



**Ústřední kontrolní a zkušební ústav
zemědělský v Brně**

Odbor agrochemie, půdy a výživy rostlin

BULLETIN

Odboru agrochemie, půdy a výživy rostlin

Ročník XI., číslo 1 / 2003

Brno 2003

Kvalitní řešení problematiky výživy rostlin z hlediska dosahované produkce, její kvality a současného zachování půdní úrodnosti vyžaduje dlouhodobé studie. Jen dlouhodobé časové řady dat umožňují spolehlivě zjistit rozsah biologických, chemických a fyzikálních změn prostředí a vliv povětrnosti, který významně všechny faktory ovlivňuje. Tyto změny nastávají obvykle relativně pomalu a mohou být posuzovány pouze ve vztahu k dříve měřeným situacím. Dlouhodobé pokusy dávají odpovědi nejen na problémy zemědělství, ale i životního prostředí a jsou pro svoji prospěšnost považovány ve vyspělých státech za nenahraditelné národní bohatství.

Z iniciativy pícninářského výzkumu byly v zemích RVHP koncem 60. let minulého století založeny dlouhodobé pokusy na travních porostech řešící vliv hnojení na produkci píce, její kvalitu a na půdní vlastnosti. Pokus v Závišíně se díky autorovi této publikace a vstřícnosti ÚKZÚZ k dané problematice podařilo zachovat do současnosti. V roce 1994 bylo pokusné místo na původní ploše, v poněkud zredukované podobě, obnoveno a posléze zařazeno jako Lukařsko pastvinářská stanice ÚKZÚZ v Závišíně.

Prezentované výsledky jednoznačně prokazují účelnost dlouhodobého sledování. Upřesňují maximální dávku dusíku, která zaručuje výnosovou účinnost, vhodný druh dusíkatého hnojiva, vliv hnojení na botanické složení porostu. Dále poskytují informace o vlivu vápnění na výnos a na změny půdní reakce. V poslední části jsou údaje týkající se dlouhodobé bilance jednotlivých základních živin.

Závěrem možno konstatovat, že obnovení pokusné plochy v Závišíně bylo správným rozhodnutím, což uváděné výsledky plně potvrzují.

Ing. Karel Trávník
ředitel odboru APVR

Vliv dlouhodobého obhospodařování travního porostu na produkci a kvalitu píče a na vlastnosti půdy

Výsledky stacionárního pokusu v Závišíně za léta 1969 - 2001

Zpracoval: Ing. Josef Královec, CSc.

1. OBSAH

1.	OBSAH	3
2.	ÚVOD	4
3.	POPIS STANOVIŠTĚ	4
4.1	POKUS SE STUPŇOVANÝM HNOJENÍM DUSÍKEM	5
4.1.1	<i>Metodika</i>	5
4.1.2	<i>Výsledky a diskuse</i>	6
4.1.3	<i>Závěr</i>	17
4.2	ZMĚNY V POROSTU PO UKONČENÍ HNOJENÍ	18
4.2.1	<i>Metodika</i>	18
4.2.2	<i>Výsledky a diskuse</i>	19
4.2.3	<i>Závěr</i>	20
4.3	VLIV HNOJENÍ A VÁPNĚNÍ NA PRODUKCI PÍČE A VLASTNOSTI PŮDY	21
4.3.1	<i>Metodika</i>	21
4.3.2	<i>Výsledky a diskuse</i>	23
4.3.3	<i>Závěr</i>	32
4.4	DLOUHODOBÉ SLEDOVÁNÍ VYBRANÝCH KOMBINACÍ	32
4.4.1	<i>Metodika</i>	32
4.4.2	<i>Výsledky a diskuse</i>	32
4.4.3	<i>Závěr</i>	36
5.	LITERATURA	37

2. Úvod

Koncem 60. let dvacátého století bylo jedním z hlavních témat pícninářského výzkumu zvyšování produkce píce. Jednu z možností nabízelo intenzivní hnojení travních porostů dusíkem. Dusíkatá hnojiva byla tehdy poměrně levná, bylo však třeba zjistit, jak dlouho bude možné je ve velkém množství používat. Z tohoto důvodu byla ve Výzkumném ústavu pícninářském (Institut für Grünland und Moorforschung Paulinenaue) v tehdejší NDR vypracována metodika rozsáhlého pokusu, který byl založen ve všech zemích RVHP s cílem dosahovat co nejvyšší produkce kvalitní píce z travních porostů při (tehdy) ničím neomezovaném přísunu minerálního dusíku. Sledování sice bylo ukončeno v roce 1973 (KALTOFEN, 1973, FRYČEK et al., 1974), ale pokus v Závišíně probíhal bez přerušení až do roku 1989, kdy byl z úsporných důvodů ukončen. Vzhledem k tomu, že se při zakládání pokusu neuvažovalo o délce sledování, nebyly kladeny žádné nároky na jeho umístění. Pokus byl vytýčen na okraji pastevního areálu Podhora, který Lukařskopastvinářská stanice v Závišíně v té době obhospodařovala pro Státní statek Mariánské Lázně. Po ukončení pokusu byl pozemek státním statkem dále využíván (porost se sice nehnojl, ale pravidelně sklízel). Tak bylo možné v roce 1994 z iniciativy tehdejšího ředitele OAPVR ing. Jana Penka pokus obnovit na původní ploše, i když jen v menším rozsahu a s nižším počtem variant. Současným majitelem pozemku je soukromý zemědělec pan Ivan **Kožíšek**, díky jehož vzácnému pochopení je možné ve sledování pokračovat.

Předkládaná práce je členěna do čtyř částí, které se zabývají hodnocením jednotlivých etap. **První část (4.1)** obsahuje výsledky původního pokusu z let 1969 - 1989, **druhá (4.2)** je věnována změnám, k nimž dochází v porostu a půdě po ukončení hnojení, **třetí (4.3)** zpracovává období od obnovení pokusu, tj. od roku 1994 do současné doby (zatím do roku 2000), a konečně **čtvrtá (4.4)** představuje průběžné hodnocení shodných variant za celou dosavadní dobu sledování (1969 - 2001). Každá z těchto částí je uvedena samostatnou metodikou.

3 Popis stanoviště

Pokusná plocha se nachází v nadmořské výšce 750 m. Jedná se o pozemek na mírném svahu se severozápadní expozicí, který byl plošně rekultivován v roce 1966. Průměrnou roční teplotou 6,4°C (ve vegetačním období 12,4°C) a průměrným ročním úhrnem srážek přesahujícím 700 mm (z toho ve vegetačním období kolem 400 mm) stanoviště spadá do klimatického regionu vlhkého, mírně chladného. Průběh teplot a srážek průběžně zjišťuje meteorologická stanice ÚKZÚZ v bezprostřední blízkosti Podle polohy a přírodních podmínek patří do zemědělské výrobní oblasti pícninářské (podle dřívější klasifikace šlo o ovesný podtyp bramborářské výrobní oblasti).

Podle Komplexního průzkumu zemědělských půd (1968) patří pokusná plocha do skupiny hnědých půd kyselých: hlavním půdotvorným procesem je zde zvětrávání substrátu (amfibolitu), kdy za kyselé reakce dochází k rozkladu minerálů a uvolňování hliníku a železa. Kyselá reakce je způsobena především minerálně chudým substrátem a jeho propustností ve svrchní části profilu, který umožňuje vyplavování bází. V dnes užívané klasifikaci je půda zařazena jako (kyselá) kambizem.

Jedná se o středně těžkou, písčitohlinitou půdu se silnější šterkovitostí. Při založení pokusu půda vykazovala kyselou půdní reakci (pH/KCl 4,2) a vyznačovala se nenasyceným sorpčním komplexem, středním obsahem málo kvalitního humusu (C_{ox} 3,17) a nízkým poutáním živin.

Výsledky agrochemického zkoušení půd v roce založení svědčily o velmi nízkém obsahu přístupného fosforu (8 mg P podle Egnera) a dobrém obsahu draslíku (174 mg K na 1 kg půdy dle Schachtschabela).

Po rekultivaci byla na pozemku vyseta obchodní směs pro dočasnou louku s převahou kostřavy luční a bojínku lučního. Hodnocený pokus byl na tomto porostu založen koncem roku 1968.

4.1 Pokus se stupňovaným hnojením dusíkem

léta 1969 - 1989

4.1.1 Metodika

Podkladem byla již zmíněná mezinárodní metodika. Podle ní se při konstantní hladině fosforu (32 kg P) a draslíku (100 kg K na hektar) každoročně aplikovala v ledku stupňovaná množství dusíku (0 - 320 kg.ha⁻¹ N), a to jednak ve třech shodných dávkách v průběhu vegetace (varianty označené L^x), jednak jednorázově na jejím počátku (varianty označené L). Původní metodika byla rozšířena o varianty s jednorázovou jarní aplikací močoviny (varianty označené M). Přehled variant udává tabulka I. Varianty byly šestkrát opakovány, přičemž tři opakování (A, B a C) se sklízela jako louka (tj. 2 - 3x za vegetaci) a tři (D, E a F) jako simulovaná pastva (tj. vícesecně).

Metodika měla díky době svého vzniku řadu nedostatků, k nimž patří zejména shodné dělení dusíku při lučním a pastevním využívání, absence dělené úrovně 240 kg.ha⁻¹ N a extrémně vysoké jednorázové dávky dusíku (320 kg.ha⁻¹ N) u variant 8, 9, 12 a 13.

**Tabulka I: Varianty pokusu se stupňovaným hnojením dusíkem
Závišín 1969 - 1989**

varianta hnojení	hnojení kg.ha ⁻¹ č.č.			poznámka	označení variant
	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)		
1	-	-	-	nehnojená kontrola	0
2	-	32 (72)	100 (120)	základní hnojení	PK
3	80	32 (72)	100 (120)	ledek ve třech shodných dávkách	L ^x
4	160	32 (72)	100 (120)		
5	320	32 (72)	100 (120)		
6	80	32 (72)	100 (120)	ledek jednorázově na počátku vegetace	L
7	160	32 (72)	100 (120)		
8	240	32 (72)	100 (120)		
9	320	32 (72)	100 (120)		
10	80	32 (72)	100 (120)	močovina jednorázově na počátku vegetace	M
11	160	32 (72)	100 (120)		
12	240	32 (72)	100 (120)		
13	320	32 (72)	100 (120)		

Pokusné parcelky byly uspořádány metodou znáhodněných bloků a jejich velikost činila 15 m^2 ($= 2,5 \text{ m} \times 6,0 \text{ m}$).

K hnojení se používal ledek amonný s vápencem (původně s obsahem 30 % N, od roku 1981 27,5 % N), močovina (46 % N), superfosfát (8 % P) a draselná sůl (50 % K).

Sklízelo se motorovou žací lištou v senosečné a pastevní zralosti, určované podle výšky porostu (LOWMAN, SWIFT et GRANT, 1984). K první sklizni se přistupovalo, když porost hnojených variant dosáhl výšky 40 respektive 25 cm. Termíny dalších sklizní byly určovány podle stavu porostů.

Výnosy sušiny byly podrobeny statistickému hodnocení. Vyrovnanost souborů se posuzovala pomocí koeficientu variace, což je v procentech vyjádřený poměr mezi směrodatnou odchylkou a aritmetickým průměrem. Dále se výnosy sušiny vyhodnocovaly analýzou rozptylu při trojnásobném třídění a současně byly vypočteny hodnoty minimálních průkazných diferencí pro pětiprocentní ($D_{\min 0,05}$) a jednoprocenní hladinu významnosti ($D_{\min 0,01}$). Kromě toho se zjišťovala produkční účinnost dusíkatého hnojení, vyjádřená v kilogramech sušiny na každý kilogram dusíku dodaného v minerálních hnojivech.

Botanické složení porostu se posuzovalo pomocí změn podílu trav, jetelovin a ostatních bylin v průměrných vzorcích sklizené píce ze všech variant.

Kvalita píce se hodnotila podle obsahu dusíku a minerálních živin v sušině.

4.1.2 Výsledky a diskuse

Rozdíl v termínech první sklizně mezi lučním a pastevním využíváním činil v průměru pokusných let zhruba 10 dní. Rozdílné sklizně poněkud ovlivnily rozdělení produkce v průběhu vegetačního období, ale na celkové produkci se příliš neprojeví. Vzhledem k tomu bylo možné výnosy všech šesti opakování vyhodnotit jako jeden soubor (tj. bez ohledu na způsob využívání).

Na výši produkce se rozhodujícím způsobem podílely vláhové poměry, tedy především úhrn a rozdělení srážek ve vegetačním období. Podle meteorologických údajů se sice zdá, že stanoviště je vláhově dobře zásobené, nicméně jednotlivé roky se navzájem značně lišily. Dosvědčují to úhrny srážek, naměřené ve vegetačním období pokusných let, které jsou spolu s průměrnými teplotami uvedeny ve výnosové tabulce III. Z dosažených výnosů je zřejmé, že i na travních porostech jsou při vlhčím počasí lepší předpoklady pro dosažení vyšších výnosů než v suchých letech, jak nedávno znovu prokázali BAIEROVÁ et al. (2001) u plodin na orné půdě. Vůbec nejnižší výnosy za celou dobu sledování byly téměř na všech variantách (s jedinou výjimkou) zaznamenány v extrémně suchém roce 1976.

Kolísání výnosů vlivem srážek bylo větší u nehnojených variant než u variant hnojených. Ukazují to hodnoty variačního koeficientu v tabulce II: čím je variační koeficient nižší, tím vyrovnanější je posuzovaný soubor. Soubor se považuje za vyrovnaný, pokud je variační koeficient nižší než 15%. Z tohoto pohledu byly nejméně vyrovnané soubory výnosů obou kontrolních variant (nehnojené a nehnojené dusíkem), u nichž se koeficienty variace blížily 20 %, podobně jako tomu bylo u souboru úhrnu srážek za vegetační období. Při dusíkatém hnojení byl variační koeficient obecně mnohem nižší. Vůbec nejvyrovnanější byly výnosy na hladině $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$, zejména pak

při děleném hnojení ledkem. Lze to vysvětlit dostatkem vláhy na začátku vegetace, což platí i pro poměrně vyrovnané výnosy při jednorázovém hnojení ledkem až do úrovně 240 kg.ha⁻¹ N (variační koeficient při tomto způsobu hnojení dokonce se zvyšující se úrovní dusíku klesal: 9,7 ⇒ 9,2 ⇒ 8,2). Při nejvyšší hladině dusíku (320 kg.ha⁻¹ N) se ukázala z tohoto pohledu lepší jednorázová aplikace ledku než hnojení dělené, protože poslední dávka dusíku, aplikovaná ve druhé polovině vegetace, byla velmi často téměř neúčinná. Nejméně vyrovnané byly výnosy po hnojení močovinou (v průměru močovinou hnojených variant byl variační koeficient 12,4 %), což je důsledkem známé závislosti rozkladu močoviny na průběhu povětrnosti v době její aplikace (DUCHOŇ et.alMPL, 1959), zejména jedná-li se o povrchovou aplikaci na travní porost (VELICH, 1986).

Tabulka II: Variabilita výnosů sušiny při stupňovaném hnojení dusíkem v porovnání s variabilitou srážek ve vegetačním období

Závišín 1969 - 1989

hodnoty koeficientu variace

srážky	varianty hnojení												
	1	2	3	6	10	4	7	11	8	12	5	9	13
	kontroly		80 kg N			160 kg N			240 kg N		320 kg N		
	0	PK	L ^x	L	M	L ^x	L	M	L	M	L ^x	L	M
koeficient variace (%)													
18,7	19,4	19,1	8,1	9,7	11,1	9,9	9,2	12,1	8,2	12,6	10,4	9,8	13,8
průměr			9,6			10,4			10,4		11,3		

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově

Výnosy sušiny byly každoročně hodnoceny analýzou rozptylu, aby se zjistilo, do jaké míry byla reakce porostu na dusíkaté hnojení průkazná. Za průkazné se přitom považují takové rozdíly mezi výnosy, které jsou vyšší než vypočtená hodnota minimální průkazné difference. Výnosy většinou vzrůstaly s množstvím aplikovaného dusíku až po nejvyšší použitou úroveň hnojení, ale v užitkových letech byl tento růst průkazný jen málokdy: průkazné rozdíly ve výnosech byly totiž obvykle shledány jen mezi extrémními variantami. Tabulka III je uspořádána tak, aby byl účinek hnojení co nejzřetelnější: v řádcích jsou jednotlivá hnojiva (a způsob jejich aplikace), ve sloupcích úrovně hnojení. Poslední sloupec uvádí hodnoty minimálních průkazných diferencí, a to pro obě hladiny významnosti.

Tabulka III: Výnosy sušiny při stupňovaném hnojení dusíkem
Závišín 1969 - 1989

hnojení v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ čistých živin								$D_{\min}$
N		-	-	80	160	240	320	
P		-	32	32	32	32	32	
K		-	100	100	100	100	100	
výnosy sušiny $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$								$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$
rok 1969	L^x			5,93	7,18	-	8,45	
10,8°C	L	4,65	5,47	5,63	7,56	7,82	7,55	2,03
344 mm	M			6,00	6,17	7,26	7,05	2,36
rok 1970	L^x			6,10	6,81	-	7,30	
10,0°C	L	4,22	4,07	5,39	7,18	7,27	7,58	1,97
428 mm	M			6,02	6,36	7,46	7,04	2,30
rok 1971	L^x			5,84	7,37	-	7,57	
11,6°C	L	4,14	4,26	5,56	6,78	7,52	7,80	1,89
369 mm	M			5,90	6,47	6,37	7,26	2,20
rok 1972	L^x			5,86	7,94	-	8,28	
8,1°C	L	4,39	5,16	5,60	6,79	8,01	8,04	2,03
347 mm	M			5,39	6,11	7,03	8,65	2,36
rok 1973	L^x			5,16	6,86	-	7,95	
10,9°C	L	3,86	4,51	5,37	6,16	7,14	7,85	1,46
282 mm	M			4,88	6,23	6,57	7,03	1,70
rok 1974	L^x			6,58	8,97	-	9,69	
11,3°C	L	4,82	5,42	7,08	8,16	8,90	8,62	2,50
479 mm	M			6,43	7,92	8,17	8,62	2,90
rok 1975	L^x			5,04	6,62	-	7,21	
12,2°C	L	3,64	3,18	5,14	6,31	6,95	6,93	1,54
409 mm	M			5,04	6,68	5,80	6,18	1,79
rok 1976	L^x			4,41	5,36	-	5,62	
12,0°C	L	2,35	2,82	4,28	5,59	5,87	5,52	1,38
245 mm	M			4,02	4,97	5,16	5,30	1,61
rok 1977	L^x			5,25	6,76	-	7,05	
10,5°C	L	3,16	4,03	4,89	5,98	7,03	6,78	1,72
348 mm	M			4,83	5,86	5,92	6,09	2,00

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově
v prvním sloupci je uvedena průměrná teplota a úhrn srážek za vegetaci

Tabulka III: Výnosy sušiny při stupňovaném hnojení dusíkem (pokračování)
Závišín 1969 – 1989

hnojení v kg.ha ⁻¹ čistých živin								D _{min}
N		-	-	80	160	240	320	
P		-	32	32	32	32	32	0,05
K		-	100	100	100	100	100	0,01
výnosy sušiny t.ha ⁻¹								t.ha ⁻¹
rok 1978	L ^x			5,52	6,43	-	7,12	
9,8°C	L	3,15	4,11	5,22	6,45	7,20	6,89	1,51
541 mm	M			5,60	5,95	6,78	6,59	1,75
rok 1979	L ^x			5,50	7,03	-	7,53	
11,8°C	L	2,95	4,08	5,65	6,69	7,86	8,28	1,88
396 mm	M			5,48	7,00	7,04	7,40	2,19
rok 1980	L ^x			5,68	7,00	-	7,98	
9,1°C	L	3,07	4,59	4,91	6,18	8,30	8,46	2,55
452 mm	M			5,40	7,17	7,29	8,77	2,96
rok 1981	L ^x			6,16	7,42	-	8,05	
13,9°C	L	4,51	6,24	5,60	6,34	7,44	7,42	1,71
503 mm	M			6,29	6,25	7,26	7,34	1,98
rok 1982	L ^x			5,78	7,76	-	8,86	
12,2°C	L	3,61	5,97	5,82	6,80	7,60	8,35	1,67
359 mm	M			6,50	7,17	7,86	8,61	1,94
rok 1983	L ^x			5,40	6,69	-	7,99	
12,3°C	L	3,41	4,88	5,80	7,74	7,68	8,78	2,31
469 mm	M			5,56	7,66	8,47	8,25	2,69
rok 1984	L ^x			5,35	6,55	-	6,79	
11,7°C	L	3,11	4,12	5,28	6,16	6,65	6,85	1,58
501 mm	M			5,30	6,23	6,43	6,59	1,83
rok 1985	L ^x			5,81	7,86	-	8,15	
11,9°C	L	2,94	4,40	5,50	7,58	7,71	7,60	1,40
359 mm	M			5,73	7,26	8,00	8,35	1,68
rok 1986	L ^x			5,18	7,28	-	8,53	
12,1°C	L	2,73	5,16	5,28	6,76	7,91	8,14	1,68
492 mm	M			5,50	6,44	6,88	7,44	1,95

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově
v prvním sloupci je uvedena průměrná teplota a úhrn srážek za vegetaci

Tabulka III: Výnosy sušiny při stupňovaném hnojení dusíkem (dokončení)
Závišín 1969 – 1989

hnojení v kg.ha ⁻¹ čistých živin								D _{min}
N	-	-	80	160	240	320		
P	-	32	32	32	32	32	0,05	
K	-	100	100	100	100	100	0,01	
výnosy sušiny t.ha ⁻¹								t.ha ⁻¹
rok 1987	L ^x			5,81	6,83	-	8,14	
12,5°C	L	3,61	6,17	5,41	6,95	7,80	8,10	1,26
414 mm	M			4,72	4,51	5,19	5,36	1,46
rok 1988	L ^x			5,90	7,23	-	7,56	
12,8°C	L	2,88	5,77	6,26	7,06	7,19	7,66	1,63
332 mm	M			5,94	6,26	7,09	7,45	1,89
rok 1989	L ^x			5,59	7,87	-	7,77	
12,5°C	L	2,91	4,39	5,26	7,12	7,93	8,25	1,70
436 mm	M			5,52	6,24	6,73	7,56	1,98

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově
v prvním sloupci je uvedena průměrná teplota a úhrn srážek za vegetaci

Dosti často bylo hnojení 240 kg.ha⁻¹ N účinnější než hnojení 320 kg.ha⁻¹ N, a to častěji u ledku (v letech 1969, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1981 a 1985) než u močoviny (v letech 1969, 1970, 1978 a 1983). Výnosy po hnojení močovinou byly většinou nižší než po hnojení ledkem, jednou (v roce 1987) byl rozdíl ve výnosech mezi ledkem a močovinou počínaje úrovní 160 kg.ha⁻¹ N dokonce průkazný. Naopak vyšších výnosů než po (jednorázovém) hnojení ledkem se po hnojení močovinou dosáhlo v letech 1980, 1982 a 1985. Výnosové rozpětí (rozdíl mezi maximálním a minimálním výnosem) se u jednotlivých variant během let pohybovalo mezi 2,17 a 4,07 t.ha⁻¹ (obě tyto hodnoty byly zjištěny u děleného hnojení ledkem při 80 a 320 kg.ha⁻¹ N) a vyjadřuje v podstatě tytéž závislosti jako hodnocení variačního koeficientu (tabulka IV).

Tabulka IV: Výnosové rozpětí výnosů sušiny při stupňovaném hnojení dusíkem
Závišín 1969 - 1989

var	hnojení kg.ha ⁻¹ č.ž.				výnos sušiny t.ha ⁻¹		výnosové rozpětí	
	N	P	K		minimální	maximální	t.ha ⁻¹	%
1	-	-	-		2,35	4,82	2,47	81
2	-	32	100		3,18	6,24	3,06	100
3				L ^x	4,41	6,58	2,17	70
6	80	32	100	L	4,28	7,08	2,80	92
10				M	4,02	6,50	2,48	81
4				L ^x	5,36	8,97	3,61	118
7	160	32	100	L	5,59	8,16	2,57	84
11				M	4,51	7,92	3,41	111
8	240	32	100	L	5,87	8,90	3,03	99
12				M	5,16	8,47	3,31	108
5				L ^x	5,62	9,69	4,07	133
9	320	32	100	L	5,52	8,78	3,26	106
13				M	5,30	8,65	3,35	109

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově
procenta v posledním sloupci jsou vztažena k PK-variantě (=100)

Rozkolísanost výsledků v pokusných letech lze do značné míry eliminovat v jejich průměru (tabulka V). Vzhledem k velikosti hodnoceného souboru jsou vypočtené hodnoty minimálních průkazných diferencí velmi nízké, a proto byly rozdíly v průměrných výnosech vesměs průkazné.

Průměrné výnosy stoupaly s množstvím aplikovaného dusíku až po nejvyšší úroveň hnojení. Dělené hnojení ledkem však lze hodnotit pouze do hladiny 160 kg.ha⁻¹ N, protože varianta s děleným hnojením 240 kg.ha⁻¹ N nebyla do pokusu zařazena. Po jednorázovém hnojení ledkem stoupaly výnosy průkazně jen do 240 kg.ha⁻¹ N, další hnojení již bylo neúčinné. Po hnojení močovinou sice byl nárůst výnosů průkazný až po nejvyšší hladinu dusíku, ale výnosy byly nižší než po hnojení ledkem (počínaje hladinou 160 kg.ha⁻¹ N byl rozdíl mezi hnojením ledkem a močovinou průkazný).

Na hladině 80 kg.ha⁻¹ N se způsob aplikace ani použité hnojivo ve výnosovém účinku nijak výrazně nelišily: mezi průměrnými výnosy při této hladině hnojení byly jen nevýznamné rozdíly. Při hnojení 160 kg.ha⁻¹ N byly všechny rozdíly mezi průměrnými výnosy průkazné, dělené hnojení ledkem dokonce průkazně předčilo jednorázovou aplikaci ledku i močoviny. Na hladině 240 kg.ha⁻¹ N byly výnosy po (jednorázovém) hnojení ledkem i močovinou průkazně vyšší než při 160 kg.ha⁻¹ N, přičemž ledek byl průkazně účinnější než močovina. Nejvyšší úroveň hnojení - 320 kg.ha⁻¹ N - způsobila v průměru pokusných let průkazné zvýšení výnosu jen u močoviny. Výnos po hnojení ledkem však byl při této úrovni průkazně vyšší než po hnojení močovinou, u ledku bylo zvýšení výnosu proti předcházející úrovni hnojení zcela nevýznamné. Při této úrovni dusíkatého hnojení nebyl žádný rozdíl shledán ani mezi výnosy při různém způsobu aplikace ledku.

Je tedy zřejmé, že z praktického hlediska se pro hnojení travních porostů jeví jako vhodnější ledek (počínaje hladinou 160 kg.ha⁻¹ N aplikovaný v dávkách) a že na daném porostu bylo hnojení účinné jen do určité výše.

Tabulka V: Průměrné výnosy při stupňovaném hnojení dusíkem
Závišín 1969 - 1989

<i>hnojení v kg.ha⁻¹ čistých živin</i>							<i>D_{min}</i>
N	-	-	80	160	240	320	
P	-	32	32	32	32	32	0,05
K	-	100	100	100	100	100	0,01
<i>výnosy sušiny t.ha⁻¹</i>							<i>t.ha⁻¹</i>
L^x			5,61	7,13	-	7,79	
L	3,53	4,70	5,47	6,78	7,51	7,69	0,29
M			5,53	6,38	6,85	7,28	0,33

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově

Dalším důležitým měřítkem efektivnosti hnojení je produkční účinnost, vyjádřená přírůstkem výnosu na kilogram hodnocené živiny, v daném případě dusíku. Běžně uznávanou hranici efektivnosti dusíkatého hnojení je 10 kg sušiny na kilogram dusíku (MORRISON et al, 1980). Z energetického hlediska je však dusíkaté hnojení efektivní jen tehdy, když se ještě poslední navýšení úrovně hnojení projeví nárůstem produkce o 15,4 kg sušiny na 1 kg dodaného dusíku (VELICH, 1986). V hodnoceném pokusu byla průměrná produkční účinnost dodaného dusíku nejvyšší při hnojení 160 kg.ha⁻¹ N, kdy dosažené hodnoty odpovídaly oběma uvedeným kritériím (tabulka VI). Při hladině 80 kg.ha⁻¹ N byla produkční účinnost výrazně nižší. Jako zcela neefektivní se jevílo hnojení 240 a 320 kg.ha⁻¹ N. Znamená to, že daný porost byl schopen využít dodaný dusík jen po hladinu 160 kg.ha⁻¹ N, další zvyšování úrovně hnojení znamenalo jen zbytečné plýtvání hnojivy. Močovina byla - s výjimkou hnojení 80 kg.ha⁻¹ N - méně účinná než ledek, což lze opět vysvětlit již zmíněnou závislostí na průběhu povětrnosti v době aplikace a bezprostředně po ní. Z hodnocení produkční účinnosti tedy vyplývá podobný závěr jako z předcházejícího hodnocení průměrných výnosů: k hnojení daného porostu bylo výhodnější používat ledek než močovinu, přičemž za hranici efektivnosti dusíkatého hnojení je v daných podmínkách možné považovat úroveň 160 kg.ha⁻¹ N.

Tabulka VI: Produkční účinnost dusíkatého hnojení
Závišín 1969 – 1989

hnojení v kg.ha ⁻¹ čistých živin							
N	-	-	80	160	240	320	
P	-	32	32	32	32	32	
K	-	100	100	100	100	100	
produkční účinnost dusíku v kg sušiny na 1 kg dodaného N							
varianty hnojení	L ^x	x	x	11,4	19,0	⇒ 4,1*)	
	L			9,6	16,4	9,1	2,2
	M			10,4	10,6	5,9	5,4

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově

*) vzhledem k absenci varianty s děleným hnojením 240 kg.ha⁻¹ N mohla být výrobní účinnost vypočtena jen pro úroveň 320 kg.ha⁻¹ N

Kromě výnosů se u travních porostů hodnotí také botanické složení. Druhově pestrý porost se projevuje lepšími dietetickými vlastnostmi sklizené píce, protože agrobotanické skupiny se od sebe výrazně odlišují m.j. také obsahem živin. Botanické složení porostu se v hodnoceném pokusu posuzovalo ve všech sklizních podle váhových podílů trav, jetelovin a ostatních bylin. Pro větší přehlednost byly do tabulky VII zařazeny jen výsledky pozorování z prvních sklizní, a to v dvouletých odstupech. První sklizně tvořily rozhodující část celkového výnosu a rozdíly v jejich botanické skladbě byly i při různých termínech seče minimální. Vliv různých termínů se projevil teprve v dalších sklizních, kdy bylo možné pozorovat určité nepodstatné rozdíly ve složení porostu: při vícesecném využívání bylo ve druhých a zejména třetích sklizních zaznamenáno poněkud vyšší zastoupení jetelovin. Nejvíce jich bylo tam, kde se nehnojilo dusíkem, tedy v porostech hnojených jen fosforem a draslíkem (varianta 2) a pak na parcelách nehnojených vůbec. Podíl jetelovin však meziročně velmi kolísal, aniž bylo možné vypočítat nějaké zřejmé závislosti. Na variantách, kde se hnojilo dusíkem, byl podíl jetelovin obecně velmi nízký. Dusíkaté hnojení totiž podporuje růst trav, které zastíňují světlomilné jeteloviny, a ty pak z porostu ustupují. Svědčí o tom i zjištění, že podíl jetelovin byl při jednorázovém hnojení 80 kg.ha⁻¹ N často vyšší než při hnojení děleném, kdy byly trávy ve svém růstu déle podporovány pravidelným přísunem dusíku během vegetace. Pokud se při této úrovni hnojení dusík aplikoval zjara v jedné dávce, bylo obrůstání trav po první sklizni pomalejší, takže se jeteloviny mohly vzpamatovat a zůstaly v porostu déle zastoupeny. Totéž bylo možné pozorovat také při hnojení 160 kg.ha⁻¹ N, i když se od této úrovně hnojení jeteloviny v porostu téměř nevyskytovaly. Zastoupení ostatních bylin v porostu bylo na počátku pokusu nepatrné. V průběhu let jejich podíl sice vzrůstal, ale byl velice proměnlivý a bez zřetelných závislostí na hnojení. Močovina se ve svém působení na botanické složení od ledku nijak nelišila.

Tabulka VII: Průběh změn botanického složení porostu

Závislín, váhová procenta v 1.sklizni uvedených let, průměr šesti stanovení

hnojení	var.		podíl v % váhových										
			1969	1971	1973	1975	1977	1979	1981	1983	1985	1987	1989
0	1	T	84	96	68	76	52	51	46	63	57	54	57
		J	15	2	8	2	+	2	16	8	3	8	4
		B	1	2	24	22	48	47	38	29	40	38	39
PK	2	T	80	82	69	88	70	76	59	62	76	60	71
		J	18	17	19	1	5	2	31	27	3	16	3
		B	2	1	12	11	25	22	10	11	21	24	26
80 L ^x	3	T	94	98	84	92	81	85	71	74	85	79	75
		J	5	1	3	+	1	+	3	5	1	2	1
		B	1	1	13	8	18	15	26	21	14	19	24
80 L	6	T	91	98	82	96	77	77	72	78	88	84	84
		J	7	+	7	1	2	+	8	10	+	2	+
		B	2	2	11	3	21	23	20	12	12	14	16
160 L ^x	4	T	97	98	90	98	86	84	86	95	97	88	88
		J	2	1	1							1	
		B	1	1	9	2	14	16	14	5	3	11	12
160 L	7	T	99	96	85	97	77	76	68	83	84	74	88
		J	1	2	1	1			1	+			
		B	+	2	14	3	23	24	31	17	16	26	12

T - trávy, J - jeteloviny, B - ostatní byliny (+ - podíl menší než 0,5 %)

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově

Kvalita píce byla posuzována až od druhého užitkového roku (1970), a to podle obsahu dusíku a minerálních živin v sušině sklizené píce. Zjištěné údaje jsou v tabulce VIII uvedeny jako vážený průměr všech sklizní za celou dobu trvání pokusu. Ke srovnání posloužily tabulky výživné hodnoty krmiv (VENCL, 1991).

Pokud jde o dusík, vyžaduje porost pro svůj zdárný vývoj obsah 2,40 % N v sušině, požadavky hospodářských zvířat se podle nejrozličnějších pramenů pohybují mezi 1,20 - 2,40 % N v sušině píce. V tabulce VIII je vidět zřetelný nárůst obsahu dusíku v závislosti na úrovni dusíkatého hnojení, přičemž hodnoty 2,40 % N bylo dosaženo již u píce z obou kontrolních, dusíkem nehnojených variant. Nejvyšší obsahy byly zjištěny při intenzivním hnojení 240 a 320 kg.ha⁻¹ N, kdy koncentrace dusíku v sušině přesáhla 3 % N, a to bez ohledu na formu hnojiva či způsob aplikace. Hodnoty, uvedené v tabulce, však představují vážený průměr sklizní, přičemž je známo, že obsah dusíku v prvních sklizních bývá ještě vyšší. Nadměrné obsahy dusíku bývají provázeny nárůstem obsahu dusičnanů. Ten je především příznakem toho, že dusík není porostem dostatečně využíván (CARLIER et ANDRIES, 1977), protože výnosy neodpovídají úrovni hnojení. Současně ale mohou dusičnany negativně ovlivnit zdraví zvířat, jimž se píce s jejich vysokým obsahem zkrmuje, a navíc lze oprávněně předpokládat, že dochází k neproduktivním ztrátám dusíku. Ty pak ve svých důsledcích vedou ke zvyšování obsahu dusičnanů v povrchových i podzemních vodách a tím ke zhoršování životního prostředí.

Mezi úrovní (dusíkatého) hnojení, obsahem (celkového) dusíku a obsahem dusičnanů v píce sice nebyl zjištěn přímý vztah, nicméně z dosažených výsledků, k nimž se došlo mj. také na základě hodnocených pokusů, vyplývá, že z tohoto hlediska lze za bezpečné považovat hnojení do 200 kg.ha⁻¹ N (KRÁLOVEC et al., 1991).

*Tabulka VIII: Obsah živin v píce při stupňovaném hnojení dusíkem
Závišín 1970 - 1989, vážený průměr pokusných let*

var	hnojení kg.ha ⁻¹ č.ž.				obsah živin v % sušiny				
	N	P	K		N	P	K	Ca	Mg
1	-	-	-		2,35	0,31	2,09	0,77	0,23
2	-	32	100		2,43	0,35	2,57	0,79	0,19
3				L ^x	2,27	0,34	2,57	0,63	0,18
6	80	32	100	L	2,50	0,35	2,66	0,65	0,19
10				M	2,56	0,35	2,64	0,64	0,19
4				L ^x	2,59	0,34	2,51	0,57	0,21
7	160	32	100	L	2,83	0,35	2,52	0,60	0,20
11				M	2,77	0,36	2,60	0,59	0,21
8	240	32	100	L	3,22	0,35	2,38	0,57	0,21
12				M	3,03	0,35	2,61	0,58	0,21
5				L ^x	3,24	0,34	2,38	0,55	0,22
9	320	32	100	L	3,45	0,36	2,33	0,58	0,22
13				M	3,31	0,35	2,47	0,55	0,22

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově

Obsah fosforu v píce ze všech variant byl velice vyrovnaný a ve všech případech - včetně nehnojené kontroly - splňoval požadavky výživy zvířat. Na dusíkatém hnojení nevykazoval žádnou závislost. Výsledky naznačují, že porost byl fosforem zásoben dostatečně.

Vyrovnaný byl podle hodnot v tabulce VIII i obsah draslíku v píce, který však ve váženém průměru pokusných let výrazně překračoval nároky zvířat, většinou pramenů umístěvaných do rozmezí 0, 20 - 1,60 % K v sušině. Za fyziologické optimum pro rostliny se považují 2,0 % K v sušině (KLAPP et al., 1971), v domácí literatuře se tato hodnota považuje spíše za limitující vzhledem k přebytku draslíku v krmné dávce. Příčinu vysokých obsahů draslíku lze hledat především ve včasných sklizních: vývojově mladé porosty totiž vždy obsahují více draslíku, což souvisí s jeho funkcí při transportu vody a s jeho hromaděním v dělivých meristémech. V prvních letech pokusu bylo možné pozorovat synergický vliv dusíkatého hnojení (BAIER, 1973), kdy se s rostoucí úrovní dusíkatého hnojení obsah draslíku v píce zvyšoval. Postupem let je však zřejmá na všech variantách klesající tendence v obsahu draslíku, což zřejmě souvisí s nedostatečným hnojením touto živinou (tabulka IX).

Tabulka IX: Obsah draslíku v píce v průběhu pokusu
Závišín 1970 – 1989; vážený průměr sklizní vybraných variant v pokusných letech

varianta		1	2	6	4	8	5	9
<i>hnojení</i> <i>kg.ha⁻¹ č. ž.</i>	N	-		80	160	240	320	320
	P	-	32	32	32	32	32	32
	K	-	100	100	100	100	100	100
<i>aplikace dusíku</i>		-	-	L	L ^x	L	L ^x	L
		<i>K v % sušiny</i>						
1970		1,82	2,11	2,16	2,12	2,34	2,43	2,52
1971		2,69	2,96	3,22	3,05	3,06	3,12	2,59
1972		2,71	3,10	3,41	3,45	3,39	3,35	3,44
1973		2,70	3,13	3,47	3,39	3,57	3,29	3,12
1974		2,48	3,16	3,17	3,25	3,21	3,09	3,19
1975		2,62	3,04	3,13	3,06	3,07	2,77	3,12
1976		2,31	2,73	2,93	2,52	2,36	2,55	2,54
1977		2,23	2,66	2,87	2,78	2,40	2,51	2,36
1978		2,03	2,58	2,91	2,70	2,38	2,52	2,27
1979		1,90	2,39	2,35	2,15	2,28	2,14	2,02
1980		2,06	2,71	2,75	2,36	2,02	2,23	2,17
1981		1,77	2,50	2,26	1,92	1,79	1,85	1,98
1982		1,84	2,56	2,39	2,16	2,04	1,92	1,92
1983		1,67	2,18	2,11	2,31	2,05	2,00	1,88
1984		1,72	2,24	2,30	2,29	2,14	1,98	2,06
1985		1,75	2,38	2,24	2,30	1,99	2,11	1,96
1986		1,79	2,26	2,66	2,32	2,08	1,95	2,11
1987		1,92	2,51	2,43	2,03	1,96	2,11	2,10
1988		1,74	2,14	2,20	2,03	1,80	1,97	1,92
1989		1,49	2,28	2,25	1,75	1,58	1,53	1,52

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově

Obsah vápníku v píci sice odpovídal požadavkům výživy zvířat, ale v porovnání s obsahem draslíku byl poměrně nízký, což také do značné míry souvisí s včasnými termíny sklizní. V průběhu let lze pozorovat klesající tendenci, způsobenou pravděpodobně tím, že se po celou dobu pokusu nevápnilo. Obsah hořčíku nepravidelně kolísal, a to zřejmě v důsledku jeho uvolňování z matečné horniny.

Poměr $K : (Ca + Mg)$, který je důležitý z hlediska zdravotního stavu zvířat, byl zpočátku velmi vysoký a teprve v posledních letech, kdy klesl obsah draslíku v píci, se blížil požadované hodnotě 2,2 (KOPEC et MAZUR, 1999).

Tabulka X uvádí průměrný roční odběr sledovaných živin výnosem. Pokud jde o dusík, byl jeho odběr většinou vyšší než množství dodávané hnojivy: k přehnojování dusíkem docházelo při hnojení ledkem jen na hladině $320 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$, u močoviny (při nižších výnosech sušiny) již od $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$. Průměrná roční bilance dusíku byla vyrovnaná jen při (jednorázovém) hnojení $240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ v ledku. Přísun fosforu hnojením byl s výjimkou nehnojené kontroly vždy výrazně vyšší než odběr, u draslíku byl naopak vždy vyšší odběr. Schodek draslíku se zvyšoval s rostoucí hladinou dusíkatého hnojení. Draselné hnojení tedy bylo vzhledem k množství dodávaného dusíku zcela nedostatečné. Pokud by se však úroveň draselného hnojení zvýšila, lze předpokládat také (nežádoucí) nárůst obsahu draslíku v píci.

*Tabulka X: Odběr živin výnosem při stupňovaném hnojení dusíkem
Závišín 1970 - 1989, průměr pokusných let*

var	hnojení $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ č.č.				odběr živin $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$				
	N	P	K		N	P	K	Ca	Mg
1	-	-	-		81,5	10,7	72,5	26,7	8,1
2	-	32	100		113,5	16,6	120,3	36,8	9,1
3				L ^x	126,6	19,1	143,3	35,4	10,1
6	80	32	100	L	136,3	18,9	145,0	35,6	10,6
10				M	141,3	19,6	145,9	35,3	10,6
4				L ^x	184,1	24,3	178,0	40,4	14,9
7	160	32	100	L	190,0	23,5	169,2	40,1	13,7
11				M	179,8	23,2	169,1	38,2	13,6
8	240	32	100	L	241,3	26,4	178,2	42,4	15,5
12				M	209,0	24,5	180,0	39,8	14,8
5				L ^x	249,8	26,6	183,4	42,4	16,7
9	320	32	100	L	264,7	27,8	179,1	44,4	17,2
13				M	239,3	25,4	178,4	40,0	15,9

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově

Každoroční hnojení se projevilo i v půdních vlastnostech. Tabulka XI porovnává výsledky agrochemického zkoušení půd před založením pokusu (průměrný vzorek z celé pokusné plochy) s hodnotami, naměřenými v půdních vzorcích z jednotlivých variant po ukončení pokusu. Výměnná půdní reakce zůstala na kontrolních variantách beze změny, kdežto při hnojení 80 a 160 kg.ha⁻¹ N mírně stoupla, po hnojení 240 a 320 kg.ha⁻¹ N naopak klesla, a to bez ohledu na použité hnojivo. Vůbec nejnižší hodnoty byly naměřeny v půdách pod variantami každoročně hnojenými 320 kg.ha⁻¹ N, a to shodně po hnojení ledkem i močovinou. Zásoba přístupného fosforu klesla jen v půdě pod nehnojenou kontrolou, u všech ostatních variant byl v důsledku přehnojování zaznamenán nárůst obsahu přístupného fosforu. U draslíku byl zjištěn pod všemi variantami zřetelný pokles půdní zásoby.

Tabulka XI: Půdní vlastnosti před zahájením a po ukončení pokusu
Závišín 1968 a 1989

hnojení v kg.ha ⁻¹ čistých živin										
N			-	-	-	80	160	240	320	D _{min}
P			-	-	32	32	32	32	32	0,05
K			-	-	100	100	100	100	100	0,01
původní stav				po ukončení pokusu						
výměnná půdní reakce										
pH/KCl	L ^x					4,2	4,5	-	4,0	
	L	4,2	4,2	4,1		4,5	4,6	4,1	4,0	0,5
	M					4,3	4,3	4,3	4,0	0,6
obsah přístupného fosforu (dle Egnera)										
mg kg ⁻¹ půdy	L ^x					29,7	31,4	-	28,0	
	L	8,3	5,9	29,6		27,0	28,8	16,7	18,6	21,9
	M					33,6	36,9	34,8	18,5	25,4
obsah přístupného draslíku (dle Schachtschabela)										
mg kg ⁻¹ půdy	L ^x					30,2	27,3	-	28,0	
	L	174,3	35,9	40,2		28,2	28,2	24,2	23,4	14,2
	M					29,9	30,4	30,2	22,4	16,5

L^x - ledek v dávkách, L - ledek jednorázově, M - močovina jednorázově

4.1.3 Závěr

Výnosy sušiny stoupaly v závislosti na dusíkatém hnojení až po nejvyšší použité úrovni dusíku (320 kg.ha⁻¹ N), hnojení však bylo na daném porostu účinné pouze do úrovně poloviční (160 kg.ha⁻¹ N). Při vysoké úrovni dusíkatého hnojení se neúměrně zvyšoval také jeho obsah v píce. Dělení dusíku do dávek během vegetace se při daném způsobu využívání osvědčilo pouze na úrovni 160 kg.ha⁻¹ N, při nižší hladině dusíku se zcela vyrovnalo jednorázové aplikaci. Ke hnojení travních

porostů je vhodnější ledek než močovina, která je velice závislá na průběhu povětrnosti v době aplikace. Dusíkaté hnojení vedlo k potlačování jetelovin a k jejich ústupu z porostu. V průběhu pokusu byl pozorován nárůst podílu ostatních bylin. Použité hnojení fosforem bylo nadbytečné, hnojení draslíkem naopak nedostatečné. Dlouhodobá absence draselného hnojení na kontrolní nehnojené variantě i nedostatečný přísun draslíku na ostatních variantách vedl ke snižování jeho obsahu v půdě a následně také v píce. Podobnou tendenci bylo možné pozorovat také u vápníku.

Dosažené výsledky byly uplatněny Komplexních metodikách výživy rostlin (NEUBERG et al., 1985, 1990), v metodice Výživa a hnojení plodin (NEUBERG et al., 1995) a nejnověji v příručce Základy pastvinářství (PAVLŮ et al., 2001).

4.2 Změny v porostu po ukončení pokusu

léta 1989 – 2001

Ukončení pokusu poskytlo jedinečnou příležitost pozorovat změny, k nimž v porostu dochází, když se po více než 20 letech přestane hnojit.

O zhoršování floristické diverzity, k němuž dochází v důsledku intenzivního hnojení, se sice hovoří poměrně často (RYCHNOVSKÁ et al., 1994), ovšem stále se poměrně málo ví o průběhu a rychlosti změn opačných. Návrat k původním, druhově pestrým společenstvům na dříve hnojených lokalitách se přitom považuje za jeden z nejvážnějších problémů současné ekologie.

4.2.1 Metodika

Od roku 1990 se v odstupech 2 - 4 let hodnotí na vybraných variantách původního hnojení změny v botanickém složení porostů, a to přímým odhadem zastoupení rostlinných druhů na ploškách 2 x 4 m, umístěných ve středu vybraných pokusných parcelek tak, aby se vyloučil vliv okraje. K hodnocení se používá upravená Braun - Blanquetova stupnice s převodem na procenta pokryvnosti (van der MAAREL, 1979).

Orientačně se v nepravidelných intervalech zjišťuje výše produkce a kvalita píce na "opuštěných" parcelách, kde se od roku 1989 nehnojí, aby bylo možné posoudit, jak dalece se zde porost podobá porostu původnímu (tj. nehnojené kontrole). Podobně se posuzují i změny půdních vlastností.

4.2.2 Výsledky a diskuse

Tabulka XII uvádí průměrný počet rostlinných druhů, který byl zjištěn v botanických snímcích na nehnojené kombinaci a parcelkách původně hnojených dusíkem.

**Tabulka XII: Počet druhů v botanických snímcích
Závišín 1990 - 2001; průměr čtyř stanovení**

<i>kg.ha⁻¹ N</i>	každoroční hnojení dusíkem (do roku 1989)				
	0	80	160	240	320
<i>rok pozorování</i>	<i>průměrný počet druhů</i>				
1990	17,8	14,6	11,4	9,4	5,6
1994	21,2	x	x	x	13,0
1997	25,0	22,5	20,8	23,0	21,8
1999	24,5	24,8	24,0	24,8	22,2
2001	24,5	23,8	23,5	25,2	24,6

x - nebylo snímáno

Uvedený nárůst počtu druhů však byl provázen jen nevýrazným poklesem dominance medynky vlnatého, který bývá častým komponentem hnojených luk ve vyšších polohách střední Evropy (ELLENBERG, 1988) a který v Závišíně na intenzivně hnojených variantách postupem doby vytlačil původně vyseté druhy. Pokles převahy medynky byl méně výrazný na parcelkách, které se do roku 1989 dusíkem hnojily nejvíce, a to ze 78,5 % v roce 1990 na 63,8 % v roce 1997. Ještě v roce 2001 se zde podíl medynky blížil 50 %. Na ostatních (původně méně hnojených variantách) medyněk ustupoval výrazněji a jeho podíl se v roce 2001 pohyboval kolem 30 %. Současně byl pozorován vzestup počtu dvouděložných druhů, nicméně na celkové pokryvnosti se to nijak výrazně neprojevilo. Rychlý nárůst počtu druhů po ukončeném hnojení však není příliš běžný (RYCHNOVSKÁ et al., 1994).

Zatímco v roce 1989 byla produkce při hnojení 320 kg.ha⁻¹ N oproti nehnojené kontrole téměř trojnásobná, poklesly v osmém roce po ukončení hnojení výnosy sušiny na těchto variantách na úroveň nehnojené kontroly (tabulka XIII). Pokud jde o obsah živin v píce, byl pouze u dusíku zaznamenán markantní pokles, kdežto u ostatních živin došlo k více či méně velkému nárůstu, což je v rozporu se zjištěním GÁBORČÍKA a GAJDOŠE (1998), kteří zaznamenali pokles obsahu u všech živin.

**Tabulka XIII: Produkce a kvalita píce osm let po ukončení hnojení
Závišín 1989 a 1997**

rok	varianty	hnojení N kg.ha ⁻¹	produkce sušiny t.ha ⁻¹	obsah živin v píce				
				N	P	K	Ca	Mg
				v % sušiny				
1989	1	0	2,91	1,84	0,30	1,49	0,52	0,25
	průměr 5 + 9	320	8,01	2,84	0,34	1,52	0,47	0,18
			relativně k variantě 1					
	var 1 = 100		275	154	113	102	90	72
1997	1	0	2,02	1,79	0,25	1,42	0,70	0,26
	průměr 5 + 9	(320)	1,90	1,88	0,30	1,80	0,86	0,28
			relativně k variantě 1					
	var 1 = 100		94	105	120	127	123	108
rok 1997 relativně k roku 1989 (rok 1989 = 100)								
	1		69	97	83	95	135	104
	průměr 5 + 9		24	66	91	118	183	148

V roce 1997 byl orientačně odebrán půdní vzorek také z parcel, které byly do roku 1989 každoročně hnojeny jednorázovou dávkou 320 kg.ha⁻¹ N v ledku (+ PK). Půdní reakce zůstala silně kyselá (v horizontu 0 - 10 cm bylo zjištěno pH/KCl 3,8). Vliv předcházejícího hnojení zůstal patrný na obsahu přístupných živin v půdě. Ještě po osmi letech byl obsah fosforu poměrně vysoký (62 mg P na kg půdy podle Egnera) a obsah draslíku velmi nízký (35 mg K na kg půdy dle Schachtschabela). Obsah živin v půdě se zřejmě projevil v obsahu živin v píce a mohl být i jednou z příčin pomalého rozšiřování spektra rostlinných druhů.

4.2.3 Závěr

Na původně intenzivně hnojených parcelách byl zaznamenán výrazný pokles produkce, způsobený absencí hnojení. Výnosy poklesly na úroveň nehnojené kontroly. Sklizená píce obsahovala méně dusíku, obsah ostatních živin se zvýšil. Po ukončení hnojení vzrostl počet rostlinných druhů. Tento jev byl však pozorován i na kontrolních, nikdy nehnojených parcelách, což svědčí o možnosti samovolného zlepšování druhové diverzity, i když rychlost průběhu těchto změn nelze předem odhadnout.

4.3 Vliv hnojení a vápnění na produkci píce a vlastnosti půdy

výsledky stacionárního pokusu 1995 - 2000

V roce 1994 bylo obnoveno pozorování na vybraných variantách a v roce 1995 byl pokus rozšířen o kombinace s vápněním. Cílem pokračujících pozorování je zjistit, k jakým změnám dochází postupem času v produkci, v botanickém složení, v kvalitě píce a ve vlastnostech půdy pod trvalým travním porostem.

4.3.1 Metodika

Z někdejších 13 variant byly pro další sledování zachovány čtyři, které jsou v tabulce XIV zvýrazněny stínováním. Dusíkaté hnojení bylo omezeno hladinou $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$, při níž byla na daném porostu zjištěna v předcházejících sledováních nejvyšší produkční účinnost dodaného dusíku. Schéma pokusu bylo doplněno o tři nové kombinace s vápněním. Parcely, které nebyly do pokusu zařazeny, slouží ke sledování rychlosti změn botanického složení a půdních vlastností, k nimž dochází po ukončení intenzivního hnojení (kap. 4.2).

Na všech kombinacích se zjišťují výnosy zelené píce a sušiny, obsah N, P, K, Ca, Mg v píci, botanické složení porostu ve váhových procentech trav, jetelovin a ostatních bylin. Půdní vlastnosti (pH a obsah přístupných živin) se zjišťují vždy po ukončení tříletého cyklu vápnění. Kromě toho se na stanovišti i nadále sleduje průběh teplot a srážek: údaje za poslední období jsou uvedeny v tabulce XV.

Pokus probíhá na čtyřech z původních šesti opakování, přičemž se jejich označení změnilo podle následujícího schématu (nové označení je zvýrazněno): $C \Rightarrow \mathbf{A}$, $F \Rightarrow \mathbf{B}$, $B \Rightarrow \mathbf{C}$, $E \Rightarrow \mathbf{D}$. Vzhledem k tomu, že se pokračuje v původním pokusu, zůstala zachována i velikost pokusných parcel ($15 \text{ m}^2 = 2,5 \text{ m} \times 6,0 \text{ m}$). Parcely jsou uspořádány metodou znáhodněných bloků.

**Tabulka XIV: Kombinace stacionáru
Závišín 1995**

kombinace	hnojení v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ čistých živin			vápnění
	N	$\text{P}_2\text{O}_5 / \text{P}$	$\text{K}_2\text{O} / \text{K}$	
1	-	-	-	-
2	-	-	-	x
3	-	72 / 32	120 / 72	-
4	-	72 / 32	120 / 72	x
5	80	72 / 32	120 / 72	-
6	160	72 / 32	120 / 72	-
7	160	72 / 32	120 / 72	x

x vápnění v tříletých intervalech podle výsledků půdních rozborů
oranžově zvýrazněny varianty převzaté z původního pokusu

**Tabulka XV: Průběh teplot a srážek
Závišín 1995 - 2001**

<i>dlouhodobý průměr</i>	<i>rok</i>	<i>1994</i>	<i>1995</i>	<i>1996</i>	<i>1997</i>	<i>1998</i>	<i>1999</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>
teploty ve °C									
-3,1	I	-0,7	-2,6	-4,6	-2,9	-0,3	-0,8	-2,7	-2,3
-2,1	II	-2,6	2,2	-3,0	1,6	2,2	-3,2	0,8	0,3
1,6	III	4,4	1,5	-0,4	3,9	2,0	3,0	2,1	2,5
5,9	IV	6,5	7,2	8,2	4,8	7,9	6,8	8,3	5,2
11,4	V	11,0	12,5	11,5	13,0	12,6	11,4	12,8	13,1
14,4	VI	14,9	13,4	16,1	15,1	15,6	12,8	15,8	12,4
16,0	VII	20,7	19,8	14,6	16,3	14,6	16,6	13,3	16,6
15,1	VIII	17,8	17,2	16,4	19,2	15,4	14,9	16,6	17,1
11,8	IX	12,4	11,5	9,0	14,6	10,9	14,8	11,6	9,2
6,6	X	6,1	10,3	7,9	6,1	6,4	6,0	8,6	11,1
1,4	XI	4,7	-0,2	2,2	1,9	-1,2	0,7	3,8	1,1
-2,0	XII	0,9	-4,0	-4,3	-0,4	-2,1	-1,3	-0,2	-3,4
6,4	<i>průměr za rok</i>	8,0	7,4	6,1	7,8	7,0	6,8	7,6	6,9
12,4	<i>průměr za vegetaci</i>	13,9	13,6	12,6	13,8	12,8	12,9	13,1	12,3
srážky v mm									
53	I	84	105	10	25	51	68	53	56
46	II	28	63	34	76	17	99	75	68
44	III	108	72	32	92	57	43	167	119
54	IV	60	73	28	72	20	36	26	73
63	V	75	37	69	27	23	57	79	45
73	VI	36	98	85	49	100	68	55	80
82	VII	94	100	91	66	145	62	115	87
78	VIII	87	134	91	53	56	63	66	52
54	IX	44	143	58	15	144	66	65	149
51	X	36	20	85	60	166	62	68	44
51	XI	57	81	40	22	82	37	44	87
53	XII	88	47	34	51	49	78	29	87
702	<i>úhrn za rok</i>	797	973	657	608	910	739	842	947
404	<i>úhrn za vegetaci</i>	396	585	422	282	488	352	406	486

Úroveň hnojení zůstala shodná s původní metodikou, aby bylo možné dosažené výsledky porovnávat s výsledky předcházejících let. K hnojení se používají běžná hnojiva: ledek amonný s vápencem, superfosfát a draselná sůl. Hnojiva se aplikují jednorázově zjara, jen dusíkem při hladině 160 kg.ha⁻¹ N se hnojí ve dvou dávkách po 80 kg N, a to na jaře a po první sklizni.

Vápní se v tříletých intervalech podle výsledků půdních rozborů. Poprvé to bylo na jaře 1995, podruhé na jaře 1998. K vápnění se používá dolomitický vápenec z obchodní sítě.

Porost se sklízí motorovou žací lištou jako dvousečná louka. K první seči se přistupuje při výšce porostu kolem 40 cm, termín druhé seče se stanovuje podle konkrétního průběhu vegetace.

Výnosy sušiny se průběžně vyhodnocují analýzou rozptylu při trojnásobném třídění.

4.3.2 Výsledky a diskuse

V tabulce XV je uveden průběh povětrnosti od počátku obnovených sledování. Celkově lze uplynulá léta charakterizovat jako průměrná, nicméně v jejich průběhu byly zaznamenány velké výkyvy jak v teplotách, tak ve srážkách. Výrazně odlišný byl zejména rok 1997 s nedostatkem vláhy ve vegetačním období a vyššími teplotami. Častým jevem byl opakující se nedostatek srážek v jarních měsících, které jsou pro tvorbu výnosu nejdůležitější.

**Tabulka XVI: Produkce sušiny ve stacionárním pokusu
Závišín 1995 - 2000**

<i>kombinace</i>	1	2	3	4	5	6	7	<i>D_{min}</i>	
<i>hnojení v kg.ha⁻¹ čistých živin</i>									
N	-	-	-	-	80	160	160		
P ₂ O ₅	-	-	72	72	72	72	72	0,05	0,01
K ₂ O	-	-	120	120	120	120	120		
vápnění	-	x	-	x	-	-	x		
<i>rok</i>	<i>výnos sušiny v t.ha⁻¹</i>							<i>t.ha⁻¹</i>	
<i>1. cyklus vápnění</i>									
1995	4,55	4,45	6,56	6,70	8,72	9,74	9,90		
1996	3,90	4,23	6,66	7,43	7,47	9,48	9,09	1,42	1,67
1997	2,02	2,26	3,70	5,00	5,47	5,80	6,08		
<i>průměr 95-97</i>	3,49	3,65	5,64	6,38	7,22	8,34	8,36	0,67	0,81
<i>2. cyklus vápnění</i>									
1998	2,71	3,09	4,10	4,90	6,01	6,45	7,05		
1999	2,67	4,06	4,71	5,60	8,01	7,46	8,27	1,22	1,43
2000	2,64	2,63	4,82	4,96	5,44	7,25	7,25		
<i>průměr 98-00</i>	2,67	3,26	4,54	5,15	6,48	7,05	7,52	0,57	0,70
<i>průměr obou cyklů vápnění</i>									
<i>průměr 95-00</i>	3,08	3,46	5,09	5,76	6,85	7,70	7,94	0,46	0,54

x - vápnění na jaře 1995 a 1998 podle výsledků půdních rozborů

V dalším se hodnotí první dva cykly vápnění 1995 – 1997 a 1998 – 2000). Výnosy sušiny, za tato léta jsou uvedeny v tabulce XVI. V prvním období (1995 - 1997) se ve výnosech od sebe navzájem průkazně lišily všechny kombinace, a to dokonce na jednoprocenní hladině významnosti. Výjimku tvořily jen rozdíly mezi výnosy kontrolních variant (1 a 2) a mezi výnosy obou variant

s nejvyšším hnojením (6 a 7). Vztahy mezi kombinacemi zůstaly v podstatě zachovány i ve druhém období (1998 - 2000), ale celková produkce (v průměru všech kombinací) byla zhruba o 10 % nižší.

V průměrných výnosech za všech šest let sledování (1995 - 2000) se průkaznost rozdílů mezi výnosy potvrdila a poměry mezi kombinacemi se staly zřetelnější: průkazné rozdíly ve výnosech nebyly shledány jen mezi oběma nehnojenými kontrolami a mezi oběma kombinacemi při vyšší úrovni dusíkatého hnojení ($160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$). Všechny ostatní kombinace hnojení se od sebe výnosově navzájem průkazně lišily (na jednoprocentní hladině významnosti).

Produkční účinnost dusíku, vyjádřená v kilogramech sušiny na kilogram dodaného dusíku, dosáhla v průměru těchto šesti let při hnojení $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ hodnoty $22,0 \text{ kg}$ sušiny, kdežto při hnojení $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ byla nižší a činila jen $10,6 \text{ kg}$ sušiny, což je podstatně méně než hranice $15,4 \text{ kg}$, kterou VELICH (1986) pokládá (z energetického hlediska) za efektivní. Jednotlivé roky a samozřejmě i cykly vápnění se od sebe dosti výrazně odlišovaly, protože výnosy vlivem povětrnosti silně kolísaly: vůbec nejnižší byla produkce v suchém roce 1997.

Vápnění bylo účinné až od 2. užítkového roku (1996), a to především při absenci dusíkatého hnojení (tabulka XVII). V průměru prvního cyklu (1995 - 1997) zvýšilo vápnění produkci nehnojené kontroly (1) o 5 a výnos PK-kombinace o 13 %. Při hnojení dusíkem se neprojevilo vůbec. V průměru tří let druhého cyklu (1998 - 2000) byl po vápnění výrazně vyšší výnos nehnojené kontroly, a to o plných 22 %, což však je důsledek abnormálně vysokého výnosu kombinace 2 v roce 1999. Rozdíl 13 % mezi PK kombinacemi zůstal zachován a produkce vápněné, dusíkem hnojené kombinace 7 byla vyšší o 7 %.

V celkovém průměru za oba cykly došlo po vápnění ke zvýšení výnosu obou dusíkem nehnojených kombinací téměř shodně o 12%, kdežto při hnojení $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ se produkce v důsledku vápnění zvýšila jen nepatrně (o 3%), což potvrzuje správnost závěru, že při intenzivním hnojení ustupuje význam vápnění do pozadí.

Botanické složení porostu se posuzuje podle podílu trav, jetelovin a ostatních bylin (tabulka XVIII). Měnilo se v závislosti na hnojení a na průběhu počasí. Z počátku převládaly v první seči na všech variantách trávy, teprve ve druhé seči, kdy trávy pomaleji obrůstaly, se na dusíkem nehnojených variantách rozšířily jeteloviny. Jejich podíl byl z počátku ovlivněn také vápněním, jak ukazuje zvýšené zastoupení jetelovin ve 2. seči 1995 u vápněných kombinací 2 a 4 ve srovnání s nevápněnými kombinacemi 1 a 3. Vyšší podíl jetelovin na kombinacích 3 a 4 pravděpodobně souvisel s fosforečným a draselným hnojením (bez dusíku). Tyto trendy se však v dalších letech již neprojevily. Při dusíkatém hnojení se jeteloviny v porostu prakticky nevyskytovaly, zejména při vyšší hladině dusíku. Proměnlivé zastoupení ostatních bylin zatím nelze uspokojivě vysvětlit.

Porovnání průměrných hodnot podílů sledovaných pratobotanických skupin za oba tříleté cykly potvrzuje trvalost zjištěných změn. Kladný vliv fosforečného a draselného hnojení (bez dusíku) na rozvoj jetelovin je obecně známý a potvrzují jej i mnozí další autoři – např. GEISLER et al. (1993), kteří po PK-hnojení na trvalém porostu zaznamenali 20 % zastoupení jetelovin. V hodnoceném pokusu se na dusíkem nehnojených kombinacích snížilo zastoupení trav (v průměru o 15 %) a zvýšilo množství jetelovin a ostatních bylin (o 8 %, respektive o 17 %).

Při hnojení 80 kg.ha⁻¹ N zůstaly poměry v podstatě zachovány a při 160 kg.ha⁻¹ N se poněkud zvýšilo zastoupení trav (o 5 %) na úkor ostatních bylin.

**Tabulka XVII: Vliv vápnění na produkci sušiny
Závišín 1995 - 2000**

kombinace	0	PK	80N+PK	160N+PK
<i>produkce sušiny v t.ha⁻¹</i>				
1. cyklus				
1995				
bez vápnění	4,55	6,56	8,72	9,74
vápněno	4,45	6,70	-	9,90
<i>nevápněno = 100 %</i>	98	102	-	102
1996				
bez vápnění	3,90	6,66	7,47	9,48
vápněno	4,23	7,43	-	9,09
<i>nevápněno = 100</i>	108	112	-	96
1997				
bez vápnění	2,02	3,70	5,47	5,80
vápněno	2,26	5,00	-	6,08
<i>nevápněno = 100</i>	112	135	-	105
průměr let 1995 - 1997				
bez vápnění	3,49	5,64	7,22	8,34
vápněno	3,65	6,38	-	8,36
<i>nevápněno = 100</i>	105	113	-	100
2. cyklus				
1998				
bez vápnění	2,71	4,10	6,01	6,45
vápněno	3,09	4,90	-	7,05
<i>nevápněno = 100</i>	114	119	-	109
1999				
bez vápnění	2,67	4,71	8,01	7,46
vápněno	4,06	5,60	-	8,27
<i>nevápněno = 100</i>	152	119	-	111
2000				
bez vápnění	2,64	4,82	5,44	7,25
vápněno	2,63	4,96	-	7,25
<i>nevápněno = 100</i>	100	103	-	100
průměr let 1998 - 2000				
bez vápnění	2,67	4,54	6,49	7,05
vápněno	3,26	5,15	-	7,52
<i>nevápněno = 100</i>	122	113	-	107
celkový průměr 1995 - 2000				
bez vápnění	3,08	5,09	6,86	7,70
vápněno	3,45	5,76	-	7,94
<i>nevápněno = 100</i>	112	113	-	103

Tabulka XVIII: Botanické složení porostu
Závišín 1995 - 2000; váhová procenta v 1.sklizni uvedených let

var.	seč	1995		1996		1997		1998		1999		2000	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	T	65	54	48	73	55	55	50	56	44	41	24	34
	J	3	4	8	3	7	15	8	8	10	7	14	11
	B	32	42	44	24	38	30	42	36	46	52	62	55
2	T	63	59	61	79	62	77	56	61	45	49	33	57
	J	6	14	6	3	4	5	12	10	20	17	18	12
	B	31	27	33	18	34	17	32	29	35	34	49	31
3	T	62	57	75	82	70	84	62	57	50	46	56	57
	J	6	17	9	6	8	4	16	16	28	33	20	21
	B	32	26	16	12	22	12	22	27	22	21	24	27
4	T	57	46	76	84	77	88	86	67	39	53	56	73
	J	14	28	6	2	4	2	4	10	16	21	22	11
	B	29	26	18	14	19	10	10	23	45	26	22	16
5	T	78	81	92	94	84	85	76	84	89	78	88	91
	J	+	+	+	+	1	+	2	+	+	8	+	2
	B	22	19	8	6	15	15	22	16	11	14	12	7
6	T	85	91	82	91	93	91	95	95	96	95	90	100
	J	+	1							+	+	+	+
	B	15	9	18	9	7	9	5	5	4	5	10	+
7	T	94	87	80	90	95	93	92	95	92	91	92	100
	J												
	B	6	13	20	10	5	7	8	5	8	9	8	+

T - trávy, J - jeteloviny, B - ostatní byliny (+ - podíl menší než 0,5 %)

Kvalita píce se hodnotila podle obsahu dusíku a minerálních živin. Z tohoto pohledu produkce odpovídala požadavkům na kvalitní píci. Zjištěné hodnoty se pohybovaly v intervalech, které se v tabulkách výživné hodnoty krmiv přisuzují kvalitnímu lučnímu senu (VENCL, 1991). Rozdíly v obsazích živin, zjištěné mezi jednotlivými kombinacemi ve sledovaných letech, lze vysvětlit hnojením a změnami botanického složení.

Odběr a bilanci živin za první cyklus vápnění (1995 - 1997) uvádí tabulka XIX. Je z ní vidět, že na všech kombinacích byl odběr dusíku a draslíku větší než množství dodané hnojivy. Naopak u fosforu byla bilance negativní jen u nehnojených kontrol (1 a 2).

**Tabulka XIX: Odběr a bilance živin po prvním vápnění
Závišín 1995 - 1997; součet tří let**

<i>kombinace</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>odběr živin výnosem v kg.ha⁻¹</i>							
<i>N</i>	190,2	185,5	292,6	348,7	396,1	506,8	501,1
<i>P</i>	27,3	31,1	52,0	59,7	65,0	72,6	70,1
<i>K</i>	160,7	168,6	381,7	407,9	439,1	485,5	426,8
<i>Ca</i>	75,1	74,5	90,9	117,7	104,5	126,2	155,0
<i>Mg</i>	27,8	32,2	33,5	42,8	48,0	57,9	71,1
<i>bilance dusíku v kg.ha⁻¹ N</i>							
<i>hnojení</i>	-	-	-	-	240,0	480,0	480,0
<i>odběr</i>	190,2	185,5	292,6	348,7	396,1	506,8	501,1
<i>rozdíl</i>	- 190,2	- 185,5	- 292,6	- 348,7	- 156,1	- 26,8	- 21,1
<i>bilance fosforu v kg.ha⁻¹ P</i>							
<i>hnojení</i>	-	-	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
<i>odběr</i>	27,3	31,1	52,0	59,7	65,0	72,6	70,1
<i>rozdíl</i>	- 27,3	- 31,1	+ 44,0	+ 36,3	+ 31,0	+ 23,4	+ 25,9
<i>bilance draslíku v kg.ha⁻¹ K</i>							
<i>hnojení</i>	-	-	216,0	216,0	216,0	216,0	216,0
<i>odběr</i>	160,7	168,6	381,7	407,9	439,1	485,5	426,1
<i>rozdíl</i>	- 160,7	- 168,6	- 165,7	- 191,9	- 223,1	- 269,5	- 210,8
<i>bilance vápníku v kg.ha⁻¹ Ca</i>							
<i>hnojení</i>	-	1274,0	-	1274,0	-	-	1274,0
<i>odběr</i>	75,1	74,5	90,9	117,7	104,5	126,2	155,0
<i>rozdíl</i>	- 75,1	+ 1199,5	- 90,9	+ 1156,3	- 104,5	-126,2	+ 1119,0
<i>bilance hořčíku v kg.ha⁻¹ Mg</i>							
<i>hnojení</i>	-	84,0	-	84,0	-	-	84,0
<i>odběr</i>	27,8	32,2	33,5	42,8	48,0	57,9	71,1
<i>rozdíl</i>	- 27,8	+ 51,8	- 33,5	+ 41,2	- 48,0	- 57,9	+ 12,9

V navazující tabulce XX lze nalézt odběr a bilanci živin v souhrnu tří zatím posledních užitkových let (1998 - 2000). Nižší produkci ve srovnání s předcházejícím cyklem (v průměru všech kombinací byla zhruba o 10 % nižší - tab. XVI) odpovídal pouze odběr vápníku a hořčíku, který byl také nižší o 10 %. Odběr dusíku, fosforu a draslíku byl v průměru nižší o 20 %. Bilance dusíku byla negativní ještě při hnojení 80 kg ha⁻¹ N, při vyšší úrovni dusíkatého hnojení byl zaznamenán přebytek. Hnojení draslíkem bylo u všech kombinací nedostačující, u fosforu byl zaznamenán nedostatek jen u nehnojených kontrol.

Tabulka XX: Odběr a bilance živin po druhém vápnění
Závišín 1998 - 2000; součet tří let

<i>kombinace</i>	1	2	3	4	5	6	7
<i>odběr živin výnosem v kg.ha⁻¹</i>							
N	121,6	168,5	275,6	294,8	324,4	392,1	426,1
P	22,7	29,0	44,1	49,9	52,2	54,7	58,9
K	118,4	141,2	283,3	326,7	357,1	361,1	378,2
Ca	63,8	71,4	88,5	117,5	94,1	98,9	128,3
Mg	26,3	35,5	29,1	40,2	51,1	47,7	58,1
<i>bilance dusíku v kg.ha⁻¹ N</i>							
<i>hnojení</i>	-	-	-	-	240,0	480,0	480,0
<i>odběr</i>	121,6	168,5	275,6	294,8	324,4	392,1	426,1
<i>rozdíl</i>	-121,6	-168,5	-275,6	-294,8	-84,4	+87,9	+53,9
<i>bilance fosforu v kg.ha⁻¹ P</i>							
<i>hnojení</i>	-	-	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0
<i>odběr</i>	22,7	29,0	44,1	49,9	52,2	54,7	58,9
<i>rozdíl</i>	-22,7	-29,0	+51,9	+46,1	+43,8	+41,3	+37,1
<i>bilance draslíku v kg.ha⁻¹ K</i>							
<i>hnojení</i>	-	-	216,0	216,0	216,0	216,0	216,0
<i>odběr</i>	118,4	141,2	283,3	326,7	357,1	361,1	378,2
<i>rozdíl</i>	-118,4	-141,2	-67,3	-110,7	-141,1	-145,1	-162,2
<i>bilance vápníku v kg.ha⁻¹ Ca</i>							
<i>hnojení</i>	-	1274,0	-	1274,0	-	-	1274,0
<i>odběr</i>	63,8	71,4	88,5	117,5	94,1	98,9	128,3
<i>rozdíl</i>	-63,8	+1202,6	-88,5	+1156,5	-94,1	-98,9	+1145,7
<i>bilance hořčíku v kg.ha⁻¹ Mg</i>							
<i>hnojení</i>	-	84,0	-	84,0	-	-	84,0
<i>odběr</i>	26,3	35,5	29,1	40,2	51,1	47,7	58,1
<i>rozdíl</i>	-26,3	+48,5	-29,1	+43,8	-51,1	-47,7	+25,9

Vápnění se pozitivně projevilo na změně půdní reakce (tabulka XXI): pH stoupalo na všech vápněných kombinacích a na konci druhého cyklu se projevilo i v hlubších horizontech. Při hnojení $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ byl tento vzestup nejpomalejší, což lze pravděpodobně vysvětlit působením ledku. Dokládá to i výrazný pokles půdní reakce pod nevápněnými, dusíkem hnojenými kombinacemi (5 a 6). Pokud se nevápnilo (kombinace 1 a 3), zůstala půdní reakce prakticky beze změny. Půdní reakce je nyní na vápněných kombinacích pro travní porosty vyhovující, takže na jaře 2001 bylo možné přistoupit k udržovacímu vápnění.

Tabulka XXI: Vývoj půdní reakce
Závišín, podzim 1994, 1997 a 2000

vrstva	kombinace	1994**	1997	2000
		výměnná půdní reakce pH/KCl		
0 - 10	1	4,3	4,1	4,0
11 - 25			4,0	3,7
26 - 40			4,0	4,1
0 - 10	2*	4,1	4,8	5,4
11 - 25			4,3	4,8
26 - 40			4,1	4,0
0 - 10	3	4,2	4,3	4,2
10 - 25			4,3	3,8
26 - 40			4,3	4,0
0 - 10	4*	4,3	5,1	6,0
11 - 25			4,4	5,7
26 - 40			4,3	3,9
0 - 10	5	4,3	4,4	4,2
11 - 25			4,3	4,1
26 - 40			4,3	4,4
0 - 10	6	4,4	4,2	3,2
11 - 25			4,4	4,3
26 - 40			4,4	4,3
0 - 10	7*	4,2	5,2	5,5
11 - 25			4,5	4,7
26 - 40			4,4	4,3

*) vápněno na jaře 1995 a 1998

**) v roce 1994 měřeno ve vrstvě do 30 cm

Obsah přístupného fosforu v půdě (tabulka XXII) v důsledku poměrně vysokého přísunu hnojivy stoupal, samozřejmě s výjimkou nehnojené kombinace (1).

Tabulka XXII: Vývoj obsahu přístupného fosforu v půdě
Závišín, podzim 1994, 1997 a 2000 (metoda Mehlich II/III)

vrstva	kombinace	1994**	1997	2000
		P v mg kg ⁻¹ půdy		
0 - 10	1	44	27	37
11 - 25			26	36
26 - 40			26	23
0 - 10	2*	64	54	74
11 - 25			39	54
26 - 40			34	45
0 - 10	3	105	113	171
10 - 25			52	90
26 - 40			36	55
0 - 10	4*	72	88	152
11 - 25			52	105
26 - 40			50	65
0 - 10	5	104	124	154
11 - 25			66	83
26 - 40			44	52
0 - 10	6	90	113	134
11 - 25			65	82
26 - 40			50	58
0 - 10	7*	86	86	144
11 - 25			70	97
26 - 40			45	63

*) vápněno na jaře 1995 a 1998

**) v roce 1994 měřeno ve vrstvě do 30 cm

Letitá negativní bilance draslíku měla za následek výrazné snížení obsahu přístupného draslíku v půdě (tabulka XXIII). Ačkoliv je dosavadní vývoj do značné míry zkreslen výchozími hodnotami, je možné pozorovat zvláště výrazný pokles při dusíkatém hnojení, zejména pak při hnojení 160 kg.ha⁻¹ N. K nejmenšímu poklesu obsahu přístupného draslíku v půdě naopak došlo na obou PK kombinacích (3 a 4).

Tabulka XXIII: Vývoj obsahu přístupného draslíku v půdě
Závišín, podzim 1994, 1997 a 2000; metoda Mehlich II/III

<i>vrstva</i>	<i>kombinace</i>	<i>1994**</i>	<i>1997</i>	<i>2000</i>
<i>K v mg kg⁻¹ půdy</i>				
0 - 10	1	69	84	45
11 - 25			58	24
26 - 40			46	15
0 - 10	2*	61	81	33
11 - 25			60	24
26 - 40			57	16
0 - 10	3	58	123	90
10 - 25			69	49
26 - 40			64	35
0 - 10	4*	58	136	87
11 - 25			88	43
26 - 40			77	26
0 - 10	5	66	72	35
11 - 25			50	23
26 - 40			38	13
0 - 10	6	63	63	27
11 - 25			49	19
26 - 40			41	13
0 - 10	7*	54	77	28
11 - 25			62	18
26 - 40			51	14

*) vápněno na jaře 1995 a 1998

**) v roce 1994 měřeno ve vrstvě do 30 cm

Vápněním byl výrazně ovlivněn obsah přístupného vápníku a hořčíku v půdě. Zatímco na nevápněných kombinacích se přístupné množství těchto živin v půdě prakticky nezměnilo, lze na všech vápněných kombinacích pozorovat výrazný vzestup, a to i v hlubších horizontech.

4.3.3 Závěr

Vápnění bylo účinné až od 2. užitkového roku (1996), a to především při absenci dusíkatého hnojení, kdy došlo ke zvýšení výnosu o 12%. Při hnojení 160 kg.ha⁻¹ N se produkce v důsledku vápnění zvýšila jen nepatrně (o 3%), což potvrzuje správnost závěru, že při intenzivním hnojení ustupuje význam vápnění do pozadí. Vápnění se pozitivně projevilo na změně půdní reakce.

4.4 Dlouhodobé sledování vybraných kombinací

vybrané varianty 1969 - 2001

4.4.1 Metodika

Čtyři varianty původního dlouhodobého pokusu přešly jako základní kombinace do dalších sledování. Vzhledem k tomu, že pokus pokračuje pouze na čtyřech z původních šesti opakování, musely být hodnoty z minulých let přepočteny. Vyloučením dvou opakování však byla ovlivněna výše výnosů, které se tak v některých případech liší od hodnot, uvedených v části 4.1. V této části se také užívá nové číslování kombinací, které je shodné se stacionárním pokusem (1, 3, 5 a 6). Přehled hodnocených kombinací je uveden v tabulce XXIV.

**Tabulka XXIV: Kombinace stacionárního pokusu
Závišín 1969 - 2001**

označení kombinací		hnojení v $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ čistých živin		
původní	současné	N	P (P_2O_5)	K (K_2O)
1	1	-	-	-
2	3	-	32 (72)	100 (120)
6	5	80	32 (72)	100 (120)
7	6	160	32 (72)	100 (120)

4.4.2 Výsledky a diskuse

Výnosy sušiny ze všech pokusných let (1969 - 2001) jsou uvedeny v tabulce XXV. Z dlouhodobého sledování je sice zřejmé, že výše produkce byla do značné míry závislá na srážkách, i když se nejedná o přímý vztah. Nejnižších výnosů se dosáhlo v suchých letech 1976 a 1997, kdežto nejvyšších v letech srážkově bohatých, i když ani bohaté srážky nejsou - vzhledem k nerovnoměrnému rozdělení - zárukou vysokých výnosů. Hodnoty variačního koeficientu byly velmi podobné pro úhrny srážek ve vegetačním období (19,9 %) a pro soubory výnosů nehnojené kontroly (21,3 %) a dusíkem nehnojené kombinace (20,8 %). Nejvyrovnanější se zdá být soubor výnosů při vyšší úrovni dusíkatého hnojení (hodnota variačního koeficientu byla 14,5%), kdy se také může - samozřejmě za příznivých vláhových poměrů - uplatnit při tvorbě výnosu druhá dávka dusíku. Je také známo, že dusíkem hnojené porosty lépe hospodaří s vodou. Koeficient variace pro soubor výnosů při hnojení $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N ležel mezi uvedenými hodnotami a činil 17,0 %.

Soubor výnosů byl podroben statistickému hodnocení a vypočteny byly také minimální průkazné difference, které platí pro kteroukoli dvojici výnosů v tabulce XXV. V pokusných letech však byly průkazné rozdíly shledány většinou jen mezi výnosy vzdálených kombinací (např. mezi nehnojenou kontrolou a vyšší úrovní dusíkatého hnojení), takže jejich vypovídací schopnost je značně omezena.

Teprve mezi průměrnými výnosy (tabulka XXVI) byly nalezeny průkazné závislosti, protože vzhledem k dlouhé řadě pokusných let byly vypočtené hodnoty minimálních průkazných diferencí výrazně nižší než rozdíly mezi průměrnými výnosy. Všechny tyto rozdíly byly navzájem průkazné, a to dokonce na jednocentní hladině významnosti.

**Tabulka XXV: Výnosy kombinací dlouhodobého sledování
Závišín 1969 - 2001**

<i>hnojení v kg.ha⁻¹ čistých živin</i>				
N	-	-	80	160
P	-	32	32	32
K	-	100	100	100
<i>rok</i>	<i>výnos sušiny t.ha⁻¹</i>			
1969	5,00	5,72	5,85	8,26
1970	3,90	4,09	5,51	7,35
1971	3,82	4,66	5,75	7,07
1972	4,38	5,38	5,58	7,00
1973	3,89	4,18	5,26	6,33
1974	5,34	4,95	7,04	7,70
1975	3,30	3,15	5,11	6,35
1976	2,66	2,70	4,02	5,64
1977	3,17	3,74	4,86	5,89
1978	3,50	4,01	5,23	6,50
1979	2,76	3,97	5,67	6,54
1980	3,54	4,20	5,33	6,63
1981	3,96	5,52	5,81	6,21
1982	3,51	5,40	5,97	6,81
1983	3,30	4,60	5,70	8,06
1984	3,42	3,77	4,97	6,25
1985	2,86	4,19	5,42	7,61
1986	2,61	4,36	5,31	6,93
1987	3,51	5,89	5,72	7,16
1988	3,27	5,39	6,52	7,20
1989	2,88	3,99	5,41	7,27
1994	3,40	3,73	4,62	5,06
1995	4,55	6,56	8,73	9,74
1996	3,91	6,66	7,47	9,48
1997	2,02	3,70	5,47	5,80
1998	2,71	4,10	6,01	6,46

<i>hnojení v kg.ha⁻¹ čistých živin</i>				
N	-	-	80	160
P	-	32	32	32
K	-	100	100	100
<i>rok</i>	<i>výnos sušiny t.ha⁻¹</i>			
1999	2,68	4,71	8,01	7,46
2000	2,65	4,82	5,44	7,26
2001	3,84	5,99	7,02	7,96
D_{min} 0,05	1,72			
D_{min} 0,01	1,94			

**Tabulka XXVI: Průměrné výnosy dlouhodobě sledovaných kombinací
Závišín 1969 - 2001**

<i>hnojení v kg.ha⁻¹ čistých živin</i>				
N	-	-	80	160
P	-	32	32	32
K	-	100	100	100
<i>průměr</i>	3,46	4,63	5,82	7,04
D_{min} 0,05	0,23			
D_{min} 0,01	0,28			

Obsah živin v píce, posuzovaný podle vážených průměrů za pokusná léta (tabulka XXVII), naznačuje, že porosty měly k dispozici živin dostatek. Během pokusných let však postupně dochází k poklesu obsahu dusíku (výjimkou byla kombinace hnojená 160 kg.ha⁻¹ N), a v důsledku nedostatečného přísunu v hnojivech i obsah draslíku a vápníku.

**Tabulka XXVII: Obsah živin v píce dlouhodobě sledovaných kombinací
Závišín 1970 - 2001; vážený průměr pokusných let**

<i>kombinace</i>	<i>hnojení kg.ha⁻¹ č.ž.</i>			<i>obsah živin v % sušiny</i>				
	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>
1	-	-	-	2,21	0,30	1,95	0,75	0,25
3	-	32	100	2,24	0,34	2,44	0,71	0,20
5	80	32	100	2,26	0,33	2,41	0,60	0,21
6	160	32	100	2,58	0,33	2,30	0,57	0,21

Průměrná roční bilance živin za celé sledované období vykazuje ztrátu u všech živin s výjimkou fosforu, u něhož byl zaznamenán schodek pouze na kontrolní, nehnojené kombinaci (tabulka XXVIII).

**Tabulka XXVIII: Odběr živin na dlouhodobě sledovaných kombinacích
Závišín 1970 - 2001; průměr pokusných let**

<i>kombinace</i>	<i>hnojení kg.ha⁻¹ č.č.</i>			<i>průměrný roční odběr živin v kg.ha⁻¹</i>				
	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>N</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>
1	-	-	-	75,3	10,2	66,3	25,6	8,5
3	-	32	100	102,7	15,5	111,9	32,7	9,0
5	80	32	100	131,7	19,0	140,3	35,2	12,1
6	160	32	100	180,6	22,9	161,0	39,8	14,7

Výměnná půdní reakce se na hodnocených kombinacích v podstatě neměnila. Záporná bilance živin se projevila v poklesu jejich obsahů v půdách (tabulka XXIX). K rozborům byly použity shodné analytické metody podle Egnera a Schachtschabela.

**Tabulka XXIX: Změny vlastností půd pod dlouhodobě sledovanými kombinacemi
Závišín 1970 - 2000**

<i>kombinace</i>		<i>1970</i>	<i>1980</i>	<i>1989</i>	<i>2000</i>
1	pH/KCl	4,2	4,2	4,2	4,3
	P	12	7	6	7
	K <i>mg . kg⁻¹ půdy</i>	73	54	36	40
	Mg	100	50	95	63
3	pH/KCl	5,0	4,6	4,1	4,3
	P	14	20	30	33
	K <i>mg . kg⁻¹ půdy</i>	86	59	40	49
	Mg	92	45	64	54
5	pH/KCl	4,5	4,5	4,5	4,5
	P	12	17	27	30
	K <i>mg . kg⁻¹ půdy</i>	92	64	28	40
	Mg	92	29	64	52
6	pH/KCl	4,5	4,6	4,6	4,6
	P	13	15	29	26
	K <i>mg . kg⁻¹ půdy</i>	93	47	28	32
	Mg	100	30	58	53

4.4.3 Závěr

Dlouhodobě (v letech 1969 – 2001) byly sledovány čtyři varianty hnojení travního porsotu (nehnojená kontrola, PK-varianta a dvě kombinace dusíkatého hnojení). Je zřejmé, že výše produkce byla do značné míry závislá na srážkách, i když přímý vztah nalezen nebyl. Průkazné rozdíly (dokonce na jednoprocenní hladině významnosti) byly shledány pouze mezi průměrnými výnosy všech kombinací. Během pokusných let postupně klesl obsah dusíku v píce (s výjimkou kombinace hnojené $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$) a díky nedostatečnému přísunu v hnojivech se v píce snížil také obsah draslíku a vápníku. Bilance živin za celé sledované období byla záporná u všech živin kromě fosforu, u něhož byl zaznamenán schodek pouze na kontrolní, nehnojené kombinaci. Výměnná půdní reakce se na hodnocených kombinacích v podstatě neměnila. Záporná bilance živin se projevila poklesem jejich obsahů v půdách.

5. Literatura

- BAIER, J., 1973:** Základní principy výživy rostlin. Studijní informace ÚVTIZ, řada Půdoznalství, meliorace a výživa rostlin (4)
- BAIEROVÁ, V. et al., 2001:** Vliv globálních klimatických změn na živinné režimy v zemědělských plodinách a jejich dopad na výnosový potenciál rostlin. Závěrečná zpráva projektu IMPETUS, VÚRV Praha-Ruzyně
- CARLIER, L. et A. P. ANDRIES, 1978:** Nitrate contents in rotationally grazed and set stocked grass. In: Constraints to grass growth and grassland output. Proceedings of the 7th General Meeting of the European Grassland Federation, Gent, Vol. III: 9.63 - 9.70
- DUCHOŇ, F. et J. HAMPL, 1959:** Agrochemie. SZN Praha
- ELLENBERG, H., 1988:** Vegetation Ecology of Central Europe. Cambridge University Press
- FRYČEK, A., J. KRÁLOVEC et al., 1974:** Vhodné soustavy hnojení drnového fondu. Syntetická závěrečná zpráva, Ústav výživy rostlin VÚRV Praha Ruzyně
- GÁBORČÍK, N. et M. GAJDOŠ:** Vplyv prerušenia hnojenia trávneho porastu na chemické zloženie trávnej hmoty. Agrochémia 38 (4): 9 – 10
- GAISLER, J., J. FIALA et B. SPOUSTOVÁ, 1993:** Změny botanického složení a výnosu v závislosti na typu travního porostu a hnojení. Rostlinná výroba 44 (1): 39 - 44
- KALTOFEN, H., 1973:** Zusammenfassende Auswertung der gemeinsam durchgeführten Forschungsarbeiten über die Stickstoffdüngung des Grünlandes. In: Seszyty problemowe nauk rolniczych (150)
- KLAPP, E. et al., 1971:** Wiesen und Weiden. Paul Parey, Berlin - Hamburg
- KOPEC, M. et K. MAZUR, 1999:** The effect of fertilization and liming on the element composition in meadow sward. Rostlinná výroba 45 (3): 101 - 106
- KRÁLOVEC J., A. FRYČEK, I. RAIS et N. FRYČEK, 1991:** Retrospective analysis and present view of nitrate contents in herbage from grassland. Scientia agric. Bohemoslovaca 23 (4): 283 - 291
- LOWMAN, B. G., G. SWIFT et S. A. GRANT, 1984:** Grass height - a guide to grassland management. Technical Note. The East of Scotland College of Agriculture, Edinburgh
- van der MAAREL, E., 1979:** Transformation of cover abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. Vegetatio 39 (2): 97 - 114
- NEUBERG, J. et al., 1985:** Komplexní metodika výživy rostlin. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do praxe (15), ÚVTIZ Praha
- NEUBERG, J., J.JEDLIČKA et H. ČERVENÁ, 1995:** Výživa a hnojení plodin. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do praxe (8), ÚZPI Praha
- PAVLŮ, V. et al., 2001:** Základy pastvinářství. Asociace soukromého zemědělství ČR
- RYCHNOVSKÁ, M., D. BLAŽKOVÁ et F. HRABĚ, 1994:** Conservation and development of floristically diverse grassland in Central Europe. In: Grassland and Society. Proceedings of 15th General Meeting of EGF, Wageningen: 266 - 277
- VELICH, J., 1986:** Studium vývoje produkční schopnosti trvalých lučních porostů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Vysoká škola zemědělská Praha
- VENCL B., 1991:** Nové systémy hodnocení krmiv pro skot. Sborník Akademie zemědělských věd ČSFR: 148