

REAKCIA KOREŇOVÉHO SYSTÉMU TRVALÉHO TRÁVNEHO PORASTU NA MINERÁLNE HNOJENIE POČAS VEGETÁCIE

RESPONSE OF SEMINATURAL GRASSLAND ROOT SYSTEM TO MINERAL FERTILIZATION OVER GROWING SEASON

NORBERT GÁBORČÍK, DALIBOR KOHOUTEK, IVETA ILAVSKÁ

Slovenské centrum poľnohospodárskeho výskumu
Slovak Agricultural Research Centre

GÁBORČÍK, N. – KOHOUTEK, D. – ILAVSKÁ, I.: Response of seminatural grassland root system to mineral fertilization over growing season. Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 53, 2007, N. 1., pp. 1–10.

The influence of mineral fertilization on seminatural grassland (*Festuceto-Cynosuretum* association) root system was studied in the Spiš mountain region (Liptovská Teplička locality in the northern part of the Slovak Republic, altitude 960 m) over the growing period of the years 1992–1997. The locality is situated in a cold and wet climatic region with the sum of rainfall 550 mm and the average daily air temperature only 9.5°C.

The experiment had the structure of following four fertilization treatments in four repetitions:

- N_0 – non-fertilized control;
- PK – application of 30 kg of phosphorus and 60 kg of potassium per hectare;
- N_{90} – rate of nitrogen applied in three terms (3 x 30 kg N .ha⁻¹) plus PK-fertilization;
- N_{180} – rate of nitrogen applied in three terms (3 x 60 kg N.ha⁻¹) plus PK-fertilization.

PK-fertilizers in the form of superphosphate (18 % P) and potassium salt (40 % K) were applied in spring, in the time of grassland greening. At the same time, also the first rate of nitrogen in the form of saltpetre with calcite (30 % N) was applied. The next two rates of nitrogen were applied after the first and second cut after 7–10 days of stand regrowth (vegetative phenophase of grasses).

The grassland without mineral nutrients application accumulated 0.375 kg.m⁻² of root mass. The maximum

amount was detected in the period of first cut (0.841 kg.m⁻², 100 %) and was gradually decreasing over the growing period to the value of 0.323 kg.m⁻² and 0.282 kg.m⁻² in the second and third cut (80.2 % and 74.7 %, respectively). The root value of grassland was lower in spring (0.377 kg.m⁻², 85.8 %) in comparison with the first cut. A significant difference of grassland root weight between particular years was confirmed. A negative relationship between the amount of rainfall during the growing period and the mean root weight of non-fertilized grassland was confirmed ($r = -0.727^{**}$) too. These changes corresponded with the changes of the aboveground dry matter production and/or floristic composition of the swards. The application of PK fertilizers did not influence the weight of sward root system, but on the other hand, the rate of 90 and 180 kg of nitrogen per hectare increased the root weight in comparison with the treatment without fertilizers application by +11.8 % and +6.2 % (0.443 and 0.398 kg.m⁻²), respectively. The impact of fertilization was much more evident on R:S ratio, which was reduced from the value of 3.08 (control treatment) to the values 1.61, 1.23 and 0.84 in PK, N_{90} and N_{180} treatment, respectively. A negative relationship between N-rate and R:S ratio was confirmed ($r = -0.612^{**}$). The aspect of different influence of mineral fertilization on grassland root system is shortly discussed.

Key words: seminatural grassland, mineral nutrition, root system, seasonal dynamic, year to year variation, R:S ratio

Trvalé trávne porasty sú nedeliteľnou súčasťou krajinných celkov a predstavujú významný

produkčný zdroj objemových krmovín. Zohrávajú významné mimoprodukčné a krajnotvorné funk-

Doc. Ing. Norbert Gáborčík, PhD., 974 11 Banská Bystrica, Ďumbierska 32. E-mail: N.Gaborcik@seznam.cz

Ing. Dalibor Kohoutek, 058 01 Poprad, Široká 1876/90

Ing. Iveta Ilavská, PhD., SARC – Grassland and Mountain Agriculture Research Institute, Research Station in Poprad, 058 01 Poprad, ul. SNP 2. E-mail: ilavskai@isternet.sk

cie. Zároveň predstavujú značný potenciál ako genetický zdroj rastlinných a živočíšnych druhov, aj mikroorganizmov.

Predchádzajúce obdobie ich výskumu bolo zamerané jednak na detailnejšie určenie ich produkčných možností [18], fytosociologických charakteristík [23, 27] a podrobnej inventarizácie [13]. Je vcelku pochopiteľné, že pratologický výskum bol orientovaný najmä na analýzu ich produkčných možností, hlavne v spojení s aplikáciou priemyselných hnojív. Žiaľ dlhý čas sa nevenovala pozornosť akumulácii koreňovej hmoty, ktorá v tomto ekosystéme zohráva významnú úlohu.

Prvé štúdie akumulácie koreňovej hmoty trvalých trávnych porastov na Slovensku sa začali v 80-tych rokoch minulého storočia na dvoch rôznych trávnych asociáciách – *Festuceto-Cynosuretum* [15] a *Anthoxantho-Agrostietum* [6]. Následne boli tieto štúdie doplnené o analýzu koreňového systému dvoch typov alpínskych trávnych porastov v nadmorských výškach 1350 a 1900 m [19].

K systematickejšiemu štúdiu sa prišlo v rámci širšieho koncipovaného ekologicko-lúkarského výskumu troch typov trávnych porastov vo viacerých oblastiach Slovenska [11]. Bolo v ňom zahrnuté aj sledovanie zmien koreňového systému [17] pri aplikácii rôznych dávok minerálnych živín, z ktorých najmä dusík výrazne ovplyvňuje distribúciu uhlíka (^{14}C asimilátov) do koreňovej sústavy trávnych porastov [28], a následne aj zmien v hmotnosti koreňovej hmoty trávneho ekosystému [3].

Cieľom predloženej práce je analýza účinku rôzneho minerálneho hnojenia trvalého trávneho porastu na stanovišti s najvyššou nadmorskou výškou (960 m) v rámci spomenutého výskumného projektu [11].

MATERIÁL A METÓDA

Pokus bol založený v katastri obce Liptovská Teplička v roku 1991 v nadmorskej výške 960 m na poloprirodnom trávnom poraste, ktorý bol charakterizovaný ako asociácia *Festuceto-Cynosuretum*. Detailnejšiu charakteristiku lúčnych porastov oblasti Liptova podáva R u ž i č k o v á [24]. Stanovište patrí do chladnej a vlhkej

oblasti. Suma zrážok vo vegetačnom období dosahuje 550 mm a priemerná denná teplota vzduchu iba 9,5°C. Pôdno-klimatickú charakteristiku stanovišťa (koncentráciu základných organických a minerálnych živín pred založením pokusu) uvádzame v tabuľke 1, zrážkovo-teplotné pomery v tabuľke 2.

Pokus mal nasledujúce štyri varianty minerálneho hnojenia (v štyroch opakovaníach):

- N_0 – kontrolný (nehnojený) variant;
- PK – aplikácia 30 kg P a 60 kg K na hektár;
- N_{90} – dávka dusíka delená na trikrát (3 x 30 kg N ha⁻¹) plus PK-hnojenie;
- N_{180} – dávka dusíka delená na trikrát (3 x 60 kg N ha⁻¹) plus PK-hnojenie.

Fosforečné a draselné hnojivá vo forme superfosfátu (18 % P) a draselnej soli (40 % K) sa aplikovali na jar v čase zazelenania trávneho porastu. Súčasne sa aplikovala aj prvá dávka dusíka (liadok amónny s vápencom, 30 % N). Ďalšie dve dávky dusíka sa aplikovali po prvej a druhej kosbe po 7–10-dňovom dorastaní porastu (vegetatívna fenofáza tráv). Schéma pokusu aj s termínmi hnojenia je v tabuľke 3.

Porasty sa využívali tromi kosbami. Zberové plochy predstavovali 12 m² a rovnaká plocha bola vyhradená aj pre odber rastlinných, koreňových a pôdných vzoriek na ďalšie stanovenia. Tesne po kosbe sme z horizontu 0–100 mm odobrali vzorku na určenie hmotnosti koreňovej hmoty, pričom nebola analyzovaná časť tzv. zóny odnožovania [5]. Vzorku sme odoberali pomocou kovového valca s priemerom 50 mm a dĺžkou 150 mm. V každom termíne sledovania sa z každého variantu odobralo dvadsať vzoriek.

Produkcii sušiny nadzemnej časti porastu nad hladinou kosenie (hospodárska úroda) sme po zistení hmotnosti zelenej hmoty stanovili následným prepočtom na absolútnu sušinu.

Zo získaných údajov o produkcii sušiny nadzemnej hmoty v čase jej maximálnych hodnôt (t.j. v období prvej kosby) a množstve celkovej akumulovanej koreňovej hmoty v tom istom termíne sme vypočítali ich vzájomný pomer (R:S ratio). Z hodnôt maximálnej a minimálnej hmotnosti koreňovej hmoty v jednotlivých rokoch sme vypočítali rýchlosť obratu koreňovej hmoty podľa vzorca

$$T_{OR} = R_{max}/R_{min} : R_{min}/100 (\%) \quad [1]$$

VÝSLEDKY A DISKUSIA

kde R_{max} R_{min} – maximálne resp. minimálne množstvo akumulovanej koreňovej hmoty

TO_R – rýchlosť obratu koreňovej hmoty (%).

Zároveň sme určili aj dobu obratu (počet rokov) koreňovej hmoty v jednotlivých rokoch [4].

Získané výsledky sme vyhodnotili analýzou variancie ANOVA.

Hmotnosť koreňového systému (tab. 4)

Variant N_0

Zo šesťročného sledovania akumulovanej koreňovej hmoty trvalého trávneho porastu na kontrolnom variante bez aplikácie minerálnych hnojív (variant N_0) vyplýva, že jej množstvo značne kolísalo (od 0,213 do 0,545 kg.m⁻² s priemerom za roky 0,375 g.m⁻²). Zjavná je dynamika zmien sledovaného parametra počas ve-

T a b u ľ k a 1

Základná charakteristika experimentálnych stanovišť
Soil-climate characteristics of experimental sites

Ukazovateľ ⁽¹⁾	Stanovište ⁽²⁾				
	Lubiša (okr. Humenné)	Suchá dolina (okr. Banská Bystrica)	Obyce (okr. Nitra)	Liptovská Teplička (okr. Poprad)	
nadmorská výška ⁽³⁾	200 m	460 m	600 m	960 m	
zemepisná šírka ⁽⁴⁾	49° 10'	48° 44'	48° 19'	48° 55'	
zemepisná dĺžka ⁽⁵⁾	21° 56'	19° 09'	18° 16'	20° 06'	
klimatická oblasť ⁽⁶⁾	teplá ⁽⁷⁾	mierne chladná ⁽⁸⁾	mierne teplá ⁽⁹⁾	chladná ⁽¹⁰⁾	
klimatická podoblasť ⁽¹¹⁾	mierne vlhká ⁽¹²⁾	mierne vlhká	mierne vlhká	vlhká ⁽¹³⁾	
úhrn zrážok a priem. teplota vzduchu za veg. obdobie ⁽¹⁴⁾ (mm/°C)	400/13,0	441/13,6	375/13,5	550/9,5	
pôda (typ/subtyp) ⁽¹⁵⁾	kambizem typická ⁽¹⁶⁾	kambizem kyslá ⁽¹⁷⁾	kambizem kyslá ⁽¹⁷⁾	rendzina hlinitá ⁽¹⁸⁾	
obsah ⁽¹⁹⁾ (mg.kg ⁻¹)	C_{ox} (Tj.)	8,3	35,0	38,2	33,8
	N_t (Kj.)	1,6	2,7	2,7	3,3
	príst. P (Eg.)	0,9	1,7	2,2	2,5
	príst. K (Sch.)	61	85	75	68
	príst. Mg (Sch.)	174	275	325	494
C : N	5,2	13,0	14,1	10,2	
pH/KCl	4,3	4,3	4,2	7,0	

okr. – region

príst. – prístupný pre rastliny – available to plants

C_{ox} – oxidovateľný uhlík – oxidizable carbon

N_t – celkový dusík – total nitrogen

Tj. – podľa Tjurina – according to Tyurin

Eg. – podľa Egnera – according to Egner

Kj. – Kjeldahlovou metódou – by Kjeldahl method

Sch. – podľa Schachtschabela – according to Schachtschabel

(¹) Parameter, (²) site, (³) altitude, (⁴) longitude, (⁵) magnitude, (⁶) climatic region, (⁷) warm, (⁸) medium cold, (⁹) medium warm, (¹⁰) cold, (¹¹) climatic subregion, (¹²) medium wet, (¹³) wet, (¹⁴) sum of precipitations and average air temperature for vegetation season, (¹⁵) soil (type/subtype), (¹⁶) typical cambizem, (¹⁷) acid cambizem, (¹⁸) rendzina loamy, (¹⁹) content of nutrients

getačného obdobia, pričom je pre tento variant typická jednovrcholovosť. Maximálne hodnoty sme zaznamenali v prvej kosbe (0,481 kg.m⁻²),

čo je aj v súlade s množstvom vyprodukovanej sušiny vo forme hospodárskej úrody porastu. Hmotnosť koreňov v jarnom odbere predstavuje

T a b u ľ k a 2

Poveternostné podmienky v sledovaných rokoch
Weather conditinos over studied years

Ukazovateľ, mesiac (1)		1992	1993	1994	1995	1996	1997	n40 (1950-1990)
priemerný úhrn zrážok (2) (mm)	IV.	56,0	15,4	69,2	62,1	–	–	43
	V.	27,1	63,3	90,9	129,8	206,1	72,6	70
	VI.	67,1	49,5	57,6	144,0	98,0	104,2	90
	VII.	62,2	50,7	28,1	82,5	82,9	129,0	73
	VIII.	30,5	91,0	146,6	115,0	178,2	108,1	69
	IX.	80,7	32,4	148,3	52,8	100,8	30,9	47
	ΣIV.–IX.	323,6	302,3	540,7	586,2	666,0	444,8	392
priemerná teplota vzduchu (3) (°C)	IV.	6,7	3,3	4,3	3,1	–	–	5,8
	V.	10,8	11,1	8,1	7,5	10,4	8,8	10,8
	VI.	15,1	11,5	12,8	12,2	14,8	11,9	14,1
	VII.	16,7	12,6	14,8	17,0	12,9	12,3	15,7
	VIII.	19,3	13,4	13,1	15,0	13,4	12,3	15,1
	IX.	10,5	8,5	11,8	9,2	6,7	8,8	11,4
	̄IV.–IX.	13,2	10,1	10,8	10,7	11,6	10,8	12,1

n40 – dlhodobý (40-ročný) normál – long-time (40-year) normal

ΣIV.–IX. – úhrn zrážok za vegetačné obdobie (apríl až september)
sum of rainfall for growing period (April to September)

̄IV.–IX. – priemerná teplota vzduchu za vegetačné obdobie (apríl až september)
average air temperature for growing period (April to September)

(1) Parameter, month, (2) average sum of rainfall, (3) average air temperature

T a b u ľ k a 3

Hydro-termický koeficient a schéma pokusu
Hydro-thermic coefficient and experiment scheme

Rok (1)	Zrážky (mm) (2)	Teplota vzduchu (°C) (3)	HTK	Jarný odber* (4)	Termíny kosieb* (5)		
					1.k	2.k	3.k
1992	324	13,2	24,5	6.V.	29.VI.	20.VII.	20.IX.
1993	302	10,1	29,9	26.IV.	10.VI.	27.VII.	16.IX.
1994	541	10,8	50,1	25.IV.	21.VI.	25.VII.	10.X.
1995	586	10,7	54,7	20.IV.	21.VI.	2.VIII.	2.X.
1996	666	11,6	57,4	6.V.	6.VI.	16.VII.	1.X.
1997	444	10,8	41,1	5.V.	23.VI.	29.VII.	19.IX.

* termíny kosieb a odberov vzoriek na určenie hmotnosti koreňovej hmoty

* dates of cuts and samplings for determination of root biomass weight

HTK – hydro-termický koeficient – hydro-thermic coefficient

1.k – 3.k – prvá až tretia kosba – 1st, 2nd and 3rd cut

(1) Year, (2) rainfall, (3) air temperature, (4) spring sampling, (5) dates of cuts, (6) cut

vala 85,9 % hodnoty prvej kosby. V druhej a tretej kosbe došlo k postupnému poklesu hmotnosti na 67,2 a 58,6 % oproti prvej kosbe (0,323 a 0,282 kg.m⁻²). Uvedené rozdiely sú štatisticky významné (P<0,05).

Zmeny hmotnosti koreňovej hmoty súvisia s najväčšou pravdepodobnosťou so zmenami množstva zrážok počas vegetačného obdobia, ktoré boli v sledovanom období veľmi premenlivé (tab. 2). Rozdiel medzi maximálnymi a minimálnymi zrážkami predstavoval až 2,21-násobok a bol podobný ako rozdiel maximálnych a minimálnych hodnôt celkovej akumulovanej koreňovej hmoty (2,56-násobok). Medzi zrážkami počas vegetačného obdobia a priemernou hmotnosťou koreňovej hmoty sa potvrdil negatívny vzťah ($r = -0,727^{++}$).

Variant PK

Koreňová hmota na variante hnojenom PK-hnojivami sa nelíšila od hmotnosti koreňov na kontrolnom variante a v priemere rokov dosahovala hodnotu 0,374 kg.m⁻². Zmeny počas vegetačného obdobia majú rovnakú dynamiku ako na variante N₀.

Variety N₉₀ a N₁₈₀

Reakcia koreňového systému trávneho porastu na aplikovaný dusík (+PK-živiny) bola odlišná – na variantoch N₉₀ a N₁₈₀ sa hmotnosť akumulovaných koreňov v priemere za šesť sledovaných rokov zvýšila o 18,1 a 6,2 % na hodnoty 0,443 a 0,398 kg.m⁻² (rozdiel medzi variantmi pritom nedosiahol hranicu preukaznosti).

Aj na týchto variantoch sa zachovala tendencia postupného poklesu hmotnosti koreňovej hmoty počas vegetačného obdobia, pričom na variante N₉₀ bola hmotnosť koreňov v podstate vyrovnaná. Charakter zmien na variante s vyššou dávkou dusíka sa zhoduje s predchádzajúcimi dvoma variantmi.

Aj v podmienkach aplikovania priemyselných hnojív sa potvrdil vplyv ročníka, resp. dopad množstva zrážok na veľkosť koreňovej hmoty. Maximálnu akumuláciu koreňovej hmoty sme zaznamenali v roku 1993 s minimálnymi zrážkami (302 mm) a naopak minimálnu v roku 1996 s maximálnym množstvom zrážok počas vegetačného obdobia (666 mm). Vplyv ročníka na hmotnosť koreňovej hmoty bol preukazný (P<0,05).

T a b u ľ k a 4

Hmotnosť koreňového systému trvalého trávneho porastu v rôznych variantoch minerálneho hnojenia (kg.m⁻²)

Root weight of seminatural grassland under different mineral fertilization (kg.m⁻²)

Rok (1)	Variant hnojenia (2)	Termín odberu vzoriek (3)				x̄K
		jar (4)	1.k	2.k	3.k	
1992	N ₀	0,520	0,662	0,219	0,331	0,433
	PK	0,622	0,576	0,377	0,555	0,533
	N ₉₀	0,586	0,591	0,265	0,392	0,459
	N ₁₈₀	0,377	0,642	0,474	0,438	0,483
1993	N ₀	0,571	0,540	0,601	0,469	0,545
	PK	0,469	0,647	0,627	0,310	0,514
	N ₉₀	0,739	0,525	1,060	0,367	0,673
	N ₁₈₀	0,688	0,769	0,770	0,576	0,701
1994	N ₀	0,586	0,759	0,403	0,219	0,492
	PK	0,413	0,397	0,285	0,275	0,343
	N ₉₀	0,474	0,734	0,570	0,173	0,435
	N ₁₈₀	0,586	0,469	0,454	0,255	0,441
1995	N ₀	0,367	0,260	0,209	0,219	0,264
	PK	0,214	0,321	0,296	0,275	0,278
	N ₉₀	0,397	0,219	0,163	0,173	0,238
	N ₁₈₀	0,173	0,326	0,454	0,255	0,302
1996	N ₀	0,219	0,296	0,239	0,097	0,213
	PK	0,234	0,310	0,265	0,173	0,245
	N ₉₀	0,306	0,250	0,148	0,193	0,224
	N ₁₈₀	0,209	0,209	0,138	0,138	0,174
1997	N ₀	0,209	0,367	0,265	0,357	0,300
	PK	0,311	0,382	0,260	0,377	0,333
	N ₉₀	0,260	0,352	0,433	0,362	0,352
	N ₁₈₀	0,199	0,239	0,189	0,525	0,288
x̄Y	N ₀	0,412	0,481	0,323	0,282	0,375
	PK	0,377	0,439	0,352	0,328	0,374
	N ₉₀	0,460	0,445	0,404	0,461	0,443
	N ₁₈₀	0,372	0,442	0,413	0,365	0,398
Hd _{0,05}	pre varianty (5)					0,071
	pre roky (6)					0,089
	pre odbery/kosby (7)					0,071

x̄Y – priemer za pokusné roky
– average for experimental years

x̄K – priemer za odbery/kosby
– average for samplings/cuts

Hd_{0,05} – hraničná diferencia na hladine α = 0,05
– limit significant difference at the level α = 0.05

(1) Year, (2) treatment, (3) term of sampling, (4) spring, (5) for treatments, (6) for years, (7) for samplings/cuts

Úroda sušiny nadzemnej biomasy (tab. 5)

Vstup minerálnych živín do trávneho ekosystému aplikáciou priemyselných hnojív sa výrazne odrazil na primárnej produkcii nadzemnej časti porastu. V priemere pokusných rokov sa úroda sušiny po aplikácii fosforu a draslíka (variant PK) zvýšila o 59,2 % a po aplikácii dusíka až o 129,6 a 200,4 % (varianty N₉₀ a N₁₈₀).

T a b u ľ k a 5

Úroda sušiny trvalého trávneho porastu v rôznych variantoch minerálneho hnojenia (kg.m⁻²)
 Dry matter yield of seminatural grassland under different mineral fertilization (kg.m⁻²)

Rok (¹)	Variant hnoje- nia (²)	Kosba (³)			Spolu (⁴)
		1.k	2.k	3.k	
1992	N ₀	0,264	0,047	0,011	0,285
	PK	0,268	0,093	0,014	0,375
	N ₉₀	0,332	0,129	0,013	0,473
	N ₁₈₀	0,451	0,166	0,019	0,635
1993	N ₀	0,160	0,023	0,008	0,191
	PK	0,297	0,060	0,029	0,375
	N ₉₀	0,341	0,087	0,066	0,493
	N ₁₈₀	0,402	0,096	0,089	0,604
1994	N ₀	0,187	0,014	0,029	0,230
	PK	0,373	0,031	0,057	0,461
	N ₉₀	0,477	0,051	0,116	0,644
	N ₁₈₀	0,527	0,116	0,147	0,791
1995	N ₀	0,234	0,058	0,006	0,298
	PK	0,351	0,083	0,009	0,443
	N ₉₀	0,487	0,016	0,042	0,691
	N ₁₈₀	0,586	0,181	0,065	0,832
1996	N ₀	0,093	0,054	0,021	0,167
	PK	0,147	0,081	0,035	0,263
	N ₉₀	0,251	0,152	0,124	0,526
	N ₁₈₀	0,321	0,203	0,199	0,724
1997	N ₀	0,136	0,069	0,025	0,230
	PK	0,200	0,111	0,048	0,359
	N ₉₀	0,351	0,168	0,105	0,623
	N ₁₈₀	0,380	0,207	0,166	0,753
$\bar{x}Y$	N ₀	0,179	0,044	0,017	0,240
	PK	0,273	0,077	0,032	0,382
	N ₉₀	0,373	0,101	0,077	0,551
	N ₁₈₀	0,445	0,162	0,114	0,721

Všetky symboly ako v tabuľke 4.
 All symbols are identical with table 4.

(¹) Year, (²) treatment, (³) cut, (⁴) total

Dynamika tvorby úrodu sledovaného trávneho porastu je typická pre tento typ poloprirodných trávnych ekosystémov. Ich produkcia dosahuje maximálne hodnoty v čase prvej kosby a v priebehu vegetačného obdobia potom klesá. Táto zákonitosť platí bez ohľadu na množstvo alebo kvalitu aplikovaných minerálnych živín (tab. 5). Keďže práve nadzemná časť trávneho porastu (najmä listová plocha) je zdrojom fotoasimilátov a/alebo sušiny, dá sa predpokladať, že bude rozhodovať aj o množstve i spôsobe alokácie vytvorených asimilátov.

Svoj podiel na tvorbe primárnej produkcie daného porastu majú aj klimatické faktory, ktoré (najmä množstvo zrážok a teplota vzduchu) vykazovali počas sledovaného obdobia značné zmeny (tab. 2, 3). Z hľadiska hydro-termického režimu bol pre porast nehnojeného variantu, ale aj pre N-varianty optimálny rok 1995, v prípade PK-variantu to bol rok 1994 (tab. 5).

Distribúcia sušiny, rýchlosť a doba obratu koreňovej hmoty (tab. 6)

Aplikácia minerálnych živín výrazne ovplyvnila proces distribúcie sušiny medzi nadzemnou a podzemnou časťou porastu, čo vyjadruje pomer R:S. V prípade nehnojeného variantu trávneho porastu dosahoval priemernú hodnotu 3,08, ale už pri aplikácii PK-živín došlo k jeho značnému poklesu na hodnotu 1,61 (52,3 % v porovnaní s variantom N₀). K ďalšiemu zúženiu hodnoty R:S dochádza pri aplikácii dusíka, a to na oboch sledovaných variantoch na úroveň 1,23 resp. 0,84 (čo je 39,9 resp. 27,3 % z hodnoty variantu N₀). Uvedený pomer R:S tak indikuje podstatne vyššiu retenciu vytvorených asimilátov a/alebo sušiny v nadzemnej časti porastu pri nevýraznom účinku na hmotnosť koreňového systému, ktorý v prípade týchto variantov predstavuje iba 11,8 a 6,2 % (tab. 3).

Hodnota pomeru R:S kolíše aj medzi jednotlivými rokmi (na kontrolnom variante varíruje v rozpätí od 2,51 do 4,05). Ukazuje sa pritom, že slabo závisí od hydro-termického pomeru (tab. 2), nakoľko korelačný koeficient na tomto variante dosiahol hodnotu $r = 0,281$.

Nepotvrdil sa podstatnejší vplyv minerálneho hnojenia na dobu resp. rýchlosť obratu koreňovej hmoty (tab. 6). Na druhej strane sa však

T a b u ľ k a 6

Rýchlosť obratu a doba obratu koreňovej hmoty trávneho porastu a pomer R:S
Turnover rate and turnover time of seminatural grassland root biomass and R:S ratio

Ukazovateľ ⁽¹⁾		Rok ⁽²⁾						$\bar{x}Y$
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	
TO _R (%)	N ₀	66,9	22,0	71,2	43,1	67,2	43,1	52,3
	PK	39,4	52,1	33,4	33,3	44,2	31,9	39,1
	N ₉₀	55,2	65,4	76,4	58,9	51,6	34,0	56,9
	N ₁₈₀	31,8	25,2	56,5	46,9	34,0	62,1	42,8
r	N ₀	1,49	4,54	1,40	2,32	1,49	2,32	1,91
	PK	2,54	1,91	2,99	3,00	2,26	3,13	2,56
	N ₉₀	1,81	1,53	1,31	1,70	1,94	2,94	1,76
	N ₁₈₀	3,14	3,97	1,77	2,13	2,94	1,61	2,34
R:S	N ₀	2,51	3,38	4,05	1,11	3,19	2,70	3,08
	PK	2,15	2,18	1,06	0,91	2,11	1,91	1,61
	N ₉₀	1,78	1,54	1,54	0,45	1,22	1,00	1,23
	N ₁₈₀	1,42	1,91	0,89	0,55	0,65	0,63	0,84

TO_R – rýchlosť obratu koreňovej hmoty – turnover rate of root biomass

r – čas obratu koreňovej hmoty (v rokoch) – turnover period of root biomass (in years)

R:S – pomer koreňovej a nadzemnej hmoty – root : shoot ratio

Ostatné symboly ako v tabuľke 4.

Other symbols are identical with table 4.

⁽¹⁾ Parameter, ⁽²⁾ year

ukázalo, že oba parametre sú veľmi variabilné v čase.

Výsledky sledovania vplyvu minerálneho hnojenia trávnych porastov na ich koreňový systém boli už aj v predchádzajúcom období protichodné. Z prehľadu doterajších výsledkov vyplýva, že aplikovaný dusík (plus PK-živiny) môže redukovať, zvýšiť, alebo vôbec nemusí ovplyvniť hmotnosť koreňovej hmoty [7]. Takto je časť údajov v protiklade s výsledkami štúdií účinku dusíka na distribúciu asimilátov v individuálnych rastlinách tráv s použitím izotopu uhlíka ¹⁴C [1, 21, 22], ktoré poukazujú na ich redukciiu transportu do koreňa [6, 7]. To sa nakoniec potvrdilo aj v prípade monokultúr tráv na ornej pôde [8], ako aj na pasienkových porastoch so slabou zásobou dusíka [25].

Na rozdielnu reakciu koreňového systému na aplikované minerálne hnojivá poukazujú aj výsledky štúdií spoločného výskumného projektu, ktorý sa uskutočnil v rôznych pôdno-ekologických podmienkach Slovenska (tab. 1). Na

asociácii *Lolio-Cynosuretum* [17] sa nepotvrdili zmeny v hmotnosti koreňovej hmoty, avšak na druhej strane G á b o r č í k s T o m a š k i n o m [10] na asociácii *Poo-Trisetum* zistili v tých istých podmienkach minerálnej výživy jej nárast. Aj na stanovišti Lubiša (tab. 1) s bližšie nešpecifikovanou asociáciou sa hmotnosť koreňov zvýšila, avšak na inom type trvalého trávneho porastu zase poklesla [12].

Aj M r k v i č k a, V e s e l á a S k á l a [20] uvádzajú nárast hmotnosti koreňovej hmoty trvalého trávneho porastu na mezofytnom stanovišti, a to o 6,3 % pri PK-hnojení a o 11,0 a 9,6 % pri takmer podobných dávkach dusíka (100 a 200 kg.ha⁻¹) ako v našom pokuse.

Na negatívny vplyv aplikovaných dávok dusíka na koreňový systém alpínskych trávnych spoločenstiev poukazuje K r a j č o v i č a S e i f e r t [19]. K obdobným výsledkom sa dospelo aj pri aplikácii organických hnojív na trávne porasty [23], vrátane monokultúrnych porastov tráv [8].

Nejednotnosť reakcie koreňového systému na taký významný antropogénny faktor, akým je dusíkaté hnojenie, môže súvisieť s viacerými skutočnosťami. Okrem metodologických aspektov (spôsob odberu vzoriek a termín odberu) určitú úlohu zohráva aj čas – odbery počas viacročného obdobia [5, 6] i zmena floristického zloženia porastu vyvolaná vplyvom minerálneho hnojenia počas dlhšieho obdobia. Podľa I l a v s k e j, R a t a j a a K o h o u t e k a [14] sa v poraste vyskytuje v priemere tridsať druhov rastlín, avšak účinkom hnojenia sa jeho zloženie značne simplificuje. Na druhej strane zase uvádzané zmeny floristického zloženia počas rokov môžu ovplyvňovať aj vzájomné vzťahy jednotlivých komponentov porastu, ako to na zjednodušenom príklade dočasných trávnych porastov naznačujú F a l e s, L a i d l a w a L a m b e r t [2]. To znamená, že podiel druhov a tým následne aj veľkosť koreňového systému sa môže meniť bez ohľadu na aplikovaný dusík.

Na rozdiel od rôznorodého vplyvu minerálnej výživy trávnych porastov na hmotnosť koreňovej hmoty je jej efekt na pomer R:S jednoznačne redukujúci ako to potvrdzujú výsledky našich [10, 17, 19] i českých autorov [20]. Na rozdiel od údajov J a n ě o v i ě a a kol. [17] sme nepotvrdili pozitívny vplyv zrážok na veľkosť koreňovej hmoty. Naopak, registrovali sme skôr nárast koreňovej hmoty v podmienkach deficitu zrážok. Rovnaká tendencia sa potvrdila aj na asociácii *Poo-Trisetetum* (tab. 1) v oblasti stredného Slovenska na stanovišti Suchá dolina neďaleko Banskej Bystrice [10].

Z doteraz získaných údajov o reakcii trávnych porastov na aplikovaný dusík v podmienkach Slovenska sa ukazuje, že jeho vyššie dávky redukujú hmotnosť koreňovej hmoty v prípade málo produkčných trávnych spoločenstiev [6, 7, 19]. V prípade trávnych porastov s vyššou prirodzenou (naturálnou) produkciou sušiny (t.j. bez aplikácie minerálnych živín), ku ktorým patrili stanovištia v Lubiši a Banskej Bystrici [11] reagujú porasty na aplikovaný dusík nárastom množstva koreňovej hmoty [9, 10]. Neutrálnu reakciu vykazoval porast s priemernou produkčnou schopnosťou [17].

Zdá sa, že so stúpajúcou nadmorskou výškou sa hmotnosť koreňového systému trávnych

porastov zvyšuje [19], treba však upozorniť, že v tomto prípade sa uvádza ich celková hmotnosť vrátane báz stebiel (zóna odnožovania), ktorá sa však na celkovej sume podieľa až 50-timi percentami [17].

Z doterajších výsledkov je zrejmé, že porasty so slabšou zásobou dusíka v pôde (a prudkým nárastom produkcie nadzemnej hmoty pri aplikácii dusíka) reagujú poklesom hmotnosti koreňa pri aplikácii dusíka (+PK) a vice versa.

ZÁVER

Počas šiestich rokov sa sledoval účinok minerálneho hnojenia na množstvo akumulovanej koreňovej hmoty poloprirodného trávneho porastu v priebehu vegetačného obdobia. Získané údaje potvrdzujú, že:

- maximálne množstvo koreňovej hmoty akumuloval trávny porast na variante N_0 bez aplikácie minerálnych živín v období prvej kosby;
- aplikácia PK-hnojív neovplyvnila množstvo koreňovej hmoty trávneho porastu;
- aplikácia dusíka (+PK-živín) vyvolala nárast hmotnosti koreňovej hmoty;
- aplikovaný dusík (+PK-živín) zúžil pomer R:S;
- pri nedostatku zrážok je preferovaný transport asimilátov a/alebo sušiny do koreňovej hmoty.

Koreňový systém trvalých trávnych porastov si vyžaduje väčšiu pozornosť, nakoľko sa jednak podieľa na stabilite tohto ekosystému, jednak ovplyvňuje vstup uhlíkatých komponentov do pôdneho subsystému, čím ovplyvňuje štruktúru pôdy i jej mikrobiologickú aktivitu.

Do redakcie došlo 3. februára 2006

LITERATÚRA

1. BARTA, A.L. (1975): Effects of nitrogen nutrition on distribution of photosynthetically incorporated $^{14}CO_2$ in *Lolium perenne*. In: Can. J. Bot., vol. 53, 1975, No. 3, pp. 237–242.
2. FALES, S.L. – LAIDLAW, A.S. – LAMBERT, M.G. (1996): Cool – season grass ecosystems. In: MO-SER, L.E. et al. (eds), Cool-season forage grasses. ASA–CSSA–SSA, Agronomy Monography, 1996, No. 34, pp. 267–296. ISBN 0-89118-057-5.
3. FIALA, K. (1987): Cutting and fertilization effect on the root system in several grassland stands. I. Impact on the living and dead root biomass. In: Ekológia (ČSSR), vol. 6, 1987, No. 4, pp. 289–402.

4. FIALA, K. (1987): Stanovení doby obratu podzemní biomasy (Determination of underground turnover rate), pp. 124–125. In: RYCHNOVSKÁ, M. (ed.), *Metody studia travinných ekosystémů*. Prague : Academia, 1987, 272 p.
5. GÁBORČÍK, N. (1982): Štúdium produkčného procesu trávneho porastu z hľadiska kvantitatívnej a kvalitatívnej produkcie (The study of production process of grassland from quantitative and qualitative aspects) (PhD thesis). Nitra : Slovak Agric. Univ., 1982, 169 p.
6. GÁBORČÍK, N. (1985): Zmeny koreňového systému trvalého trávneho rastu vplyvom minerálneho hnojenia (The effect of mineral fertilization on the changes of root system of permanent grassland). In: GÁBORČÍK, N. (ed.), *Ekológia trávneho porastu II*. Banská Bystrica : Dom techniky ČSVTS, 1985, pp. 44–55.
7. GÁBORČÍK, N. (1985): Zmeny vybraných fyziologicko-morfologických charakteristík kostravy trstovitej cv. Lekora pestovanej v rôznych podmienkach dusíkatej výživy (The changes of selected physiological and morphological traits of tall fescue cv. Lekora cultivated under different nitrogen fertilization). In: *Poľnohospodárstvo*, vol. 31, 1985, No. 11, pp. 986–995.
8. GÁBORČÍK, N. – KAŠPER, J. – ONDRÁŠEK, E. (1989): Produkcia a distribúcia sušiny rôznych typov porastov cv. Lekora kostravy trstovitej (*Festuca arundinacea* Schreb.) (Production and dry matter production of various swards types of the Lekora, cultivar of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.)). In: *Ved. Práce Úst. Lúk Pasienkov*. Banská Bystrica : VCPÚ, vol. 20, 1989, pp.103–112.
9. GÁBORČÍK, N. – KOHOUTEK, D. (2000): A comparison between the root weights of two grassland types under fertilizer application. In: FERIEŇKOVÁ, D. – GÁBORČÍK, N. – ONDRÁŠEK, E. – UHLIAROVÁ, E. – ZIMKOVÁ, M. (eds), *Grassland Ecology V*. (proc. of the 5th Ecological Conference, Banská Bystrica, Nov. 1999). Banská Bystrica : Grassland and Mount. Agric. Res. Inst., 2000, pp. 133–140.
10. GÁBORČÍK, N. – TOMAŠKIN, J. (2000): The impact of mineral fertilization on root growth and accumulation in seminatural, oversown and temporary grassland. In: FERIEŇKOVÁ, D. – GÁBORČÍK, N. – ONDRÁŠEK, E. – UHLIAROVÁ, E. – ZIMKOVÁ, M. (eds), *Grassland Ecology V*. (proc. of the 5th Ecological Conference, Banská Bystrica, Nov. 1999). Banská Bystrica : Grassland and Mount. Agric. Res. Inst., 2000, pp. 124–132.
11. GÁBORČÍK, N. – ONDRÁŠEK, E. (2000): Štúdium trávnych porastov z hľadiska environmentálne prijateľného obhospodarovania v marginálnych podmienkach (A study of grassland from the point of sustainable management in marginal regions) (general research report). Banská Bystrica : Grassland and Mount. Agric. Res. Inst., 2000, 286 p.
12. GÁBORČÍK, N. – ONDRÁŠEK, E. – VOROBEL, M. – GAJDOŠ, M. (2002): Vplyv rôzneho spôsobu obhospodarovania trávnych porastov a hnojenia na akumuláciu koreňovej hmoty (The impact of different grassland management and fertilization on root biomass accumulation). In: *Agrochémia* (Bratislava), vol. 42, 2002, No. 4, pp. 13–16.
13. GALVÁNEK, D. – ŠEFFER, J. – STANOVÁ, V. – LASÁK, R. – VICENÍKOVÁ, A. (2000): National Grassland Inventory in Slovakia. In: FERIEŇKOVÁ, D. – GÁBORČÍK, N. – ONDRÁŠEK, E. – UHLIAROVÁ, E. – ZIMKOVÁ, M. (eds), *Grassland Ecology V*. (proc. of the 5th Ecological Conference, Banská Bystrica, Nov. 1999). Banská Bystrica : Grassland and Mount. Agric. Res. Inst., 2000, pp. 185–200.
14. ILAVSKÁ, I. – RATAJ, D. – KOHOUTEK, D. (1999): Vývoj ekosystémov poloprirodných, dočasných a prisievaných trávnych porastov v podhorských a horských regiónoch (Liptovská Teplička) (The development of seminatural, temporary and oversown grassland in the mountain and submountain regions (Liptovská Teplička) (research report). Banská Bystrica : Grassland and Mount. Agric. Res. Inst., 1999, 38 p.
15. JANČOVIČ, J. (1985): Vplyv hnojenia na koreňovú sústavu trávnych porastov (The influence of fertilization on grassland root system). In: *Agrochémia* (Bratislava), vol. 25, 1985, No. 2, pp. 43–45.
16. JANČOVIČ, J. (1995): Zmeny koreňového systému prírodného trávneho porastu vplyvom antropogénnych zásahov (The impact of anthropogenic management on the seminatural grassland root system). In: *Poľnohospodárstvo*, vol. 35, 1995, No. 8, pp. 718–729.
17. JANČOVIČ, J. – VOZÁR, E. – PETRIKOVÁ, S. – SLAMKA, P. (2002): Effect of fertilizing on root system changes of grasslands. In: *Acta fytotechn. et zootechn.*, vol. 4, 2002, No. 4, pp. 104–107.
18. KRAJČOVIČ, V. – REGAL, V. (1976): Biológia a ekológia trávnych porastov (Biology and ecology of grasslands) (general research report). Banská Bystrica : Grassland and Mount. Agric. Res. Inst., 1976, 72 p.
19. KRAJČOVIČ, V. – SEIFERT, G. (1990): Vplyv hnojenia na alpínske trávne porasty (The influence of fertilization on alpine grasslands). In: *Poľnohospodárstvo*, vol. 36, 1990, No.1, pp. 32–39.
20. MRKVIČKA, J. – VESELÁ, M. – SKÁLA, M. (2004): Effect of fertilization on the distribution of root biomass and the yield of meadow stands. In: *Plant, Soil and Environ.*, vol. 50, 2004, No. 3, pp. 116–121.
21. POWEL, C.E. – RYLE, G.J.A. (1978): Effects of nitrogen deficiency on photosynthesis and the partitioning of ¹⁴C labelled assimilates in unshaded and shaded plants of *Lolium temulentum*. In: *Ann. Appl. Biol.*, vol. 90, 1978, pp. 241–248.
22. ROBSON, H.J. – PARSONS, A.J. (1978): Nitrogen deficiency of a small closed communities of ryegrass. I. Photosynthesis, respiration, dry matter production and partitioning. In: *Ann. Bot.*, vol. 42, 1978, pp. 1185–1197.
23. RUŽIČKOVÁ, H. (1996): Lúky a pasienky (Meadows and pastures.). In: RUŽIČKOVÁ, H. et al. (eds), *Biotopy Slovenska (príručka k mapovaniu a katalóg biotopov)*. Bratislava : Ústav krajinnej ekológie SAV

- (Landscape ecology institute), 1996, pp. 90–100. ISBN 80-967527-3-1
24. RUŽIČKOVÁ, E. (1986): Porasty liptovskej kotliny (Grasslands of Liptov basin). Bratislava : Veda – Biologické práce, 1986, 138 p.
 25. SAGGAR, S. – HEDLLY, C. – MACKAY, A.D. (1997): Partitioning and translocation of photosynthetically fixed ^{14}C in grazed pastures. In: Biol. a. Fert. Soils, vol. 25, 1997, No. 2, pp. 152–158.
 26. SOBOTNIK, M. – EDER, D. (1991): The effects of increasing amounts of cattle slurry on thinning of the sward. Root distribution and nitrate leaching losses in grasslands. In: Grassland renovation and weed control in Europe (proc. of the European Grassland Federation, Occas. Meet.), 1991, pp. 243–244.
 27. STANOVÁ, V. – VALACHOVIČ, M. (2002): Katalóg biotopov Slovenska (Slovak biotops catalogue). Bratislava : DAPNE, 2002, 225 p. ISBN 80-89133-00-2.
 28. WARENBOURG, F.R. – PAUL, E.A. (1997): Seasonal transfer of assimilated ^{14}C in grassland. Plant production and turnover, soil and plant respiration. In: Soil Biol. Biochem., vol. 9, 1997, pp. 295–301.

SÚHRN

V horskej oblasti Spiša (Liptovská Teplička, nadmorská výška 960 m) sa v rokoch 1992–1997 sledoval na trvalom trávnom poraste (asociácia *Festuceto-Cynosu-*

retum) účinok minerálneho hnojenia (štyri varianty hnojenia – N_0 , PK, N_{90} a N_{180}) na akumuláciu koreňovej hmoty a jej dynamiku počas vegetačného obdobia.

Trávny porast bez aplikácie minerálnych živín (variant N_0) akumuloval ročne v priemere $0,375 \text{ kg.m}^{-2}$ koreňovej hmoty. Maximálne množstvo bolo pritom evidované v čase prvej kosby ($0,481 \text{ kg.m}^{-2}$) a počas vegetačného obdobia (tzn. v druhej a tretej kosbe) postupne klesalo na úroveň $0,323$ a $0,282 \text{ kg.m}^{-2}$ (teda na 80,2 a 74,7 % z hodnoty prvej kosby). Aj v jarnom období bolo množstvo akumulovanej koreňovej hmoty nižšie (asi o 15 %) než v termíne prvej kosby.

Potvrdili sa výrazné rozdiely v akumulovanej koreňovej hmote medzi rokmi, pričom sa zistil negatívny vzťah k množstvu zrážok vo vegetačnom období ($r = -0,727^{**}$). Uvedené zmeny súviseli s dynamikou produkcie sušiny nadzemných častí a floristického zloženia v jednotlivých rokoch.

Aplikácia PK-hnojív neovplyvnila množstvo koreňovej hmoty. Na druhej strane však aplikácia dusíka (90 a 180 kg.ha^{-1} + PK-živiny) vyvolala jej mierny nárast na $0,443$ a $0,398 \text{ kg.m}^{-2}$ (+11,8 a +6,2 % voči kontrolnému variantu).

Aplikácia minerálnych živín výraznejšie ovplyvnila pomer R:S, ktorý sa zúžil z hodnoty 3,08 v kontrolnom variante na 1,61 – 1,23 – 0,84 na variantoch PK – N_{90} – N_{180} . Potvrdil sa negatívny vzťah dávok dusíka k hodnote R:S ($r = -0,612^{**}$).

Kľúčové slová: poloprirodný trávny porast, minerálne hnojenie, koreňový systém, sezónna dynamika, medziročná variabilita, pomer R:S

