na organogenezi na segmentech stonku ze 14denních klíčících rostlin lnu – The effect of culture duration on the organogenesis on stem segments from 14-day flax seedlings

Doba kultivace na médiu ¹	Počet explantátů celkem ²	Explantáty s pupeny ³ (%)	Explantáty s prýty ⁴ (%)	Explantáty s kořeny ⁵ (%)
6 týdnů ⁶ na MS 0,01 NAA/5 BAP	97	96	97	4
9 týdnů na MS 0,01 NAA/5 BAP	24	92	33	0
9 týdnů na MS 0,01 NAA/5 BAP a 5 týdnů na MS 0,005 NAA/2,5 BAP	32	100	13	69

¹length of cultivation in medium, ²total number of explants, ³explants with buds, ⁴explants with shoots, ⁵explants with roots, ⁶weeks

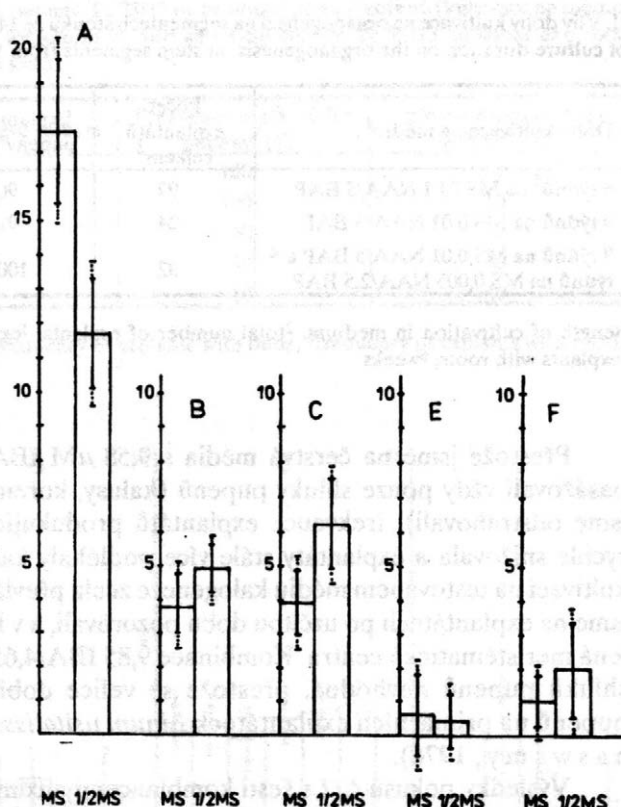
Přestože jsme na čerstvá média s 9,58 μM IBA a 4,65 μM BAP v pokusu č. 1 pasážovali vždy pouze shluky pupenů (kalusy, kořeny i celé zkalusovatělé explantáty jsme odstraňovali), frekvence explantátů produkujících pupeny se během kultivace rychle snižovala a explantáty stále více podléhaly kalogenezi (tab. I). Po pětíměsíční kultivaci na testovaném médiu kalogeneze zcela převládla. Ustala i rhizogeneze, kterou jsme na explantátech po určitou dobu pozorovali, a v kalusu se vyvíjela pouze tmavozelená meristematická centra. Kombinace 9,85 IBA/4,65 kin. je po dlouhodobou kulturu shluků pupenů nevhodná, přestože se velice dobře osvědčila při indukci tvorby pupenů na primárních explantátech *Linum usitatissimum* (Matthews, Narayana a s w a m y, 1976).

Výsledky pokusu č. 2 s šesti kombinacemi auxinů a cytokininů znázorňuje obr. 1. Z grafu je patrný pozitivní vliv BAP na tvorbu pupenů. Tento výsledek je v souladu s výsledky prací některých autorů (Gamborg, Shyluk, 1976; Zhang, 1987; Zhan et al., 1989a, b), které ukazují kladný vliv nižších koncentrací cytokininů na indukci pupenů na primárních explantátech u *Linum usitatissimum* nebo u *Linum marginale*. Rovněž negativní vliv BAP na prodlužování prýtlů a vývoj kořenů na primárních explantátech lnu, patrný z obr. 1, byl již popsán (Lane, 1979; Kaul, Williams, 1987). Negativní vliv na rhizogenezi má také kin., ovšem ve srovnání s BAP je jeho účinnost slabší.

Během dlouhodobé kultivace shluků pupenů na médiu MS 0,01 NAA/5 BAP jsme zaznamenali klesající produkci pupenů a prýtlů (pokus č. 3). Pasáž na médium s polovičními koncentracemi regulátorů snížila kalogenezi, zvýšila tvorbu pupenů a vyvolala rhizogenezi na explantátech (tab. II). Prýty však byly většinou vitrifikované a nezařežovaly na žádném médiu. Při dlouhodobější kultivaci na MS 0,001 NAA/2,5 BAP se objevovaly fasciované vrcholy. Kultivační médium vhodné pro založení kultury segmentů stonků (Cullis, Cleary, 1986) nevyhovuje potřebám dlouhodobé kultury shluků pupenů.

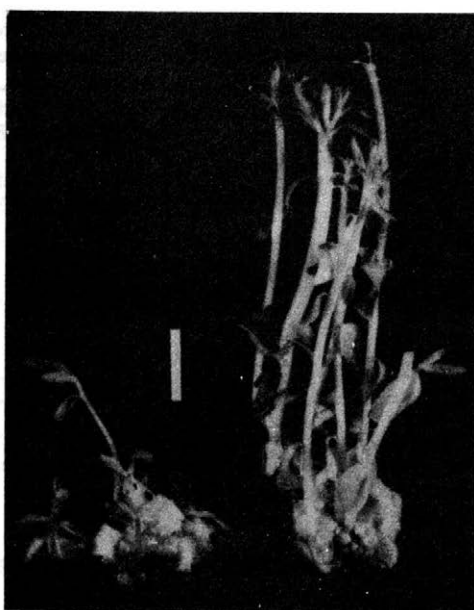
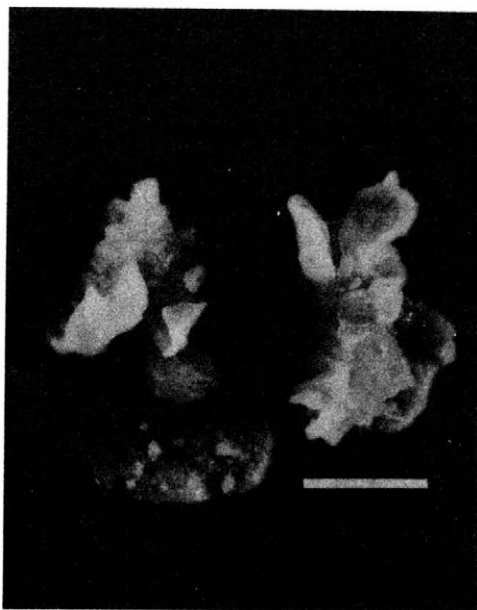
Snížení koncentrace základního média na polovinu (pokus č. 4) mělo za následek snížení průměrného počtu pupenů a kořenů menších než 1 cm a zvýšení průměrného počtu prýtlů a kořenů větších než 1 cm na explantát a zvýšenou kalogenezi. Přestože některé rozdíly nebyly průkazné (obr. 2), byla zde patrná určitá tendence. Explantáty jakoby pozastavily zakládání nových orgánů (pupenů a kořenů) a místo toho rozvinuly některé z již založených orgánů. Prýty na polovičním MS médiu byly tenké a častěji vitrifikované než na médiu MS, proto lze konstatovat, že pro dlouhodobou kultivaci shluků pupenů je vhodnější používat plné MS médium.

2. Vliv koncentrace základního kultivačního média na morfogenezi v kultuře shluků pupenů odvozené ze segmentů stonků po 24 dnech kultivace na MS o plné (MS) nebo poloviční (1/2MS) koncentraci s 0,01 NAA/0,22 BAP (30 explantátů ve variantě); předcházející pasáž na MS 0,005 NAA/0,22 BAP; úsečky představují intervaly spolehlivosti při $P = 0,05$ a $P = 0,01$ – The effect of base culture medium concentrations on morphogenesis in shoot-tip culture derived from stem segments after 24 days of cultivation in MS medium with full (MS) or half (1/2MS) concentration with 0.01 NAA/0.22 BAP (30 explants per treatment); preceding subculture to MS 0.005 NAA/0.22 BAP; bars represent reliability intervals at $P = 0.05$ and $P = 0.01$

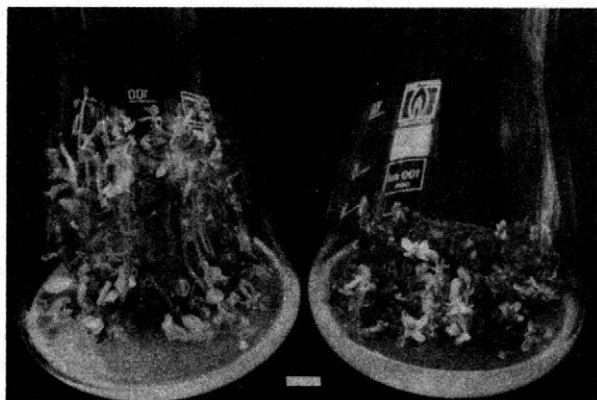


Na médiu MS 2,45 IBA/2,2 BAP se v primární kultuře založilo více pupenů, v první pasáži se na explantátech vyvinulo více prýtlů, ale jak pupeny, tak prýty měly většinou sklovitý vzhled (pokus č. 5). Na MS 0,005 NAA/0,1 BAP – modifikované médium (Lane, 1979) byl v první pasáži počet pupenů a prýtlů nižší, ale pupeny a prýty nebyly sklovité. V dalších pasážích, kdy jsme pravidelně odstraňovali kalus a kořeny, explantáty na médiu MS 2,45 IBA/2,2 BAP postupně zkalusovatěly, zatímco na MS 0,005 NAA/0,1 BAP produkovaly plynule pupeny a prýty většinou normálního vzhledu (obr. 3). Zhang (1987) uvádí, že BAP ve vysoké koncentraci nebo i v kombinaci s NAA urychluje kalogenezi. Tento poznatek potvrzují i naše výsledky. Srovnáme-li však publikované výsledky s našimi, vidíme zde určitý rozdíl. Koncentrace růstových regulátorů vhodné pro indukcii pupenů na primárních explantátech mohou být příliš vysoké pro dlouhodobou kulturu shluků pupenů a tento typ kultury již na ně bude reagovat kalogenezi. Zatímco pro indukcii pupenů na explantátech lze doporučit týdenní subkulturu na MS 2,45 IBA/2,2 BAP – modifikované médium (Matthews, Narayana-swamy, 1976) nebo na MS 0,1 NAA/5 BAP (Murray et al., 1977), pro dlouhodobou kultivaci shluků pupenů se osvědčilo ze všech testovaných médií nejlépe médium MS 0,005 NAA/0,1 BAP. Typický vzhled dlouhodobé kultury shluků pupenů ukazuje obr. 4. I v dlouhodobé kultuře shluků pupenů na médiu MS 0,005 NAA/0,1 BAP se asi po čtyřech měsících (podle genotypu) začínají objevovat fasciované vrcholy, které je možné rozřezat podélně s osou na úzké segmenty. Z některých se opět vyvinou normální pupeny a prýty.

Kompletní rostliny jsme získávali z kultury shluků pupenů indukcí rhizogeneze na oddělených prýtech vyrůstajících z pupenů. Prýty z kultury shluků pupenů na médiu



3. Kultura shluků pupenů Inu Te 93/13 ve čtvrté pasáži na médiu: (a) MS 2,45 IBA/2,2 BAP a (b) MS 0,005 NAA/0,1 BAP; úsečka měří 1 cm – Flax shoot-tip culture Te 93/13 in the fourth subculture in medium: (a) MS 2.45 IBA/2.2 BAP and (b) MS 0.005 NAA/0.1 BAP; the bar is 1 cm



4. Typická dlouhodobá kultura shluků pupenů Inu: (a) s prýty vhodnými pro zakořeňování (Stormont Cirrus), (b) s pupeny týden po odřezání prýtů a přepasáží na čerstvé médium (Liral Monarch); úsečka měří 1 cm – Typical flax long-term shoot-tip culture: (a) with shoots suitable for rooting (Stormont Cirrus), (b) with buds developed a week after shoot cutting off and after their subculture in fresh medium (Liral Monarch); the bar is 1 cm

s relativně vyšším obsahem cytokininů nejlépe zakořeňovaly na zakořeňovacím médiu (v 75 %), které popsali Cullis, Cleary (1986) a Mathews, Narayanaswamy (1976). Prýty z meristémové kultury na médiu s relativně vyšším obsahem auxinů zakořeňovaly nejlépe (rovněž v 75 %) na zakořeňovacím médiu (Mathews, Narayanaswamy, 1976) a na zakořeňovacím médiu (Gamborg, Shyluk, 1976). Na médiích s nejvyšší frekvencí zakořeňování bylo také nejvíce prýtů vhodných k převedení do

III. Zakořeňování menších a větších prýtů (20 explantátů ve variantě) po 13 dnech na uvedených médiích –
Rooting of smaller and larger shoots (20 explants per treatment) after 13 days in the mentioned media

Zakořeňovací médium ¹	Velikost prýtu na zakořeňování ²	Podíl zakořeňovaných prýtů z celkového počtu prýtů (%) ³	Podíl prýtů s kořeny > 1 cm z celkového počtu prýtů (%) ⁴	Průměrný počet kořenů < 1 cm na prýt ⁵	Průměrný počet kořenů > 1 cm na prýt ⁶	Průměrná velikost kalusu na bázi prýtu ⁷ (mm)
MS	< 1,5 cm	45	15	1,3	1,0	2,9
MS 0,5 NAA	< 1,5 cm	55	25	1,4	2,1	4,7
	> 1,5 cm	70	10	1,2	2,3	4,8
MS 1 NAA	< 1,5 cm	90	35	3,7	2,9	5,3
	> 1,5 cm	60	10	1,8	0,1	4,3

¹rooting medium, ²shoot size to be rooted, ³proportion of rooted shoots in the total shoot number, ⁴proportion of shoots with roots > 1 cm in the total shoot number, ⁵average number of roots < 1 cm per shoot, ⁶average number of roots > 1 cm per shoot, ⁷average size of callus at the shoot base

nesterilních podmínek (bez kalusu na bázi). Z pokusu č. 6 tedy vyplývá, že kultivační médium, na kterém se vyvíjejí prýty, má vliv na zakořeňování těchto prýtů. U prýtů různého původu je tedy potřeba vždy stanovit optimální podmínky pro zakořeňování. Jako výhodnější se jeví před zakořeňováním udržovat shluky pupenů na jednotném médiu, bez ohledu na jejich původ, a vyrůstající prýty pak zakořeňovat na jednotném zakořeňovacím médiu.

Pokusem č. 7 jsme prokázali vliv velikosti prýtu na zakořeňování podobně jako Griga et al. (1986) u hrachu a vliv NAA na rhizogenezi a kalogenezi na bázích prýtů (tab. III). U prýtů větších než 1,5 cm se vyvíjely kořeny delší než 1 cm méně často než u prýtů menších. Prýty s delšími kořeny mají větší naději na úspěch při převodu do nesterilních podmínek. Kořeny, které během dvou týdnů zakořeňování nepřesáhnou délku 1 cm, většinou ukončily svůj růst a dále se neprodlužují. Pro zakořeňování a převod do nesterilních podmínek lze tedy doporučit prýty 1 – 1,5 cm dlouhé. Podíl zakořeňovaných prýtů i prýtů s kořeny delšími než 1 cm se zvyšoval se stoupající koncentrací NAA v zakořeňovacím médiu. Lane (1979) popisuje pozitivní vliv NAA na vývoj kořenů na meristémové a hypokotylové kultuře. Ukázalo se však, že NAA v médiu současně podporuje také kalogenezi na bázi prýtů, a proto je pro zakořeňování vhodnější médium bez auxinu. Zakořeňovací média bez růstových regulátorů použili Murray et al. (1977) a podle nich také McHughen, Schwartz (1984). Úspěšnost metody však neuvádějí.

Na rhizogenezi na prýtech má vliv i doba kultivace prýtů na zakořeňovacím médiu (pokus č. 8, tab. IV). Na médiu MS 1 NAA byly rozdíly mezi dvoutýdenní a čtyřtýdenní kultivací patrnější. Na médiích kontrolních (bez NAA) zůstávaly hodnoty nezměněné, případně se zvýšily maximálně o 5 %. Kalus na bázi prýtů se však při prodloužení kultivace zvětšil ve všech případech, někdy na více než dvojnásobek. S přihlédnutím k doporučenému zakořeňovacímu médiu bez růstových regulátorů (pokus č. 6) a k nárůstu kalusu na bázi prýtů během zakořeňování se ukazuje jako vhodnější dvoutýdenní zakořeňovací perioda.

Zvýšení obsahu sacharózy v zakořeňovacím médiu oproti médiu pro odvození prýtů přineslo určité změny (tab. V a VI). Ve srovnání s vlivem NAA je však vliv sacharózy nepatrný. Tento výsledek je zajímavý při srovnání s výsledky pokusu s kultu-

IV. Zakořeňování prýtů z dlouhodobé kultury shluků pupenů na MS 0,005 NAA/1 BAP (různé genotypy v rámci jednoho opakování vždy v obou variantách stejně zastoupené) – Rooting of shoots from long-term *in vitro* shoot-tip culture in MS 0,005 NAA/1 BAP medium (various genotypes within one replication are represented equally in both treatments)

Opakování ¹	Zakořeňovací médium ²	Celkový počet prýtů ³	Podíl zakořeňených prýtů z celkového počtu prýtů ⁴ (%)		Podíl prýtů s kořeny > 1 cm z celkového počtu prýtů ⁵ (%)		Průměrná velikost kalusu na bázi prýtu ⁶ (mm)		Průměrná velikost kalusu na bázi prýtu s kořeny > 1 cm ⁷ (mm)	
Doba kultivace na zakořeňovacím médiu (dní) ⁸			14	26	14	26	14	26	14	26
I.	MS 1 NAA	61	46	54	28	39	3,5	není hodnoceno ⁹	3,5	7,3
	MS	20	35	45	30	35	2,6		2,6	4,8
II.	MS 1 NAA	11	73	82	36	45	7,8	9,1	5,8	9,0
	MS	15	80	80	60	60	6,2	6,9	6,6	8,7
III.	MS 1 NAA	35	66	86	29	43	6,0	9,7	6,2	9,3
	MS	42	60	64	24	26	4,4	7,4	4,5	6,0
IV.	MS 1 NAA	20	90	95	35	40	5,3	5,5	5,7	5,8
	MS	20	45	45	15	20	2,9	3,2	2,7	7,0

¹replication, ²rooting medium, ³total number of shoots, ⁴proportion of rooted shoots in the total shoot number, ⁵proportion of shoots with roots > 1 cm in the total shoot number, ⁶average size of callus at the shoot base, ⁷average size of callus at the shoot base with roots > 1 cm, ⁸cultivation time on rooting medium (days), ⁹not evaluated

V. Vliv obsahu sacharózy v kultivačním médiu, na kterém se vyvíjejí prýty, na zakořeňování těchto prýtů (8 – 12 prýtů ve variantě) – The effect of sucrose content in the medium where shoots are developing on rooting of these shoots (8 – 12 shoots per treatment)

Zakořeňovací médium ¹	Obsah sacharózy v kultivačním médiu ² (%)	Podíl zakořeňených prýtů z celkového počtu prýtů ³ (%)	Podíl prýtů s kořeny > 1 cm z celkového počtu prýtů ⁴ (%)	Průměrný počet kořenů < 1 cm na prýt ⁵	Průměrný počet kořenů > 1 cm na prýt ⁶	Průměrná velikost kalusu na bázi prýtu ⁷ (mm)
MS	3	71	43	3,0	4,6	5,3
	2	88	75	3,6	5,9	7,0
MS 1 IBA	3	100	0	2,0	0	5,8
	2	83	50	5,0	2,0	8,5
MS 1 IAA	3	100	60	11,8	7,8	9,2
	2	67	17	5,3	5,0	8,7
MS 1 NAA	3	75	25	5,5	4,0	8,3
	2	71	43	5,3	9,1	7,6
Průměr ⁸	3	85	35	5,5	4,4	7,0
	2	78	50	4,6	6,0	7,9

For 1, 3-7 see Tab. III, ²sucrose content in medium, ⁸average

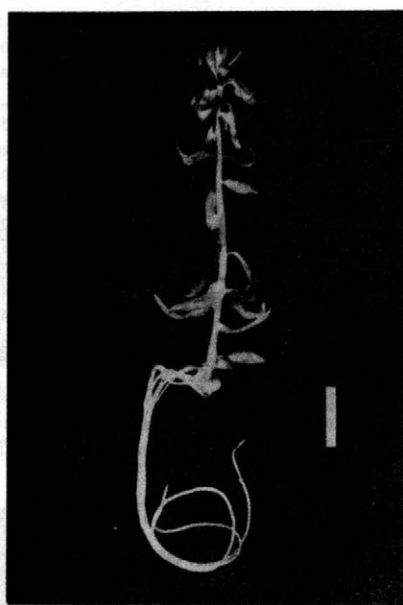
VI. Zakořeňování prýtů (91 – 99 ve variantě) na médiích s různým obsahem sacharózy a NAA – Rooting of shoots (91 – 99 per treatment) in media with different contents of sucrose and NAA

Zakořeňovací médium ¹		Podíl zakořeňených prýtů z celkového počtu prýtů ⁴ (%)	Podíl prýtů s kořeny > 1 cm z celkového počtu prýtů ⁵ (%)	Průměrný počet kořenů < 1 cm na prýt ⁶	Průměrný počet kořenů > 1 cm na prýt ⁷	Průměrná velikost kalusu na bázi prýtu ⁸ (mm)
Obsah sacharózy ² (%)	obsah NAA ³ (μmol.l ⁻¹)					
4	–	44,50	26,00	1,35	1,65	3,85
3	–	52,50	23,25	1,28	1,50	3,55
3	0,5	52,75	31,00	1,28	2,33	5,00
3	1,0	62,75	25,00	2,03	2,33	5,48

¹rooting medium, ²sucrose content, ³NAA content, ⁴proportion of rooted shoots in the total shoot number, ⁵proportion of shoots with roots > 1 cm in the total shoot number, ⁶average number of roots < 1 cm per shoot, ⁷average number of roots > 1 cm per shoot, ⁸average size of callus at the shoot base

rou nezralých děloh, u které zvýšení obsahu sacharózy vyvolalo intenzivní rhizogenezi (nepubl.). Rozdíl v kalogenezi na bázi prýtů mezi variantou zakořeňovacího média s NAA a bez auxinu ukazuje obr. 5.

Při opakování zakořeňování původně nezakořeňených prýtů se na stejném médiu (MS 1 NAA) indukovala rhizogeneze v 75 % (pokus č. 11). Na bázi prýtů byl menší tuhý kalus. Prýty byly původně odvozené na médiu MS 0,1 NAA/5 BAP a při prvním zakořeňování se zřejmě projevil negativně vliv BAP na rhizogenezi prýtů. L a n e (1979) pozoroval inhibici rhizogeneze na meristémové a hypokotylkové kultuře přítomností BAP v médiu. Přítomnost cytokininů v médiu pro odvození prýtů zřejmě ovlivnila také



5. Prýty Te 93/13 zakořeněné do média: (a) MS 1NAA, (b) MS bez růstových regulátorů; doba zakořeňování: 14 dní; úsečka měří 1 cm – Shoots Te 93/13 rooted in the medium: (a) MS 1NAA, (b) MS without growth regulators; rooting time: a fortnight; the bar is 1 cm

zakořeňování prýtů, které popisují Matthews, Narayanaswamy (1976). Prýty zakořenily až po přidání NAA do média. Vliv BAP v našem případě byl eliminován subkulturací prýtů na médiu bez růstových regulátorů.

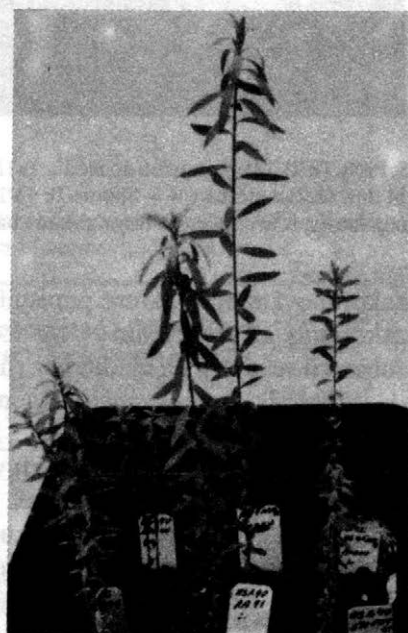
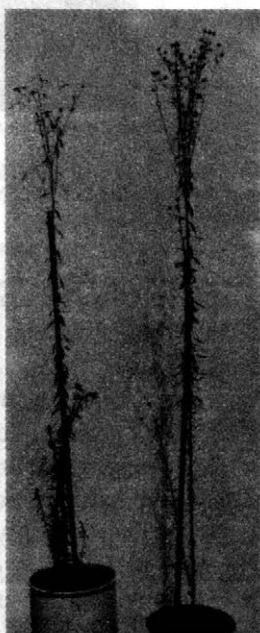
Výsledky pozorování rhizogeneze na prýtech během osmi měsíců (pokus č. 12) jsou shrnuty v tab. VII, z níž je zřejmé, že v předjarním a jarním období zakořeňují prýty ve vyšší frekvenci a že se na prýtech vyvíjejí delší kořeny, které umožňují převod regenerantů do nesterilních podmínek. Během zimního období podléhají prýty snadněji kalogenezi. Výsledky tohoto pokusu naznačují, že i explantáty v podmínkách *in vitro* sledují ve svých životních projevech roční období tak jako celistvé rostliny. Jiným možným vysvětlením způsobu, jakým může být výsledek pokusu ovlivněn ročním obdobím, je určitá závislost kultivačních podmínek v prostorách pro kultury *in vitro* na vnějších klimatických podmínkách a z toho vyplývající periodicitu ve výkyvech teploty, vlhkosti vzduchu apod.

Všechny tři způsoby převodu regenerantů do nesterilních podmínek mají určité přednosti i nedostatky (pokus č. 13). První způsob (a) je velice šetrný, není zde nebezpečí poškození a úhynu rostlinky, avšak rostlina poskytuje menší počet semen ve srovnání s druhým způsobem (obr. 6). Nevýhodou druhého způsobu (b) je větší pracnost a nebezpečí poškození rostlinky při přesazování. Třetí způsob (c) je nejméně pracný. Tuto metodu jsme s úspěchem používali v období od února do srpna (96% úspěšnost). V podzimních a zimních měsících jsme však zaznamenali vysoký úhyn převáděných rostlin, který si vysvětlujeme takto: v listopadu až v lednu je den velmi krátký a rostliny trpí nedostatkem světla. Jejich pletiva jsou přístupnější infekci. V září a říjnu jsou světelné podmínky podobné podmínkám v únoru a v březnu, ale na konci vegetačního období je vzduch prosycen choroboplodnými zárodky, takže možnost infekce rostlin je

VII. Vliv roční doby na zakořeňování prýtů z dlouhodobé kultury shluků pupenů na zakořeňovacím médiu MS bez růstových regulátorů – The effect of year season on shoot rooting from long-term *in vitro* shoot-tip culture in MS rooting medium without growth regulators

Období zakořeňování ¹	Počet explantátů celkem ²	Podíl zakořeňovaných prýtů z celkového počtu prýtů ³ (%)	Podíl prýtů s kořeny > 1 cm z celkového počtu prýtů ⁴ (%)	Průměrná velikost kalusu na bázi prýtu ⁵ (mm)	Průměrný počet kořenů na prýt ⁶	
					< 1 cm	> 1 cm
Listopad – leden ⁷	460	47	21	4,1	1,73	2,35
Únor – duben ⁸	665	64	45	2,7	1,50	3,90
Květen – červen ⁹	61	53	34	2,2	1,90	2,90

¹rooting season, ²total number of explants, ³proportion of rooted shoots in the total shoot number, ⁴proportion of shoots with roots > 1 cm in the total number of shoots, ⁵average size of callus at the shoot base, ⁶average number of roots per shoot, ⁷November – January, ⁸February – April, ⁹May – June



6. Převod regenerantů do nesterilních podmínek; zakořeňené prýty byly vysazeny: (a) sterilně do Erlenmeyerových baněk, později pěstovány nesterilně, (b) stejně jako v předcházejícím případě, ale poté, co dorostly po okraj hrdla baňky, přesazeny do vegetačních nádob, (c) do květináčů s autoklávovanou zemínou – Transfer of regenerants to nonsterile conditions; rooted shoots were planted into: (a) Erlenmeyer flasks in sterile conditions, later on cultivated in nonsterile conditions, (b) the same as in the preceding case, but after they had grown up to the flask neck, they were replanted to vegetative pots, (c) flower pots with autoclaved soil

mnohonásobně vyšší než v předjaří. Třetí způsob se velice blíží jak metodicky, tak úspěšností metodě, kterou popsal McHughen (1989). Podle této metody jsou zakořeňené prýty nejprve dva až tři týdny udržovány v komoře, ve které se zvyšuje vlhkost vzduchu mlžením. Po vysazení do půdy ve skleníku jsou rostlinky několik dní

zakryty průsvitnými sáčky, aby si postupně zvykaly na nižší relativní vlhkost vzduchu. Úspěšnost je až 100%.

ZÁVĚR

Pro dlouhodobou kultivaci shluků pupenů lnu se osvědčilo médium MS 0,005 NAA/0,1 BAP. Prýty vyvíjející se na tomto médiu zakořeňují na MS bez růstových regulátorů. Kompletní rostliny je vhodné po ošetření Previcurem vysadit do vegetační nádoby s vysterylizovanou zemínou a do ujmoutí zakrýt průsvitným krytem.

Metodu dlouhodobé kultivace shluků pupenů a regenerace rostlin lze s výhodou využít k získání kvetoucích a zrajících rostlin z různých systémů *in vitro* (z kultury meristémové, hypokotylové, stonkové, kořenové, nezralých embryí, kalusové, prašnikové, protoplastové), ve kterých dochází k regeneraci pupenů.

Poděkování

Děkuji J. Vychodilové za technickou pomoc a E. Jahodovi za fotodokumentaci.

Literatura

- CULLIS, C. A. – CLEARY, W.: DNA variation in flax tissue culture. *Can. J. Genet. Cytol.*, 28, 1986, s. 247–251.
- GAMBORG, O. L. – MILLER, R. A. – OJIMA, K.: Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.*, 50, 1968, s. 151–158.
- GAMBORG, O. L. – SHYLUK, J. P.: Tissue culture, protoplasts and morphogenesis in flax. *Bot. Gaz. (Chicago)*, 137, 1976, s. 301–306.
- GRIGA, M. – TEJKLOVÁ, E. – NOVÁK, F. J. – KUBALÁKOVÁ, M.: *In vitro* clonal propagation of *Pisum sativum* L. *Pl. Cell Tiss. Org. Cult.*, 6, 1986, s. 95–104.
- JORDAN, M. C. – McHUGHEN, A.: Glyphosate tolerant flax plants from *Agrobacterium* mediated gene transfer. *Pl. Cell Rep.*, 7, 1988, s. 281–284.
- KAUL, V. – WILLIAMS, E. G.: Multiple shoot induction *in vitro* from the hypocotyl of germinating embryos of flax (*Linum usitatissimum* L.). *J. Pl. Physiol.*, 131, 1987, s. 441–448.
- LANE, D. W.: Influence of growth regulators on root and shoot initiation from flax meristem-tips and hypocotyls *in vitro*. *Physiol. Plant.*, 45, 1979, s. 260–264.
- MATHEWS, V. H. – NARAYANASWAMY, S.: Phytohormone control of regeneration in cultured tissues of flax. *Z. Pfl.-Physiol.*, 80, 1976, s. 436–442.
- McHUGHEN, A.: *Agrobacterium* mediated transfer of chlorsulfuron resistance to commercial flax cultivars. *Pl. Cell Rep.*, 8, 1989, s. 445–449.
- McHUGHEN, A. – SCHWARTZ, M.: A tissue-culture derived salt-tolerant line of flax (*Linum usitatissimum*). *J. Pl. Physiol.*, 117, 1984, s. 109–117.
- MURASHIGE, T. – SKOOG, F.: A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15, 1962, s. 437–497.
- MURRAY, B. E. – HANDYSIDE, R. J. – KELLER, W. A.: *In vitro* regeneration of shoots on stem explants of haploid and diploid flax (*Linum usitatissimum*). *Can. J. Genet. Cytol.*, 19, 1977, s. 177–186.
- SQALLI, M. – CHLYAH, H.: Division cellulaires au niveau de l'épiderme de l'hypocotyle du lin (*Linum usitatissimum*) cultivé *in vitro*. *Can. J. Bot.*, 63, 1985, s. 1691–1695.
- SUN, H. – FU, W.: Induction of pollen plants in flax (*Linum usitatissimum*) and preliminary observations on performance of their progenies. *Acta Genet. Sin.*, 8, 1981, s. 369–374.
- TEJKLOVÁ, E.: Organogeneze *in vitro* u lnu (*Linum usitatissimum* L.). In: Sbor. Prací Somaklonální a gametoklonální variabilita a její využití ve šlechtění rostlin, Šumperk, 1989, 1990, s. 166–170.
- WHITE, P. R.: Plant tissue culture. *Ann. Rev. Biochem.*, 11, 1942, s. 615–628.
- ZHAN, X. C. – JONES, D. A. – KERR, A.: Regeneration of shoots on root explants of flax. *Ann. Bot.*, 63, 1989a, s. 297.
- ZHAN, X. C. – JONES, D. A. – KERR, A.: *In vitro* plantlet formation in *Linum marginale* from cotyledons, hypocotyls, leaves, roots and protoplasts. *Austral. J. Pl. Physiol.*, 16, 1989b, s. 315–320.

E. TEJKLOVÁ (Research Institute for Technical Crops and Legumes, Šumperk):

Long-term *in vitro* shoot-tip culture and plant regeneration in flax.

Rostl. Vyr., 28, 1992 (12): 1009 – 1022.

Conditions for long-term *in vitro* shoot-tip culture, rooting of shoots and transfer of regenerants to nonsterile conditions were studied in flax (*Linum usitatissimum* L.).

Some media published for the initiation of buds in *Linum usitatissimum* and their modifications were tested for long-term shoot-tip culture. Bud and root initiation, shoot development, callogenesis and vitrification of buds and shoots were evaluated. The medium Mathews, Narayanaswamy (1976) with 9.85 IBA and 4.65 kin. (growth regulator concentrations are given in $\mu\text{mol/l}$) was not suitable for this kind of culture (Tab. I). The explants changed into callus completely during the five-month culture and only dark green nodules developed in the callus. The experiments showed a positive effect of BAP on bud initiation and a negative effect of BAP and kin. on shoot prolongation and rhizogenesis (Fig. 1). A similar situation was observed in the medium Cullis, Cleary (1986) containing 0.01 NAA and 5 BAP. Bud and shoot production decreased in successive subcultures (Tab. II). A decrease in growth regulators in medium to half concentrations decreased callogenesis, increased bud initiation and induced rhizogenesis in explants (Tab. II). But the shoots were vitrified and they did not form any roots on the rooting media. A decrease in the basal medium to half concentrations reduced initiation of new organs (buds and roots) and supported development of some organs already formed (Fig. 2). But it increased callogenesis in the explants and also bud vitrification. A decrease in the growth regulator content in the Mathews, Narayanaswamy (1976) medium to a half reduced explant callogenesis, but the modified Lane (1979) medium gave better results. The explants produced buds and shoots mostly of normal appearance in this medium even in higher subcultures (Fig. 3). Fig. 4 shows a typical long-term shoot-tip culture. Fasciated tops of shoots also developed in this culture. It was possible to cut them longitudinally along the axes to narrow segments. Normal buds and shoots developed from some of these segments.

Complete plants were obtained from the shoot-tip culture by rooting of separated shoots. The effect of shoot culture medium on rooting of these shoots was demonstrated. The 1 – 1.5 cm shoots were more suitable for rooting than the 1.6 – 2.5 cm ones. A higher number of longer roots needful for successful transfer of regenerated plants to nonsterile conditions grew up in shorter shoots (Tab. III). The roots which did not exceed 1 cm length in the two-week rooting period had mostly finished their growth and did not elongate any more. NAA promoted rhizogenesis but at the same time it promoted undesirable callogenesis on the shoot base (Fig. 5). Hence it is not possible to recommend the media with NAA for rooting. A two-week interval for shoot rooting was better than the longer one because the prolongation of rooting period led to strong callogenesis on shoot bases (Tab. IV). Similarly, an increase in sucrose concentration in the rooting medium compared to the medium on which the roots were developed led to strong callogenesis of shoot bases. Rhizogenesis increased more moderately (Tabs V, VI). The shoots which did not root in the first two-week period could be influenced by cytokinin from the culture medium on which the shoots were developed. When the tips of these shoots were again transferred to medium without growth regulators, seventy-five percent of them rooted. Tab. VII shows the season effect on shoot rhizogenesis. In the early spring and spring seasons the frequency of shoot rooting was higher, and longer roots were developed in shoots. In the winter season the bigger callus developed in explants. There are two possibilities explaining how the explants can be influenced by the year season. Either the explants follow the year seasons as the entire plants do or the *in vitro* culture is influenced by extraneous conditions (variations in temperature, air humidity, etc.).

Three ways of complete plant transfer to nonsterile conditions were tested. Sterile cultivation of rooted shoots in the soil in flasks covered with Al-foil cap at the beginning of cultivation and watering with 1/2 MS (Fig. 6a) was a very considerate method but the seed yield per plant was low. The method of regenerant cultivation in sterile flasks with the soil (see the above-mentioned method) and later on in vegetative pots after their taking up in the soil included a risk of plant breaking during replanting, but the seed yield was higher (Fig. 6b). Planting out of rooted shoots directly into pots with sterilized soil and their sheltering with a transparent (plastic or glass) cover till they had taken, did not require much labour, the seed yield was high but in autumn and winter months some plants died as a result of unfavourable light conditions and bacterial and fungal diseases.

NITROGENÁZOVÁ AKTIVITA JETELE LUČNÍHO BĚHEM KVETENÍ, ZRÁNÍ SEMEN A PO SEČI

Marie Máchová

Výzkumný ústav včelařský, Dol, 252 66 Libčice nad Vltavou

V práci je dokumentován průběh nitrogenázové aktivity nodulovaných kořenů, změny v hmotnosti kořenů a nadzemní masy a koncentraci živin u *Trifolium pratense* po seči a během kvetení a zrání semen. Nitrogenázová aktivita během 24 h po seči klesla o 80 % a v dalším týdnu ještě asi o 7 %. Současně došlo k úbytku hmotnosti kořenů a snížení koncentrace dusíku v kořenech. Během kvetení a zrání semen přetrvávala vysoká hladina nitrogenázové aktivity téměř po celé sledované období, tj. po dobu 85 dnů. V tomto období bylo fixací vzdušného dusíku získáno 40 kg N, což představovalo téměř 50 % z celkového průměrného ročního příjmu dusíku fixací. Obsah dusíku v sušině nadzemní hmoty byl nižší než u sušiny nadzemní hmoty ze seči a byly zaznamenány i změny v koncentraci vápníku a sodíku, odrážející korelační vztahy mezi jednotlivými částmi rostliny v reprodukční fázi. Průběh nitrogenázové aktivity během kvetení a zrání semen byl podobný průběhu u planých forem remontantně kvetoucích leguminóz.

Výše a průběh fixace dusíku u leguminóz jsou primárně určeny genotypem hostitelské rostliny, kmenem rizobií a specifickými chemickými signály mezi oběma partnery. Projev těchto geneticky zakódovaných vlastností je poplatný celému spektru faktorů vnějšího prostředí a agronomickým aspektům.

U jednoletých luskovin má průběh fixace dusíku rychlý vzestupný trend až do začátku kvetení a strměji předbíhá křivku intenzity růstu nadzemních částí. V reprodukční fázi už většinou dochází k poklesu, což i u jednoletých jetelů *Trifolium incarnatum* a *Trifolium subterraneum* pozoroval B r i n k (1990). Změny v regulaci fixace se ukázaly být reverzibilní, pravděpodobně jde o hormonální stimulaci spojenou s tvorbou reprodukčních struktur (M i n c h i n et al., 1981; M a l i k, 1983; A t k i n s, 1986; J o n e s, 1990).

Podrobným studiem profilu fixační aktivity během reprodukčního cyklu jednoletých jetelovin *Trifolium subterraneum*, *Trifolium hirtum*, *Trifolium ciliolatum*, *Trifolium depauperatum*, *Trifolium microcephalum*, *Trifolium microdon* a *Trifolium varietatum* se zabývali V a u g h n, J o n e s (1976). Ve výsledcích se projevil známý fakt potlačované sexuality u kulturních rostlin. U planých druhů jetelů byla prodloužena doba vysoké nitrogenázové aktivity během kvetení a zrání semen, kulturní druhy *Trifolium subterraneum* a *Trifolium hirtum* měly plato vysoké nitrogenázové aktivity při zrání semen užší, ale vyšší. Výše fixace byla ovlivněna použitým bakteriálním kmenem.

Průběh nitrogenázové aktivity u víceletých sečných pícnin, např. *Trifolium pratense* a *Medicago sativa*, má odlišný charakter. V jeho vývoji se odráží pomalejší počáteční vývoj těchto rostlin, jeho přetrvávání po celé dlouhé vegetační období a daleko víc se projevuje závislost na vnějších vlivech, např. na suchu (L i n d s t r ö m, 1984) právě vzhledem k délce vegetačního období. Tento trend se obrátí i v typu hlízek, tvořících apikální meristém (S p r e n t, 1976). Sečením rostlin dochází několikrát za sezónu k přerušení normálního ontogenetického vývoje. S tím je spojen i drastický pokles fixace, která se s postupným olistěním obnovuje (M á c h o v á, 1988). U průběžně spásaného bílého jetele došlo k morfologické a fyziologické adaptaci rostliny zvýšeným odnožováním (H a r i s s et al., 1983).

Vliv umělé defoliace na nitrogenázovou aktivitu hlízek u jetelovin byl studován převážně u bílého jetele a vojtěšky (Halliday, Pate, 1976; Fishbeck, Phillips, 1982; Macdowall, 1983; Ryle et al., 1986). Hlavním faktorem limitujícím nitrogenázovou aktivitu rostlin po umělé defoliaci se ukázala být s tím spojená zvýšená rezistence k difúzi kyslíku v pletivu hlízek (Hartwig et al., 1987).

V této práci byl sledován průběh nitrogenázové aktivity během kvetení a zrání semen u jetele lučního, byl učiněn pokus o odhad zisku dusíku během této vegetační fáze a detailně sledována nitrogenázová aktivita po seči.

MATERIÁL A METODA

Jetel luční (*Trifolium pratense* L.), odrůda Start, byl pěstován v nádobách naplněných 4 kg na vzduchu vysušené prosáté hnědozemě. Při výsevu byla semena inokulována 2 ml suspenze připravené z týdenní agarové kultury kmene *R. leguminosarum* bv. *trifolii* D 277 ze sbírky kmenů VÚRV v Praze-Ruzyni. Nádobky byly umístěny po dobu dvou let na pokusném pozemku, podloženy umělohmotnou perforovanou fólií, která dovozovala odtok přebytečné vody, ale zabráňovala prorůstání kořenů z nádob do půdy. Rostliny byly podle potřeby zalévány. V nádobách bylo po vyjednání ponecháno pět rostlin. Rostliny byly vždy na začátku kvetení pravidelně sečeny.

V prvním užitkovém roce byla podrobně sledována nitrogenázová aktivita před a po defoliaci u rostlin po třetí seči. V druhém užitkovém roce byla měřena nitrogenázová aktivita rostlin po dobu 85 dnů od začátku kvetení až do vytvoření semen a zaschnutí celé rostliny. Počet měřených rostlin v jednotlivých odběrech se pohyboval mezi 17 až 31.

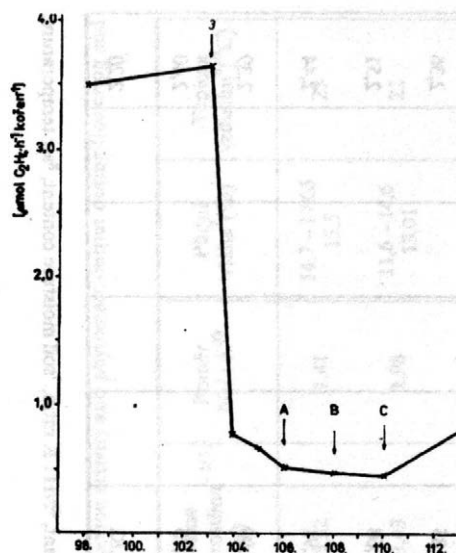
Nitrogenázová aktivita byla měřena enzymovou redukcí acetylenu (Máchova, 1988). K přepočtu na symbioticky fixovaný molekulární dusík byl použit přepočítávací faktor 3,46 (Máchova, 1988). Při měření nitrogenázové aktivity byla měřena teplota vzduchu i zeminy v pokusných nádobách ke korekci průměrné redukce acetylenu během 24 h cyklu. Dále byla stanovena hmotnost sušiny nadzemní hmoty a kořenů a koncentrace živin v nadzemní hmotě a kořenech.

VÝSLEDKY

Nitrogenázová aktivita nodulovaných kořenů 24 h po seči klesla o 80 % a v dalším týdnu ještě asi o 7 %. Teprve s obnovujícím se olistěním došlo k opětovnému vzestupu nitrogenázové aktivity (obr. 1). Současně je patrný i úbytek hmotnosti kořenů a snížení obsahu dusíku v kořenech. Sečí byl rovněž prudce snížen obsah dusíku v nadzemní hmotě. Obsah dusíku velmi rychle vzrůstal a během deseti dnů dosáhl téměř předchozí úrovně (tab. I). Po seči dochází nedostatkem asimilační plochy k hladovění rostliny, která mobilizuje své rezervy v kořenech k urychlené obnově nadzemní hmoty.

Začátek tvorby květů u rostlin pěstovaných druhým užitkovým rokem spadl do období před první sečí, konkrétně 13 dnů před sečí kontrolních stejně starých rostlin. Nitrogenázová aktivita měla po celý měsíc plného kvetení vzestupnou tendenci (obr. 2). Během zasychání květů a zrání semen se v dalších dnech její aktivita postupně snižovala (tab. II).

Výsledky měření redukce acetylenu na etylén během kvetení a zrání semen byly korigovány podle naměřených teplot přepočítávacím faktorem 0,9 (více než 10 °C v noci) na průměrnou redukci acetylenu během 24 h cyklických denních výkyvů (Máchova



1. Vliv seče na nitrogenázovou aktivitu nodulovaných kořenů – The effect of cut on nitrogenase activity of nodulated roots

osa x – stáří rostlin (den po zasetí) – x-axis – plant age (day after sowing)

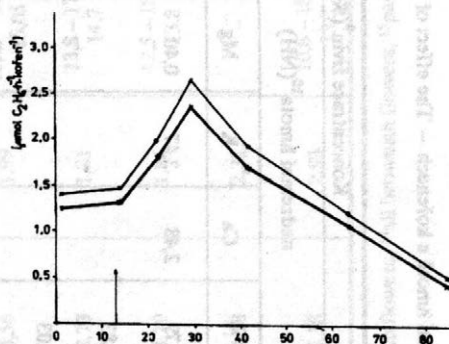
osa y – celková nitrogenázová aktivita – y-axis – total nitrogenase activity

A – u poloviny první zavřené lístky – in half the plants the first closed leaves

B – u většiny první lístky, začátek druhého lístku – in most plants the first leaves, onset of the second leaf

C – v průměru asi tři lístky – on average about three leaves

3 – třetí seč – 3 – third cut



2. Nitrogenázová aktivita nodulovaných kořenů během kvetení a zrání semen – Nitrogenase activity of nodulated roots during flowering and seed development

osa x – dny (šipka značí seč) – x-axis – days (cut designated by arrow)

osa y – celková nitrogenázová aktivita – y-axis – total nitrogenase activity

et al., 1985). Takto upravený průběh nitrogenázové aktivity je na obr. 2 vyneseno silnější čarou. Plocha pod touto čarou byla integrována, výsledek vynásoben počtem sledovaných dnů, tj. 85, a průměrným počtem rostlin jetele na 1 m² pokusného stanoviště ve druhém užitkovém roce, což bylo 160 rostlin na 1 m². Takto byl stanoven odhad sumy nitrogenázové aktivity během sledovaného období na 4966 molů. S pomocí přepočítacího faktoru, použitého ke kalibraci redukováného acetylenu na fixovaný dusík, byl odhadnut dusík symbioticky fixovaný. Přepočítávací faktor pro zkoušenou odrůdu Start činil 3,46 (M á c h o v á, 1988) a množství symbioticky fixovaného dusíku během sledovaných 85 dnů odpovídalo 40,2 kg.

Přepočtem na sušiny nadzemní hmoty pokusných rostlin byl odhadnut výnos suché hmoty na 17,9 t.ha⁻¹. Průměrný obsah dusíku v sušině byl 2,31 % (tab. III), což představuje 413 kg N.ha⁻¹. Za stejné období činil přírůstek sušiny kořenů 3,3 t.ha⁻¹. Obsah dusíku v sušině kořenů byl ke konci sledovaného období 2,24 %, což představuje 79,8 kg N.ha⁻¹. Celkem bylo rostlinami za toto období získáno 492,7 kg N.ha⁻¹. Z toho by fixace dusíku představovala zhruba 40,2 kg N.ha⁻¹, tedy asi 8 %.

Z tab. III je patrné, že v sušině kořenů nepatrně stoupal obsah sodíku během dozrávání semen. V sušině nadzemní hmoty byl zaznamenán nárůst obsahu vápníku,

I. Vliv seči na acetylen-redukční aktivitu, hmotnost kořenů a nadzemní hmoty a koncentraci živin v nadzemní hmotě a kořenech — The effect of cuts on acetylene-reduction activity, root and top weight and nutrient concentrations in top end and roots

Dny po zasetí ¹	Počet rostlin ²	$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4\text{h}^{-1}$.kořen ⁻¹⁽³⁾		Sušina nadzemní hmoty. .rostlina ⁻¹⁽⁴⁾ (g)	Sušina kořenů. .rostli- na ⁻¹⁽⁵⁾ (g)	Poměr NH : K ⁽⁶⁾	Půdní vláha ⁷ (%)	Teplota vzduchu ⁸ (°C)	Koncentrace živin ⁹ (%)					kořeny ¹¹ (K)
		$\bar{x}$	σ						nadzemní hmota ¹⁰ (NH)					
									N	Ca	K	Mg	P	
75.den – 2.seč ¹²	250			1,32					2,79	2,48	3,47	0,40	0,27	
98.	25	3,495	0,999	0,888	0,552	1,61	10,8 – 14,15 12,8	23	2,83					2,23
103.	24	3,648	1,076	1,301	0,588	2,21	11,0 – 12,45 11,67	31	3,03					2,45
103.den – 3.seč	200			1,36					3,05	2,47	3,21	0,41	0,30	
104.	25	0,784	0,348	0,236	0,636	0,371	11,5 – 13,5 12,6	25	1,85					2,36
105.	20	0,681	0,097	0,271	0,636	0,426	12,85 – 15,05 13,72	31	^x 1,68					2,51
106.	21	0,512	0,284	0,248	0,567	0,437	12,15 – 15,85 14,47	25	^x 1,91					2,44
108.	20	0,480	0,159	0,292	0,595	0,491	13,95 – 14,59 14,16	18	^x 2,00					2,39
110.	20	0,452	0,120	0,321	0,618	0,519	15,4 – 17,0 18,15	28	^x 2,15					2,40
113.	20	0,804	0,278	0,371	0,665	0,558	11,8 – 17,5 13,86		^x 2,82					2,20

¹days after sowing, ²plant number, ³mol C₂H₄ per h/root, ⁴top dry matter per plant, ⁵root dry matter per plant, ⁶NH : K ratio, ⁷soil moisture content, ⁸air temperature, ⁹nutrient concentration, ¹⁰top end (NH), ¹¹roots (K), ¹²cut

II. Acetylen-redukční aktivita a produkce rostlinné biomasy ve fázi kvetení a zrání semen – Acetylene-reduction activity and phytomass output during flowering and seed development

Den měření – stadium ¹	Počet rostlin ²	$\mu\text{mol C}_2\text{H}_4\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{kořen}^{-1(3)}$		Sušina nadzemní hmoty rostlina ⁻¹⁽⁴⁾ (g)	Sušina kořenů rostlina ⁻¹⁽⁵⁾ (g)	Poměr NH : K ⁽⁶⁾	Půdní vláh ⁷ (%)	Teplota vzduchu ⁸ (°C)
		$\bar{x}$	$\hat{\sigma}$					
1. – poupata ⁹	24	1,390	0,299	4,67	3,32	1,41	14,7 – 17,05 15,5	23
14. – poupata, květy ¹⁰	25	1,469	0,430	6,81	3,43	1,98	11,6 – 14,6 13,01	22
13. – seč ¹¹	261			5,15				
22. – poupata, květy, 1 rezavý květ ¹²	23	2,012	0,479	7,11	3,56	1,99	13,85 – 16,45 15,05	19
29. – většina květů rezavých ¹³	22	2,649	0,607	8,56	4,73	1,81	13,8 – 17,8 14,7	26
42. – všechny květy rezavé ¹⁴	31	1,907	0,126	7,99	4,29	1,86	12,5 – 15,5 13,8	21
64. – částečně zralá semena (rostlina zasychá) ¹⁵	19	1,215	0,670	9,66	4,18	2,31	–	20
85. – zralá semena (rostlina téměř suchá) ¹⁶	17	0,514	0,093	15,84	5,38	2,93	10,8 – 18,3 13,5	26

¹day of measurement – stage, for ²⁻⁸ see Tab. I, ⁹buds, ¹⁰flowers, ¹¹cut, ¹²one brownish flower, ¹³most brownish flowers, ¹⁴all brownish flowers, ¹⁵partly developed seeds (the plant is drying up), ¹⁶fully developed seeds (the plant is almost dry)

III. Změny v koncentraci živin v biomase rostlin během kvetení a zrání semen – Changes in nutrient concentrations in plant phytomass during flowering and seed development

Den měření – stadium ¹	Počet rostlin ²	Koncentrace živin ³ (%)											
		nadzemní hmota ⁴ (NH)						kořeny ⁵ (K)					
		N	P	Ca	Na	K	Mg	N	P	Ca	Na	K	Mg
1. – poupata ⁹	24												
14. – poupata, květy ¹⁰	25	2,27	0,153	2,02	0,065	1,18	0,44	1,94	0,137	0,63	0,489	0,64	0,45
13. – seč ¹¹	261	2,51	0,158	2,67	0,077	1,15	0,54						
22. – poupata, květy, 1 rezavý květ ¹²	23	2,34	0,144	2,34	0,076	1,26	0,43	2,06	0,115	0,89	0,388	0,61	0,41
29. – většina květů rezavých ¹³	22	2,26	0,124	2,92	0,071	0,90	0,41	2,17	0,118	0,67	0,394	0,64	0,46
42. – všechny květy rezavé ¹⁴	31	2,45	0,158	3,57	0,015	1,16	0,48	2,08	0,161	2,03	0,341	0,81	0,58
64. – částečně zralá semena (rostlina zasychá) ¹⁵	19	2,06	0,136	2,02	0,063	0,80	0,39	2,23	0,11	0,73	0,218	0,32	0,43
85. – zralá semena (rostlina téměř suchá) ¹⁶	17	2,27	0,159	1,75	0,050	1,96	0,30	2,42	0,180	0,91	0,283	0,547	0,40

For 1-2, 9-16 see Tab. II, ³nutrient concentrations, ⁴top end, ⁵roots

který sledoval průběh nitrogenázové aktivity a spolu s jejím poklesem ke konci zrání semene klesal. Obsah dusíku v sušině nadzemní hmoty byl nižší než u sušiny nadzemní hmoty ze sečí, v prvním užitkovém roce v průměru 3,22 % a v druhém užitkovém roce 2,53 % (Má ch o v á, 1988).

Změny v koncentraci živin odrážejí korelační vztahy mezi jednotlivými částmi rostliny ve fázi kvetení a zrání semen, např. nárůst pletiva lodyh (vlákniny), které obsahuje méně dusíku, nebo stárnutí pletiv a zvyšování obsahu vápníku.

DISKUSE

Přes jisté omezení výsledků dosahovaných v pokusných nádobách se defoliace rostlin projevila rapidním poklesem nitrogenázové aktivity. Tento pokles odráží hluboké metabolické změny. Gordon, Kessler (1990) sledovali u defoliovovaných rostlin bílého jetele snížení obsahu rozpustného proteinu a leghemoglobinu v hlízkách a prokázali pokles aktivity u zkoušených enzymů účastnících se v metabolismu cukrů, amonia, při reasimilaci oxidu uhličitého a zajištění substrátu pro produkci aspartátu. Davis et al. (1990) popsali až 30% pokles suché hmoty kořenů a hlízek bílého jetele během devíti dnů po defoliaci. Ztráty v příjmu vzdušného dusíku po seči jsou kryty mobilizací rezerv v rostlině, zajišťované přesunem dusíku z kořenů do nadzemní části rostlin na výstavbu potřebné listové plochy. Seče tedy představují pro rostliny jetele nepříznivý zásah do jejich životních funkcí a přerušení normálního biologického vývojového cyklu. Citovaní autoři rovněž prokázali, že pravidelně sekané pícniny se mohou adaptovat k defoliaci zachováním větší zbytkové fotosyntetické plochy. Ponechání vyššího strniště se příznivě projevilo i v našich pokusech s *Trifolium pratense*.

Vysoká nitrogenázová aktivita během reprodukčního cyklu přetrvávala téměř po celou dobu kvetení a tvorby semen. Tato aktivita odráží i zvýšenou metabolickou činnost v ostatních pletivech rostliny (Jones, 1990) včetně hormonální regulace a zahrnuje i působení vlivů vnějšího prostředí. Prodloužená nitrogenázová aktivita během kvetení a zrání semen zabezpečila téměř 50% přísun dusíku, který rostlina průměrně během vegetačního období vzdušnou fixací v našich pokusech získala. Tyto údaje korespondují s výsledky četných autorů, kteří dokládají přednostní spotřebu fixovaného dusíku (oproti minerálnímu dusíku) do semen, zvláště v časném stadiu tvorby semen (Neves, Hungria, 1987).

Průběh nitrogenázové aktivity je podobný aktivitám u planých forem leguminóz. Planě rostoucí rostliny potřebují pro své zachování v přírodě delší dobu kvetení, rostliny jsou často remontantní, čili i za plodu stále kvetou. Plané formy zahradního fazolu mají dlouhé období kvetení a zrání semen, avšak některé kulturní formy tuto vlastnost ztratily (Peat et al., 1981). V mnoha případech došlo u kulturních rostlin i ke ztrátě jejich víceletosti (Schvanitz, 1969), kdy se celý cyklus zkrátil a odehrává se při zvýhodnění životních podmínek poskytovaných člověkem zrychleně, v průběhu jedné vegetační sezóny.

Literatura

- ATKINS, C. A.: The legume *Rhizobium* symbiosis: limitations to maximizing nitrogen fixation. *Outl. Agric.*, 15, 1986, č. 3, s. 128 – 134.
BRINK, G. E.: Seasonal dry-matter, nitrogen, and dinitrogen fixation patterns of crimson and subterranean clovers. *Crop Sci.*, 30, 1990, s. 1115 – 1118.

- DAVIDSON, I. A. – CULVENOR, R. A. – SIMPSON, R. J.: Effect of previous defoliation regime and mineral nitrogen on regrowth in white clover swards: photosynthesis, respiration, nitrogenase activity and growth. *Ann. Bot.*, 65, 1990, s. 665 – 677.
- FISHBECK, K. – PHILLIPS, D. A.: Host plant and rhizobium effects on acetylene reduction in alfalfa during regrowth. *Crop Sci.*, 22, 1982, s. 251 – 254.
- GORDON, A. J. – KESSLER, W.: Defoliation-induced stress in nodules of white clover. *J. Exp. Bot.*, 41, 1990, č. 231, s. 1255 – 1262.
- HALLIDAY, J. – PATE, J. S.: The acetylene reduction assay as a means of studying nitrogen fixation in white clover under sward and laboratory conditions. *J. Brit. Grassl. Soc.*, 31, 1976, s. 29 – 35.
- HARISS, W. – RHODES, I. – MEE, S. S.: Observations on environmental and genotypic influences on the overwintering of white clover. *J. appl. Ecol.*, 20, 1983, s. 609 – 624.
- HARTWIG, U. – BOLLER, B. – NÖSBERGER, J.: Oxygen supply limits nitrogenase activity of clover nodules after defoliation. *Ann. Bot.*, 59, 1987, s. 285 – 291.
- JONES, T. W. A.: Use of a flowering mutant to investigate changes in carbohydrates during floral transition in red clover. *J. Exp. Bot.*, 41, 1990, č. 229, s. 1013 – 1019.
- LINDSTRÖM, K.: Effect of various *Rhizobium trifolii* strains on nitrogenase (C_2H_2) activity profiles of red clover (*Trifolium pratense* cv. Venla). *Pl. and Soil*, 80, 1984, s. 79 – 89.
- MAC DOWALL, F. D. H.: Kinetics of first-cutting regrowth of alfalfa plants and nitrogenase activity in a controlled environment with and without added nitrate. *Can. J. Bot.*, 61, 1983, č. 9, s. 2405 – 2409.
- MÁCHOVÁ, M.: Sezónní profil biologické fixace vzdušného dusíku u jetele lučního v prvním a druhém užítkovém roce. *Rostl. Výr.*, 34, 1988, č. 9, s. 907 – 917.
- MÁCHOVÁ, M. – BROŽOVÁ, O. – HÁDEK, J.: Vliv teploty a osvětlení na nitrogenázovou aktivitu. *Rostl. Výr.*, 31, 1985, č. 4, s. 337 – 342.
- MALIK, N. S. A.: Grafting experiments on the nature of the decline in N_2 fixation during fruit development in soybean. *Physiol. Plant.*, 57, 1983, s. 561 – 564.
- MINCHIN, F. R. – SUMMERFIELD, R. J. – HADLEY, P. – ROBERTS, E. H. – RAWSTHORNE, S.: Carbon and nitrogen nutrition of nodulated roots of grain legumes. *Pl. Cell Envir.*, 4, 1981, s. 5 – 26.
- NEVES, M. C. P. – HUNGRIA, M.: The physiology of nitrogen fixation in tropical grain legumes. *CRC Crit. Rev. Pl. Sci.*, 6, 1987, č. 3, s. 267 – 321.
- PEAT, J. R. – MINCHIN, F. R. – JEFFCOAT, B. – SUMMERFIELD, R. J.: Young reproductive structures promote nitrogen fixation in soya bean. *Ann. Bot.*, 48, 1981, s. 177 – 182.
- RYLE, G. J. A. – POWELL, C. E. – GORDON, A. J.: Defoliation in white clover: nodule metabolism, nodule growth and maintenance, and nitrogenase functioning during growth and regrowth. *Ann. Bot.*, 57, 1986, s. 263 – 271.
- SCHWANITZ, F.: Vývoj kulturních rostlin. Praha, SZN 1969.
- SPRENT, J. I.: Water deficits and plant growth. IV. Soil water measurement, plant responses and breeding for drought resistance. *Acad. Press*, 1976.
- VAUGHN, CH. E. – JONES, M. B.: Nitrogen fixation by intact annual rangeland species in soil. *Agron. J.*, 68, 1976, s. 561 – 564.

Došlo 26.9.1991

M. MÁCHOVÁ (Bee Research Institute at Dol. Libčice nad Vltavou):

Nitrogenase activity of red clover during flowering, seed development and after cuts.

Rostl. Výr., 38, 1992 (12): 1023 – 1031.

In the present paper results are given of the course of root nodule nitrogenase activity, dry weights of roots and top dry weights and nutrient concentrations in *Trifolium pratense* plants after cuts and during flowering and seed development, inclusive an *in-situ* estimation of the quantity of symbiotically fixed nitrogen during the reproduction phase.

Inoculated plants of red clover, the Start variety, were grown in pot trials with field soil. Pots were located on an experimental plot and were underlaid with plastic perforated foil, which permitted the outflow of surplus water, to prevent root penetration from pots into the soil. In the first crop year nitrogenase activity was studied before and after defoliation of plants in the third cut. In the second crop year nitrogenase activity of plants was measured for 85 days from the start of flowering to the development of full seed and senescence leaf. The number of measured plants in samplings ranged from 17 to 31 plants. Nitrogenase activity was measured by an acetylene-reduction assay. The samples were analyzed by gas chromatography.

Nitrogenase activity was reduced by 80 % within 24 hours after the cut, and by another about 7 % in the following week (Fig. 1). Simultaneously a decrease in root weight and nitrogen content in roots was

observed (Tab. I). A high level of nitrogenase activity during flowering and seed development persisted nearly in the whole investigated period, i.e. during 85 days (Fig. 2 and Tab. II). In the reproduction phase the symbiotic N_2 fixation gained 40 kg of nitrogen, which represents about 50 % of the total average annual gain from fixation in our experiments (Máčeková, 1988). Nitrogen content in the top dry matter was lower than that of the top dry matter from cuts, and changes were also found in Ca and Na contents reflecting correlation relations between the plant parts in the reproduction phase (Tab. III).

The above-mentioned course of nitrogenase activity during flowering and seed development of *Trifolium pratense* demonstrates a similar pattern like that observed in wild forms of remnant leguminous plants.

XIII. CELOSTÁTNÍ BIOCHEMICKÉ DNY 1992

Jihočeská metropole České Budějovice se stala ve dnech 7. až 11. září 1992 místem konání XIII. Celostátních biochemických dnů s mezinárodní účastí. Jejich organizátorem jako v předcházejících letech byla Československá společnost biochemická při ČSAV a SAV. Tohoto významného vědeckého sympozia, které se konalo v kongresové hale moderního areálu biologických ústavů ČSAV, se zúčastnilo 576 registrovaných českých a slovenských biochemiků, převážně pedagogů a vědeckých pracovníků z vysokých škol, teoretických ústavů ČSAV a SAV, resortních výzkumných ústavů a jiných institucí. Přítomno bylo i několik předních zahraničních specialistů ze Švýcarska, SRN, Rakouska, Francie a Belgie.

Vlastní kongresové jednání bylo zahájeno hlavní plenární přednáškou prof. W. J. Broughtona ze ženevské university na téma Řízení specifických vlastností spektra slučitelnosti motýlokvětých rostlin pro symbiózu s půdní kořenovou mikroflórou. Po této vědecky fundované a zajímavé přednášce probíhalo další pracovní jednání v 11 sekcích:

1. Biochemie, molekulární genetika rostlin, fotosyntéza;
2. Nukleové kyseliny;
3. Aminokyseliny, peptidy a bílkoviny;
4. Biochemie cizorodých látek;
5. Aplikovaná biochemie a biotechnologie;
6. Enzymologie a metabolismus;
7. Biochemie regulačních procesů a signálních molekul;
8. Membrány a bioenergetika;
9. Biochemické a molekulární aspekty chorobných procesů;
10. Imunochemie;
11. Metodické postupy a výuka v biochemii a molekulární biologii na vysokých školách.

Vybraní specialisté přednesli celkem 76 přednášek. Z palety těchto přednášek, jejichž úroveň byla vysoká a které nelze citovat všechny, svým obsahem nejvíce zaujaly a jsou tematicky blízké zemědělskopotravinářskému komplexu tyto: J. Prugar – Vliv vnějších faktorů na kumulaci dusičnanů v rostlinách; J. Hladík – Funkce karotenoidů ve fotosyntéze polních plodin; J. Suchomel – Aplikace stacionární fluorescence při studiu proteinů; M. Rychtera – Integrace operací průmyslových biotechnologických výroby; I. Šafařík – Magnetické sorbenty pro izolaci a imobilizaci biologicky aktivních látek; P. Peč – Chonproteiny – nová skupina oxidoreduktáz; I. Macháček – Signální systémy u rostlin; E. Zažímalová – Vazebná místa (receptory) pro fytohormony v rostlinách; I. Kučera – Oxid dusnatý v bakteriální denitrifikaci; A. Kotyk – Membránová adenosintrifosfátáza a transportní pochody v kvasinkách; J. Zahradníček – Vliv biostimulátoru RASTIM 30 DKV na výnosové a chemickotechnologické ukazatele vegetující cukrovky *Beta vulgaris* L.

Na přednášky probíhající v jednotlivých sekcích navazovala velmi početná plakátová sdělení (Poster abstract), která byla hojně oblesána a živě diskutována.

Ze všech přednášek a sdělení prezentovaných na sympoziu se největší pozornosti těšila netrpělivě očekávaná neformální přednáška zakladatele biochemie jako samostatného předmětu na přírodovědecké fakultě UK v Praze a v celé ČSFR, nestárnoucího a stále vitálního prof. J.V. Košťáta na téma: Rostlinná biochemie a pavěda.

Součástí sympozia byla i prodejní výstavka laboratorních a měřicích přístrojů, vzorků čistých a užitkových chemikálií i odborné a vědecké literatury, na níž zástupci domácích a zahraničních firem nabízeli své nejnovější výrobky.

Veškeré souhrny přednášek i plakátových sdělení z tohoto zdařilého vědeckého sněmování čs. biochemiků jsou vhodně uspořádány ve sborníku, který je k dispozici v knihovně Ústavu organické chemie a biochemie ČSAV v Praze 6 – Dejvicích a u všech registrovaných účastníků.

Doc. RNDr. ing. Josef Zahradníček, CSc.

VLIV PŘÍPRAVKU RELAN PGR (TRIHOR) NA PYL A VÝNOSY SEMENE VOJTĚŠKY SETÉ

Jan Hofbauer

Výzkumný ústav pícninářský, 664 41 Troubsko

V letech 1988 – 1991 byl zkoušen ve fytotronu, ve skleníku a na poli vliv přípravku Relan PGR na výnos semene a růst pylové láčky vojtěšky. Účinnou látkou přípravku je kyselina 2-aminobenzoová a 4-acetaminofenol (výrobce Chema Pardubice). V pokusech byl zjištěn statisticky průkazný vliv přípravku na prodloužení pylové láčky. Rovněž jednotlivé složky přípravku působily stimulačně. Po postřiku v době začátku kvetení byl zjištěn stimulační vliv na nasazování lusků. V nádobách a na poli po postřiku byl stanoven zvýšený výnos semene vojtěšky.

Výnos semene jetelovin ovlivňuje řada vnějších faktorů (půdní a klimatické podmínky, agrotechnika, opylovači a ochrana proti škůdcům). Teprve při zajištění většiny těchto limitujících podmínek je možné zvyšovat výnosy aplikací růstových regulátorů.

U jetelovin je využití regulátorů velmi málo rozšířené. V současné době je v ČSFR registrován pouze Alar 85 pro polyploidní jetel červený (účinná látka daminozid). Uvedený přípravek zkracuje květní trubky (Světlík a kol., 1976).

Jako perspektivní se ukazuje regulace výnosů semene aplikací látek regulujících opad generativních orgánů a zlepšujících prorůstání pylové láčky. Působení všech testovaných látek závisí vždy na klimatických podmínkách, fyziologickém stavu a obsahu regulátorů růstu v rostlině.

Na základě práce (Hofbauer, Rauscherová, 1989) o vlivu spektra látek vhodných k využití jsme vybrali jako pozitivně působící Racine, RS a Relan PGR. Z tohoto souboru látek jsme postupně vyloučili Racine jako dovozový přípravek z Japonska a RS, u kterého byla zastavena výroba. Proto jsme testovali a ověřovali pouze přípravek Relan PGR – výrobek Chema Pardubice (povolen v ČSFR pouze pro zvýšení kvality a výnosu semene ozimé řepky). Účinnou látkou přípravku Relan PGR je kyselina 2-aminobenzoová (kyselina antranilová) v množství 0,8 – 1,2 g.l⁻¹ a 4-acetaminofenol (paracetamol) v množství 2,5 – 3,5 g.l⁻¹. Cílem naší práce bylo zjistit působení přípravku na výnosy semene vojtěšky a pylovou láčku.

MATERIÁL A METODA

Relan PGR byl aplikován do agaru pro pokusy s pylem vojtěšky (složení: 1,5 g agaru, 20 g sacharózy ve 100 ml destilované vody). V roztoku agaru bylo použito koncentrace 10 a 100 µl přípravku Relan PGR, což odpovídá použité koncentraci v polních pokusech 100 a 1000 ml.ha⁻¹.

Vedle vlivu přípravku Relan PGR byl zjišťován vliv jeho jednotlivých složek, a to kyseliny 2-aminobenzoové a 4-acetaminofenolu a směsi těchto látek. Ve 100 ml roztoku agaru bylo použito 0,01 mg a 0,05 mg kyseliny 2-aminobenzoové a 0,03 mg a 0,15 mg 4-acetaminofenolu. Byla měřena délka pylové láčky vojtěšky na agarových plotnách po 60 min kultivace v termostatu při 25°C.

Ve fytotronu byl aplikován Relan PGR ve formě postřiku na květenství vojtěšky, pěstované *in vitro* v 2 % glukóze. Květy byly ručně opyleny. Bylo hodnoceno nasazení lusků na květenství (Rauscherová, Hofbauer, 1989).

I. Vliv přípravku Relan PGR a jeho složek na délku pylové láčky vojtěšky seté v mm a procentech (+ statisticky průkazný rozdíl) – The effect of the Relan PGR chemical and its ingredients on the length of pollen tube in lucerne in mm and percent (+ statistically significant difference)

	mm	%
Kontrola ¹	0,213	
Relan 10 μ l.100 ml ⁻¹	0,275 ⁺	129,1
Relan 100 μ l.100 ml ⁻¹	0,276 ⁺	129,6
Kontrola	0,212	
Kyselina 2-aminobenzoová 0,01 mg.100 ml ⁻¹	0,259 ⁺	122,2
Kyselina 2-aminobenzoová 0,05 mg.100 ml ⁻¹	0,265 ⁺	125,0
Kontrola	0,220	
4-acetaminofenol 0,03 mg.100 ml ⁻¹	0,240	109,1
4-acetaminofenol 0,15 mg.100 ml ⁻¹	0,245	111,4
Kontrola	0,202	
Kyselina 2-aminobenzoová 0,01 mg.100 ml ⁻¹ + 4-acetaminofenol 0,03 mg.100 ml ⁻¹	0,237	117,3
Kyselina 2-aminobenzoová 0,05 mg.100 ml ⁻¹ + 4-acetaminofenol 0,15 mg.100 ml ⁻¹	0,247 ⁺	122,3

¹control

Ve skleníku v nádobovém pokusu byl aplikován Relan PGR postřikem v dávce 100 ml.ha⁻¹ (10 μ l ve 100 ml vody) na jednotlivé rostliny v době začátku kvetení. V polních pokusech byl aplikován Relan PGR v dávce 100 ml.ha⁻¹ na parcely 10 m² ve čtyřech opakováních v první a druhé seči na semeno v letech 1988 až 1990. Pro provozní odzkoušení byl Relan PGR aplikován na provozních plochách v oblasti Jižní Moravy v letech 1990 až 1991. Z těchto ploch byly pro kontrolu výnosu semene odebírány vzorky z ploch 1 m² ve čtyřech opakováních. Průkaznost výsledků byla statisticky vyhodnocena T-testem.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky pokusů s pylem jsou uvedeny v tab. I. V pokusech byla zjištěna statisticky průkazně delší pylová láčka na agaru s přípravkem Relan PGR, s kyselinou 2-aminobenzoovou a se směsí kyseliny 2-aminobenzoové a 4-acetaminofenolu. Vliv různé koncentrace se neprojevil. U 4-acetaminofenolu nebyl zjištěn průkazný rozdíl.

Pozitivní, statisticky průkazný vliv přípravku Relan PGR byl prokázán na nasazování lusků *in vitro* (tab. II). Rovněž ve skleníku (tab. III) se projevil pozitivní vliv postřiku. Statisticky průkazně ovlivnil počet lusků na jednu rostlinu, a tím i výnos semene. Počet semen v lusků však nebyl průkazně vyšší.

Pozitivní vliv přípravku Relan PGR v polních podmínkách na parcelách o ploše 10 m² byl rovněž zjištěn, avšak bez průkaznosti (tab. IV). Výnos byl zvýšen o 6 – 35 %.

Poloprovozní pokusy na zemědělských závodech prokázaly rovněž zvýšení výnosu semene (tab. V), což potvrzují odběry z kontrolních parcel. Při kontrolních odběrech byl zjištěn průkazně vyšší výnos semene (tab. V). U poloprovozních pokusů neproběhlo statistické hodnocení. Z provozních důvodů nebylo zajištěno více opakování.

Z našich výsledků je zřejmé působení na prodlužování pylové láčky, a tím lepší oplození, snížení opadu květů, a tím i zvýšení výnosu semene. Nej přesnější výsledky jsou s pylovými láčkami na agaru. Rovněž pokusy ve fytotronu s aplikací na květenství lze

II. Vliv postřiku přípravkem Relan PGR na nasazování lusků vojtěšky seté pěstované *in vitro* ve fytotronu (aplikace v době počátku kvetení) – The effect of Relan PGR chemical spraying on pod setting in lucerne cultivated *in vitro* in phytotron (spraying applied at the beginning of anthesis)

	Počet lusků v květenství ²	%
Kontrola ¹	4,13	
Relan 100 ml.ha ⁻¹	6,03 ⁺	146,0

¹control, ²pod number per inflorescence

III. Vliv postřiku přípravkem Relan PGR na nasazení a výnos semene vojtěšky seté ve skleníku (aplikace v době počátku kvetení) – The effect of Relan PGR chemical spraying on seed setting and yield in lucerne in greenhouse (spraying applied at the beginning of anthesis)

	Počet lusků na 1 rostlinu ²	%	Počet semen v lusu ³	%	Výnos ⁴ (g)	%
Kontrola ¹	440,8		3,02		3,49	
Relan 100 ml.ha ⁻¹	588,4 ⁺	133,5	3,21	106,3	4,69 ⁺	134,4

¹control, ²number of pods per plant, ³number of seeds per pod, ⁴yield

IV. Vliv přípravku Relan PGR na výnos semene vojtěšky seté na parcelách 10 m² (aplikace v době počátku kvetení) – The effect of the Relan PGR chemical on lucerne seed yield on plots 10 m² (application at the beginning of anthesis)

		I. seč ²		II. seč	
		výnos ³ (kg.ha ⁻¹)	%	výnos ³ (kg.ha ⁻¹)	%
1988	kontrola ¹	564		131	
	Relan 100 ml.ha ⁻¹	626	111,0	178 ⁺	135,9
1989	kontrola	372		476	
	Relan 100 ml.ha ⁻¹	407	109,4	532	111,8
	kontrola			416	
1990	Relan 100 ml.ha ⁻¹			441	106,0
	kontrola			544	
	Relan 100 ml.ha ⁻¹			637	117,1
1991	kontrola			290	
	Relan 100 ml.ha ⁻¹			330	113,8
	kontrola			200	
	Relan 100 ml.ha ⁻¹			280 ⁺	140,0

¹control, ²cutting, ³yield

přesně vyhodnotit. Výsledky z parcel 10 m² ve čtyřech opakováních obtížně vyloučí půdní nevyrovnanost pozemku.

Výrobce přípravku Relan PGR uvádí v popisu přípravku mechanismus působení. Před kvetením nepřímo ovlivňuje fertilitu pylu. Je ovlivněn transport asimilátů. Přípravek působí pozitivně na lepší opylování květů. Doporučení se však týkají pouze ozimé řepky. Součástí dalších přípravků na trhu, jako Atonik, Racine, RS a dalších, jsou nitrofenoláty, prekursory fenolových látek. Kyselina 2-aminobenzoová je precursor pro auxiny. Je známá skutečnost, že tyto látky ovlivňují biosyntézu IAA (K u t i n a, 1988).

V. Vliv přípravku Relan PGR na výnos semene vojtěšky seté, poloprovozní pokus (aplikace v době počátku kvetení) – The effect of the Relan PGR chemical on lucerne seed yield, plot trial (application at the beginning of anthesis)

		Plocha ² (ha)	Výnos ³ (kg·ha ⁻¹) kombaj- nová sklizeň ⁴	%	Výnos z 1 m ² (g) ruční sklizeň	%
1990	kontrola ¹	1	275		19,8	
	Relan 100 ml·ha ⁻¹	1	347	126,2	40,4 ⁺	204,0
	kontrola	1	116		28,3	
	Relan 100 ml·ha ⁻¹	1	260	224,1	34,0 ⁺	120,1
	kontrola	0,75	420		33,1	
1991	Relan 100 ml·ha ⁻¹	1,05	660	157,1	80,6 ⁺	243,5
	kontrola	70	430			
	Relan 100 ml·ha ⁻¹	10	470	109,3		
	kontrola	40	550			
	Relan 100 ml·ha ⁻¹	10	610	110,9		
	kontrola	0,82	102			
	Relan 100 ml·ha ⁻¹	1,98	131	128,4		

¹control, ²area, ³yield, ⁴combine harvest, ⁵manual harvest

Zvýšení výnosů semene vojtěšky aplikací 3-indolyloctové kyseliny uvádí Arzani (1967). Avšak v polních podmínkách nezískali statisticky průkazné zvýšení. Hofbauer, Rauscherová (1985) udávají, že aplikací růstových látek (NAA a IAA) v řízených podmínkách fytostronu lze zvýšit procento nasazených lusků u vojtěšky.

Positivní výsledky jsme v dřívější práci (Hofbauer, Rauscherová, 1989) získali s přípravkem RS (výrobce Lachema Brno). Když jsme začali tento přípravek zkoušet poloprovozně, byla výroba zastavena. Složení přípravku RS se však shoduje s přípravkem Relan PGR v obsahu kyseliny 2-aminobenzoové. Stimulační vliv přípravku Relan PGR na pyl vojtěšky potvrzují naše nepublikované výsledky i u dalších plodin, jako je řepka, kapusta, jetel luční a jetel plazivý. Rovněž další autoři (Hale, 1971; Jelinovská, Skrzyniarz, 1973; Blaževa et al., 1981; Petkova, Belčeva, 1989) zkoušeli u vojtěšky vliv některých biologicky aktivních látek, avšak výsledky těchto pokusů nejsou průkazné a v polních podmínkách jsou ovlivňovány mnoha faktory.

Rauscherová, Hofbauer (1984) považují za důležitou otázku opad generativních orgánů. Růstové látky jsou schopné koordinovat procesy metabolismu a stimulovat transport produktů do semeníku.

Postřik rostlin přípravkem Relan PGR na počátku kvetení působí pozitivně na prodlužování pylové láčky, přičemž dochází k zvýšenému nasazení lusků, snížení opadu generativních orgánů, a tím i zvýšení výnosů semene. Zvýšení výnosu semene v průměru o 10 % při ceně přípravku Relan PGR 12,- Kčs na 1 ha je vysoce výhodné.

Literatura

ARZANI, L.: Influenza di fitormoni sintetici sulla produzione unitaria in seme di erba medica. Sementi elette, 13, 1967, č. 4, s. 200 – 208.

BLAŽEVA, N. – DOČKOVA, B. – TOPČIEVA, A.: Vlivanie na preparata Alar 85 varchu semennata produktivnost na ljucernata v zavisimost' ot koncentraciata na raztvora i sroka na tretinare. Rasteniev. Nauki, 18, 1981, č. 6, s. 104 – 111.

HALE, V. Q.: Effects of TIBA 2,3,5-triiodobenzoic acid on seed production and vegetative growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.). Crop Sci., 11, 1971, č. 11, s. 678 – 679.

HOFBAUER, J. – RAUSCHEROVÁ, L.: The effect of some growth regulators on pod-setting in lucerne. In: Sbor. věd. Prací VŠÚP Troubsko, 1985, č. 9, s. 291 – 295.

HOFBAUER, J. – RAUSCHEROVÁ, L.: Výzkum vlivu morforegulatorů na semennou produktivnost vojtěšky seté. [Závěrečná zpráva.] Troubsko, VŠÚP 1989.

JELINOWSKA, A. – SKRZYNIARZ, H.: Wplyw niektórych regulatorów w wzroście na dynamikę kwitnienia i plony nasion lucerny (*M. sativa*). Zesz. probl. Post. Nauk roln., 131, 1973, s. 233 – 253.

KUTINA, J.: Regulatory růstu a jejich využití v zemědělství a zahradnictví. Praha, 1988.

PETKOVA, D. – BELČEVA, S.: Vlivanie na niakoi biologično-aktivni veštestva varchu semennata produktivnost na ljucernata. Rasteniev. Nauki, 26, 1989, č. 4, s. 41 – 44.

RAUSCHEROVÁ, L. – HOFBAUER, J.: The abscission of generative organs on lucerne (*Medicago sativa* L.). Int. Symp. Plant Growth Regulators, Liblice, 1984.

RAUSCHEROVÁ, L. – HOFBAUER, J.: Optimum conditions for *in vitro* cultivation of lucerne seeds. Genet. a Šlecht., 25, 1989, s. 251 – 257.

SVĚTLÍK, V. – FOJTÍK, A. – ORÁLEK, J. et al.: Der Einfluss der Morforegulatoren und der Defolianten auf die Qualität und den Saatgutertrag des tetraploiden Rotkless (*T. pratense* L.) und das einhäufige weidelgras (*Lolium multiflorum* Lam. var. *westwoldicum* Manah). In: Erzeugung von Saatgut hoher Vitalität, Teil 2, Halle (Saale), Halle – Wittenberg, Martin Luther-Universität 1976, s. 320 – 335.

Došlo 10.12.1991

J. HOFBAUER (Research Institute for Fodder Plants, Troubsko):

The effect of the Relan PGR (Trihor) chemical on lucerne pollen and seed yields.

Rostl. Výr., 38, 1992 (12): 1033 – 1037.

The efficacy of the Relan PGR chemical (2-aminobenzoic acid and 4-acetaminophenol) was tested in the years 1988 – 1991; this preparation is made by the Chemo Rájec-Jestřebí Company. Relan has been released in the CSFR to be applied to rape stands. The used concentration of Relan PGR was 100 ml/ha; Relan PGR chemical composition: 3 g 4-acetaminophenol and 1 g 2-aminobenzoic acid per 1 litre.

A positively significant effect of Relan PGR on pollen tube elongation on agar was demonstrated in our experiments (Tab. I). The active ingredients (2-aminobenzoic acid, 4-acetaminophenol and a blend of these ingredients) had also stimulating effects (Tab. I). A stimulating effect of spraying on pod setting was also proved when inflorescences were cultivated *in vitro* in 2 % glucose (Tab. II). Significant effects were recorded in a greenhouse in pot cultivation (Tab. III). The number of pods increased, and hence the seed yield was higher.

A higher seed yield (by 6 – 36 %) was obtained in field small-plot trials (Tab. IV). An increase in seed yields (by 24 – 57 %) was observed in plot conditions.

VI. DNY ROSTLINNÉ FYZIOLOGIE – PRAHA 1992

V Praze probíhalo ve dnech 23. až 26. června 1992 vědeckého sněmování rostlinných fyziologů z celé ČSFR a některých evropských států. Organizátory tohoto zdařilého celostátního sympozia s mezinárodní účastí byla Československá botanická společnost – sekce fyziologická, přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze a Ústav experimentální botaniky ČSAV.

Sympozium, které se konalo v hlavní budově přírodovědecké fakulty v Praze na Albertově, bylo zahájeno úvodní plenární přednáškou hosta z Velké Británie, prof. Dr. A. Trewavase (University Edinburgh) na téma: Primární úloha vápníku v rostlinné buňce při transdukčních pochodech. V dalších sedmi plenárních přednáškách se prezentovali: J. Krekule (ÚEB ČSAV Praha) – Změny hladiny volných fytohormonů jako signál organogeneze, I. Macháčková (ÚEB ČSAV Praha) – Úloha cytokininů ve fotoperiodické květní indukci u *Chenopodium species*, V. Motyka (ÚEB ČSAV Praha) – Vliv cytokininů v kulturačních médiích na aktivitu cytokininoxidáz v kalusové kultuře soje, V. Borkovec (VŠZ Brno) – Biosyntéza a floemový transport ^{14}C -IAA po aplikaci ^{14}C -tryptofanu na list *Ricinus communis*, J. Blažková (VŠZ Brno) – Obnova apikální dominance u klíčících rostlin hrachu se zřetelem k cytokininům, V. Psota (ÚEB ČSAV Brno) – Auxin a etylen v průběhu tvorby adventních kořenů.

Na uvedené plenární přednášky navazovala plakátová sdělení a přednášky v sekcích, které byly vhodně rozděleny do 11 tematických okruhů: Ekofyziologie rostlin; Fotosyntéza; Fyziologie kořene; Kultury *in vitro*; Molekulární biologie; Růst a vývoj; Vodní režim; Fyziologie stresu; Struktura pletiv a orgánů; Minerální výživa a produkční fyziologie; Regulace růstu a vývoje.

Z celkového počtu 167 plakátových sdělení a 41 dílčích přednášek svým obsahem nejvíce zaujaly a byly živě diskutovány: M. Krammerová (MU Brno) – Regulace pH prostředí kořeny kukuřice kultivované v živných roztocích s kadmii; J. Zrůst (VÚB Havlíčkův Brod) – Vliv vodního režimu na realizaci výnosového potenciálu a délku vegetační doby brambor; M. Luxová (BÚ SAV Bratislava) – Mechanismus příjmu nitrátů kořeny kukuřice; J. Švihra (VŠP Nitra) – Účinek vodního a teplotního stresu na vybrané obilniny; G. Vizárová (ÚE SAV Bratislava) – Účinek abiotického a biotického stresu na endogenní cytokininy ječmene; M. Hrubcová (ÚEB ČSAV Praha) – Izoenzymové složení a aktivita peroxidáz v růstovém cyklu vojtěšky; E. Tománková (VŠÚ Bučany) – Změny v čerpání hlavních živin cukrovkou při stupňovaném dusíkatém hnojení.

Pracovní jednání VI. Dnů rostlinné fyziologie bylo završeno zasedáním fyziologické sekce československé botanické společnosti, na němž mimo jiné byly vyhlášeny výsledky soutěže mladých pracovníků a pro příští funkční období byl zvolen nový výbor.

Doc. RNDr. ing. Josef Zahradníček, CSc.

VYPLAVOVÁNÍ NITRÁTOVÉHO DUSÍKU PŘI RYCHLOOBNOVĚ TRVALÉHO LUČNÍHO POROSTU NA NIVNÍ GLEJOVÉ PŮDĚ

Jiří Mrkvička, Jiří Velich, Milan Hrnčíř

Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6

V pokuse na údolním lučním stanovišti bramborařské výrobní oblasti byl pomocí terénních lyzimetrů sledován vliv rychloobnovy na koncentrace a vyplavování $\text{NO}_3\text{-N}$. Během sledovaného 3,5letého období vzrostly v průměru koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ v lyzimetrických vodách u plochy se samotnou rychloobnovou o $6,5 \text{ mg.l}^{-1}$, u ploch s předchozí aplikací $200 \text{ kg Ca.ha}^{-1}$ ve formě CaCO_3 o $10,2 \text{ mg.l}^{-1}$ a ve formě CaO o $15,7 \text{ mg.l}^{-1}$ oproti původnímu porostu. Rychloobnova porostu zvýšila vyplavování $\text{NO}_3\text{-N}$ o 110 %, použití CaCO_3 a CaO zvýšilo úniky do podzemních vod o 170 a 283 %. Účinek oxidové formy byl intenzivnější s rychlejším dozníváním zvýšeného vyplavování, které však nepřesáhlo 14 kg.ha^{-1} . V prvním a druhém roce po rychloobnově lučního porostu se zvýšilo v průměru o 17 % množství prosáklé vody. Z dosažených výsledků se zdá vhodnější vápnění v dostatečném předstihu před rychloobnovou anebo později na vyvinutý travní porost za dva až tři roky po rychloobnově, což bude třeba dále experimentálně ověřit.

Obnova travních porostů s nevyhovujícím druhovým složením (absence hodnotných trav, leguminóz, nadměrné zaplevelení úpornými pleveli aj.) je obvykle používaným způsobem pro zlepšení kvality píce a výnosu. Rychloobnova (zrušení původního porostu – založení nového porostu) a zejména obnova s různě dlouhým polním obdobím jsou velmi pronikavým zásahem do lučního ekosystému. Zrušení porostu mechanickým způsobem (orba, zpracování talířovými branami, popřípadě rotavátorem nebo jejich kombinací) výrazně zvyšuje aeraci půdy a mineralizaci akumulované a přechodně zvýšené půdní organické hmoty.

Zvýšené množství dusíku uvolněného z organických vazeb při absenci porostu, popřípadě při jeho nedostatečném vývinu v prvních letech po založení není plynule odčerpáváno a mohou nastat různé velké ztráty denitrifikací a vyplavením do podzemní vody. Tyto ztráty budou obecně v kladné korelaci s velikostí disproporce mezi zvýšením zpřístupňování organického dusíku a snížením odběru dusíku porostem. Ztráty vyplavením současně zvyšují nitrátovou kontaminaci podzemní vody, která je zvláště nepříznivá v pásmech hygienické ochrany zdrojů povrchových i podzemních vod.

Intenzita mineralizace půdní organické hmoty je kromě pedoklimatických podmínek ovlivňována zejména způsobem zrušení původního porostu, délkou doby do vytvoření nového porostu s plně vyvinutou drnovou vrstvou, jeho druhovým složením a hnojením. Zde má zvláštní význam vápnění, které je dosud zcela běžně považováno za nedílnou součást obnov travních porostů. Jak naznačily naše dříve publikované výsledky lyzimetrických sledování v sérii dlouhodobých lučních pokusů (1976 až 1983), vápnění ve formě CaCO_3 v intervalu tří až pěti roků celkem pravidelně mírně zvyšovalo množství vyplavených nitrátů v jednom až dvou letech po aplikaci (Mrkvička, Velich, 1988).

V odborné literatuře je k dispozici poměrně hodně objektivních údajů o proplavování dusíku z půd pod trvalými travními porosty (Whitehead, 1970; Velich, 1986; MacDuff et al., 1990 aj.). Tyto údaje shodně potvrzují vysokou biofiltrační schopnost trvalých travních porostů, která je za srovnatelných podmínek v průměru o řád vyšší než u orné půdy.

Poznatky domácího a zejména zahraničního výzkumu o vyplavování dusíku při různých způsobech obnovy travních porostů jsou dosud velmi omezené (Havelka, 1988; Velich et al., 1990). Cílem našeho výzkumu zahájeného v roce 1986 bylo zjištění vlivu rychloobnovy a vápnění na koncentraci nitrátů v podzemní vodě a na potenciální ztráty vyplavováním. V tomto příspěvku jsou uvedeny a diskutovány výsledky pokusu na údolní louce.

MATERIÁL A METODA

Pokus s rychloobnovou lučního porostu (orba po první seči – zpracování drnu – založení porostu, vše v intervalu 30 dní) byl založen na údolní louce v bramborářské výrobní oblasti (lokalita Černíkovice, okres Benešov u Prahy) v nadmořské výšce 363 m. Roční úhrn srážek byl 617 mm, z toho za vegetační období 397 mm, průměrná roční teplota byla 7,8 °C, Langův dešťový faktor 79. Hloubka kolísání úrovně hladiny podzemní vody činila 0,2 až 0,7 m, vodní režim stanoviště byl mezofytní až mezohygrofytní. Půdní typ je půda nivní glejová, půdní druh hlinitý, pH (KCl) = 5,0, C_{ox} = 2,9 %, N_t = 0,41 %, C/N_t = 7,1. Druhové složení půdního porostu (% D): trávy 68 % (*Allopecurus pratensis* 17 %, *Poa pratensis* 11 %, *Festuca pratensis* 10 %, *Holcus lanatus* 7 %, ostatní druhy 23 %), leguminózy 11 %, ostatní dvouděložné 16 %. Průměrný výnos píce nehnojeného porostu tvořil 7,0 t.ha⁻¹ sušiny.

Koncentrace a vyplavování nitrátového dusíku byly sledovány pod původním neporušeným porostem od roku 1986 pomocí stabilně zabudovaných terénních lyzimetrů umístěných pod neporušený půdní profil v hloubce 0,5 m pod povrchem, jejichž popis byl uveden dříve (Mrkvíčka, 1985; Velich, 1986; Mrkvíčka, Velich, 1988). V následujícím roce (1987) byl po první seči (27.5.) na pokusné plochy (7,5 m²) dodán vápník v uhličitanové (CaCO₃) a oxidové (CaO) formě v dávce odpovídající 200 kg Ca.ha⁻¹ (resp. 280 kg CaO.ha⁻¹). Simulovaná rychloobnova a vysetí luční směsi proběhlo bez použití totálního herbicidu do 20 dnů. Složení směsi pro trvalý luční porost bylo: *Festuca pratensis* 30 %, *Phleum pratense* 10 %, *Trisetum flavescens* 10 %, *Allopecurus pratensis* 15 %, *Festuca rubra* 10 %, *Poa pratensis* 10 %, *Trifolium hybridum* 10 %, *Trifolium repens* 5 %. Draslík a fosfor byl dodán ve formě draselné soli (100 kg K.ha⁻¹) a superfosfátu (40 kg P.ha⁻¹). Dusíkaté hnojení nebylo aplikováno. Nový porost byl v roce založení sečen jednou, v dalších letech byl využíván třísečně (první seč počátkem metání, další seče v intervalu 50 až 60 dnů).

Lyzimetrické eluáty byly odčerpávány podle srážkových poměrů, nejdéle v intervalu 35 až 40 dní a analyzovány podle běžných metodik. Množství vyplavovaného nitrátového dusíku bylo kalkulováno na základě koncentrací NO₃-N v infiltrované vodě přepočtem na 1 ha půdy.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Rychloobnova trvalých lučních porostů podstatně zvyšuje koncentraci NO₃-N v lyzimetrických vodách a jejich vyplavování, zvláště je-li mineralizace půdní organické hmoty podpořena vápněním před orbou drnu (tab. I a II).

Z tab. I je patrné výrazné zvýšení koncentrací NO₃-N v lyzimetrických eluátech ihned po aplikaci různých forem vápenatých hnojiv a rovněž v následujícím období. To je zřejmý důsledek příznivého vlivu vápníku na intenzitu mineralizace půdní organické hmoty a zpřístupňování dusíku. V porovnání s obnovenou plochou bez dodání vápníku

I. Variační rozpětí koncentrací $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg.l^{-1}) v lyzimetrických vodách při rychloobnově trvalého lučního porostu – Variation range of $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations (mg/l) in lysimetric waters in fast regeneration of permanent grassland

Varianta ¹	Vápnění 200 kg Ca.ha^{-1} (forma) ⁴	Koncentrace ⁵ $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg.l^{-1})	Období ⁶			
			podzim ⁷ 1987 až podzim 1988	podzim 1988 až podzim 1989	podzim 1989 až podzim 1990	podzim 1990 až jaro ⁸ 1991
Bez obnovy ²	–	min.	6,7	4,1	8,1	4,2
		max.	19,6	13,8	12,6	14,2
		$\bar{x}$	7,2	7,5	9,3	8,3
		n^x	1	1	1	1
S obnovou ³	–	min.	14,1	10,2	10,2	4,8
		max.	31,5	13,2	23,1	19,0
		$\bar{x}$	20,6	11,1	15,7	11,0
		n	5	2	1	1
	CaCO_3	min.	14,6	12,0	6,7	5,6
		max.	39,2	14,2	28,0	22,2
		$\bar{x}$	25,5	14,0	18,6	14,9
		n	5	3	1	1
	CaO	min.	22,4	13,3	6,3	4,8
		max.	61,7	16,7	23,8	18,0
		$\bar{x}$	50,6	16,1	16,0	12,4
		n	6	3	1	1

¹ n – počet překročení⁹ ČSN 75 7111 : pitná voda¹⁰ (v přepočtu¹¹ 11,3 $\text{mg NO}_3\text{-N.l}^{-1}$)

¹treatment, ²without regeneration, ³with regeneration, ⁴liming 200 kg Ca/ha (form), ⁵concentrations, ⁶period, ⁷autumn, ⁸spring, ⁹number of exceeded levels, ¹⁰drinking water, ¹¹recalculated

II. Vyplavování $\text{NO}_3\text{-N}$ (kg.ha^{-1}) při rychloobnově trvalého lučního porostu (období podzim 1987 – jaro 1991) – $\text{NO}_3\text{-N}$ leaching (kg/ha) in fast regeneration of permanent grassland (autumn 1987 – spring 1991)

Varianta ¹	Vápnění 200 kg Ca.ha^{-1} (forma) ⁴	Období ⁶				celkem za 3,5 roku ⁸
		1. – 12. měsíc ⁷	13. – 24. měsíc	25. – 36. měsíc	37. – 42. měsíc	
Bez obnovy ²	–	1,61	1,11	0,42	0,44	3,58
S obnovou ³	–	3,97	2,40	0,49	0,66	7,52
	CaCO_3	6,53	1,90	0,43	0,80	9,66
	CaO	9,52	3,08	0,52	0,60	13,72

For 1-4, 6 see Tab. I, 7month, 8total 3.5 years

kolísaly koncentrace nitrátového dusíku v lyzimetrických vodách v druhém roce méně. Ve třetím až čtvrtém roce po rychloobnově lučního porostu maximální koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ v průsakových vodách vykázaly mírně klesající úroveň v pořadí od plochy bez aplikace vápníku, dále s CaO a nakonec s dřívějším použitím CaCO_3 . Poněkud vyšší hodnoty maximálních koncentrací $\text{NO}_3\text{-N}$ byly zjištěny na jaře 1990, pravděpodobně v souvislosti s mírnou zimou 1989/1990.

S ohledem na kvalitu vody ve zdrojích pitné vody však není rozhodující koncentrace nitrátů (a jiných prvků) v perkolující vodě v lučních půdách, ale především jejich

množství odváděná vodou z ploch lučních porostů. V našich dřívějších pokusech s dlouhodobým hnojením lučních porostů (bez rychloobnovy) toto činilo v průměru méně než 11 % z celkového množství srážkové vody při kolísání od 8,4 do 17,1 mm (Mrkvicka, 1985; Velich, 1986). Srovnatelné výsledky v našich podmínkách zaznamenali u krátkodobějších porostů Raděj (1980) a u trvalých lučních porostů Havelka (1988). Rychloobnova lučního porostu na nivní glejové půdě poněkud zvýšila množství průsakové vody do hloubky půdy 0,5 m (úroveň záchytných částí lyzimetrů), a to z 8,4 na 10,8 mm v prvních dvou letech zjišťování. V dalších sledovaných obdobích (1990 až jaro 1991) však již množství prosáklé vody bylo nižší (8 až 9 %) a odpovídalo našim dřívějším zjištěním. Po dvou letech se tedy množství průsakové vody stabilizovalo převážně vlivem změn fyzikálních vlastností půdy a méně zvýšením odběru vody vysetým lučním porostem.

Z tab. II, která podává hodnoty vyplavování $\text{NO}_3\text{-N}$ při rychloobnově trvalého lučního porostu, je patrné, že samotná rychloobnova trvalých lučních porostů bez aplikace vápníku podstatně zvyšuje vyplavování nitrátového dusíku, a to přibližně o 110 % v porovnání s úniky zjištěnými pod porostem bez obnovy. Porovnáme-li však celkové vyplavování pod obnoveným porostem bez vápnění s předchozí aplikací uhličitanu vápenatého (CaCO_3) nebo páleného vápna (CaO), pak je zřejmé zvýšení úniků $\text{NO}_3\text{-N}$ o 28 % a v druhém případě o 82 %. Na zvýšeném vyplavování dusíku se převážně podílelo zvýšení koncentrace $\text{NO}_3\text{-N}$ v lyzimetrických vodách během prvního roku po obnově lučního porostu (od 124 do 245 %), forma použitého vápenatého hnojiva (CaCO_3 , CaO) a celkem málo množství proteklé vody (o 5 až 29 %).

Srovnatelné výsledky uvádí Havelka (1988), který při porovnání výsledků obnoveného lučního porostu zjistil v prvních dvou letech zvýšené vyplavování při aplikaci vápníku (CaCO_3) o 29 % oproti porostu bez předchozí dodávky vápenatého hnojiva.

V dalších experimentech ověříme vhodnost vápnění jeden rok před obnovou, při obnově a jeden rok po obnově na více vyvinutou drnovou vrstvu a porost schopný lépe využívat dusík zpřístupněný mineralizací (s podporou PK-hnojení) a dusík dodaný minerálním hnojivem.

Literatura

- HAVELKA, F.: Interakce stanoviště, intenzifikačních zásahů a obsahu NO_3 v infiltrované vodě pod travními porosty. Věd. práce VÚZZP, Praha - Zbraslav, 1988, č. 5, s. 57.
- MACDUFF, J. H. - STEENVORDEN, J. H. A. M. - SHOLEFIELD, D. - CUTTLE, S. P.: Nitrate losses from grazed grassland. Proc. 13th Gen. Meet. Eur. Grassl. Fed., B. Bystrica, 2, 1990, s. 18.
- MRKVIČKA, J.: [Kandidátská disertace.] Praha, 1985, 164 s. - Vys. Šk. zeměd.
- MRKVIČKA, J. - VELICH, J.: Vyplavování dusíku při stupňovaném hnojení trvalých lučních porostů. Rostl. Výr., 34, 1988, č. 2, s. 179 - 188.
- RADĚJ, J.: Vliv travních porostů na retenci živin. [Závěrečná zpráva.] Praha - Zbraslav, VÚZZP 1980, s. 21.
- VELICH, J.: Studium vývoje produkčních schopností trvalých lučních porostů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Praha, VŠZ, Videopress MON 1986, s. 92.
- VELICH, J. - HAVELKA, F. - MRKVIČKA, J. - ŠONKA, J.: Leaching of nitrogen in fertilized and renovated grassland. Proc. 13th Gen. Meet. Eur. Grassl. Fed., B. Bystrica, 2, 1990, s. 352.
- WHITEHEAD, D. C.: The role of nitrogen in grassland productivity. Harley, CAB 1970, s. 202.

The objective of our research was to determine the effect of fast regeneration and liming on nitrate concentrations in the ground water and on potential leaching loss. An experiment with fast regeneration of meadow grassland (ploughing after first cut – sod working grassland laying down, all within 30 days) was laid down in a valley meadow in the potato-growing region (yearly rainfall amount 617 mm, of this 397 mm in the growing season, average yearly temperature 7.8 °C, Lang's rainfall factor 79). The experiment was laid down on gleyic Fluvisol, texture – loam, pH (KCl) = 5.0, C_{ox} = 2.9 %, N_t = 0.41 %, C_t/N_t = 7.1. Groundwater level fluctuation 0.2 to 0.7 m, water regime of this site is mesophytic to mesohygrophytic.

NO_3 -N concentrations and leaching were followed in the original stand since 1986 by means of stationary field lysimeters built-in at a depth of 0.5 m under the undamaged soil profile. In the following year (1987) calcium was applied to experimental areas (7.5 m²) after the first cut in form of limestone ($CaCO_3$) and in oxide form (CaO) at a rate of 200 kg Ca/ha. Simulated fast regeneration was effectuated and meadow mix was sown without using total herbicide. The mix composition for permanent grassland was as follows: *Festuca pratensis* 30 %, *Phleum pratense* 10 %, *Trisetum flavescens* 10 %, *Allopecurus pratensis* 15 %, *Festuca rubra* 10 %, *Poa pratensis* 10 %, *Trifolium hybridum* 10 % and *Trifolium repens* 5 %. Potassium and phosphorus were applied in form of potassium salt (100 kg K/ha) and superphosphate (40 kg P/ha). No nitrogen fertilizing was used. This newly laid-down grassland was cut once in the year of its establishment, then followed three-cut management (the first cut at the beginning of earing, the two other cuts in the interval of 50 to 60 days). Lysimetric waters were taken in dependence on rainfall amounts, the longest interval being 35 to 40 days, and they were analyzed according to current methodics. Amounts of leached NO_3 -N were calculated on the basis of NO_3 -N concentrations in infiltrated water and recalculated per 1 ha of land.

NO_3 -N concentrations in lysimetric waters increased instantly after lime fertilizer applications and also in the following period (Tab. I). This is obviously due to the positive effect of supplied calcium on the intensity of soil organic matter mineralization and due to nitrogen availability. In comparison with the regenerated area where no calcium was applied, NO_3 -N concentrations in lysimetric waters fluctuated to a lesser extent in the second year. In the third to fourth years after grassland fast regeneration, maximum NO_3 -N concentrations showed a slightly decreasing trend in this order: calcium zero-application area, CaO application and previous application of $CaCO_3$. In the course of the 3.5-year period of observation, NO_3 -N concentrations in lysimetric waters increased on average by 6.6 mg/l on the area with fast regeneration only, by 10.2 on the areas with previous applications of 200 kg Ca/ha in $CaCO_3$ form and by 15.7 mg/l for applications in CaO form, against the original grassland.

The fast regeneration of permanent grassland without calcium application increased nitrate nitrogen leaching by 110 % in comparison with losses determined under nonregenerated grassland (Tab. II). $CaCO_3$ and CaO applications increased NO_3 -N leaching to groundwaters by 170 and 283 %. The effect of oxide form was more intensive with shorter after-effects of increased leaching, but it did not exceed 14 kg NO_3 -N/ha. Increased NO_3 -N leaching after fast regeneration resulted particularly from soil organic matter mineralization while the amount of infiltrated water rose by only 17 %.

The obtained results indicate negative results of liming as a part of regeneration of grasslands with mechanical destruction of their original sod since it increases NO_3 -N leaching. A question arises whether this could be prevented by liming sufficiently in advance of fast regeneration or later on to the developed grassland in two to three years after fast regeneration. This should be tested experimentally.



VÝHODNÝ LEASING STROJ A ZA ÍZENÍ NEJEN PRO ZA ÍNAJÍCÍ PODNIKATELE

ADEKO, a.s. nabízí

- kapitálovou ú ast v jiných podnikatelských subjektech
- společné podnikání
- poradenskou, konzulta ní a zprost edkovatelskou innost v oboru ekologie
- investorskou a investi ní innost
- výrobc m a obchodním organizacím ešení odbytových potíží formou leasingového financování

ADEKO, a.s.
Slezská 7
120 56 PRAHA 2
Tel.: 25 83 42
FAX: 20 72 29



INICIACE A TVORBA STOLONŮ A HLÍZ BRAMBORU PŘI ROZDÍLNÝCH HLADINÁCH DUSÍKATÉ VÝŽIVY

Jaromír Zrůst, Bohumil Míča

Výzkumný ústav bramborářský, 580 03 Havlíčkův Brod

Ve čtyřletém polním pokusu byl sledován vegetační průběh počtu rostoucích a háčkujících stolonů, stolonů s iniciovanými hlízkami, hmotnost všech stolonů, počet větvení stolonů, počet a hmotnost hlíz a hmotnost natě u dvou odrůd brambor rostoucích ve dvou hladinách dusíku (80 a 120 kg čistých živin.ha⁻¹). Byly zjištěny odrůdové rozdíly jak při těchto sledováních, tak i v reakci na výši hladiny dusíku. Byla sledována kladná korelace mezi počtem stolonů prakticky od vytvoření jejich maxima až do konce vegetace s počtem založených hlíz i s konečným výnosem. Diskutováno je toto zjištění s ohledem na iniciaci hlíz pouze na části stolonů i resorpci některých již vytvořených hlízek. Hmotnost stolonů s výnosem nekorelovala.

První projev schopnosti bramborové rostliny vytvořit hlízy (tuberizace) je spojen s diferenciací axilárních pupenů a stolonů na podzemních částech stonků. Axilární pupeny, z nichž vyrůstají stolon, se vytvářejí většinou nejdříve na nejspodnějších nodech stonku a pak postupně na vyšších (akropetálně). Po počátečním růstu do délky se růst stolonů zastavuje, jejich vrcholový pupen se ohýbá a vytváří tzv. háčkující stolon. Těsně pod špičkou se začne stolon zesilovat. Tvorba hlízy tedy začíná tloušťnutím vrcholového internodia stolonu. Hlíza během svého vývoje prochází fázemi zakládání (iniciace), růstu a dozrávání.

Diferenciaci a délkový růst jednotlivých stolonů včetně zakládání hlíz studovali *in vitro* podrobně Listowski, Lis (1973), Lis, Listowski (1977). Došli k závěru, že každý vrchol stolonu (nebo větve stolonu) je v podstatě schopen vytvořit hlízy. Uskutečnění všech fází této tvorby je však závislé na klimatických podmínkách, soutěžení mezi stonky na téže rostlině, mezi jednotlivými rostlinami, půdních podmínkách i na přítomnosti patogenů.

Moorby, Milthorpe (1975) zjistili, že nové hlízy se vytvářejí nepřetržitě, ale zčásti se i resorbují. Počet hlíz při sklizni je obvykle menší než počet vrcholů stolonů původně přítomných. Může to být důsledek selhání iniciace nebo růstu hlíz, resp. reabsorbce již založených hlíz v důsledku translokace sacharidů. Svensson (1962) použil frekvence tvorby hlíz k vyjádření podílu stolonů vytvářejících hlízy. Soutěžení mezi stonky, ovlivňující počet stolonů na stonek, však neovlivňuje tuto frekvenci. Odrůdy vytvářejí podobný počet stolonů, ale různý počet hlíz (Wurr, 1977).

Jak bylo zmíněno, na iniciaci i tvorbu stolonů a hlíz působí řada faktorů. Lze je rozdělit na vlivy genetické a vlivy prostředí. Jako jeden z nejvýraznějších faktorů podmínek prostředí vystupuje dusíkatá výživa. Např. Lugt et al. (1964) a Kraus (1977, 1978) zjistili, že přerušovaný přísun dusíku vyvolává zastavení růstu hlíz a může navodit přerušování dormance jejich oček a vyvolat následnou tvorbu hlíz druhé generace.

Také v našem ústavu jsme se v posledních pěti letech zabývali vývinem stolonů a hlíz brambor během vegetace při rozdílné hladině dusíkaté výživy a při současném působení růstovými regulátory ovlivňujícími dormanci hlíz (Zrůst, 1989; Zrůst, Míča, 1990; Míča, Zrůst, 1990).

Ve srovnání se studiem tvorby hlíz existuje mnohem méně informací týkajících se tvorby stolonů. Ještě méně je těch, které berou zřetel na rytmus iniciace a růstu

jednotlivých stolonů. Technické problémy totiž komplikují studium těchto otázek v porostech druhu *Solanum tuberosum*, u kterého jsou stolony produkovány jen pod povrchem půdy.

MATERIÁL A METODA

Do polního pokusu založeného na Šlechtitelské stanici Valečov v letech 1986 až 1989 jsme záměrně vybrali dvě odrůdy odlišné jak délkou vegetační doby, tak užitkovým směrem, aby se postihla odrůdová reakce ve sledovaných ukazatelích na rozdílné hladiny dusíku. Šlo o odrůdy: Karin – raná, konzumní a Kamýk – pozdní, průmyslová.

Pokus měl čtyři opakování a byl zakládán metodou znáhodněných bloků. Hnojeno bylo chlévským hnojem na podzim v dávce 35 t.ha⁻¹ společně s fosforečnými a draselnými hnojivy v dávce 52,32 kg P.ha⁻¹ v superfosfátu a 132,8 kg K.ha⁻¹ v chloridu draselném. Na jaře před přípravou půdy ke shonkování se hnojilo dusíkem v dávce 80 kg.ha⁻¹ na celý pozemek a na vybrané parcelky se aplikovala další dávka dusíku na úroveň 120 kg.ha⁻¹ ručně na shonky (v síranu amonném).

Odběry rostlin k rozborům probíhaly týdně, z každé varianty a opakování po 10 trsech. Sledovala se celková nadzemní hmotnost (hmotnost natě) v g, počet stonků, hmotnost všech stolonů v g, počet stolonů celkem (z toho počet ještě rostoucích stolonů včetně stolonů již háčkujících a počet stolonů s iniciovanými hlízkami do velikosti hlízek 13 mm), počet větvení stolonů, hmotnost hlíz (větších než 13 mm – podle definice EAPR bylo dohodnuto, že se za hlízu počítají hlízy až od velikosti 1/2 palce) a počet těchto hlíz.

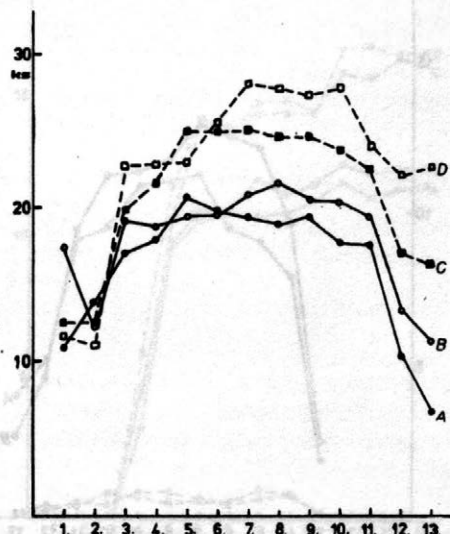
Vzorky všech variant se odebíraly v jeden den, po vykopání se opraly a po oschnutí ihned zpracovávaly, aby docházelo pouze k minimálnímu odparu. Při rozbořech se dbalo na srovnatelnou vlhkost vzorků.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Hodnoty zakreslené do grafů jsou průměry ze čtyř let pokusů, resp. byly vypočítány ze 16 údajů. V každém roce byla zařazena čtyři opakování, v nichž bylo v každém sledováno 10 trsů.

Počet rostoucích stolonů (včetně stolonů již háčkujících) se během vegetace zvětšuje podobně jako nadzemní biomasa. Přibližně za pět až osm týdnů po jejich iniciaci (za 67 až 88 dnů od výsadby hlíz, resp. 44 až 65 dnů od počátku vzházení trsů) dosahují maxima. Rozdíly v tomto maximu jsou způsobeny genetickým založením v interakci s počasím a hladinou výživy, v našem případě dusíkem. Od maxima počet těchto stolonů pozvolně klesá. Za 11 týdnů u rané a za 14 týdnů u pozdní odrůdy je dosaženo prakticky hodnot získaných na počátku odběru (obr. 1).

Mezi odrůdami byly zjištěny v počtu stolonů průkazné rozdíly kromě prvních dvou odběrů během celé vegetace. Odrůda Kamýk převyšovala počtem rostoucích stolonů a stolonů již háčkujících odrůdu Karin. Dusík zvyšoval počet těchto stolonů shodně u obou odrůd. Zatímco maximum stolonů jsme sledovali v obou hladinách dusíku u odrůdy Kamýk ve stejném odběru, a to za 58 dnů od počátku vzházení, byl rozdíl u odrůdy Karin mezi oběma maximy stolonů v úrovních výživy 80 a 120 kg N.ha⁻¹ 21 dnů. Zvýšený dusík prodloužil období růstu stolonů u obou odrůd, maximum posunul o uvedený počet dnů pouze u odrůdy Karin.



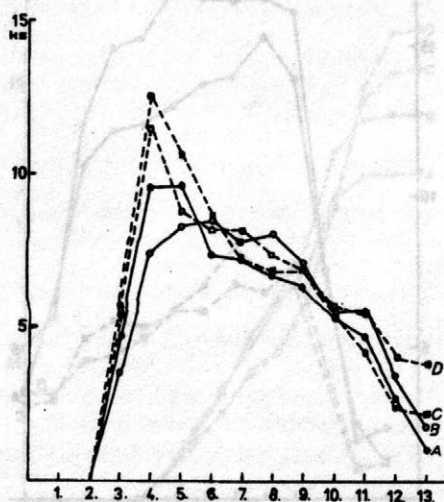
1. Vegetační průběh počtu rostoucích stolonů a stolonů s háčky u jednoho trsu – The number of growing stolons and bent stolons per hill during the growing season

Vysvětlivky k obr. 1 až 7 – Explanation for Figs 1 – 7:

osa x – odběry – x-axis – samplings, osa y – počet kusů – y-axis – number of stolons

průměr let 1986 – 1989 – average years 1986 – 1989

A – 80 kg N.ha⁻¹ Karin; B – 120 kg N.ha⁻¹ Karin; C – 80 kg N.ha⁻¹ Kamýk; D – 120 kg N.ha⁻¹ Kamýk

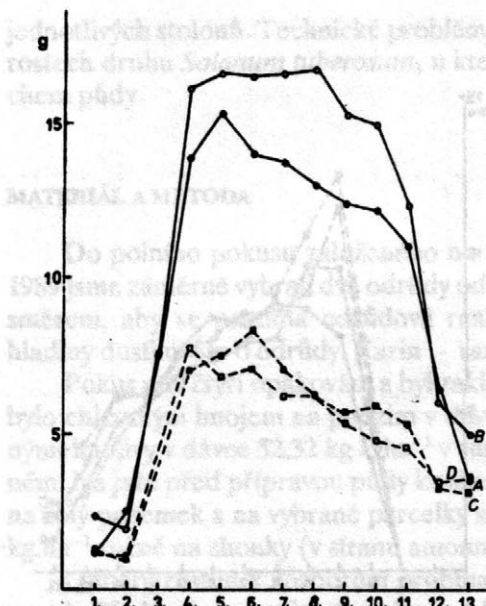


2. Vegetační průběh počtu stolonů s iniciovanými hlízkami (do 13 mm) u jednoho trsu – The number of stolons with initiated tubers (up to 13 mm) per hill during the growing season

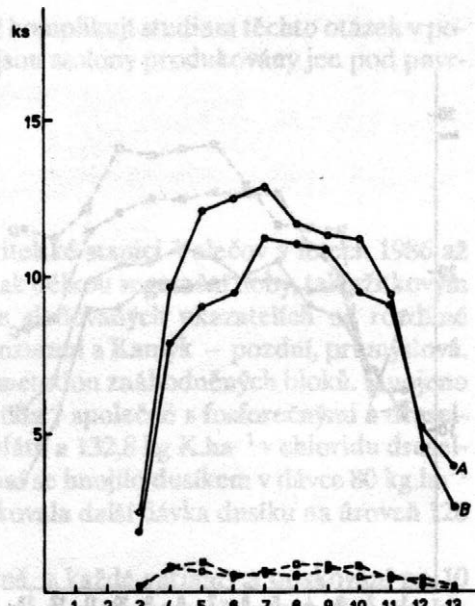
U obou odrůd se na počátku vegetace vyskytovala období, ve kterých byl v nižší hladině dusíku počet stolonů vyšší. Toto zjištění odpovídá výsledkům, které uveřejnili Kraus, Marschner (1971), kteří pozorovali růstovou stagnaci stolonů a zároveň urychlený růst natě při zvýšeném hnojení dusíkem. Obecně se akceptuje, že existuje v určité fázi vegetace za konkrétních okolních podmínek záporný vztah mezi růstem natě a hlíz. Pokud je např. podpořen růst natě realizováním brzké závlahy nebo aplikací minerálních hnojiv, zejména dusíku, je iniciace hlíz zpoždována. Naopak tuberizace je podporována, když je růst natě inhibován např. nízkými teplotami.

Určité prodloužení a delší stagnaci v počtu rostoucích stolonů včetně stolonů již háčkujících jsme rovněž pozorovali v době iniciace hlíz, tj. ve čtvrtém odběru v obou hladinách dusíku. Zvýšená dávka dusíku toto období prodlužovala u odrůdy Kamýk o jeden týden, u odrůdy Karin o dva týdny. V pokusech jiných autorů bylo prokázáno, že před iniciací hlíz je nať dominantním sinkem (úložným prostorem) pro asimiláty, avšak v době iniciace hlíz nastává větší odvod asimilátů do stolonů a iniciovaných hlízek. Např. Burt (1964) získal poznatek o akumulaci asimilátů ve stolonech před tuberizací. Přenesl rostoucí rostliny v teplotě 20 °C do 3 až 7 °C a pozoroval značné uspěšení tuberizace. Podíl cukrů v sušině vrcholků stolonů vzrostl z 11 % na 28 až 42 %.

Počet stolonů, na jejichž koncích byly již iniciované hlíčky do velikosti 13 mm (obr. 2), měl poněkud odchylný průběh od počtu rostoucích stolonů (včetně háčkujících). Z počátku vegetace nastal prudký nárůst, po 14 dnech poměrně rychlý pokles,



3. Vegetační průběh hmotnosti stolonů (g) jednoho trsu – The stolon weight per hill (g) during the growing season



4. Počet větvení stolonů jednoho trsu v průběhu vegetace – The number of stolon forks per hill during the growing season

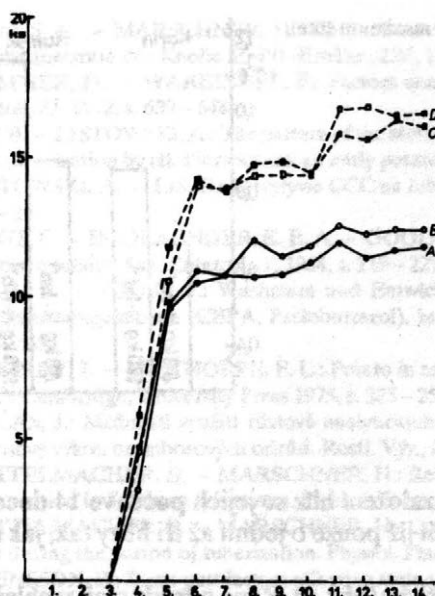
který se poněkud zmírnil po dalších dvou týdnech. Opět se zde projeví rozdíly mezi odrůdami. Odrůda Kamýk dosahovala maxima dříve a v něm vyššího počtu stolonů s iniciovanými hlízkami. Během dalšího vegetačního období byly rozdíly mezi odrůdami již mnohem menší.

Vyšší hladina dusíku působila z počátku vegetace retardací iniciace hlíz. Počet stolonů se zakládajícími se hlízkami byl ve vyšší hladině dusíku u obou odrůd průkazně nižší. Po pátém odběru u odrůdy Karin, po šestém odběru u odrůdy Kamýk, tj. 44, resp. 51 dnů od počátku vcházení trsů, převažoval počet stolonů s iniciovanými hlízkami ve vyšší hladině dusíku prakticky až do konce odběrů, tj. do 13. týdne po jejich zahájení.

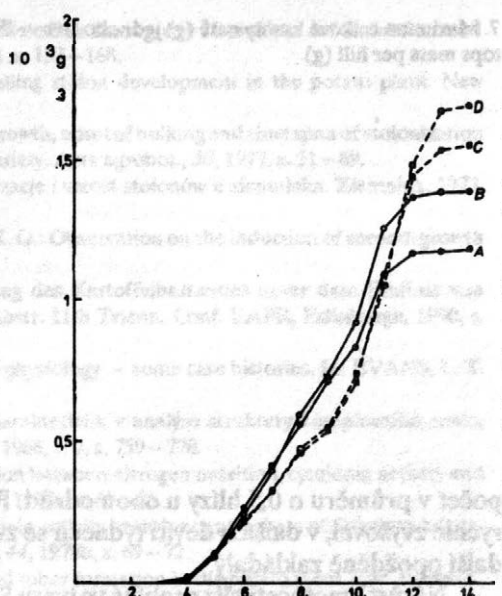
Počáteční retardaci působenou dusíkem zaznamenali v pokusech také např. Sattelmacher, Marschner (1978a), kteří pěstovali odrůdu Ostara ve vodní kultuře. Kontrolní rostliny, kterým byla přidávána do roztoku stabilní dávka dusíku, nevytvořily hlízy. Již za dva dny po vyloučení dusíku z roztoku nastávala v jejich pokusech tuberizace a po dalších čtyřech dnech byla zjištěna již plná indukce hlíz.

Jak poukázali mnozí autoři (např. Kummer, Wareing, 1972; Vreugdenhil, Struik, 1990), vývoj stolonů je regulován interakcí endogenních hormonů. Také v pokusech, které uskutečnili Sattelmacher, Marschner (1978b), byl v kořenech rostlin s přerušovanou dodávkou dusíku zjištěn náhlý vzestup aktivity cytokininů, jež postupně klesala s obsahem dusíku. V exsudátu bylo vyloučení dusíku z růstového média následováno poklesem aktivity cytokininů. Tato aktivita však stoupala při opětné dodávce dusíku.

Počet stolonů s iniciovanými hlízkami byl od šestého odběru u odrůdy Karin (51 dnů od iniciace) a od sedmého odběru u odrůdy Kamýk (58 dnů od iniciace) i stolonů rostoucích (včetně háčkujících) od jejich maxima až do konce sledování v kladné korelaci s počtem vytvořených hlíz i s konečným výnosem. Toto významné zjištění ztrácí poněkud na významu, když uvážíme, že bylo shledáno pouze u dvou odrůd. Jeho význam



5. Nárůst počtu hlíz jednoho trsu ve vegetaci – The growth of the number of tubers per hill in the growing season



6. Vegetační průběh nárůstu hmotnosti hlíz jednoho trsu – The growth of tuber weight per hill during the growing season

poněkud snižuje též pozorování autorů citovaných v úvodu, že ve všech případech nedochází na apikální části stolonu k založení hlíz (je to patrné i z našich grafů na obr. 1 a 2) a že u části již vytvořených hlízek dochází k resorpci v nich uložených látek.

Proto nelze z našich výsledků zobecnit, že intenzita tvorby stolonů je u bramborů v korelaci s výnosem. Je také třeba určité opatrnosti při tvrzení, že množství stolonů může být měřítkem potenciální produktivity brambor. Musela by se dříve zjistit v širokém sortimentu odrůd závislost tuberizace na počtu vytvořených stolonů.

V hmotnosti stolonů se obě naše odrůdy odlišily výsoce průkazně (obr. 3). Odrůda Karin měla od samého začátku vegetace více než dvojnásobnou hmotnost stolonů. U obou odrůd po počátečním pomalém nárůstu hmotnost stolonů trvajícím 14 dnů nastalo rychlé zvýšení jejich hmotnosti, vrcholící rozdílně u obou odrůd i hladin dusíku. Ke konci vegetace jsme zaznamenali zejména u odrůdy Karin její rychlý pokles.

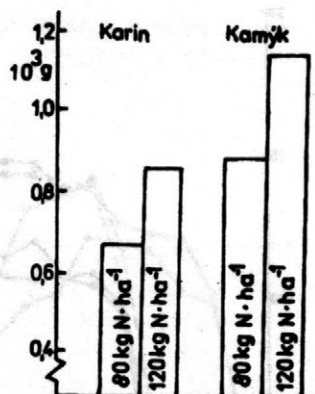
Hmotnost stolonů se u odrůd lišila také podle reakce na hladinu dusíku. Zvýšený dusík působil negativně u odrůdy Kamýk, naopak pozitivně u odrůdy Karin. Maxima hmotnosti stolonů dosáhla dříve odrůda Kamýk ve zvýšené hladině dusíku, naopak odrůda Karin v její nižší hladině. Hmotnost stolonů tak nekorelovala s výnosem.

V pokusech jiného zaměření zjistili D o k i č et al. (1988) důležitost délky stolonů pro výnos a nikoliv jejich hmotnosti. Nejmenší průměrnou hmotnost jednotlivých hlíz a největší jejich počet pod trsem vytvořily odrůdy s dlouhými stolony. Největší výnos hlíz na rostlinu zjistili naopak u odrůd se stolony krátkými.

Velkou odrůdovou rozdílnost jsme zjistili též u větvení stolonů. Vyšší dispoziční větvení stolonů měla odrůda Karin, přibližně 10- až 12násobnou (obr. 4). Zvýšená dávka dusíku u této odrůdy podporovala větvení. U odrůdy Kamýk nedošlo k většímu větvení stolonů a dusík ho jednoznačně nezvyšoval.

Počet hlíz pod trsem je odrůdová vlastnost. Odrůda Kamýk zakládala jejich vyšší počet v průměru o 4,5 hlízy na trs oproti odrůdě Karin (obr. 5). Dusík zvyšoval jejich

7. Maximum celkové hmoty natě (g) jednoho trsu – The maximum total tops mass per hill (g)



počet v průměru o 0,5 hlízy u obou odrůd. Po založení hlíz se jejich počet ve 14 dnech rychle zvyšoval, v dalších devíti týdnech se zvýšil již pouze o jednu až tři hlízy tak, jak se další opožděně zakládaly.

Nárůst hmotnosti hlíz probíhá ve tvaru S-křivky (obr. 6). Rané odrůdy mají rychlejší dynamiku tvorby hlíz. Proto také přibližně první dvě třetiny vegetace měla odrůda Karin přírůstky hlíz vyšší. V poslední třetině převýšily přírůstky hlíz u odrůdy Kamýk natolik, že konečná hmotnost hlíz byla u této odrůdy vyšší. Zvýšený dusík působil příznivě na konečnou sklizeň hlíz, i když zpočátku jejich růst zpomaloval, což bylo při iniciaci hlíz vysvětleno.

Pro úplnost uvádíme celkovou nadzemní hmotnost zjištěnou v maximu období mezi 58. a 79. dnem po počátku vzcházení v průměru čtyř let na obr. 7. Odrůda Kamýk měla mohutnější nať. Dusík u obou odrůd zvýšil hmotnost natě o 200 až 250 g na trs. Větší listová plocha tak mohla zabezpečit i vyšší výnos u odrůdy Kamýk i u obou odrůd ve zvýšených hladinách dusíku.

Zde je třeba upozornit, že tento poměr (velikost listové plochy na výnos) platí pouze do určité míry. Existuje totiž souvislost mezi optimální velikostí nadzemní biomasy a tvorbou hlíz, resp. optimální velikostí především listové plochy pro maximální čistý výkon asimilace (NAR) a harmonickým trsem.

Na podmínky, které omezují nadměrný rozvoj trsu, a tím umožní rovnoměrnější a plnější funkční vytížení všech orgánů, což se nejvýrazněji projeví u listů ve vzájemném stínění, upozornil Nečas (1966). Svoji úlohu sehrávají i inhibiční látky, především obsah abscisové kyseliny, které v nadměrné listové ploše působí pokles fotosyntetického výkonu.

Literatura

- BURT, R. L.: Influence of short periods of low temperature on tuber initiation in the potato. *Eur. Potato J.*, 7, 1964, s. 197–208.
- DOKIČ, A. – VASILJEVIČ, Z. – BUGARČIČ, Ž.: Uticaj načina formiranja gnezda i krtola na njihov broj krupnoću i prinos krompira – prethodno saopštenje. In: *Zbor. Rad. Guča*, sv. 6, 1988, s. 58–65.
- KRAUS, A.: Einfluss der Stickstoffernährung auf Knolleninduktion und Wuchsstoffhaushalt der Kartoffel. *Potato Res.*, 20, 1977, s. 148.
- KRAUS, A.: Tuberization and abscisic acid content in *Solanum tuberosum* as affected by nitrogen nutrition. *Potato Res.*, 21, 1978, s. 183–193.

- KRAUS, A. – MARSCHNER, H.: Einfluss der Stickstoffernährung der Kartoffeln auf Induktion und Wachstumsrate der Knolle. Z. Pfl.-Ernähr., 128, 1971, s. 153 – 168.
- KUMMER, D. – WAREING, P. F.: Factors controlling stolon development in the potato plant. New Phytol., 71, 1972, s. 639 – 648.
- LIS, B. – LISTOWSKI, A.: The pattern of the stolon growth, onset of bulking and time span of stolonization and tuberization by clt. Pierwiosnek an early potato variety. Acta agrobot., 30, 1977, s. 51 – 69.
- LISTOWSKI, A. – LIS, B.: O wpływie CCC na tuberizację i wzrost stolonów u ziemniaka. Ziemniak, 1973, s. 5 – 19.
- LUGT, C. – BODLAENDER, K. B. A. – GOODIJK, G.: Observation on the induction of second-growth in potato tubers. Eur. Potato J., 7, 1964, s. 219 – 227.
- MÍČA, B. – ZRŮST, J.: Wachstum und Entwicklung des Kartoffelbestandes unter dem Einfluss von Wachstumsregulatoren (CEPA, Paclobutrazol). In: Abstr. 11th Trienn. Conf. EAPR, Edinburgh, 1990, s. 462 – 463.
- MOORBY, J. – MILTHORPE, F. L.: Potato in crop physiology – some case histories. In: EVANS, L. T. (ed.): Cambridge, University Press 1975, s. 225 – 257.
- NEČAS, J.: Možnosti využití růstové analytických charakteristik v analýze struktury komplexního znaku výnosový výkon bramborových odrůd. Rostl. Výr., 12, 1966, č. 7, s. 759 – 778.
- SATTELMACHER, B. – MARSCHNER, H.: Relation between nitrogen nutrition, cytokinin activity and tuberization in *Solanum tuberosum*. Physiol. Plant., 44, 1978a, s. 65 – 68.
- SATTELMACHER, B. – MARSCHNER, H.: Cytokinin activity in stolons and tubers of *Solanum tuberosum* during the period of tuberization. Physiol. Plant., 44, 1978b, s. 69 – 72.
- SVENSSON, B.: Some patofactors effecting stolon and tuber formation in the potato plant. Eur. Potato J., 5, 1962, s. 28 – 39.
- VREUGDENHIL, D. – STRUIK, P. C.: Hormonal regulation of tuber formation. In: Abstr. 11th Trienn. Conf. EAPR, Edinburgh, 1990, s. 37 – 38.
- WURR, D. C. E.: Some observations of patterns of tuber formation and growth in the potato. Potato Res., 20, 1977, s. 65 – 75.
- ZRŮST, J.: Vývoj stolonů a hlíz brambor během vegetace a výstup z dormance ovlivněné rozdílnou hladinou dusíku. In: Sbor. Fyziologie růstu a dormance brambor, Jihlava, 1989, s. 92 – 110.
- ZRŮST, J. – MÍČA, B.: Vliv N na tvorbu nadzemní a podzemní biomasy brambor. In: Sbor. Fyziologické aspekty výživy rostlin V, Brno, 1990, s. 85 – 89.

Došlo 24.9.1991

J. ZRŮST, B. MÍČA (Research Institute for Potato Growing, Havlíčkův Brod):

Stolon and tuber initiation and development in potatoes at various levels of nitrogen nutrition.

Rostl. Výr., 38, 1992 (12): 1045 – 1052.

These traits were investigated in a four-year field trial with two varieties and two nitrogen levels (80 and 120 kg/ha) in weekly intervals: total top end weight, stalk number, all stolon weight, number of growing stolons including already bending ones, number of stolons with initiated tubers, number of stolon forks, tuber weight and number.

The number of growing stolons (including already bending ones) was maximum in about five to eight weeks after their initiation (in 67 to 88 days from tuber planting). Significant differences in the number of these stolons were determined between the varieties (Karin – early, table variety, Kamýk – late, industrial variety); the number was highest in the Kamýk variety with the exception of the first two samplings. Nitrogen fertilizing increased stolon numbers in both varieties in the same way, and also prolonged their growth. In both varieties there were periods at the beginning of the growing season when the stolon number was higher at the lower nitrogen level. This is in correspondence with the results published by Kraus, Marschner (1971), who reported of the growth stagnation of stolons and at the same time of the accelerated growth of foliage after higher nitrogen application rates.

A certain delay and somewhat longer stagnation of the number of growing stolons, including already bending ones, were also observed in the stage of tuber initiation at both nitrogen levels. The increased nitrogen rate prolonged this period by a week in the Kamýk variety, and by two weeks in the Karin variety.

The number of stolons, at the ends of which tubers to the size of 13 mm (half an inch pursuant to the EAPR definition) were initiated, had a somewhat different course from the number of growing stolons (including bending ones). A great initial increase was followed by a relatively fast decrease, which was slowed down after another fortnight. The Kamýk variety reached the maximum sooner, when the number of stolons with initiated tubers was higher.

The higher nitrogen level retarded tuber initiation at the beginning of growing season. This is in agreement with the results published by Sattelmacher, Marschner (1978a). The number of stolons with initiated tubers was in positive correlation with the number of developed tubers and with the resultant yield from the sixth sampling in the Karin variety (51 days from initiation) and from the seventh sampling in the Kamýk variety (58 days from initiation); the same applies to the number of growing stolons (including bending ones) from their maximum to the end of observation. This important finding loses to some extent its importance because the trials included two varieties only for which this statement could be formulated. Its importance is also weakened by observations of other authors that agree with our results: the tubers are not set in the apical part of stolon in all cases and part of already developed tubers is resorbed.

Hence it is not possible to generalize the conclusion that the intensity of stolon development is in correlation with the yield. It should also be stated carefully that the number of stolons may be a measure of the potato potential productivity. A dependence of tuberization on the number of developed stolons should be investigated in a broad collection of varieties.

The stolon weight was not in correlation with the yield. Both varieties were highly significantly different in this parameter. The Karin variety had the more than double stolon weight from the beginning of the growing season. Both varieties had different responses to the increased nitrogen level as to their stolon weight: the response was negative in the Kamýk variety and positive in the Karin variety.

Large variety differences were also observed in stolon forks. More than tenfold forks of stolons were found in the Karin variety. The increased nitrogen rate stimulated fork development in this variety.

In the Kamýk variety on average by 4.5 tubers more were set than in the Karin variety. Nitrogen applications increased their number on average by 0.5 tuber per hill in both varieties. The early variety Karin showed faster dynamics of tuber development, the final tuber weight was lower. Increased nitrogen rates affected favourably the tuber yield even though their growth was retarded at the beginning.

The Kamýk variety developed the greater top end. The higher nitrogen level by 40 kg/ha increased the tops weight per hill by 200 to 250 g in both varieties. The larger leaf area, in addition participating in the activity for a longer time, could provide for the higher yield in the Kamýk variety and in both varieties at the increased nitrogen level. But a dependence of yield on the larger leaf area holds good to a certain extent only, as was reported in other papers (e.g. Nečas, 1966). The inhibiting substances, particularly the content of abscisic acid, in the excessively large leaf area induce a decrease in the photosynthetic performance.

POUŽITÍ BIOMASY ŘAS Z OTEVŘENÝCH SOLÁRNÍCH KULTIVÁTORŮ K MONITOROVÁNÍ OBSAHU TĚŽKÝCH KOVŮ V ATMOSFÉRICKÉM SPADU

Miroslav Kajan*, Petr Kubičko**, Pavel Mader**

* Oddělení autotrofních mikroorganismů ČSAV, 379 81 Třeboň

** Vysoká škola zemědělská, 165 21 Praha 6

K monitorování kvality atmosférického spadu z hlediska obsahu vybraných těžkých kovů byla použita biomasa sladkovodní řasy *Chlorella vulgaris*. Vzorky biomasy byly odebírány z otevřených solárních kultivačních zařízení určených k masové kultivaci řas. Řízenou kultivací se udržovaly v relativně úzkých rozmezích fyzikálně-chemické faktory ovlivňující proces akumulace. Jednotlivé obsahy těžkých kovů byly měřeny metodou AAS. U všech stanovených prvků (As, Cd, Cr, Hg, Pb) byla pro sledovanou oblast (Třeboňsko, Jihočeský kraj) nepřímo prokázána změna jejich obsahu v atmosférickém spadu v průběhu kultivační sezóny (30.5. až 15.10.1990) s maximem v první polovině června.

Řasy podobně jako mikroorganismy mají schopnost akumulovat z vodního prostředí, ve kterém žijí, těžké kovy (B r o d a, 1972). Vzhledem k tomu, že tento proces akumulace je ovlivněn fyzikálními vlastnostmi prostředí (pH, teplota, iontová síla atd.), přítomností chelatačních látek a skutečností, že schopnost akumulace mají i usmrcené buňky řas, převládá názor, že jde převážně o adsorpci iontů těžkých kovů na povrch buněk. Poměrně vysoké hodnoty rozdělovacích koeficientů (koeficientů akumulace), vyjadřující poměr množství kovů v biomase řasy k množství kovu obsaženého v médiu, které se pro sladkovodní mikroskopické řasy pohybují v hodnotách 10^3 až 10^5 (R e i n i g e r, 1977; P e ň a z et al., 1980; W o n g et al., 1987), jsou tak odrazem velkého specifického povrchu řasové biomasy a složení buněčné stěny, umožňující sorbci iontů těžkých kovů.

Schopnost řas nakoncentrovat těžké kovy, které jsou v okolním prostředí běžnými analytickými metodami obtížně detekovatelné, umožňuje použít řasové buňky z přírodních vodních zdrojů ke sledování kvality životního prostředí dané lokality (K o v a č i k, 1984; B a i l e y, S t o k e s, 1985). Avšak polyfaktorální závislost rozdělovacích koeficientů na fyzikálně-chemických parametrech vodního prostředí a na druhu řasy, které jsou značně variabilní, znesnadňuje reprodukovatelnost a interpretaci výsledků.

Uvedené nevýhody odstraňuje použití řasové biomasy získané z otevřených slunečních kultivátorů v podmínkách řízené kultivace. V naší práci jsou uvedeny koncentrace arzenu, kadmia, chrómu, rtuti a olova v biomase řasy kultivované v otevřených kultivatorech MBÚ ČSAV v Třeboni.

MATERIÁL A METODA

Kultivace řas

V kultivační sezóně 1990, která trvala od 30.5. do 15.10.1990, tj. 138 dní, byla kultivována sladkovodní řasa *Chlorella vulgaris*, kmen 106 ze sbírek OAM MBÚ v Třeboni.

Kultivační jednotka umístěná v areálu OAM MBÚ ČSAV v Třeboni se skládá (Š e t l í k et al., 1970) z nakloněné (3 %) skleněné plochy, umístěné na kovové konstrukci, opatřené ve směru sklonu přepážkami výšky 4 cm, vzdálenými od sebe 15 cm,

Referenční materiál ¹	Prvek ²	Certifikováno ³ (mg.kg ⁻¹)	Nalezeno ⁴ (mg.kg ⁻¹)
NIST 1572 Citrus leaves	As	3,1 ± 0,5	2,74 ± 0,28
	Cd	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02
	Cr	0,8 ± 0,2	1,17 ± 0,11
	Pb	13,3 ± 2,4	11,8 ± 0,11
Bovine liver 12-02-01	Hg	0,37 ± 0,02	0,40 ± 0,03

¹reference material, ²elements, ³certified, ⁴determined

zabezpečující promývání stékající suspenze řas. Z plochy stéká suspenze vratným žlabem do čerpadla, kterým je opět dopravována na horní okraj plochy.

V noci a v případě nepříznivého počasí je suspenze udržována v retenční nádrži, kde je provzdušňována. Světlem exponovaná plocha má 50 m² (10 x 5 m), celkový objem suspenze je 2500 l, na 1 m² plochy připadá přibližně 45 l suspenze. Optimální produkční koncentrace řas (1,5 až 2,0 g.l⁻¹ suché hmoty) je udržována semikontinuální separací adekvátního objemu suspenze. Po každém odběru suspenze se doplňují spotřebované živiny.

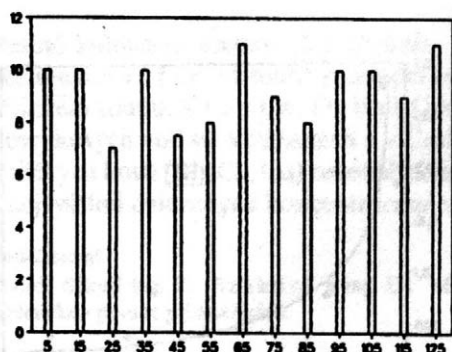
Ke kultivaci se používá vodovodní voda z podzemního zdroje a minerální médium následujícího složení (v mg.l⁻¹): 600 mg CO(NH₂)₂, 1000 mg MgSO₄ x 7 H₂O, 800 mg KH₂PO₄, 14 mg FeSO₄ x 7 H₂O, 3,1 mg H₃BO₃, 1,1 mg MnSO₄ x 7 H₂O, 1,2 mg CuSO₄ x 5 H₂O, 1,4 mg ZnSO₄ x 7 H₂O, 1,2 mg (NH₄)₂MoO₄, 1,4 mg CoSO₄ x 7 H₂O. První tři sloučeniny byly technické čistoty, ostatní čistoty p.a. Jako zdroj uhlíku sloužil technický oxid uhličitý v tlakových nádobách, dávkovaný do suspenze podle údajů rotometru přes čerpadlo. Odchytky od optimálního pH (6,5 až 7,5) byly korigovány přidávkou NH₄OH, resp. H₃PO₄. Denně byla mikroskopicky sledována algologická čistota kultury.

Analýzy

V průběhu kultivační sezóny 1990 byly odebrány vzorky řasové biomasy, jim odpovídající vzorky supernatantů, vzorek používané vody a chemikálií. Všechny vzorky byly odebrány do polyetylenových lahví vymacerovaných 5% kyselinou dusičnou a následně vymytých demineralizovanou vodou. U vzorků supernatantů a vody byla ke konzervaci použita HNO₃ (konc.) čistoty p.p. v množství 5 ml na 1 l odebraného vzorku. Vzorky byly analyzovány ve Stopové laboratoři KFZ VŠZ v Praze. Podle druhu stanovovaných kovů a povahy jednotlivých vzorků byly použity tyto způsoby rozkladu a metody měření:

- pro stanovení obsahu Cd, Cr a Pb v řasové biomase suchý rozklad (M a d e r et al., 1989), u chemikálií rozpuštění v 1,5 % HNO₃, metoda měření F-AAS na přístroji VARIAN SpectrAA 40 (USA);
- pro stanovení obsahu As v řasové biomase, chemikáliích mokrá rozklad (M a d e r et al., 1987), měřeno hybridovou technikou AAS na stejném přístroji VARIAN SpectrAA 40 (USA);
- pro stanovení obsahu As, Cd, Cr a Pb v supernatantech a vodě metoda měření ETA-AAS;
- pro stanovení obsahu Hg byl použit u všech vzorků jednocelový AA-spektrometr TMA 254 (ČSFR).

Každý vzorek byl zpracován ve třech paralelních opakováních, slepé vzorky představovaly 25 % počtu vzorků pokusných. Pro kontrolu správnosti získaných údajů byly



1. Rozdělení doby zdržení řasy *Chlorella vulgaris* (počítáno za dekádu) v kultivační jednotce v průběhu kultivační sezóny – Division of the time of growth retardation of the *Chlorella vulgaris* alga (referred to by the decade) in an open solar culture unit during the cultivation period

osa x – počet dní kultivační sezóny – x-axis – number of cultivation season days

osa y – doba zdržení řasy v kultivační jednotce (dny) – y-axis – time of alga retardation in a culture unit (days)

stanoveny i obsahy kovů v certifikovaném referenčním materiálu (NIST 1527 Citrus leaves a Bovine liver 12-02-01). Výsledky paralelní analýzy referenčních materiálů uvádí tab. I.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Při růstu řas v otevřených kultivačních zařízeních existují tři hlavní potenciální zdroje kontaminace biomasy těžkými kovy: (Me) živiny, voda a suchý atmosférický spad. Na rozdíl od biomasy pocházející z přírodních zdrojů můžeme u biomasy získané v podmínkách kontrolované kultivace poměrně přesně určit příspěvek jednotlivých zdrojů ke kontaminaci biomasy a z bilanční rovnice při znalosti množství kovu v médiu, které je podle rozdělovacího koeficientu v rovnováze s jeho koncentrací v biomase, tak určit příspěvek atmosférického spadu. Platí tedy bilanční rovnice pro hmotnost M příslušného kovu Me:

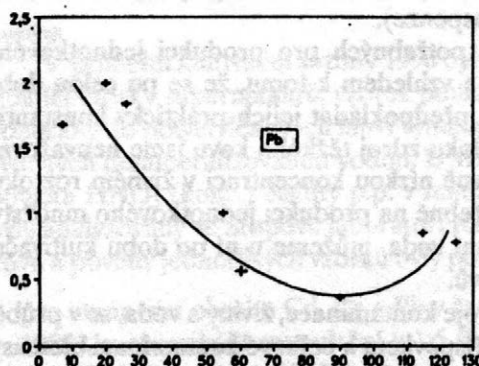
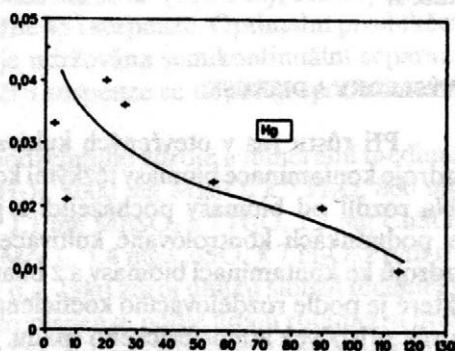
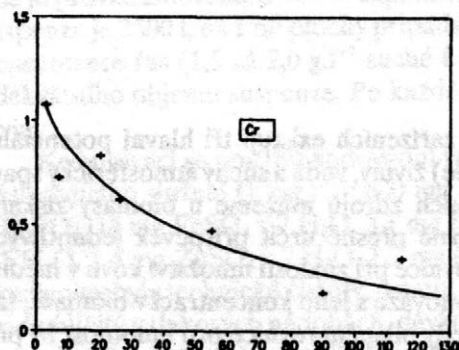
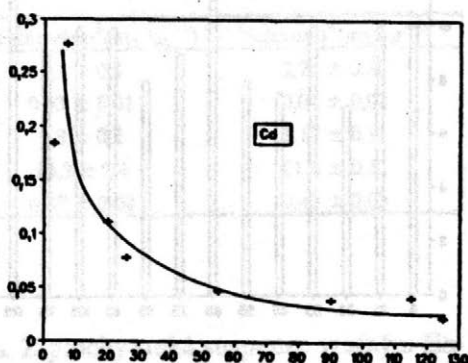
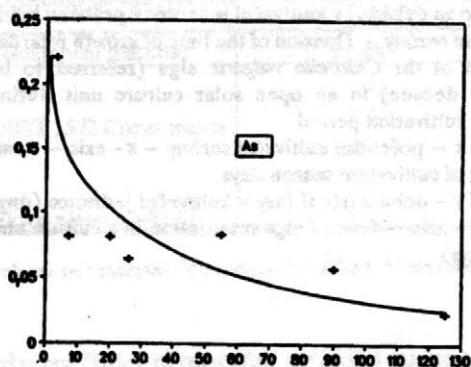
$$M(\text{Me, živiny}) + M(\text{Me, voda}) + M(\text{Me, atmosférický spad}) = M(\text{Me, biomasa}) + M(\text{Me, médium}) = M(\text{Me, suspenze}).$$

Složení a množství minerálních živin potřebných pro produkci jednotkového množství biomasy řas se prakticky nemění a vzhledem k tomu, že se po celou dobu používaly živiny z jednoho balení, můžeme předpokládat jejich prakticky konstantní příspěvek k celkové kontaminaci biomasy. Jako zdroj těžkého kovu jsme neuvažovali doplňované stopové prvky pro jejich relativně nízkou koncentraci v živném roztoku. Prakticky konstantní je i množství vody potřebné na produkci jednotkového množství biomasy, a protože byla používána podzemní voda, můžeme u ní po dobu kultivační sezóny předpokládat stálý obsah těžkých kovů.

To znamená, že dva nejvýznamnější zdroje kontaminace, živiny a voda, se v průběhu sezóny podílely prakticky konstantním příspěvkem k celkové kontaminaci biomasy. Ostatní fyzikální faktory okolního prostředí – např. teplota, FAR (fotosynteticky aktivní záření) – se podílejí na intenzitě růstu řasy, čímž je určena doba zdržení řasy v živném roztoku na kultivační ploše.

Z obr. 1, kde je uveden průběh doby zdržení řasy v živném roztoku během celé kultivační sezóny, vyplývá, že doba zdržení nemá výraznou sezónní závislost. To znamená, že změny v obsahu těžkých kovů v biomase v průběhu kultivační sezóny jsou odrazem změn kvality atmosférického spadu.

Na obr. 2 jsou uvedeny koncentrace kovů v biomase řasy *Chlorella vulgaris* během celé kultivační sezóny 1990. U arzénu byla zjištěna maximální hodnota $0,22 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny 2.6.1990 a minimální hodnota $0,025 \text{ mg.kg}^{-1}$ 128. den sezóny (5.10.1990). U kad-



2. Obsah těžkých kovů v biomase řasy *Chlorella vulgaris* v průběhu kultivační sezóny (30.5. až 15.10.1990) – Heavy metal contents in the biomass of the *Chlorella vulgaris* alga during the cultivation season (30th May to 15th October 1990)
osa x – dny – x-axis – days
osa y – mg.kg⁻¹ – y-axis – mg/kg

mia byla zjištěna maximální koncentrace 8. den kultivace (7.6.1990), a to 0,276 mg.kg⁻¹ řasové biomasy, minimální koncentrace (0,023 mg.kg⁻¹) byla zjištěna 128. den (5.10.1990). U chrómu byl naměřen největší obsah již 2. den kultivace (1.6.1990), a to 1,071 mg.kg⁻¹, a nejmenší obsah 89. den kultivace (26.8.1990), a sice 0,181 mg.kg⁻¹. U rtuti byl největší spad naměřen 20.6.1990 (0,04 mg.kg⁻¹) a nejmenší 118. den kultivace (24.9.1990), a to 0,01 mg.kg⁻¹. U olova byla maximální hodnota nalezena 21. den (20.6.1990), a to 1,993 mg.kg⁻¹ a hodnota minimální 89. den sezóny (26.8.1990), a sice 0,039 mg.kg⁻¹. U všech pěti kovů byla maximální koncentrace zjištěna vždy v první

třetině kultivační sezóny. Z grafického rozložení je patrná výrazná sezónní závislost obsahu kovů v řase a z toho vyplývající i sezónní závislost kvantity těchto kovů v atmosférickém spadu. Kroupa, Drbal (1986), kteří sledovali přísun chemických látek do povrchových vod ve Vodňanech a v Českých Budějovicích (Jihočeský kraj), neobjevili u těžkých kovů (Pb, Cr, Cd) sezónní závislost, ale uvádějí, že jejich přísun značně kolísá s nejvyššími nalezenými koncentracemi ve čtvrtém a druhém čtvrtletí roku.

Poděkování

Autoři děkují ing. J. Szákové a ing. D. Míhlové, CSc., ze Stopové laboratoře KFZ VŠZ za technickou pomoc při analýzách.

Literatura

- BAILEY, R. C. – STOKES, P.M.: Evolution of filamentous algae and biomonitors of metal accumulation in softwater lakes. Aquatic toxicology and hazard assessment: 7 Symp. 1985, s. 5 – 26.
- BRODA, E.: The uptake of heavy cations trace elements by microorganisms. Ann. Microbiol., 1972, č. 22, s. 93 – 108.
- KOVAČIK, L.: Riasy ako indikátory. Medzin. Symp. Bratislava, Lab. Ryb. Hydrobiol. 1984.
- KROUPA, M. – DRBAL, K.: Přísun chemických látek do povrchových vod atmosférickým spadem. Živoč. Vyr., 1986, č. 2, s. 183 – 188.
- MADER, P. – KUČERA, J. – CIBULKA, J. – MIHOLOVÁ, D.: Ověření způsobu mineralizace jater pro stanovení kadmia a olova diferenční pulsní anodickou rozpouštěcí voltametrií mezilaboratorním experimentem. Chem. Listy, 1989, č. 3, s. 765 – 772.
- MADER, P. – SZÁKOVÁ, J. – SVATOŠ, Z.: Metodika rozkladu a měření arzenu a selenu používané při stanovení těchto prvků v biologických materiálech s pomocí hybridové techniky. [Závěrečná zpráva.] Praha, VŠZ 1987.
- PEŇAZ, M. – SVOBODOVÁ, Z. – HEJTMÁNEK, M. – TRNKOVÁ, J. – WOHLGEMUTH, E.: Obsah rtuti v základních složkách ekosystému řeky Jihlavy. Bul. VÚRH Vodňany, 1980, č. 1.
- REINIGER, P.: Concentration of cadmium in aquatic plants and algal mass in flooden rice culture. Envir. Poll., 1977, s. 297 – 301.
- ŠETLÍK, I. – ŠUST, V. – MÁLEK, I.: Dual purpose open circulation units for large scale culture of algae in temperate zones. Algol. Stud. (Třeboň), 1970, č. 1, s. 111 – 164.
- WONG, P. T. S. – CHAU, Y. K. – YAROMICH, J. L. – KRAMAR, O.: Bioaccumulation and metabolism of tri- and dialkyllead compounds by a freshwater algae. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 1987, č. 46.

Došlo 27.11.1991

M. KAJAN, P. KUBIČKO, P. MADER (Department of Autotrophic Microorganisms of the Czechoslovak Academy of Sciences, Třeboň; University of Agriculture, Praha):

The use of algal biomass from open solar culture units to monitor the content of heavy metals in atmospheric deposition.

Rostl. Vyr., 38, 1992 (12): 1053 – 1058.

Biomass of the freshwater alga *Chlorella vulgaris* was used to monitor the quality of atmospheric deposition with respect to the content of some heavy metals. The algae, similarly like other microorganisms, are able to cumulate heavy metals from the aquatic environment in which they are living (Broda, 1972) when distribution coefficients (cumulation coefficients) expressing the ratio of algal biomass metal content to metal content in the medium are in the range of 10^3 to 10^5 values (Reiniger, 1977; Peňáz et al., 1980; Wong et al., 1987).

The ability of algae to cumulate heavy metals which are not easily detectable in the surrounding aquatic environment by means of usual analytical methods facilitates to use algal cells from natural water sources for investigation of environment quality (Kováčik, 1984; Bailey, Stokes, 1985). But the polyfactorial dependence of distribution coefficients on physical and chemical parameters of aquatic environment and alga species which are greatly variable obstructs the reproducibility and interpretation of results. These disadvantages are eliminated by using algal biomass from open solar culture units with controlled cultivation.

The freshwater alga *Chlorella vulgaris*, strain 106, was cultured in the cultivation season 1990 (from 30th May to 15th October). Open solar culture units were located on the premises of the Department of

Autotrophic Microorganisms of the Czechoslovak Academy of Sciences at Třeboň (Southern Bohemia). Samples of algal biomass, supernatants, used water and chemical were taken and analyzed for contents of some heavy metals by the AAS method (Mader et al., 1987, 1989 report on the method of sample breakdown) in a Trace Element Laboratory of the Department of Physiology and Zoology of the University of Agriculture in Prague. Metal contents were parallelly determined in a certified reference material (NIST 1572 Citrus leaves and Bovine liver 12-02-01) to check data correctness; Tab. I shows the results of parallel analysis.

There are three potential contamination sources of heavy metals for algal biomass. This balance equation holds good:

$$M(\text{Me, nutrients}) + M(\text{Me, water}) + M(\text{Me, atmospheric deposition}) = M(\text{Me, biomass}) + M(\text{Me, medium}) = M(\text{Me, suspension})$$

Nutrients and water contribute in fact in a constant manner to total biomass contamination during the season. The other physical factors of the surrounding environment affecting the alga uptake of heavy metals are manifested in the alga growth intensity, or in the length of alga growth retardation in nutrient solution. Fig. 1 shows that the time of alga retardation is not dependent on the season. Fig. 2 shows heavy metal biomass concentrations during the whole cultivation season 1990 which demonstrate a seasonal dependence of heavy metal quantities in atmospheric deposition. Variations of some heavy metal contents in atmospheric deposition during the cultivation season were demonstrated indirectly for the target area (Třeboň, Southern Bohemia).

ŽIVOTNÉ JUBILEUM PROF. ING. VLADIMÍRA KRAJČOVIČA



Prof. Ing. V. Krajčovič je známym odborníkom a pedagógom najmä v radoch staršej lúčárskej a krmovinárskej generácie. Narodil sa 21. novembra 1922 v Krupine. Po ukončení stredoškolského vzdelania študoval vo vojnových rokoch najprv v Bratislave a neskôr na Vysoké škole poľnohospodárskeho a lesného inžinierstva, obore poľnohospodárstva v Košiciach, ktorú ukončil v roku 1946. Krátky čas pracoval na Krmovinárskom ústave štátnych výskumných ústavov pôdohospodárskych v Košiciach u akademika Malocha, ktorý ho hlavne inšpiroval krmovinárskou problematikou. V roku 1947 pracoval ako stážista vo Švajčiarsku na Výskumnom ústave poľnohospodárskom v Zürichu, kde sa zaoberal problematikou horských hospodárstiev.

Potom do roku 1956 pracoval na Povereníctve pôdohospodárstva v Bratislave ako vedúci referátu výroby krmovín. V tejto funkcii organizoval mnoho akcií na úseku zúrodňovania lúk a pasienkov a viedol krmovinársku službu na Slovensku. V tomto období sa zavádzali do praxe viaceré nové metódy výroby krmovín, pričom mu prichádzalo vypracúvať mnohé koncepčné materiály pre jednotlivé regióny, ako aj organizovať školenia a semináre.

Veľmi dôležitá etapa jeho činnosti bolo pôsobenie na Vysoké škole poľnohospodárskej v Nitre, kde pracoval od roku 1956 až do roku 1970 vo funkcii vedúceho Katedry krmovinárstva ako prodekan i dekan Prevádzkovo ekonomickej fakulty. V tomto období sa zapísal do vedomia mnohých poslucháčov svojím novým prístupom ku krmovinárskej problematike a zameraním prednáškami, čo znamenalo u mnohých aj nový obrát v ich profesnom zameraní aj osobnom živote. Bol prvým, ktorý v tomto období ukazoval smery hospodárenia v horských oblastiach vôbec. Cez jeho vedenie prešli desiatky diplomantov a externých aspirantov. Organizoval takto aj viacero celoslovenských akcií, napr. v Banskej Bystrici, ako aj výskum spomínanej problematiky na Slovensku. Dal podnet a podieľal sa vtedy aj na vytvorení a založení Výskumného ústavu lúk a pasienkov v Banskej Bystrici.

Bol rodeným pedagógom s vlastnosťami syntetizovať vedeckovýskumné poznatky z domova i zahraničia a transformovať ich na naše pomery. Preto sa bolestne dotklo mnohých jeho spolupracovníkov, študentov a priateľov, keď v roku 1970 musel z politických dôvodov odísť z pôsobenia na VŠP v Nitre s nezmyselným prídavkom zákazu publikačnej činnosti a širšieho vystupovania na verejnosti.

Prof. Ing. V. Krajčovič to však v žiadnom prípade nezlomilo, ale doslova z jedného dňa na druhý sa pustil na Výskumnom ústave lúk a pasienkov v Banskej Bystrici do veľkej práce z oblasti ekológie trávnych porastov. Práce v teréne od jarného do neskorého jesenného obdobia, ako aj sympatie jeho najbližších osôb mu pomáhali prekonať na ňom spáchanú krivdu. Po zamätovej revolúcii sa v januári roku 1990 stal riaditeľom Výskumného ústavu lúk a pasienkov v Banskej Bystrici, v ktorej funkcii pracuje doteraz.

Vedeckovýskumná činnosť prof. Ing. V. Krajčoviča je veľmi bohatá. Pracoval nielen v oblasti poľných krmovín, ale najmä trávnych porastov, kde sa zaoberal výživou a ekológiou trávnych porastov a s tým súvisiacimi problémami v rôznych oblastiach Slovenska. V rokoch 1967 až 1980 organizoval najrozsiahlejší výskum tohto druhu doteraz u nás, a to na 46 stanovištiach vo všetkých významných lúčarských oblastiach. Ďalej sa zaoberal tvorbou organickej hmoty v rôznych prírodných podmienkach, ako aj organizáciou krmovinovej základne v poľnohospodárskych podnikoch. Bol takto najvyhľadávanejším prednášateľom poľnohospodárskej výroby, vedeckých seminárov a konferencií i vedúcim tímov pri spracúvaní koncepčných materiálov.

Z riešenej problematiky publikoval vyše 320 vedeckých a odborných prác, v autorstve a spoluautorstve 12 knižných publikácií a 15 záverečných a syntetických správ. V roku 1959 bol menovaný za člena a korešpondenta ČSAZV, v roku 1968 mu priznali titul Vynikajúci pracovník poľnohospodárstva a výživy a v roku 1977 získal titul nositeľa ceny ministra FMTIR. V rokoch 1969 až 1971 bol riadnym členom a podpredsedom Slovenskej poľnohospodárskej akadémie.

Pre mnohých nás mladších bol prof. Ing. V. Krajčovič vzorom neúnavnej a cieľavedomej práce, vzorného charakteru a zariadenosti pre problematiku poľnohospodárstva.

Ing. Jozef Habovštiak, CSc.



Dne 29. 10. 1992 oslavil své 70. životní jubileum ing. František Křišťan, CSc., známý vědecký pracovník v oblasti výživy rostlin, agroekologie a agrotechniky a dlouholetý vedoucí Výzkumné stanice rostlinné výroby v Lukavci, v okrese Pelhřimov. Je dobře znám čtenářům vědeckého časopisu Rostlinná výroba, v němž v uplynulých letech publikoval desítky vědeckých prací, které se vždy vyznačovaly komplexním přístupem a měly ve vědeckých kruzích příznivý ohlas.

Ing. F. Křišťan, CSc., výsledky své práce přispěl do 12 knižních publikací, do více jak 20 Metodik ÚVTIZ pro zavádění výsledků výzkumu do praxe, publikoval dále kolem 160 vědeckopopulárních článků a vypracoval 63 závěrečných výzkumných zpráv.

Pod vedením jubilanta se Výzkumná stanice VÚRV Praha-Ruzyně, kterou ing. F. Křišťan, CSc., budoval od samého začátku, stala dobře známou u nás i v zahraničí. Ing. F. Křišťan, CSc., je představitelem vědeckých pracovníků, kteří komplexně řešili celou problematiku soustav hospodaření na málo úrodných půdách bramborářského výrobního typu. Ve vědeckých kruzích byla vždy oceňována právě jeho schopnost syntézy dílčích poznatků do ucelených soustav. Podařilo se mu prokázat, že i na málo úrodných půdách lze při dlouhodobé optimalizaci výživářských a agrotechnických opatření dosahovat často stejných nebo i lepších výsledků než na úrodných černozemních nebo hnědozemních půdách, zvláště v sušších ročnících. Ing. F. Křišťan, CSc., ve svých pracích předložil experimentální výsledky o tom, jak lze při dlouhodobé péči půdu a jen úměrných vkladech výrazně zvýšit její úrodnost. Řadu těchto syntetických prací publikoval i v našem vědeckém časopise.

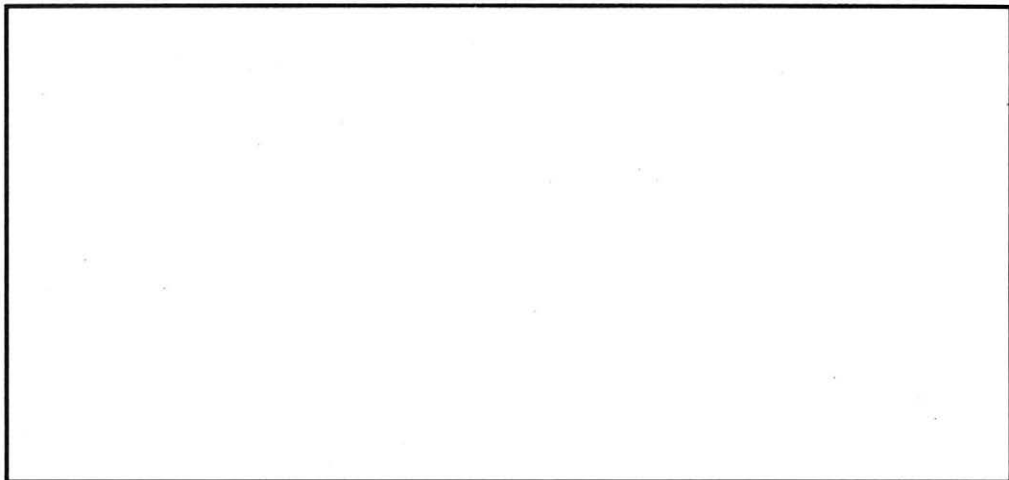
Ing. F. Křišťan, CSc., byl členem řady odborných komisí a vědeckých rad apod. Jeho dosavadní mnohostranná vědecká činnost byla po zásluze oceněna zlatou plakétou Za zásluhy o rozvoj vědy a výzkumu, kterou mu k jeho významnému životnímu jubileu udělila Akademie zemědělských věd ČSFR.

Náš jubilant se dožil svého životního jubilea ještě v plném pracovním zapojení, aktivitě, v duševní a fyzické svěžesti.

Doc. ing. František Vrkoč, DrSc.

CONTENTS

Voplakal K.: The effect of temperatures and moisture on the soil available phosphorus level and its variation during the vegetation period	977
Pavlíková D., Vaněk V., Vlková O.: Evaluation of methods of mineralizable nitrogen determination in the soil	983
Švihra J.: The effect of temperature and water stress after anthesis on the grain sink capacity in some winter wheat varieties	989
Ulmann L.: The effect of some cultural practices on the yield of Grado triticale.....	995
Novák J.: Gowing of early maize hybrids in a mountain region	1001
Tejklová E.: Long-term <i>in vitro</i> shoot-tip culture and plant regeneration in flax	1009
Máchová M.: Nitrogenase activity of red clover during flowering, seed development and after cuts.....	1023
Hofbauer J.: The effect of the Relan PGR (Trihor) chemical on lucerne pollen and seed yields.....	1033
Mrkvička J., Velich J., Hrnčíř M.: Nitrate nitrogen leaching in fast regeneration of permanent grassland on gleyic Fluvisol.....	1039
Zrůst J., Míča B.: Stolon and tuber initiation and development in potatoes at various levels of nitrogen nutrition	1045
Kajan M., Kubičko P., Mader P.: The use of algal biomass from open solar culture units to monitor the content of heavy metals in atmospheric deposition.....	1053



Rukopis odevzdán k tisku 7. 7. 1992 – Podepsáno k tisku 30. 11. 1992

Vědecký časopis ROSTLINNÁ VÝROBA ● Vydává Akademie zemědělských věd ČSFR – Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství ● Vychází měsíčně ● Redaktorka RNDr. Eva Stříbrná ● Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, tel.: 25 75 41 ● Sazba a tisk: PROXIMA, 110 00 Praha 1, Dlážděná 6, tel.: 235 68 81 ● Rozšiřuje PNS ● Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, doručovatel tisku a Administrace centralizovaného tisku: 160 00 Praha 6, Kafkova 19 ● © Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1992