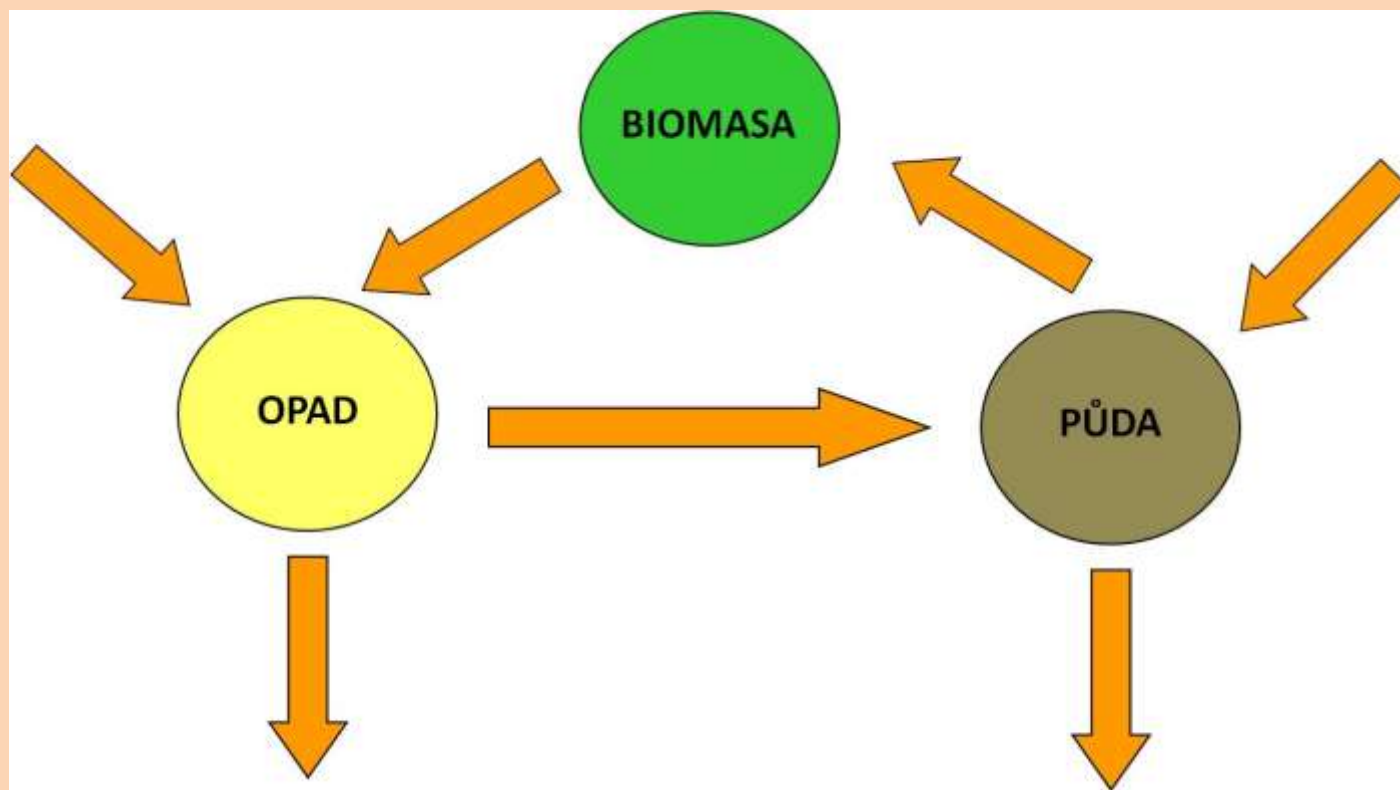


Cykly živin v terestrických ekosystémech (EKO/CZ)

Mgr. Jan Mládek, Ph.D. (2012/2013)



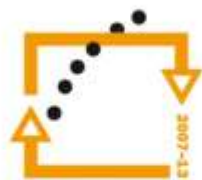
Rozvoj a inovace výuky ekologických oborů formou komplementárního propojení studijních programů Univerzity Palackého a Ostravské univerzity

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

- 1. blok** Na úvod několik témat k diskusi, hladiny makroprvků v biosféře, disproporce v koncentracích živin, hlavní toky živin v ekosystémech
- 2. blok** Biologická fixace dusíku, dekompozice opadu, atmosférické depozice
- 3. blok** Cyklus uhlíku, mineralizace a imobilizace živin v půdě, kořenové exudáty a mykorhiza, diskuse vybraných hypotéz
- 4. blok** Studentské prezentace kritických rozborů publikovaných studií
- 5. blok** Koncept stoichiometrie živin, Redfield ratio (C : N : P), limitace vegetace živinami (Liebigův zákon minima)
- 6. blok** Metody stanovení dostupnosti živin a celkové zásoby živin v půdě, izotopové metody pro determinaci příjmu a retence živin rostlinami
- 7. blok** Metody stanovení transferu živin herbivory, kalkulace bilance živin



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Cykly živin v terestrických ekosystémech (EKO/CZ)

Mgr. Jan Mládek, Ph.D. (2012/2013)

1. blok

17/09/2012

**Rozvoj a inovace výuky ekologických oborů formou komplementárního propojení
studijních programů Univerzity Palackého a Ostravské univerzity**

CZ.1.07/2.2.00/28.0149



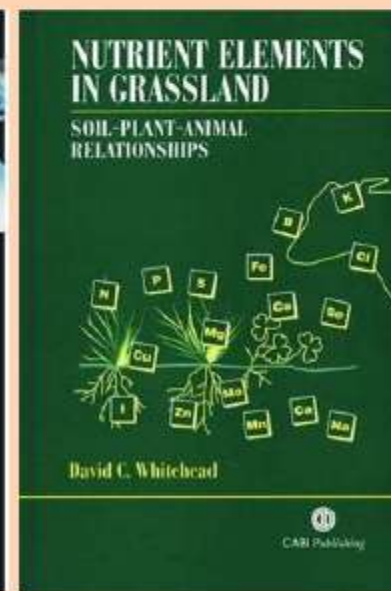
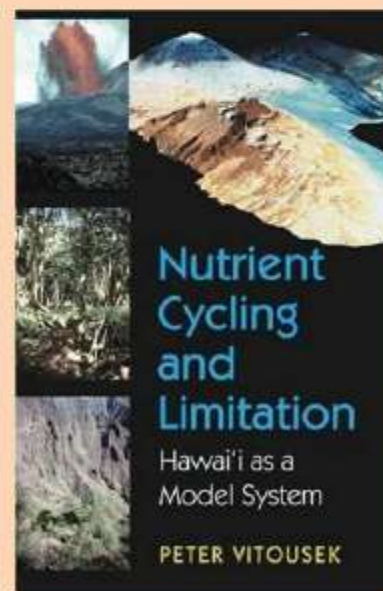
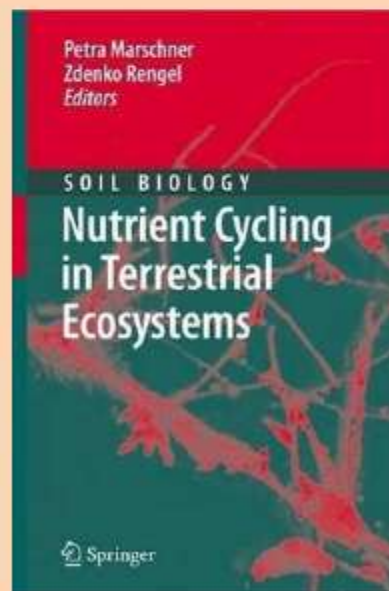
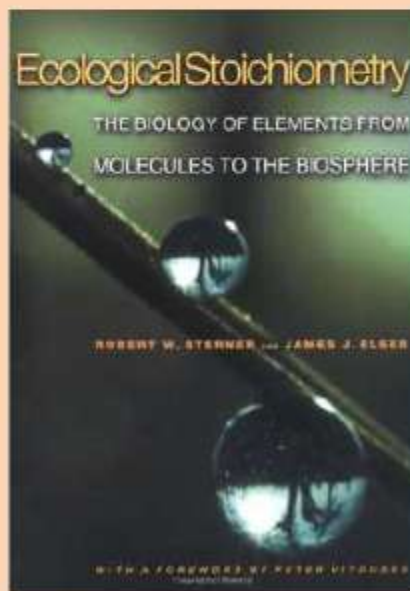
Základní literatura

Sterner RW, Elser JJ (2002) Ecological stoichiometry. Princeton University Press, Princeton.

Marschner P, Rengel Z (2007) Nutrient cycling in terrestrial ecosystems. Springer, Berlin.

Vitousek P (2004) Nutrient cycling and limitation: Hawai'i as a model system. Princeton University Press, Princeton.

Whitehead DC (2000) Nutrient elements in grassland. Soil-Plant-Animal relationships. CABI Publishing, Wallingford.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

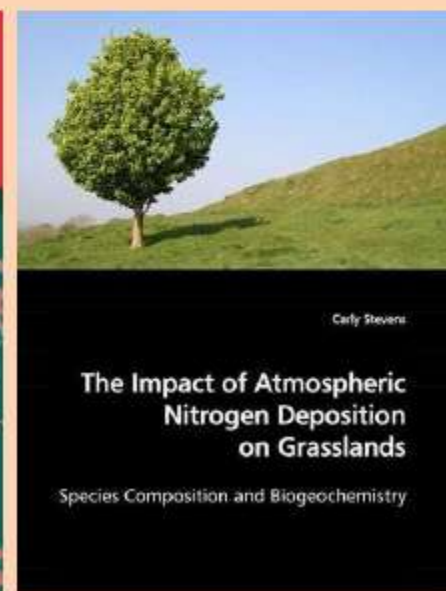
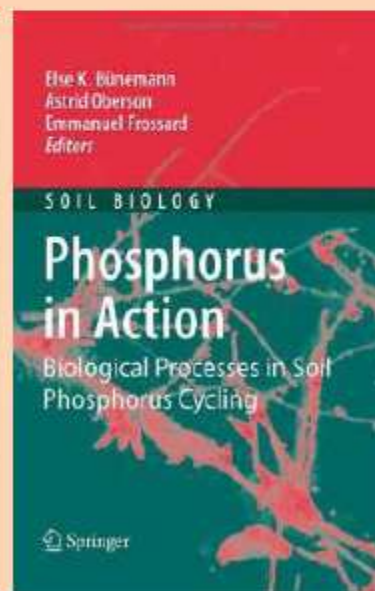
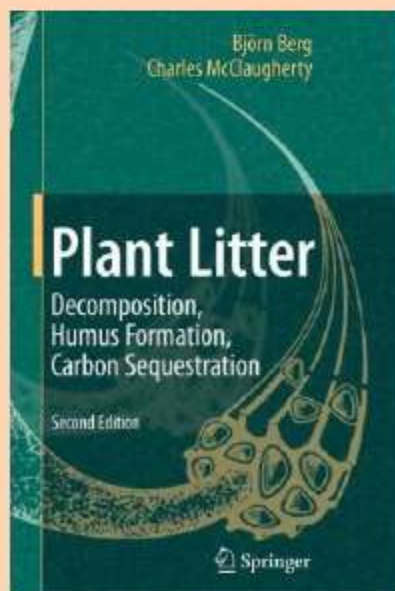
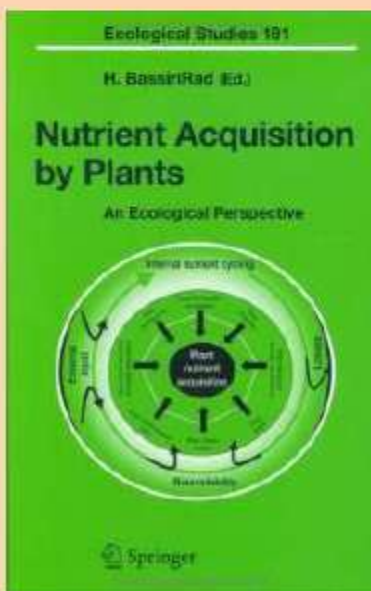
Rozšiřující literatura - 1

BassiriRad H (2005) Nutrient acquisition by plants: An ecological perspective. Springer, Berlin.

Berg B, McClaugherty C (2008) Plant litter. Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. 2nd edition. Springer, Berlin.

Bünemann EK, Oberson A, Frossard E (2009) Phosphorus in Action. Springer, Berlin.

Stevens C (2009) The Impact of atmospheric nitrogen deposition on grasslands: species composition and biogeochemistry. VDM Verlag, Saarbrücken.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

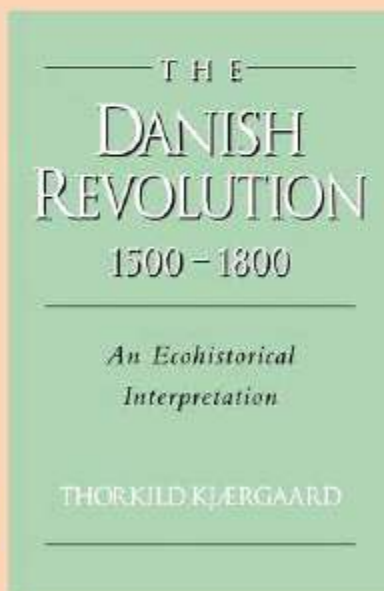
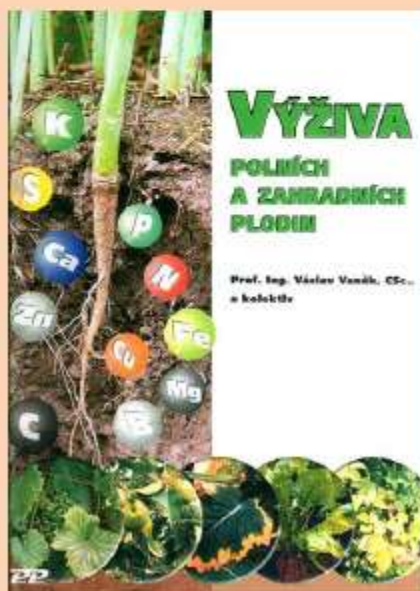


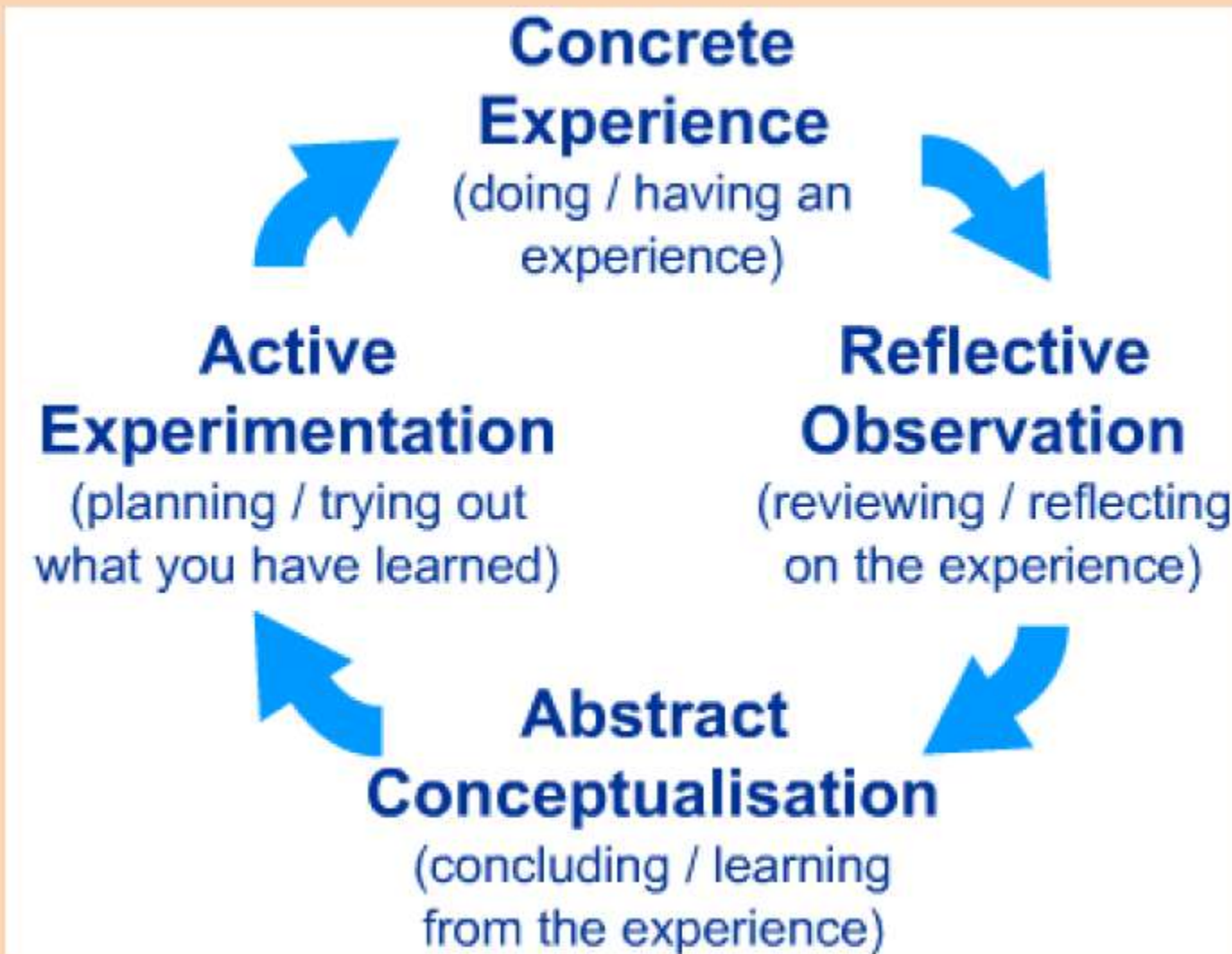
CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Vaněk V (2007) Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, Praha.

Kjærgaard T (2006) The Danish Revolution 1500 – 1800. An Ecohistorical Interpretation. Cambridge University Press, New York.

White TCR (2005) Why does the world stay green? Nutrition and survival of plant-eaters. CSIRO Publishing, Collingwood.





- a) Proč dusík většinou limituje růst vegetace na geologicky mladých a fosfor na geologicky starých substrátech?
- b) Kdy je fosfor pro rostliny nedostupný i na minerálně bohatém podloží? Adaptace rostlin – tzv. „cluster roots“
- c) Dlouhodobé experimenty s hnojením – ideální pro studium limitace dusíkem, fosforem, draslíkem i efektu acidifikace
- d) Megaherbivoři (např. žirafa, mamut) vyžadují velké množství minerálních živin v píci pro stavbu skeletonu. V případě nedostupnosti – ADAPTACE nebo EXTINKCE

a) Proč dusík většinou limituje růst vegetace na geologicky mladých a fosfor na geologicky starých substrátech?

fosfor: element horninového původu (minerál) – postupně odčerpáván vegetací resp. herbivory, vyplavován srážkami, podloží převrstveno půdou (organickým materiálem)

dusík: element atmosférického původu – fixován do organické hmoty ze vzduchu (volně žijící bakterie a sinice, nodulující rostliny z osmi čeledí – např. *Fabaceae*, *Elaeagnaceae*, *Myricaceae*, *Rhamnaceae*, *Rosaceae*, *Betulaceae*)

→ limitace dusíkem

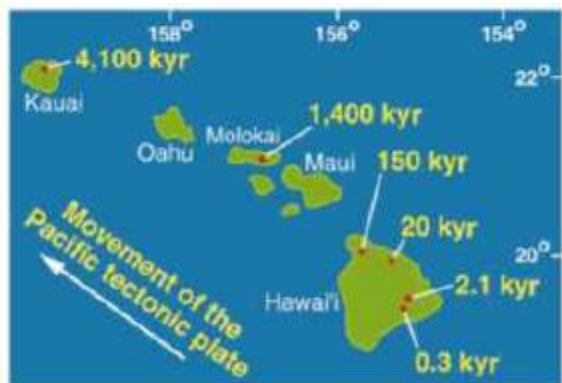


Figure 1 Location of the study sites. The youngest two sites are on the still-active Kilauea volcano; the 20,000-yr-old site is on Mauna Kea, the 150,000-yr-old site is on Kilauea, the 1,400,000-yr-old sites on East Molokai, and the 4,100,000-yr-old site on Kauai.

NATURE | VOL. 397 | 11 FEBRUARY 1999 | www.nature.com

© 1999 Macmillan

-nicméně chybějící minerální živiny (P, Ca, Mg, K) mohou být transportovány vzduchem na velké vzdálenosti (Chadwick et al. 1999)

review article

Changing sources of nutrients during four million years of ecosystem development

O. A. Chadwick, L. A. Deny, P. M. Vitousek, B. J. Huestert & L. O. Hedlin

As soils develop in humid environments, rock-derived elements are gradually lost, and under oxic conditions it seems that ecosystems should reach a state of profound and irreversible nutrient depletion. We show here that inputs of elements from the atmosphere can sustain the productivity of Hawaiian rainforests on highly weathered soils. Calcium is supplied in marine aerosols and phosphorus is deposited in dust from central Asia, which is over 6,000 km away.

← limitace fosforem



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



ekolos

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

a) Proč dusík většinou limituje růst vegetace na geologicky mladých substrátech ...
Chadwick et al. 1999, Nature 397:491-497

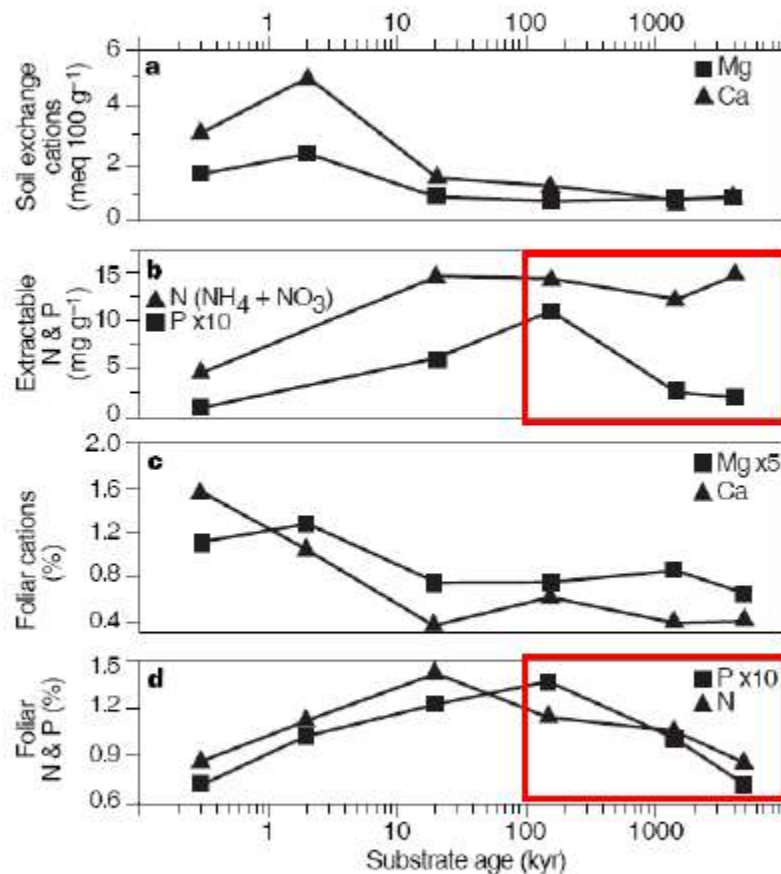


Figure 2 Plant-available nutrients in soil and nutrients in leaves: **a**, Ca and Mg exchangeably bound to soil colloids³⁶. **b**, Phosphate-P and ammonium-N plus nitrate-N in soil solution or exchangeably bound to colloids, forms that are readily available for plant uptake³⁹ (P. A. Matson, unpublished data). **c**, Ca and Mg in *Metrosideros* leaves⁴². **d**, P and N in *Metrosideros* leaves⁴².

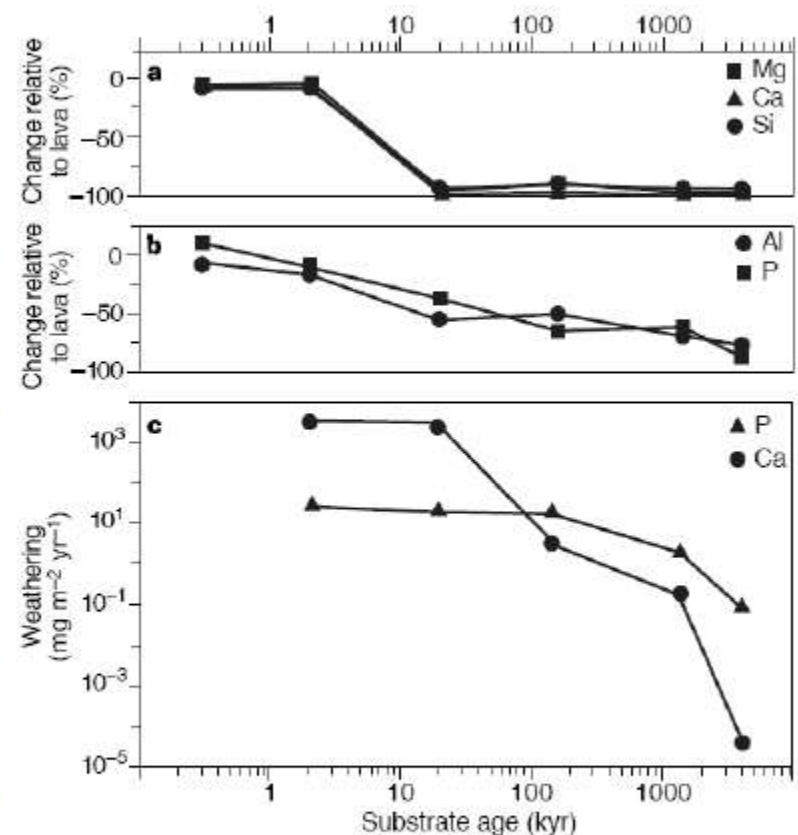


Figure 3 Change in soil element content integrated over the top metre of soil, compared with element contents in the lava parent material³⁶. Measured element concentrations (**a**, Mg, Ca, Si; **b**, Al, P) were corrected for changes in density and loss of mass during soil formation⁷. In **c**, the rates of loss of P and Ca are calculated using the mass of an element lost between two sites and the corresponding difference in age.

b) Kdy je fosfor pro rostliny nedostupný i na minerálně bohatém podloží? Adaptace rostlin - mykorrhiza nebo „cluster roots“

PŘÍČINY NEDOSTUPNOSTI FOSFORU

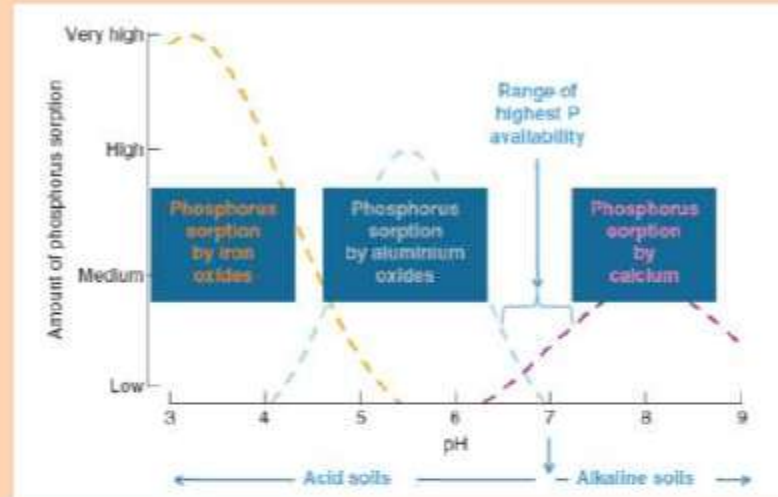
kyselý substrát: sorpce oxidy železa (strengit, vivianit)
a oxidy hliníku (variscit)

zásaditý substrát: sorpce vápníkem (apatit)

MOBILIZACE FOSFORU

mykorrhiza nebo kořenové exudáty

-unikátní adaptace rostlin z čeledi *Proteaceae* – tvorba tzv. cluster roots, které zajišťují vysoké koncentrace kořenových exudátů v malém objemu substrátu a uvolňují tím fosfor z těžko rozpustných minerálů



Cluster roots of *Gevuina avellana*



January 2010

PERSPECTIVES ON THE MODERN N CYCLE

Ecological Applications, 20(1), 2010, pp. 5–15
© 2010 by the Ecological Society of America

Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen–phosphorus interactions

PETER M. VITOUSEK,^{1,2} STEPHEN PORDER,² BENJAMIN Z. HOULTON,¹ AND OLIVER A. CHADWICK⁴

Annals of Botany 110: 329–348, 2012

doi:10.1093/aob/abcs130, available online at www.aob.oxfordjournals.org

ANNALS OF
BOTANY

INVITED REVIEW: PART OF A SPECIAL ISSUE ON ROOT BIOLOGY

Phosphorus-mobilization ecosystem engineering: the roles of cluster roots and carboxylate exudation in young P-limited ecosystems

Hans Lambers^{1,6}, John G. Bishop², Stephen D. Hopper^{3,5}, Etienne Laliberté³ and Alejandra Zúñiga-Festl⁴



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

b) Kdy je fosfor pro rostliny nedostupný ... Lambers et al. 2012, Annals of Botany 110: 329–348

- druhy rostlin vylučující kořenové exudáty – ‘carboxylates’
- z evropských druhů: olše (*Alnus*), ostřice (*Carex*) a rakytník (*Hippophaë*)
- často druhy schopné symbiotické fixace dusíku – ‘potentially diazotrophic’

TABLE 2. Species with specialized roots (cluster roots or dauciform roots), or without mycorrhizas or specialized roots that are known to be capable of exudation of large amounts of carboxylates, in young landscapes; their habitat characteristics and their geographical and taxonomic distribution

Species	Family	(Potentially) diazotrophic*	Habitat characteristics	Geographical origin	References for carboxylate exudation and either presence of cluster/dauciform roots, or habitat
<i>Alnus</i> species	Betulaceae	Yes	Poor soils, sand hills/dunes, glacial till, wet bogs, mine dumps, gravel, wasteland, volcanic ash	Europe, Siberia, North America, Japan, Andes	Torrey, 1978; Hurd and Schwintzer, 1996
<i>Carex flacca</i>	Cyperaceae	No	Wet dune slacks, with Ca- and Fe-rich dune seepage; calcareous grasslands	Europe	Willis, 1963; Davies <i>et al.</i> , 1973; Barbaro <i>et al.</i> , 2001; Bakker <i>et al.</i> , 2005
<i>Carex atrofusca</i>	Cyperaceae	No	Alpine and circumpolar distribution; nutrient-poor soils	Eurasia and Greenland	Schönschwetter <i>et al.</i> , 2006; Yano <i>et al.</i> , 2011
<i>Hippophaë rhamnoides</i>	Elaeagnaceae	Yes	Calcareous sand dunes, coastal areas	Asia, Europe, from Himalayas to Arctic Circle	Oremus and Otten, 1981; Gardner <i>et al.</i> , 1984; Kallio <i>et al.</i> , 2002; Chen <i>et al.</i> , 2009
<i>Lupinus albus</i>	Fabaceae	Yes	Poor sandy soils	Mediterranean basin	Gardner <i>et al.</i> , 1981; White, 1990
<i>Lupinus angustifolius</i>	Fabaceae	Yes	Young volcanic ash deposits	Mediterranean basin	Clements <i>et al.</i> , 1993; Pearse <i>et al.</i> , 2007; Dimopoulos <i>et al.</i> , 2010
<i>Lupinus luteus</i>	Fabaceae	Yes	Sandy, acidic soils	Mediterranean basin	Hocking and Jeffery, 2004; Wolko <i>et al.</i> , 2011
<i>Lupinus mutabilis</i>	Fabaceae	Yes	Unknown, as natural populations no longer exist	Andes	Hocking and Jeffery, 2004; Wolko <i>et al.</i> , 2011
<i>Lupinus sericeus</i>	Fabaceae	Yes	Wide range of soils	Western North America	Welsh, 1978; Weir <i>et al.</i> , 2006
<i>Morella cordifolia</i>	Myricaceae	Yes	Calcareous sand dunes	South Africa	Cramer and Hawkins, 2009
<i>Morella</i> (formerly <i>Myrica</i>) species	Myricaceae	Yes	Acidic bogs, sand dunes, mine wastes	Many tropical, subtropical and temperate regions, extending nearly to Arctic Circle	Torrey, 1978; Crocker and Schwintzer, 1993
<i>Emboithrium coccineum</i>	Proteaceae	No	Acid volcanic soil	Southern South America	Prance and Piana, 1998; Zúñiga-Feest <i>et al.</i> , 2010
<i>Gevuina avellana</i>	Proteaceae	No	Acid volcanic soil	Southern South America	Prance and Piana, 1998; Ramirez <i>et al.</i> , 2004
<i>Empodisma minus</i> , <i>Sporadanthus ferrugineus</i> , <i>Sporadanthus traversii</i>	Restionaceae	No	Ombrotrophic bogs	New Zealand	Agnew <i>et al.</i> , 1993; Clarkson <i>et al.</i> , 2005; Hodges and Rapson, 2010



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

b) Kdy je fosfor pro rostliny nedostupný: případy limitace fosforem ... Vitousek et al. 2010, Ecological Applications 20: 5–15

TABLE 1. Pathways, mechanisms, and timescales of P limitation to primary production in terrestrial ecosystems.

Pathway	Mechanism	Timescale
Depletion driven	loss of inorganic and dissolved organic P via leaching; exhaustion of primary minerals in soil	millions of years
Soil barrier	formation of soil layers that physically prevent/inhibit access by roots to potentially available P	hundreds to tens of thousands of years
Transactional	slow release of P from mineral forms, relative to the supply of other resources	decades to centuries
Low-P parent material	low inputs of P via weathering due to low concentrations of P in rock	all; develops quickly and persists
Sink driven	sequestration of available P in an accumulating pool within ecosystems	decades to millenia
Anthropogenic	enhanced supply of other resources (especially N) causes P limitation	years to decades

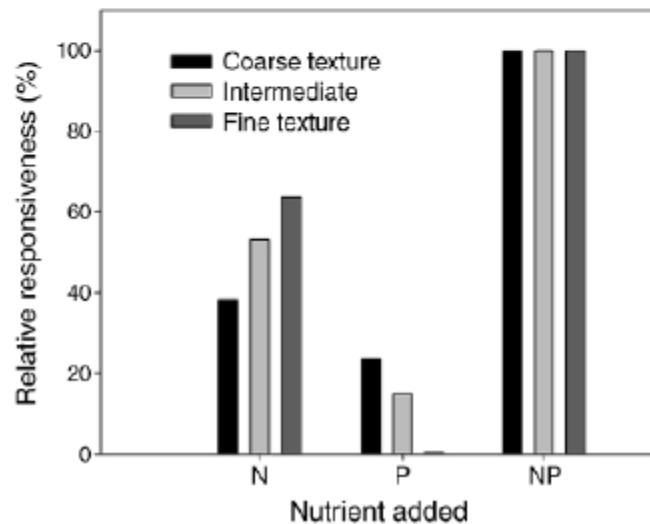


FIG. 2. The effect of the texture of parent material on the extent of P limitation to plant growth in young volcanic sites in Hawaii. Forests on coarse pahoehoe lava, intermediate-texture a'a lava, and fine volcanic cinder all respond most strongly to additions of N plus P, but the effect of added P (alone) is strongest in the coarse-textured site, where low surface area slows weathering; the effect of P is intermediate on the intermediate parent material texture, and absent in the finest-textured substrate. The fine-textured substrate supports the greatest particle surface area where weathering can take place.

- vliv textury (zrnitosti) substrátu na limitaci živinami
- hrubozrnné substráty zvětrávají (uvolňují živiny) pomaleji
- umělé dodání fosforu nejvíce relativně podpořilo růst na hrubozrnném substrátu - 'coarse texture'

c) Dlouhodobé experimenty na Rothamsted Research Station (1850's – dosud) PARK GRASS EXPERIMENT – různé varianty hnojení N, P, K a gradient vápnění

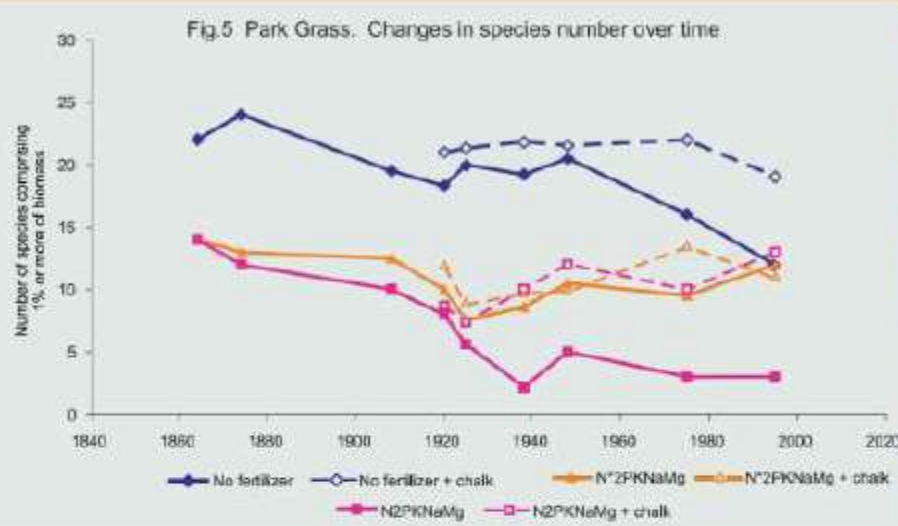


Fig. 1 An aerial view of the Park Grass Experiment looking due north, taken on 25 May 2003. Note the sharp plot boundaries, many of which are clearly demarcated by differences in vegetation.

-aplikace dusíku v amonné formě (varianta N²PKNaMg v grafu) vedla k acidifikaci a největší redukci počtu druhů (tolerantní k silně kyselému substrátu – pH 3,7 – jen trávy: *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*)



foto 1

-hranice mezi kontrolou (vlevo - 156 let bez hnojení) a plochou hnojenou fosforem (vpravo)

-výskyt *Trifolium pratense* (bobovitých obecně) omezen limitací fosforem (foto 22/08/2012 – otava)

zakladatel experimentu: John B. Lawes



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

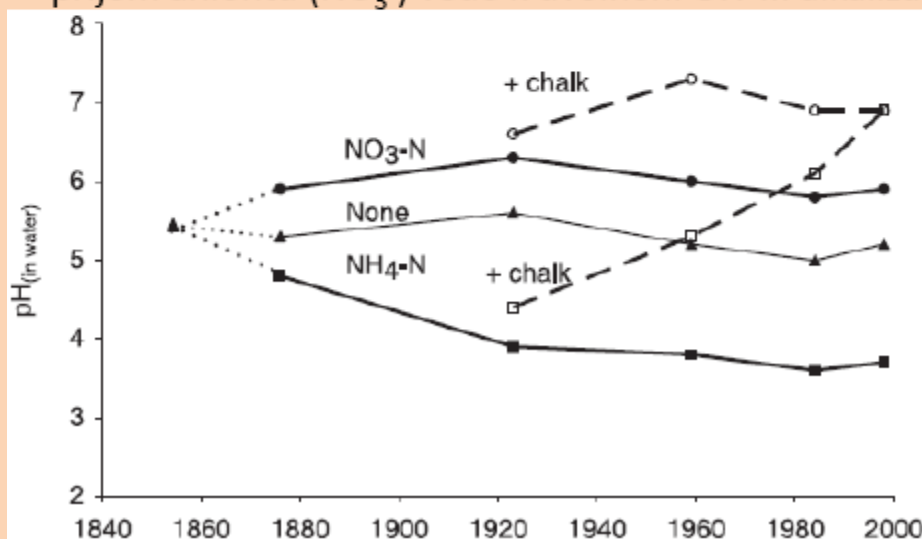
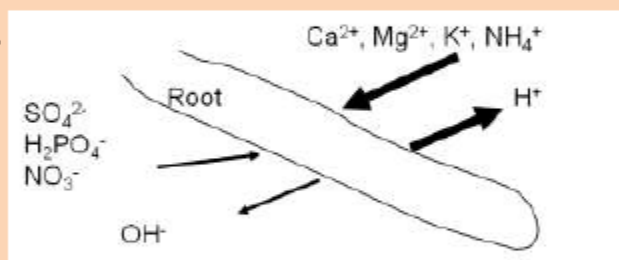
c) Dlouhodobé experimenty na Rothamsted Research Station (1850's – dosud) PARK GRASS EXPERIMENT (PGE) – různé varianty hnojení a gradient vápnění

Použitá dusíkatá hnojiva

- varianty (N1 – 48 kg čistého N; N2 – 96 kg N; N3 – 144 kg N)
ammonium sulphate (síran amonný) ... $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$... skupina NH_4^+
- varianty (N*1 – 48 kg čistého N; N*2 – 96 kg N)
sodium nitrate (dusičnan sodný) ... NaNO_3 ... skupina NO_3^-

Příjem živin rostlinou – udržení rovnováhy – výměna iontů

- příjem kationtů (NH_4^+) vede k uvolnění H^+ ... acidifikace
- příjem aniontů (NO_3^-) vede k uvolnění OH^- ... alkalizace



- pH půdy v hloubce 0-23 cm

- stejné pH po celou dobu při aplikaci dusíku ve formě dusičnanů (NO_3^-)

- výrazné snížení pH při aplikaci dusíku v amonné formě (NH_4^+)

(review PGE: Silvertown et al. 2006)

c) Dlouhodobé experimenty: PARK GRASS EXPERIMENT (PGE)

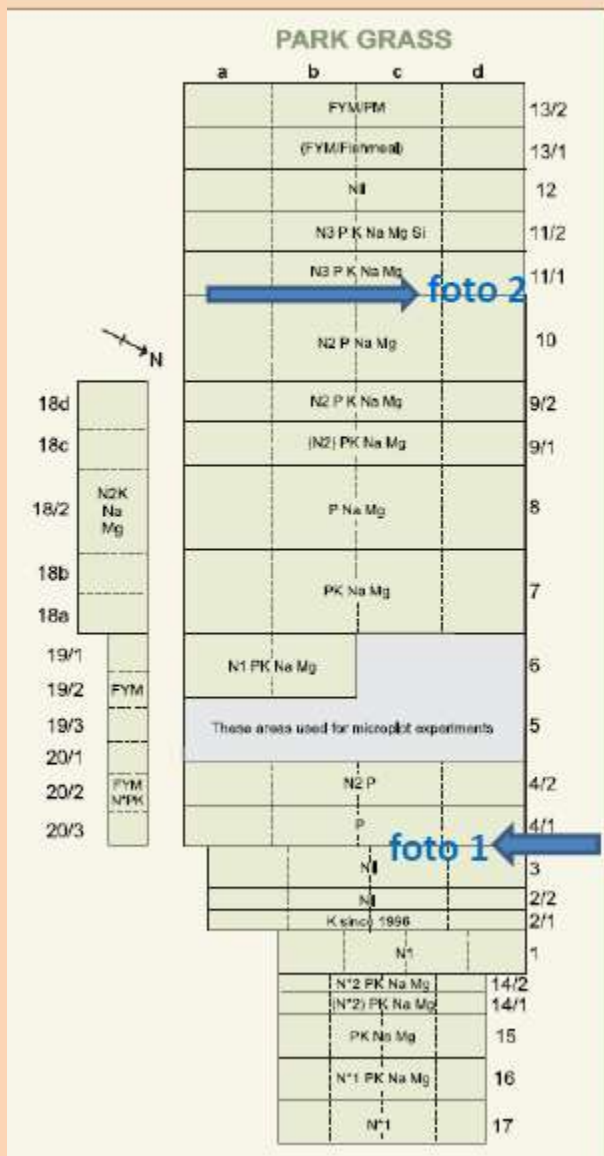
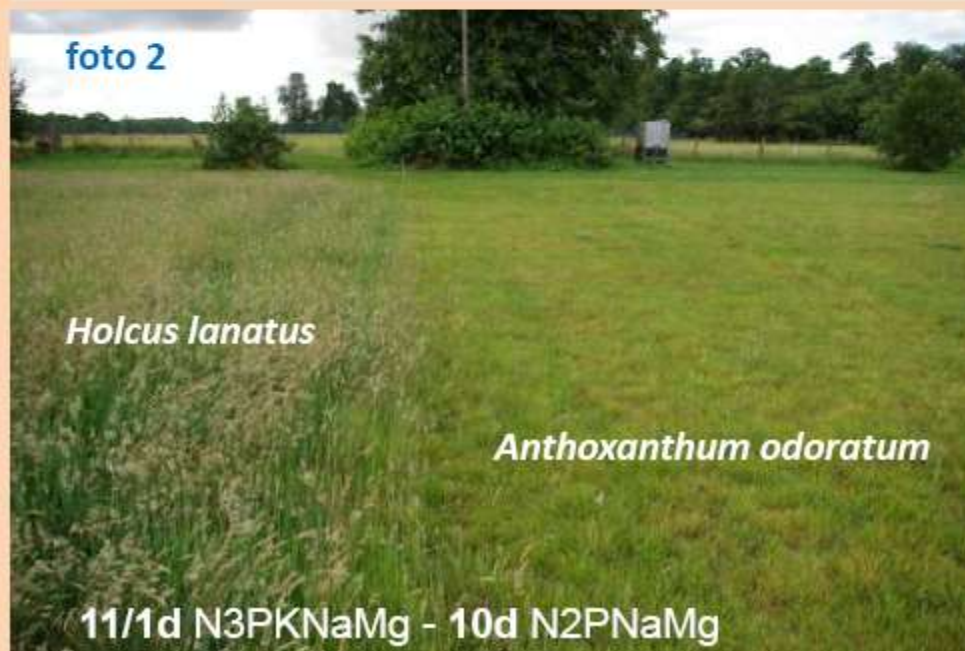


Table 4. The effects on three grass species of applying P and K with N where soil pH is 4,1 - 3,6.

Plot	Treatment ⁽¹⁾	Percentage of dry matter		
		<i>Agrostis capillaris</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	<i>Holcus lanatus</i>
1d	N1	67	32	0
4/2d	N2P	28	70	1
9/2d	N2PKNaMg	13	67	20
11/1d	N3PKNaMg	0	0	100

(1) See plan for details



evropský sociální fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

c) Dlouhodobé experimenty s hnojením: PARK GRASS EXPERIMENT

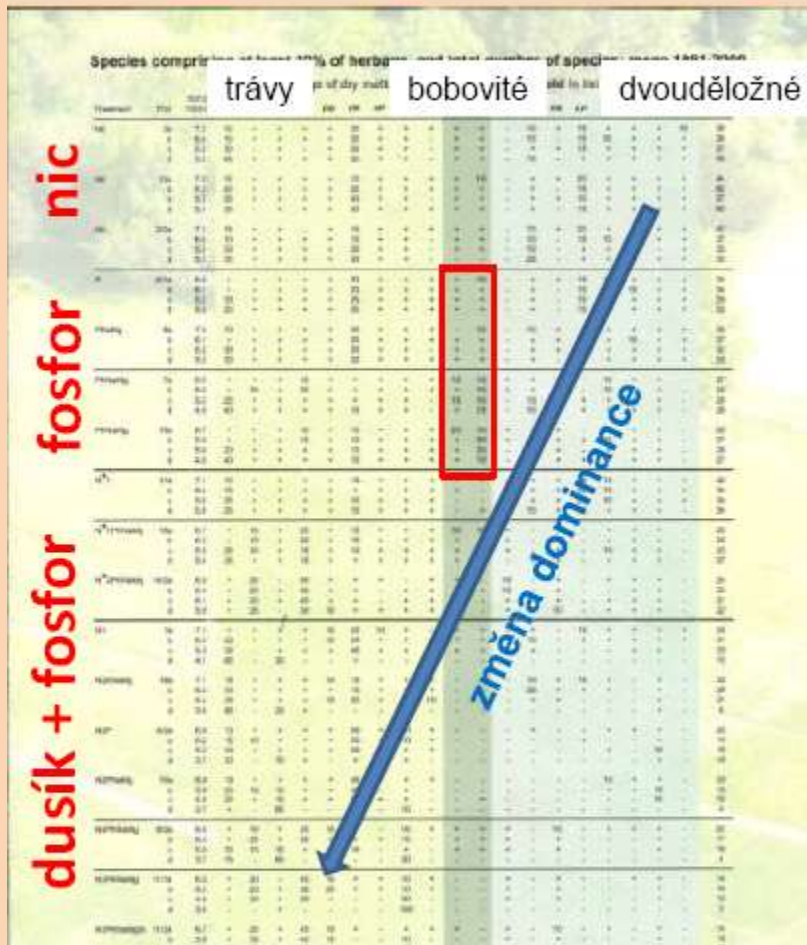


Table 2. Park Grass: mean annual yield of dry matter, t ha⁻¹ (2000-4)

Plot	Treatment ⁽¹⁾	Sub-plot			
		a	b	c	d
No nitrogen group					
3	Nil	3.3	3.6	2.2	2.9
12	Nil	3.5	3.8	3.5	2.8
2/2	Nil	3.5	4.0	2.4	3.0
2/1	K	3.8	4.1	2.4	2.7
4/1	P	4.5	4.9	3.9	3.6
8	P Na Mg	4.4	5.2	4.1	4.3
7	P K Na Mg	7.4	7.4	6.5	4.4
15	P K Na Mg	6.2	6.1	5.0	3.6
Ammonium N group					
1	N1	4.2	3.8	2.9	1.3
18	N2 K Na Mg	3.9	4.4	6.2	2.0
4/2	N2 P	5.5	5.0	6.0	3.0
10	N2 P Na Mg	6.1	6.1	7.1	4.0
6	N1 P K Na Mg	7.0	6.9	-	-
9/1	(N2) P K Na Mg	6.1	6.4	6.5	2.1
9/2	N2 P K Na Mg	7.8	8.3	7.8	6.4
11/1	N3 P K Na Mg	10.2	9.4	8.5	7.3
11/2	N3 P K Na Mg Si	9.7	9.6	8.4	8.3
Nitrate N group					
17	N*1	3.9	4.2	3.6	3.5
16	N*1P K Na Mg	7.4	7.5	6.1	5.3
14/1	(N*2) P K Na Mg	6.1	6.8	6.0	5.9
14/2	N*2 P K Na Mg	7.5	7.3	7.0	6.7

-v červeném poli jsou řádky (plochy) s vysokým zastoupením bobovitých (tmavší sloupec)

-toto jsou plochy s dlouhodobou aplikací fosforu(+draslíku) ale bez dusíku !!!

-v červeném poli jsou řádky (plochy) s dlouhodobou aplikací fosforu (+draslíku) bez dusíku

-produkce biomasy plochy č. 7 (P K Na Mg) téměř srovnatelná s produkcí ploch hnojených navíc dusíkem v množství 96 kg/ha/rok (N2, N*2) ... č. 9/2 a 14/2

EFEKT BOBOVITÝCH

c) Dlouhodobé experimenty na Rothamsted Research Station: HOOSFIELD ACID STRIP ... vliv pH půdy na podíl zastoupení dekompozitorů

APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Mar. 2009, p. 1589–1596

0099-2240/09/\$08.00+0 doi:10.1128/AEM.02775-08

Copyright © 2009, American Society for Microbiology. All Rights Reserved.

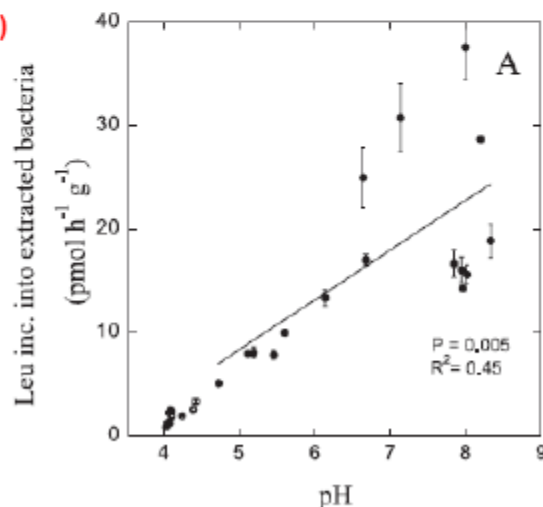
Vol. 75, No. 6

Contrasting Soil pH Effects on Fungal and Bacterial Growth Suggest Functional Redundancy in Carbon Mineralization^{▽‡}

Johannes Rousk,^{1*} Philip C. Brookes,² and Erland Bååth¹

- na gradientu pH (od 4.5 do 8.3) se pětinasobně zvýšil růst bakterií (Fig. 2A) a naopak pětinasobně snížil růst hub (Fig. 2 B)

Bakterie
(více na zásaditém)



Houby
(více na kyselém)

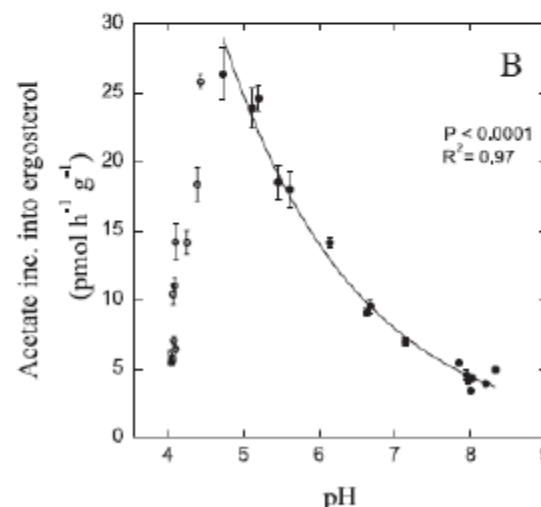


FIG. 2. Effect of pH on bacterial growth as measured by leucine incorporation (A) and on fungal growth as measured by acetate incorporation into ergosterol (B). Data for pHs less than pH 4.5 (open circles) were not used in the regression analyses (see Discussion). The error bars indicate ± 1 standard error ($n = 3$). inc., incorporation.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

d) Megaherbivoři (např. žirafa, mamut) vyžadují velké množství minerálních živin v půdě pro stavbu skeletonu. V případě nedostupnosti: ADAPTACE nebo EXTINKCE

samec žirafy: hmotnost těla 1600 kg, hmotnost kostry 24 % - tj. 384 kg
... z toho cca 30 % sušina – 128 kg, obsah vápníku cca 20 % (25,6 kg)
a obsah fosforu cca 10 % (12,8 kg)

potřeba vápníku – preference Ca-bohatých dvouděložných rostlin

potřeba fosforu – často pozorovaná osteofagie (viz foto)

J. Zool., Lond. (2005) 267, 55–61 © 2005 The Zoological Society of London Printed in the United Kingdom doi:10.1017/S0052836905007247

The calcium and phosphorus content of giraffe (*Giraffa camelopardalis*) and buffalo (*Syncerus caffer*) skeletons

G. Mitchell^{1,2*}, O. L. van Schalkwyk² and J. D. Skinner²



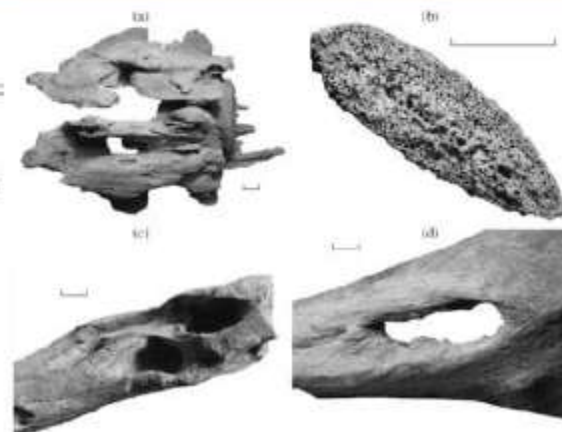
ISSN 0012-4960, Doklady Biologických věd, 2009, Vol. 424, pp. 73–74. © Pleiades Publishing, Ltd., 2009.
Original Russian Text © S.V. Leshchinskiy, 2009, published in Doklady Akademii Nauk, 2009, Vol. 424, No. 6, pp. 840–842.

GENERAL BIOLOGY

Mineral Deficiency, Enzootic Diseases and Extinction of Mammoth of Northern Eurasia

S. V. Leshchinskiy

- osteoporóza kostí mamutů na konci jejich éry
- příčiny extinkce (oteplení, vyhubení) – nová teorie?
vývoj vegetace s nedostatkem živin pro stavbu skeletonu



evropský
sociální
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Které prvky se skrývají pod termínem „živiny“?

1 H Hydrogen 1.0																	2 He Helium 4.0														
3 Li Lithium 6.9	4 Be Beryllium 9.0																	10 Ne Neon 20.2													
11 Na Sodium 23.0	12 Mg Magnesium 24.3																	18 Ar Argon 39.9													
19 K Potassium 39.1	20 Ca Calcium 40.1	21 Sc Scandium 44.9	22 Ti Titanium 47.9	23 V Vanadium 50.9	24 Cr Chromium 52.0	25 Mn Manganese 54.9	26 Fe Iron 55.8	27 Co Cobalt 58.9	28 Ni Nickel 58.7	29 Cu Copper 63.5	30 Zn Zinc 65.4	31 Ga Gallium 69.7	32 Ge Germanium 72.6	33 As Arsenic 74.9	34 Se Selenium 79.0	35 Br Bromine 79.9	36 Kr Krypton 83.8														
37 Rb Rubidium 85.5	38 Sr Strontium 87.6	39 Y Yttrium 88.9	40 Zr Zirconium 91.2	41 Nb Niobium 92.9	42 Mo Molybdenum 95.9	43 Tc Technetium 98	44 Ru Ruthenium 101.1	45 Rh Rhodium 102.9	46 Pd Palladium 106.4	47 Ag Silver 107.9	48 Cd Cadmium 112.4	49 In Indium 114.8	50 Sn Tin 118.7	51 Sb Antimony 121.8	52 Te Tellurium 127.6	53 I Iodine 126.9	54 Xe Xenon 131.3														
55 Cs Cesium 132.9	56 Ba Barium 137.3	57 La Lanthanum 138.9	58 Ce Cerium 140.1	59 Pr Praseodymium 140.9	60 Nd Neodymium 144.2	61 Pm Promethium 144.9	62 Sm Samarium 150.4	63 Eu Europium 151.9	64 Gd Gadolinium 157.3	65 Tb Terbium 158.9	66 Dy Dysprosium 162.5	67 Ho Holmium 164.9	68 Er Erbium 167.3	69 Tm Thulium 168.9	70 Yb Ytterbium 173.0	71 Lu Lutetium 174.9	72 Hf Hafnium 178.5	73 Ta Tantalum 180.9	74 W Tungsten 183.8	75 Re Rhenium 186.2	76 Os Osmium 190.2	77 Ir Iridium 192.2	78 Pt Platinum 195.1	79 Au Gold 197.0	80 Hg Mercury 200.6	81 Tl Thallium 204.4	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.9	84 Po Polonium 209	85 At Astatine 210	86 Rn Radon 222
88 Ra Radium 226	89 Ac Actinium 227	90 Th Thorium 232	91 Pa Protactinium 231	92 U Uranium 238																											

Fig. 1.1. Distribution in the periodic table of the elements known or believed to be essential for bacteria, plants, or animals (shaded) (from Williams and Frañsto da Silva 1996). Ecological stoichiometry is much more advanced for the three elements C, N, and P than for the others, but its principles should be transportable throughout the periodic table.

(Sturner and Elser 2002)

Hladiny 26 nejhojnějších prvků solárního systému: Země – zem. kůra – moře – člověk

TABLE 1.1

Approximate concentrations of the first 26 elements in the solar system, in the whole Earth, in the Earth's crust, in seawater, and in humans. Concentrations are divided into categories differing by multiple orders of magnitude. As parts by mass they are $A > 10^{-2}$ ($> 1\%$), $10^{-2} > B > 10^{-6}$ (between 1 ppm and 1%), $10^{-6} > C > 10^{-9}$ (between 1 ppm and 1 ppb), and $D < 10^{-9}$ ($< 1\text{ppb}$). Less-than and greater-than symbols are used in the table to indicate changes in categories for individual elements between columns (hence large fractionations). Several elements for humans are reported as "0" as these are not detectable. Graphical depictions of similar data for crust and for humans are given in Figures 1.2 and 2.1. Data from Cox (1995).

Atomic Number	Symbol	Atomic Mass	Solar System	Whole Earth	Earth's Crust	Seawater	Human Body		
1	H	1	A	>	B	>>	D	A	
2	He	4	A	>>	D		D	>	0
3	Li	7	D	<<	B		B	<	C
4	Be	9	D	<	C	<	B	>>	D
5	B	11	C		C	<	B		B
6	C	12	B		B		B		B
7	N	14	B		B		B	<	C
8	O	16	A		A		A		A
9	F	19	B		B		B		B
10	Ne	20	B	>>	D	<	C	>	D
11	Na	23	B		B	<	A		A
12	Mg	24	B	<	A		A	>	B
13	Al	27	B	<	A		A	>>	D
14	Si	28	B	<	A		A	>	B
15	P	31	B		B		B	>	C
16	S	32	B	<	A		B		B
17	Cl	35	B		B		B	<	A
18	Ar	40	B	>	C		C		C
19	K	39	B		B	<	A	>	B
20	Ca	40	B	<	A		A	>	B
21	Sc	45	C	<	B		B	>>	D
22	Ti	48	B		B		B	>>	D
23	V	51	C	<	B		B	>	C
24	Cr	52	B		B		B	>>	D
25	Mn	55	B		B		B	>>	D
26	Fe	56	B	<	A		A	>>	D

(Sterner and Elser 2002)

Hladiny prvků v zemské kůře a v těle člověka

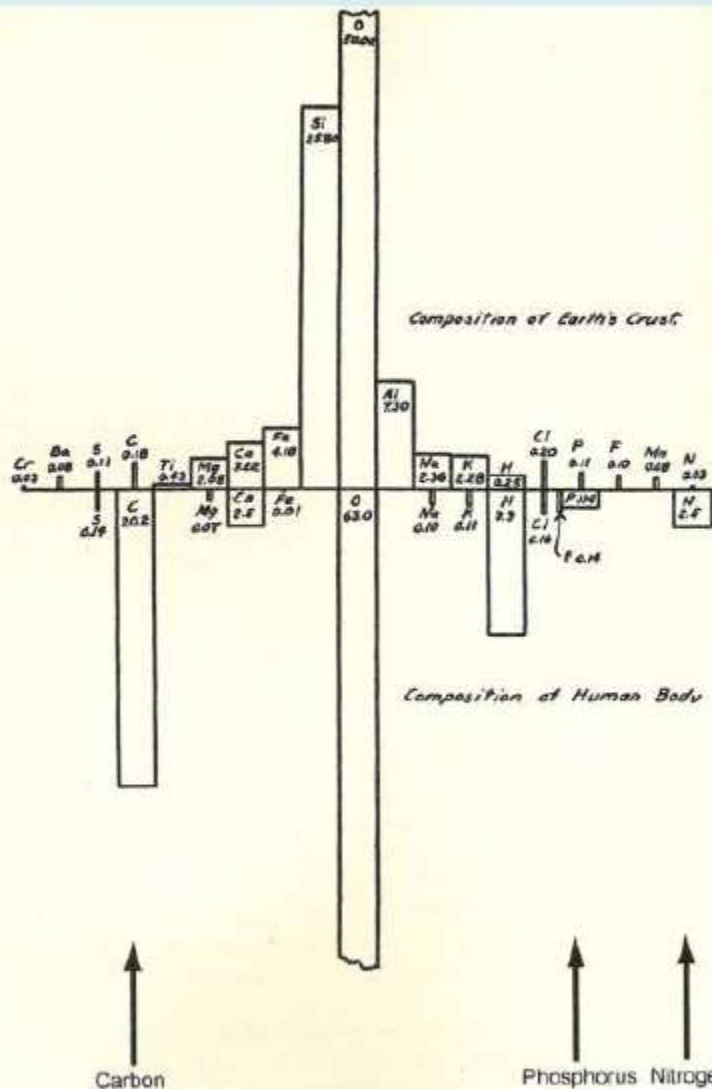


Fig. 2.1. A historical comparison of the elemental composition of the Earth's crust (upper bars) and of the human body (lower bars). The disproportionate abundance

Poměr prvků v těle člověka (Sterner and Elser 2002)

$H_{375,000,000}$ $O_{132,000,000}$ $C_{85,700,000}$ $N_{6,430,000}$ $Ca_{1,500,000}$ $P_{1,020,000}$ $S_{205,000}$
 $Na_{183,000}$ $K_{177,000}$ $Cl_{127,000}$ $Mg_{40,000}$ $Si_{35,600}$ $Fe_{2,650}$ $Zn_{2,110}$ Cu_{76} I_{14} Mn_{13}
 F_{13} Cr_7 Se_4 Mo_3 Co_1

TABLE 2.1

Primary functions and the chemical elements (or associated ions) involved in performing them for living things (modified from Table 6.2 of Fraústo da Silva and Williams 1991). Elements with a relatively minor role associated with a particular function are indicated in parentheses

<i>Function</i>	<i>Elements</i>	<i>Chemical Form</i>	<i>Examples</i>
Structural (biological polymers and support materials)	H, O, C, N, P, S, Si, B, F, Ca, (Mg), (Zn)	Involved in chemical compounds or sparingly soluble inorganic compounds	Biological molecules (Table 2.2); tissues; skeletons; shells; teeth; etc.
Electrochemical	H, Na, K, Cl, HPO_4^{2-} , (Mg), (Ca)	Free ions	Message transmission in nerves; cellular signaling; energy metabolism
Mechanical	Ca, HPO_4^{2-} , (Mg)	Free ions exchanging with bound ions	Muscle contraction
Catalytic (acid-base)	Zn, (Ni), (Fe), (Mn)	Complexed with enzymes	Digestion (Zn); hydrolysis of urea (Ni); PO_4 removal in acid media (Fe, Mn)
Catalytic (redox)	Fe, Cu, Mn, Mo, Se, (Co), (Ni), (V)	Complexed with enzymes	Reactions with O_2 (Fe, Cu); nitrogen fixation (Mo); reduction of nucleotides (Co)

(Sternner and Elser 2002)

Úložiště živin – vstupy – výstupy ...

- úložiště:
 - PŮDA** (soil, zkratka v následujících diagramech: S)
 - BIOMASA** (biomass, zkr. B)
 - OPAD** (litter, zkr. L)
- vstupy:
 - srážky** (precipitation, zkr. P), suché a mokré depozice (deposition)
 - zvětrávání hornin** (weathering, zkr. W)
 - umělé vstupy (hnojiva)
- výstupy:
 - odtok** (runoff, zkr. R)
 - vyplavení - vyluhování** (leaching, zkr. Le)
 - umělé odstranění (sklizeň)

Kde je většina živin uložena závisí na:

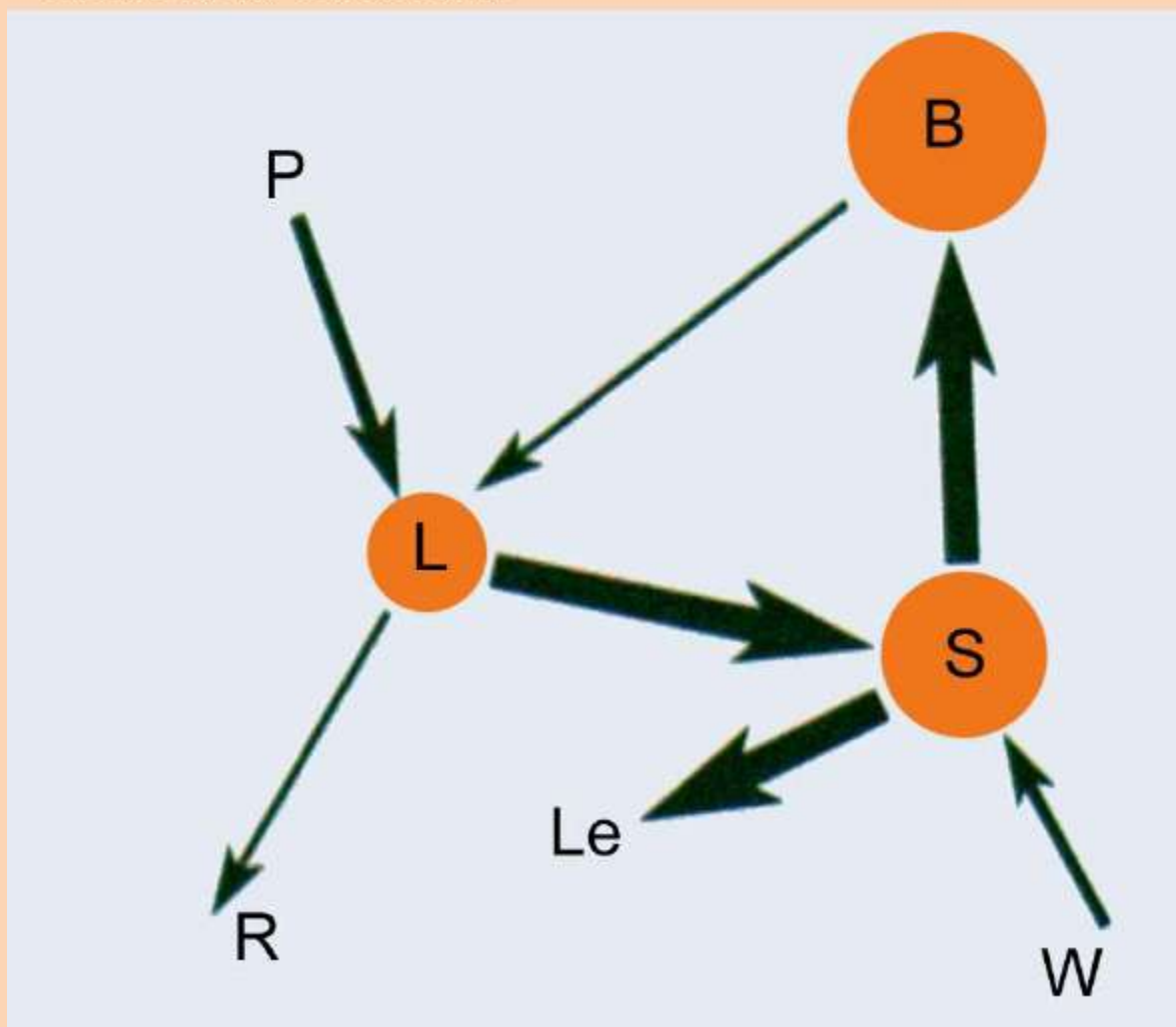
teplotě

srážkách

vegetačním typu (viz dále)

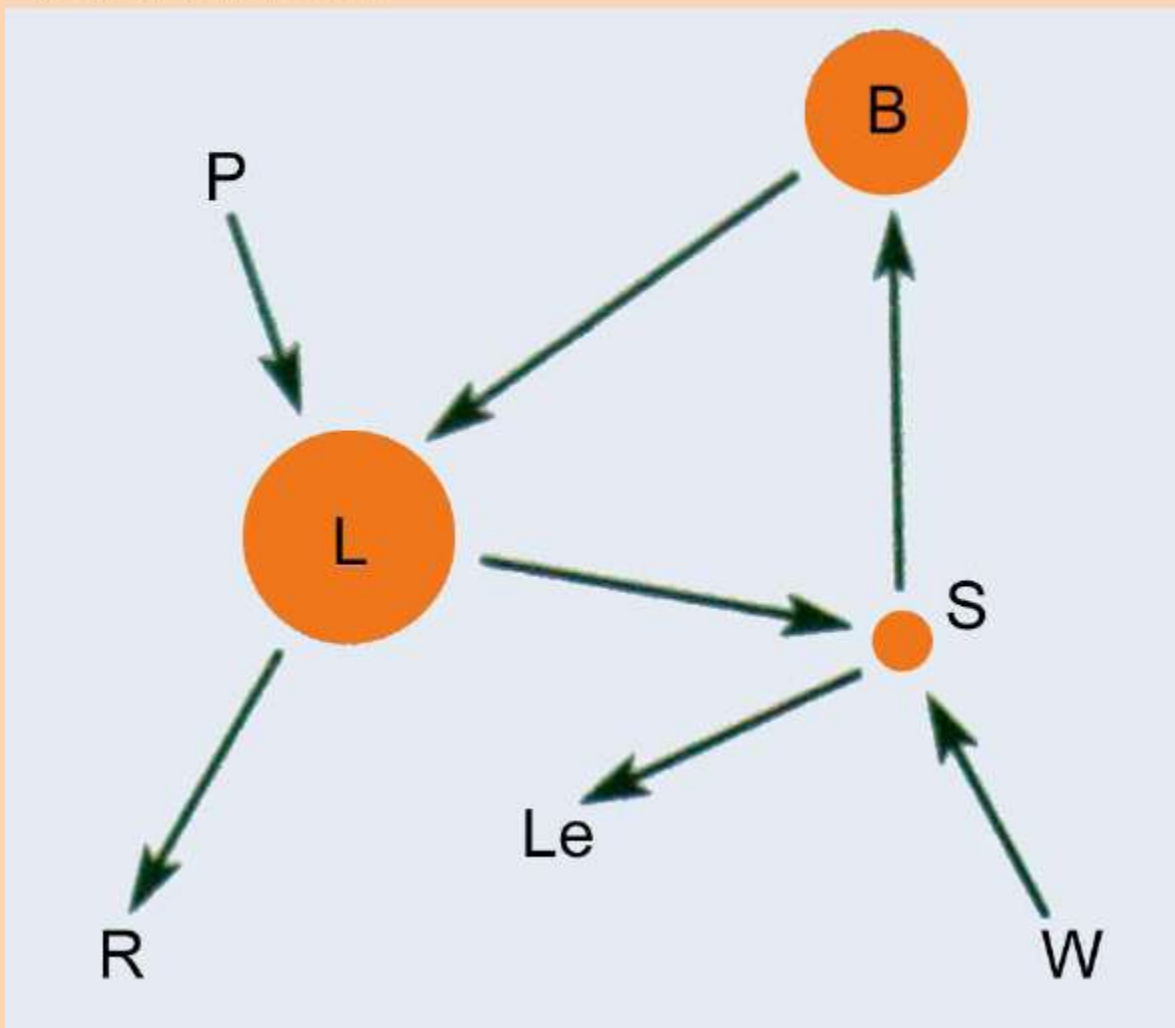
Opadavý listnatý les mírného pásu

- rovnováha mezi úložišti živin
- středně rychlý transfer živin



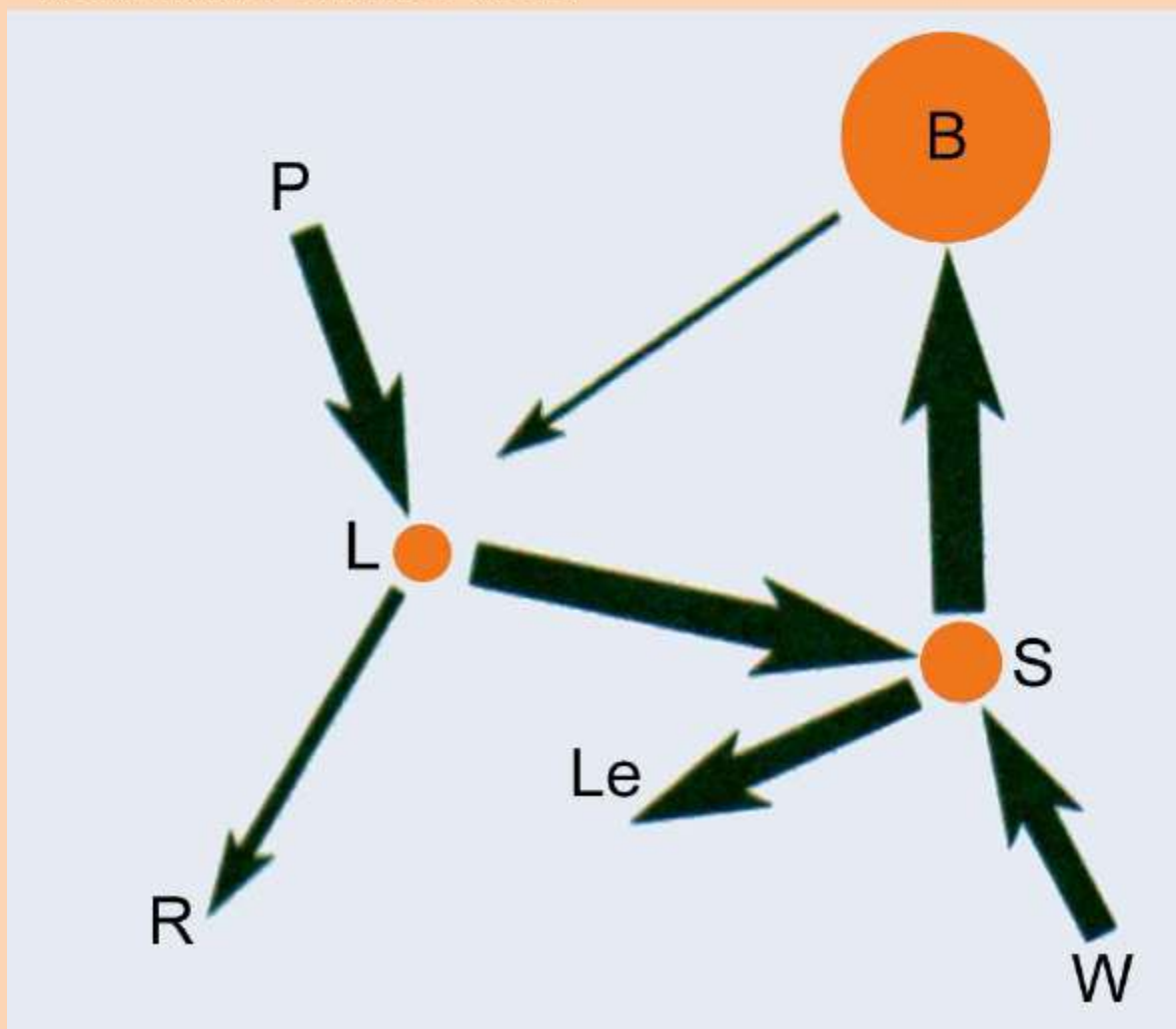
Boreální jehličnatý les

- opad (litter) je hlavní úložiště živin
- pomalý transfer živin

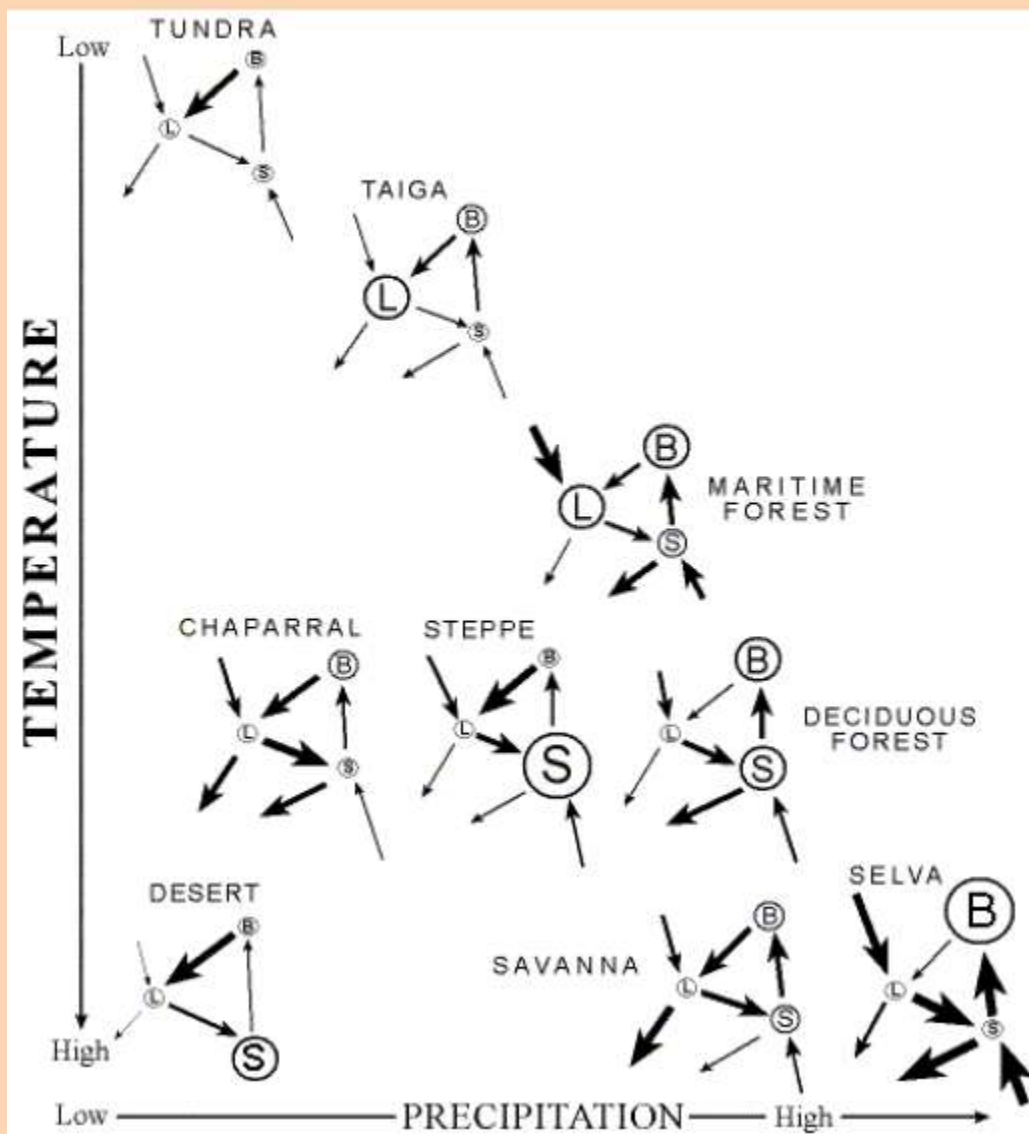


Tropický deštný les

- biomasa (B) je hlavní úložiště živin
- rychlý transfer živin mezi úložišti



Velikost úložišť živin a transferů na gradientu teploty a srážek (biomy)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



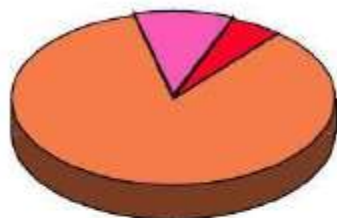
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



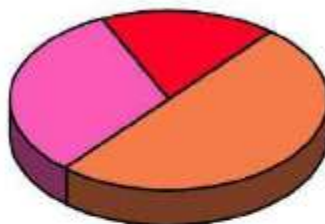
CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

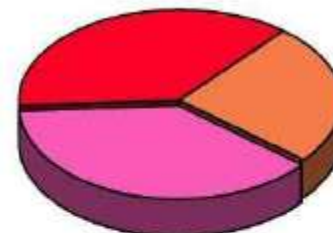
Rozdělení úložišť DUSÍKU - biomy



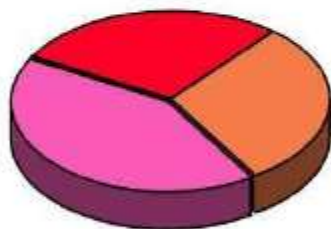
tundra



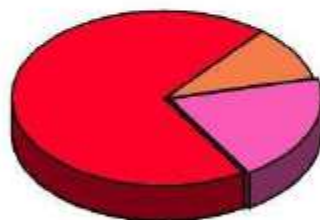
tajga



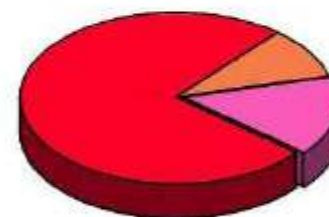
travní porost



opadavý listnatý les



savana



tropický deštný les

 půda

 nadzemní biomasa

 podzemní biomasa

Zastoupení živin v horninách ...

Table 2.2. Average concentrations (mg kg^{-1}) of nutrient elements in two igneous and three sedimentary rocks (data from Mason and Moore, 1982; Krauskopf and Bird, 1995).

	Granite	Basalt	Shale	Sandstone	Limestone
N	59	52	60	–	–
P	390	610	700	170	400
S	58	123	2,400	240	1,200
K	45,100	5,300	26,600	10,700	2,700
Na	24,600	16,000	9,600	3,300	400
Ca	9,900	78,300	22,100	39,100	302,300
Mg	2,400	39,900	15,000	7,000	47,000
Fe	13,700	77,600	47,200	9,800	3,800
Mn	195	1,280	850	10–100	1,100
Zn	45	86	95	16	20
Cu	13	110	45	1–10	4
Co	2.4	47	19	0.3	0.1
Cl	70	200	180	10	150
I	< 0.03	< 0.03	2.2	1.7	1.2
B	1.7	15	100	35	20
Mo	6.5	0.6	2.6	0.2	0.4
Se	0.007	0.3	0.6	0.05	0.08

(Whitehead 2000)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zastoupení živin v půdě, v rostlinách ... POMĚRY

Table 3.6. Typical plant : soil concentration ratios of nutrient elements for grassland in temperate regions.

	Typical concentration in soil DM	Typical concentration in herbage DM	Plant : soil concentration ratio (x : 1)
N (%)	0.28	2.8	10.0
P (%)	0.2	0.4	2.0
S (%)	0.10	0.35	3.5
K (%)	1.5	2.5	1.7
Na (%)	0.25	0.25	1.0
Ca (%)	1.8	0.6	0.33
Mg (%)	0.8	0.2	0.25
Fe (mg kg ⁻¹)	35,000	150	0.0004
Mn (mg kg ⁻¹)	1,600	165	0.10
Zn (mg kg ⁻¹)	150	37	0.25
Cu (mg kg ⁻¹)	30	9	0.3
Co (mg kg ⁻¹)	20	0.1	0.005
Cl (mg kg ⁻¹)	500	3,500	7.0
I (mg kg ⁻¹)	5	0.2	0.04
B (mg kg ⁻¹)	50	5	0.10
Mo (mg kg ⁻¹)	2.6	0.9	0.35
Se (mg kg ⁻¹)	0.4	0.05	0.12

(Whitehead 2000)

Zastoupení živin v rostlinách, v těle herbivorů ... POMĚRY

Table 4.6. Typical animal : plant concentration ratios, based on grass herbage and ruminant animals.

	Typical concentration in plant DM	Typical concentration in animal body DM ^a	Animal : plant concentration ratio (x : 1)
N (%)	2.8	9.00	3.2
P (%)	0.4	2.66	6.7
S (%)	0.35	0.50	1.4
K (%)	2.5	0.67	0.27
Na (%)	0.25	0.50	2.0
Ca (%)	0.6	4.66	7.8
Mg (%)	0.2	0.15	0.75
Cl (%)	0.35	0.33	0.94
Fe (mg kg ⁻¹)	150	133	0.89
Mn (mg kg ⁻¹)	165	1.2	0.007
Zn (mg kg ⁻¹)	37	83	2.2
Cu (mg kg ⁻¹)	9	9	1.0
Co (mg kg ⁻¹)	0.1	0.13	1.3
B (mg kg ⁻¹)	5	1.0	0.2
Mo (mg kg ⁻¹)	0.8	0.66	0.83
I (mg kg ⁻¹)	0.2	1.43	7.2
Se (mg kg ⁻¹)	0.05	1.2	24.0

^aDerived from data in Table 4.1 assuming live weight to contain 30% DM.

(Whitehead 2000)



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Zastoupení živin v rostlinách – iontové formy (*Medicago sativa* ... alfa-alfa)

Table 10-1 The 16 Plant Nutrients and 6 Additional Elements, Their Chemical Symbols, Content in Plants, and the Form(s) Available for Plant Uptake

Element and Symbol	Portion of Plant* (%)	Ion or Molecule
Carbon (C)	41.2	CO ₂ (through leaves)
Oxygen (O)	46.3	CO ₂ (through leaves)
Hydrogen (H)	5.4	HOH
Nitrogen (N)	3.3	NH ₄ ⁺ (ammonium), NO ₃ ⁻ (nitrate)
Calcium (Ca)	2.1	Ca ²⁺
Potassium (K)	0.80	K ⁺
Magnesium (Mg)	0.42	Mg ²⁺
Phosphorus (P)	0.30	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻ (phosphates)
Sulfur (S)	0.085	SO ₄ ²⁻ (sulfate)
Chlorine (Cl)	0.011	Cl ⁻ (chloride)
Iron (Fe)	0.0066	Fe ²⁺ , Fe ³⁺ (ferrous, ferric) = Fe(II), Fe(III)
Boron (B)	0.0045	H ₃ BO ₃ , (boric acid)
Manganese (Mn)	0.0036	Mn ²⁺ = Mn(II)
Zinc (Zn)	0.0009	Zn ²⁺ = Zn(II)
Copper (Cu)	0.0007	Cu ²⁺ = Cu(II)
Molybdenum (Mo)	0.000005	MoO ₄ ²⁻ (molybdate)
Cobalt (Co)	—	Co ²⁺ = Co(II)
Nickel (Ni)	—	Ni ²⁺ = Ni(II)
Selenium (Se)	—	SeO ₄ ²⁻ (selenate)
Silicon (Si)	—	Si(OH) ₄ (nonionized)
Sodium (Na)	—	Na ⁺
Vanadium (V)	—	VO ₃ ⁻ (vanadate)

Sources: Selected data and additions by Raymond W. Miller from B. G. Ellis and B. D. Knezek, "Absorption Reaction of Micronutrients in Soils," 68; and L. O. Tiffin, "Translocation of Micronutrients in Plants," 204, both in R. C. Dinauer (ed.), *Micronutrients in Agriculture*, Soil Science Society of America, Madison, WI, 1972.

*Estimates of element contents taken from oven-dried alfalfa. Various plants have different values.

(Miller and Gardiner 2007)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Cykly hlavních živin – kontrolní mechanismy a specifické vlastnosti

N	Biological	Gain	Never large inorganic accumulations in soils Usually limiting in N. hemisphere
P	Biological & Geochemical	Gain	High degree of soil adsorption Often limiting in sandy, old, or P-fixing soils (SE coastal plain, NW Coast, S. hemisphere)
S	Biological and/or Geochemical	Gain, 0, or loss	Inorganic (sulfate) form can be a major component of cycle Limiting only in pristine areas (Pac NW, Australia)
K	Biological & Geochemical	Loss	Foliar leaching is important pathway of return to forest floor Limiting in some sandy soils (New York, Cent. Europe)
Ca	Biological & Geochemical	Loss	No translocation Large variation between species Rarely limiting (only when soils are extremely acid and N is high; Smoky Mts, Cent. Europe)
Mg	Biological & Geochemical	Loss	Like Ca, but has translocation Limiting when bedrock is low and N is in excess (Sandy soils of E. US; Cent Europe)

(Johnson 2012)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

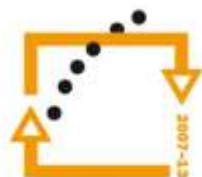
Table 6.1 Percentage of the Annual Requirement of Nutrients for Growth in the Northern Hardwoods Forest at Hubbard Brook, New Hampshire, That Could Be Supplied by Various Sources of Available Nutrients^a

Process	N	P	K	Ca	Mg
Growth requirement ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)	115.4	12.3	66.9	62.2	9.5
Percentage of the requirement that could be supplied by:					
Intersystem inputs					
Atmospheric	18	0	1	4	6
Rock weathering	0	1	11	34	37
Intrasystem transfers					
Reabsorptions	31	28	4	0	2
Detritus turnover (includes return in throughfall and stemflow)	69	67	87	85	87

^a Calculated using Eqs. 6.2 and 6.3. Reabsorption data are from Ryan and Bormann (1982). Data for N, K, Ca, and Mg are from Likens and Bormann (1995) and for P from Yanai (1992).



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Cykly živin v terestrických ekosystémech (EKO/CZ)

Mgr. Jan Mládek, Ph.D. (2012/2013)

2. blok

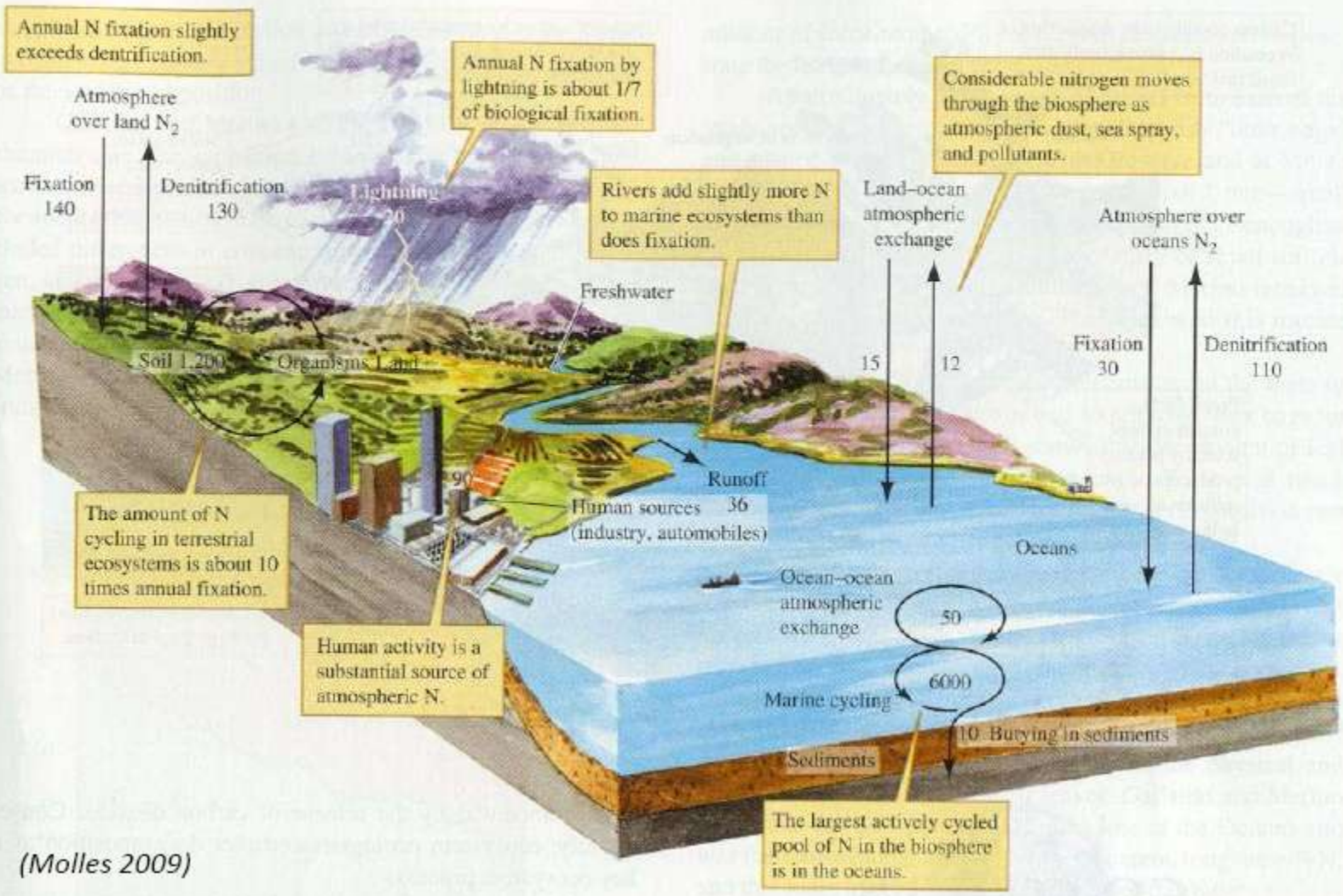
1/10/2012

**Rozvoj a inovace výuky ekologických oborů formou komplementárního propojení
studijních programů Univerzity Palackého a Ostravské univerzity**

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

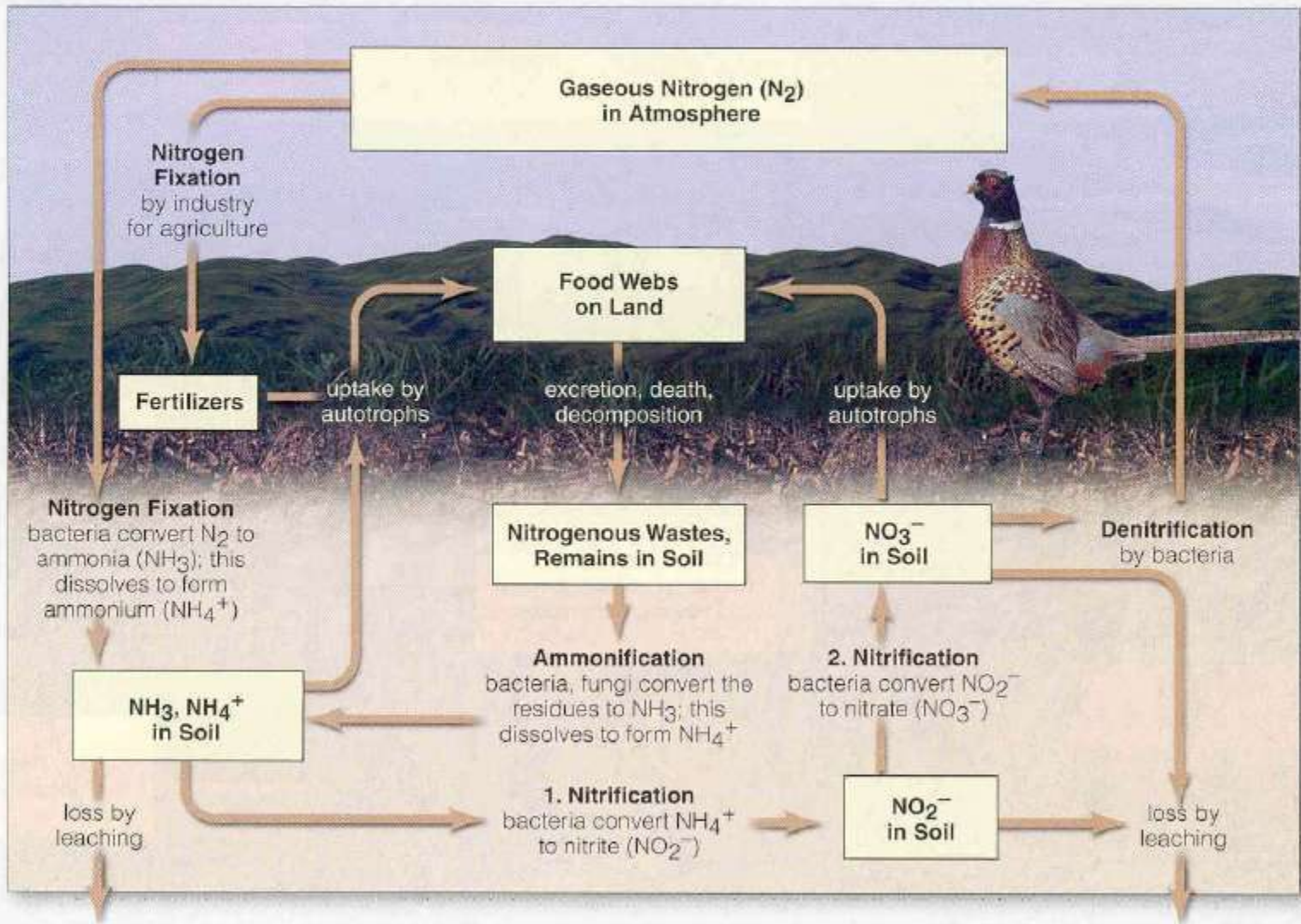


CYKLUS DUSÍKU – důležitá plynná fáze – globální c. (jednotky: megatuny ... 10^6 tun)



(Molles 2009)

CYKLUS DUSÍKU – přechod mezi jednotlivými fázemi – zejména BAKTERIE



evropský sociální fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



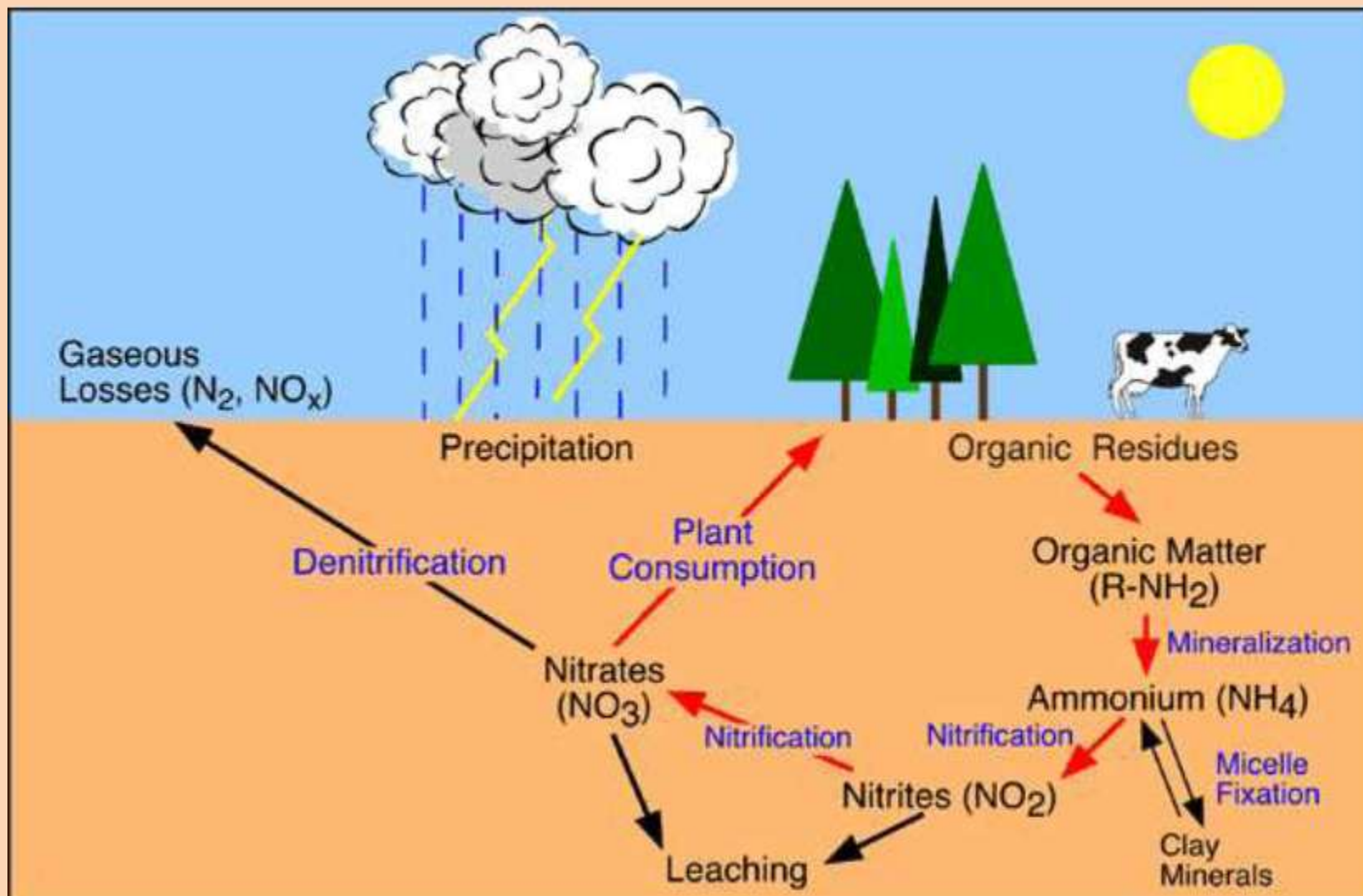
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CYKLUS DUSÍKU – organické látky (aminokyseliny R-NH₂) – AMONIFIKACE



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

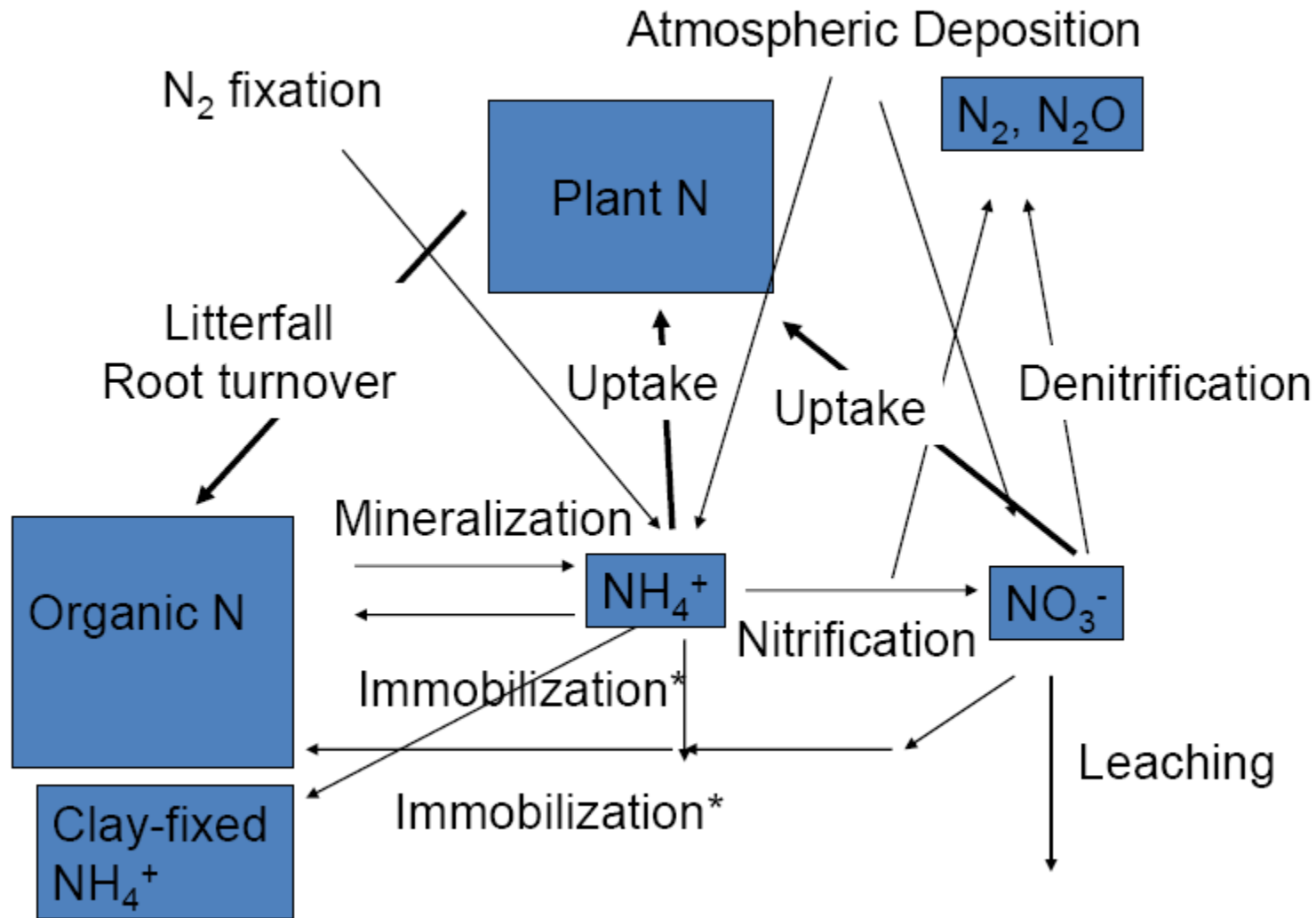
Table 5.3. Ammonia volatilization from three grazed swards: (i) ryegrass–white clover receiving no fertilizer N; (ii) ryegrass receiving 210 kg N ha⁻¹ year⁻¹; and (iii) ryegrass receiving 420 kg N ha⁻¹ year⁻¹; mean values for two grazing seasons, assessed by a micrometeorological method (from Jarvis *et al.*, 1989).

	(i)	(ii)	(iii)
Ammonia volatilized (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	6.7	9.6	25.1
Proportion (%) of fertilizer N	–	4.6	6.0
Proportion (%) of estimated urinary N	9.8	11.2	12.1

Table 5.4. Influence of drainage and of reseeded of old grassland grazed by cattle on the estimated amounts of nitrate N leached and denitrified (kg N ha⁻¹ year⁻¹) at two rates of fertilizer N: mean values, 4 years (from Scholefield *et al.*, 1988).

	Nitrate N leached (kg ha ⁻¹)	Denitrification (kg ha ⁻¹)	Proportion (%) of leaching + denitrifi- cation as leaching
Old grassland, undrained, 200 kg N ha ⁻¹	20	86	19
Old grassland, drained, 200 kg N ha ⁻¹	56	56	50
Old grassland, undrained, 400 kg N ha ⁻¹	48	110	30
Old grassland, drained, 400 kg N ha ⁻¹	187	80	70
Reseeded grass, undrained, 400 kg N ha ⁻¹	24	113	13
Reseeded grass, drained, 400 kg N ha ⁻¹	74	78	49

Nitrogen Cycling in soils: Biologically controlled

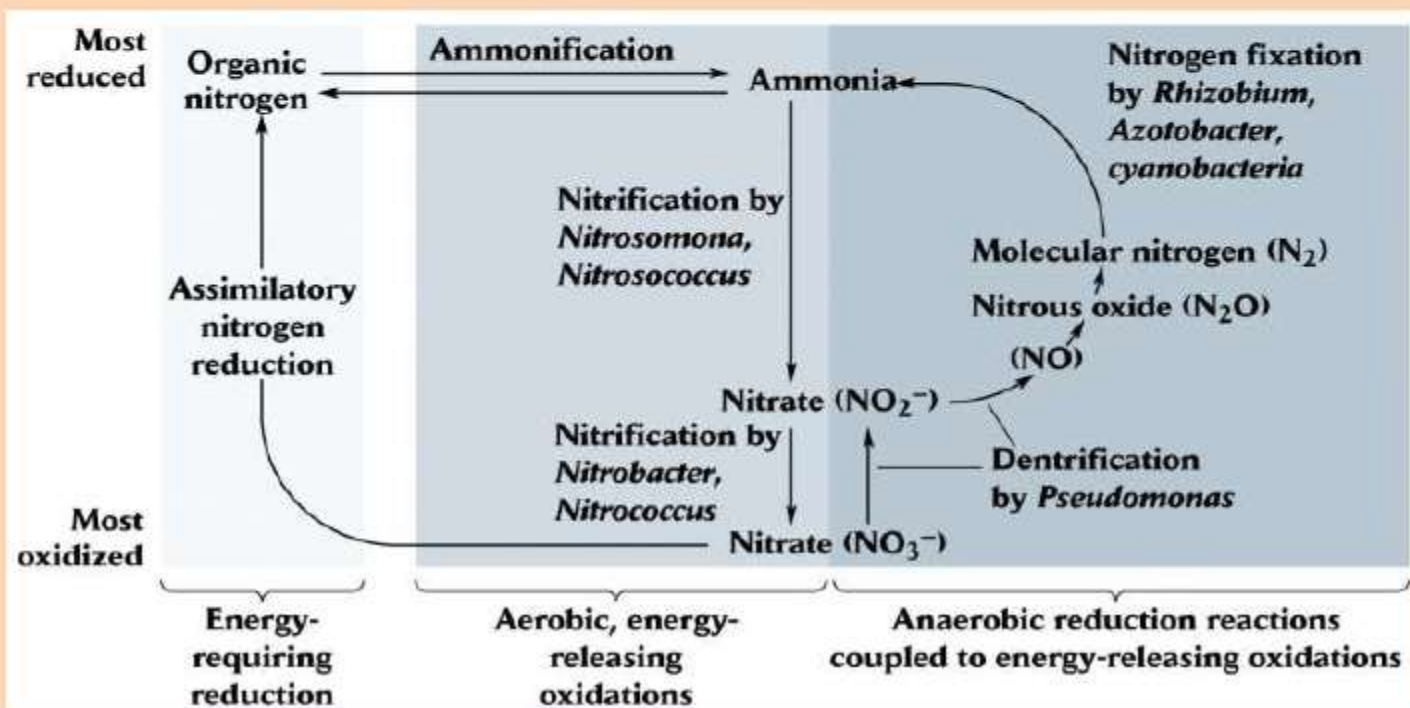
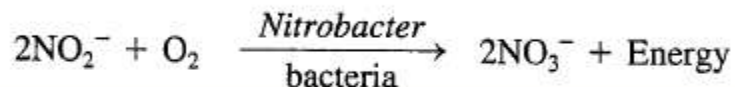
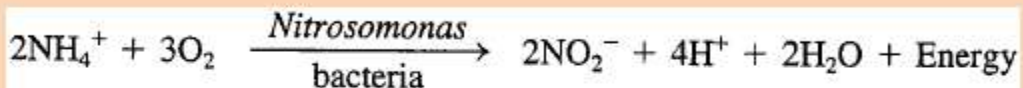


*Includes mostly microbial (biotic) but also some abiotic immobilization

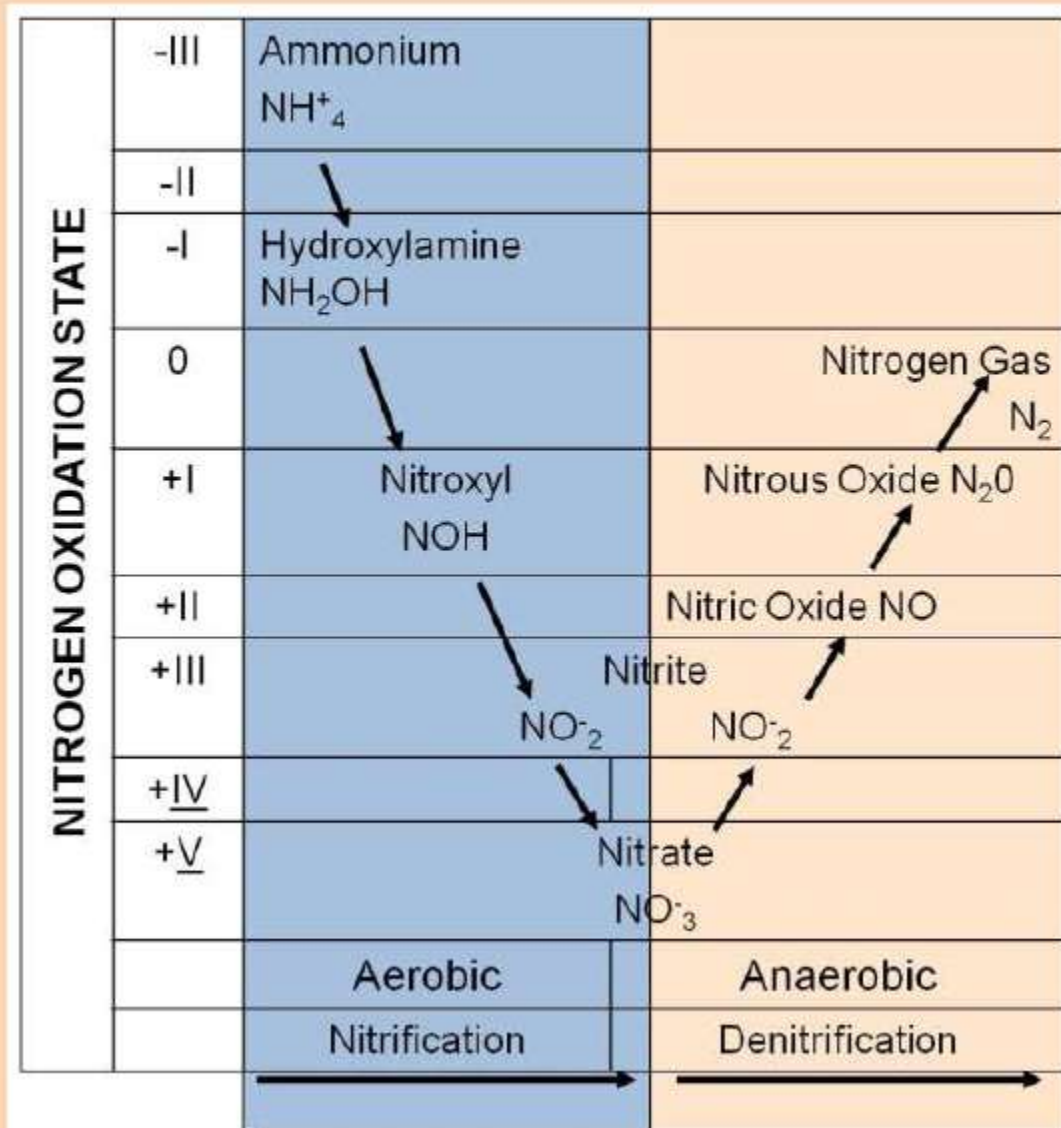
CYKLUS DUSÍKU – aerobní (oxidace) a anaerobní (redukce) procesy přeměn dusíku

-90% dusíku v půdě je v nedostupné formě (půdní organická hmota)

-asimilace NH_4^+ vyžaduje 2-5% rostl. energie zatímco NO_3^- vyžaduje 15% energie



CYKLUS DUSÍKU – biochemické přeměny dusíku – OXIDACE a REDUKCE



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

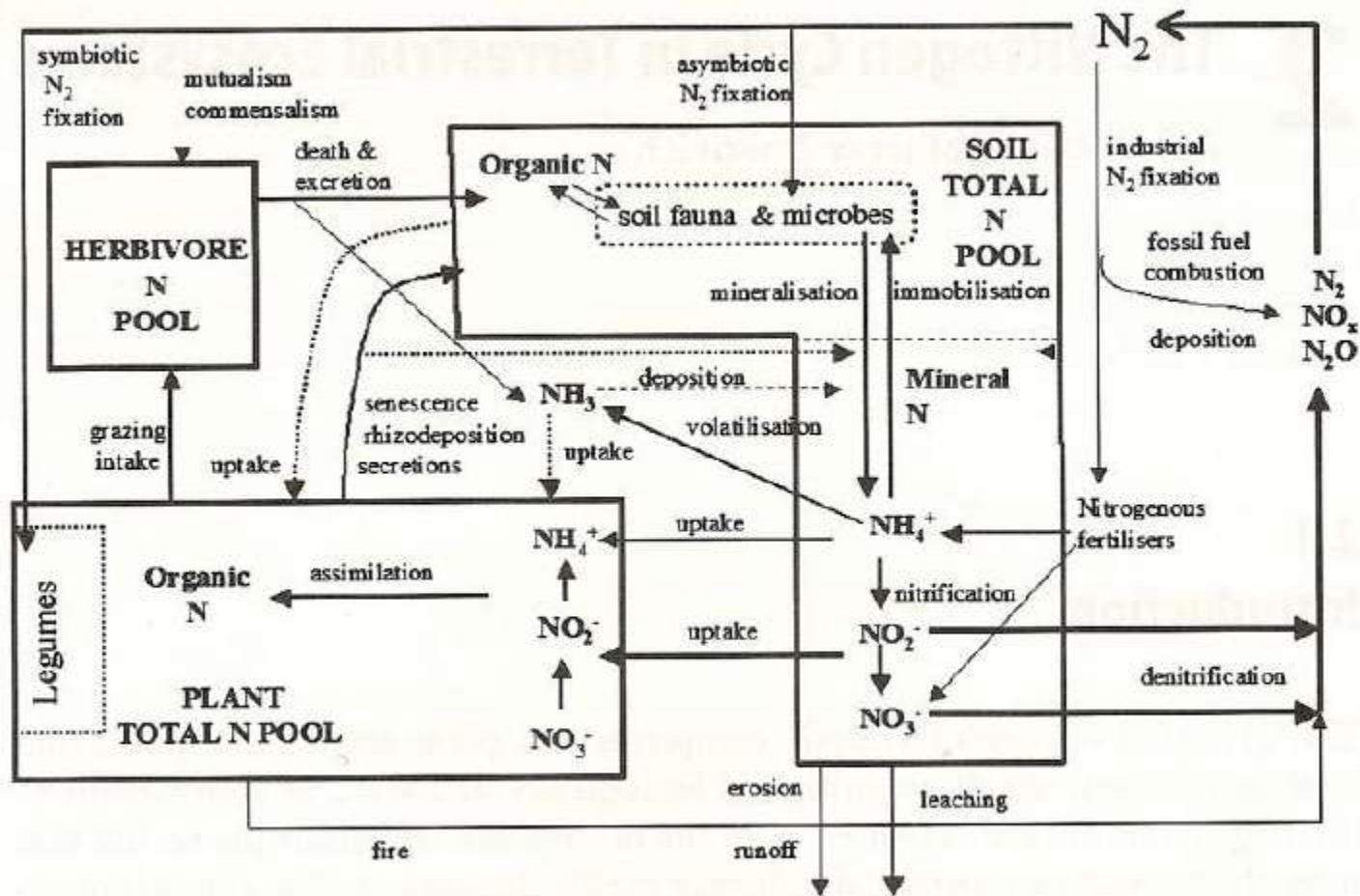


Fig. 2.1 Important pools, processes and fluxes of N in natural and managed terrestrial ecosystems

(Marschner and Rengel 2007)

CYKLUS DUSÍKU NA PASTVINĚ ... Whitehead 2000

- cca 70% dusíku uvolněného z píče herbivory odchází v moči (močovina)

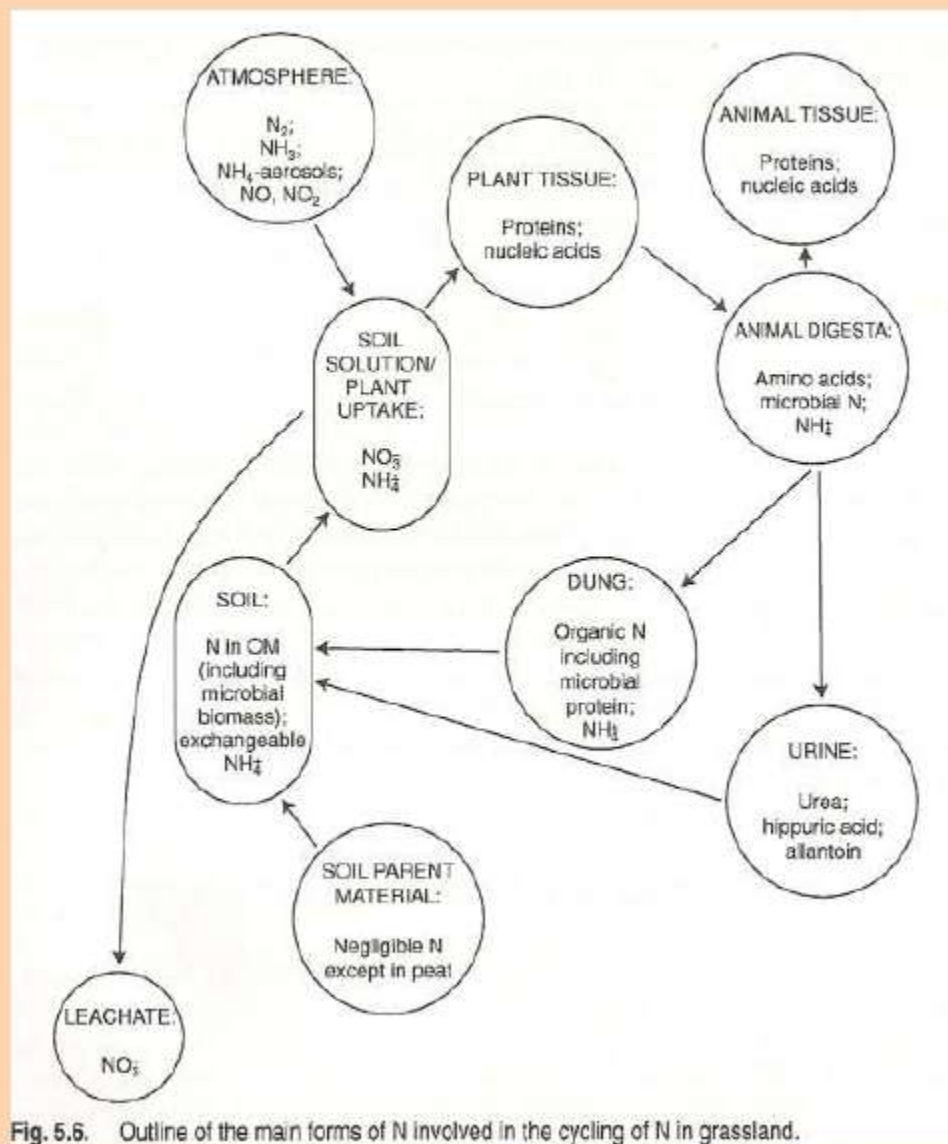


Fig. 5.6. Outline of the main forms of N involved in the cycling of N in grassland.

Table 5.10. Estimated N balances ($\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) for three systems of grassland management: intensively managed grass, moderately intensive grass-clover and extensive grass, all grazed by cattle in UK conditions (based on data from Dampney and Unwin, 1993; Whitehead, 1995).

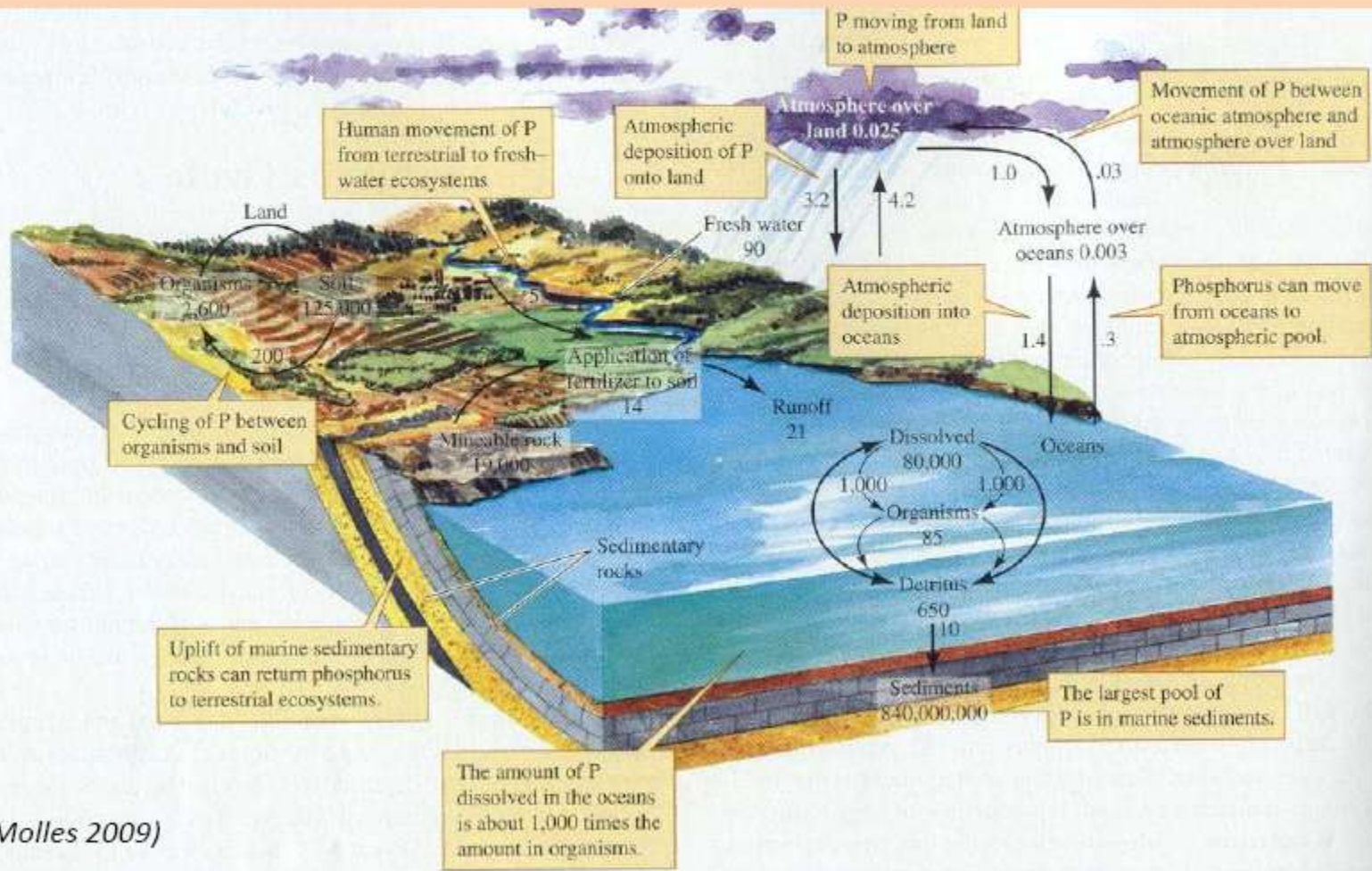
	Intensive grass (dairy cows)	Grass-clover	Extensive grass
Inputs			
Fixation of atmospheric N_2	0	120	8
Deposition from atmosphere	30	30	15
Fertilizer	330	0	0
Supplementary feeds	100	0	0
Aspects of recycling			
Uptake into herbage	400	240	60
Consumption of herbage by animals	280	160	30
Dead herbage to soil	120	80	30
Dead roots to soil	60	50	30
Excreta to soil of grazed area	285	120	25
Outputs			
Milk/live-weight gain	70	25	3
Leaching/runoff	180	40	5
Volatilization of ammonia	80	15	3
Denitrification/nitrification	100	20	2
Loss through excretion off sward	28	10	0
Gain to soil	30	50	10

Table 5.1. Typical concentration of N in soils under arable cultivation, ley/arable and long-term grass (% in dry weight, 0–15 cm) as influenced by soil texture (derived from Archer, 1988).

Soil texture	Arable	Ley/arable	Long-term grass
Sand	0.05–0.08	0.07–0.09	0.15–0.25
Light loam	0.07–0.12	0.09–0.15	0.20–0.30
Light silt	0.10–0.13	0.12–0.15	0.25–0.35
Medium loam/medium silt	0.12–0.15	0.14–0.16	0.25–0.40
Clay	0.16–0.20	0.18–0.21	0.40–0.50

(Whitehead 2000)

CYKLUS FOSFORU – bez plynné fáze – lokální cyklus – dlouhodobě glob. sedimentární (jednotky: megatuny ... 10^6 tun)



(Molles 2009)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Fig. 6.2 Apatite grains (1 mm diameter) colonized by ectomycorrhizal fungus *Paxillus involutus* in sterile microcosms. Reproduced from Smits et al. (2008), with permission

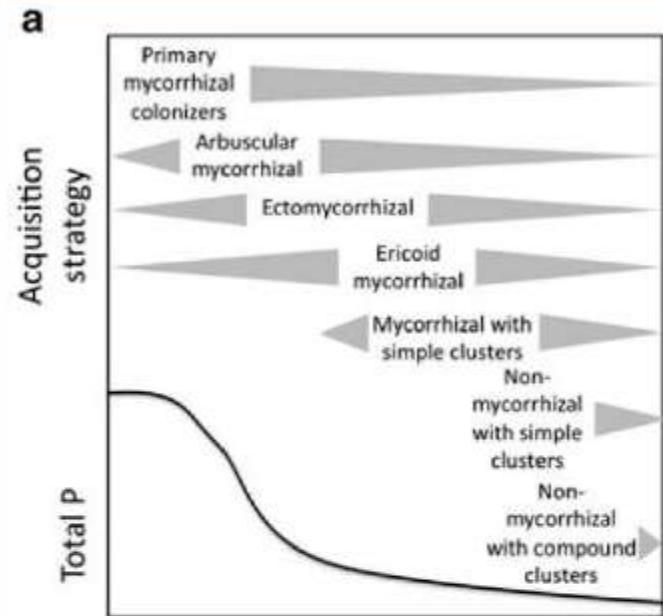


Fig. 14.7 Biological strategies for acquiring P.

Table 7.2 Stability constants of some organic acid–metal complexes determined at a 1:1 metal–ligand ratio at 25°C and zero ionic strength

Organic anion	Number of carboxylic groups	Fe ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺
Citrate	3	11.5	7.9	4.9
Malate	2	7.1	6.0	2.7
Oxalate	2	7.5	6.1	4.9
Gluconate	1	37.2	2.0	1.2

Adapted from Martell and Smith (1977) and Jones (1998)

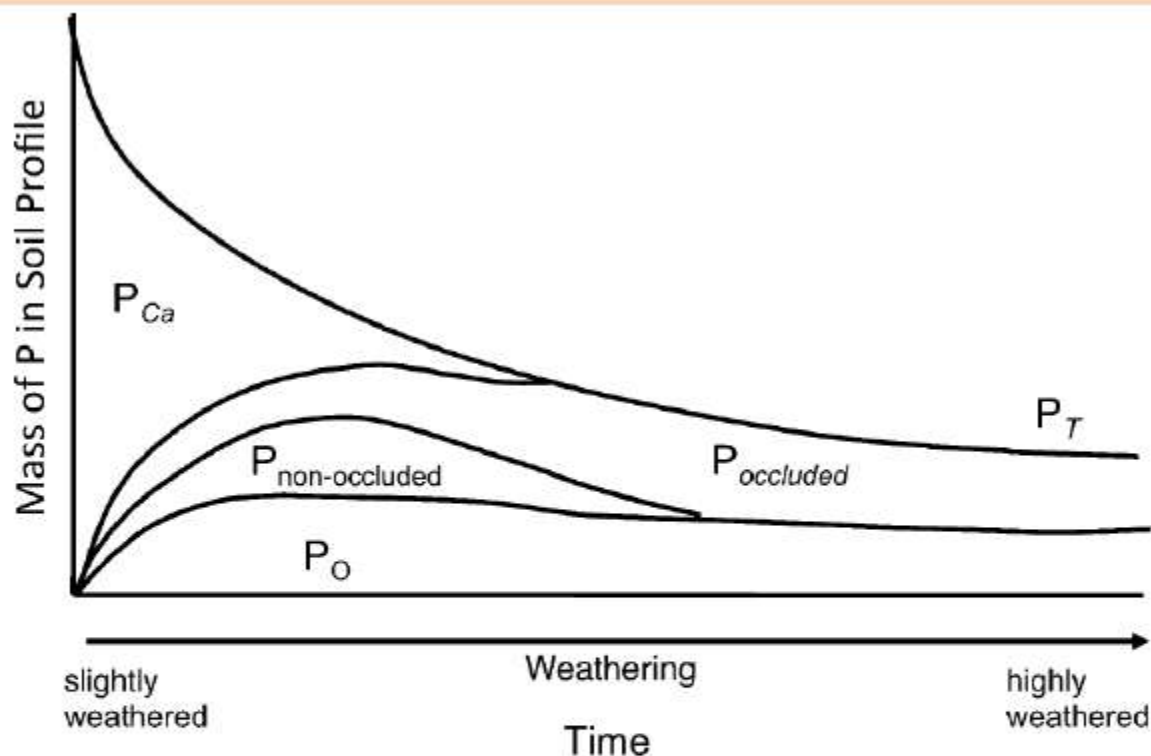


Fig. 14.1 Conceptual model modified from Walker and Syers (1976) showing variations in soil P pools during pedogenesis: P_T total soil P; P_{Ca} calcium phosphates; P_o organic matter P; $P_{occluded}$ sorbed P (relatively unavailable to organisms); $P_{nonoccluded}$ P in the soil solution (relatively available to organisms; often called “labile” P). The model suggests that the highly weathered soils (Ultisols and Oxisols) of many tropical forests have less total P, higher relative proportions of $P_{occluded}$ and P_o , and very little available P ($P_{nonoccluded}$) relative to soils at earlier stages of soil development

LIMITACE FOSFOREM – v pozdních stádiích vývoje ekosystémů

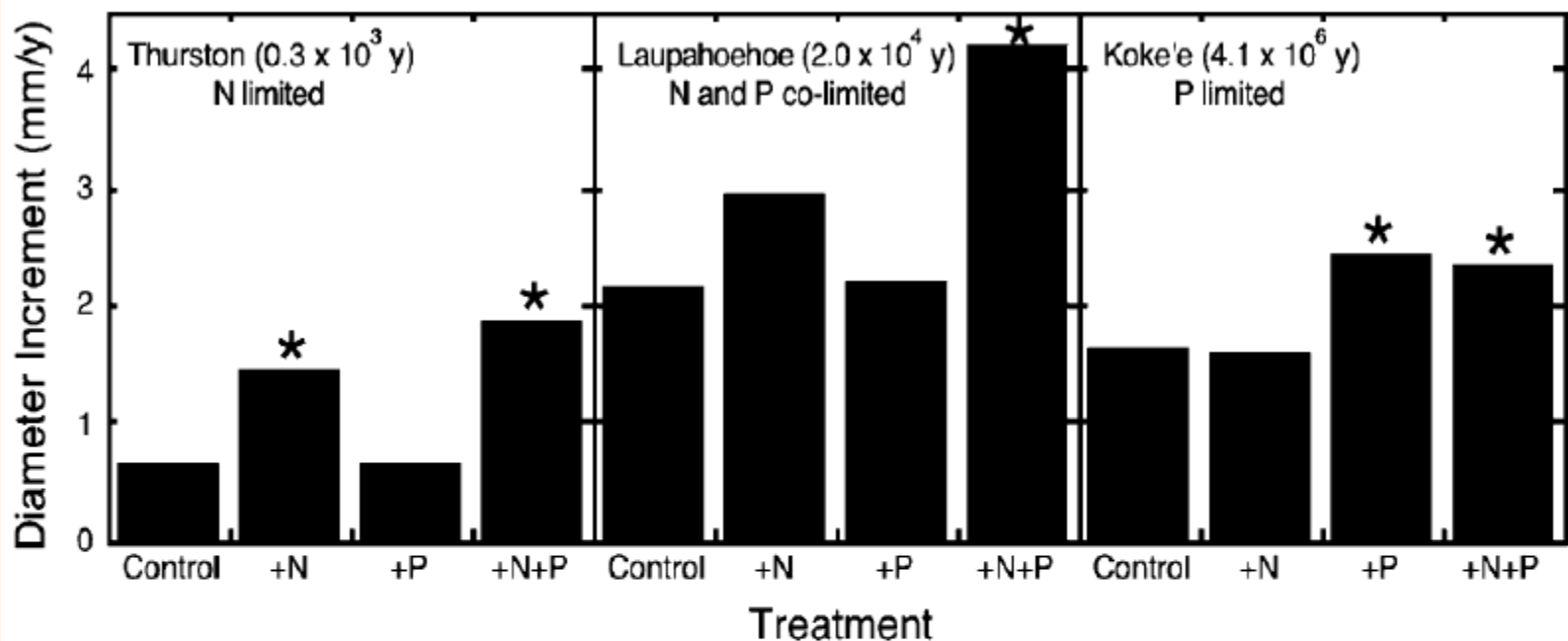


Fig. 14.2 Tree growth rates from a fertilization study along 4.1 million year substrate age gradient (modified from Vitousek and Farrington 1997). Bars show the means of tree growth (diameter increment) of *Metrosideros polymorpha* (the dominant tree species) for trees in control plots and in plots fertilized with N, P, and N + P. Within each site, treatment effects that were significantly different from the control are represented by *asterisks*. Data show that tree growth at the youngest site was N-limited, tree growth at the intermediate-aged site was colimited by N and P, and tree growth at the oldest site was P-limited

SCHOPNOST MOBILIZOVAT FOSFOR ... invazní druhy (Bünemann et al. 2009)

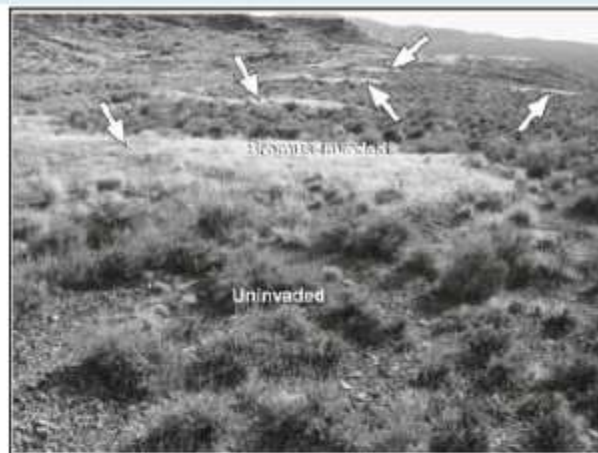


Fig. 15.6 An illustration of the patchy nature of *Bromus tectorum* invasion in many parts of the western USA (arrows mark the light-colored *Bromus* patches)

Bromus tectorum – sveřep střešní
... produkce kořenových exudátů

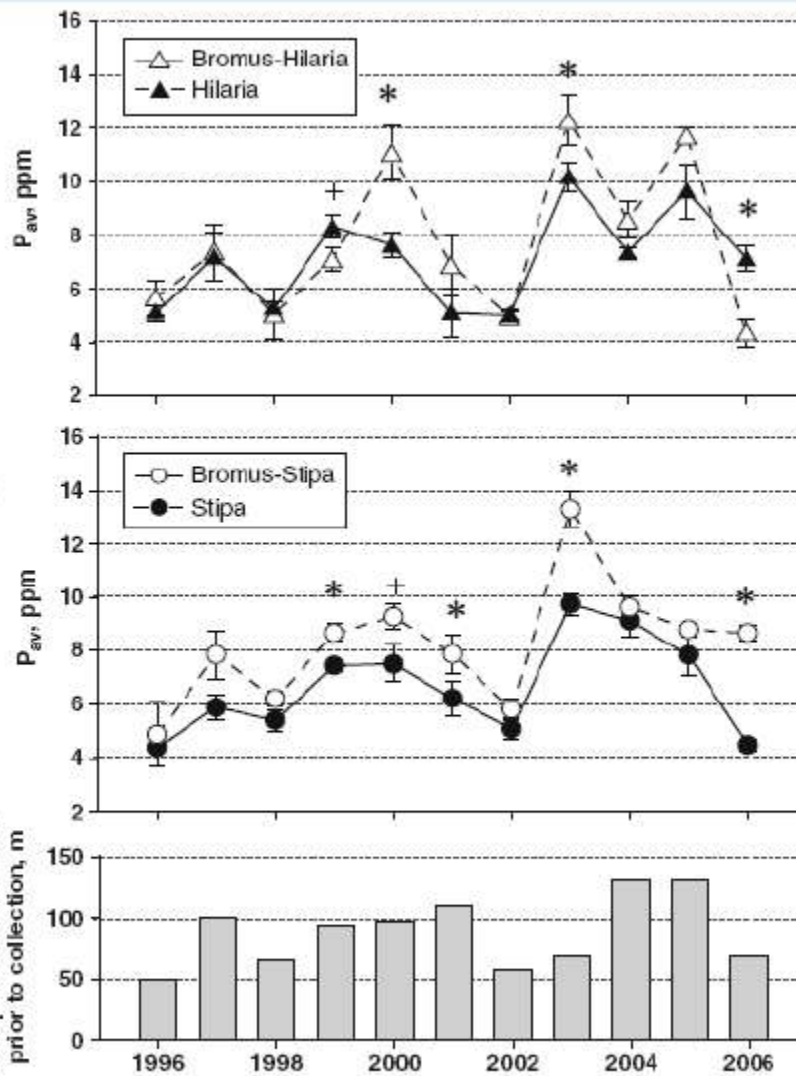


Fig. 15.9 Annual spring measures (May 1996–Apr 2006) of bicarbonate-extractable (available P) in a grassland never grazed by livestock (Canyonlands National Park) in SE Utah, USA. Upper

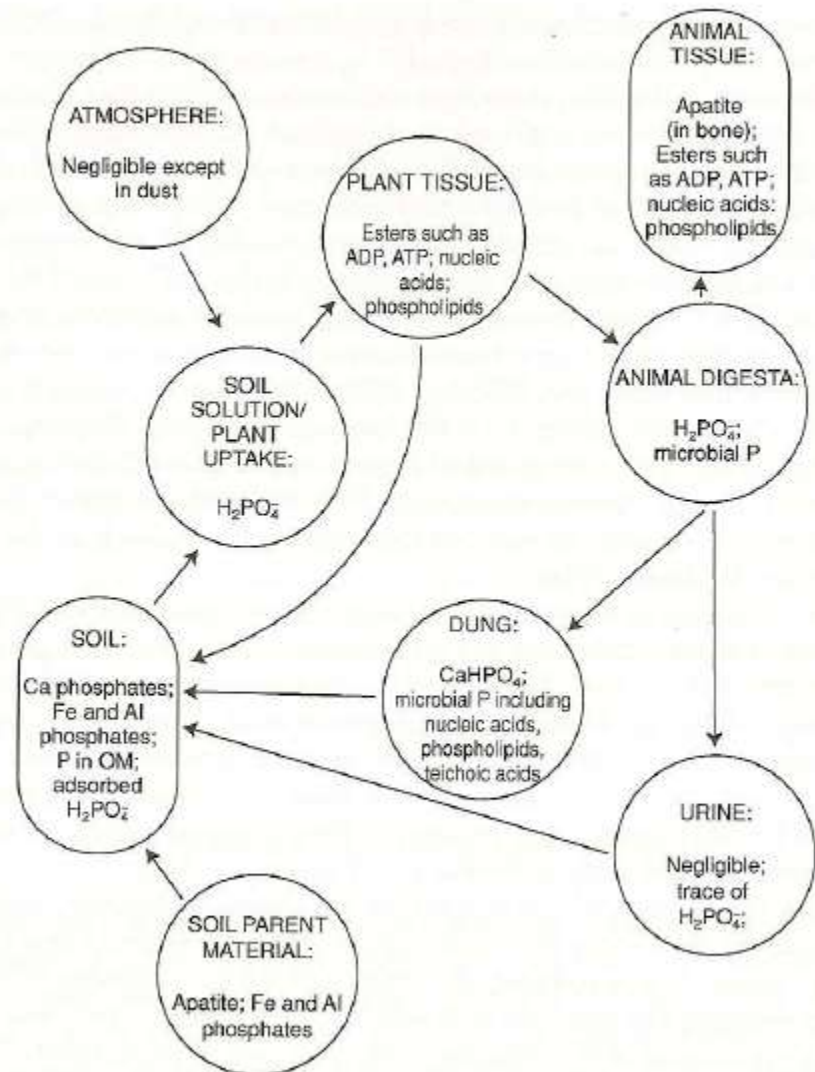


Fig. 6.4. Outline of the main forms of P involved in the cycling of P in grassland.

Table 6.12. Estimated P balances ($\text{kg P ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) typical of three systems of grassland management: intensively managed grass, moderately intensive grass-clover and extensive grass, all grazed by cattle (except during the winter) in UK conditions (based on data from Parfitt, 1980; Aarts *et al.*, 1992; Haygarth *et al.*, 1998).

	Intensive grass (dairy cows)	Grass-clover (beef cattle)	Extensive grass (beef cattle)
Inputs			
Fertilizer	25	15	0
Atmosphere	1	1	1
Aspects of recycling			
Uptake into herbage	55	30	6
Consumption of herbage by animals	44	20	3
Dead stubble and herbage to soil	20	20	5
Dead roots to soil	9	9	2
Excreta to soil of grazed area	27	18	2.7
Outputs			
Milk/live-weight gain	12	2	0.8
Leaching/runoff	1	0.2	0.1
Loss through excretion off sward	5	0.0	0.0
Gain (loss) to soil	8	12	0.1

CYKLUS FOSFORU

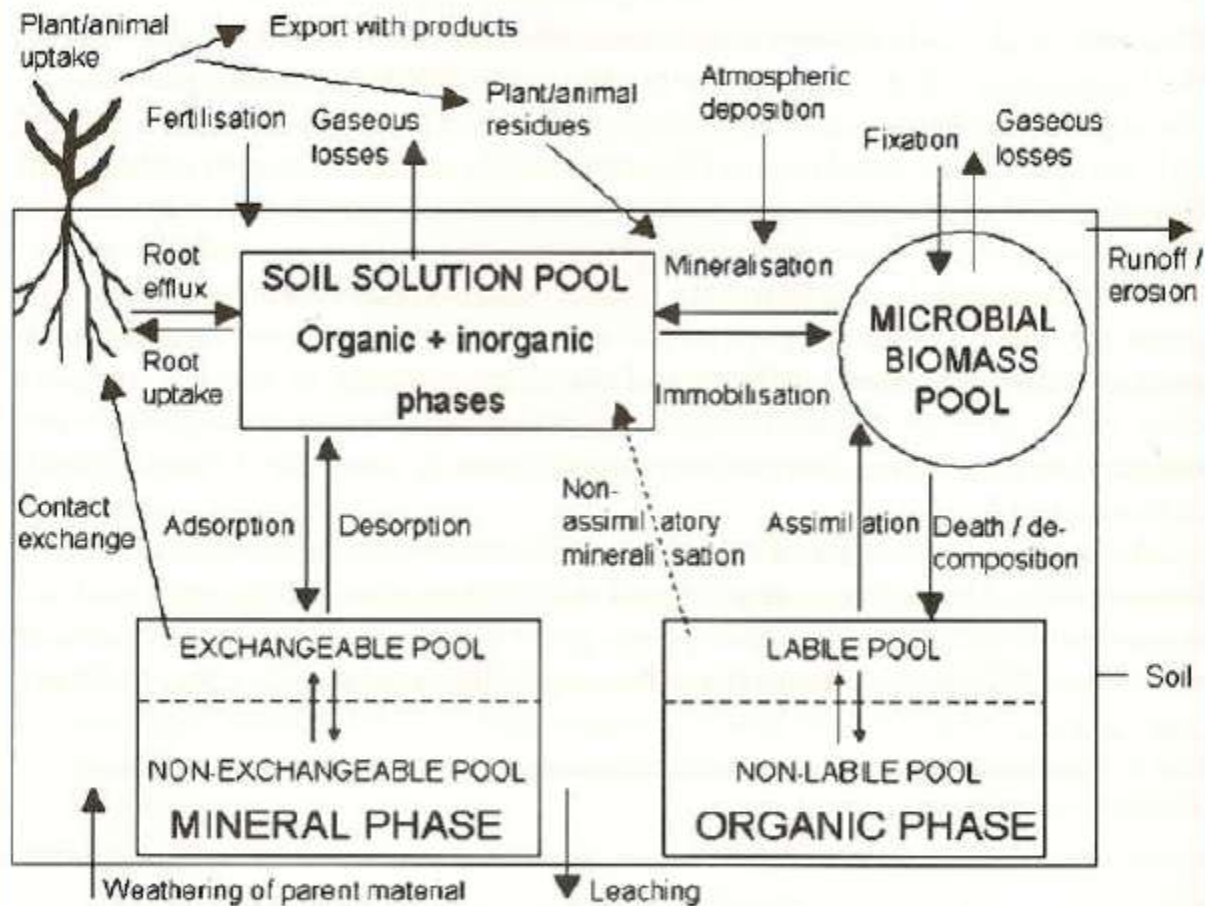


Fig. 3.1 Schematic presentation of nutrient cycling in terrestrial systems (modified after McLaughlin et al. 1999)

(Marschner and Rengel 2007)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

The Phosphorus Cycle

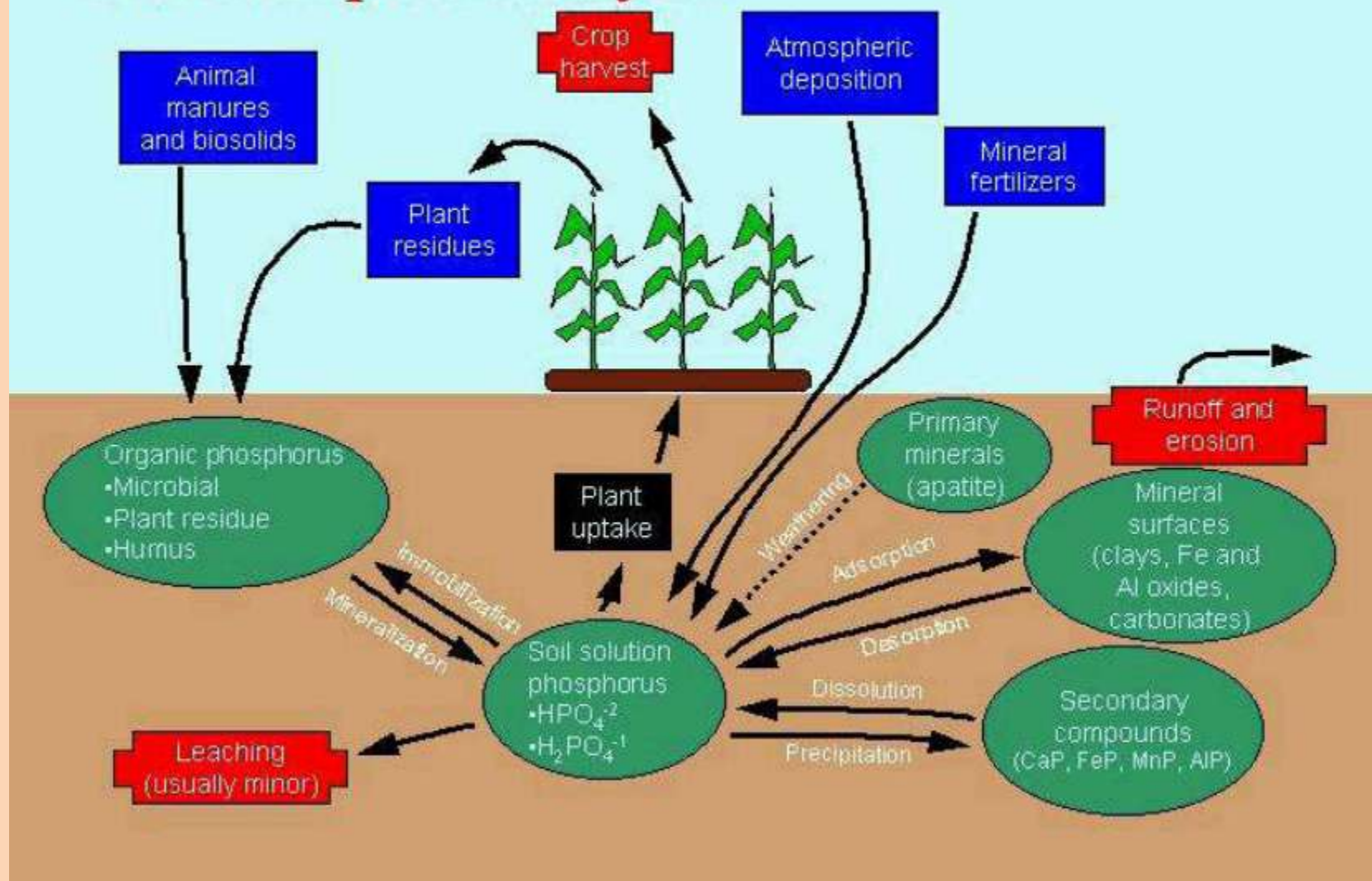


Table 3.5. Amounts of nutrient elements removed in cut herbage or consumed by grazing animals: (i) with a herbage yield of 3000 kg DM ha⁻¹ and rather low concentrations of nutrients; and (ii) with a herbage yield of 10,000 kg DM ha⁻¹ and rather high concentrations of nutrients (kg or g ha⁻¹ year⁻¹).

	(i)		(ii)	
	Assumed nutrient concentration	Removal in 3000 kg herbage DM	Assumed nutrient concentration	Removal in 10,000 kg herbage DM
N	2.0%	60 kg	4.0%	400 kg
P	0.2%	6 kg	0.6%	60 kg
S	0.2%	6 kg	0.4%	40 kg
K	1.5%	45 kg	3.5%	350 kg
Na	0.05%	1.5 kg	0.5%	50 kg
Ca	0.5%	15 kg	1.2%	120 kg
Mg	0.1%	3 kg	0.3%	30 kg
Cl	0.2%	6 kg	2.5%	250 kg
Fe	50 mg kg ⁻¹	150 g	300 mg kg ⁻¹	3000 g
Mn	20 mg kg ⁻¹	60 g	150 mg kg ⁻¹	1500 g
Zn	15 mg kg ⁻¹	45 g	60 mg kg ⁻¹	600 g
Cu	5 mg kg ⁻¹	15 g	15 mg kg ⁻¹	150 g
Co	0.05 mg kg ⁻¹	0.15 g	0.25 mg kg ⁻¹	2.5 g
I	0.1 mg kg ⁻¹	0.3 g	0.5 mg kg ⁻¹	5.0 g
B	3 mg kg ⁻¹	9 g	15 mg kg ⁻¹	150 g
Mo	0.1 mg kg ⁻¹	0.3 g	4 mg kg ⁻¹	40 g
Se	0.05 mg kg ⁻¹	0.15 g	1 mg kg ⁻¹	10 g

Table 6.4. Amounts of fertilizer P (kg P ha^{-1}) recommended for grassland in the UK, based on soil analysis (MAFF, 1994).

	Extractable soil P (mg P l^{-1}) ^a				
	0–9	10–15	16–25	26–45	> 45
Grazed grass and grass–clover	26	17	9	0	0
Cut grass and grass–clover					
1st cut	44	26	13	13	0
2nd cut	22	13	13	0	0
3rd cut	0	0	0	0	0
4th cut	0	0	0	0	0

^aSoil P extracted by 0.05 M NaHCO_3 at pH 8.5, mg P l^{-1} of soil.

Table 6.1. The main types of phosphate fertilizer.

Fertilizer	Chemical formula	% P	Solubility in water
Superphosphate	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	8–9	High
Triple superphosphate	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	20	High
Monoammonium phosphate	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	26	High
Diammonium phosphate	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	23	High
Rock phosphate	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2/\text{apatite}$	12–16	Low

Table 6.2. Effect of applying superphosphate annually for 35 years on the concentration of total P (mg P kg^{-1} soil) in four horizons of a grazed grassland soil in New Zealand (from Nguyen and Goh, 1992a).

Soil horizon, depth (mm)	Initial soil P (mg kg^{-1})	Rate of application ($\text{kg P ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$)		
		0	16	32
0–75	710	750	930	1150
75–150	670	715	885	1010
150–225	600	625	680	740
225–300	505	500	500	510

(Whitehead 2000)

Koncentrace živin v hnoji (ekrementy) a kejďě (ekrementy + moč) ... rozdíly

Table 2.7. Some reported average concentrations of nutrient elements in cattle manures and slurries (% or mg kg⁻¹ in DM): (i) 400 samples, Maryland (Brady and Weil, 1999); (ii) monthly samples, 1 year, seven farms, North Carolina (Safley *et al.*, 1984); (iii) samples from six farms (Levi-Minzi *et al.*, 1986); (iv) average values (Van Dijk and Sturm, 1983); and (v) 13 farms, north-west Spain (Diaz-Fierros *et al.*, 1987).

	(i) Manure, dairy cow, USA	(ii) Manure, dairy cow, USA	(iii) Manure, beef cattle, Italy	(iv) Slurry, cattle, The Netherlands	(v) Slurry, dairy cattle, Spain
N (%)	2.4	4.7	2.70	5.00	4.00
P (%)	0.7	0.95		1.05	0.70
S (%)	0.3	–	–	–	–
K (%)	2.1	2.18	3.37	5.67	4.15
Na (%)	–	0.41	–	–	0.98
Ca (%)	1.4	1.17	1.4	1.86	1.71
Mg (%)	0.8	0.60	0.6	0.90	0.70

Table 8.4. Estimated amounts (kg ha⁻¹ year⁻¹) of K, Na, Ca and Mg returned to the soil in the excreta of dairy cattle grazing at a density of 700 cow-days ha⁻¹ year⁻¹, assuming 25 l urine and 3.8 kg faecal DM cow⁻¹ day⁻¹, and typical concentrations derived from Tables 8.21 and 8.22.

	K	Na	Ca	Mg
Assumed concentration in urine (g l ⁻¹)	6.0	0.98	0.27	0.51
Return in urine (kg ha ⁻¹)	105	17	4.7	8.9
Assumed concentration in dung (% in DM)	0.86	0.20	1.65	0.55
Return in dung (kg ha ⁻¹)	23	5.3	44	14.6
Total return in urine + dung (kg ha ⁻¹)	128	22	49	24

(Whitehead 2000)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

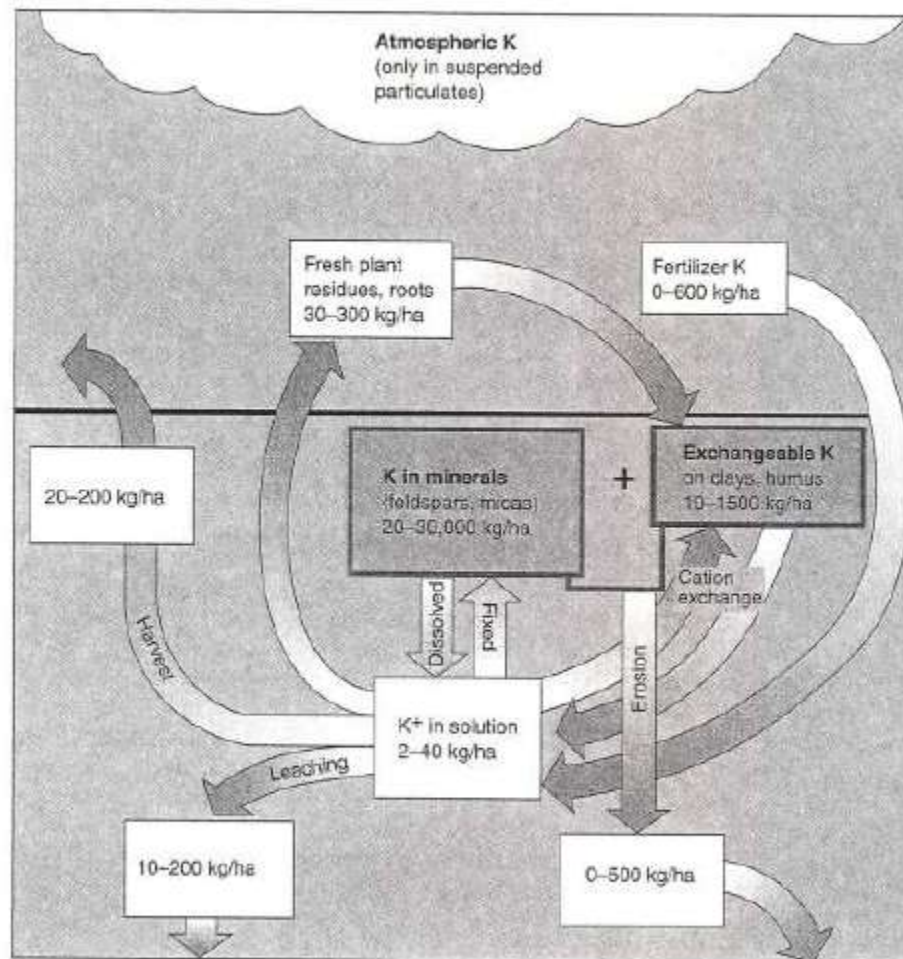


FIGURE 10-14 The potassium cycle, showing transformations, forms, and amounts of potassium in soil. (Courtesy of Raymond W. Miller.)

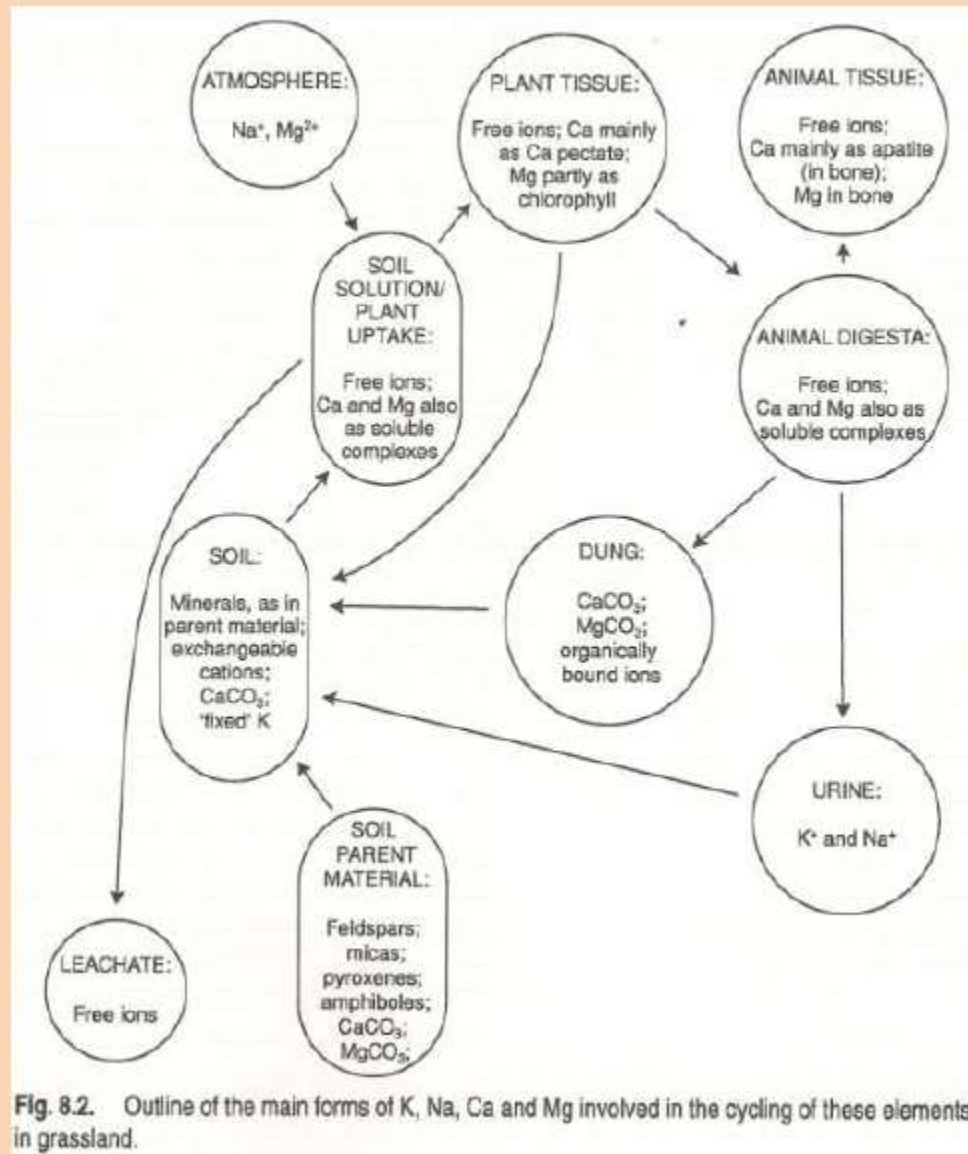


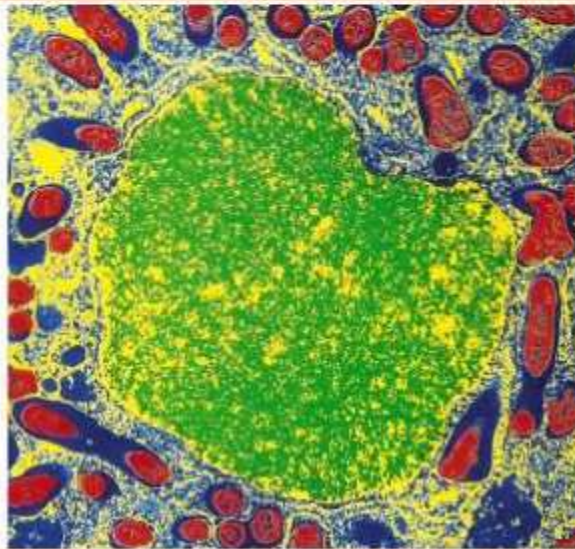
Fig. 8.2. Outline of the main forms of K, Na, Ca and Mg involved in the cycling of these elements in grassland.

Table 8.23. Estimated balances of K, Na, Ca and Mg ($\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) typical of two systems of grassland management, intensively managed grass and extensively managed grass-clover, both grazed by cattle (except during the winter) in UK conditions.

	Intensive grass (dairy cows)				Extensive grass-clover (beef cattle)			
	K	Na	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg
Inputs								
Fertilizer	60	0	0	0	0	0	0	0
Atmosphere	4	20	15	3	4	20	15	3
Aspects of recycling								
Uptake into herbage	250	40	120	30	25	3.7	12	3
Consumption of herbage by animals	200	32	96	24	15	2.2	7	1.8
Dead stubble + herbage to soil	100	16	48	12	30	4.5	15	3.6
Dead roots to soil	30	10	25	9	20	7	16	6
Excreta to soil of grazed area	155	23	71	20	14	1.7	6	1.7
Outputs								
Milk/live-weight gain	15	5	12	1	1.5	0.5	1.2	0.1
Leaching/runoff	15	20	150	40	2.5	2.0	30	4
Loss through excreta off sward	28	4	13	3	0	0	0	0
Gain (loss) to soil	6	(-9)	(-160)	(-41)	0	0	(-16)	(-1)

Biologická fixace dusíku

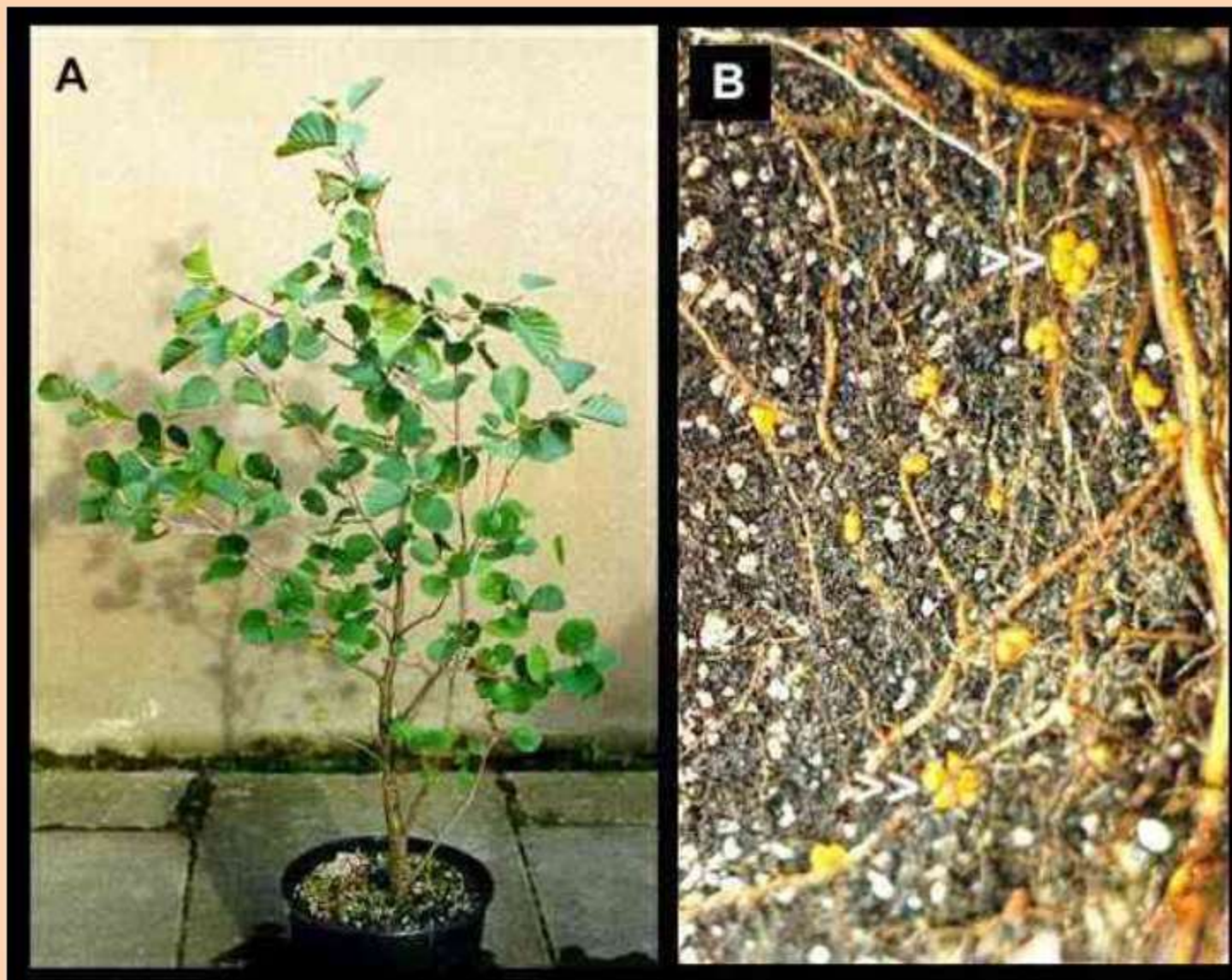
- vyžaduje hodně energie (12 g asimilovaného uhlíku za 1 g fixovaného dusíku)
- energie ve formě ATP ... potřeba fosforu
- anaerobní podmínky - enzym **NITROGENÁZA** – vyžaduje Mo, Fe, S
- nesymbioticky fixovaný dusík – do 5 kg/ha/rok (heterotrofní bakterie *Azotobacter*, *Bacillus*)
- množství symbioticky fixovaného dusíku:
 - 1-2 kg/ha/rok ... lišejníky v lese
 - 300 kg/ha/rok ... olše
 - 400 kg/ha/rok ... vojtěška (Whitehead 2000)



-noduly
(hlízkky na kořenech)

-řez hlízkou

Olše s hlízkami aktinomycety *Frankia*



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Přehled symbiotických fixátorů dusíku (prokaryota) a jejich hostitelů

Table 2.1 Examples of some N₂-fixing bacteria and some of the possible plant symbiotic partners [see Sprent and Sprent (1990) and Sprent (2001) for a full discussion]

Bacterial group	Microsymbionts	Some possible host plant genera
Actinomycetes	<i>Frankia</i> gram-positivní	<i>Alnus</i> , <i>Casuarina</i> , <i>Myrica</i> , <i>Gymnostoma</i>
Cyanobacteria	<i>Nostoc</i> , <i>Anabaena</i>	Cycads, most li- chens and <i>Azolla</i>
Eubacteria (symbiotic)	<i>Azorhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> , <i>Mesorhizobium</i> , <i>Rhizobium</i> gram-negativní	Woody perennial legumes – <i>Acacia</i> , <i>Calliandra</i> , <i>Chamaecrista</i> , <i>Erythrina</i> , <i>Leucaena</i> , <i>Robinia</i>
	<i>Sinorhizobium</i>	Herbaceous legume species – <i>Arachis</i> , <i>Cicer</i> , <i>Glycine</i> , <i>Lotus</i> , <i>Lupinus</i> , <i>Medicago</i> , <i>Pisum</i> , <i>Trifolium</i> , <i>Vicia</i>
	<i>Blastobacter</i> , <i>Burkhold- eria</i> , <i>Devosia</i> , <i>Ralstonia</i>	See Chen et al. 2003
Eubacteria (asymbiotic)	<i>Acetobacter</i> , <i>Azospirillum</i> , <i>Beijerinckia</i> , <i>Herbaspirillum</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Pseudomonas</i>	See James 2000



rýžové pole s azolou

(Marschner and Rengel 2007)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vliv dostupnosti minerálního dusíku na fixaci

- amonná forma dusíkatého hnojiva nesnižuje počet hlízek resp. aktivitu bakterií (vlevo)
- dusičnanová forma hnojiva zásadně redukuje biologickou fixaci (vpravo)

Table 2. Effects of combined N on nodulation and nitrogen fixation by some legume trees.

(a) *Mimosa caesalpiniaefolia*. Plants were grown in a greenhouse, inoculated with an effective rhizobial strain and either without added N or given 10 mg N per week as either calcium nitrate or ammonium sulphate. Plants were grown in a glasshouse and harvested at 76 d. Nodules formed in the presence of ammonium appeared normal, but those of nitrated treated plants were grossly distorted. Nitrate significantly reduced number of nodules, but ammonium had no effect. Ammonium-treated plants had significantly more N than those of the other treatments (data from Goi *et al.* 1997).

N source	Number of nodules/plant	N/plant (mg)
N ₂	38	8.55
NO ₃	2	13.70
NH ₄	41	49.64

(Sprent *et al.* 1999)

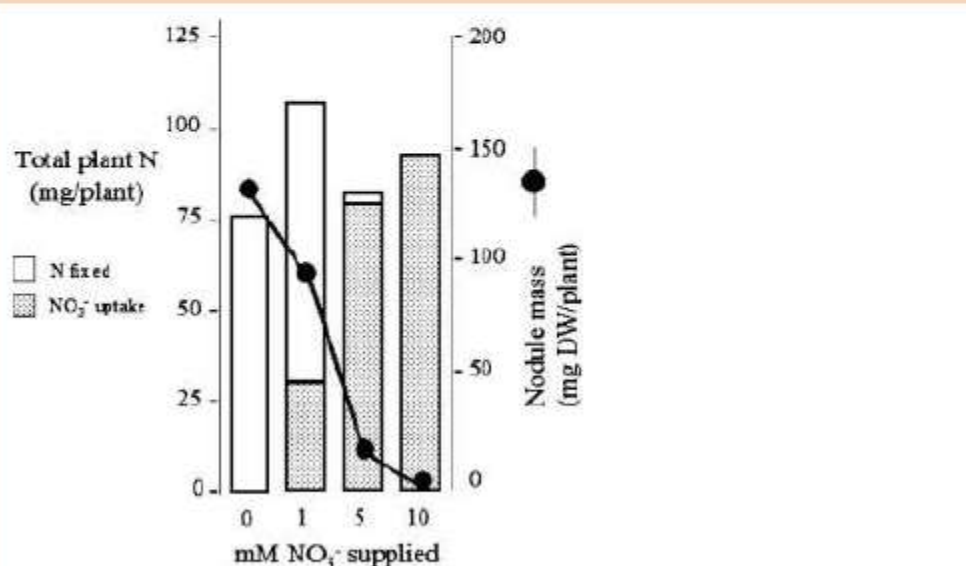


Fig. 2.2 Nodulation and N₂ fixation in *Medicago truncatula* (barrel medic) as a function of NO₃ supply in a pot study (M. Unkovich, unpublished)

(Marschner and Rengel 2007)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Kde najdeme převážně rostliny fixující dusík – první stádia sukcese, po požárech



lišejníky



Alnus viridis



Ceanothus fendleri – latnatec
Rhamnaceae – řešetlákovité

- sukcese pro požáru
- Oregon, USA

MINERALIZACE DUSÍKU závislá na poměru C:N (při hodnotách < 20-30, nad tyto hodnoty imobilizace)

-pouze 1-5% dusíku v půdě v minerální formě

-amonné ionty adsorbují na jílové minerály (pouze vzácně volatilizace – při vysokém pH, např. hnojení močovinou)

-nitrifikace amonných iontů na dusičnany je předpokladem vyplavování (při hnojení močovinou použití látek zabraňujících nitrifikaci)

MINERALIZACE FOSFORU závislá na poměru C:P (při hodnotách <200, nad 300 imobilizace)

- fosfor se nevyplavuje (při nadměrném hnojení budování zásoby na desítky let)

Koncentrace živin v opadu dřevin: jehličnaté a listnaté

Table 4.7 Major nutrients in some boreal and temperate litter species

Litter	Concentration of nutrient (mg g ⁻¹)						
	N	P	S	K	Ca	Mg	Mn
Coniferous needles							
Scots pine ^a	4.8	0.33	0.55	1.07	4.4	0.49	0.79
Lodgepole pine ^b	3.9	0.34	0.62	0.56	6.4	0.95	1.79
Maritime pine ^c	6.8	0.54	1.01	1.95	3.1	1.90	0.59
Red pine ^c	6.0	0.36	0.73	1.40	8.9	2.00	0.73
White pine ^c	5.9	0.21	0.68	0.70	7.2	1.10	0.80
Jack pine ^c	7.8	0.64	0.77	2.30	4.0	2.10	0.25
Limber pine ^c	4.3	0.43	0.52	1.10	5.3	1.10	0.21
Norway spruce ^d	4.9	0.45	0.73	0.72	17.9	0.65	-
Stone pine ^e	3.0	0.57	1.36	5.9	7.1	2.4	0.19
Corsican pine ^f	4.7	0.54	0.71	3.5	7.8	1.3	0.5
Monterey pine ^f	5.6	0.22	0.7	1.3	1.9	0.93	0.47
Aleppo pine ^g	4.3	0.38	1.3	1.73	25.2	2.33	0.03
Average	5.2	0.42	0.81	1.85	8.3	1.43	0.58
Deciduous leaves							
Grey alder ^h	30.7	1.37	6.12	15.6	12.3	2.32	0.10
Silver birch ^h	7.7	1.05	0.80	4.7	11.8	3.30	1.23
Ash ⁱ	8.6	1.96	-	15.3	33.2	2.28	0.03
Mountain ash ⁱ	7.1	0.31	-	10.8	12.4	2.86	0.30
Trembling aspen ⁱ	8.2	0.93	-	5.1	29.9	4.69	0.53
European maple ^j	5.1	3.15	-	13.1	20.4	1.46	0.12
European beech ^d	9.5	1.40	1.30	2.3	7.4	1.20	1.90
Common oak ^f	15.9	0.73	-	0.75	7.2	0.68	0.89
Average	10.9	1.45	2.74	9.6	18.2	2.59	0.60

olše šedá

Koncentrace živin v opadu dřevin: % živin v opadu z původního množství v sezóně

Table 4.3 Comparison of concentrations of some common nutrients in green leaves collected in July, and in the corresponding foliar litter collected at litter fall (B. Berg, unpubl. data). N.B. The table compares only concentrations, and does not consider retention or withdrawal of nutrients (Sect. 4.3.2). Data for European beech are from Staaf (1982)

Litter type	Concentration of nutrient (mg g ⁻¹)						
	N	P	S	K	Ca	Mg	Mn
S. pine (br) ^a	3.6	0.20	0.44	0.5	5.6	0.34	1.19
S. pine (gr)	12.1	1.36	0.81	5.9	3.9	0.79	0.53
% conc. change ^b	30	15	55	8	143	43	224
LP. pine (br)	3.1	0.29	0.44	0.5	8.7	1.06	2.03
LP. pine (gr)	10.5	0.82	1.17	3.8	4.0	0.93	0.82
% conc. change	30	35	38	13	220	113	250
N. spruce (br)	4.2	0.41	-	1.0	13.1	0.89	1.32
N. spruce (gr)	8.5	1.32	-	4.0	11.3	1.22	1.07
% conc. change	49.0	31	-	24	115	73	123
S. birch (br)	7.7	1.05	0.80	4.7	11.8	3.30	1.23
S. birch (gr)	24.3	1.96	1.54	9.0	9.5	3.37	0.76
% conc. change	32	53	52	52	124	98	158
T. aspen (br)	6.8	0.63	1.37	6.3	17.1	2.13	0.15
T. aspen (gr)	24.2	2.12	1.87	14.2	8.4	2.29	0.10
% conc. change	28	30	73	44	204	92	150
E. beech (br)	9.1	0.63	1.21	2.7	10.0	1.70	-
E. beech (gr)	22.6	1.44	1.18	5.4	7.7	1.67	-
% conc. change	40	44	103	50	130	102	-

borovice
lesní

buk lesní

^aS. pine Scots pine, LP. pine lodgepole pine, N. spruce Norway spruce, S. birch silver birch, T. aspen trembling aspen, E. beech European beech, br brown, gr green

^bConcentration change is here expressed simply as the concentration in brown litter as percentage of that in green litter

Table 5.2. Typical C : N ratios of plant residues, animal excreta and the biomass of soil microorganisms and earthworms decomposing in grassland soils.

	C (% in DM)	N (% in DM)	C : N ratio	Reference
Dead grass herbage, little or no fertilizer N	48.4	1.1	44 : 1	Whitehead, 1995
Dead grass herbage, high rate of fertilizer N	48.4	2.5	19 : 1	Whitehead, 1995
Dead clover herbage	48.4	2.7	18 : 1	Whitehead, 1995
Grass roots, little or no fertilizer N	49.4	1.07	46 : 1	Whitehead, 1970
Grass roots, high rate of fertilizer N	48.5	1.64	30 : 1	Whitehead, 1970
White clover roots	50.2	3.77	13 : 1	Whitehead, 1970
Faeces of cattle or sheep	48	2.4	20 : 1	See p. 122
Urine of cattle or sheep	43	11.0	3.9 : 1	See p. 122
Farmyard manure	37	2.8	13 : 1	Jenkinson, 1981
Bacteria	50	15.0	3.3 : 1	Jenkinson, 1981
Actinomycetes	50	11.0	4.5 : 1	Jenkinson, 1981
Fungi	44	3.4	13 : 1	Jenkinson, 1981
Earthworms	46	10.0	4.6 : 1	Jenkinson, 1981

(Whitehead 2000)

C : N poměr rozhodující pro rychlost dekompozice organického materiálu

Odumřelá organická hmota (litter types)

vojtěška (alfa-alfa)	13:1
jetel (clover)	20:1
sláma (straw)	80:1
opad listnatých dřevin (deciduous)	40:1 to 80:1
opad listnatých dřevin (coniferous)	60:1 to 130:1
dřevo	250:1 to 600:1
Půdní organická hmota	12:1 to 50:1

- mikroflóra potřebuje nejdříve inkorporovat dusík z půdy do většiny druhů opadu, aby mohla být nastartovaná dekompozice ($C:N < 20-30$)
- opad s vysokým C:N může způsobovat deficienci dusíku v půdním roztoku
- během dekompozice dochází k uvolňování uhlíku ve formě CO_2 , C:N tak postupně klesá
- lignin:N poměr také dobrý prediktor dekompozice (více ligninu – pomalejší rozklad)
...lignin imobilizuje dusík chemicky (podobně vliv taninů)

C : N poměr rozhodující pro dekompozici a mineralizaci dusíku ... Badía et al. 2008

Table 1 Soil properties in different zones, as mean of two sampling seasons and six replicates per zone (n=12).

Parameter	← vyšší pastevní tlak					SEM
	1	2	3	4	5	
pH ³	5.89	6.30	5.74	5.58	5.00	0.08
Organic C (%)	6.44	4.34	3.59	3.99	4.82	0.31
Total N (%)	0.73	0.50	0.37	0.41	0.47	0.04
N-NO ₃ (mg.kg ⁻¹)	24.38	22.38	10.12	4.60	2.45	2.31
N-NH ₄ (mg.kg ⁻¹)	94.73	63.17	51.19	25.48	34.05	3.54

minerální dusík
 -dostupný pro rostliny
 -nekoresponduje s celkovým obsahem dusíku v půdě (Total N)

Table 5 Effects of livestock behavior on soil-plant relationships in the studied camping area

Relative position along the studied transect (distance from the surroundings of camping area)	Vegetation type (alliance, association)	Soil characteristics
Zone 5 ↓	<i>Nardion strictae</i> <i>Lolio-Plantaginietum majoris</i>	Strongly acid C/N>10 very low nutrient availability
Zone 4 ↓	<i>Bromion erecti</i> <i>Plantagini-Euphrasietum pectinatae</i>	Moderately acid 10>C/N>9 Low nutrient availability
Zone 3 ↓	<i>Onopordion acanthii</i> <i>Onopordetum acanthii</i>	Moderately acid 10>C/N>9 intermediate nutrient availability
Zone 2 ↓	<i>Arcetion</i> <i>Urtico-Sambucetum ebuli</i>	Slightly acid C/N<9 high nutrient availability
Zone 1	<i>Lolio-Plantaginetum</i> <i>Lolio-Plantaginietum majoris</i>	Slightly acid C/N<9 high nutrient availability and C and N organic content strong compaction effect

-kyselé, nízká dostupnost živin

smilkové hole

↑ nižší půdní C:N

jílkové pastviny

↓

-méně kyselé, vysoká dostupnost živin



evropský sociální fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Příklad 1

- C:N poměr organického materiálu (opadu) = 48:1
- C:N mikroflóry = 6:1
- účinnost využití uhlíku mikroflórou (C use efficiency) = 50%
- ze 48 jednotek spotřebovaného uhlíku:
 - 24 jednotek unikne jako CO₂
 - 24 jednotek je inkorporováno do mikrobiální biomasy

- pro inkorporaci 24 jednotek uhlíku, mikroflóra potřebuje $24/6 = 4$ jednotky dusíku

- nicméně pouze 1 jednotka dusíku pochází z dekompozice 48 jednotek uhlíku

- **3 jednotky dusíku jsou imobilizované v mikrobiální biomase na rozklad 48 jednotek uhlíku**

Příklad 2

- C:N poměr organického materiálu (opadu) = 12:1
- C:N mikroflóry = 6:1
- účinnost využití uhlíku mikroflórou (C use efficiency) = 50%
- z 12 jednotek spotřebovaného uhlíku:
 - 6 jednotek unikne jako CO₂
 - 6 jednotek je inkorporováno do mikrobiální biomasy
- pro inkorporaci 6 jednotek uhlíku, mikroflóra potřebuje $6/6 = 1$ jednotku dusíku
- 1 jednotka dusíku pochází z dekompozice 12 jednotek uhlíku
- **system je v rovnováze – žádná imobilizace ani mineralizace dusíku**

Příklad 3

- C:N poměr organického materiálu (opadu) = 12:1
- C:N mikroflóry = 6:1
- účinnost využití uhlíku mikroflórou (C use efficiency) = 25%
- z 12 jednotek spotřebovaného uhlíku:
 - 9 jednotek unikne jako CO₂
 - 3 jednotky jsou inkorporovány do mikrobiální biomasy

- pro inkorporaci 3 jednotek uhlíku, mikroflóra potřebuje $3/6 = 0.5$ jednotky dusíku

- 1 jednotka dusíku pochází z dekompozice 12 jednotek uhlíku

- **0.5 jednotky dusíku je uvolněno do půdního roztoku (čistá mineralizace) z rozkladu 12 jednotek uhlíku**

Residence time of litter ... doba, po kterou zůstává opad nerozložen

-může být spočítáno jako podíl celkového množství opadu na zemi a každoročního nového vstupu

-**boreální les**: živiny zůstávají imobilizovány v opadu přirozeně několik set let ... požáry uvolňují

Table 6.8 Mean Residence Time (yr) for Organic Matter and Nutrients in the Surface Litter of Forest and Woodland Ecosystems*

Region	Mean residence time (yr)					
	Organic matter	N	P	K	Ca	Mg
Boreal forest	353	230	324	94	149	455
Temperate forest						
Coniferous	17	17.9	15.3	2.2	5.9	12.9
Deciduous	4	5.5	5.8	1.3	3.0	3.4
Mediterranean	3.8	4.2	3.6	1.4	5.0	2.8
Tropical rainforest	0.4	2.0	1.6	0.7	1.5	1.1

* Values are calculated by dividing the forest floor mass by the mean annual litterfall. Boreal and temperate values are from Cole and Rapp (1981), tropical values are from Edwards and Grubb (1982) and Edwards (1977, 1982), and Mediterranean values are from Gray and Schlesinger (1981).



evropský
sociální
fond v ČR



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



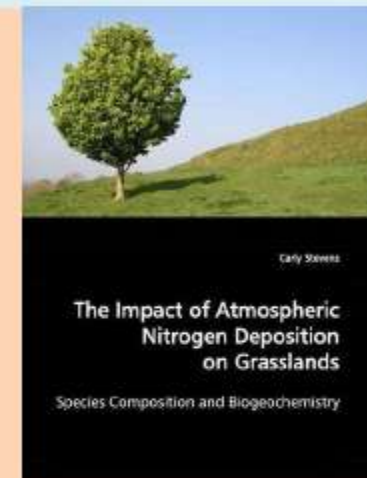
CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Table 2.4. Deposition of nutrient elements at three rural sites in the UK: average annual amounts (kg or g ha⁻¹ year⁻¹) during the period 1972–1981 (Cawse, 1987).

	Range for three sites	Mean
N (nitrate only) (kg)	36–44	40
S (sulphate only) (kg)	43–58	52
K (kg)	9–20	15
Na (kg)	21–41	29
Ca (kg)	15–19	17
Mg (kg)	5–11	7.2
Cl (kg)	42–74	54
Fe (g)	1400–5700	3100
Mn (g)	90–200	135
Zn (g)	480–1000	660
Cu (g)	170–250	220
Co (g)	1.6–6.0	3.3
I (g)	< 30–< 70	< 50
Mo (g)	< 10	< 10
Se (g)	2.8–5.2	4.0

Vliv atmosférické depozice dusíku na travní porosty ... Stevens 2009

Variable (Units) (direction/significance of correlation)	Abbreviation	Range
Total nitrogen deposition ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) (-)	Ndep	6.2 – 36.3
Total deposition $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) (-)	N-red	2.8 – 31.2
Total deposition $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3^-$ ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) (-)	N-ox	2.2 – 12.6
Sulphate deposition ($\text{kg SO}_4^{2-} \text{ S ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) (-)	Sdep	6.6 – 28.7
Acid deposition (total N + total S, $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) (-)	Aciddep	13.0 – 61.4
Mean annual temperature ($^{\circ}\text{C}$) (-)	Temp	6.6 – 10.6
Mean annual precipitation (mm) (+)	MAP	594 - 3038
Mean annual actual evapotranspiration (mm) (-)	AE	35.7 – 49.3
Mean annual potential evapotranspiration (mm) (-)	PE	35.8 – 54.3
Mean annual soil moisture deficit (mm) (-)	SMD	3.4 – 51.4
Altitude (m) (-)	Altitude	15- 692
Litter cover (%) NS	Litter	0 - 24
Slope ($^{\circ}$) NS	Slope	0 - 60
Aspect ($^{\circ}$) NS	Aspect	0 - 315
Grazing intensity (visual inspection, scale 1-3) NS	Grazing	1 - 3
Enclosure (presence or absence) NS	Enclosure	Presence/absence



-na celkové depozici dusíku se nejvíce podílejí NH_3 a NH_4^+

Table 3.1. Variables examined for relationships to plant species richness (number of species per quadrat). All variables were significantly correlated with plant species richness ($p < 0.05$), except where marked NS for not significant. + shows a positive correlation and – a negative correlation.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



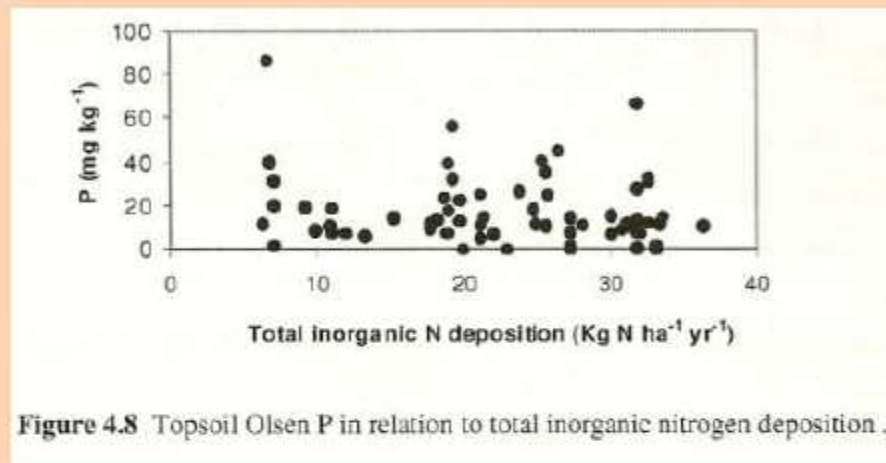
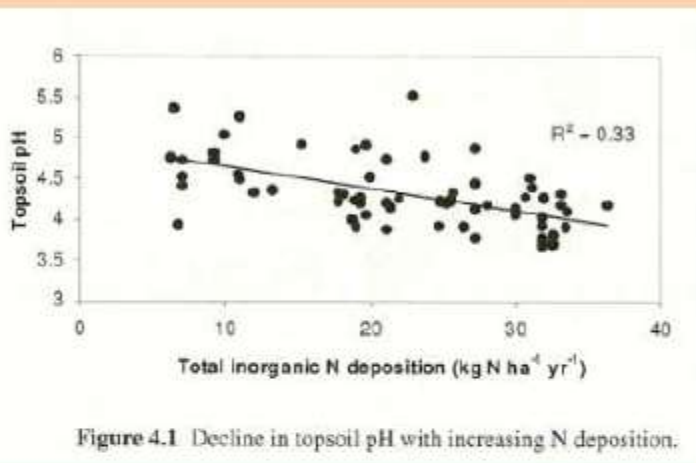
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



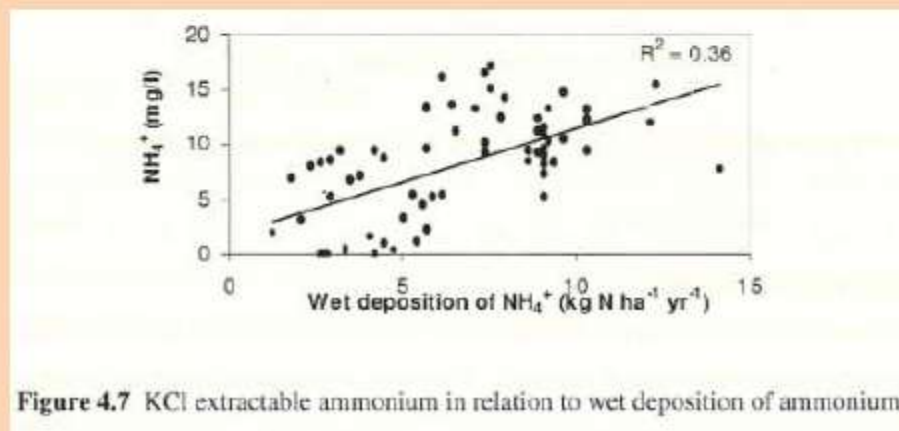
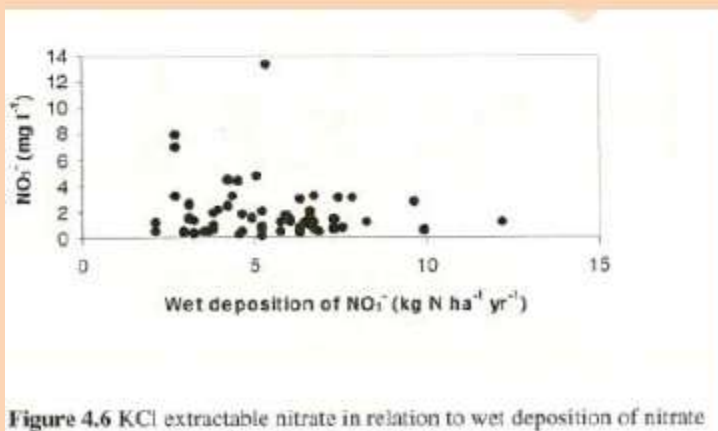
CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

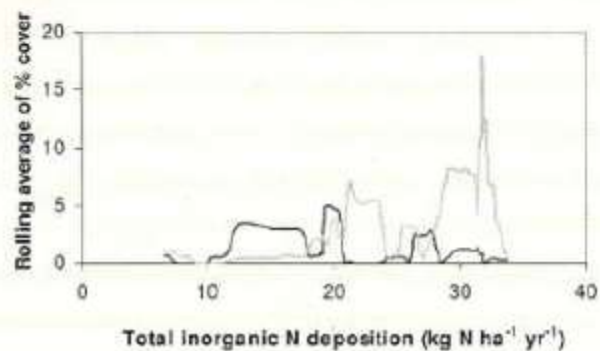
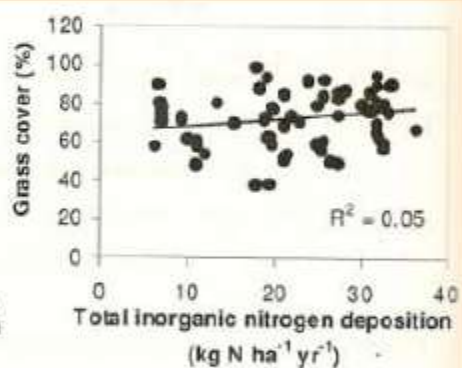
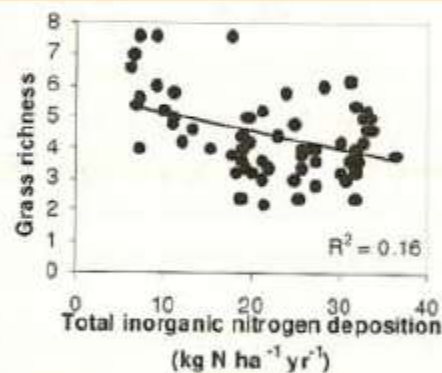
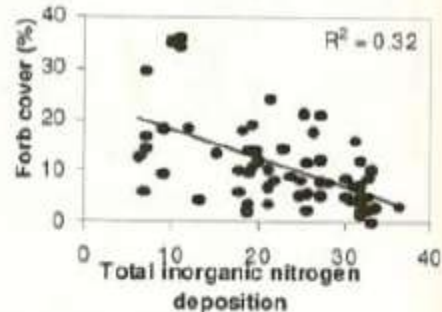
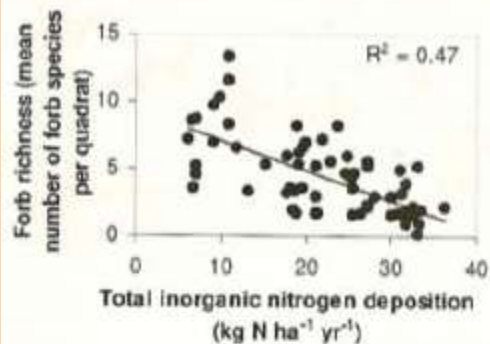
- depozice dusíku snižují pH půdy, ale nemají vliv na dostupnost fosforu



-depozice nitrátů nemají vliv na dostupnost nitrátového dusíku (vyplavení), kdežto depozice amonného dusíku silně pozitivně koreluje s jeho dostupností v půdě (vazba na jílové minerály)



Vliv atmosférické depozice dusíku na travní porosty ... Stevens 2009



vřes – *Calluna vulgaris*, Anglie

smilka – *Nardus stricta*, Skotsko



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Metal	Topsoil		Subsoil	
	Total N deposition	Topsoil pH	Total N deposition	Subsoil pH
Lithium	** (-)	** (+)	** (-)	** (+)
Sodium	** (-)	** (+)	** (-)	* (+)
Magnesium	** (-)	** (+)	* (-)	
Aluminium	* (+)		** (+)	** (-)
Calcium				* (+)
Chromium	** (-)			
Manganese		* (+)		
Iron				
Nickel	** (-)			
Copper				
Arsenic	** (+)	** (-)	** (+)	** (-)
Barium	* (-)			** (+)
Lead	** (+)	** (-)	** (+)	** (-)

hliník:
silně toxický pro
většinu rostlin

Table 4.1 Relationships between metals and total inorganic N deposition and soil pH

(* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$; -/+ indicates the direction of change).

- klesající koncentrace síry, železa, zinku, mědi a olova na gradientu znečištění
- nepříznivý vliv depozic těžkých kovů na koncentraci živin (N, P) v pletivech, ale také na koncentraci Mn, který je nezbytný pro rychlou dekompozici opadu

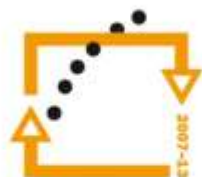
Table 4.13 Concentrations of plant nutrients and heavy metals in local fresh needle litter of Scots pine sampled at six study plots along a smelter pollution gradient in northern Sweden, and needle litter sampled at an unpolluted (control) site. Concentrations of Na, Al, B, Ni, Mo, Sr, and Cd did not vary along this transect (Berg et al. 1991b)

Dist. ^a (km)	Chemical component										
	(mg g ⁻¹)						(μg g ⁻¹)				
	N	P	S	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	Pb
2.5	3.78	0.26	0.99	1.43	5.23	0.47	0.79	0.38	0.25	0.100	311
3	3.73	0.24	0.73	1.01	5.70	0.53	0.83	0.36	0.19	0.068	191
7	3.25	0.19	0.49	0.70	6.11	0.46	1.26	0.14	0.11	0.019	44
9	3.71	0.26	0.50	1.08	4.65	0.56	1.10	0.27	0.11	0.012	34
13	3.66	0.25	0.53	1.23	5.65	0.66	1.43	0.12	0.08	0.009	22
30	4.40	0.22	0.51	0.98	5.70	0.67	1.21	0.11	0.07	0.006	12
Control	4.80	0.35	0.41	1.20	5.26	0.49	1.35	0.06	0.05	0.002	1

^aDist. Distance from smelter



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Cykly živin v terestrických ekosystémech (EKO/CZ)

Mgr. Jan Mládek, Ph.D. (2012/2013)

3. blok

15/10/2012

Rozvoj a inovace výuky ekologických oborů formou komplementárního propojení studijních programů Univerzity Palackého a Ostravské univerzity

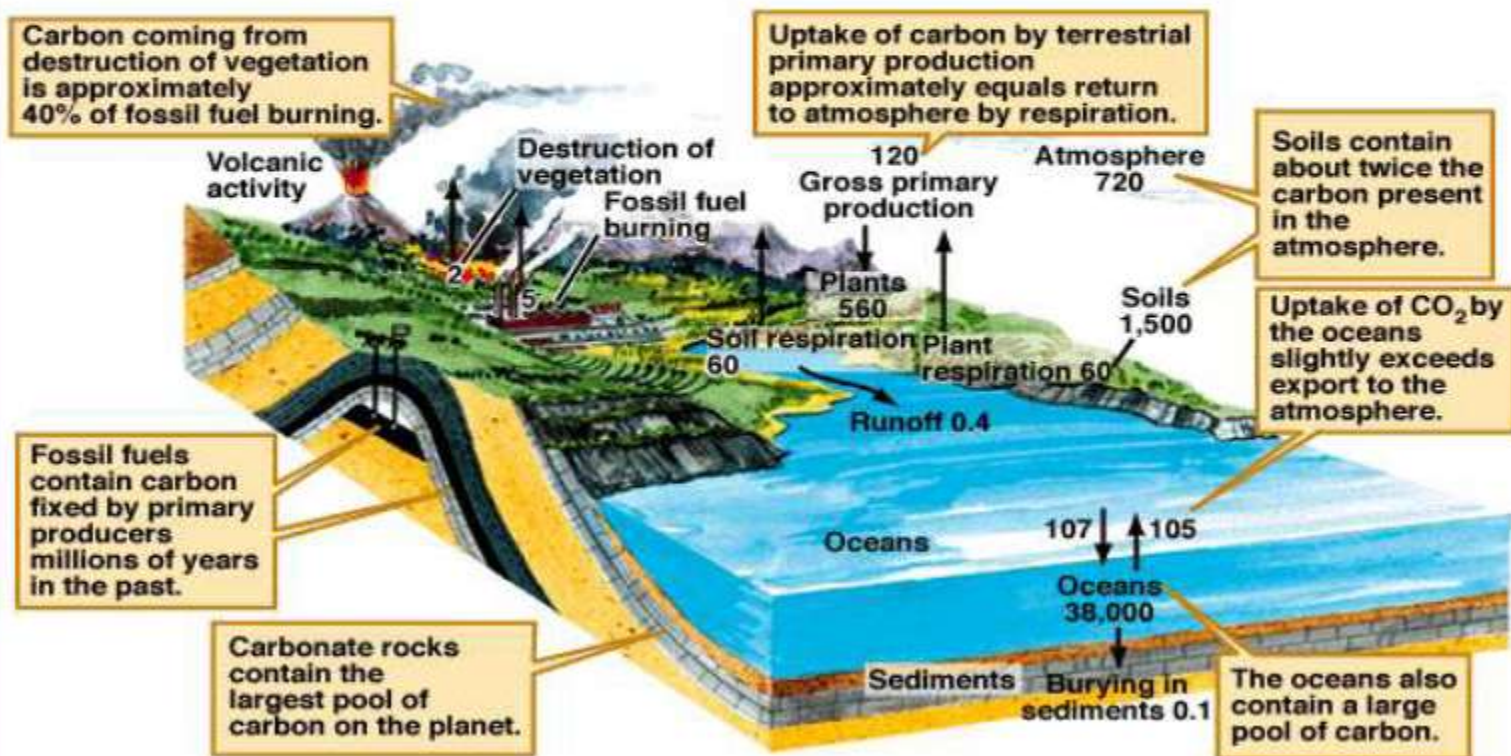
CZ.1.07/2.2.00/28.0149



CYKLUS UHLÍKU – důležitá plynná fáze – ale půda obsahuje cca 2-krát více uhlíku než atmosféra (jednotky: gigatuny ... 10^9 tun)

Manuel C. Molles, Jr., *Ecology: Concepts and Applications*, © 1999 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

The carbon cycle.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Marek MV et al. (2011) Uhlík v ekosystémech České republiky v měnícím se klimatu. Academia, Praha.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Cyklus uhlíku – vazba na dusík: akumulace organického materiálu v půdě

- akumulace uhlíku a dusíku v půdě na sukcesním gradientu Havajských ostrovů (Vitousek 2004)

- nejmladší ostrov (300 let): akumulace 500 kg uhlíku a 30 kg dusíku ha⁻¹ rok⁻¹

- zásoba uhlíku a dusíku (org. hmoty) v půdě se nejdříve během sukcese zvětšuje, ale poté zase klesá (Fig. 4.3) ... proč?

-organickou hmotu v půdě stabilizuje adsorpce na vysoce reaktivní minerály (non-crystalline)

-později zvětráváním stoupá podíl krystalických minerálů (Fig. 3.10), ty nestabilizují org. hmotu

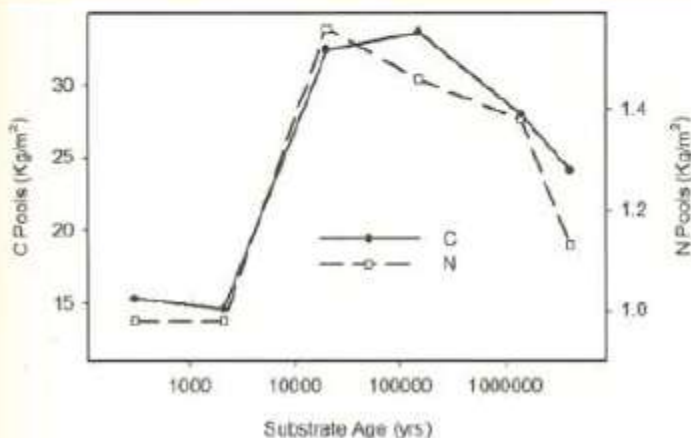
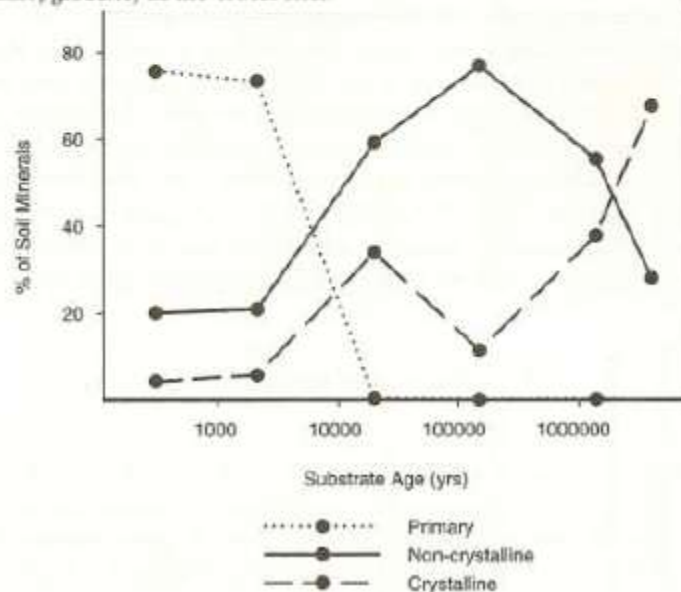


FIGURE 4.3. The pools of organic C and N to a depth of 50 cm in soils across the Hawaiian age gradient, from information in Crews et al. (1995).

FIGURE 3.10. Changes in the relative contributions of different soil minerals along the substrate age gradient, revised from Vitousek et al. (1997b). Primary minerals (the original minerals that were inherited from parent material) dominate the youngest sites, followed by an assemblage of pedogenic non-crystalline and poorly-crystalline minerals (allophane, imogolite, ferrihydrite) in intermediate-aged sites; these in turn are replaced by crystalline minerals and hydroxides (kaolinite, gibbsite) in the oldest sites.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Mineral control of soil organic carbon storage and turnover

Margaret S. Torn^{*}, Susan E. Trumbore^{*},
Oliver A. Chadwick[†], Peter M. Vitousek[‡]
& David M. Hendricks[§]

Nature 389:170-173

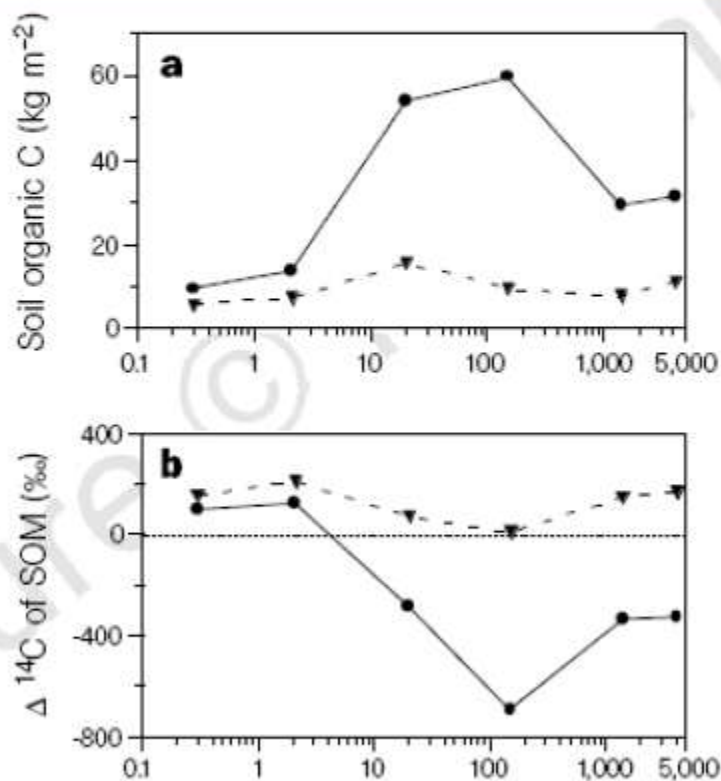


Figure 2 Soil inventory of carbon in soil organic matter (SOM; a), $\Delta^{14}\text{C}$ of SOM (b), celý půdní profil, povrchové horizonty

- zásoba uhlíku v půdě se během sukcese zvětšuje, ale poté zase klesá (Fig.2a)

- nejpomalejší rozklad org. hmoty na ostrově 150 kyr (Fig.2b), má nejnižší $\Delta^{14}\text{C}$

- neobvykle vysoké pozitivní hodnoty $\Delta^{14}\text{C}$ na ostrovech s rychlým koloběhem uhlíku z důvodu testů atmosférických nukleárních bomb (u Havajských ostrovů)

- čím vyšší % nekystal. minerálů tím více negativní $\Delta^{14}\text{C}$ (Fig. 3) – stabiliz. „staré zásoby uhlíku“, radioaktivní ¹⁴C se rozpadl

Substrate age	
□	0.3 kyr
×	2.1 kyr
★	20 kyr
■	150 kyr
▲	1,400 kyr
△	4,100 kyr

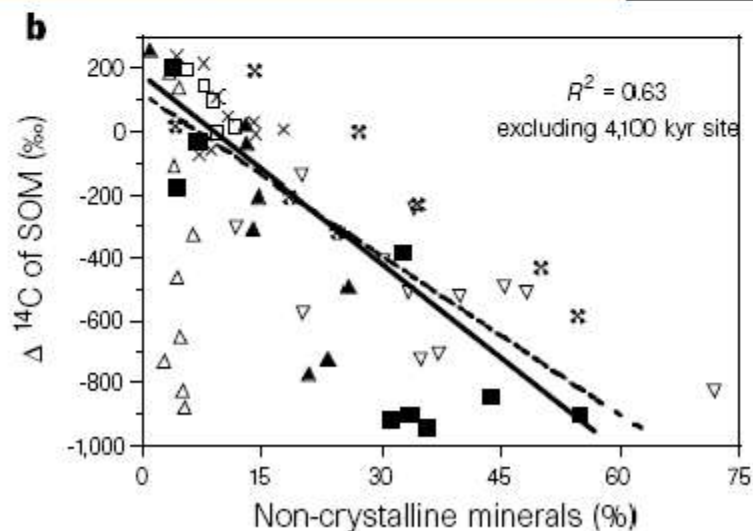


Figure 3 The quantity and turnover of soil C versus non-crystalline mineral



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

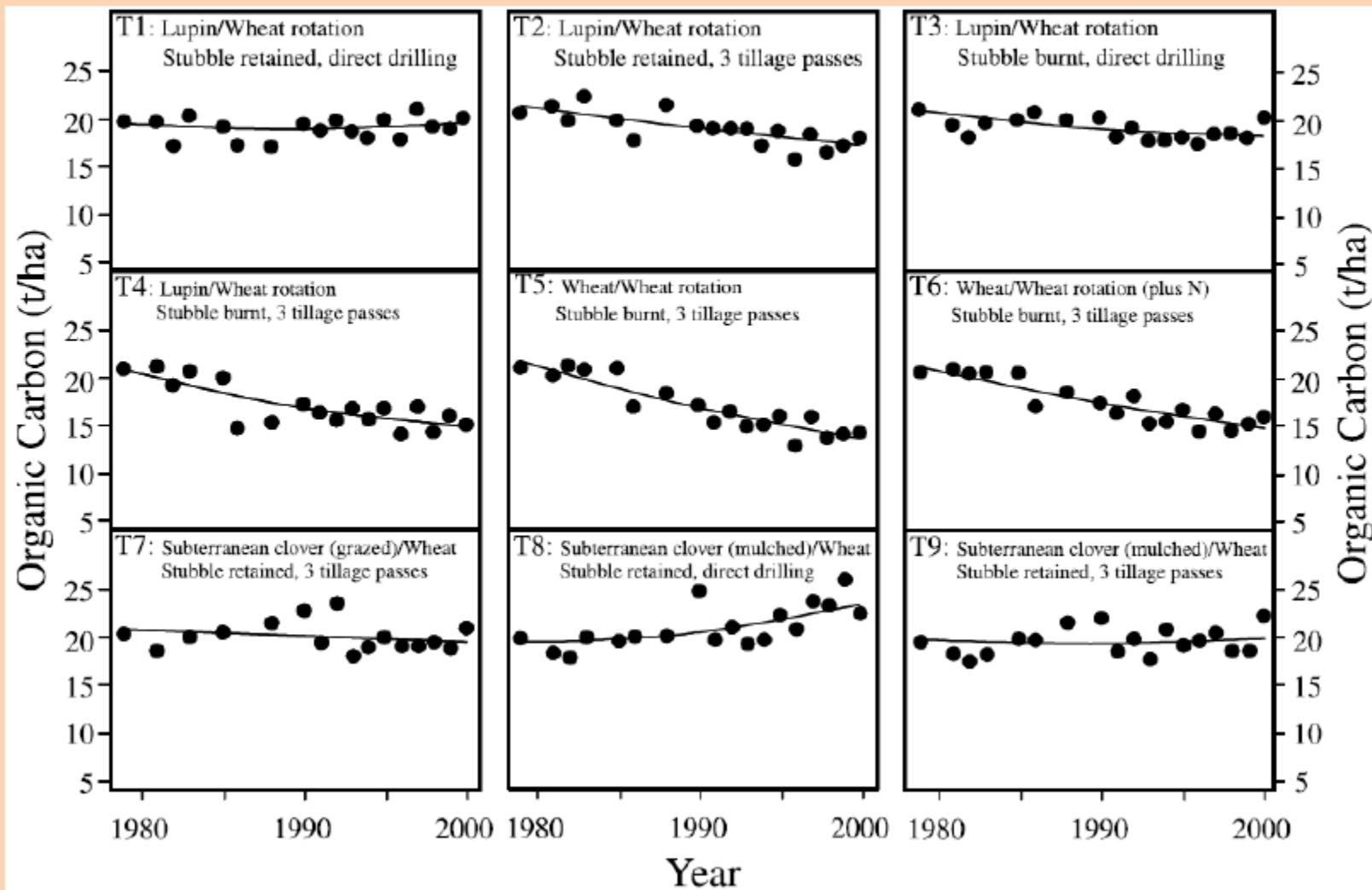
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Půdní organická hmota – vliv manag. polních kultur (Marschner and Rengel 2007)

- změny v obsahu org. uhlíku v půdě (Luvisol, Austrálie): *stubble* - strniště



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Dekompozice organického materiálu ... Berg and McClaugherty (2008)

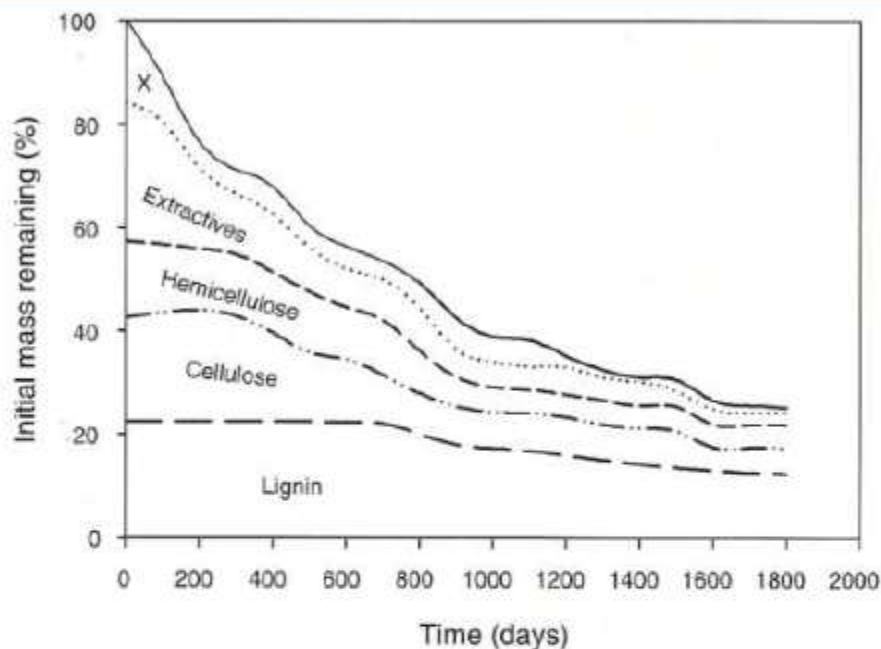
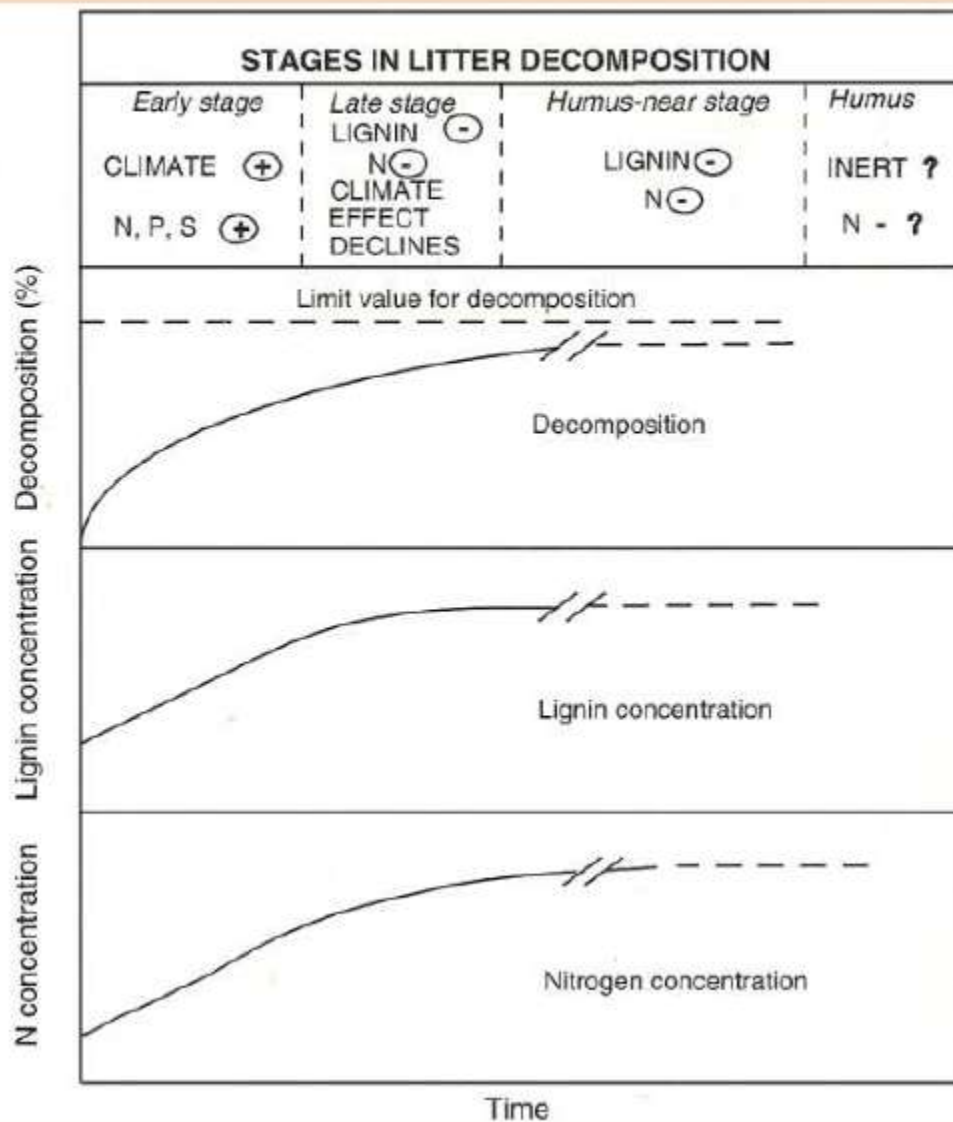


Fig. 2.3 Disappearance of the main organic-chemical components in Scots pine needle litter decomposing in a boreal Scots pine forest. X denotes unidentified compounds (from Berg et al. 1982a)

- průběh dekompozice opadu jehlic borovice lesní (*Pinus sylvestris*)
- nejdříve rozklad rozpustných polymerů (galaktany, arabinany)
- poté rozklad hemicelulózy a celulózy (až po 1 roce od počátku)
- nakonec rozklad ligninu (až po 2 letech od počátku)

Table 2.1 The time for onset of net mass loss of different organic-chemical components and their relative degradation rates in decomposing Scots pine needle litter (cf, Fig. 2.5; data from Berg et al. 1982a)^a

	Lignin	Cellulose	Mannans	Xylans	Galactans	Arabinans
Onset (days)	726	376	376	545	Immediate	Immediate
Rate (% day ⁻¹) 0–726 days	-	0.1041	0.0647	0.1077	0.0633	0.1461
Rate (% day ⁻¹) > 726 days	0.0418	0.0393	0.0526	0.0461	0.0375	0.0449

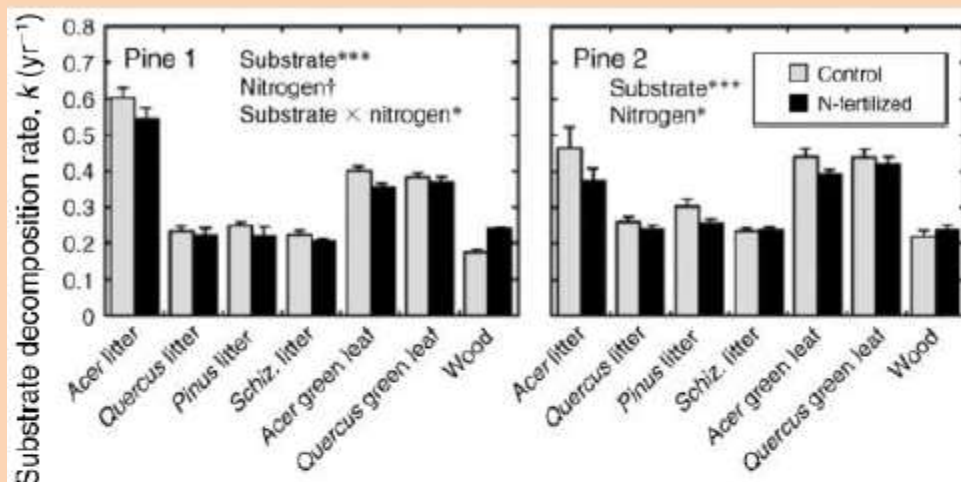


-iniciální stádium (*early*):
 vliv klimatu (teplo -> rozklad)
 vyšší konc. N, P a S -> rozklad

-pozdní stádium (*late*):
 negativní vliv konc. ligninu
 negativní vliv **konc. dusíku !!!**

- vysoký obsah dusíku inhibuje
 syntézu ligninázy, enzymu,
 který pomáhá rozkladu ligninu

Vliv dusíku na rychlost dekompozice ... Hobbie (2008)



- více typů substrátu (druhů opadu) na více místech (Pine 1, Pine 2 – pouze ukázka 2 míst z 8 ve studii)

- vliv dusíku v závislosti na typu substrátu (signifikantní interakce)

- zpomalení dekompozice vlivem přidaného dusíku u ploch s původně vysokou rychlostí rozkladu (Fig. 1 – červeně)

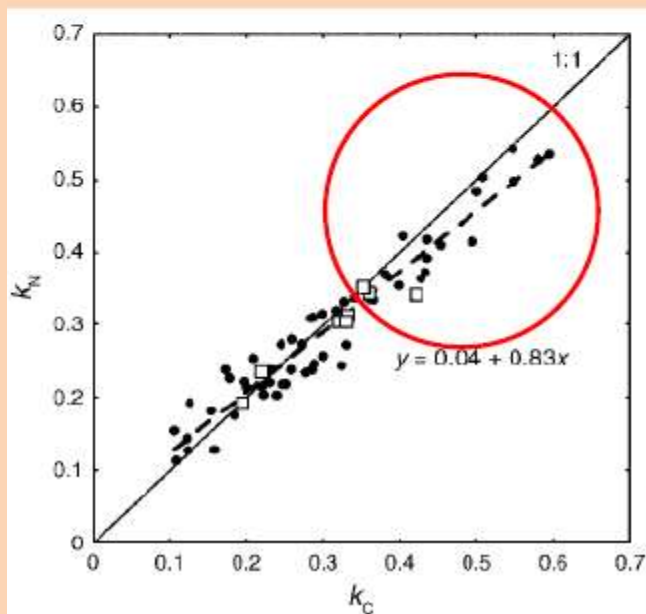


FIG. 1. The decomposition rate in N-fertilized plots (k_N) vs. the decomposition rate in control plots (k_C) for each substrate in all sites (solid circles) and averaged across all substrates in a site for all sites (open squares). The 1:1 line is shown with a solid line. The dashed line and equation represent the fitted line for the solid circles. This line has a slope significantly less than 1.0 ($t_{53} = -5.73$, $P < 0.001$, $R^2 = 0.94$). One observation (not shown) was excluded as an outlier (Cook's $D > 1.0$). A line fit through the open squares ($y = 0.07 + 0.71x$; line not shown) also has a slope significantly less than 1.0 ($t_6 = -2.82$, $P < 0.05$, $R^2 = 0.89$).

Závěr: zvýšené depozice dusíku mohou stimulovat sekvestraci (ukládání) uhlíku v některých ekosystémech

Imobilizace ... v iniciálním stádiu dekompozice typická pro dusík (Marschner and Rengel 2007)

- dekompozice opadu závislá na iniciálním C:N poměru opadu, ten často vyšší než půdní C:N
- z půdního roztoku se odčerpává dusík (imobilizace) – vyrovnává se C:N v opadu a v půdě
- např. ve studii Koukoura (1998) stoupla po 24 měsících konc. N v opadu o 14% u *D.i.*, 27% u *C.g.* a 118% u *F.i*

Dichanthium ischaemum



Chrysopogon gryllus



Festuca ovina

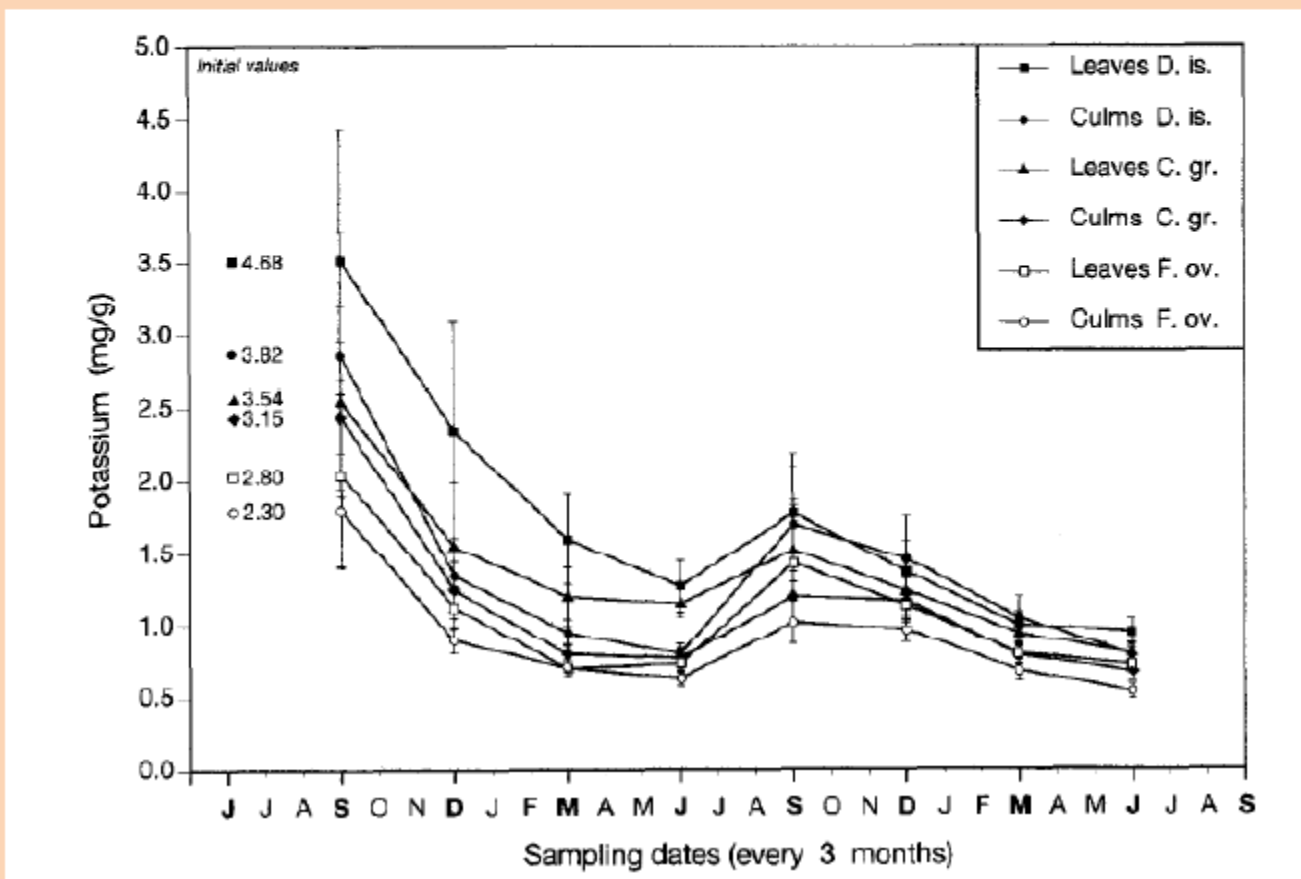


Table 9.4 C/N ratios for all species and plant parts during the experimental period

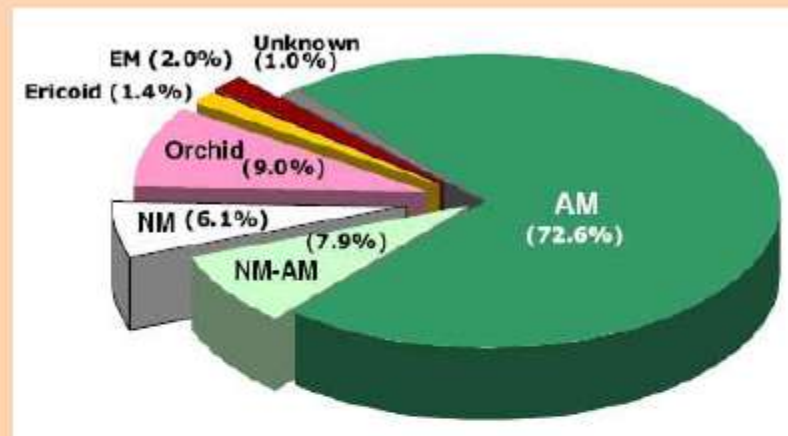
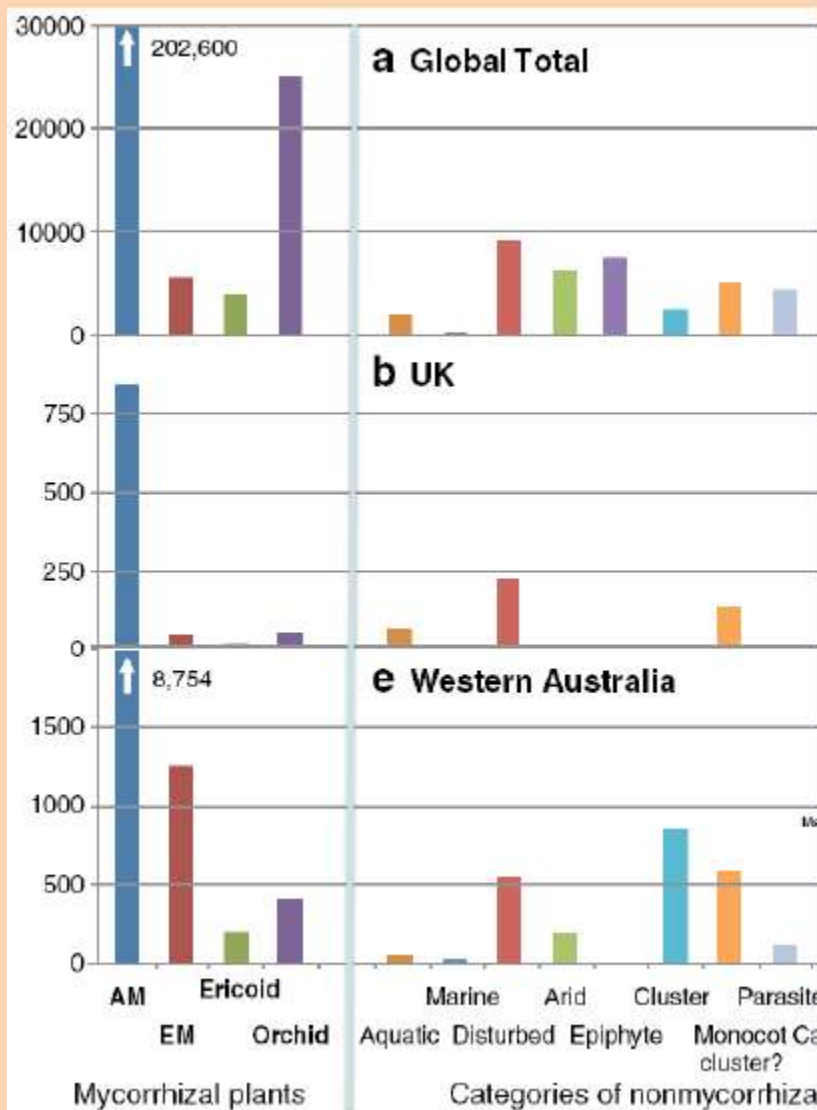
Species	Plant part					
	Initial		12 months		24 months	
	Leaves	Culms	Leaves	Culms	Leaves	Culms
<i>D. ischaemum</i>	35.5	59.2	27.3	46.2	20.2	34.7
<i>C. gryllus</i>	30.1	76.5	21.9	65.3	17	46
<i>F. ovina</i>	36.2	80.1	28.2	63.6	21.1	40.6

Mineralizace živin ... nejrychlejší u draslíku (Koukoura 1998)

- draslík není součástí strukturních součástí rostlinných pletiv, proto je rychle z opadu uvolňován
- např. ve studii Koukoura (1998) klesla po 24 měsících konc. K v opadu o 79% u *D.i.*, 77% u *C.g.* a 74% u *F.i*



Získávání živin rostlinami (Brundrett 2009, Lambers et al. 2010)



•93% všech krytos. rostlin využívá mykorhizu

- AM: arbuskulární
- EM: ektomykorhiza
- Ericoid: erikoidní
- Orchid: orchideová

•další mají spec. strategie (NM):

- masožravé
- parazitické
- „cluster roots“ (Australia)

•jiné rostou v úživném prostředí (NM, disturbed), více např. v Británii ... UK



evropský sociální fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

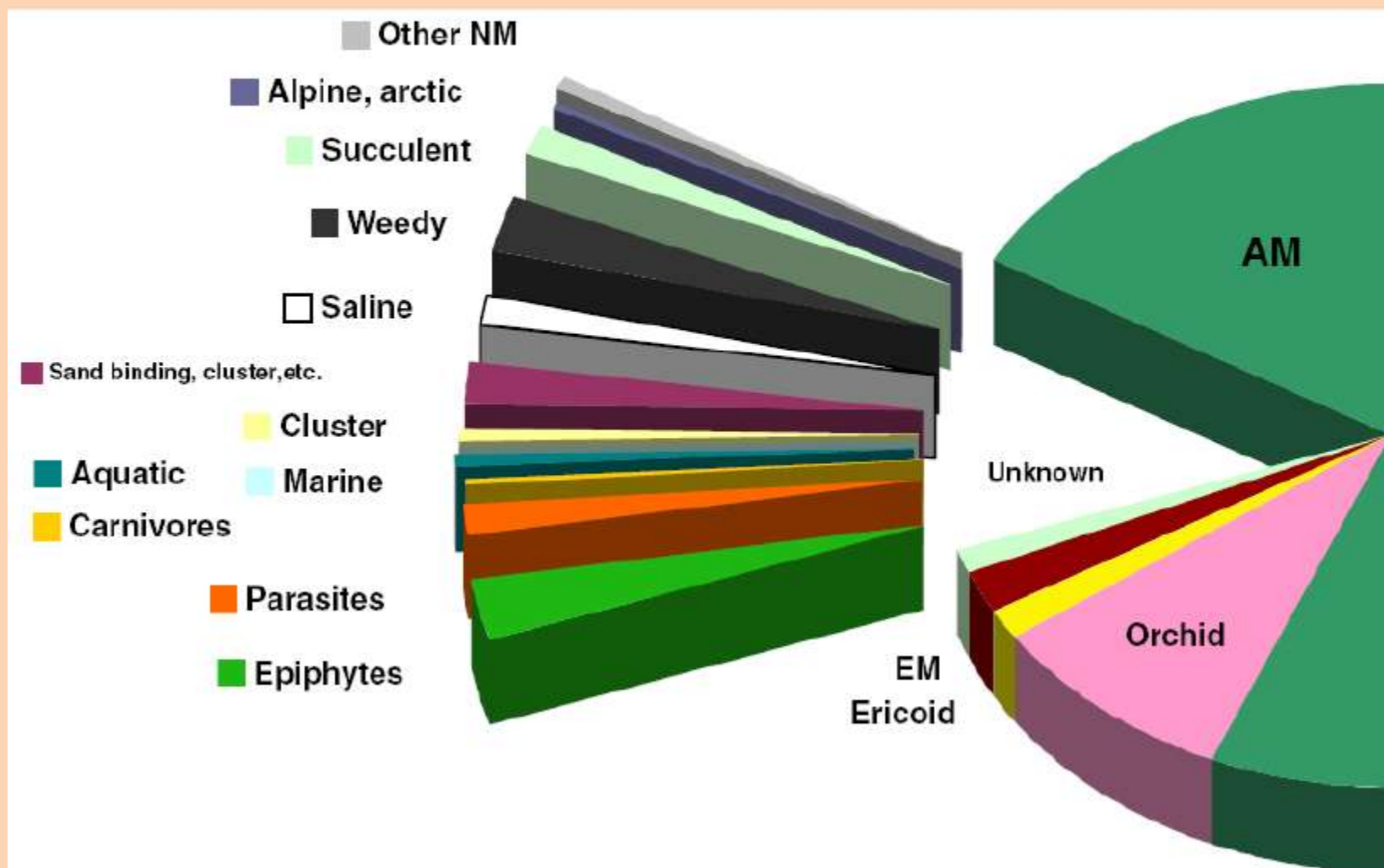


OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Mykorrhiza vs kořenové exudáty (Lambers et al. 2008)

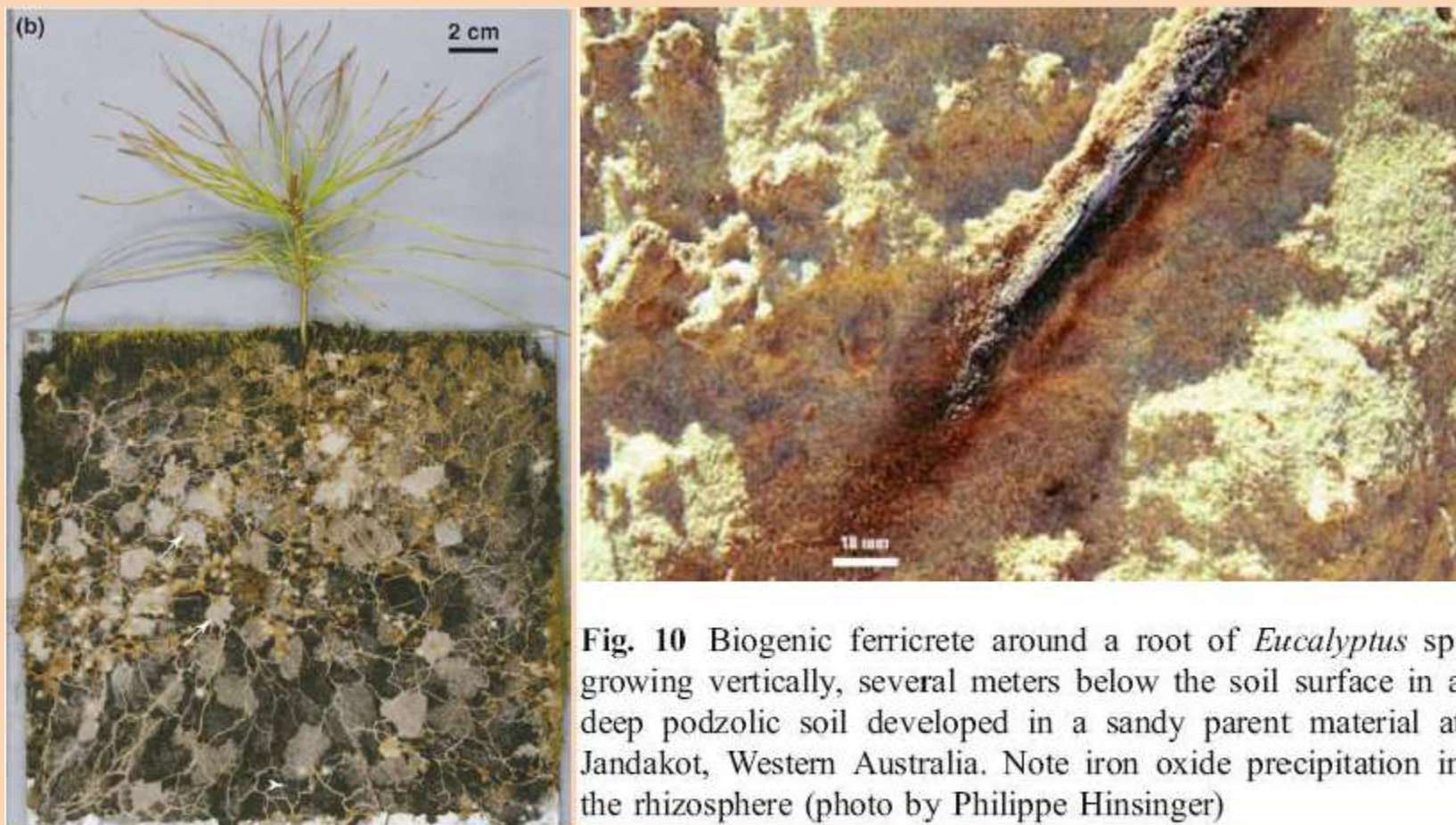


Fig. 10 Biogenic ferricrete around a root of *Eucalyptus* sp. growing vertically, several meters below the soil surface in a deep podzolic soil developed in a sandy parent material at Jandakot, Western Australia. Note iron oxide precipitation in the rhizosphere (photo by Philippe Hinsinger)

- mykorrhizou získává rostlina živiny z většího objemu půdy (*scavengers*)

- kořenovými exudáty získává rostlina živiny z malého objemu půdy – mobilizace živin chemicky (*miners*)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



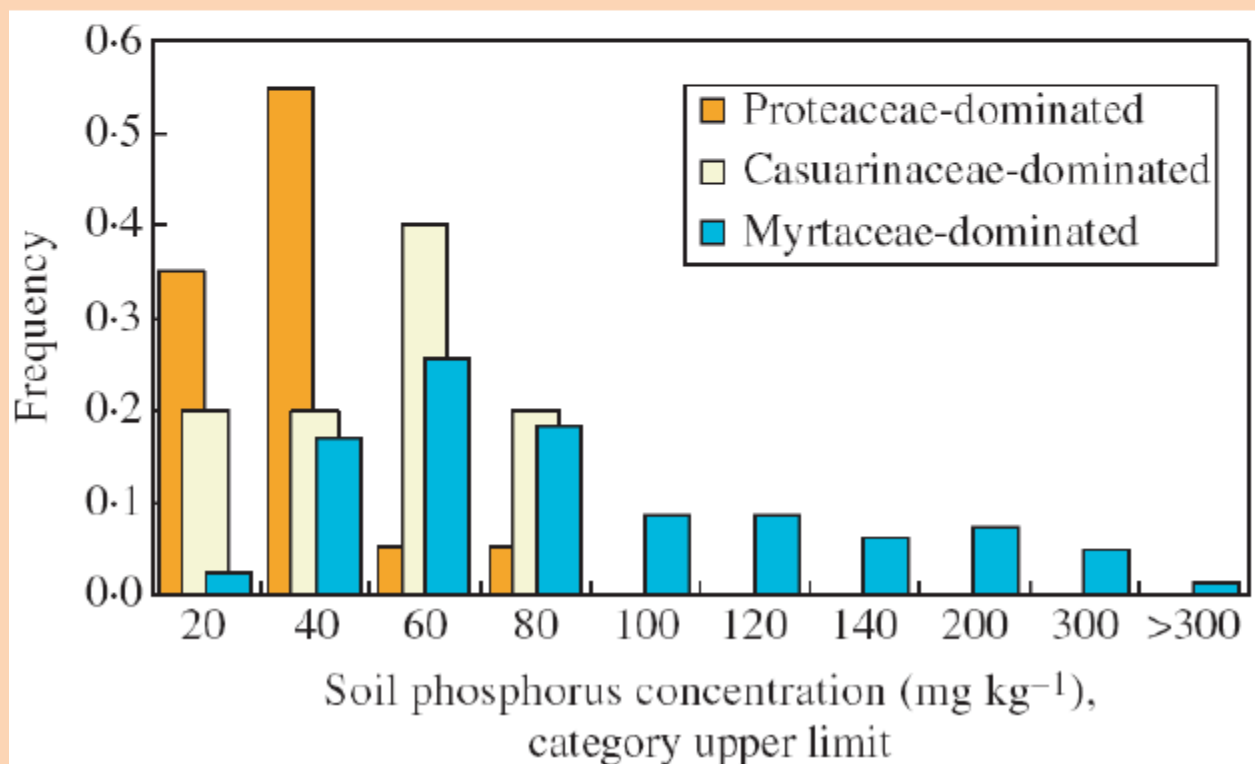
CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Kořenové exudáty vs mykorhiza (Lambers et al. 2006)

- změny v dominanci čeledí na gradientu půdního fosforu

Proteaceae (cluster roots) **Casuarinaceae** (cluster +mykorhiza) **Myrtaceae** (mykorhiza)

- větší uplatnění mykorhizy při vyšších koncentracích fosforu v půdě



Získávání fosforu kořenovými exudáty (Lambers et al. 2006)

- bobovité (*Lupinus* spp., *Pisum*), lipnicovité (*Triticum*), brukvovité (*Brassica* – řepka olejka)

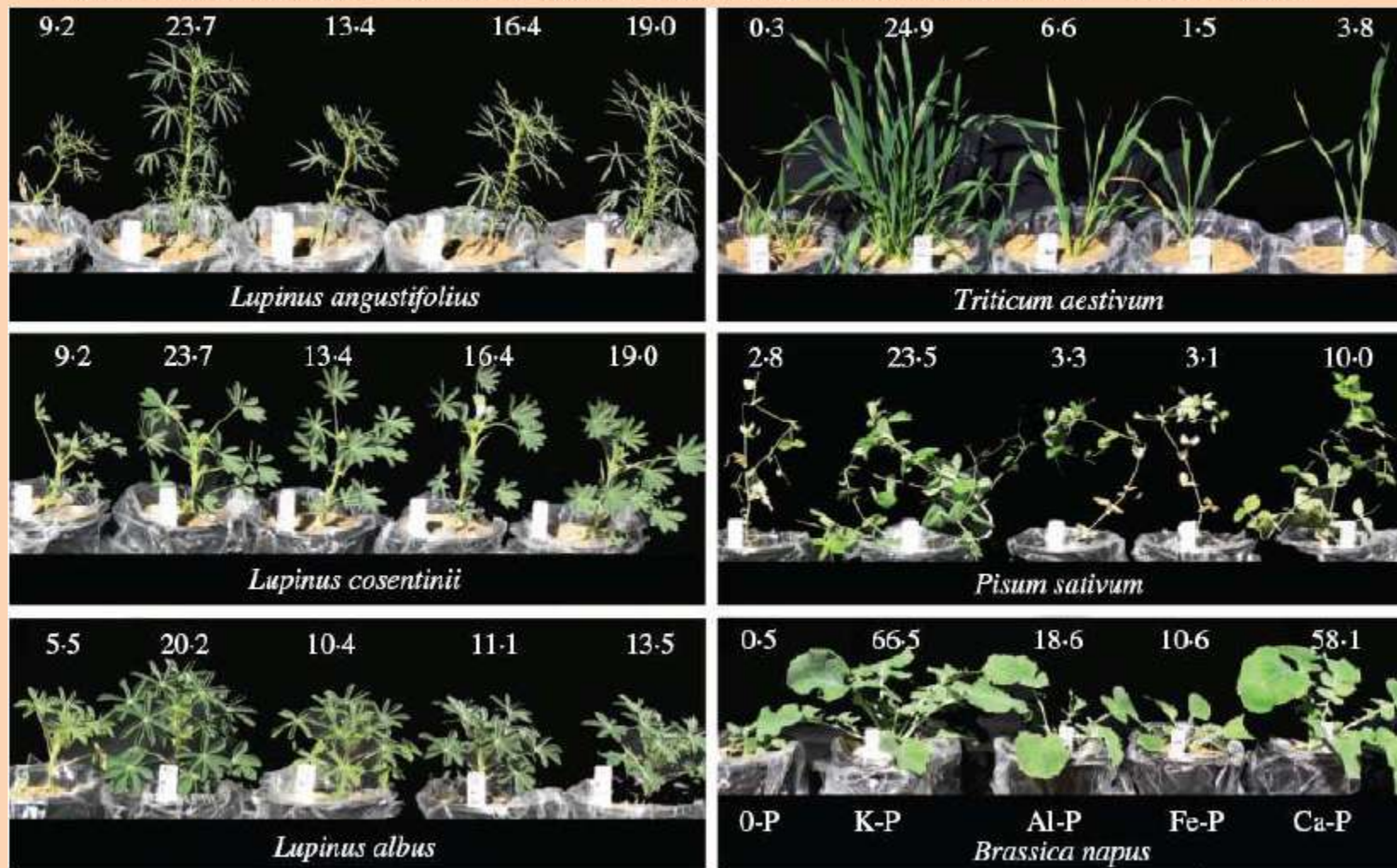


FIG. 6. Shoot fresh weights (g) of several crop species grown for 7.5 weeks supplied with basal nutrients and 0 (0-P) or 40 mg P kg⁻¹ dry sand in the form of soluble KH₂PO₄ (K-P), or sparingly soluble AlPO₄ (Al-P), FePO₄ (Fe-P), or Ca₅OH(PO₄)₃ (Ca-P) (n = 14). When P_i is supplied in sparingly soluble forms, *Lupinus albus* and *L. cosentinii*, which combine high carboxylate release with the formation of cluster roots, performed best.

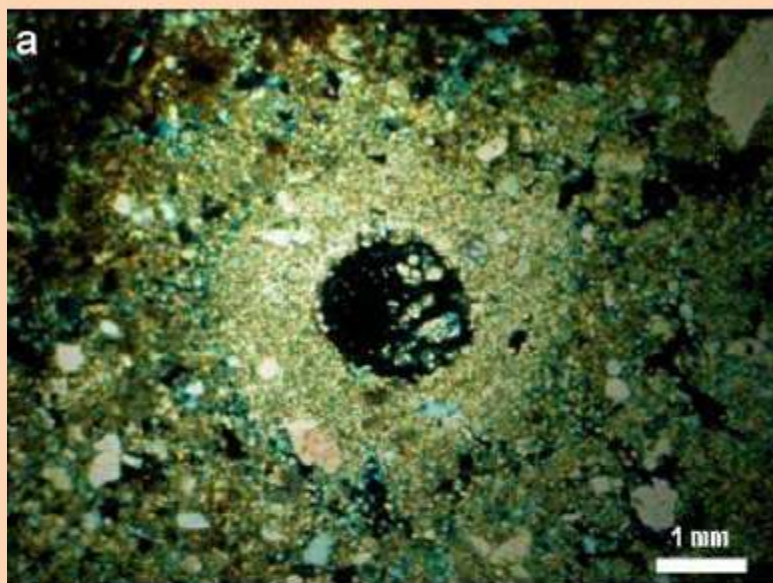
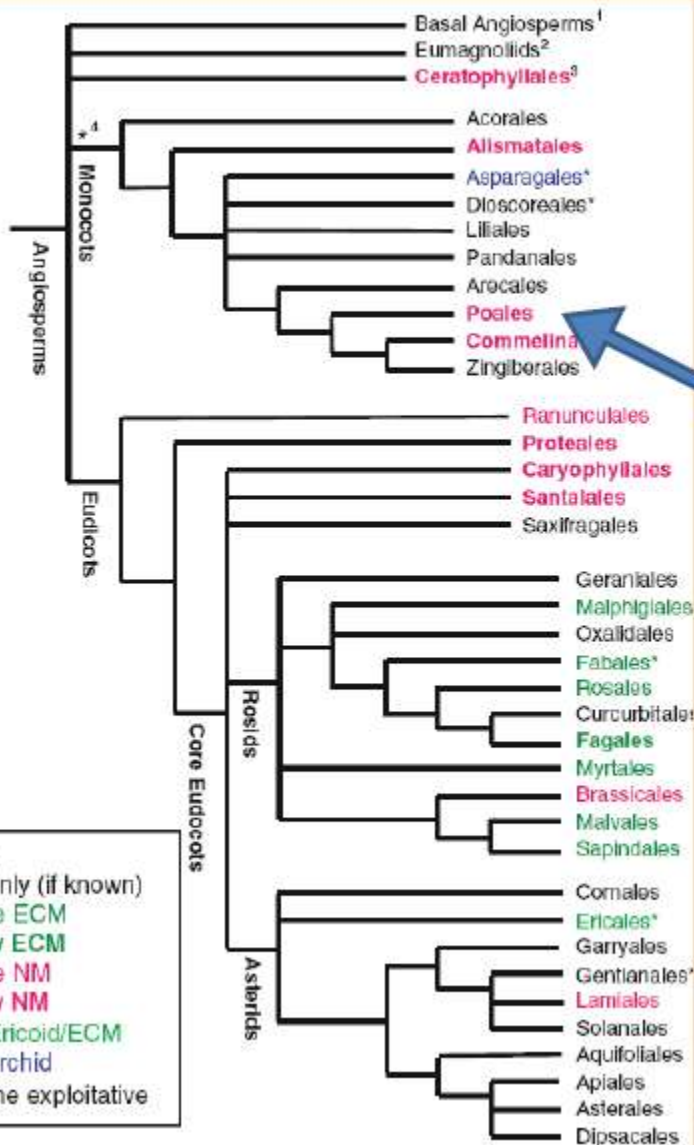


Fig. 9 Root-induced calcrite appearing as calcified roots forming as a result of calcium carbonate (calcite) precipitation in the cortical cells of perennial grasses growing in the ‘garrigues’ Mediterranean bush North of Montpellier in calcareous soils developed on a calcareous marl parent material



Fig. 8 Root-induced calcrite formation as a result of calcium carbonate (calcite) precipitation around a peach (*Prunus persica*) root biopore (reproduced from Callot et al. 1983, with kind permission of INRA Publishers) as a consequence of mass-flow and increased concentration of Ca ions in the rhizosphere (a) and remnant calcrite formations presumably formed around tree roots after the soil was blown away following a bushfire, exposing the so-called ‘Pinnacles’ in Nambung National Park (b), 200 km north of Perth in Western Australia (photo by Philippe Hinsinger)

Mykorrhiza u rostlin – pozice ve fylogenetickém systému (Lambers et al. 2009)



VYSVĚTLIVKY

- AM: arbuskulární
- ECM: ektomykorrhiza
- NM: ne-mykorrhizní rostliny
- Ericoid: erikoidní
- Orchid: orchideová

trávy: vylučují phytosiderophory – ty mobilizují Fe, Zn, Mn, Cu

Key:
 AM only (if known)
 Some ECM
 Many ECM
 Some NM
 Many NM
 AM/Ericoid/ECM
 AM/orchid
 *Some exploitative

Fig. 1 Phylogenetic position of mycorrhizal lineages in a simplified Angiosperm family tree, with indications of the extent of the mycorrhizal status within each plant family (modified after Brundrett 2002, with kind permission of Blackwell Science Ltd.)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

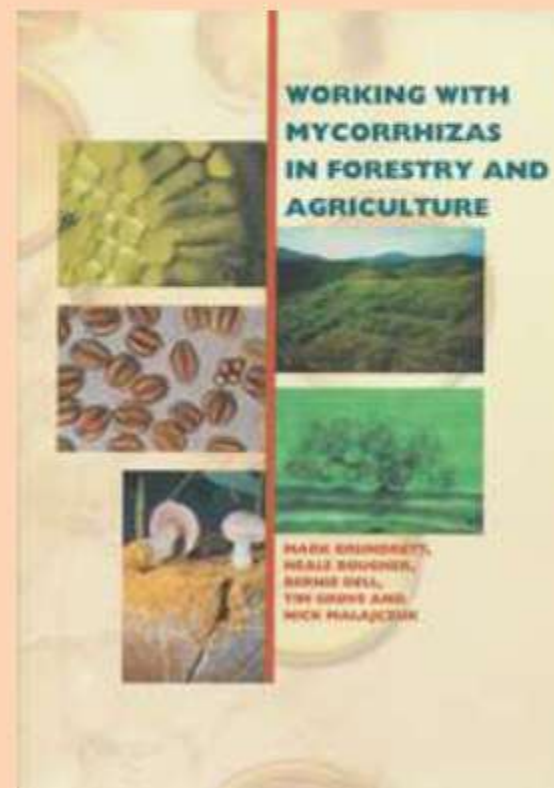
Rozšiřující literatura - mykorrhiza

Gryndler M et al. (2004) Mykorrhizní symbióza. Academia, Praha.

Brundett M, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N (1996) Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. ACIAR.



<http://www.mycorrhizas.info>



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



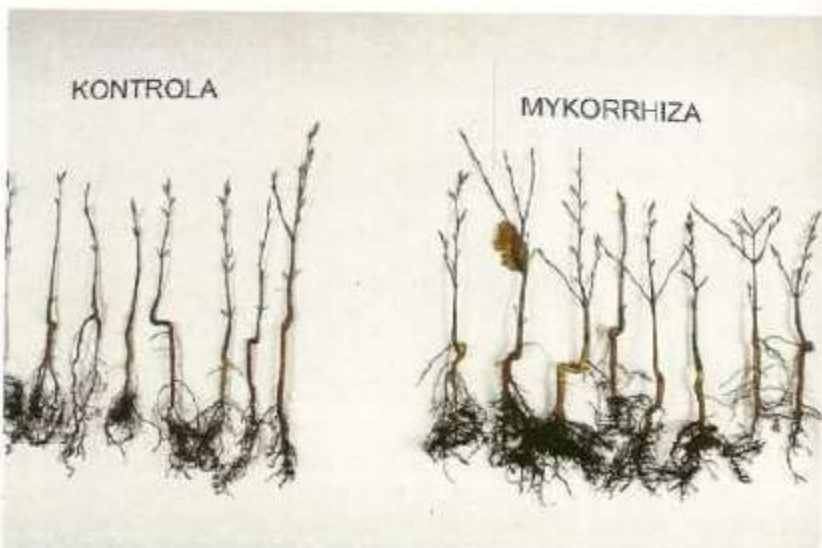
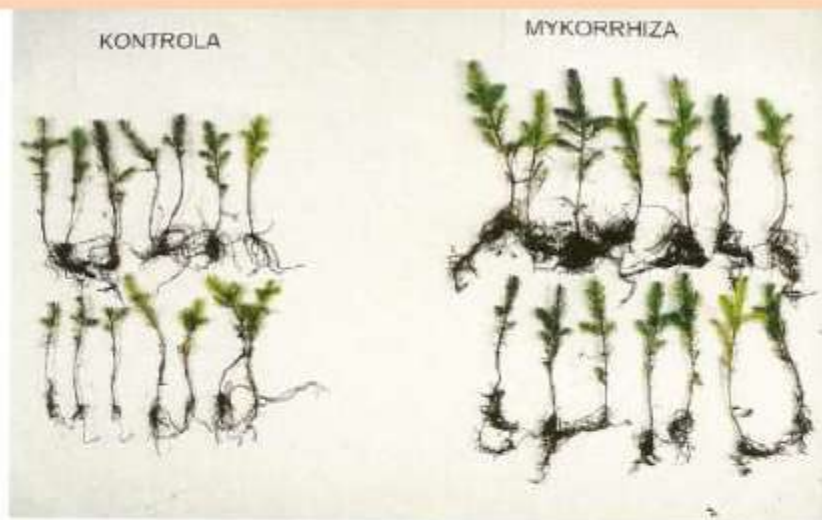
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Vliv mykorrhizy - růst (Gryndler et al. 2004)



23 Vliv inokulace ekto-mykorrhizními koubami u dřevin v lesních školkách. Rostliny srstku (nahore) i buku (dole) měly bohatší kořenový systém a větší a více větvenou nadzemní část.



11 Srovnání kořenového systému rostliny *Romulea* sp. (kvetoací rostlina vlevo; nepatří mezi orchideje) a orchideje *Ophrys tenthredinifera* (vpravo). Jde o úrahy, které se často vyskytují na lokalitách ve Středo-moří současně. Kořenový systém rostlin rodu *Romulea* je bohatě rozvinut. Naproti tomu orchideje vytvářejí jen několik málo tlustých kořenů. Tyto rostliny byly společně pěstovány po dobu čtyř měsíců, aniž byly na rostlinách *Romulea* sledovány známky patogenity orchideoidní mykorrhizní houby *Rhizoctonia* sp., která velmi silně kolonizovala kořeny *Ophrys tenthredinifera*.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



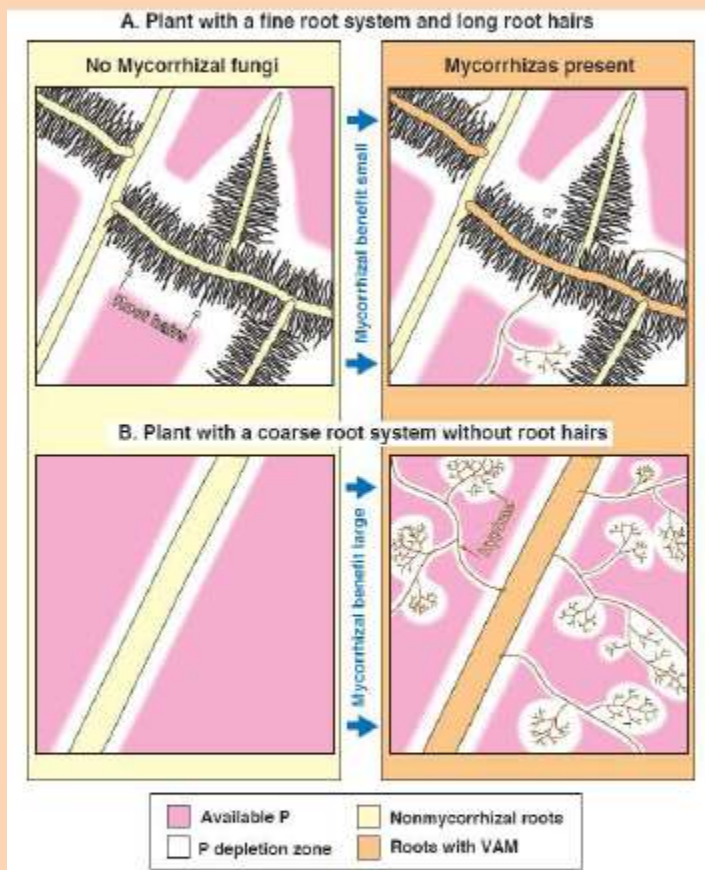
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vliv mykorrhizy na příjem živin (Brundrett et al. 1996, Read and Perez-Moreno 2003)



- mykorrhiza zlepšuje příjem fosforu zejména u rostlin bez jemného kořenového vlášení (orchideje)

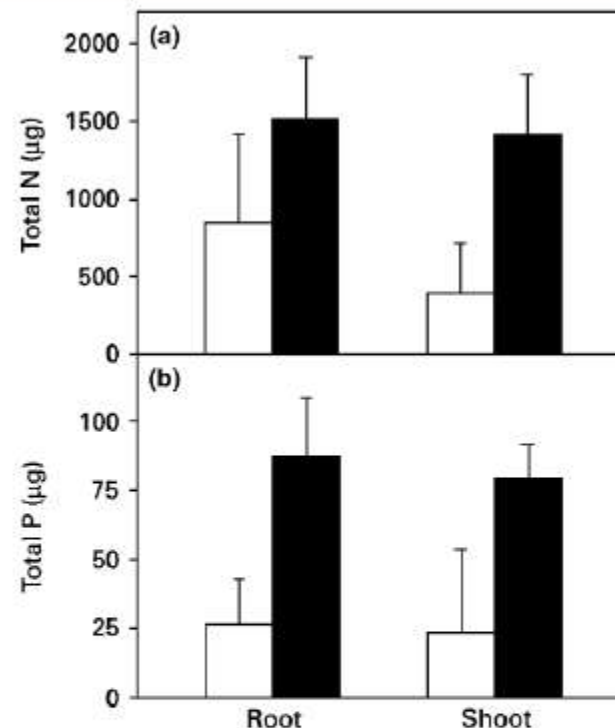


Fig. 5 Total nitrogen (a) and phosphorus (b) contents of *Betula pendula* plants grown in the ectomycorrhizas (ECM) condition with *P. involutus* in microcosms with (closed bars) and without (open bars) litter and harvested 90 d after litter addition. Vertical bars indicate 95% confidence limits. (From Perez-Moreno & Read, 2000.)

-potřeba organické hmoty pro získání živin mykorrhizou

-nádobový experiment

Mykorrhiza napříč biomy – gradient P:N (Read and Perez-Moreno 2003)

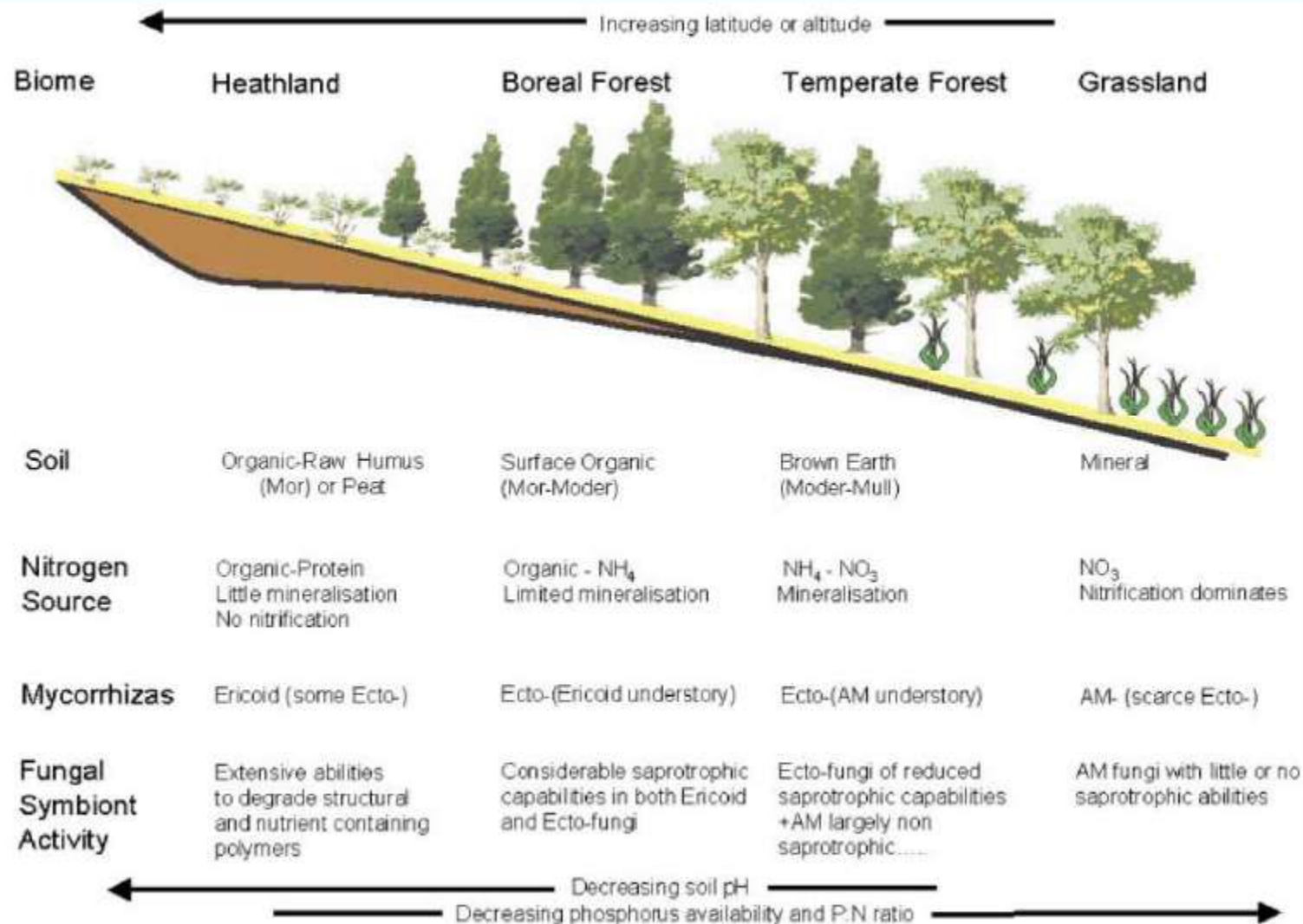


Fig. 10. The proposed relationships, on a northern hemisphere based global scale, between the distribution of biomes along environmental gradients and the roles of the prevailing mycorrhizal association in facilitation of N and P capture by the characteristic functional groups of plant.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Odlíšné strategie rostlin s různými typy mykorrhizy (Cornelissen et al. 2001)

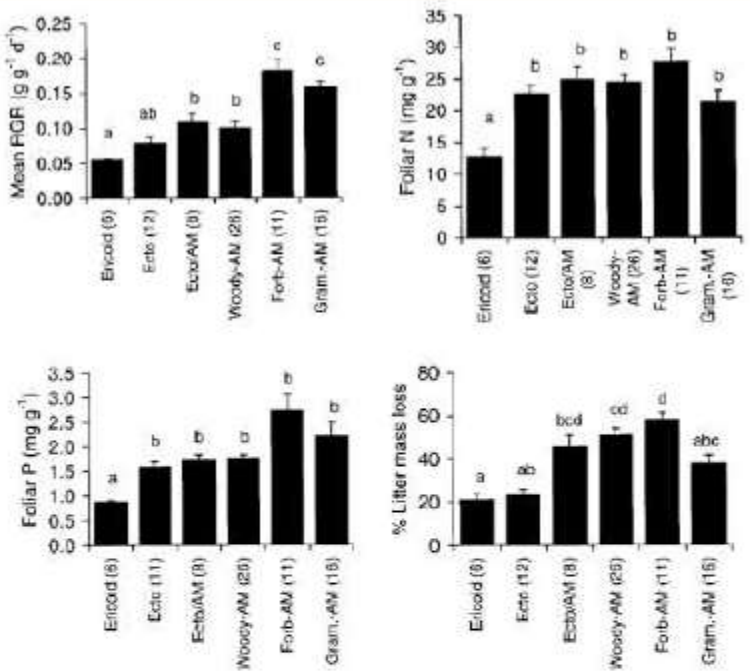


Fig. 2A–D Mean values (+1 SE) for plant traits of six functional plant types based on a combination of mycorrhizal association and

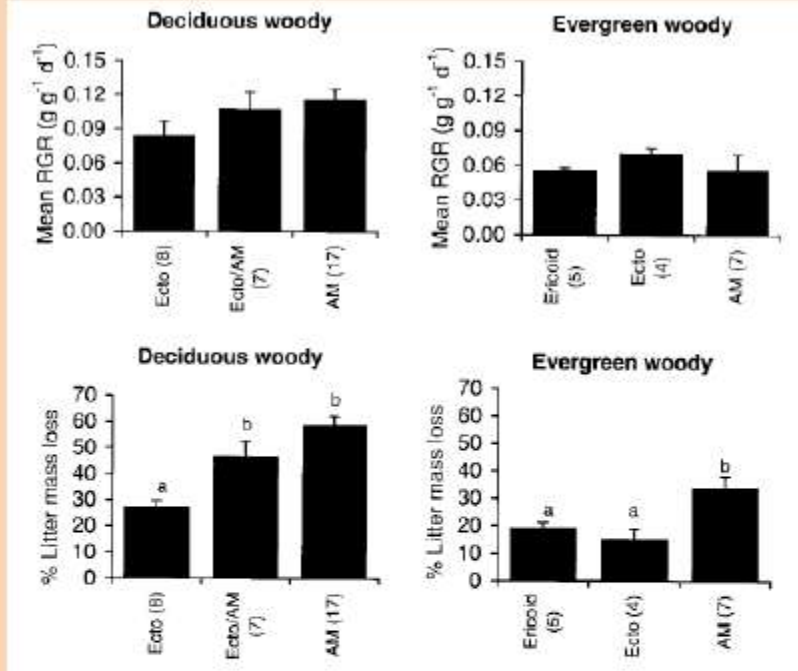


Fig. 3A–D Mean values (+1 SE) for plant traits of mycorrhizal plant types by leaf habit, using the woody species only. The two

‘ericoidní’ rostliny: v ekosystémech s malou dostupností dusíku (N v org. hmotě, půda: mor, nízké pH) – pomalý růst, nízké koncentrace živin v listech – pomalý rozklad (*recalcitrant litter*)

VS

‘arbuskulární’ rostliny: v ekosystémech s vyšší dostupností dusíku (anorg. N, půda: mull, vyšší pH) – rychlý růst, vysoké konc. živin v listech – rychlý rozklad

‘ektomykorrhizní’ rostliny: mezi, půda: moder, konc. živin jako ar., ale rozklad jako er.

Role mykorrhizy pro získávání živin (BassiriRad 2005)

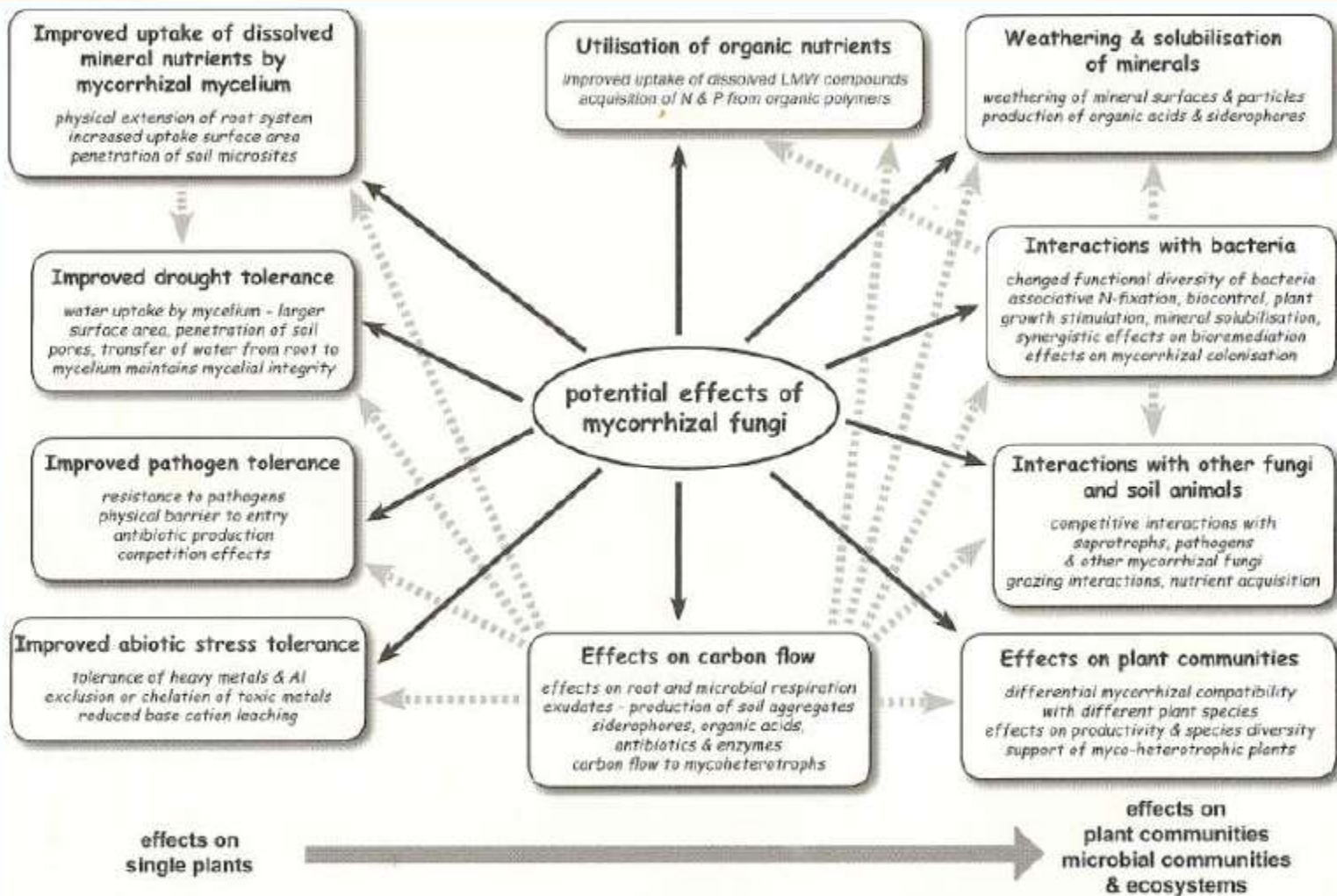


Fig. 9.1. Schematic diagram of the different types of effects which mycorrhizal mycelia have in nutrient acquisition and plant ecology

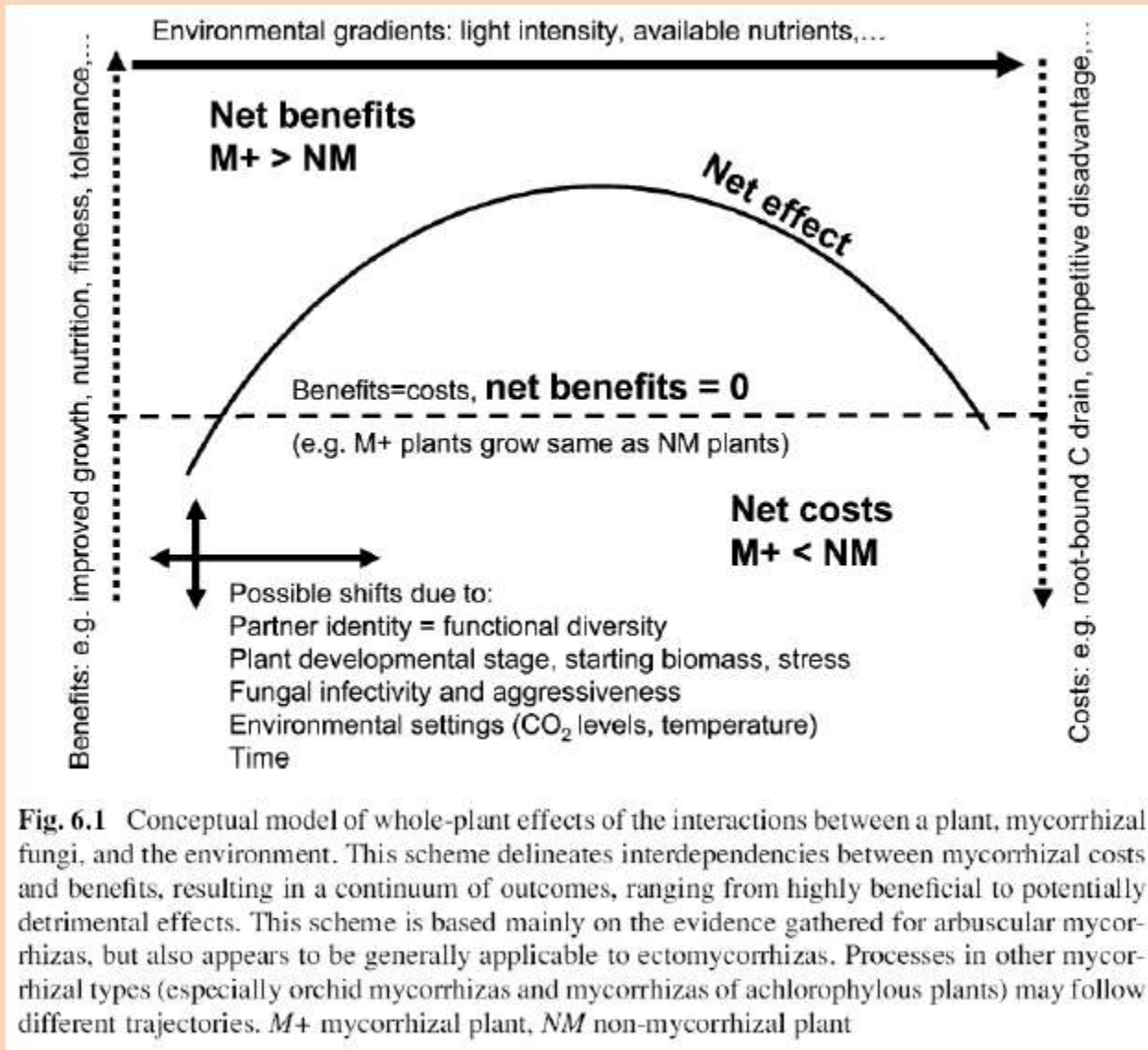
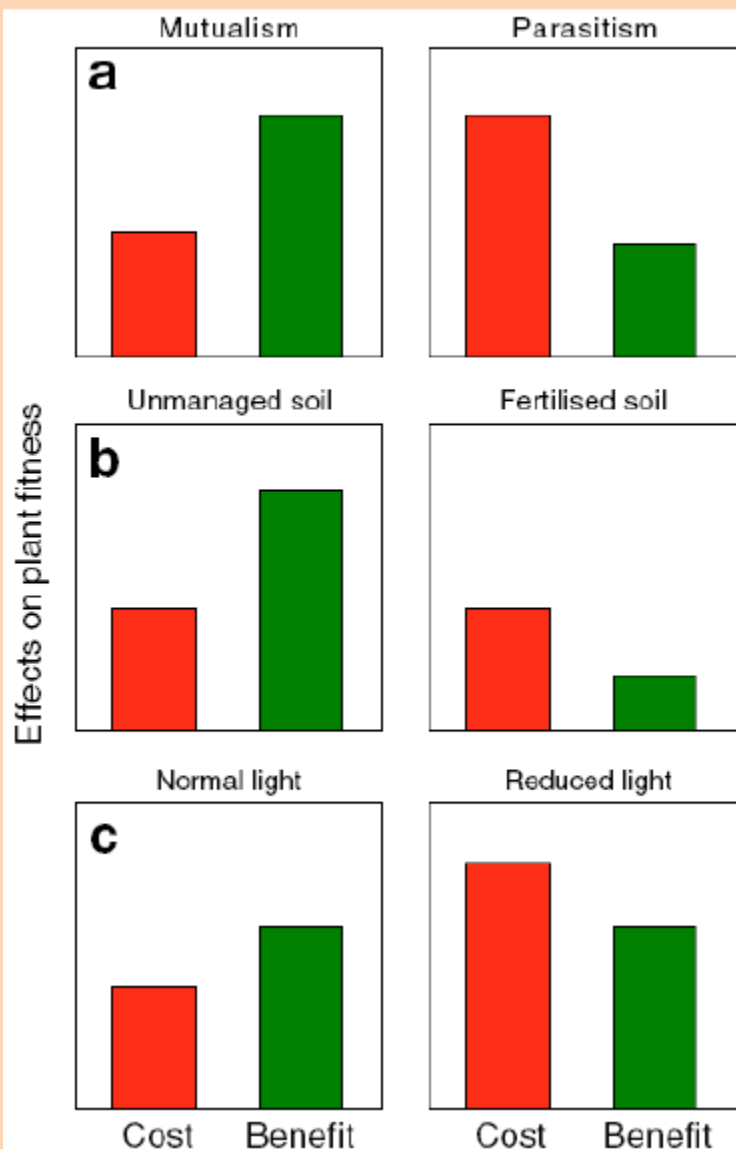


Fig. 6.1 Conceptual model of whole-plant effects of the interactions between a plant, mycorrhizal fungi, and the environment. This scheme delineates interdependencies between mycorrhizal costs and benefits, resulting in a continuum of outcomes, ranging from highly beneficial to potentially detrimental effects. This scheme is based mainly on the evidence gathered for arbuscular mycorrhizas, but also appears to be generally applicable to ectomycorrhizas. Processes in other mycorrhizal types (especially orchid mycorrhizas and mycorrhizas of achlorophyllous plants) may follow different trajectories. *M+* mycorrhizal plant, *NM* non-mycorrhizal plant

Mykorrhiza (Lambers et al. 2009): mutualismus nebo parazitismus?



-vztah rostliny s houbou závisí na prostředí (Fig. 4):

(b) na hnojené půdě není výhodný

(c) tam, kde nejsou limitující živiny ale jiný faktor ... např. světlo, rostlina má nedostatek asimilátů

Fig. 4 Mycorrhizal associations can be either mutualistic, when the benefit of the association for the plant exceeds the cost, or parasitic when costs exceed benefits (a) (reproduced after Johnson et al. 1997, with kind permission from Blackwell Science Ltd.). The cost-benefit relationship varies with environmental conditions where the symbiosis occurs; upon fertilisation, the growth benefit of the mycorrhizal association decreases, and the cost may outweigh the benefit, ultimately leading to a parasitic association (b). Similarly, a low light intensity may increase the cost of photosynthate production above the benefit from the symbiotic association, thus also resulting in a parasitic association (c)

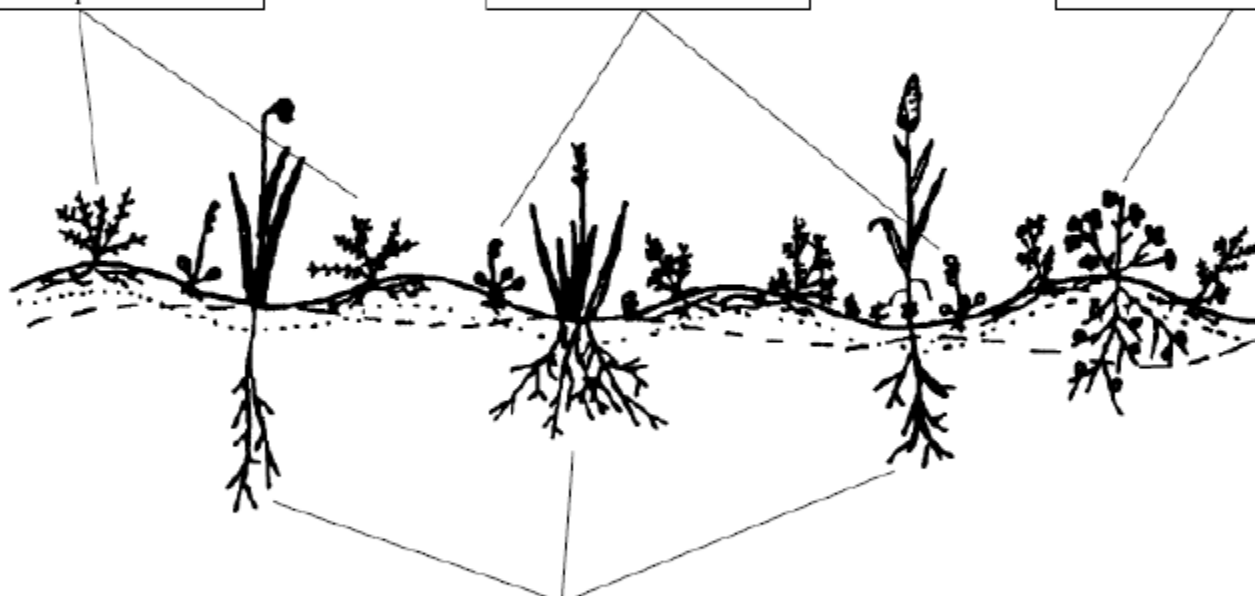
Získávání živin na vřesovištích – erikoidní mykorrhiza (Read 1996)

COMPARTMENTATION OF NITROGEN ACQUISITION IN HEATHLAND ECOSYSTEMS

Ericoid mycorrhizal dwarf shrubs, e.g. *Erica*, *Calluna*, *Epacris*, *Leucopogon*. Fungal mobilization of plant litter and microbial protein N.

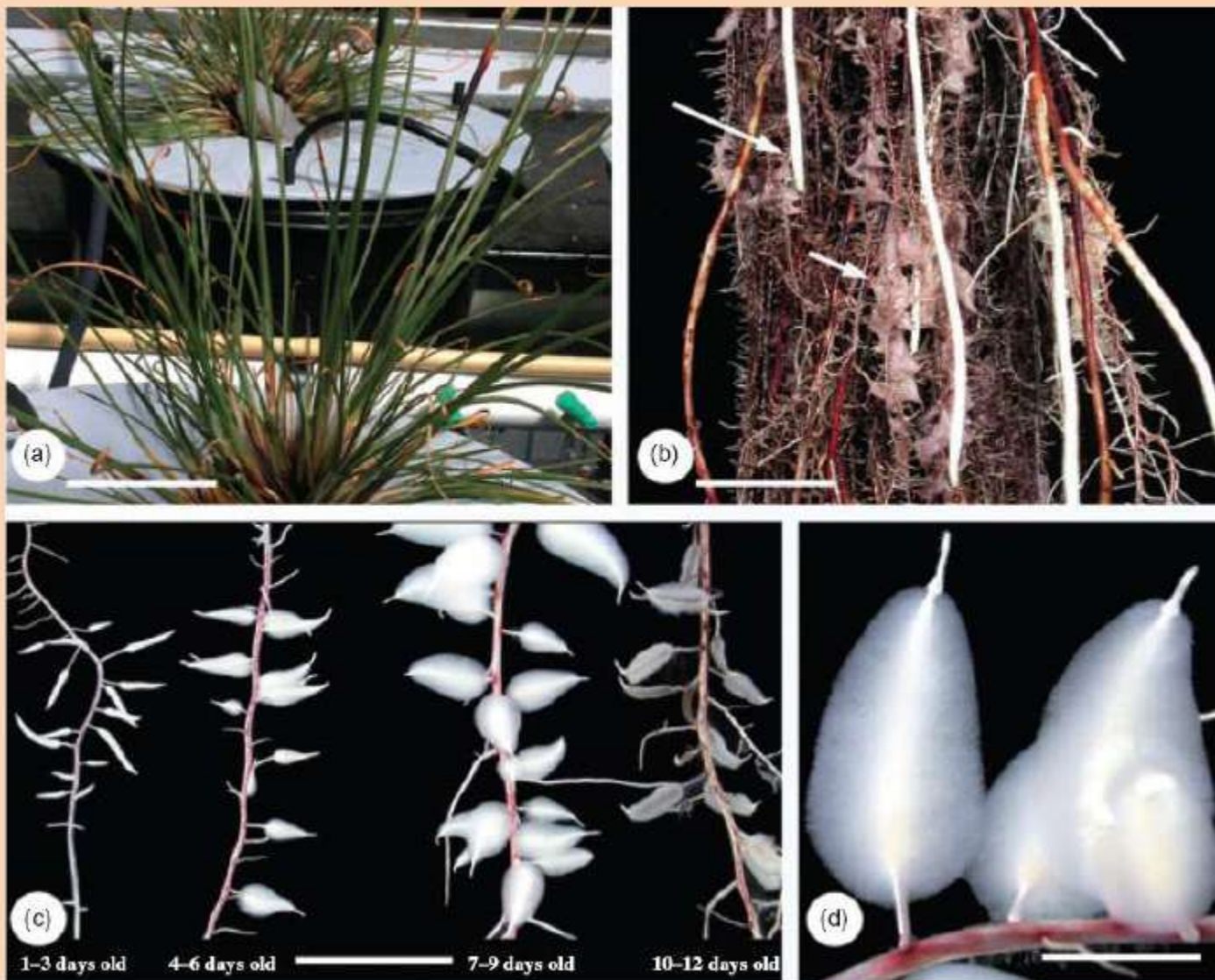
Insectivores, e.g. *Drosera*, *Sarracenia* capture and release of insect protein N.

Legumes, e.g. *Ulex*, *Daviesia*, *Dillwynia*. Nodulated for atmospheric N fixation.



Cyperaceous or restionaceous plants, e.g. *Eriophorum*, *Restio*, with aerenchymatous roots tapping deep N and dauciform or cluster roots scavenging surface mineral N — latter also in Proteaceae.

Kořenové exudáty – šachorovité (Shane et al. 2006)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Kořenové exudáty – šachorovité (Shane et al. 2006)

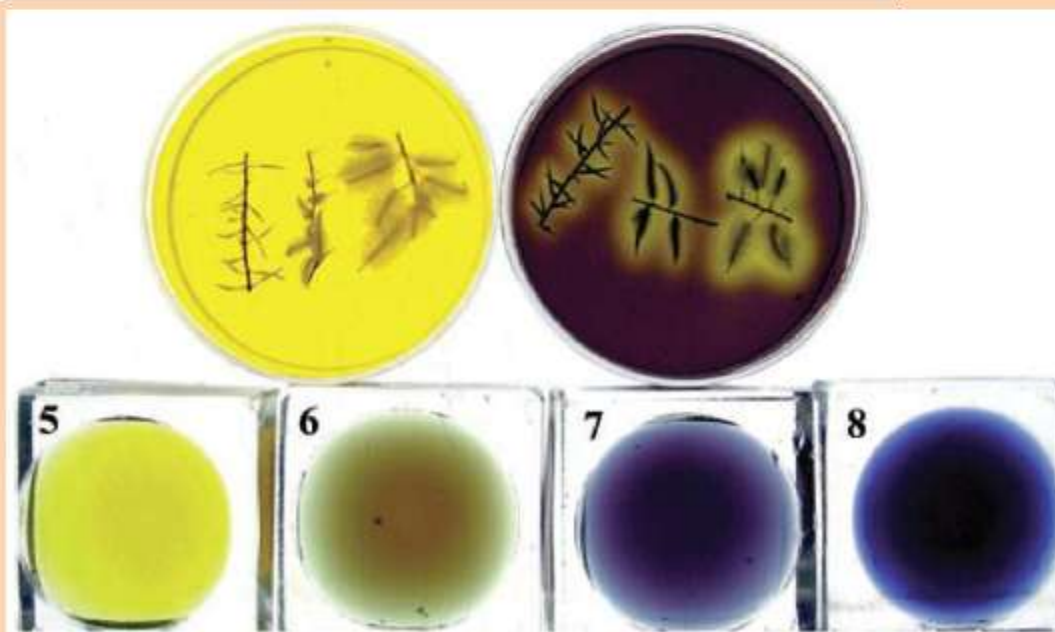
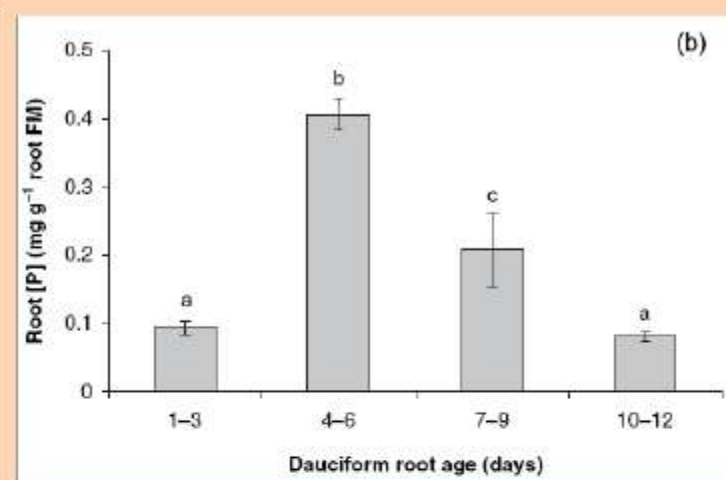
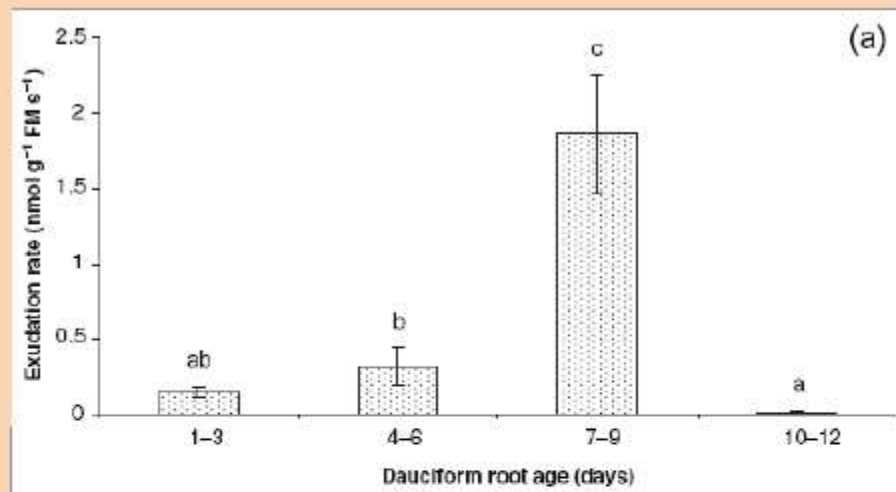
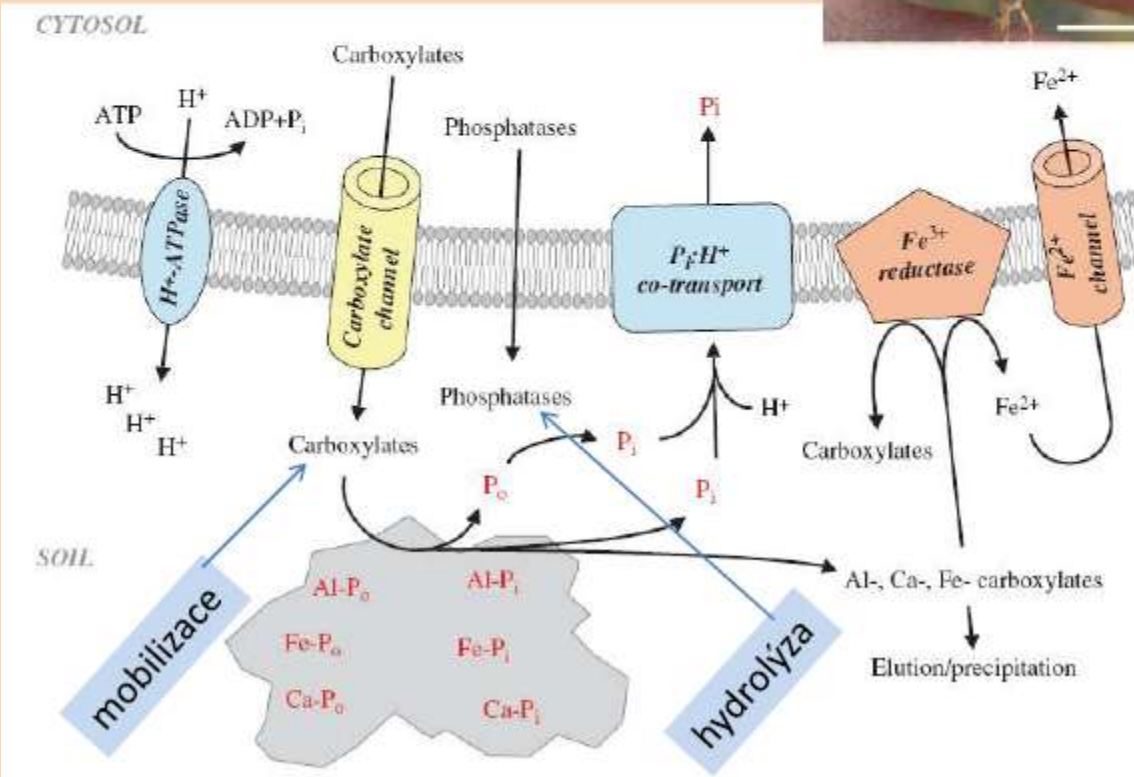
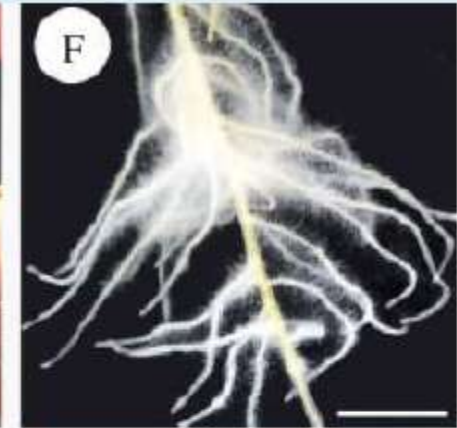


Figure 5. Dauciform root-induced changes in pH after *ca.* 10–20 min. The initial pH of agar was 5.0 (Petri dish on left) or 6.5 (Petri dish on right). In each Petri dish, from left to right: very young dauciform roots (1–3 days old), young dauciform roots (4–6 days old) and mature dauciform roots (7–9 days old). All ages of dauciform roots were associated with a pH decrease (to less than pH 5.0) when initial pH was 6.5. No alkalization was observed when the initial pH was 5.0. Reference standards of pH values and associated colour in agar are shown across the bottom of the image.

Kořenové exudáty – mechanismus (Lambers et al. 2006, Shane et al. 2006)

- kořenové exudáty jsou produkovány tzv. „cluster roots“ - širší skupina více typů

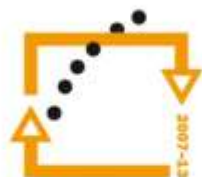
proteoid – *Proteaceae*, *Fabaceae* (*Lupinus*)
 dauciform – *Cyperaceae*
 capillaroid – *Restionaceae*



kořeny i keř: *Aspalathus linearis*
 čajovníkovec kapský (rooibos)
 čeled: *Fabaceae*



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Cykly živin v terestrických ekosystémech (EKO/CZ)

Mgr. Jan Mládek, Ph.D. (2012/2013)

4. blok

29/10/2012

Rozvoj a inovace výuky ekologických oborů formou komplementárního propojení studijních programů Univerzity Palackého a Ostravské univerzity

CZ.1.07/2.2.00/28.0149



Studentské prezentace kritických rozborů publikovaných studií

Bc. Petr Krpec (1. ročník magisterského programu OTŽP)

Jak je to s výživou masožravých rostlin?

Bc. Roman Kalous (1. ročník magisterského programu OTŽP)

Vlivy různých systémů pastvy na tok živin v trvalých travních porostech

Martin Zýka (3. ročník bakalářského programu OTŽP)

Toxické účinky hliníku: nepříznivé efekty na metabolismus a růst rostlin, tolerance a hyperakumulace

Martin Hlučil (2. ročník bakalářského programu SBE)

Jak klimatické změny (nárůst koncentrace CO₂ a zvýšení průměrné teploty) ovlivní konkurenční vztahy C3 a C4 rostlin?

Martina Lukešová (2. ročník magisterského programu OTK)

Fixátor dusíku *Elaeagnus angustifolia* a jeho potenciál pro rekultivaci a obnovu degradovaných půd

Josefa Volfová (2. ročník magisterského programu OTŽP)

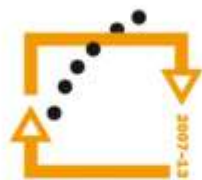
Vliv ponechání mrtvého dřeva v lesních ekosystémech na celkovou zásobu živin v půdě

Roman Březina (3. ročník bakalářského programu programu OTŽP)

Akumulace těžkých kovů u hub řádu *Boletales*



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Cykly živin v terestrických ekosystémech (EKO/CZ)

Mgr. Jan Mládek, Ph.D. (2012/2013)

5. blok

12/11/2012

Rozvoj a inovace výuky ekologických oborů formou komplementárního propojení studijních programů Univerzity Palackého a Ostravské univerzity

CZ.1.07/2.2.00/28.0149



Koncept stoichiometrie živin ... Sterner and Elser (2002)

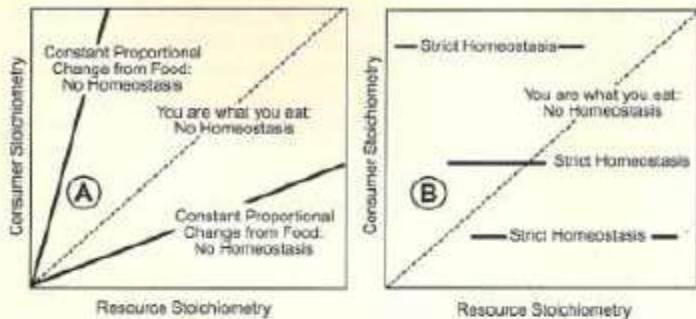


Fig. 1.3. Generalized stoichiometric patterns relating consumer stoichiometry to resource stoichiometry. Horizontal and vertical axes are any single stoichiometric measure, such as N content or C:P ratio. A. Points on the 1:1 line (slope 1, intercept 0) represent identical stoichiometry in consumer and resources. This dashed line represents a consumer with stoichiometry that always matches the stoichiometry of its resources. This is the "you are what you eat" model. The solid lines represent consumers that perform constant differential nutrient retention. These represent the "constant proportional model." B. Strict homeostasis is defined as any horizontal line segment (slope 0, intercept > 0).

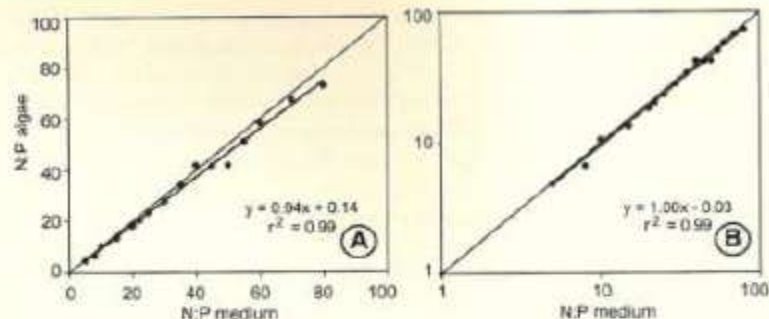


Fig. 1.5. Absence of homeostasis as seen in the N:P of *Scenedesmus* algae at growth rate equilibrium as a function of the N:P in the medium supplied. Cellular nutrient ratios are almost identical to the ratio in the surrounding environment (slope is near 1, intercept is near zero), which is apparent both in the plot with linear axes (A) and in the plot with logarithmic axes (B). Both the regression line and the 1:1 line are plotted. The regulatory coefficient H from Equation (1.3) is the inverse of the slope fitted to the log-log plot, which in this case is 1.00, indicating an absence of homeostasis. Based on Rhee (1978)

homeostáze: schopnost udržovat stab. vnitř. prostředí
typická pro živočichy

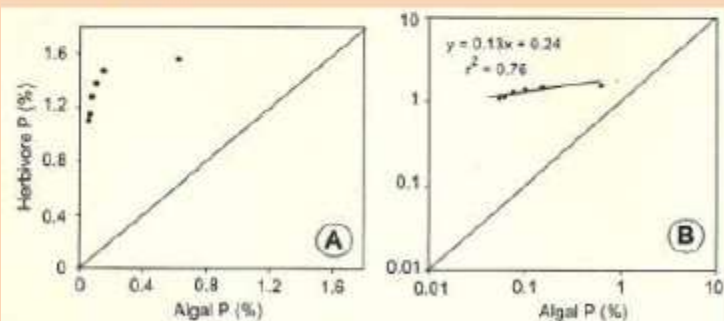


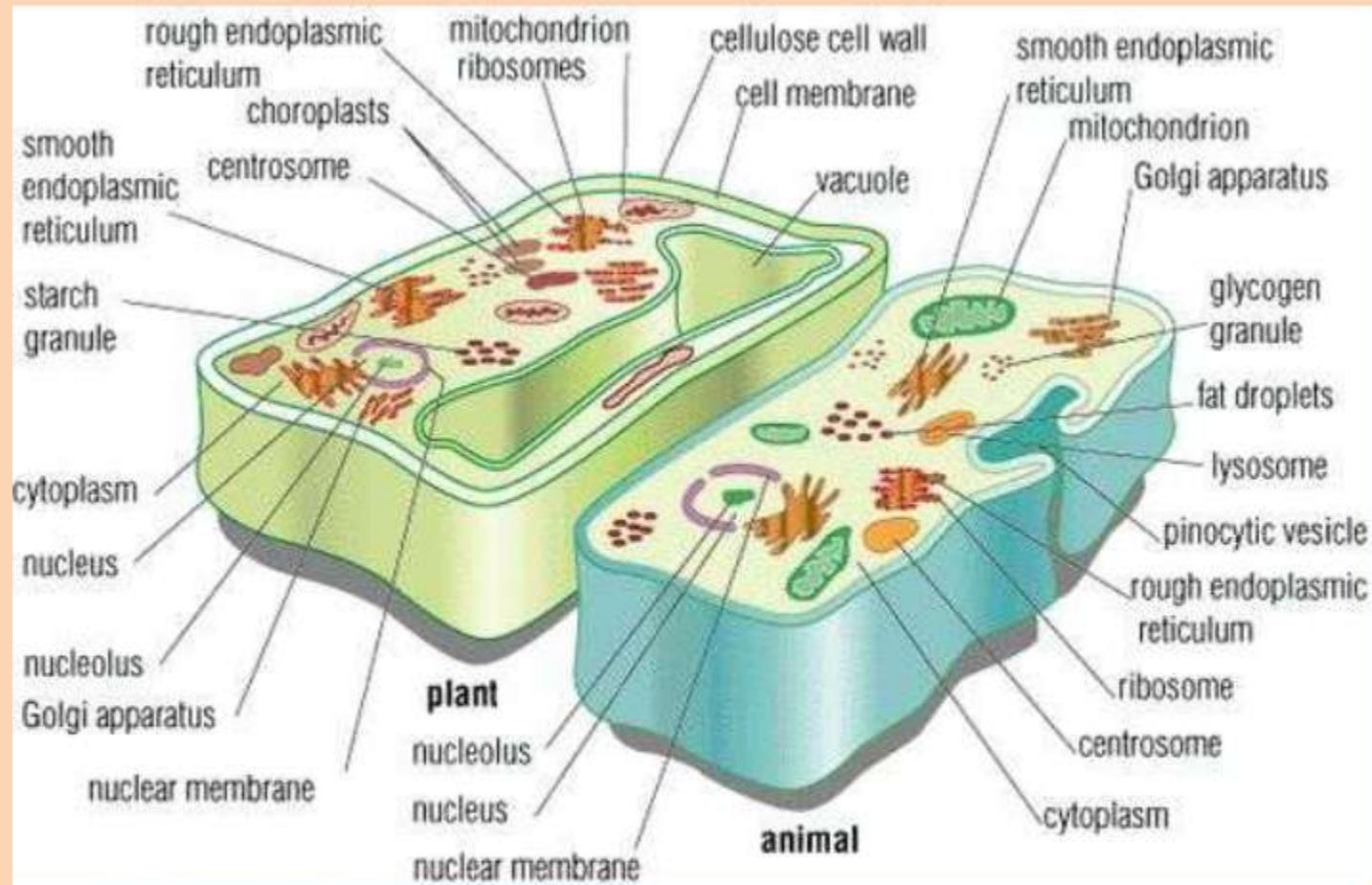
Fig. 1.9. Phosphorus content in *Daphnia* and algal food on linear (A) and logarithmic (B) axes. Although the linear plot makes it appear that there is a breakdown in homeostatic regulation at low food P content, a close to strict homeostasis is evident on the logarithmic axes. The regulatory coefficient H is 7.7, a strong but not strict homeostasis. Based on DeMott et al. (1998).

absence homeostáze: poměr živin v těle organismu odpovídá poměru živin potravy (substrátu)
-záleží na škále studovaného gradientu
typická pro rostliny

Proč?

rozdílné složení rostlinných a živočišných buněk

Základní rozdíly mezi rostlinnou a živočišnou buňkou ... Sterner and Elser (2002)



u rostlinné buňky přítomnost:

- vakuol
- buněčné stěny (vyšší poměr C : N u rostlin)
- chloroplastů



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

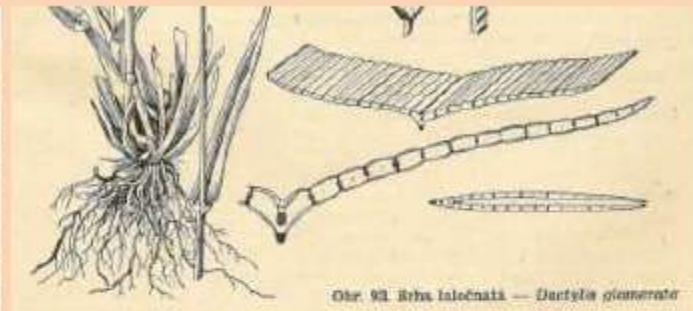
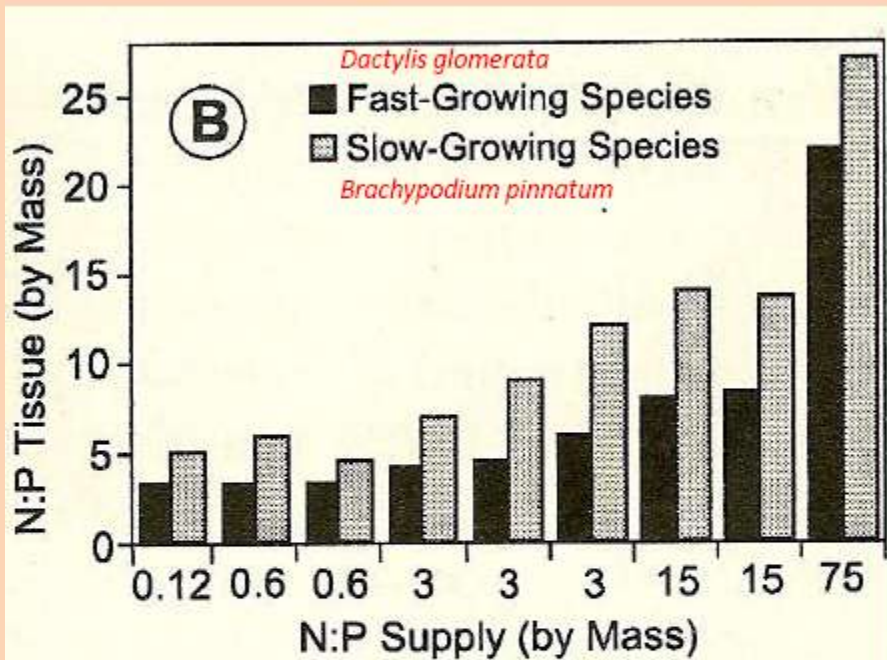
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Poměr živin v biomase u rostlin odpovídá substrátu (Ryser and Lambers 1995)

- nádobový experiment se srhou říznačkou (*acquisitive*) a válečkou prápořitou (*conservative*)



B. The effect of supply N:P on biomass N:P in terrestrial grasses. Foliar N:P is shown for *Brachypodium pinnatum* (a species with characteristically slow growth rate) and *Dactylis glomerata* (a fast grower) grown in the greenhouse with soil containing different levels of nutrients at different N:P ratios. Note that most variation in foliar N:P is associated with soil N:P; multiple values for foliar N:P at particular soil N:P indicate different levels of nutrient concentrations added. Under all soil conditions, the fast-growing grasses have lower foliar N:P than the slow-growing species. Panel A is based on Goldman et al. (1979) and panel B is based on Ryser and Lambers (1995).

-pomalu rostoucí druhy mají horší schopnost získávání fosforu

-tedy vždy vyšší N : P než rychleji rostoucí druhy

Vakuoly v rostlinných buňkách jako rezervoár živin ... Sterner and Elser (2002)

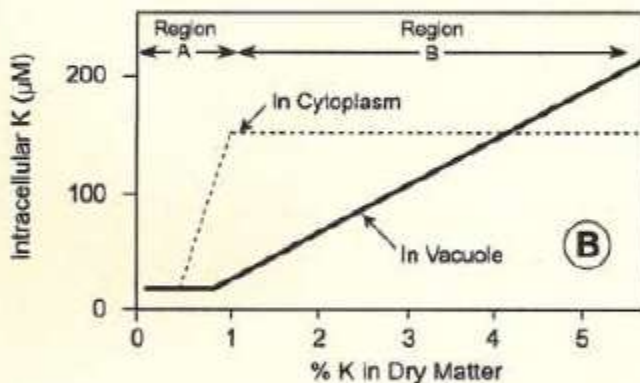
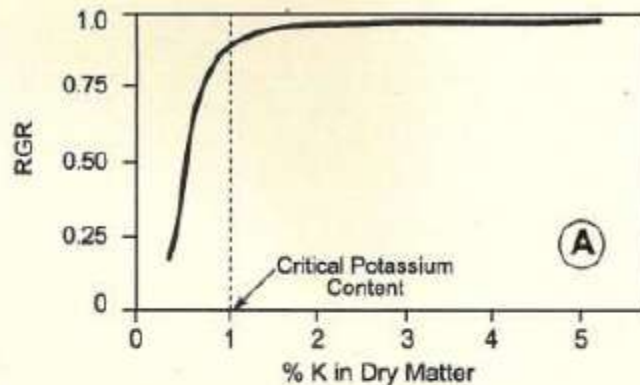


Fig. 3.1. The cellular basis of variation in biomass production as a function of tissue nutrient content in oats. A. Production (as measured by RGR) increases hyperbolically with increasing tissue potassium content. B. During the onset of K limitation (moving from the right to the left), first vacuolar K is depleted, resulting in little change in plant production (region B). However, at a critical K content, vacuolar K is totally depleted and cytoplasmic content then begins to decline (region A). Reduction of cytoplasmic K results in a reduction in production, as K is critically involved as a cofactor in enzyme activation. Based on Leigh and Wyn-Jones (1985).

Rychlost růstu (RGR) závisí na koncentraci živin v biomase rostliny.

Rychlost růstu často neklesá kontinuálně s poklesem živin, ale náhle skokově.

Proč?

- pro rychlost metabolismu je rozhodující koncentrace živin v cytoplasmě
- vakuoly slouží jako rezervoár živin při luxusním (nadbytečném) příjmu
- limitace (omezení růstu) nedostatkem daného prvku se projeví později než je vyčerpán z prostředí (čerpán z vakuol)
- zejména u minerálů (např. draslíku)

TABLE 3.1

N content and C:N of different tissues in apple trees. C:N was calculated from % N assuming 48% C in biomass. Information is also presented for wood and roots as a function of age. Data from Murneek (1942) as reported in Kramer and Kozłowski (1979)

-význam polysacharidů (např. celulózy) jako strukturní komponenty rostl. pletiv tkví v úspoře často limitujících živin:

-dusíku

-fosforu

<i>Tissue</i>	<i>Age (y)</i>	% N	C:N
Leaves		1.23	45
Spurs		1.04	54
Wood aged -	1	0.93	60
	2	0.67	84
	3	0.54	104
	4-6	0.35	160
	7-10	0.27	207
	11-18	0.16	350
Main stem		0.14	400
Total above ground		0.33	170
Root stump		0.26	215
Roots aged	1-6	1.24	45
	7-13	0.6	93
	14-18	0.32	175
Total below ground		0.4	140
Entire tree		0.34	165

- proteiny obsahují průměrně 17% dusíku a 0% fosforu

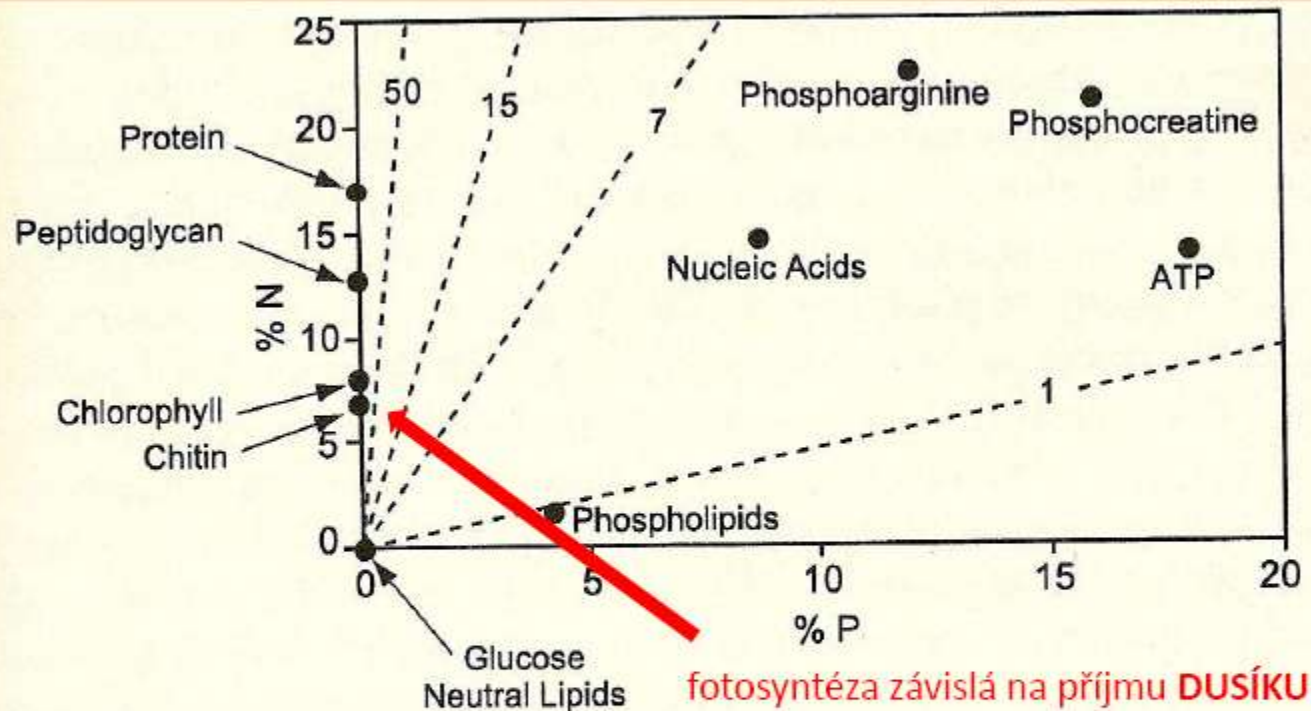


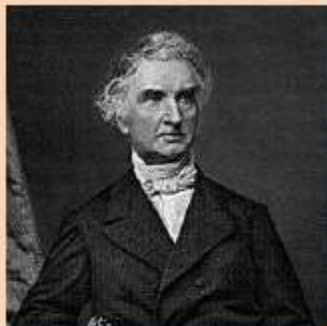
Fig. 2.2. Biochemical stoichiometry. This diagram illustrates the % N and % P of important biomolecules. In most cases, estimates were made from the biochemical structure for each molecule. However, for proteins and phospholipids estimates were made by determining the average composition of the monomers (amino acids in the case of proteins) or of various types of the molecule (e.g., different kinds of phospholipid).

Limitace růstu rostlin živinami - „Sprengel - Liebigův zákon minima“



Carl Sprengel (1787 –1859)

Justus von Liebig (1803 –1873)



Liebig's barrell



TEORIE MINIMA (ZÁKON MINIMA)

-princip formuloval prvně C. Sprengel (1828) – později jej popularizoval J. von Liebig (paradoxně často pouze: *Liebigův zákon minima*)

-růst jedince (nebo populace jedinců stejného druhu) je omezen celkovým množstvím zdrojů, nejvíce je však limitován tím prvkem, jehož je relativně (vzhledem k potřebě) nejméně



Oikos 117: 1741–1751, 2008
doi: 10.1111/j.1600-0706.2008.16793.x,
© 2008 The Authors. Journal compilation © 2008 Oikos
Subject Editor: Owen Perchey, Accepted 27 June 2008

Does Liebig's law of the minimum scale up from species to communities?

Michael Danger, Tanguy Daufresne, Françoise Lucas, Serge Pissard and Gérard Lacroix

-společenstva přizpůsobují svoje poměry živin v biomase prostředí (díky změně poměru druhů)

-společenstvo není limitováno jedním prvkem ale spíše více prvky (*co-limitation*)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Limitace živinami je definována jako omezení růstu – lze otestovat tak, že přidáním živiny se zvýší růst jedince

Bývá vyvozována z následujících kritérií:

(a) měřením dostupnosti živin v půdě: **kritické hodnoty** – tabulky hodnocení zemědělských půd (Sáňka a Materna 2004)

(b) z koncentrací živin v listech: **nutriční indexy** (Duru and Ducrocq 1997, Magda et al. 2003)

(c) z poměru živin v biomase: **poměry N : P, N : K, K : P** (Verhoeven et al. 1996, Koerselman and Meuleman 1996, Olde Venterink et al. 2003)

nicméně všechny tyto nepřímé techniky dávají výsledky prediktivního charakteru – **validita je třeba testovat empiricky ... KRÁTKODOBÉ POKUSY S HNOJENÍM** (ty nemění druhové složení)

-fakt, že růst je limitován nedostatkem nějaké živiny (nejčastěji N, P, K) ještě neznamená, že ho nemohou limitovat i jiné faktory ... např. voda, světlo, CO₂

(a) LIMITACE ŽIVINAMI – dle výsledků chemických rozborů zemědělských půd

Sáňka M, Materna J (2004) Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR, edice PLANETA, MŽP ČR, Praha.

Tabulka 2.3.1. Nováková klasifikace půdního druhu (příloha č. 8 k vyhlášce č. 275/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů).

procento jílnatých částic <0,01 mm	označení půdního druhu		
0 – 10	písečná	p	lehké
10 – 20	hlinitopísečná	hp	
20 – 30	písečtohlinitá	ph	střední
30 – 45	hlinitá	h	
45 – 60	jílovitohlinitá	jh	těžké
60 – 75	jílovitá	jv	
> 75	jíl	j	

Stanovení P, K, Mg, Ca metodou Mehlich 3

Tabulka 2. Trvalé travní porosty

Fosfor (mg. kg ⁻¹)	
kategorie obsahu	limitní hranice
nízký	do 25
vyhovující	26 – 50
dobrý	51 – 90
vysoký	91 – 150
velmi vysoký	nad 150

Draslík (mg. kg ⁻¹)			
kategorie obsahu	půda		
	lehká	střední	těžká
nízký	do 70	do 80	do 110
vyhovující	71 – 150	81 – 160	111 – 210
dobrý	151 – 240	161 – 250	211 – 300
vysoký	241 – 350	251 – 400	301 – 470
velmi vysoký	nad 350	nad 400	nad 470

Hořčík (mg. kg ⁻¹)			
kategorie obsahu	půda		
	lehká	střední	těžká
nízký	do 60	do 85	do 120
vyhovující	61 – 90	86 – 130	121 – 270
dobrý	91 – 145	131 – 170	171 – 230
vysoký	146 – 220	171 – 245	231 – 310
velmi vysoký	nad 220	nad 245	nad 310

Tabulka 6. Kritéria pro hodnocení obsahu přijatelného vápníku v půdě

půda / obsah vápníku v mg.kg ⁻¹			hodnocení
lehká	střední	těžká	
< 500	< 900	< 1600	velmi nízký
501 – 1000	901 – 1400	1601 – 2100	nízký
1001 – 1600	1401 – 2100	2101 – 2800	střední
1601 – 2100	2101 – 3000	2801 – 3900	dobrý
> 2100	> 3000	> 3900	vysoký



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

(a) LIMITACE – dle výsledků rozborů zemědělských půd (Hejduk a Mládek 2008)

Brumov – širokolistý suchý trávník sv. *Bromion erecti* s dominancí *Brachypodium pinnatum*

Lopeník – poháňková pastvina sv. *Cynosurion cristati* s *Festuca rubra* a *Leontodon hispidus*

Suchov – podhorský smilkový trávník sv. *Violion caninae* s *Festuca rubra* a *Nardus stricta*



Tab. 23.3 Vybrané půdní parametry lokalit (průměr z 20 vzorků na každé lokalitě). Q – částice < 0,01 mm. P, K, Ca a Mg v mg.kg⁻¹; C_{ox}, N_t, V a Q v %; T v mmol/100g.

Lokalita Site	pH (CaCl ₂) [*]	P [*]	K [*]	Ca	Mg [*]	C _{ox}	N _t	C/N _t	T	V	Q
Brumov	5.40 ^a	7.3 ^a	348.7 ^b	3573.4 ^b	220.4 ^b	4.12 ^b	0.42 ^b	9.72 ^b	31.2 ^c	64.1 ^b	62.8 ^b
Lopeník	4.99 ^a	8.2 ^a	227.2 ^b	1906.0 ^a	201.1 ^b	3.94 ^b	0.40 ^b	9.90 ^b	19.8 ^b	31.1 ^a	31.4 ^a
Suchov	4.60 ^a	10.3 ^a	95.4 ^a	1107.6 ^a	68.0 ^a	2.99 ^a	0.27 ^a	11.18 ^a	13.6 ^a	32.7 ^a	25.3 ^a

T sorpční kapacita půdy (angl. **CEC** ... cation exchange capacity)

V ... nasycenost sorpčního komplexu bázemi (angl. **BS**... base saturation)

$$2. \text{ Bases saturation} = [\Sigma(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}) / \text{Cation Exchange Capacity}] \times 100$$

Q ... částice menší než 0.01 mm - jíl (clay)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

(a) LIMITACE – dle výsledků chemických rozborů zeměd. půd (Sáňka a Materna 2004)

Tabulka 4. Popisná statistika pro základní agrochemické vlastnosti **trvalé travní porosty** (Výsledky programu Bazálního monitoringu zemědělských půd ČR)

parametr	vrstva	popisná statistika (mg.kg ⁻¹)					
		průměr	medián	minimum	maximum	dolní kvartil	horní kvartil
aktivní půdní reakce	0 – 10 cm	6,6	6,9	4,5	7,5	6,3	7,2
pH/H ₂ O	11 – 25 cm	6,5	6,9	4,6	7,6	6,0	7,1
	26 – 40 cm	6,3	6,3	4,7	7,4	5,6	7,0
výměnná půdní reakce	0 – 10 cm	5,9	6,3	3,8	7,2	5,4	6,8
pH/KCl	11 – 25 cm	5,8	5,9	3,9	7,1	5,1	6,7
	26 – 40 cm	5,4	5,4	4,1	6,7	4,7	6,3
fosfor	0 – 10 cm	70	59	20	297	36	91
Mehlich 3	11 – 25 cm	56	38	12	279	22	70
	26 – 40 cm	35	25	6	202	15	35
draslík	0 – 10 cm	150	135	41	539	84	158
Mehlich 3	11 – 25 cm	129	104	39	565	79	143
	26 – 40 cm	113	94	38	471	65	133
hořčík	0 – 10 cm	240	231	30	634	122	302
Mehlich 3	11 – 25 cm	229	220	26	680	131	301
	26 – 40 cm	250	234	15	1029	129	296
vápník	0 – 10 cm	2789	2360	407	6378	1777	3709
Mehlich 3	11 – 25 cm	2515	2040	463	6438	1737	2979
	26 – 40 cm	2019	1638	230	5558	1374	2563

- pH v H₂O (aktivní) zhruba o 1 stupeň výše než pH (výměnné) v neutrálních solích (KCl, CaCl₂)

Tabulka 3.1.3. Změny kategorií **zásobenosti orné půdy ČR** přístupnými živinami a změny kategorií půdní reakce mezi lety 1993 – 95 a 1999 – 2001 podle údajů AZZP (Cermák, 2003).

kat. zásoby	Fosfor		draslík		hořčík		vápník		půdní reakce	pH/KCl	
	1993 – 1995	1999 – 2001	1993 – 1995	1999 – 2001	1993 – 1995	1999 – 2001	1993 – 1995	1999 – 2001		1993 – 1995	1999 – 2001
nízká	10,9	16,8	4,6	8,4	23,9	19,9	2,8	4,8	silně kys.	13,6	17,2
vhodná	29,7	30,3	22,1	31,5	30,6	31,4	29,0	35,9	slabě kys.	38,7	42,7
dobrá	29,1	26,2	49,2	44,8	27,5	32,1	37,5	32,3	kyselá	28,3	24,0
vysoká	24,0	20,2	14,7	9,7	9,2	9,4	18,1	14,8	neutrální	17,3	13,8
velmi vys.	6,3	6,4	9,4	5,6	8,8	7,2	12,6	12,1	alkalická	0,5	0,9

-součty ve sloupcích dávají 100%

-modré šipky ukazují na přesun výměry orné půdy do nižších kategorií zásobenosti živinami



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



ekolos

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

(b) LIMITACE ŽIVINAMI – dle nutričních indexů založených na koncentracích živin a produkci

-pro zemědělské plodiny spočítány růstové křivky závislosti produkce nadzemní biomasy na koncentracích živin (Lemaire and Gastal 1997) – na základě nich vytvořeny nutriční indexy saturace plodin živinami (pro potřeby přesného hnojení, např. Ziadi et al. 2007, 2008)

-indexy počítají s ředícím efektem – tj. poklesem koncentrace živin v biomase během vegetační sezóny (s nárůstem hmoty)

-**ředící efekt** (*dilution effect*) se uplatňuje podobně pouze u stejné funkční skupiny (např. trav)

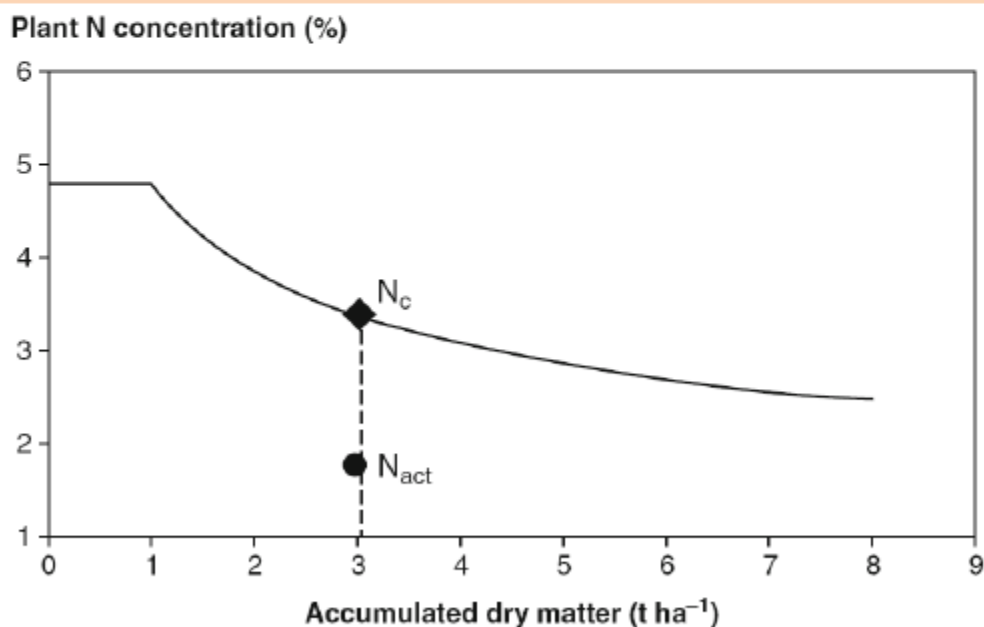


Fig. 11.2 Determination of the nitrogen nutrition index (Ni); $Ni = N_{act}/N_c$ where N_{act} is the measured concentration and N_c is the optimum value obtained from the critical N curve (adapted from Lemaire and Gastal 1997)

(b) LIMITACE ŽIVINAMI – dle nutričních indexů založených na koncentracích živin a produkci

-nutriční indexy využívány nyní i pro hodnocení nutričního statusu travních porostů (Duru and Ducrocq 1997, Duru and Thelier 1997, Magda et al. 2003)

-indexy lze s opatrností využít na hodnocení nutričního statusu porostů s vyšším podílem dvouděložných rostlin (zejména jetelovin, Jouany et al. 2004, Bünemann et al. 2011)

Nutriční index pro dusík

$$Ni = 100 \times N / 4.8HM^{-0.32}$$

4.8 % je optimální koncentrace dusíku při produkci 1.0 t sušiny/ha
-0.32 je koeficient ředění (odvozený z křivky na předchozím snímku)

Nutriční index pro fosfor

$$Pi = 100 \times P\% / (0.15 + 0.065(N\%))$$

Nutriční index pro draslík

$$Ki = 100 \times K\% / (1.6 + 0.525(N\%))$$

Ni, Pi, Ki ... v % (obvykle v rozmezí 30-100, hodnoty < 80 značí významnou limitaci), všechny indexy jsou vždy poměr naměřené koncentrace živiny v biomase vzhledem k optimální koncentraci při dané produkci

HM ... herbage mass (produkce nadzemní biomasy v t/ha)

optimální koncentrace fosforu a draslíku je závislá na koncentraci dusíku



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

(b) LIMITACE ŽIVINAMI – vývoj nutričních indexů (Duru and Ducrocq 1997)

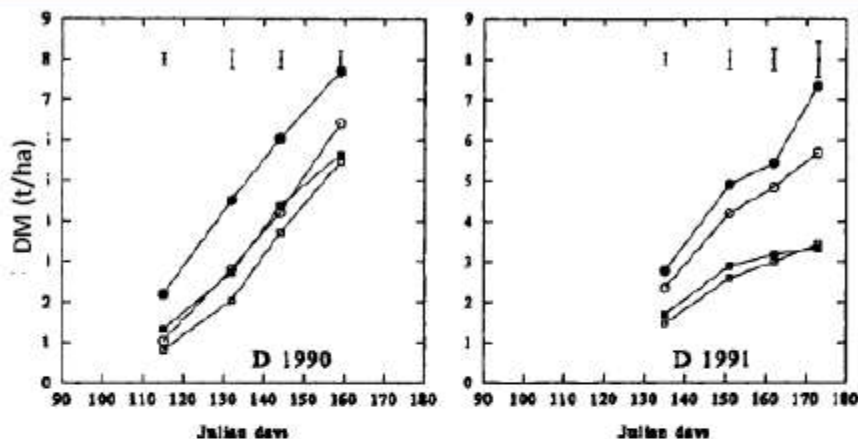
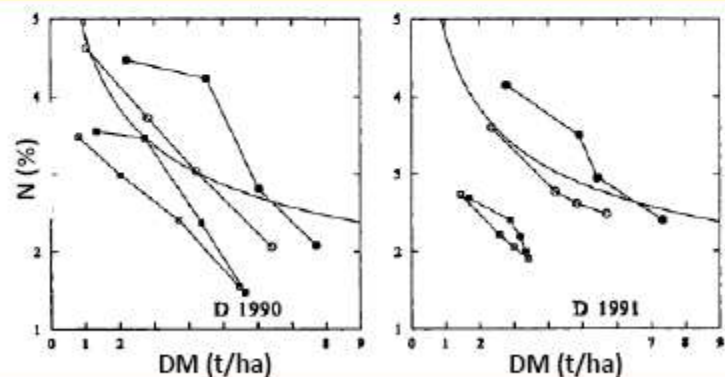


Figure 1. Above-ground dry matter yield according to yield time for the pastures C and D and the two studied years. The N and P fertilizer treatments were N1P1 ●, N0P1 ○, N1P0 ■, N0P0 □; \pm standard error.

-závislost produkce biomasy na průběhu vegetační sezóny (Julian days)

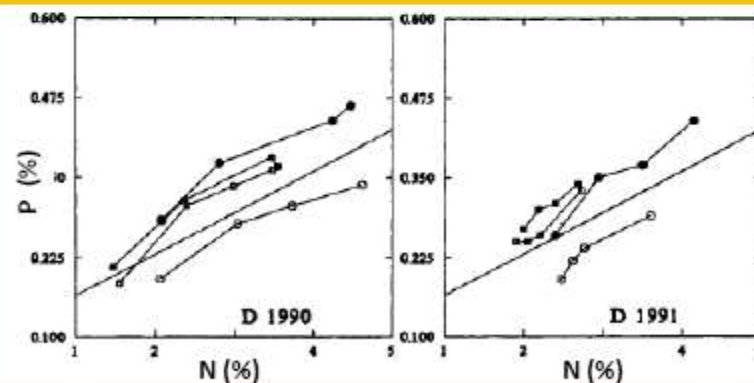
-výrazně vyšší produkce v případě hnojení dusíkem i fosforem (N1P1)

Pokles koncentrace dusíku s produkcí biomasy (efekt ředění)



critical curve equation $N_c = 4.8 \text{ DM}^{-0.32}$

Závislost konc. fosforu na konc. dusíku (reflektuje to Pi index)



critical curve equation $P_c = 0.15 + 0.065 N_c$

Figure 2. N content versus accumulated above-ground dry matter for the pastures C and D and the two studied years. The N and P fertilizer treatments were N1P1 ●, N0P1 ○, N1P0 ■, N0P0 □; — critical curve equation $N_c = 4.8 \text{ DM}^{-0.32}$ (from Lemaire et al., 1989).



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

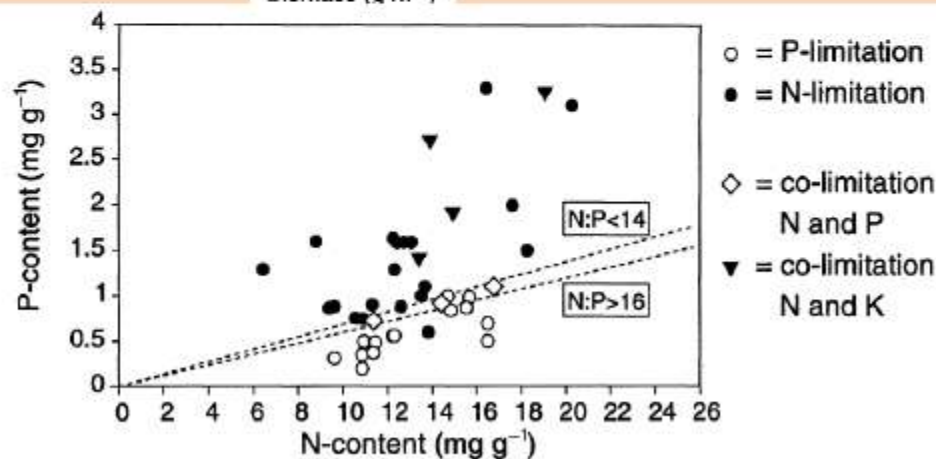
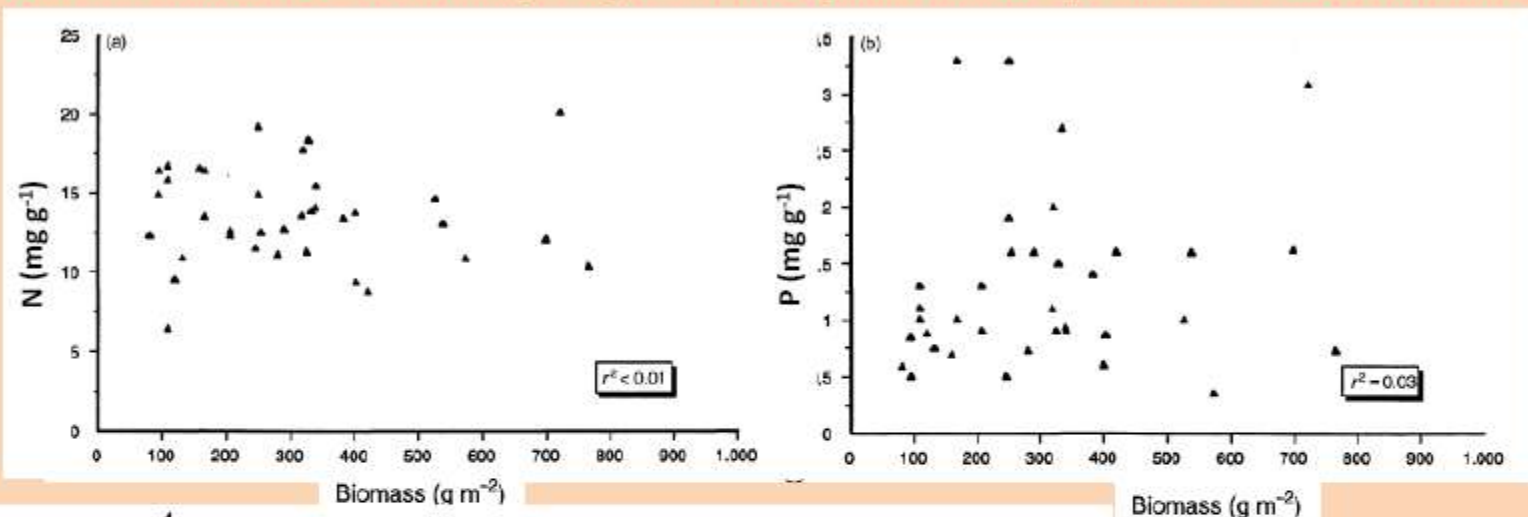


CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

(c) LIMITACE ŽIVINAMI – dle poměrů N : P, N : K, K : P v nadzemní biomase

Samotné koncentrace živin neříkají samy o sobě nic o povaze limitace (Koerselman and Meuleman 1996)



Biomass (g m⁻²)

-vztah konc. N a konc. P v biomase vegetace

-typ limitace stanoven empiricky na základě pokusů s hnojením

-N:P poměr dobře rozděluje skupiny limitované N nebo P, nikoli však skupiny ko-limitované (např. N a K)

Fig. 1. Relationship between vegetation N and P content and the nature of nutrient limitation in 40 European wetlands (bogs, poor fens, rich fens, wet heathlands, wet grasslands and dune slacks). Data points are from experiments showing evidence for each type of nutrient limitation, as determined by fertilization experiments (see Table 1 for data sources). Nutrient contents shown were determined in unfertilized control plots. Dashed lines depict N:P ratios of 14 and 16, by mass.



evropský sociální fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

(c) LIMITACE ŽIVINAMI – dle poměrů N : P, N : K, K : P (Olde Venterink et al. 2003)

-tým H. Olde Venterinka ukázal, že pomocí všech tří poměrů lze dobře rozlišit následující tři skupiny mokřadní vegetace:

(1) vegetaci limitovanou **dusíkem** ... $N:P < 14.5$ a současně $N:K < 2.1$

(2) vegetaci limitovanou **fosforem nebo fosforem+dusíkem** ... $N:P > 14.5$ a současně $K:P > 3.4$

(3) vegetaci limitovanou **draslíkem nebo draslíkem a dusíkem** ... $N:K > 2.1$ a současně $K:P < 3.4$

přímky - limitace

NPK limitation diagram

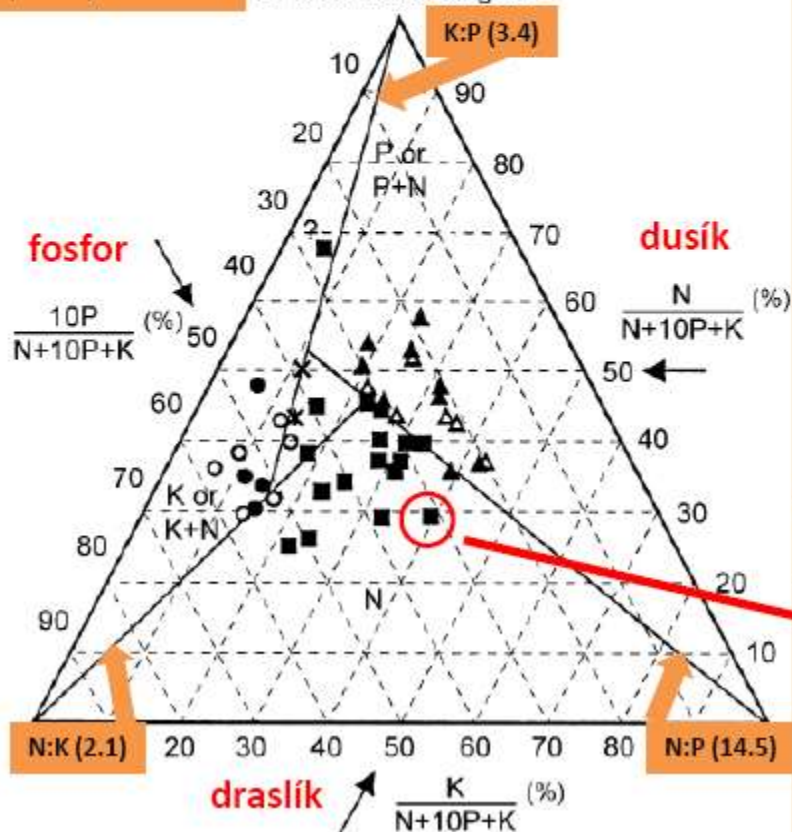


FIG. 1. Triaxial diagram showing the relationship between the ratio of N:P:K in aboveground vascular plants vs. the type of nutrient limitation in 44 European wetlands (3 bogs, 13 fens, 3 wet heathlands, 16 wet meadows, 9 dune slacks). Symbols represent the type of nutrient limitation determined by fertilization experiments: filled squares, N-limited; filled triangles, P-limited; filled circles, K-limited; open triangles, P+N co-limited; open circles, K+N co-limited; ×, P+K co-limited; star (*), N+P+K co-limited. N, P, and K contents are from control plots of the experiments. For visual reasons, P concentrations were multiplied by a factor of 10. Solid lines represent critical ratios of N:P (14.5), N:K (2.1), and K:P (3.4; see *Results*). The lines divide the diagram in four parts: three parts containing sites limited by N, P or P+N, and K or K+N, respectively. For the fourth (central) part of the diagram, nutrient ratios cannot be used to determine the type of nutrient limitation. Arrows show the direction in which the axes should be read (following the dashed lines).

**N = 30%; 10P = 30%; K = 40% (suma 100%)
z celkového součtu koncentrací: N + 10P + K**

... tedy vegetace na této ploše (kde 1P=3%) má poměry: N:P = 10; N:K = 0.75; K:P = 13.3

(c) LIMITACE ŽIVINAMI – dle poměrů N : P, N : K, K : P v nadzemní biomase

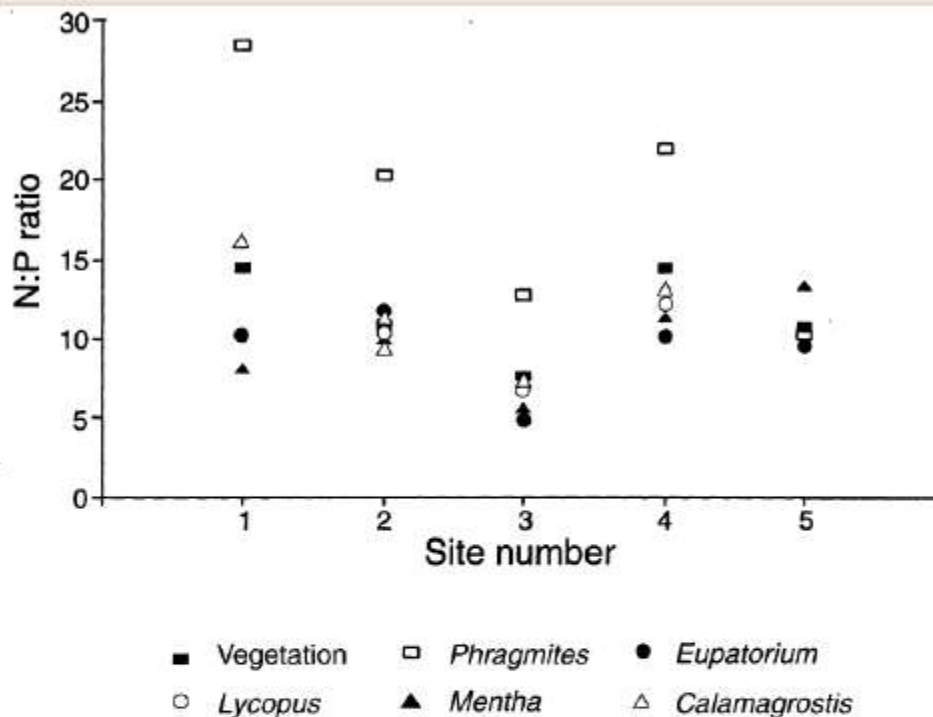


Fig. 3. Vegetation N:P ratios (mg mg^{-1}) and N:P ratios in *Phragmites australis*, *Lycopus europaeus*, *Mentha aquatica*, *Calamagrostis epigejos* and *Eupatorium cannabinum* in five Dutch dune slacks. The plant species were not important constituents of the vegetation at these sites. Vegetation N:P ratios refer to the bulk vegetation samples from unfertilized control plots of fertilization experiments by Koerselman & Meuleman (1994).

Table 2. Range in plant tissue N and P content (mg g^{-1} dry wt) and N:P ratio in five species that were sampled from Dutch dune slacks

Species	N content	P content	N:P ratio	Number of sites
<i>Phragmites australis</i>	13–31	1.0–3.1	5–29	11
<i>Lycopus europaeus</i>	9–35	0.9–3.6	5–25	11
<i>Mentha aquatica</i>	9–30	0.9–3.6	4–18	14
<i>Calamagrostis epigejos</i>	9–22	0.8–2.4	5–33	17
<i>Eupatorium cannabinum</i>	13–26	1.1–3.8	5–29	10

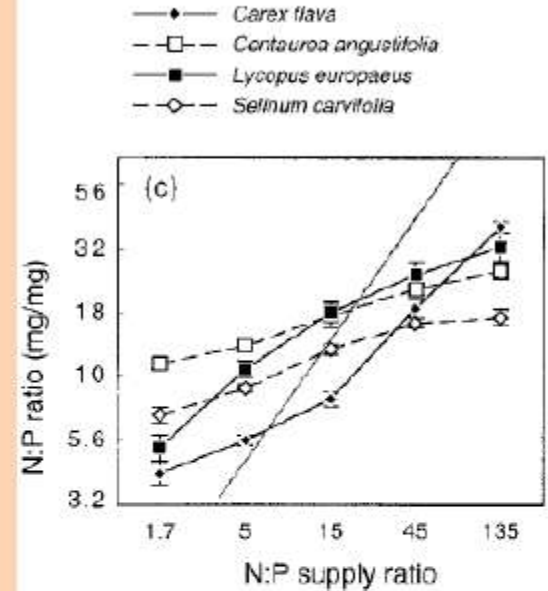
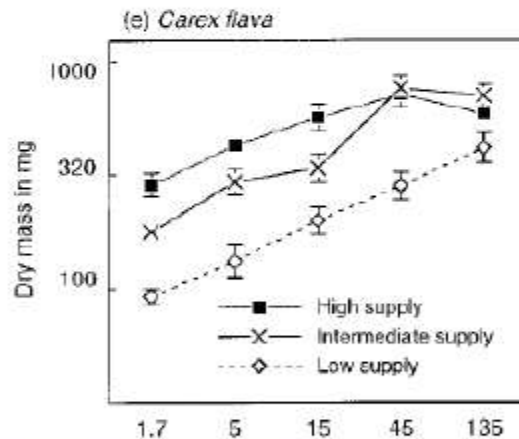
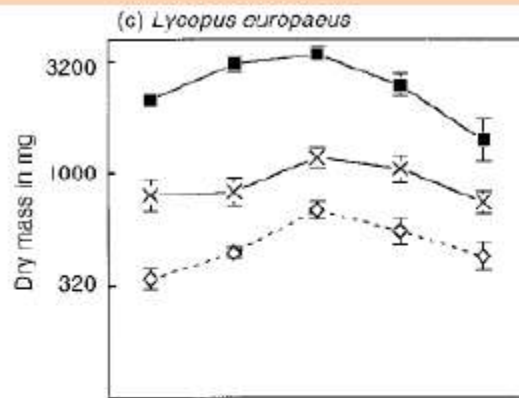
-poměry N:P vegetace a vybraných druhů se dost často liší

-na základě poměru N:P vegetace můžeme odvodit, který prvek limituje růst společenst. primárně

-růst konkrétních druhů ve společenstvu může limitovat více jiný prvek – sekundární

- trávy jsou obvykle schopny růst ve vyšším poměru N:P než byliny

Vliv N:P substrátu na růst rostlin a na N:P biomasy různých druhů (Güsewell and Bollens 2003)



of graphs. In (c) and (f) the diagonals indicate where biomass N:P ratios were equal to N:P supply ratios.

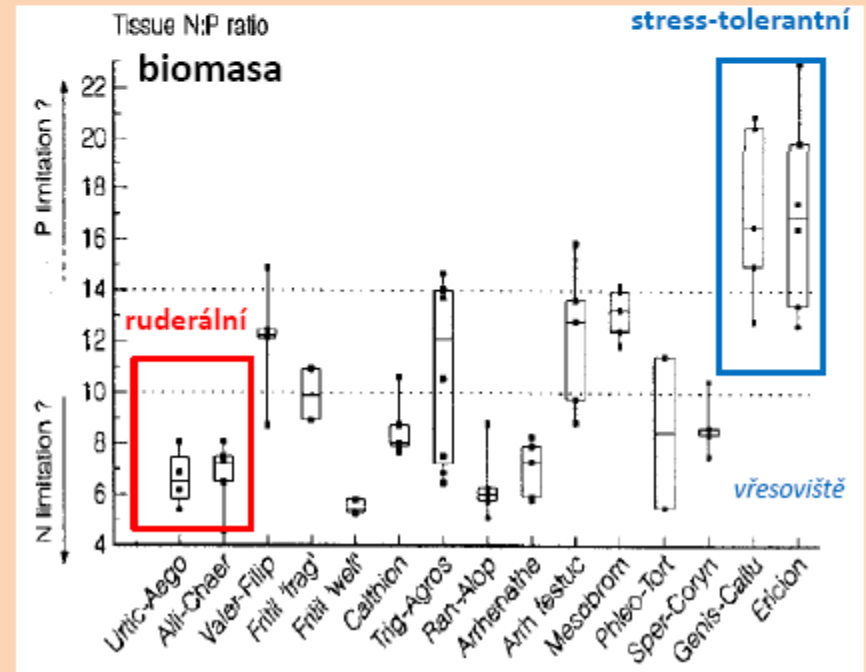
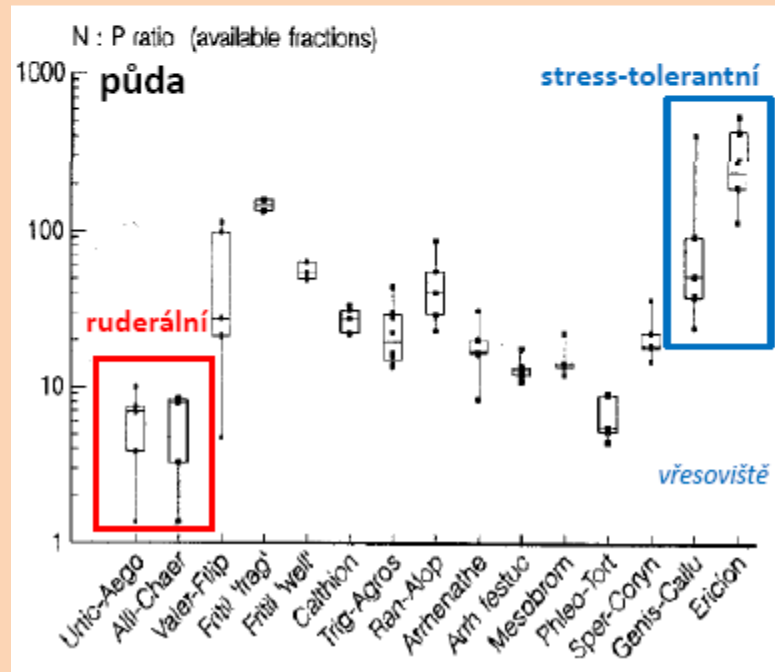
- nádobový pokus s vysazením *Lycopus europaeus* a *Carex flava* (spolu s dalšími 2 druhy)
- po 1 ex. od každého druhu do společné nádoby
- největší produkce u třech druhů (i *L. europaeus*) při N:P=15, ale *C. flava* při N:P=135
- L. europaeus* vykazoval vyšší N:P v biomase než *C. flava* (ta kořenové exudáty pro získání fosforu)

Závěr: na stanovištích limitovaných fosforem (substrát N:P=135) zvýhodněny druhy, které si díky kořenovým exudátům udržují nižší N : P v biomase (tj. *C. flava*)

N:P v biomase reflektuje růstové strategie rostlin dle Grime i výskyt společenstev na gradientu dostupnosti živin (Güsewell 2004, Schaffers and Sýkora 2002)

Table 3 Differences in N and P concentrations and N : P mass ratios among plant strategies in the established phase (Grime (2001))

	British vegetation ¹			European wetlands ²		
	[N] mg g ⁻¹	[P] mg g ⁻¹	N : P ratio	[N] mg g ⁻¹	[P] mg g ⁻¹	N : P ratio
C = Competitive	31.1	3.13	10.0	14.0	1.34	10.7
R = Ruderal	33.7	4.22	8.3	17.3	2.42	7.2
S = Stress-tolerant	23.2	2.00	12.0	12.0	0.91	13.2



Vliv hnojení na změnu N:P biomasy a změnu dominance druhů (Klaudisová et al. 2009)

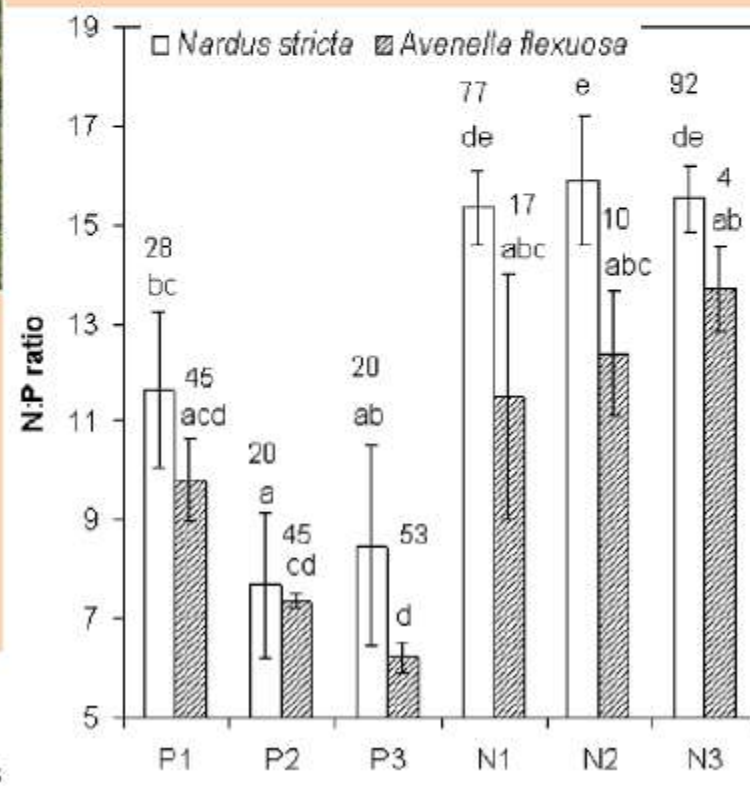
Fig. 1 Effect of P applied on color of the vegetation was still clearly visible in 2004 even after 37 years after the last P application.
©Michal Hejman



-pás s dominancí metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*) uprostřed porostu smilky tuhé (*Nardus stricta*)

-stres-tolerantní druhy (jako *N. stricta*) jsou typické vyšším poměrem N:P než druhy rychle rostoucí

-vysoké dávky fosforu před 37 lety vedly k posunu N:P vegetace pod 10, a tak umožnily převládnutí kompetitivní *A. flexuosa*



bars represent SD. Values above each column represent mean cover of each species in percentages



evropský sociální fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



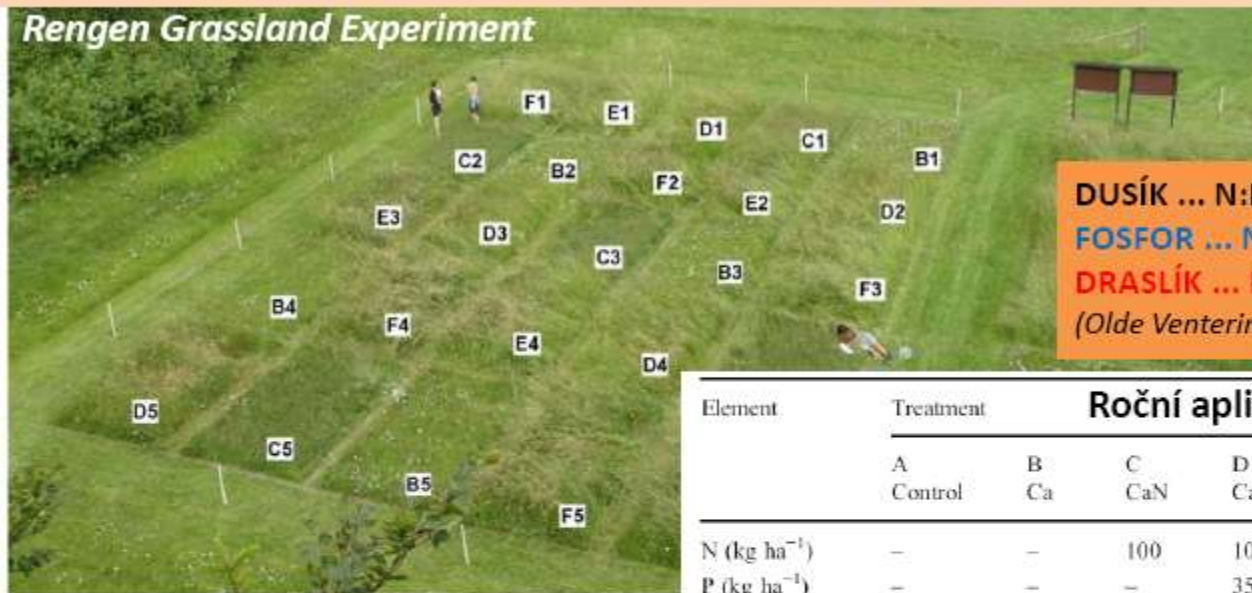
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Rengen Grassland Experiment



DUSÍK ... $N:P < 14.5$ a $N:K < 2.1$
 FOSFOR ... $N:P > 14.5$ a $K:P > 3.4$
 DRASLÍK ... $N:K > 2.1$ a $K:P < 3.4$
 (Olde Venterink et al. 2003)

Fig. 1 Aerial photograph of the Rengen Grassland Experiment (RGE) taken in late June 2006 (photo M. Hejzman[©]). Treatment abbreviations are given in Table 1. Letters indicate

Element	Treatment					
	A Control	B Ca	C CaN	D CaNP	E CaNPKCl	F CaNPK ₂ SO ₄
N (kg ha ⁻¹)	–	–	100	100	100	100
P (kg ha ⁻¹)	–	–	–	35	35	35
K (kg ha ⁻¹)	–	–	–	–	133	133
Ca (kg ha ⁻¹)	–	715	752	936	936	936
Mg (kg ha ⁻¹)	–	67	67	75	90	75

	P value	A Control	B Ca	C CaN	D CaNP	E CaNPKCl	F CaNPK ₂ SO ₄
Biomasa							
Yield (t ha ⁻¹)	<0.001*	1.4 a	1.9 ab	2.0 ab	2.6b c	4.1 d	3.2 cd
N (g kg ⁻¹)	<0.001*	14 ab	14 ab	17 a	10b c	7 c	8 c
NNI	<0.001*	33 abc	36 ab	43 a	28 bc	23 c	23 c
P (g kg ⁻¹)	<0.001*	0.98 ab	1.0 ab	0.93 a	2.1 d	1.5 c	1.6 cd
PNI	<0.001*	40 a	42 a	36 a	96 b	76 c	80 bc
N:P	<0.001*	14.9 ab	13.6 b	17.7 a	4.8 c	4.8 c	4.8 c
K (g kg ⁻¹)	<0.001*	11 ab	14 ad	8 bc	6 c	16 d	15 d
N:K	<0.001*	1.4 abc	1.0 bc	2.2 a	1.8 ab	0.4 c	0.5 c
K:P	<0.001*	11.9 a	14 a	8.5 ab	3.3 b	10.9 a	9.7 a

- nutriční indexy NNI a PNI (Duru and Ducrocq 1997) odpovídají typům limitace dle poměrů a ve všech případech (kromě varianty D) ukazují na k-limitaci produkce dusíkem i fosforem



evropský sociální fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

-studie mokřadů na SV Polska v národním parku Biebrza

Otázky

-zvyšuje odvodnění mokřadů mineralizaci živin v půdě, rostou následně jejich koncentrace v biomase?

-vede dlouhodobé sečení a odstraňování biomasy k rychlému odčerpání některých živin a tedy změnám limitace produkce?



Table 1 Site descriptors, soil and vegetation characteristics of floodplains and fens in the Biebrza Valley

	Floodplain		Undrained fens		Drained fen		Severely drained fen	
	Unmown	Mown	Unmown-1	Unmown-2	Unmown	Mown	Unmown	Mown
Mowing and hay-removal since (years)	–	>65	–	–	–	>65	–	>65
Time not mown (years)	>25	–	>65	>65	>25	–	5–10	–
<i>Soil</i>								
Water table June 2002 (cm below surface)	10	50	10	5	70	70	200	200
Mean soil moisture content (%)	73 ± 0.7 b	55 ± 1.3 d	87 ± 0.2 a	86 ± 0.3 a	73 ± 0.5 b	77 ± 0.3 b	59 ± 0.9 c	63 ± 0.9 c
Soil moisture dynamics (% year ⁻¹)	11	10	3	4	6	4	12	9
N mineralization (kg N ha ⁻¹ year ⁻¹)	35 ± 23 bc	30 ± 14 b	0 ± 1 e	4 ± 3 bc	27 ± 6 b	8 ± 2 bc	119 ± 11 a	105 ± 12 a
Soil Extrable NO ₃ (kg N ha ⁻¹)	5.0 ± 1.2 b	1.8 ± 0.4 b c	0.1 ± 0.0 e	0.2 ± 0.0 de	1.0 ± 0.2 bc	0.4 ± 0.1 cd	26.7 ± 3.6 a	36.9 ± 6.2 a
Soil Extrable NH ₄ (kg N ha ⁻¹)	1.9 ± 0.2 b	2.9 ± 0.5 ab	2.3 ± 0.3 b	2.1 ± 0.3 b	2.3 ± 0.3 ab	1.7 ± 0.2 b	3.7 ± 0.7 a	2.3 ± 0.2 ab
Soil Extrable P (kg P ha ⁻¹)	8 ± 0 d	12 ± 1 c	7 ± 0 d	7 ± 0 d	65 ± 6 b	105 ± 3 a	9 ± 1 cd	13 ± 1 c
Soil Extrable K (ALA; kg K ha ⁻¹)	38 ± 3 bd	43 ± 4 bc	32 ± 3 cd	31 ± 2 cd	45 ± 4 bc	44 ± 1 b	73 ± 4 a	29 ± 2 d
Soil Extrable K (HCl; kg K ha ⁻¹)	88 ± 1 b	119 ± 6 a	57 ± 4 c	60 ± 4 c	87 ± 3 b	81 ± 3 b	116 ± 7 a	72 ± 3 b
Bulk density (g cm ⁻³)	0.28 ± 0.01 cd	0.55 ± 0.02 a	0.14 ± 0.00 e	0.14 ± 0.00 e	0.31 ± 0.01bc	0.26 ± 0.00 d	0.32 ± 0.00 b	0.32 ± 0.01 b
pH-KCl	5.4 ± 0.0 dc	5.3 ± 0.0 dc	5.6 ± 0.1 cd	6.1 ± 0.0 b	5.6 ± 0.1 c	7.1 ± 0.1 a	5.2 ± 0.0 e	5.5 ± 0.0 cd

- koncentrace živin (mg g⁻¹) vs celkový obsah živin v biomase (stock, total amount ... kg ha⁻¹)

Table 1 Site descriptors, soil and vegetation characteristics of floodplains and fens in the Biebrza Valley

	Floodplain		Undrained fens		Drained fen		Severely drained fen	
	Unmown	Mown	Unmown-1	Unmown-2	Unmown	Mown	Unmown	Mown
<i>Vegetation</i>								
Biomass living vasc. plants (tonne ha ⁻¹)	4.8 ± 1.2 a	4.3 ± 0.5 a	1.3 ± 0.2 c	1.7 ± 0.0 bc	3.2 ± 0.4 ab	3.0 ± 0.2 ab	4.0 ± 0.4 a	2.5 ± 0.3 ac
Biomass dead vasc. plants (tonne ha ⁻¹)	7.7 ± 1.2 a	2.2 ± 0.1 bc	0.5 ± 0.3 c	1.8 ± 0.3 bc	1.9 ± 0.2 bc	0.1 ± 0.1 c	3.3 ± 0.5 b	0.0 ± 0.0 c
Biomass bryophytes (tonne ha ⁻¹)	0 ± 0 c	0 ± 0 c	2.2 ± 0.2 b	2.8 ± 0.2 a	0 ± 0 c	0 ± 0 c	0 ± 0 c	0 ± 0 c
N conc. living vasc. plants (mg g ⁻¹)	14 ± 1.3 b	13 ± 0.1 b	14 ± 0.3 ab	14 ± 0.7 b	15 ± 0.8 ab	13 ± 0.4 b	18 ± 2.1 ab	19 ± 1.4 a
P conc. living vasc. plants (mg g ⁻¹)	0.9 ± 0.1 b	1.3 ± 0.0 b	1.2 ± 0.1 b	0.9 ± 0.1 b	2.6 ± 0.1 a	2.3 ± 0.2 a	1.2 ± 0.1 b	2.1 ± 0.2 a
K conc. living vasc. plants (mg g ⁻¹)	12 ± 1.3 a	12 ± 0.5 a	11 ± 0.7 a	10 ± 0.1 a	14 ± 0.1 a	11 ± 1.1 a	12 ± 1.4 a	3.3 ± 0.1 b
N:P ratio living vasc. plants	15.7 ± 0.8 a	10.6 ± 0.4 c	12.1 ± 0.6 bc	15.0 ± 0.4 ab	5.9 ± 0.3 d	5.8 ± 0.4 d	15.2 ± 0.4 a	9.4 ± 1.1 c
N:K ratio living vasc. plants	1.2 ± 0.2 b	1.1 ± 0.1 b	1.3 ± 0.1 b	1.3 ± 0.1 b	1.1 ± 0.2 b	1.2 ± 0.1 b	1.6 ± 0.4 b	5.9 ± 0.3 a
K:P ratio living vasc. plants	14.0 ± 2.4 a	9.4 ± 0.6 ab	9.4 ± 1.3 ab	11.3 ± 0.7 a	5.3 ± 0.4 bc	4.7 ± 0.2 c	10.8 ± 2.3 a	1.6 ± 0.1 d
N conc. bryophytes (mg g ⁻¹)	-	-	12 ± 0.6 b	15 ± 0.7 a	-	-	-	-
P conc. bryophytes (mg g ⁻¹)	-	-	1.0 ± 0.0 a	0.8 ± 0.1 a	-	-	-	-
K conc. bryophytes (mg g ⁻¹)	-	-	3.9 ± 0.3 a	2.3 ± 0.0 b	-	-	-	-
N stock in living vasc. plants (kg N ha ⁻¹)	62 ± 11a	58 ± 7 a	18 ± 2 c	23 ± 1 bc	48 ± 4 a	40 ± 3 ab	73 ± 12 a	49 ± 5 a
P stock in living vasc. plants (kg P ha ⁻¹)	4.0 ± 0.9 a	5.5 ± 0.8 a	1.5 ± 0.3 b	1.6 ± 0.1 b	8.3 ± 1.1 a	7.0 ± 0.8 a	4.8 ± 0.7 a	5.2 ± 0.1 a
K stock in living vasc. plants (kg K ha ⁻¹)	58 ± 16 a	51 ± 7 a	14 ± 1 cd	18 ± 0 bed	45 ± 8 ab	33 ± 4 ac	49 ± 9 a	8 ± 1 d
N stock in living biomass (kg N ha ⁻¹)	62 ± 11 a	58 ± 7 a	46 ± 4 a	65 ± 3 a	48 ± 4 a	40 ± 3 a	73 ± 12 a	49 ± 5 a

Table 1 continued

	Floodplain		Undrained fens		Drained fen		Severely drained fen	
	Unmown	Mown	Unmown-1	Unmown-2	Unmown	Mown	Unmown	Mown
P stock in living biomass (kg P ha ⁻¹)	4.0 ± 0.9 b	5.5 ± 0.8 ab	3.8 ± 0.4 b	3.8 ± 0.3 b	8.3 ± 1.1 a	7.0 ± 0.8 ab	4.8 ± 0.7 ab	5.2 ± 0.1 ab
K stock in living biomass (kg K ha ⁻¹)	58 ± 16 a	51 ± 7 a	23 ± 2 a	24 ± 0 a	45 ± 8 a	33 ± 4 a	49 ± 9 a	8 ± 1 b

Information about mowing was derived from local farmers. The water table was measured from peat profile observations or water levels in nearby piezometers, well or ditches. Soil variables are means of the samples from all periods ($n = 25-30$), except N mineralization ($n = 5$). Vegetation variables $n = 3$. Moisture dynamics is mean soil moisture of the wettest month minus that of the driest. Different letters indicate significant differences among the eight sites (ANOVA, Tukey, $P < 0.05$)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



ekolos

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Vliv sečení a odvodnění mokřadů na dynamiku živin ... Olde Venterink et al. 2009

-sečení nemělo vliv na koncentraci dusíku v biomase, zvýšilo koncentraci fosforu, snížilo koncentraci draslíku – zvýšilo poměr N:K, snížilo K:P ... tj. vedlo k limitaci **DRASLÍKEM**

-**živinové poměry v biomase** dobře reflektují půd. charakteristiky (mineralizaci, dostupnost)

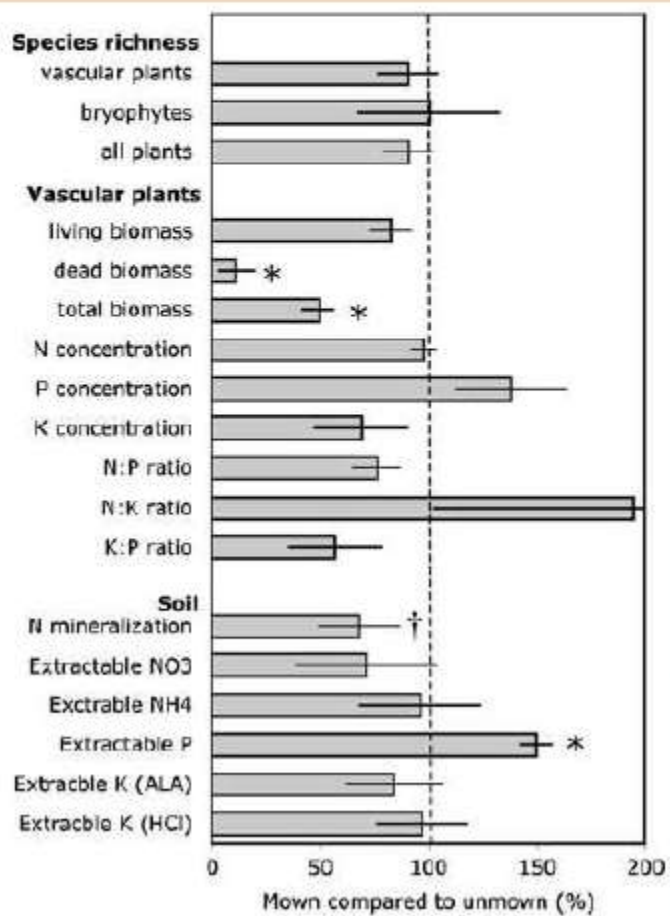
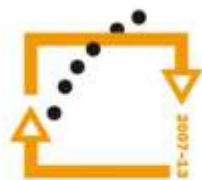


Fig. 5 General effects of long-term mowing on vegetation and soil nutrient characteristics. Bars show values of variables measured at mown sites divided by values of those variables measured at a paired unmown site, expressed in % of the unmown value. Error bars show SE of three replicated mown/unmown pairs (floodplain, drained fen severely drained fen). Significant differences: * $P < 0.05$, † $P < 0.1$ ANOVA with mowing as fixed factor and site as random factor



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Cykly živin v terestrických ekosystémech (EKO/CZ)

Mgr. Jan Mládek, Ph.D. (2012/2013)

6. blok

26/11/2012

Rozvoj a inovace výuky ekologických oborů formou komplementárního propojení studijních programů Univerzity Palackého a Ostravské univerzity

CZ.1.07/2.2.00/28.0149



Metody stanovení dostupnosti živin ... (Sims et al. 2002, Gilbert et al. 2009)

-vyvinuto mnoho metod na extrakci prvků (zejména fosforu), ale většina z nich byla kalibrována vzhledem k odběru fosforu polními plodinami (monokultury)

-metody by měly predikovat dostupnost fosforu rostlinám na široké škále půdních podmínek:

(a) při velkém rozsahu koncentrací prvku v půdě

(b) při velkém rozsahu pH

(c) při různém stupni osídlení mykorhizou

Mehlich, A. (1984) Mehlich no 3 soil test extractant - a modification of Mehlich no 2. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 15, 1409–1416.

Available soil phosphorus in semi-natural grasslands: Assessment methods and community tolerances

Joanne Gilbert^{a,*}, David Gowing^b, Hilary Wallace^b



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Metody stanovení dostupnosti živin: FOSFOR ... Gilbert et al. (2009)

- stanovení dostupnosti fosforu v travinobylinné vegetaci s výrazně nižšími hladinami fosforu
- oproti zemědělským monokulturám se travinobylinná vegetace vyznačuje:
 - (a) více druhů rostlin koexistujícím na jednom stanovišti (komplementarita využití)
 - (b) rostliny často získají fosfor od svého mykorhizního symbionta
- metody se značně liší absolutními hodnotami - např. **kritická hodnota fosforu pro druhově bohaté travní porosty** byla stanovena na 50 mg/kg (EDTA + ammonium acetate extraction, Janssens et al. (1998) resp. 15 mg/kg (Olsen extraction Critchley et al. 2002)

Study	Extraction method
Critchley et al. (2002a)	Olsen and resin
Janssens et al. (1998)	EDTA-ammonium acetate
Gilbert et al. (2000)	Olsen
Gough and Marrs (1990a)	Truog
Gough and Marrs (1990b)	Olsen
Abrams and Jarrell (1992)	Ion exchange membranes
Kruijne et al. (1967)	Citric acid

-v ČR ani jedna z metod testovaných ve studii Gilbert et al. (2002)

-používána standardně metoda **MEHLICH III** (také v USA a v na Slovensku)

Table 2

P extraction methods undertaken.

Name of extraction method	Composition of extractant	Reference for method
Olsen	0.5 M Sodium bicarbonate buffered at pH 8.5	MAFF (1986)
Bray	Bray P2: 0.03 M ammonium fluoride and 0.1 M hydrochloric acid	Page et al. (1982)
EDTA	EDTA-ammonium acetate: 0.02 M ethylene diaminetetraacetic acid, 0.5 M ammonium acetate and 0.5 M acetic acid (pH 4.65)	Lanaken and Ervio (1971)
Truog	0.001 M Sulphuric acid and 0.02 M ammonium sulphate buffered at pH 3	Allen (1989)
Acetic acid	2.5% v/v Acetic acid	Allen (1989)
Membrane	Cation and anion membranes sheets (BDH) cut into small strips and saturated in 0.5 M sodium bicarbonate before use	Qian et al. (1992)
Resin	Ion exchange resin in polyester sachets: Amberlite IRN-150 resin (Johnson Matthey) saturated in 0.5 M sodium bicarbonate before use	Yang et al. (1991)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Metody stanovení dostupnosti živin: FOSFOR ... Gilbert et al. (2009)

- vztah mezi množstvím vyprodukované biomasy a dostupností fosforu (různé metody při různých půdních podmínkách)

Table 5

Effect of treatments on correlation coefficients between biomass harvested and the square-root transformed soil extraction measurements of available P in year 1.

Treatment	Olsen P	Bray P	EDTA P	Truog P	Acetic acid P	Membrane P
Control	0.56*	0.59*	0.06	-0.61	-0.57	0.62*
Acidified	0.57*	0.62*	0.53*	0.13	0.22	0.58*
Calcareous	0.57*	0.64**	0.61*	0.09	0.13	0.17
VAM inoculated	0.44	0.40	0.12	0.21	0.20	0.41
Sterilised	0.68**	0.68**	0.64**	0.64**	0.54*	0.75**
All treatments combined	0.52**	0.57**	0.24**	-0.05	-0.04	0.75**

-vztah mezi množstvím fosforu odebraného v biomase a dostupností fosforu (různé metody při různých půdních podmínkách)

-korelační koeficienty výrazně vyšší než v prvním případě (pouze biomasa) – **proč?**

Table 8

Effect of treatments on correlation coefficients between P uptake and the square-root transformed soil extraction measurements of available P in year 1.

Treatment	Olsen P	Bray P	EDTA P	Truog P	Acetic acid P	Membrane P	Resin P ^a
Control	0.86**	0.88**	0.36	-0.48	-0.43	0.89**	0.68**
Acidified	0.77**	0.82**	0.73**	0.32	0.31	0.72**	0.64**
Calcareous	0.66**	0.72**	0.71**	0.14	0.24	0.27	0.46
VAM inoculated	0.64**	0.61*	0.35	0.31	0.35	0.55*	0.56*
Sterilised	0.88**	0.88**	0.82**	0.73**	0.66**	0.93**	0.76**
All treatments combined	0.73**	0.78**	0.47**	0.07	0.08	0.69**	0.64**



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



ekolos

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

-vztah mezi množstvím fosforu odebraného v biomase a dostupností fosforu (různé metody při různých půdních podmínkách)

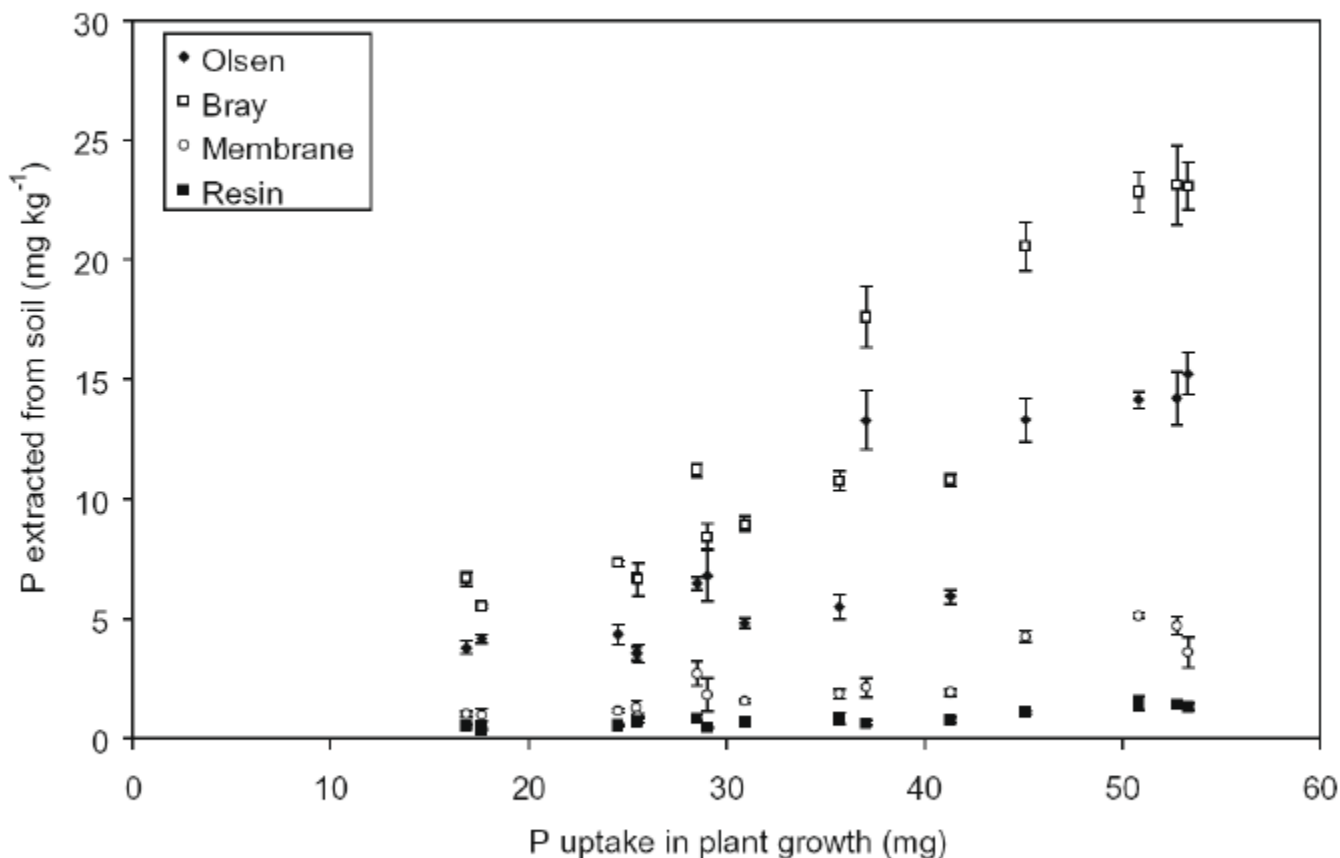


Fig. 1. Relationship between P extracted from soil by Olsen, Bray, Membrane and Resin extractions and plant uptake of P (Error bars show standard error $n = 5$).

Metody stanovení dostupnosti živin: DUSÍK ... Parfitt et al. (2005), Frank (2008)

-rostliny získávají dusík v minerálních formách ... NH_4^+ (ammonium) a NO_3^- (nitrate)

-tyto jsou však značně nestabilní, jejich koncentrace se mění okamžitě při změně podmínek (po odběru půdních vzorků nutné ihned zmrazit)

-navíc momentální koncentrace často málo vypovídají o dostupnosti dusíku během delší periody

-proto stanovení dostupnosti (mineralizace) dusíku inkubačními metodami:

(a) odebrání vzorku půdy dané hmotnosti (např. 5 g): extrakce roztokem KCl a stanovení NH_4^+ a NO_3^- kolorimetricky

(b) inkubace po danou periodu (např. 14 dní) v půdě, poté opět extrakce roztokem KCl a stanovení NH_4^+ a NO_3^- kolorimetricky

(c) čistá mineralizace (dostupnost) dusíku spočítána jako rozdíl hodnot NH_4^+ a NO_3^- před a po inkubaci

Table 3

Some properties of the soil at 0–75 mm depth with standard errors of differences (S.E.D.); values are means of two field replicates and three different sampling times

	No-fertilizer	Organic 87A	Organic 87B	Bull	High P	Medium P	Organic 96A	Organic 96B	Bull-N	S.E.D.
pH	5.9	5.7	5.8	5.6	5.6	6.0	5.9	5.8	5.7	0.03
Total C (t/ha)	32	40	38	38	38	37	39	38	41	1.3
Total N (t/ha)	2.3	3.4	2.9	2.9	3.1	3.0	3.1	3.3	3.5	0.11
C:N	14.6	13.3	12.9	12.6	13.5	13.3	11.2	11.4	11.0	0.20
Mineral-N 0-day (kg/ha)	2	5	2	4	5	4	12	16	19	2.7
N mineralization 0–14 day (kg/ha)	2	4	4	9	3	2	43	37	63	4
N mineralization 0–56 day (kg/ha)	19	74	73	101	76	97	163	153	231	12



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

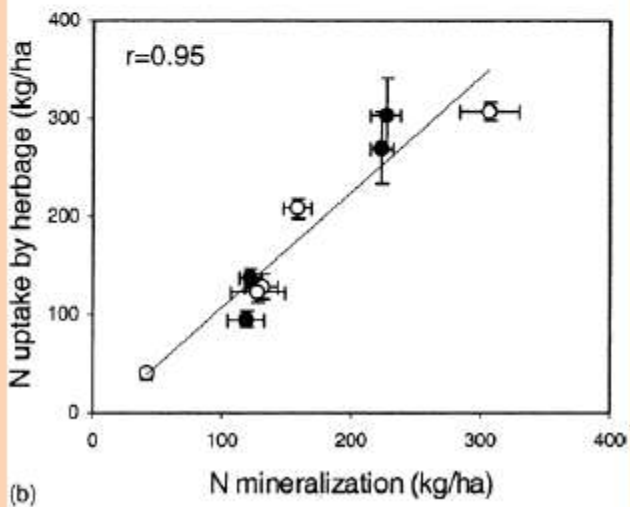
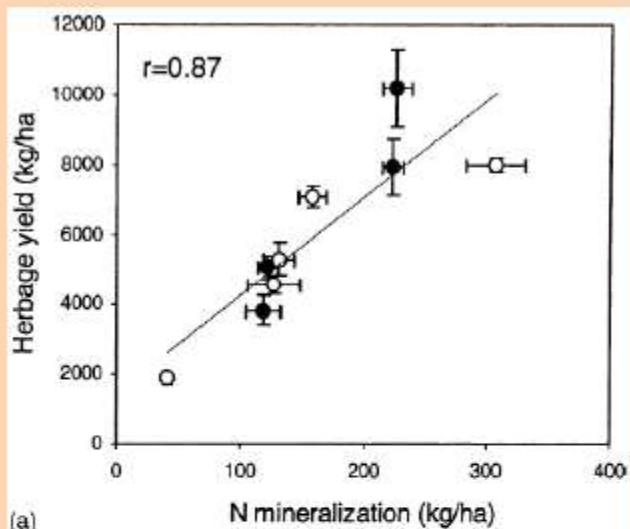


Fig. 2. Relationships between (a) herbage yield (285 days) (mean of three measurements) and soil net N mineralization (0–56 days)

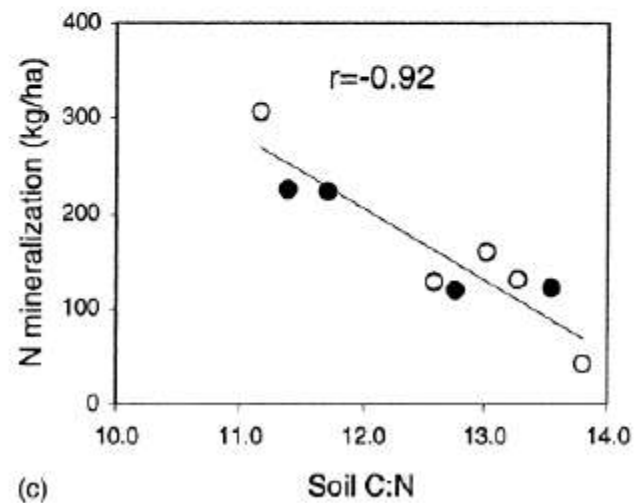
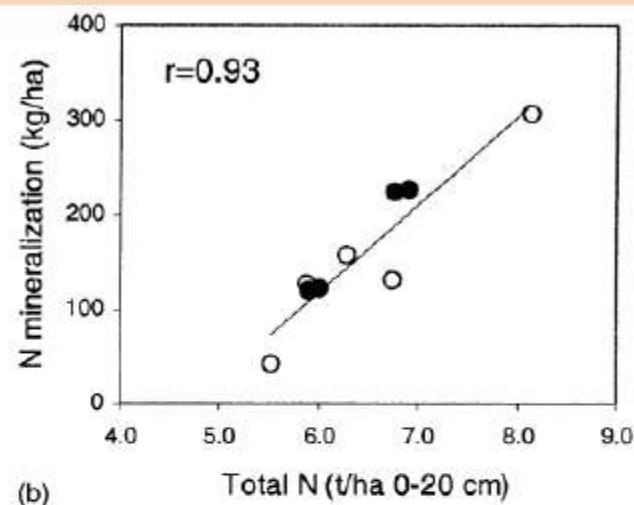


Fig. 3. Relationships between net N mineralization (0–56 days) and (a) total soil C, (b) total soil N, and (c) C:N ratio in 0–200 mm depth

Metody stanovení celkové zásoby živin v půdě (Chanasyk and Naeth 1995, Schaffers and Sýkora 2002)

-zjištění hloubky půdního profilu (*ground-penetrating radar* – Sucre et al. 2011)

-stanovení objemové hmotnosti půdy (*bulk density*) ... g suché půdy /dm³ (Kopeckého válečky) v různých vrstvách (např. 0-20cm, 20-40cm, 40-60cm atd.)

-stanovení koncentrací živin v různých vrstvách ... mg (fosforu) /kg (suché půdy)

Jak stanovit celkové množství rostlinám dostupných živin v půdním profilu (kg/ha)?

Příklad (založený na fiktivních číslech – nicméně běžných pro travní porosty)

hloubka půdy: 60 cm

objemová hmotnost: 740 g suché půdy/dm³ (0-20cm), 820 g/dm³ (20-40), 860 g/dm³ (40-60)

koncentrace fosforu (Mehlich III): 20 mg/kg (0-20cm), 10 mg/kg (20-40), 5 mg/kg (40-60)

Vrstva 20 cm půdy – tj. 2000 m³ (2 mil. dm³) na 1 ha (10 tis. m²)

0-20 cm = 1 480 000 kg půdy ... tj. při konc. 20 mg/kg = 29.6 kg fosforu dostupného pro rostliny

20-40 cm = 1 640 000 kg půdy ... tj. při konc. 10 mg/kg = 16.4 kg fosforu dostupného pro rostliny

40-60 cm = 1 720 000 kg půdy ... tj. při konc. 5 mg/kg = 8.6 kg fosforu dostupného pro rostliny

CELKEM Tedy 1 HA PŮDY TRAVNÍHO POROSTU OBSAHUJE (29.6+16.4+8.6) 54.6 KG FOSFORU DOSTUPNÉHO PRO ROSTLINY

Zpracování dat z laboratoře ... koncentrace živin v půdě

Výsledky agrochemických rozborů půd (dle Mehlicha 3).

Datum odběru vzorků:	2012	Zákazník:	
Lokalita:	Bílé Karpaty	Organizace:	
Popis vzorků:	půdní vzorky	Adresa:	
Datum přijetí vzorků:	3.9.2012		

Lab. číslo vzorku	Označení zadavatele			Půdní reakce pH/CaCl ₂	Sušina %	Obsah přijatelných živin mg/kg půdy v sušině				Cox % sušiny	Nt % sušiny
	číslo vzorku	Varianta	odběr			P	K	Ca	Mg		
27 698	8C	Lopeník	21.5.2012	4.20	97.94	39.54	99.9	927	141	3.16	0.276
27 699	9C	Lopeník	21.5.2012	4.52	97.69	41.70	108.2	1566	189	3.78	0.306
27 700	10C	Lopeník	21.5.2012	4.31	97.91	41.77	102.4	1011	143	3.01	0.276
27 701	10D	Lopeník	21.5.2012	4.29	97.93	32.29	191.6	964	151	3.10	0.276
27 702	8D	Lopeník	21.5.2012	4.13	97.97	22.03	139.2	778	138	2.94	0.265
27 703	6D	Lopeník	21.5.2012	3.99	98.13	24.23	89.9	458	85.6	2.81	0.259
27 704	7A	Brumov	21.5.2012	5.17	96.58	16.15	246.2	3068	218	4.52	0.350
27 705	9A	Brumov	21.5.2012	5.20	96.35	11.54	284.6	3480	229	4.32	0.369
27 706	10B	Brumov	21.5.2012	6.73	96.07	25.78	327.6	5809	181	4.80	0.405
27 707	9B	Brumov	21.5.2012	5.22	96.48	15.67	228.6	3478	246	4.58	0.389
27 708	8B	Brumov	21.5.2012	5.07	96.52	26.49	229.1	3113	221	4.59	0.383
27 709	7B	Brumov	21.5.2012	4.92	96.78	29.95	350.1	2654	215	4.88	0.374
27 710	6B	Brumov	21.5.2012	4.85	97.05	37.71	321.2	2356	158	3.74	0.331
27 711	6C	Brumov	21.5.2012	7.10	96.48	30.21	293.2	6035	138	5.09	0.412

- spočítat celkovou zásobu živin (N, P, K, Ca, Mg) na 1 ha v půdním profilu 0-20 cm při objemové hmotnosti půdy 0.87 kg/ dm³
- spočítat prediktor rychlosti mineralizace živin v půdě (C:N) a jeho korelaci s odběrem živin rostlinami
- na základě vzorků č. 27 698 – 27 711

Výsledky agrochemických rozborů rostlin

Datum odběru vzorků: 2012	Zákazník:
Lokalita: Bílé Karpaty	Adresa:
Druh pokusu: biomasa	tel.:
Plodina (odráda):	
Část plodiny:	

Lab.číslo vzorku	Označení zadavatele			Výnos g/m ²	Sušina %	Obsah základních živin v % sušiny				
	číslo vzorku	Varianta	odběr			N	P	K	Ca	Mg
46 617	8C	Lopeník	21.5.2012	197.64	91.42	2.426	0.206	2.016	0.475	0.175
46 618	9C	Lopeník	21.5.2012	123.72	91.26	2.033	0.182	1.850	0.810	0.236
46 619	10C	Lopeník	21.5.2012	151.18	90.92	2.573	0.237	2.203	0.752	0.222
46 620	10D	Lopeník	21.5.2012	170.12	91.01	2.064	0.218	2.602	0.472	0.184
46 621	8D	Lopeník	21.5.2012	167.43	91.41	2.167	0.238	2.365	0.508	0.167
46 622	6D	Lopeník	21.5.2012	159.49	91.28	2.079	0.183	1.939	0.440	0.182
46 623	7A	Brumov	21.5.2012	254.17	91.61	1.953	0.166	2.010	0.782	0.141
46 624	9A	Brumov	21.5.2012	337.43	91.23	1.709	0.145	2.091	0.763	0.126
46 625	10B	Brumov	21.5.2012	284.91	91.08	1.786	0.254	2.499	1.101	0.147
46 626	9B	Brumov	21.5.2012	317.47	91.16	2.125	0.162	1.727	0.783	0.118
46 627	8B	Brumov	21.5.2012	275.00	91.03	2.110	0.186	2.051	0.919	0.140
46 628	7B	Brumov	21.5.2012	260.66	91.05	2.125	0.237	2.784	1.325	0.184
46 629	6B	Brumov	21.5.2012	239.10	91.66	1.862	0.236	2.154	0.822	0.173
46 630	6C	Brumov	21.5.2012	346.53	92.07	2.091	0.233	1.749	0.495	0.074

-spočítat odběr prvků rostlinami (N, P, K, Ca, Mg) z 1 ha při daném výnosu sušiny

-na základě vzorků č. 46 617 – 46 630



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

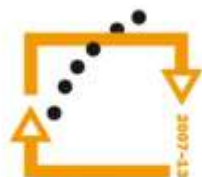


CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Cykly živin v terestrických ekosystémech (EKO/CZ)

Mgr. Jan Mládek, Ph.D. (2012/2013)

7. blok

10/12/2012

Rozvoj a inovace výuky ekologických oborů formou komplementárního propojení studijních programů Univerzity Palackého a Ostravské univerzity

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

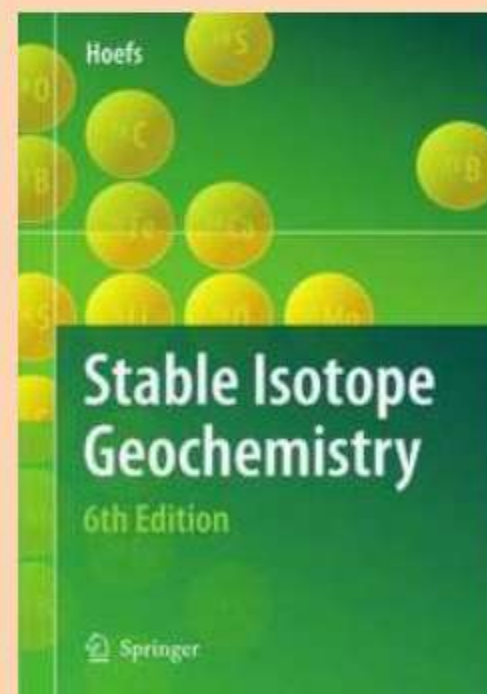
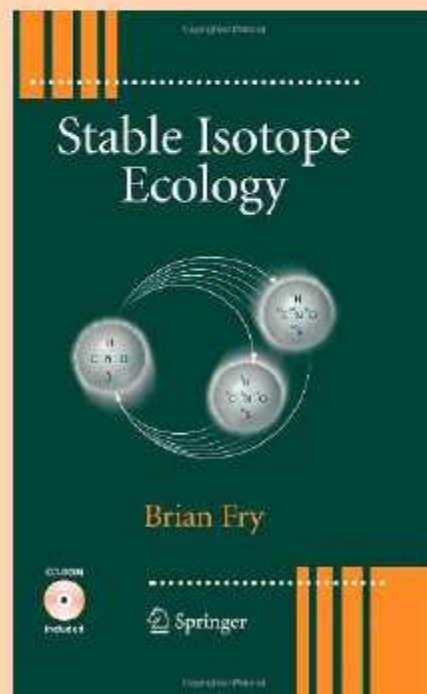
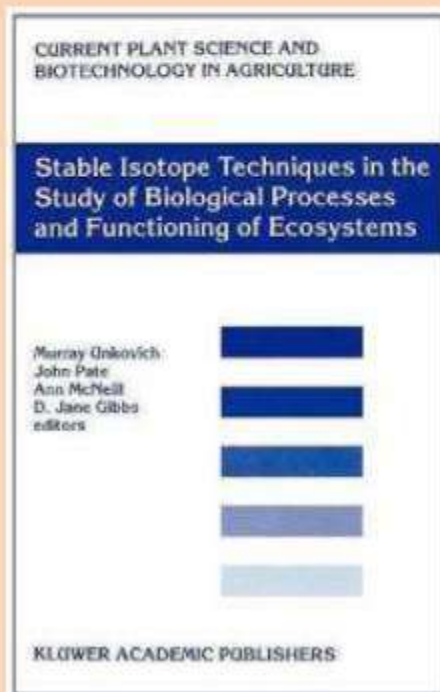


Izotopové metody využívající stabilní izotopy (neradioaktivní)

Unkovich M et al. (2001) Stable Isotope Techniques in the Study of Biological Processes and Functioning of Ecosystems. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Fry B (2006) Stable Isotope Ecology. Springer, New York.

Hoefs J (2009) Stable Isotope Geochemistry. Springer, Berlin.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Stabilní izotopy (neradioaktivní) ... Fry (2006)

-mnoho prvků existuje ve více než jednom izotopu

-nicméně pro detekci biologických procesů jsou nejvíce využívané stabilní izotopy: H, C, N, O, S

TABLE 1.1. Isotopes for the Light Elements HCNOS (Hydrogen, Carbon, Nitrogen, Oxygen and Sulfur).^a

Element	Isotope Abundance		Mass Difference ^b (Relative)	Range in δ^c (‰)
	Low Mass	High Mass		
Hydrogen ^d	¹ H 99.984	² H 0.016	2.00	700
Carbon	¹² C 98.89	¹³ C 1.11	1.08	110
Nitrogen	¹⁴ N 99.64	¹⁵ N 0.36	1.07	90
Oxygen	¹⁶ O 99.76	¹⁸ O 0.20	1.13	100
Sulfur	³² S 95.02	³⁴ S 4.21	1.06	150

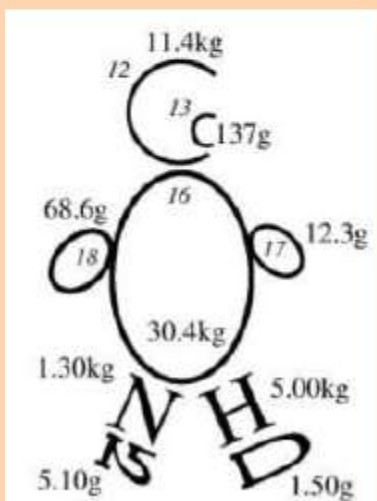
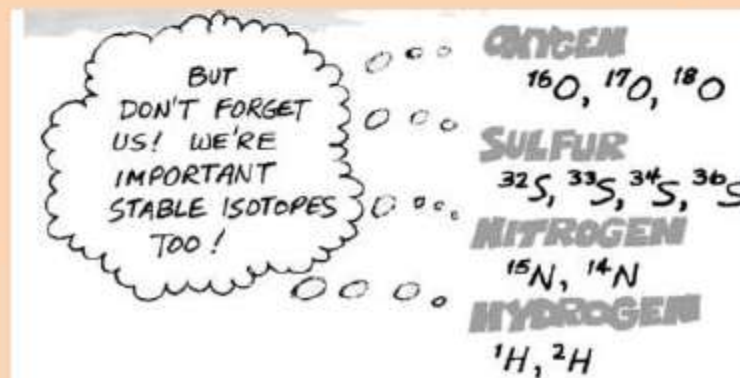


FIGURE 1.3. You are what you eat; stable isotopes in a 50kg human who is composed mostly of light isotopes with a small amount of heavy isotopes. People are mostly water, so hydrogen and oxygen isotopes dominate at >35kg. Next come C isotopes at >11kg, then N isotopes. S isotopes are missing; they should be here at about 220g for the light isotope ³²S and 10g for the heavy isotope ³⁴S. Have you had



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



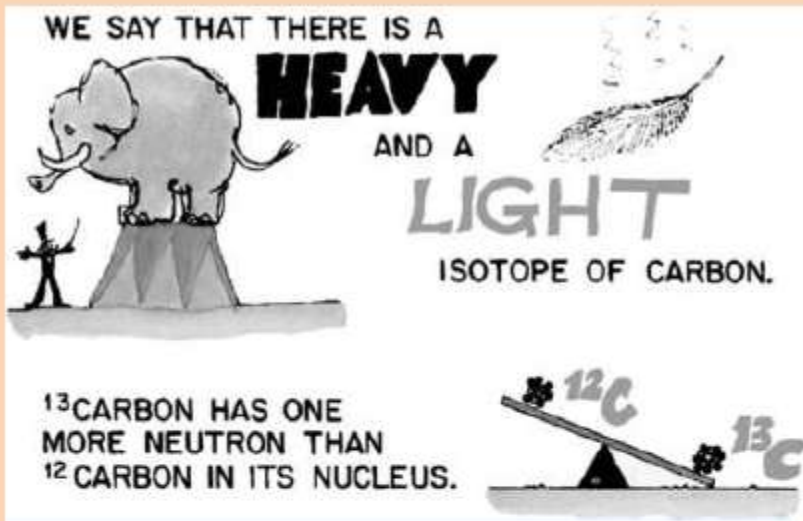
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

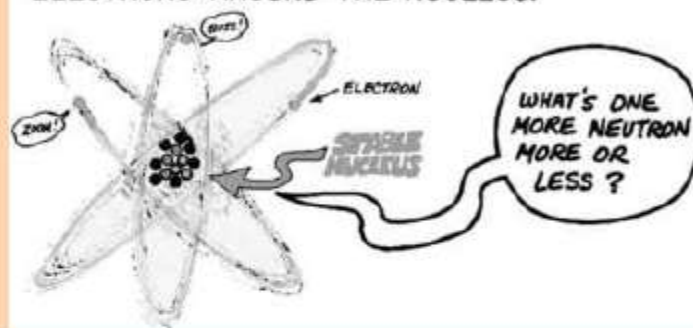


CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Stabilní izotopy (neradioaktivní) ... Fry (2006)

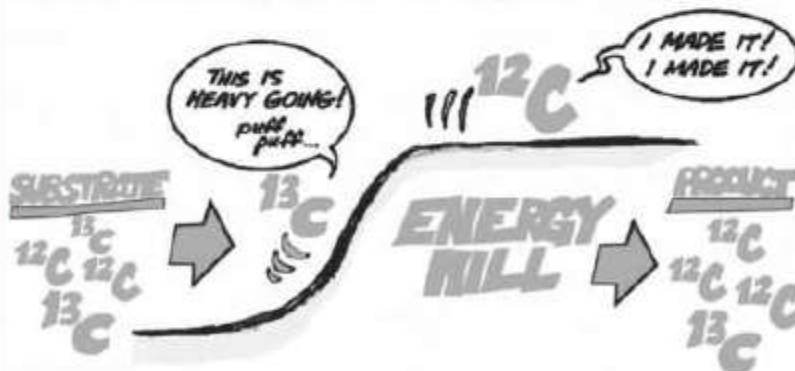


IN MOST CASES ^{12}C CARBON AND ^{13}C CARBON BEHAVE THE SAME BECAUSE EXTRA NEUTRONS DON'T CHANGE THE REACTIVE SPHERE OF ELECTRONS AROUND THE NUCLEUS.



- jeden neutron navíc (u těžších izotopů) často znamená pomalejší reakce
- tato pomalejší reakce vede k FRAKCIONACI
- ... tj. změně poměru izotopů při reakcích

SOMETIMES THE EXTRA NEUTRON MAKES A DIFFERENCE. IT'S HARDER TO PUSH THE HEAVY MOLECULES UP AN ENERGY HILL...



... SO THAT PRODUCTS HAVE MORE OF THE LIGHT ISOTOPE AND LESS OF THE HEAVY ISOTOPE.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Stabilní a radioaktivní izotopy, frakcionace ... Fry (2006)

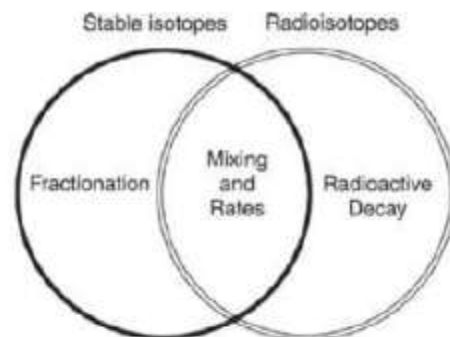


FIGURE 1.5. Stable isotopes are especially valuable for studying the origins and cycling of organic matter in the biosphere. Ecologists also use radioisotopes (especially ^3H , ^{14}C , and ^{32}P) to study cycling rates and to determine ages. Stable isotopes that pose no health risk are increasingly substituted for the radioisotopes in ecological and medical research.

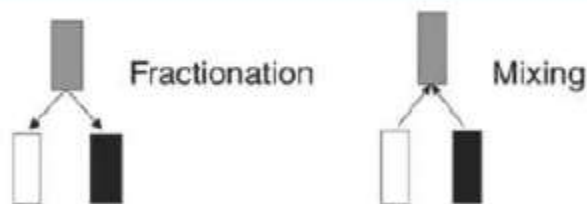
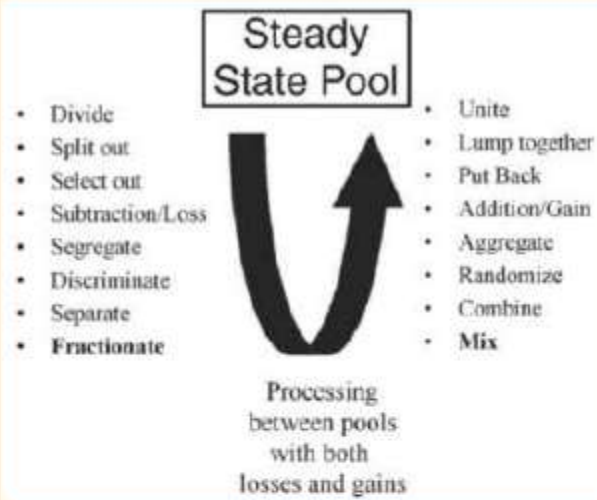
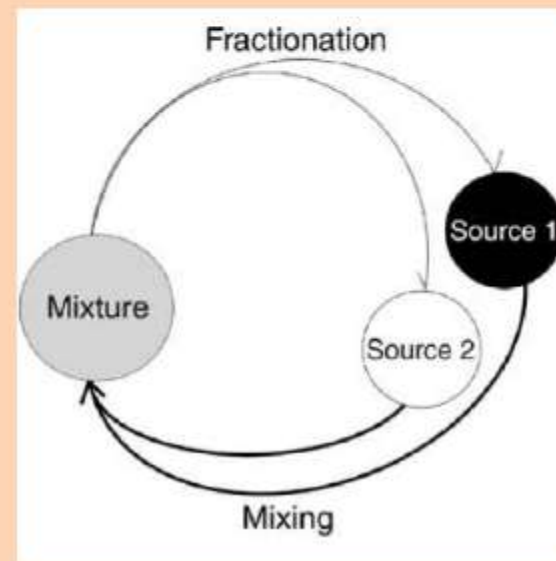


FIGURE 1.7. The two main themes of the book are fractionation and mixing. Fractionation splits apart mixtures to form source materials. These sources recombine via mixing. There is a strong general analogy between isotopes and colors, so that isotopes can be thought of as dyes or tracers. In this example, fractionation separates grey into black and white components, and conversely, black and white mix to form grey. (A color version of this figure on the accompanying CD gives this mixing in terms of blue and yellow sources mixing to form the intermediate green color, and conversely, fractionation regenerates blue and yellow from green.)



Co je to δ ... delta? ... Fry (2006)

$$\delta^H X = \left[\left(R_{\text{SAMPLE}} / R_{\text{STANDARD}} - 1 \right) \right] * 1000.$$

... **delta** – je tzv. poměr poměrů, jinými slovy poměr izotopů v mém vzorku ku poměru izotopů ve standardu

R - poměr těžkého izotopu ku lehkému $^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, or $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$.

$$R_{\text{SAMPLE}} / R_{\text{STANDARD}} = (H_{\text{SAMPLE}} / L_{\text{SAMPLE}}) / (H_{\text{STANDARD}} / L_{\text{STANDARD}})$$

TABLE 2.1. Isotope Compositions of International Reference Standards.

	Ratio, H/L ^a	Value, H/L ^a	% H	% L
Standard Mean Ocean Water (SMOW)	$^3\text{H}/^1\text{H}$	0.00015576	0.015574	99.984426
	$^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$	0.0003799	0.03790	99.96206
	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	0.0020052	0.20004	99.76206
PeeDee Belemnite (PDB) and Vienna-PDB (VPDB)	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	0.011180	1.1056	98.8944
	$^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$	0.0003859	0.0385	99.9615
	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	0.0020672	0.2062	99.7938
Air (AIR)	$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	0.0036765	0.36630	99.63370
Canyon Diablo Troilite (CDT) and Vienna-Canyon Diablo Troilite (VCDT)	$^{33}\text{S}/^{32}\text{S}$	0.0078772	0.74865	99.25135
	$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$	0.0441626	4.19719	95.80281
	$^{36}\text{S}/^{32}\text{S}$	0.0001533	0.01459	99.98541

^aH and L indicate heavy and light isotope components, respectively.

δ values, “higher heavier, lower lighter.”

mnemotechnická pomůcka
(kladné – více těžkého izotopu,
záporné – více lehkého izotopu)

-jednoduché pravidlo: čím vyšší hodnota δ tím větší zastoupení těžšího izotopu a naopak (hodnoty δ často záporné, což znamená, že zastoupení těžšího izotopu je nižší než standard)

-běžné hodnoty δ kolem -100 až +100 ‰ (v promile ... 1 ‰ = jedna částice z tisíce)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



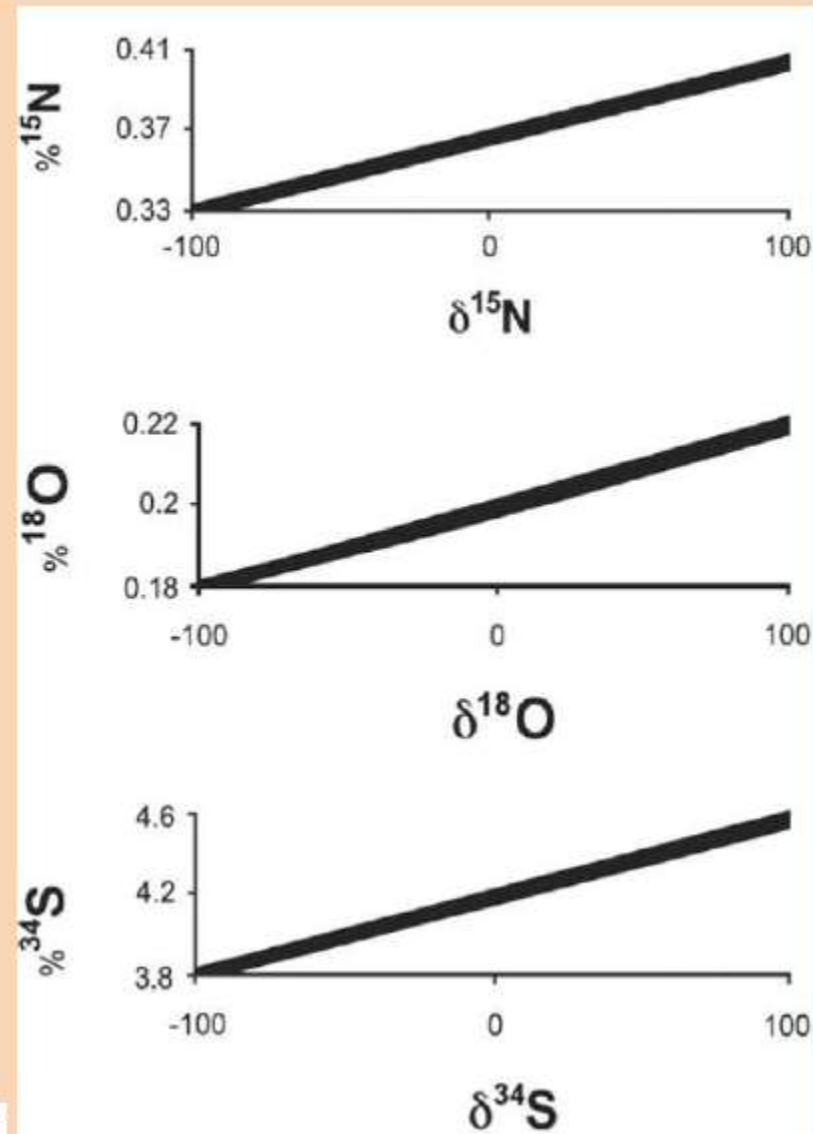
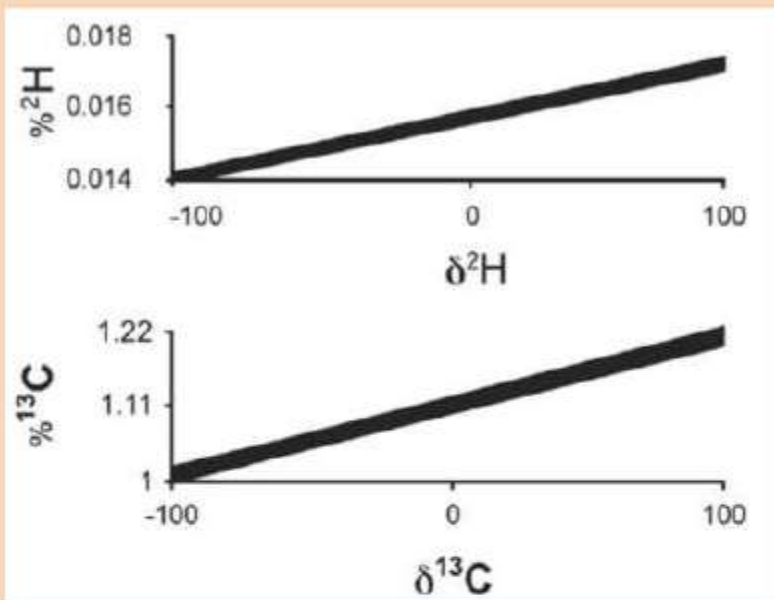
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

V jakých hladinách se pohybují těžké izotopy? ... Fry (2006)



-změny zastoupení těžkých izotopů se v přírodě pohybují zhruba na škále -100 až+100%

- hodnoty δ (‰) lze pomocí rovnic zpětně přepočítat na skutečné koncentrace těžkých izotopů ve vzorcích

AP ... % zastoupení těžkého izotopu

$${}^A P = 100 * (\delta + 1000) / [(\delta + 1000) + (1000/R_{\text{STANDARD}})]$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

$$\Delta = (\alpha - 1) * 1000$$

Δ - udává frakcionaci v ‰
 α - koeficient frakcionace

$$\alpha = \frac{L_k}{H_k}$$

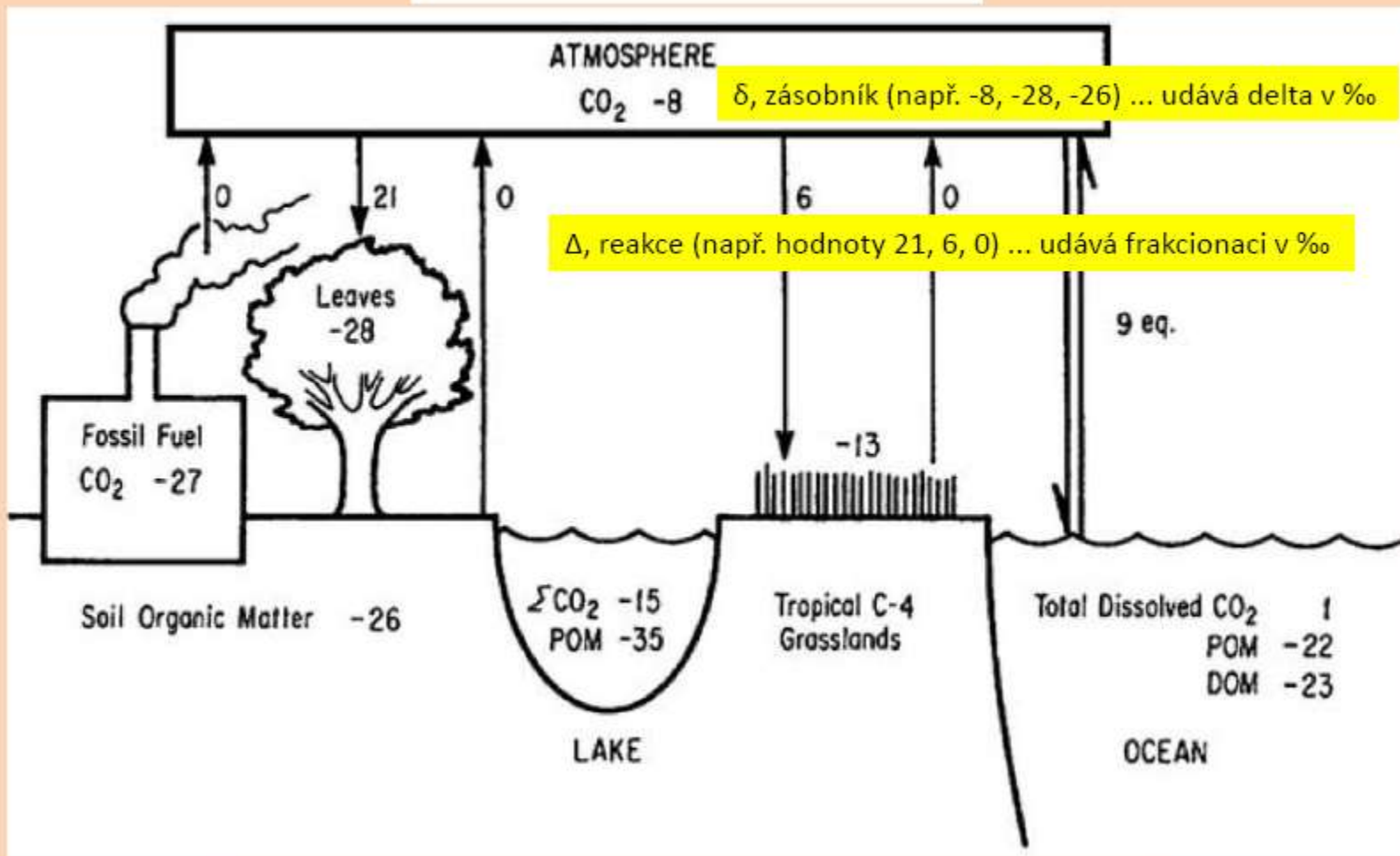
L_k - kinetická konstanta lehkého izotopu (rychlost s jakou vstupuje do reakcí)

H_k - kinetická konstanta těžkého izotopu

$\alpha=1.01$ značí o 1% rychlejší reakci lehkého izotopu

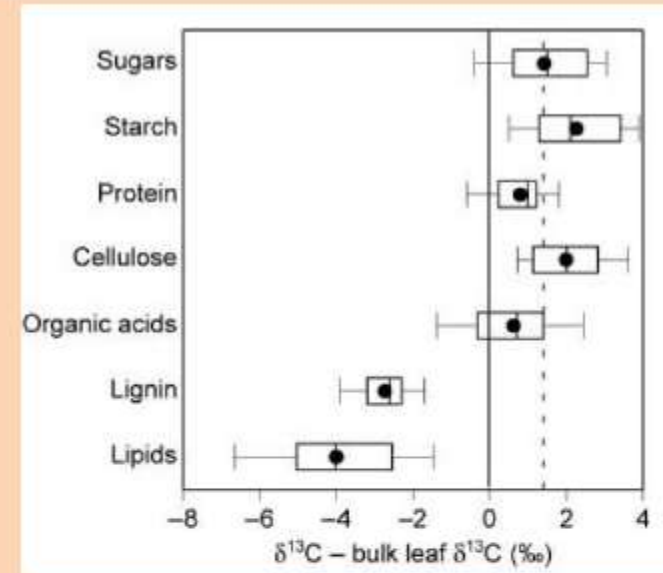
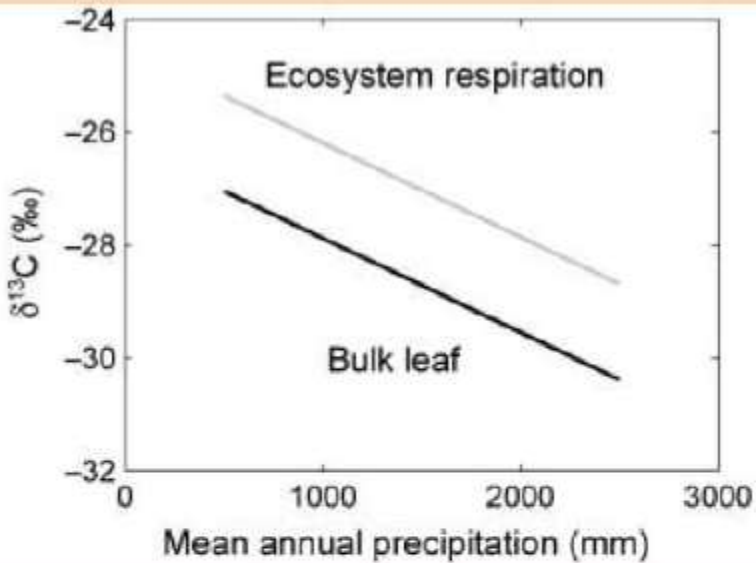
při $\alpha=1.01$ je $\Delta=10$ ‰

$\delta^{13}\text{C}$ distribution in ecosystems



numbers of arrows indicate the fractionation (Δ , ‰)

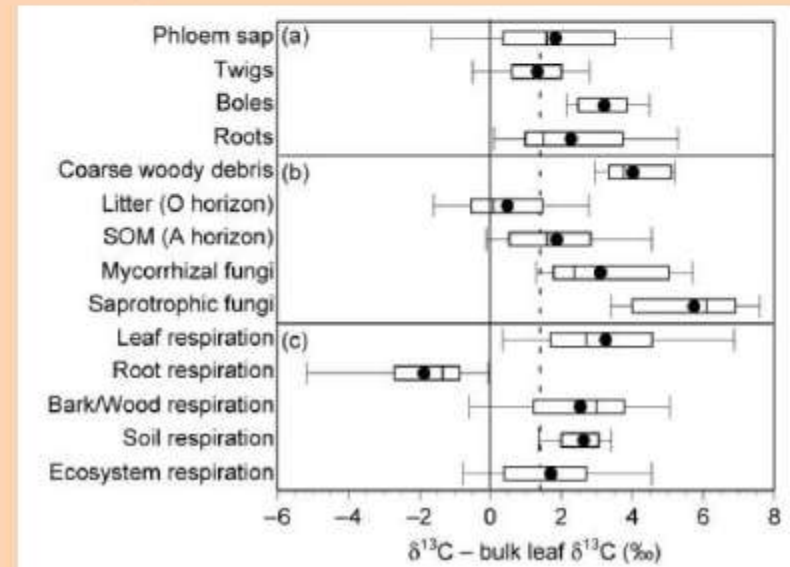
Izotopy uhlíku v terestr. ekosystémech: zásobníky a toky CO₂ (Bowling et al. 2008)



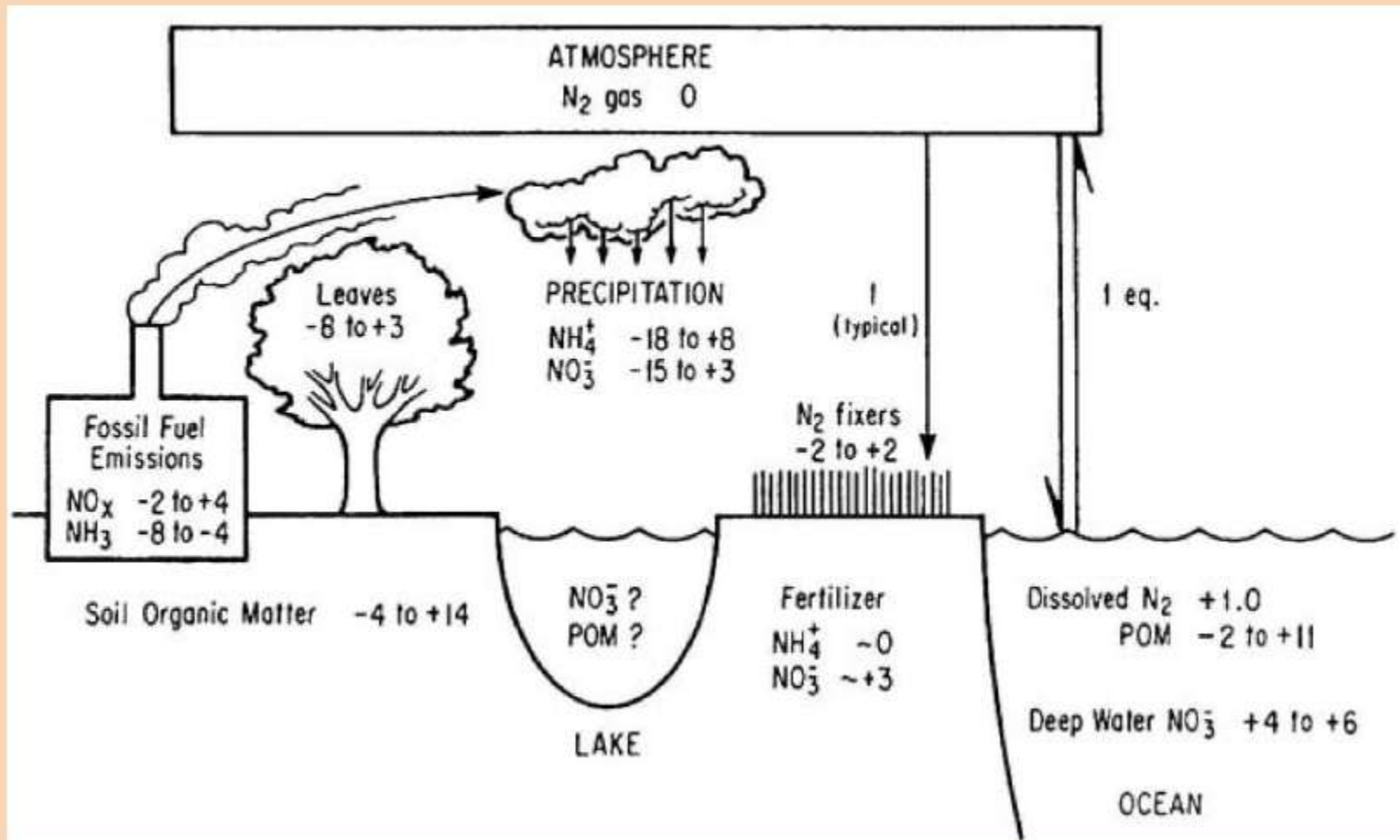
-se zvyšujícím se objemem srážek klesá podíl těžkého izotopu ^{13}C
 ... rostliny při suchých oblastech C_4 nebo CAM (PEP enzym efektivně využije i ^{13}C)

-různé složky listu se liší v izotopovém signálu, nejméně těžkého uhlíku v ligninu a lipidech

-v půdě více těžkého izotopu uhlíku oproti listům



Representative $\delta^{15}\text{N}$ values in natural systems

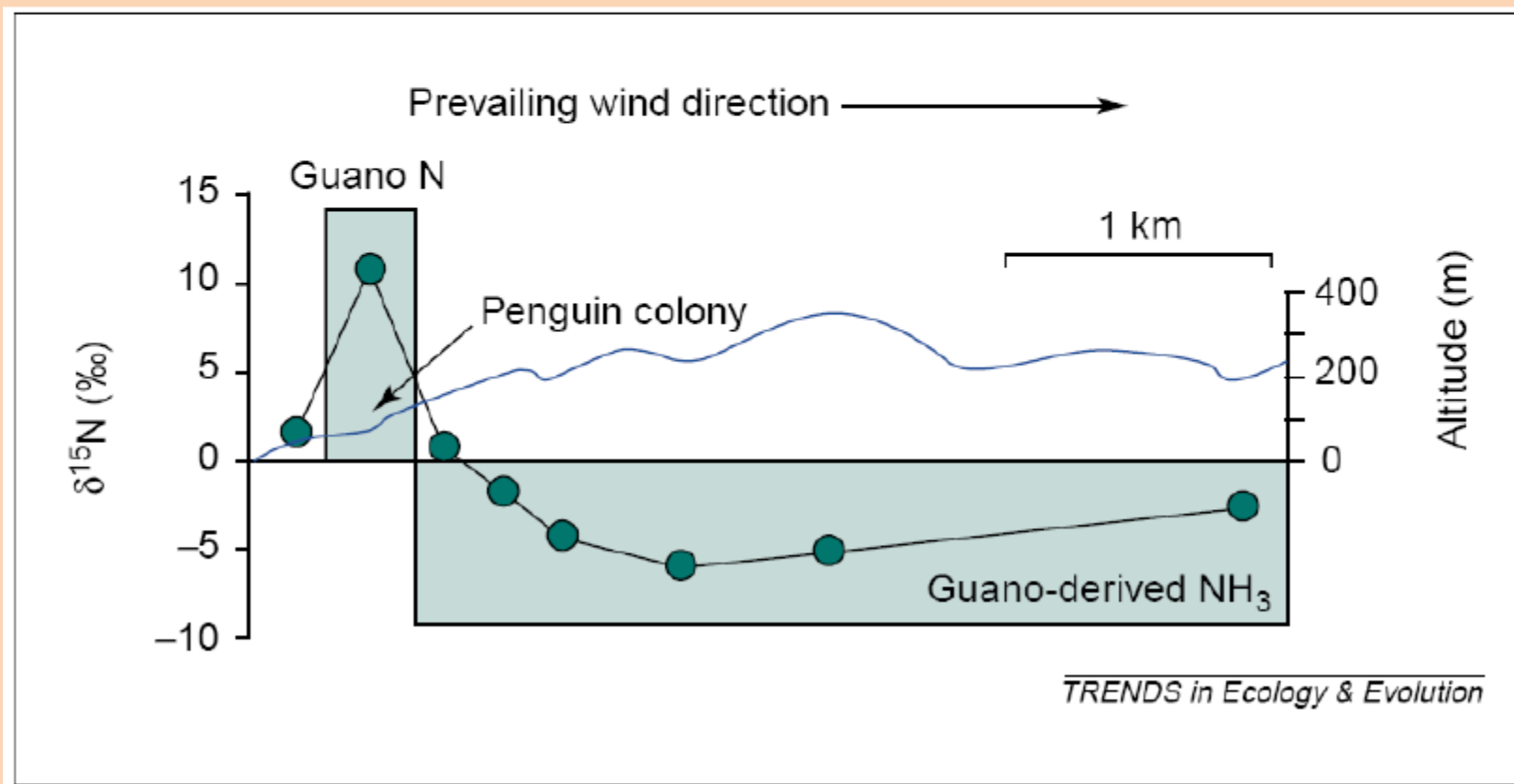


numbers of arrows indicate the fractionation (Δ , ‰)

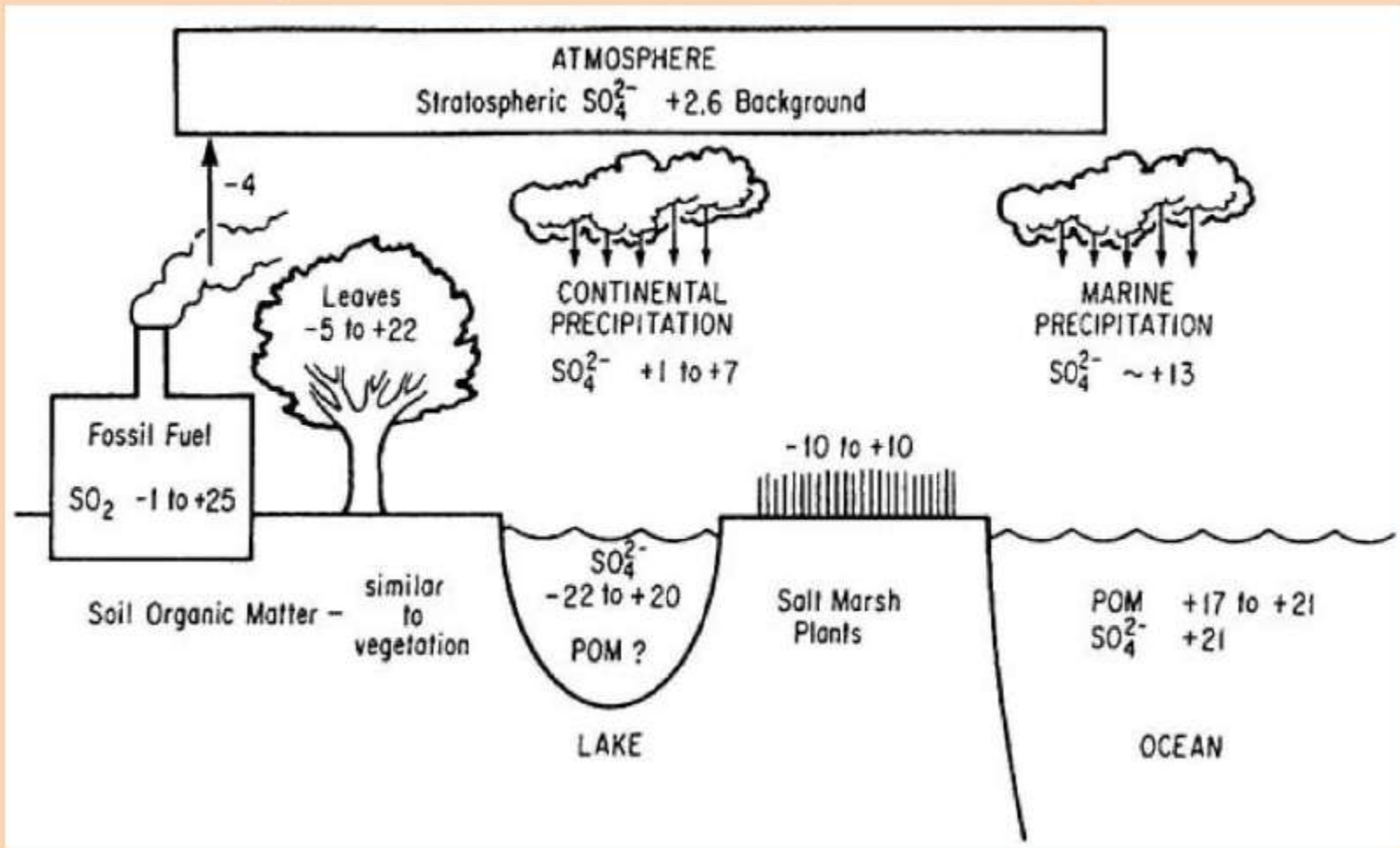
Izotopy dusíku v biosféře ... Robinson (2001)

- guano: vysoký obsah těžkého dusíku
- amoniak unikající z guana: nižší obsah

- možno detekovat zdroj dusíku ve vegetaci



Representative $\delta^{34}\text{S}$ values in natural systems.



numbers of arrows indicate the fractionation (Δ , ‰)

Využití izotopových map v krajinné ekologii ... Fry (2006)

-hnojiva a emise z průmyslu obsahují vyšší zastoupení těžkého dusíku ^{15}N oproti přírod. prostředí (resp. standardu)

-mapováním biomasy řas a určením $\delta^{15}\text{N}$ lze predikovat míru znečištění a toky znečištěných vod

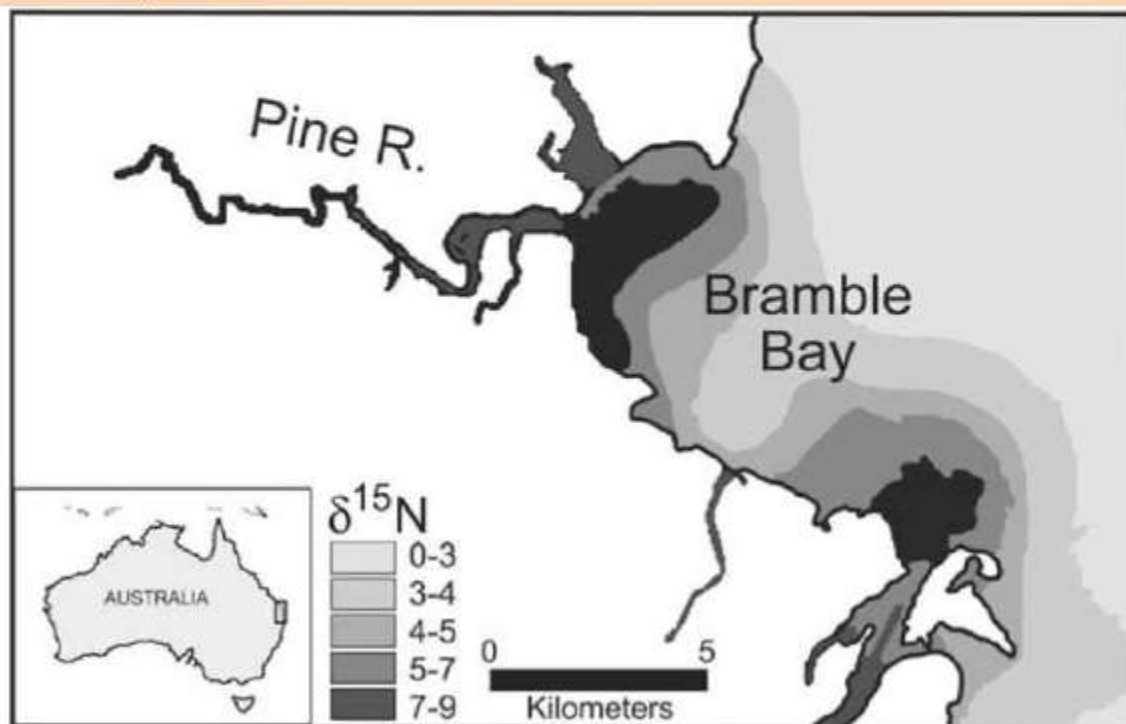


FIGURE 3.6. $\delta^{15}\text{N}$ values of algae in Bramble Bay, Australia where the city of Brisbane occupies the western shore. High $\delta^{15}\text{N}$ values along the western shore indicate N pollution inputs from watershed rivers and local sewage treatment facilities.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

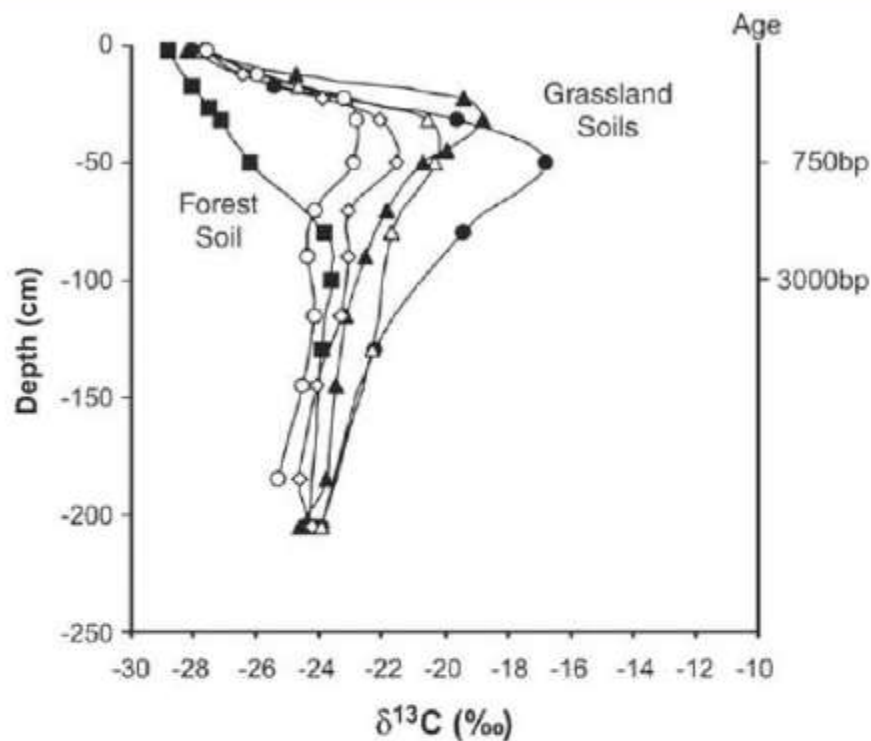


ekolos

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Jak lze využít stabilní izotopy pro detekci vývoje ekosystémů? ... (Fry 2006)



C₄ trávy (savana) mají vyšší ‰ těžkého izotopu

... proto změny lesa a savany během historie lze detekovat z půdního profilu dle podílu stabilních izotopů

FIGURE 3.7. $\delta^{13}\text{C}$ values of soils from six sites in Gabon, Africa where C₄ savannah grasses (-12‰) and forest trees (-29‰) contribute to soil organic matter. Low values near -29‰ indicate landscapes dominated by forests, whereas high values approaching -12‰ indicate landscape-level shifts to open savannah. The square symbols give the isotope values for forest soils in a reference undisturbed system that has not been invaded by savannah. Considering the isotope profiles of the other nonreference soils as a history and reading from the bottom up, forests dominated the landscape until about 3000 years ago when the landscape shifted to open savannah, but this trend reversed about 750 years ago, with forests now dominating again. (From Deleogue, M.-A., M. Fuhr, D. Schwartz, A. Mariotti, and R. Nasi. 2001. Recent



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

Hospodaření rostlin s vodou a diskriminace izotopů uhlíku ... (Unkovich et al. 2001)

Table 1. Principal differences in carbon isotope discrimination, water-use efficiency in dry matter production, and ecophysiological characteristics of C₃, C₄, and CAM plants.

Plant type	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	WUE (mL H ₂ O transpired per g dry matter gain)	Ecophysiological characteristics
C ₃ (e.g. wheat, lupins)	-20 to -34	400 – 600	<ul style="list-style-type: none"> • Use Calvin Cycle with Rubisco to fix CO₂ in leaf • Stomata open in day • Perform best at moderate temperatures and light intensities
C ₄ (e.g. maize, sugar cane)	-9 to -17	200 – 300	<ul style="list-style-type: none"> • Use PEP carboxylase to fix CO₂ in leaf • Stomata open in day • More efficient water users than C₃ plants especially at high temperature because: <ol style="list-style-type: none"> 1. PEP carboxylase is better scrubber of CO₂ 2. C₄ plants lack photorespiration 3. C₄ plants less prone to photoinhibition 4. Better N use efficiency through lesser investment in photosynthetic enzyme
CAM/C3 (e.g. pigface, pineapple)	As for C ₄ plants when operating in CAM mode, but close to C ₃ species when in C ₃ mode.	50 (when in CAM mode)	<ul style="list-style-type: none"> • Fix CO₂ at night with stomates open, using PEP carboxylase to form malate • Close stomates in day and convert malate to sugar • Succulent and very slow growing in CAM mode • Can convert to C₃ mode when water is available and salinity is reduced



C3 - *Trifolium repens*



C4 - *Cynodon dactylon*



CAM - *Isoetes lacustris*



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



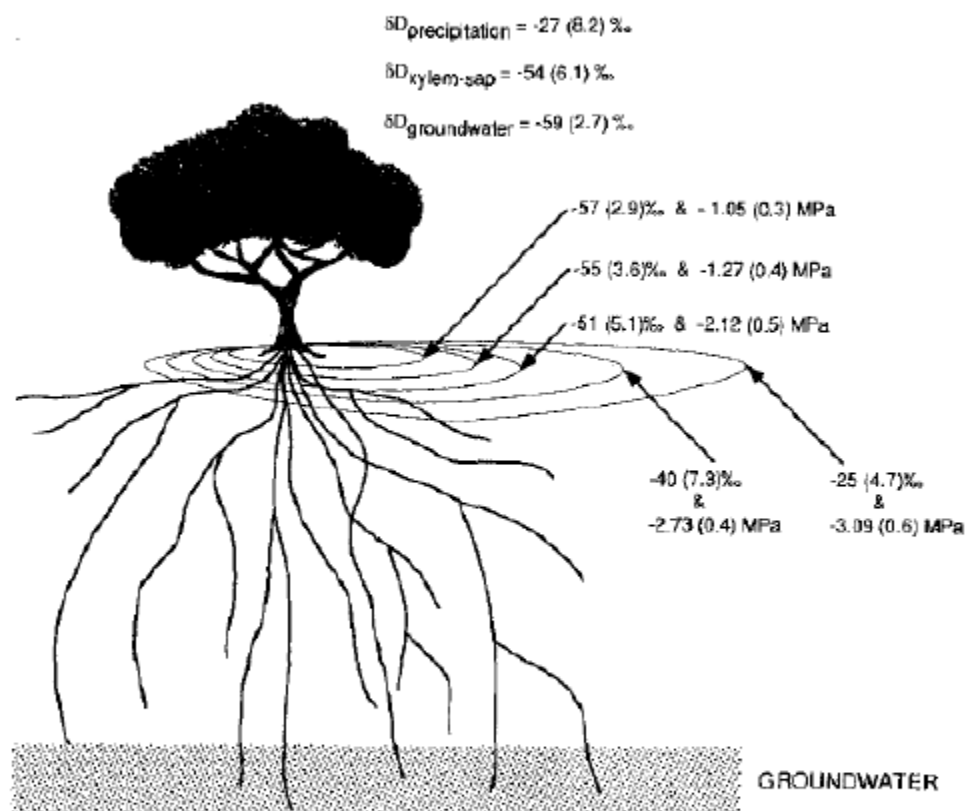
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Izotopy vodíku ... detekce přenosu vody z hluboko kořenících stromů k bylinám (Dawson et al. 1993)



vodík – tři izotopy

^2H ... deuterium

^3H ... tritium

- srovnání přirozených hladin deuteria ve zdrojích vody (srážková, podzemní) a vody přítomné v xylému bylinného patra pod stromy

- rozdíl hladiny deuteria vzhledem k standardu

Fig. 3. The average (\pm SD) stable hydrogen isotopic composition (δD ; ‰) and water potential (MPa) obtained at $-30 (\pm 5)$ cm for soils at the same five distances from the base of mature *A. saccharum* trees as shown in Fig. 1. Also shown in the upper part of the figure is the average δD for precipitation, xylem-sap of the trees, and the groundwater at the same sites. Sample sizes are given in the text

$$\delta D = \left[\frac{D/H_{\text{sample}}}{D/H_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000 \text{ ‰}$$



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

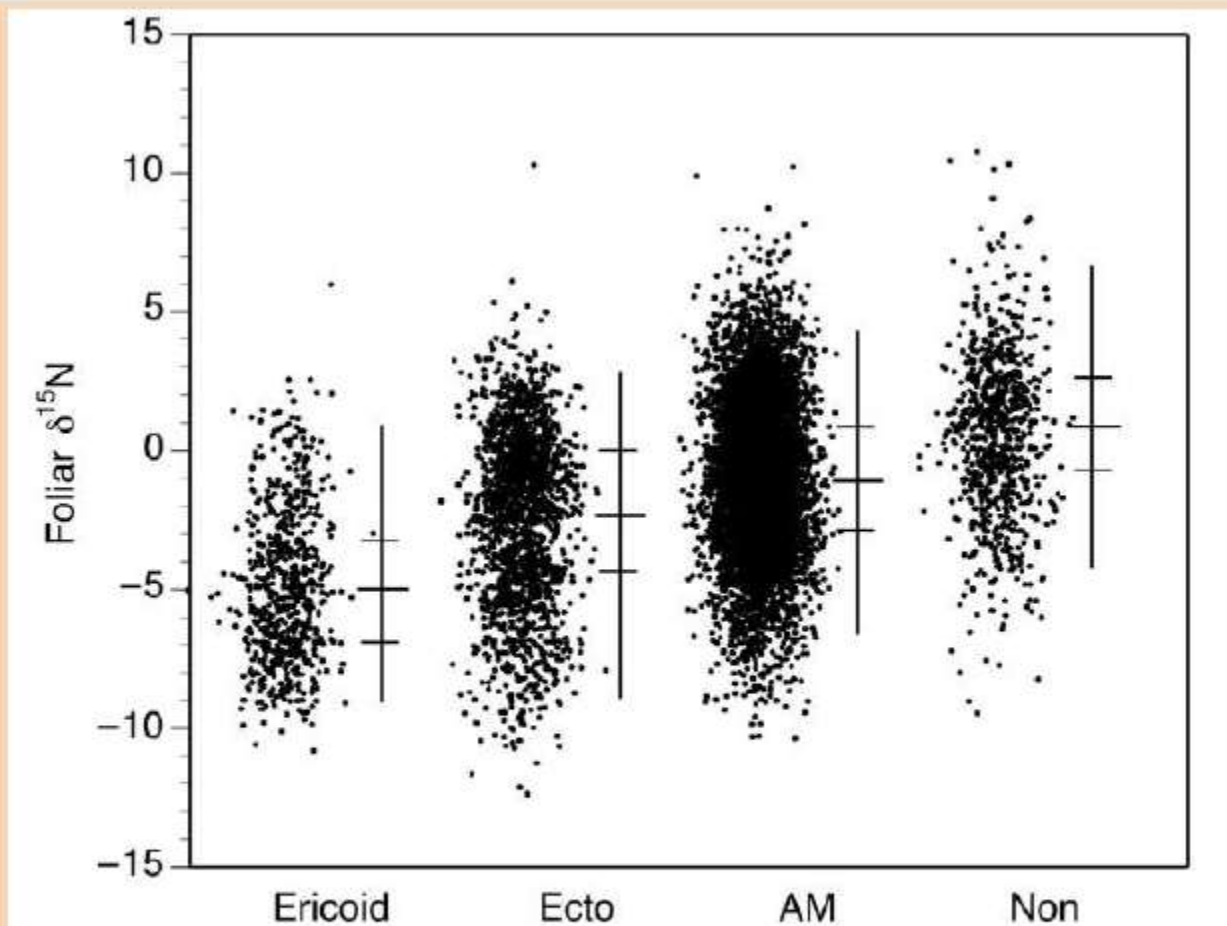


Fig. 4 Distribution of foliar $\delta^{15}\text{N}$ (‰) values among different mycorrhizal types. Data were first standardized to a common mean annual temperature (13.2°C), mean annual precipitation (751 mm yr^{-1}) and foliar N concentration (15.8 mg g^{-1}) using

Detekce původu potravin dle izotopového signálu: REVIEW ... Kelly et al. (2005)

- analýzy založené na více elementech a více poměrech izotopů – geograficky specifické

Table 1. Overview of the way in which the relative proportions of the natural abundance of isotope ratios are affected (or fractionated) in the environment and how this can be exploited for food provenance determinations

Isotope ratio	Fractionation	Information
$^2\text{H}/^1\text{H}$	Evaporation, condensation, precipitation	Geographical
$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$	C3 and C4 plants	Diet (geographical proxy)
$^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	Trophic level, marine and terrestrial plants, agricultural practice	Diet (geographical proxy)
$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	Evaporation, condensation, precipitation	Geographical
$^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$	Bacterial	Geographical (marine)
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Age of the rock and Rb/Sr ratio	Underlying geology, geographical

Table 2. Summary of the relevant literature relating to the use of multi-element and multi-isotopic analysis of food commodities to determine the geographical origin

Commodity	Parameters measured	Instrumental techniques	Data interpretation	Reference
Meat				
Beef	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	IRMS	Univariate, box & whisker	Hegerding <i>et al.</i> , 2002
Beef	Se	AAS-hydride generation	Univariate	Hintze <i>et al.</i> , 2002
Beef	$^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$	IRMS	Box & whisker, PCA	Boner & Forstel, 2004
Beef	$^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	IRMS (^1H , ^2H & ^{13}C NMR)	DA	Renou, Bielicki, <i>et al.</i> , 2004
Lamb	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	IRMS	CDA	Piasentier <i>et al.</i> , 2003
Dairy products				
Milk	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	IRMS	Univariate	Komexl <i>et al.</i> , 1997
Milk	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	IRMS (^1H NMR)	DA	Renou, Deponge, <i>et al.</i> , 2004
Milk	$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$	IRMS	Univariate	Ritz <i>et al.</i> , 2004
Butter	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	IRMS, TIMS	DA	Rossmann <i>et al.</i> , 2000
Butter	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	IRMS, TIMS	DA	Balling & Rossmann, 2004
Cheese	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$	IRMS (HPLC)	PCA, CA, LDA	Manca <i>et al.</i> , 2001
Cheese	$^2\text{H}/^1\text{H}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, ME	IRMS, Q-ICP-MS, TIMS, α -spectrometry	ANOVA, PCA	Pillonel <i>et al.</i> , 2003



evropský
společný
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



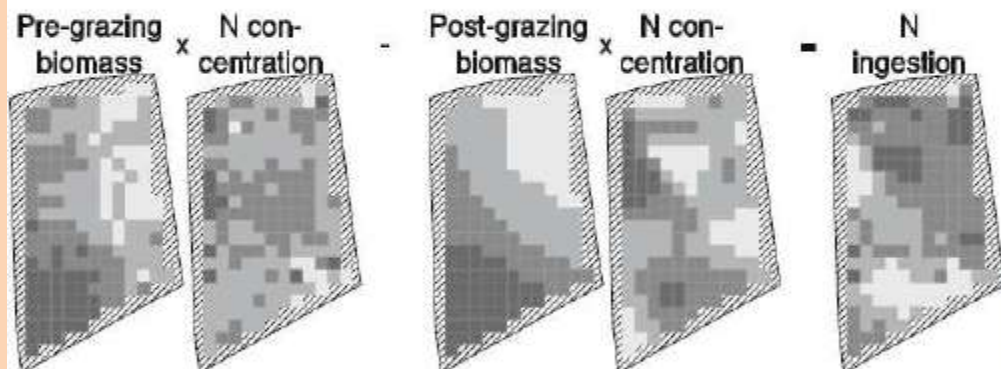
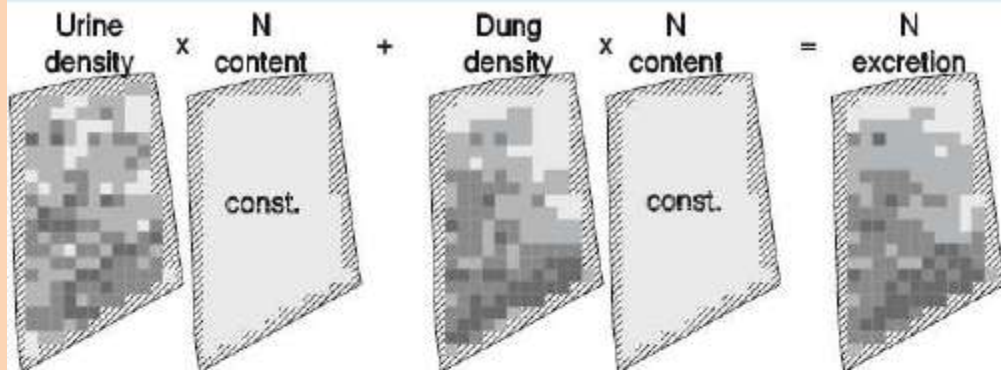
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Metody stanovení transferu živin herbivory (Schnyder et al. 2010)



Difference:

Net N transfer



čistý transfer dusíku

-spočítán jako rozdíl mezi (A) exkrecí dusíku v moči i hnoji a (B) příjmem dusíku skotem

- kalkulace transferu dusíku vždy v rámci daného bloku (25 m²)

$$N_{\text{transfer } ij} = N_{\text{excretion } ij} - N_{\text{ingestion } ij}$$

-transfer pro blok se souřadnicemi ij

-exkrece v bloku: frakce moči a exkrementů vyloučených v daném bloku (tj. proporce z celkové exkrece, v jednotkách: g paddock⁻¹ grazing period⁻¹)

-předpoklad, že 80% dusíku přijatého zvířaty se vrátí na pastvinu

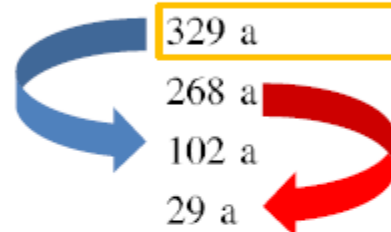
$$N_{\text{excretion } ij} = f_{\text{excretion } ij} \times N_{\text{total excretion}}$$

$f_{\text{excretion } ij}$ = number of excreta patches in block ij / total number of excreta patches in the paddock

$$N_{\text{total excretion}} = 0.8 \times N_{\text{total ingestion}}$$

Vstupní data pro výpočet transferu živin: kalkulace příjmu (Schnyder et al. 2010)

	Depletion zone	Accumulation zone
Altitude [m]	460	470
Slope [%]	14	7
Area [ha]	0.045	0.055
Pre-grazing biomass 1st growth (g m^{-2})	329 a	378 b
Pre-grazing biomass 2nd growth (g m^{-2})	268 a	346 b
Residual biomass 1st growth (g m^{-2})	102 a	244 b
Residual biomass 2nd growth (g m^{-2})	29 a	117 b
N ingestion (g m^{-2})	11.2 a	8.5 b
P ingestion (g m^{-2})	1.4 a	1.2 a
N excretion (g m^{-2})	2.7 a	15.5 b
P excretion (g m^{-2})	0.3 a	2.0 b
Net N transfer (g m^{-2})	-8.4 a	7.0 b
Net P transfer (g m^{-2})	-1.1 a	0.8 b



$$N_{\text{ingestion } ij} = (W_{\text{pre } ij} \times N_{\text{pre } ij}) - (W_{\text{post } ij} \times N_{\text{post } ij})$$

$W_{\text{pre } ij}$... biomasa v sušině před pastvou

$N_{\text{pre } ij}$... koncentrace dusíku před pastvou

Metody stanovení transferu živin herbivory (Schnyder et al. 2010)

-mapy „čistých“ transferů dusíku a fosforu

-mapa akumulčních (horní kvartil transferu) a vyčerpávaných (dolní kvartil transferu) zón živin

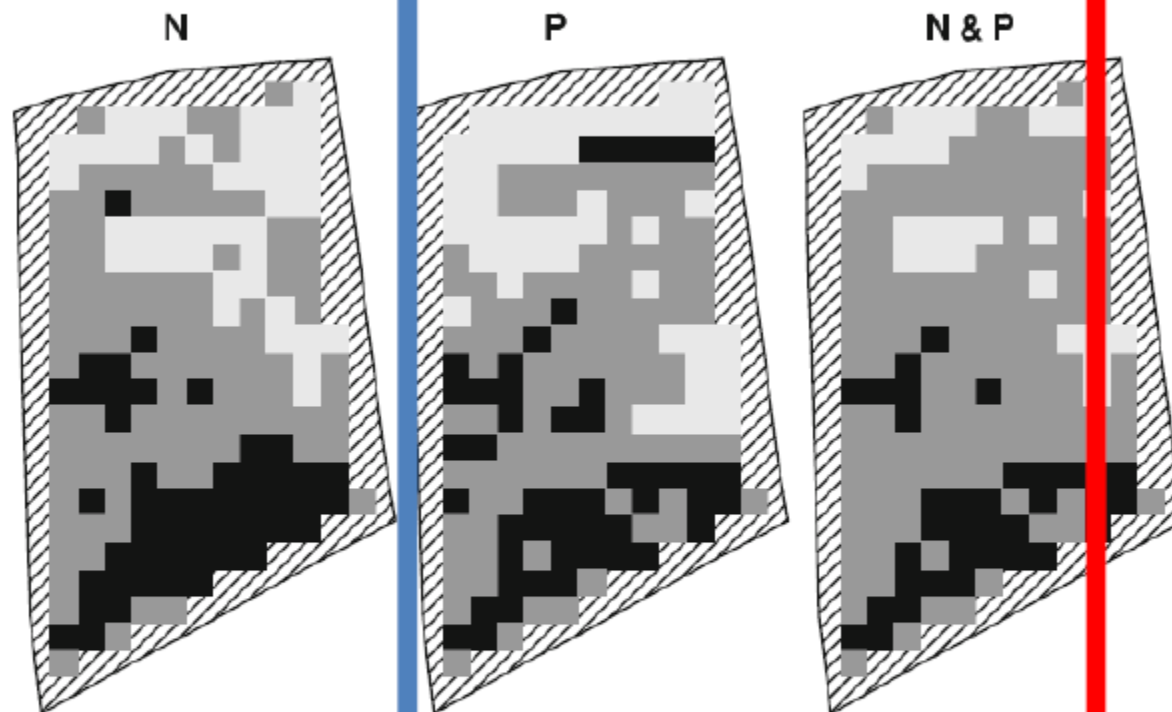


Fig. 4 Maps of net N transfer (left), net P transfer (middle), and depletion and accumulation zones (right map). Net transfers were determined for $5 \times 5 \text{ m}^2$ blocks and were calculated as the difference between nutrient excretion and ingestion by cattle inside each block in two grazing periods. Different shades denote different net transfer classes. Black (positive net transfer, causing accumulation): 1 to 16 g N m^{-2} , 0.1 to 1.5 g P m^{-2} ; dark grey (intermediate net transfer): -7 to

$+1 \text{ g N m}^{-2}$, -0.7 to $+0.1 \text{ g P m}^{-2}$; light grey (negative net transfer, causing depletion): -11 to -7 g N m^{-2} , -1.5 to -0.7 g P m^{-2} . The zones of depletion and accumulation were estimated from the net transfers of N and P: blocks in the lowest quartile of both N and P net transfer were assigned to the depletion zone; blocks inside the highest quartile of both N and P net transfer were assigned to the accumulation zone. Axes give Gauss-Krüger coordinates

Metody stanovení transferu živin herbivory (Schnyder et al. 2010)

-mapa objemových koncentrací živin (kg m^{-3}) v blocích

-zásoby živin v půdních profilech (g m^{-2})
v akumulčních a vyčerpávaných zónách (blocích)

Table 4 Soil nutrient stocks (N and P), the N/P ratio, NO_3 and P_{CAL} stocks, in the depletion and accumulation zones

	Depletion zone	Accumulation zone
N 0–5 cm (g m^{-2})	219 a	320 b
N 5–10 cm (g m^{-2})	190 a	208 b
N 10–60 cm (g m^{-2})	784 a	836 a
P 0–5 cm (g m^{-2})	59 a	77 b
P 5–10 cm (g m^{-2})	53 a	63 b
P 10–60 cm (g m^{-2})	375 a	403 a
N/P in soil 0–5 cm	4.0 a	4.8 b
N/P in soil 5–10 cm	3.4 a	3.4 a
N/P in soil 10–60 cm	2.1 a	2.1 a
NO_3 in 0–60 cm (g m^{-2})	4.3 a	10.4 b
P_{CAL} in 0–60 cm (g m^{-2})	10.7 a	19.6 b

Different letters indicate significant differences between the zones ($P < 0.05$, Tukey–Kramer test)

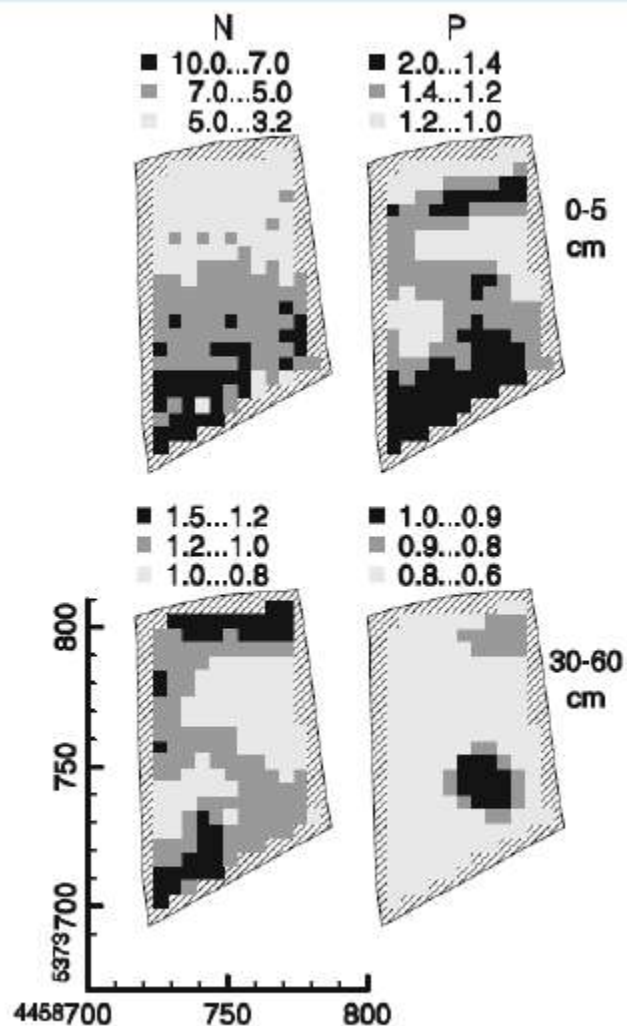


Fig. 3 Maps of volumetric soil N (left column) and P concentrations (right column) in 0–5 (top row) and 30–60 cm depth (bottom row) in blocks of $5 \times 5 \text{ m}^2$. Different shades

Asociace mezi denzitou exkret, čistých transferů živin a zásobou živin v různých půdních profilech (Schnyder et al. 2010)

Table 2 Correlation matrix (Pearson product moment correlation) between excreta density, net nutrient transfer and soil nutrient stocks at different depths

	Net N transfer	N in 0–5 cm	N in 5–10 cm	N in 10–30 cm	N in 30–60 cm
Excreta density (urine and dung)	0.96***	0.50***	0.36***	0.33***	0.07 ^{ns}
Net N transfer		0.49***	0.41***	0.44***	0.20**
N in 0–5 cm			0.49***	0.37***	0.02 ^{ns}
N in 5–10 cm				0.56***	0.34***
N in 10–30 cm					0.62***
	Net P transfer	P in 0–5 cm	P in 5–10 cm	P in 10–30 cm	P in 30–60 cm
Dung density	0.85***	0.53***	0.27***	0.34***	-0.12 ^{ns}
Net P transfer		0.49***	0.30***	0.37***	-0.01 ^{ns}
P in 0–5 cm			0.82***	0.76***	0.18**
P in 5–10 cm				0.80***	0.34***
P in 10–30 cm					0.38***

Interpolated data of 192 grid blocks (25 m²) with identical coordinates were related to each other

-denzita exkret (moč + exkrementy) pozitivně korelovala s transfery živin

-transfery dusíku i fosforu pozitivně korelovaly s celkovou zásobou N resp. P v půdních profilech (do hloubky 30 cm)

Proč byly počítány korelace zásob dusíku v půdě s denzitou urince+ exkrementů a u fosforu pouze s denzitou exkrementů?

Kalkulace bilance živin – Rengen Grassland Experiment (Hejzman et al. 2010)

VSTUPY - ZJEDNODUŠENĚ: hnojením do různých variant experimentu B – F
(bez vlivu atmosférické depozice, ta však ve všech variantách na lokalitě konstantní)

Element	Treatment					
	A Control	B Ca	C CaN	D CaNP	E CaNPKCl	F CaNPK ₂ SO ₄
N (kg ha ⁻¹)	–	–	100	100	100	100
P (kg ha ⁻¹)	–	–	–	35	35	35
K (kg ha ⁻¹)	–	–	–	–	133	133
Ca (kg ha ⁻¹)	–	715	752	936	936	936
Mg (kg ha ⁻¹)	–	67	67	75	90	75
As (g ha ⁻¹)	–	1.2	1.4	4	4	4
Cd (g ha ⁻¹)	–	0.1	0.1	0.3	0.4	0.4
Cr (g ha ⁻¹)	–	0.3	1	319	321	319
Cu (g ha ⁻¹)	–	9	11	34	36	37
Fe (g ha ⁻¹)	–	4	149	2,591	2,652	2,594
Mn (g ha ⁻¹)	–	0.2	34	744	745	745
Ni (g ha ⁻¹)	–	2	2	4	5	4
Pb (g ha ⁻¹)	–	1	12	15	15	15
Zn (g ha ⁻¹)	–	0.1	10	12	14	14

superfosfát



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Kalkulace bilance živin – odběr živin v biomase se sklizní (Hejčman et al. 2010)

-součet odběru živin v rostlinné biomase z první a druhé seče

Analyzed variable	Treatment						
	P value	A Control	B Ca	C CaN	D CaNP	E CaNPKCl	F CaNPK ₂ SO ₄
Yield (t ha ⁻¹)	<0.001*	2.6 a	3.4 a	3.5 a	5.5 b	8.1 c	7.3 c
N (kg ha ⁻¹)	<0.001*	39 a	54 ab	64 b	72 b	77 b	74 b
P (kg ha ⁻¹)	<0.001*	2.8 a	4.1 a	3.6 a	15.6 b	15.3 b	14.3 b
K (kg ha ⁻¹)	<0.001*	26 a	45 a	30 a	37 a	125 b	98 c
Ca (kg ha ⁻¹)	0.051	26	42	27	38	35	38
Mg (kg ha ⁻¹)	<0.001*	8.1 a	13.6 bc	10.3 ac	14.3 b	12.4 bc	10.3 ac
As (g ha ⁻¹)	0.030*	0.58 a	0.6 a	1.24 b	0.76 ab	0.87 ab	0.76 ab
Cd (g ha ⁻¹)	<0.001*	0.91 a	0.66 a	0.58 a	0.98 a	1.67 b	1.05 a
Cr (g ha ⁻¹)	0.016*	6.5 a	4.5 ab	2.4 b	3.8 ab	5.6 ab	3.8 ab
Cu (g ha ⁻¹)	0.017*	18 a	23 ab	23 ab	25 ab	37 b	31 ab
Fe (g ha ⁻¹)	0.277	1,555	1,163	677	630	880	801
Mn (g ha ⁻¹)	<0.001*	392 a	213 ab	169 b	359 ab	407 a	382 a
Ni (g ha ⁻¹)	0.187	3.6	2.7	2.0	2.4	3.0	2.7
Pb (g ha ⁻¹)	0.117	2.3	1.6	1.1	2.2	2.8	2.5
Zn (g ha ⁻¹)	0.345	105	94	98	113	118	122

Kalkulace bilance živin: VSTUPY – VÝSTUPY ŽIVIN (Hejcman et al. 2010)

depletion (vyčerpávání půdy) – u biogenních prvků (N, P, K - tam kde se jimi nehnojí), všude u některých těžkých kovů a mikroprvků (např. kadmium, zinek)

accumulation (akumulace v půdě) – u biogenních prvků (kde se hnojí), u kovů (arsen, chrom)

Table 7 Annual balance of elements. Negative values indicate the depletion of the element by harvested biomass uptake, whereas positive values indicate a surplus and possible leaching or accumulation of the element in the RGE. Treatment

abbreviations are given in Table 1. Using Tukey's post-hoc test, treatments with the same letter were not significantly different (probability value of 0.05)

Analyzed variable	Treatment						
	P value	A Control	B Ca	C CaN	D CaNP	E CaNPKCl	F CaNPK ₂ SO ₄
N (kg ha ⁻¹)	<0.001*	-39 a	-54 a	36 b	28 b	23 b	26 b
P (kg ha ⁻¹)	<0.001*	-2.8 a	-4.1 a	-3.6 a	19.4 b	19.7 b	20.7 b
K (kg ha ⁻¹)	<0.001*	-26 a	-45 a	-30 a	-37 a	8 b	35 b
As (g ha ⁻¹)	<0.001*	-0.6 a	0.6 b	0.2 b	3.2 c	3.1 c	3.2 c
Cd (g ha ⁻¹)	<0.001*	-0.9 ab	-0.6 a	-0.5 a	-0.7 a	-1.3 b	-0.7 a
Cr (g ha ⁻¹)	<0.001*	-6.5 a	-4.2 ab	-1.8 b	316 c	315 c	316 c
Cu (g ha ⁻¹)	<0.001*	-18 a	-14 ab	-12 ab	9 c	-1 bc	6 c
Fe (g ha ⁻¹)	<0.001*	-1,555 a	-1,159 a	-528 a	1,961 b	1,772 b	1,793 b
Mn (g ha ⁻¹)	<0.001*	-392 a	-213 ab	-135 b	385 c	339 c	362 c
Ni (g ha ⁻¹)	<0.001*	-3.6 a	-1 b	0.3 bc	1.1 c	1.5 c	0.9 c
Pb (g ha ⁻¹)	<0.001*	-2.3 a	-1 a	10.4 b	13.4 c	12.2 bc	12.4 bc
Zn (g ha ⁻¹)	0.345	-105	-94	-89	-100	-104	-108

*P value significant (probability value obtained from one-way ANOVA)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

KALKULACE BILANCE FOSFORU V PŮDĚ NA PASTVINĚ ... Whitehead (2000)

VSTUPY (intensive): $25 + 1 = 26 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$

VÝSTUPY (intensive): $12 + 1 + 5 = 18 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$

BILANCE (intensive): $23 - 18 = +8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ je čisté zvýšení hladiny fosforu v půdě

Table 6.12. Estimated P balances ($\text{kg P ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) typical of three systems of grassland management: intensively managed grass, moderately intensive grass-clover and extensive grass, all grazed by cattle (except during the winter) in UK conditions (based on data from Parfitt, 1980; Aarts *et al.*, 1992; Haygarth *et al.*, 1998).

	Intensive grass (dairy cows)	Grass-clover (beef cattle)	Extensive grass (beef cattle)
Inputs			
Fertilizer	25	15	0
Atmosphere	1	1	1
Outputs			
Milk/live-weight gain	12	2	0.8
Leaching/runoff	1	2	0.1
Loss through excretion off sward	5	0.0	0.0
Gain (loss) to soil	8	12	0.1



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



CZ.1.07/2.2.00/28.0149

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ