

# *HNOJENÍ A DRUHOVÉ SLOŽENÍ TRAVNÍCH POROSTŮ*

*aneb*

*Co nám mohou říct dlouhodobé  
pokusy?*

*MICHAL HEJCMAN*



*Katedra ekologie  
Fakulta životního prostředí  
Česká zemědělská univerzita v Praze*

# 1. HISTORIE HNOJENÍ aneb Hnojilo se již od neolitu?



*Ing. Ludvík Hejman, Velký Vřeštov v  
Podkrkonoší*

**Nepřímé hnojení** – podpora druhů schopných poutat N<sub>2</sub>

# 1. HISTORIE HNOJENÍ aneb Hnojilo se již od neolitu?



• Neolitická rodová chata – Březno u Loun

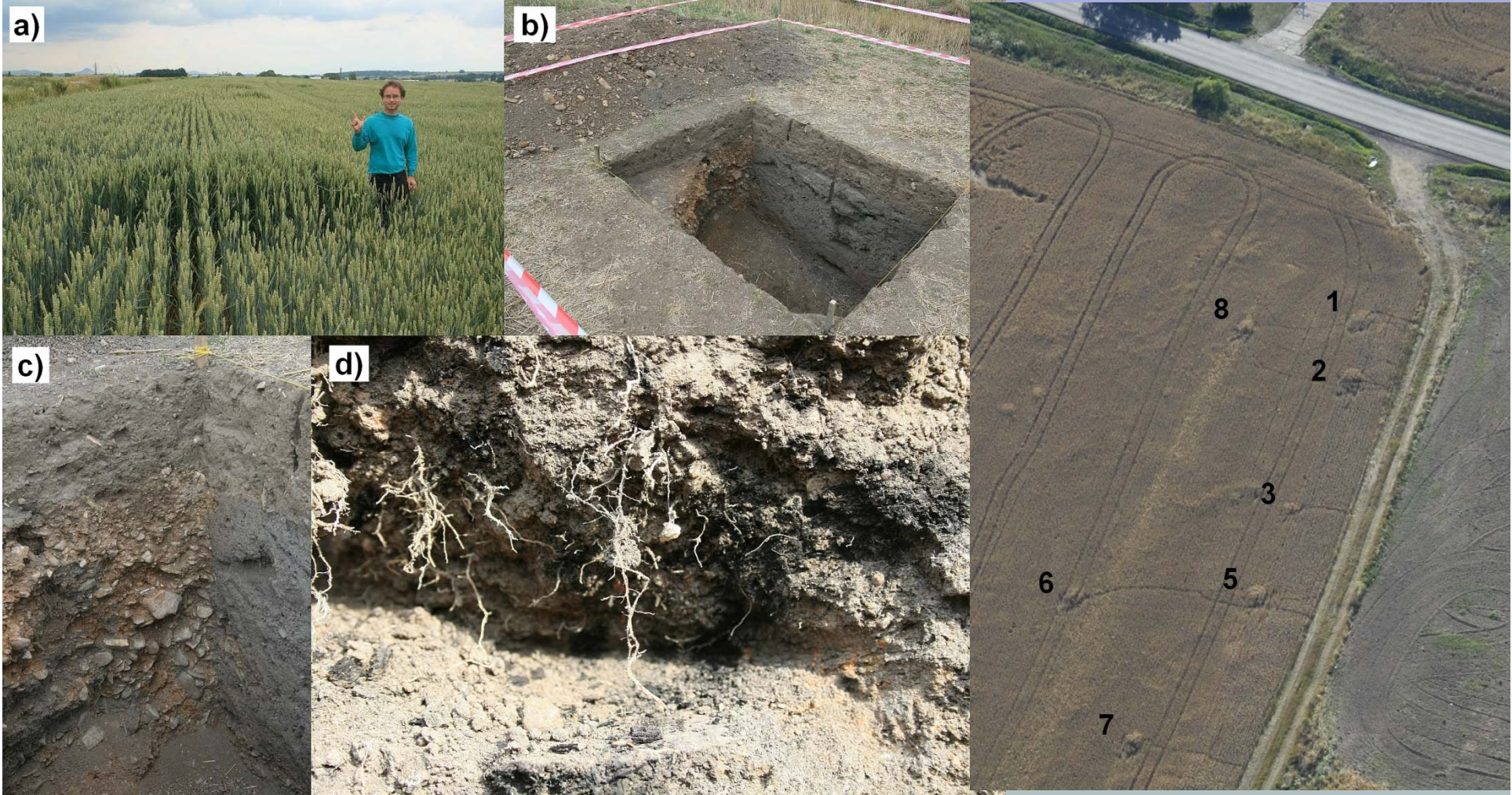
**Žďáření** – získávání zemědělské půdy pomocí  
ohně

**Popel** – organo-minerální hnojivo, pH = 10.6, Ca =  
15%, P = 1%, K = 3%, Mg = 1%

**Přímé hnojení** – aplikace minerálního nebo organického hnojiva

**Hejzman M., Pavlů V. (2010): Hnojení – novodobý nástroj nebo odvěká  
součást zemědělství? *Vesmír* 89 (10): 598–601.**

# Popel – nedílná součást jakékoli sídelní aktivity



Hejcman M., Ondráček J., Smrž Z. (2010): Ancient waste pits with wood ash irreversibly increase crop production in Central Europe. *Plant and Soil*. In press.

# Nitrofílie – je řízena dostupností fosforu



- Kopřiva dvoudomá na hromadě popela, který má minimální dostupnost N!
- Obsah celkového dusíku v půdě je často negativně korelován s produkcí biomasy (nitrofílií)!

## Příjem prvků a pH

- Příjem fosforu je často zodpovědný za kalcifilní a kalcifóbní chování druhů (*Tyler 1996*)
- U dalších druhů je to příjem železa
- Velký vliv i příjem N
- Druhově bohaté travní porosty: P koncentrace v půdě vždy **do 5 mg/100g** (EDTA, *Janssens et al. 1998*)
- Nejvyšší druhová pestrost vždy zaznamenána pod optimální úrovní koncentrace P v půdě pro výživu většiny druhů rostlin.
- Pro K je maximální druhová početnost v optimu.



# Koncentrace živin v sídelních, výrobních a pohřebních areálech



**Kolik P obsahuje  
nebožtík a jak se  
pozná, kde se rozložil?**

**Hejcman M., Smrž Z. (2010):  
Cropmarks in stands of  
cereals, legumes and winter  
rape indicate sub-soil  
archaeological features in  
the agricultural landscape of  
Central Europe. *Agriculture,  
Ecosystems and  
Environment* 138: 348–354.**

# *1. HISTORIE HNOJENÍ aneb* Hnojilo se již od neolitu?



**Košárování** – přímé organické hnojení založené na transportu živin v krajině pomocí zvířat



# 1. HISTORIE HNOJENÍ

- Vznik pestré škály vegetačních jednotek vlivem transportu organické hmoty (a hnojení) v krajině



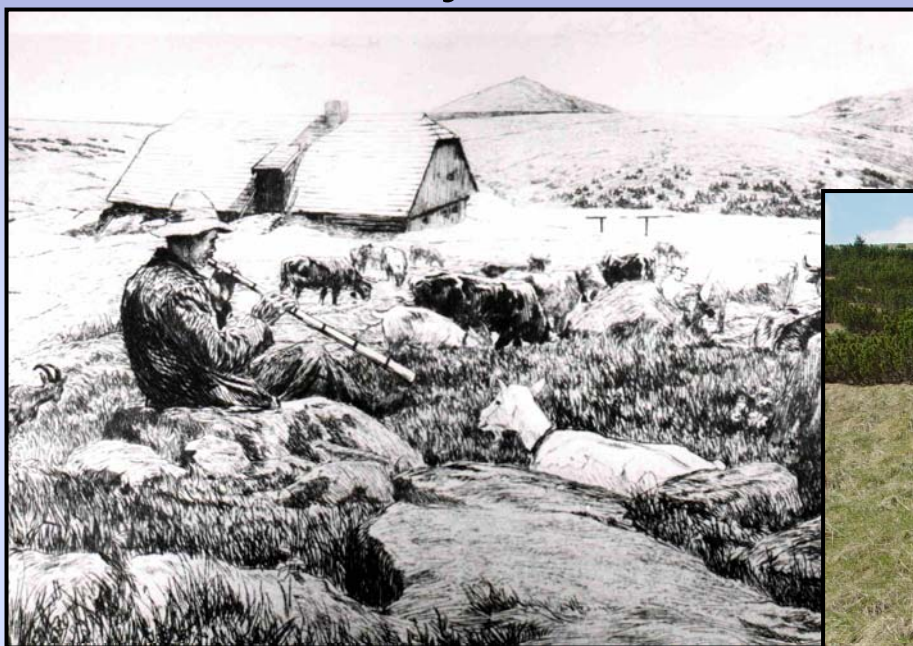
Hrabání steliva



Transport sena v Krkonoších,  
Kozí Hřbety, poč. 20. stol.

# 1. HISTORIE HNOJENÍ

- Kejdové hospodářství v Krkonoších již od 16. století, využívání i dřevěného popela



Letní boudy na hřebenech Krkonoš



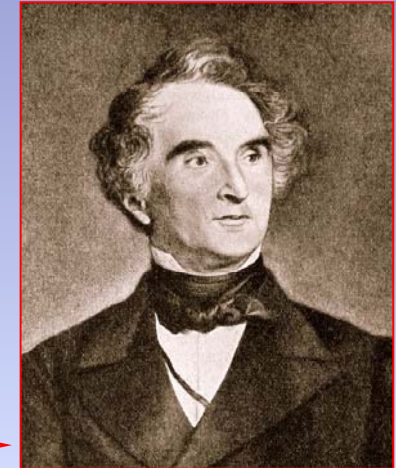
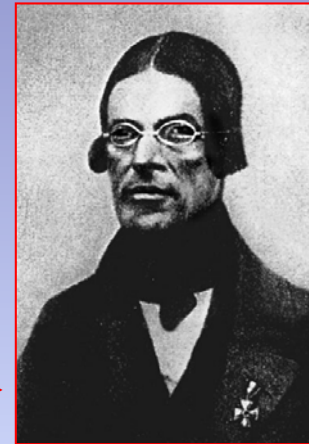
# *1. HISTORIE HNOJENÍ kejdové hospodářství v Krkonoších*



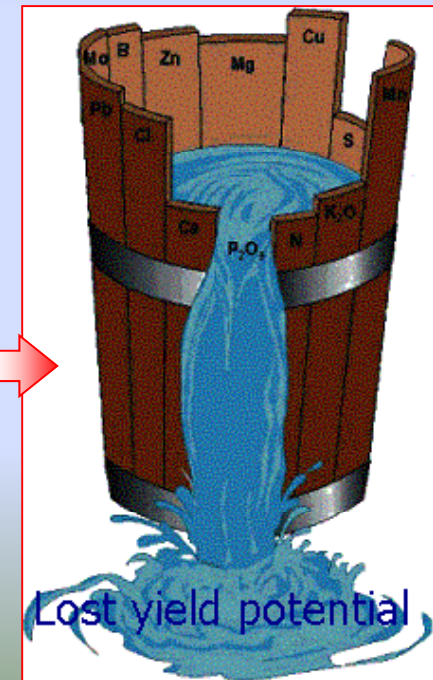
Jímky na kejdu v první zóně KRNAP

## 2. TEORIE MINERÁLNÍ VÝŽIVY ROSTLIN

- **HUMUSOVÁ TEORIE** – rostliny využívají již hotové organické sloučeniny, které získávají z půdy
- **Carl Sprengel**: 1826 – zavrhnul humusovou teorii, 1828 – **základy zákona minima**
- **Justus von Liebig**: 1840 a 1856 – publikoval knihy, v nichž prezentoval **minerální teorii a zákon minima** bez citování předchozích prací Sprengela




**SPRENGEL-LIEBIGŮV ZÁKON MINIMA**  
pro růst rostlin je limitující ten prvek, který je v minimu (*van der Ploeg et al. 1999*)



- **Ústí nad Labem (1856)**: zahájení výroby superfosfátu (*Vaněk et al. 2002*)

# Reklamy na hnojiva v učebnicích z 19. a počátku 20. století



**Výnosnost**

výroby živočišné je zajištěna jen tehdy, je-li zabezpečena dostatkem statkového krmiva, jehož výroba a jakost může být zaručena jen plným hnojením, jež zůstává stále nejlevnějším výrobním prostředkem.

**Všechny 4 hlavní živiny**

**dusík  
fosfor  
draslo  
vápn**

plnohodnotné všestranné hnojivo,  
bez obav jednostranného hnojení,  
úspora dovozu při hnojení vzdálených pozemků,  
místa uskladnění,  
míchání,  
rozhazování,  
bezvadná stejnoměrnost smíchání, okamžitá pohotovost k použití,  
**výborný výsledek u všech kultur pícninářských zaručuje**  
naše hnojivo


**CITRAMFOSKA**

Vyrábí  
**Čsl. továrny na dusíkaté látky**  
Moravská Ostrava III.

**Nejen výnosy ale i jakost píce**

závisí velmi na kys. fosforečné, které je v našich půdách nedostatek. Nejvhodnější náhrada kyseliny fosforečné pro louky, pastviny, jeteloviny, krmné obiloviny, okopniny i silážní plodiny

zaručí



**THOMASOVA  
MOUČKA**

značka

**ČTVERLÍSTEK**

Výrobek

**Pražské železářské společnosti v Praze**

Vyznačuje se vysokým obsahem kys. fosforečné a výbornou rozpustností

Pícniny hnojené Thomasovou moučkou odstraní  
**nedostatkové choroby, v našich chlévech  
v době zimní působících mnoho škod**

## 2. JAK ZJISTIT LIMITUJÍCÍ ŽIVINU?

- Využití krátkodobých pokusů s hnojením travních porostů (*Gusewell et al. 2005*)
- Znalost limitující živiny je důležitá pro ochranu druhové pestrosti travních porostů! N – podpora ostřic, NP – vysokých trav, P- podpora jetelovin
- V travních porostech:
  - 1) limitace celkové produkce biomasy,
  - 2) limitace každého druhu zvlášť
- Listové analýzy – kritický poměr mezi N/P
- Mokřady: optimální poměr 14 – 16, <14 limitující N, >16 limitující P



ostřice kulkonosná



jetel luční



medyněk vlnatý

### 3. DUSÍKATÉ HNOJENÍ

*Je N hnojení hlavní příčinou vymizení chráněných druhů z travních porostů?*

- Vliv N hnojení je řízen dostupností ostatních živin, zejména P (smilka, N/P = 16/1) →
- Negativní vliv aplikace N na druhovou pestrost se projeví pouze pokud je N limitující živinou (psárka, N/P = 8/1) ↘
- Rozdíl mezi „krátkodobou“ a „dlouhodobou“ aplikací N hnojiv (ostřice prosová, N/P = 18/1) ↶



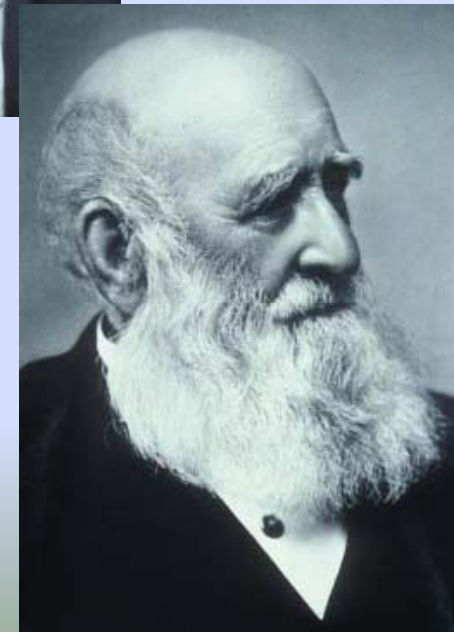
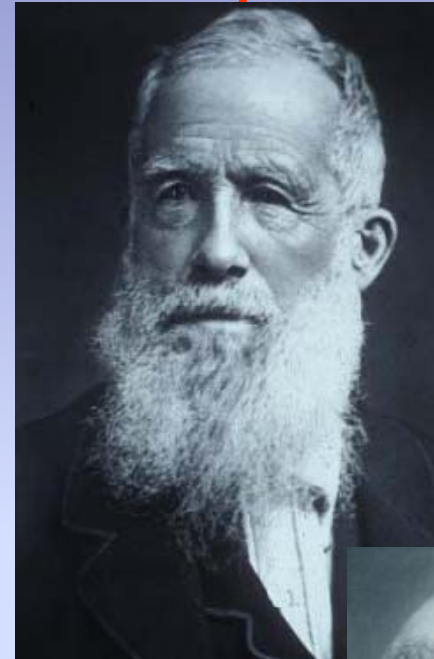
# Broadbalk wheat experiment (Rothamsted UK)

**Sir John Bennet Lawes**

**Založení pokusu: 1843**

**Kontinuální pěstování pšenice**

**Varianty hnojení: hnůj, minerální  
N, P a K hnojiva, kombinace hnoje  
a minerálních hnojiv**  
kontrola bez hnojení



**Sir Joseph Henry Gilbert**



# Broadbalk wheat experiment (UK)



# Park Grass Experiment (Rothamsted)

- Založen 1856
- Archiv půdních vzorků  
a vzorků biomasy



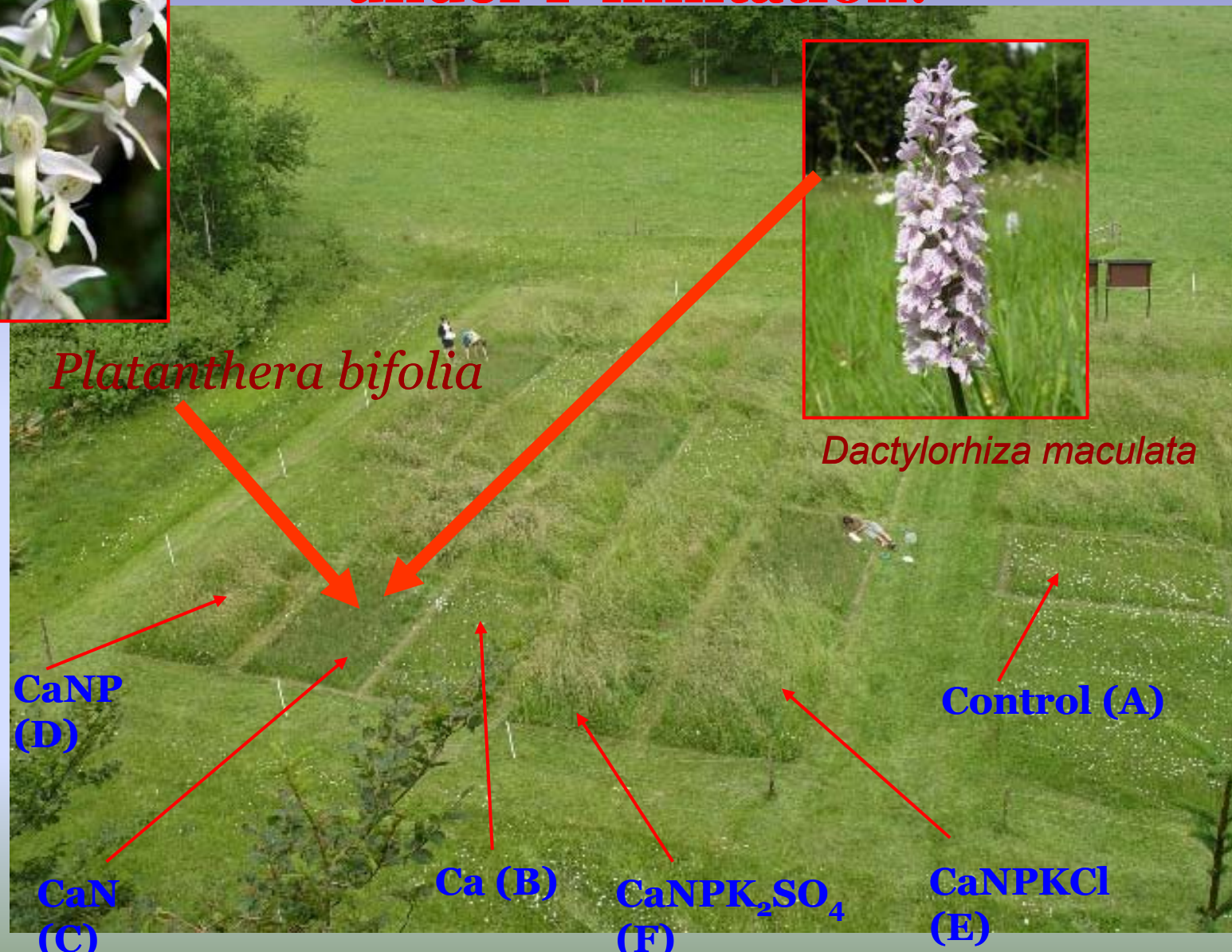
# Rengen Grassland Experiment: přežijí orchideje dlouhodobou aplikaci N?

- Pokus založen v roce 1941 prof. Ernestem Klappem
- Dominantní druhy v době založení:  
*Nardus stricta*,  
*Calluna vulgaris*
- Jak je produkce píce a její kvalita ovlivněna hnojením?



Hejcman M., Klaudisová M., Schellberg J., Honsová D. (2007): The Rengen Grassland Experiment: plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 259-266.

# The Rengen Grassland Experiment (RGE): Orchids survive 65 years of N application under P limitation!



*Platanthera bifolia*

*Dactylorhiza maculata*

CaNP  
(D)

Control (A)

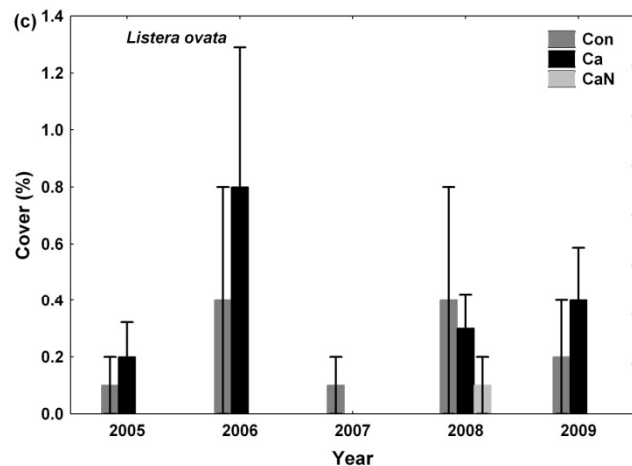
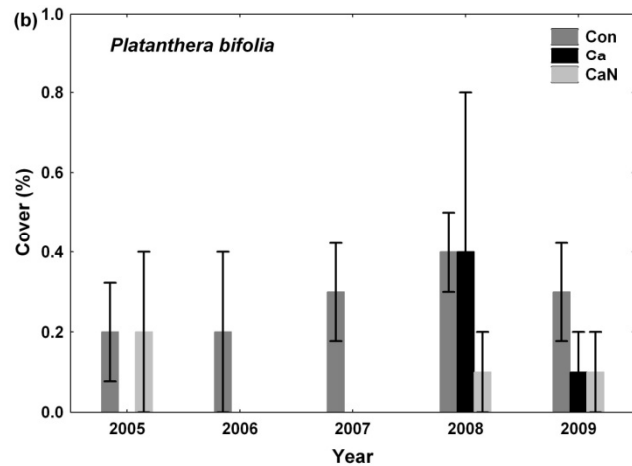
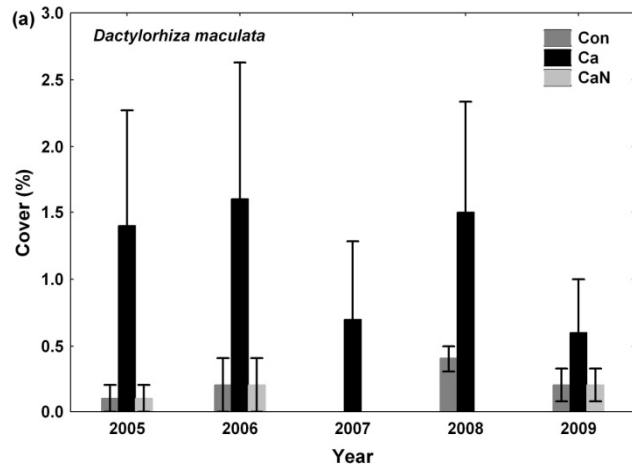
CaN  
(C)

Ca (B)

CaNPK<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
(F)

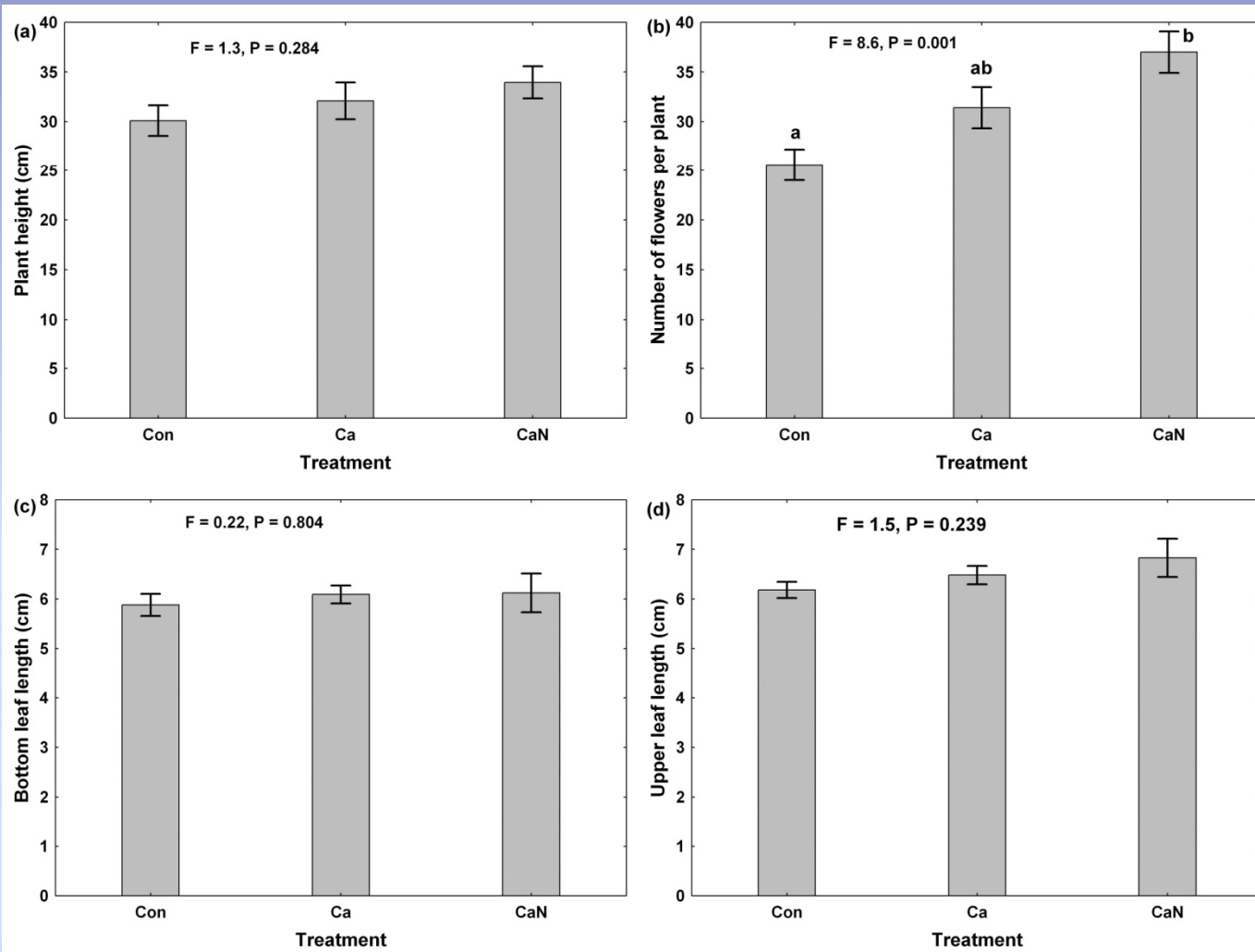
CaNPKCl  
(E)

# Rengen Grassland Experiment: orchideje přežijí dlouhodobou aplikaci $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (100 kg N/ha)



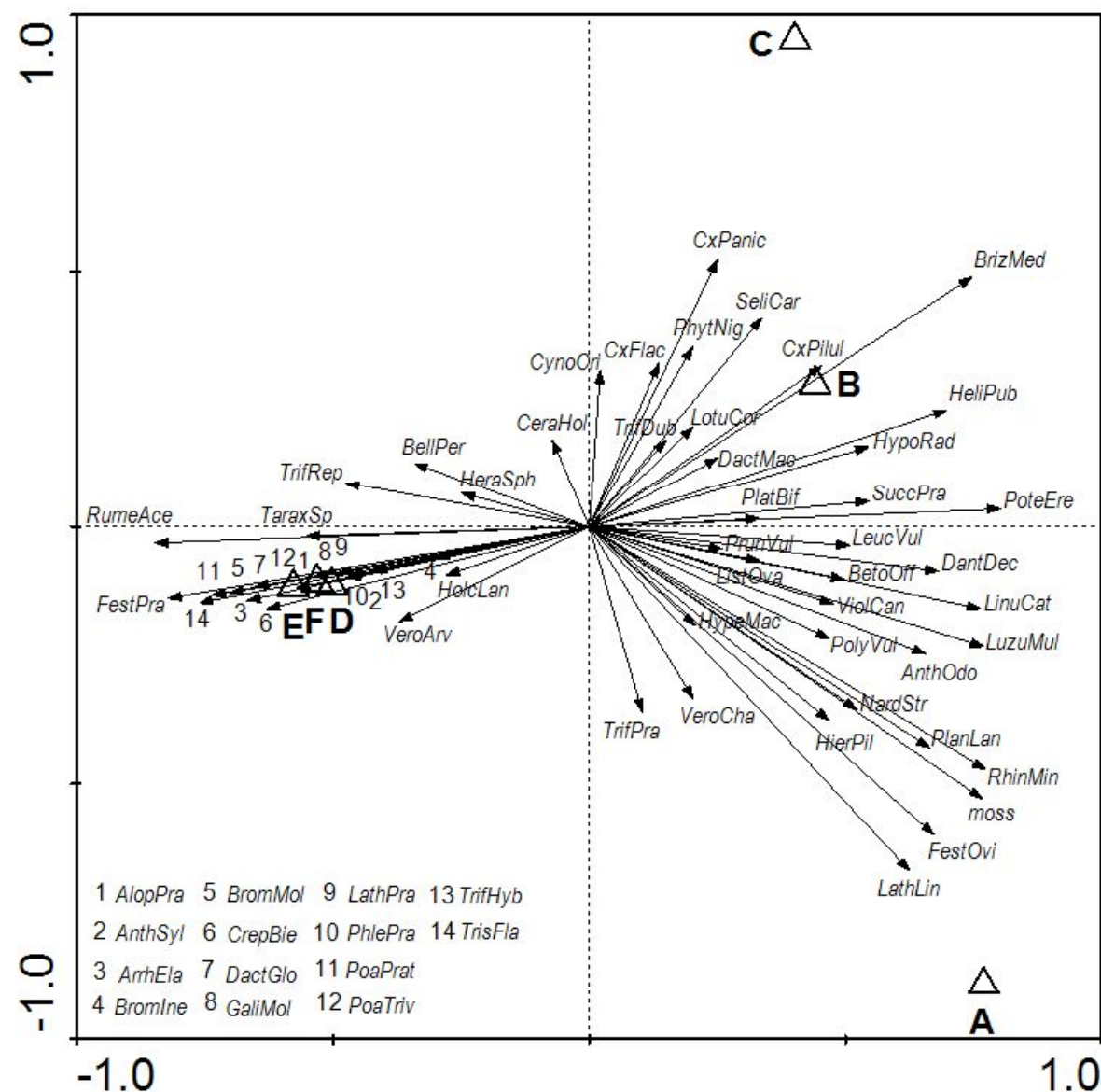
Hejcman M., Schellberg J., Pavlů V. (2010): *Dactylorhiza maculata*, *Platanthera bifolia* and *Listera ovata* survive N application under P limitation. *Acta Oecologica*. In press.

# Rengen Grassland Experiment: vliv hnojení na velikost *Listera ovata*



Hejzman M., Schellberg J., Pavlů V. (2010): *Dactylorhiza maculata*, *Platanthera bifolia* and *Listera ovata* survive N application under P limitation. *Acta Oecologica*. In press.

# Rengen Grassland Experiment: vliv hnojení na druhové složení cévnatých rostlin



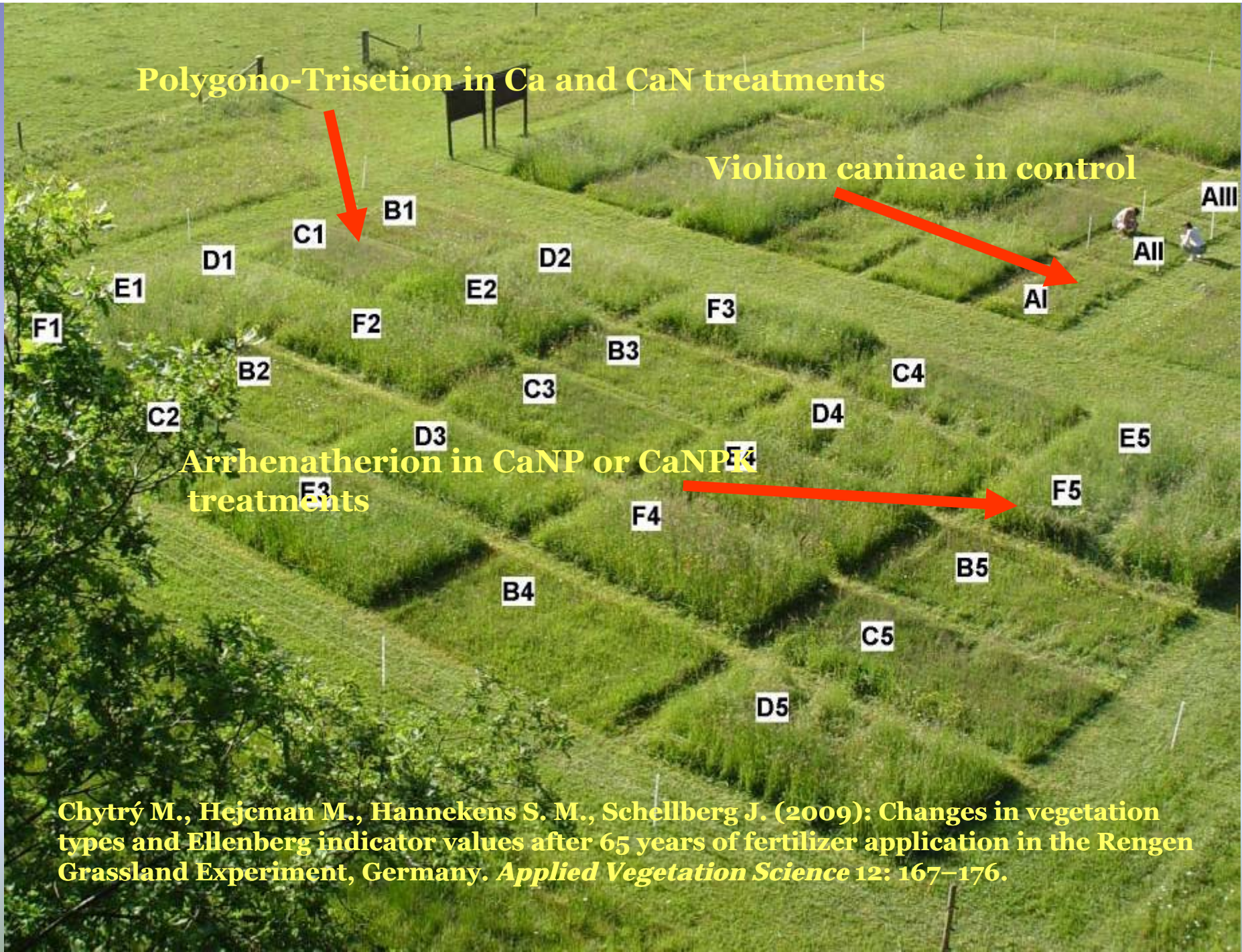
Hejzman M., Klauisová M., Schellberg J., Honsová D. (2007): The Rengen Grassland Experiment: plant species composition after 64 years of fertilizer application. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 259-266.

**Polygono-Trisetion in Ca and CaN treatments**

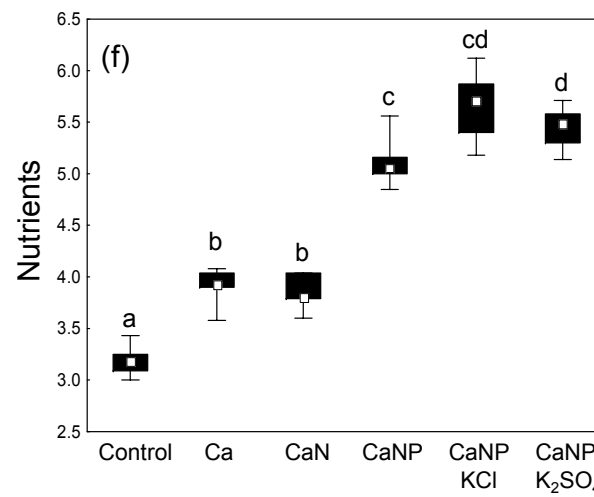
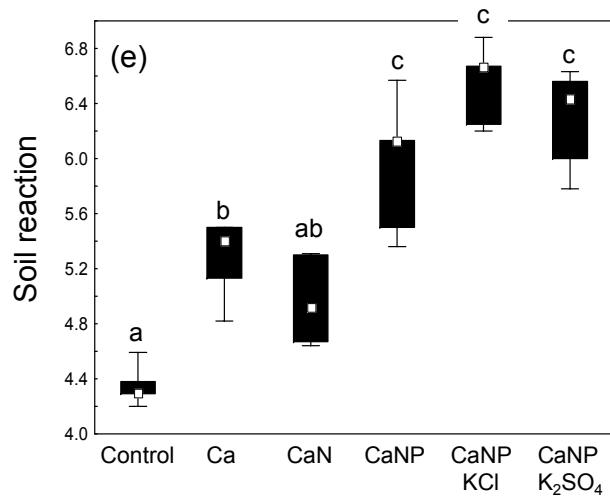
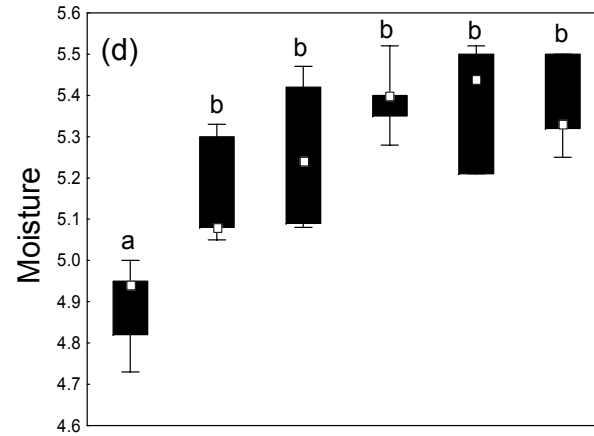
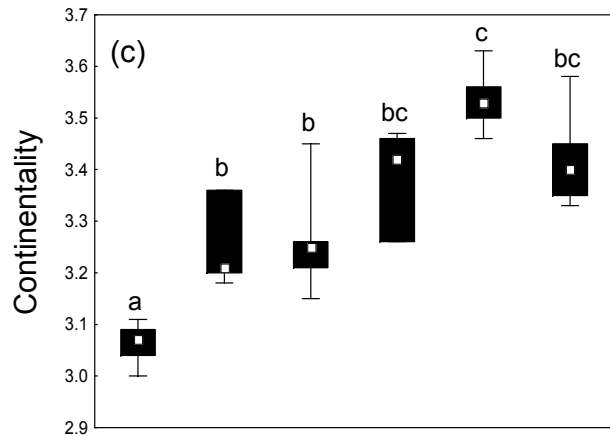
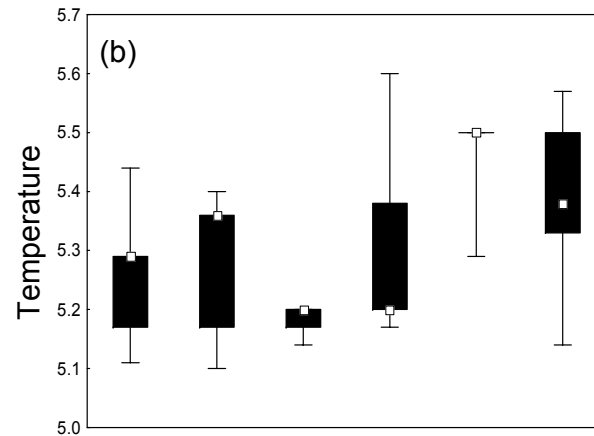
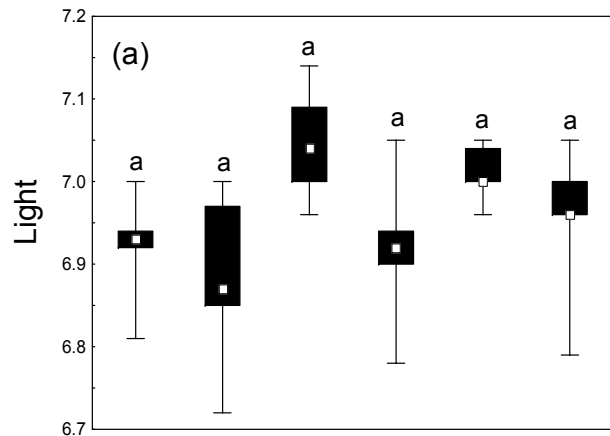
**Violion caninae in control**

**Arrhenatherion in CaNP or CaNPK treatments**

**Chytrý M., Hejcman M., Hannekens S. M., Schellberg J. (2009): Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application in the Rengen Grassland Experiment, Germany. *Applied Vegetation Science* 12: 167–176.**



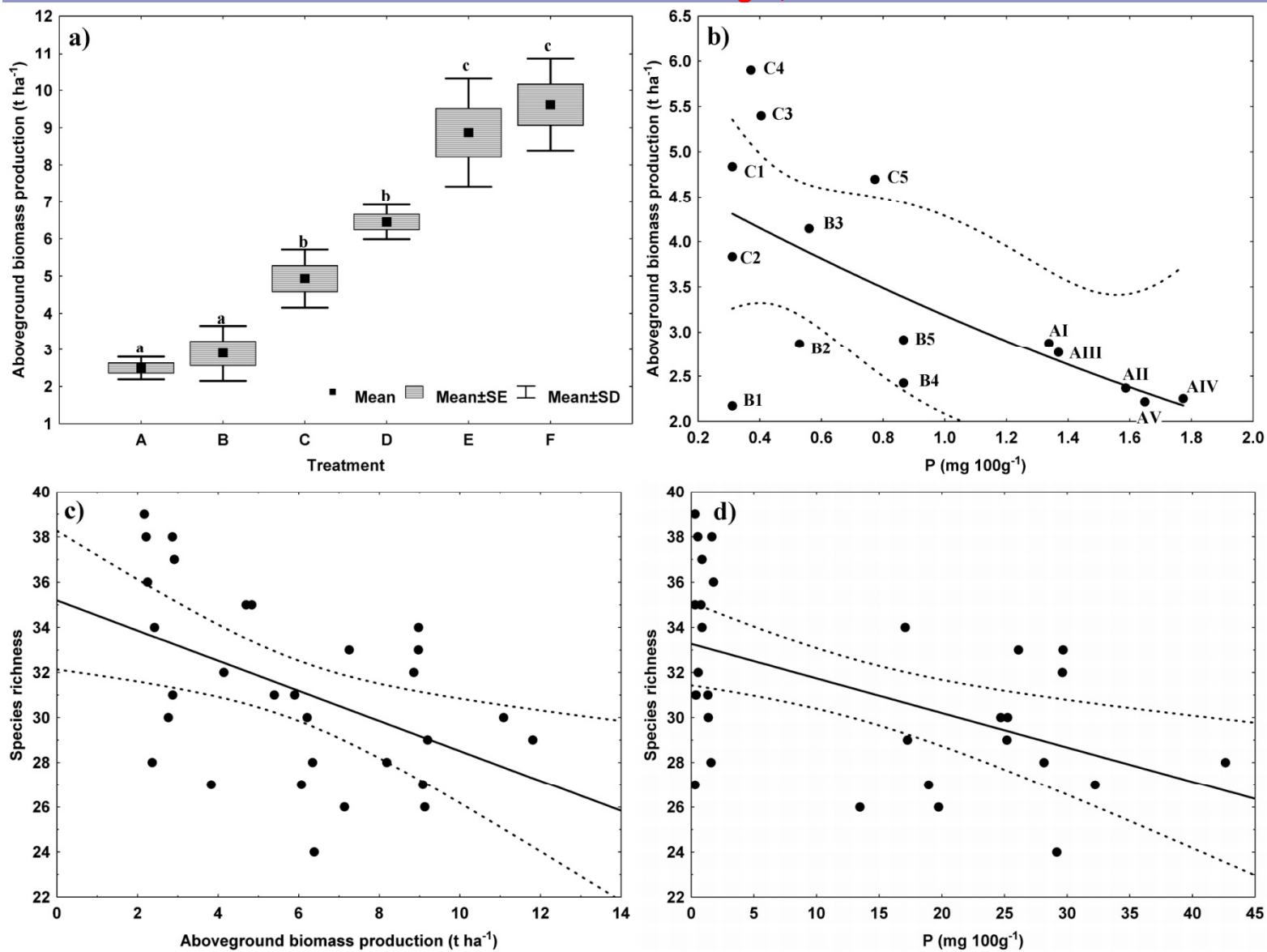




## Ellenberg indicator values

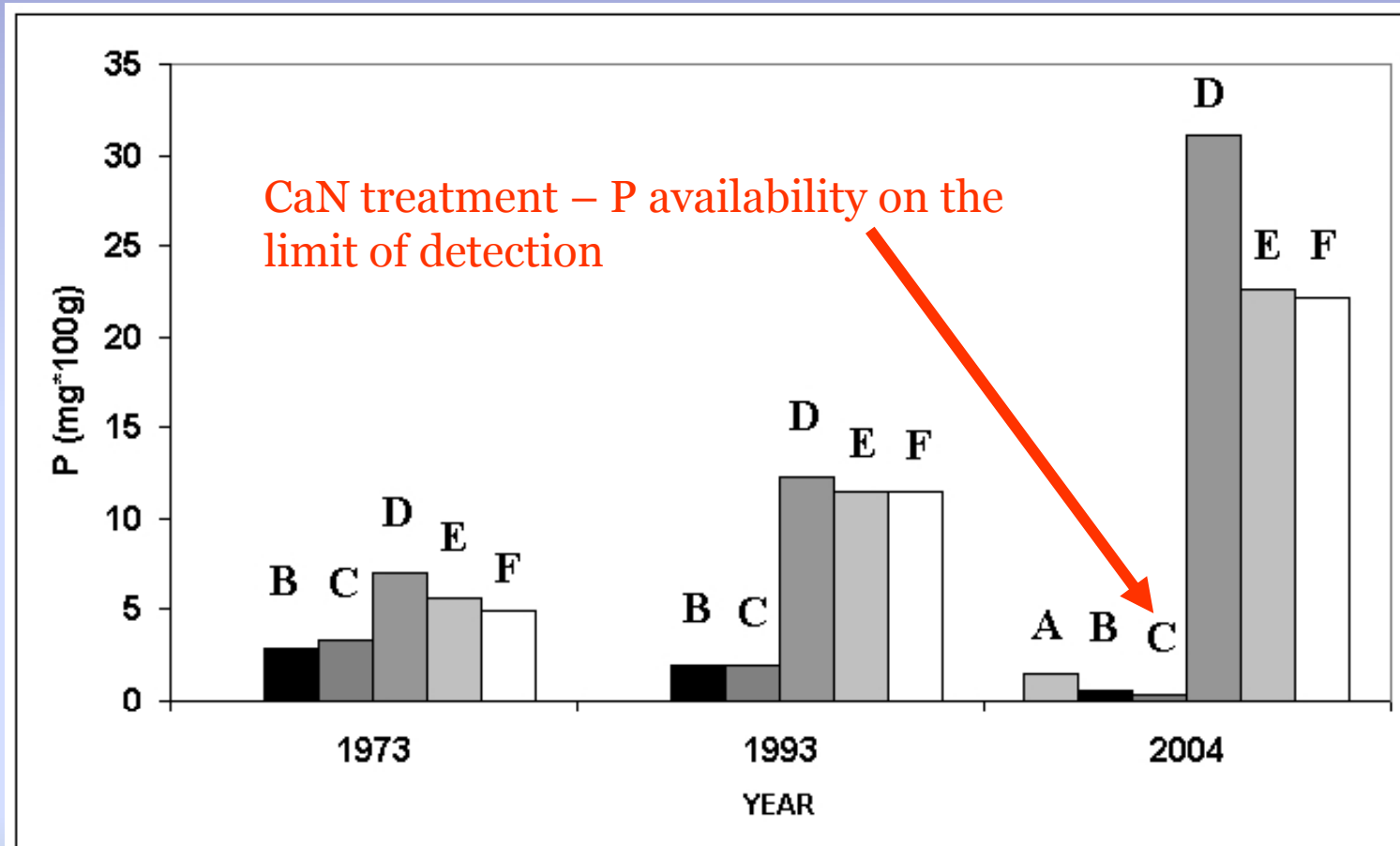
- Chytrý M., Hejcman M., Hannekens S. M., Schellberg J. (2009): Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application in the Rengen Grassland Experiment, Germany. *Applied Vegetation Science* 12: 167–176.**

# Produkce biomasy, druhová bohatost



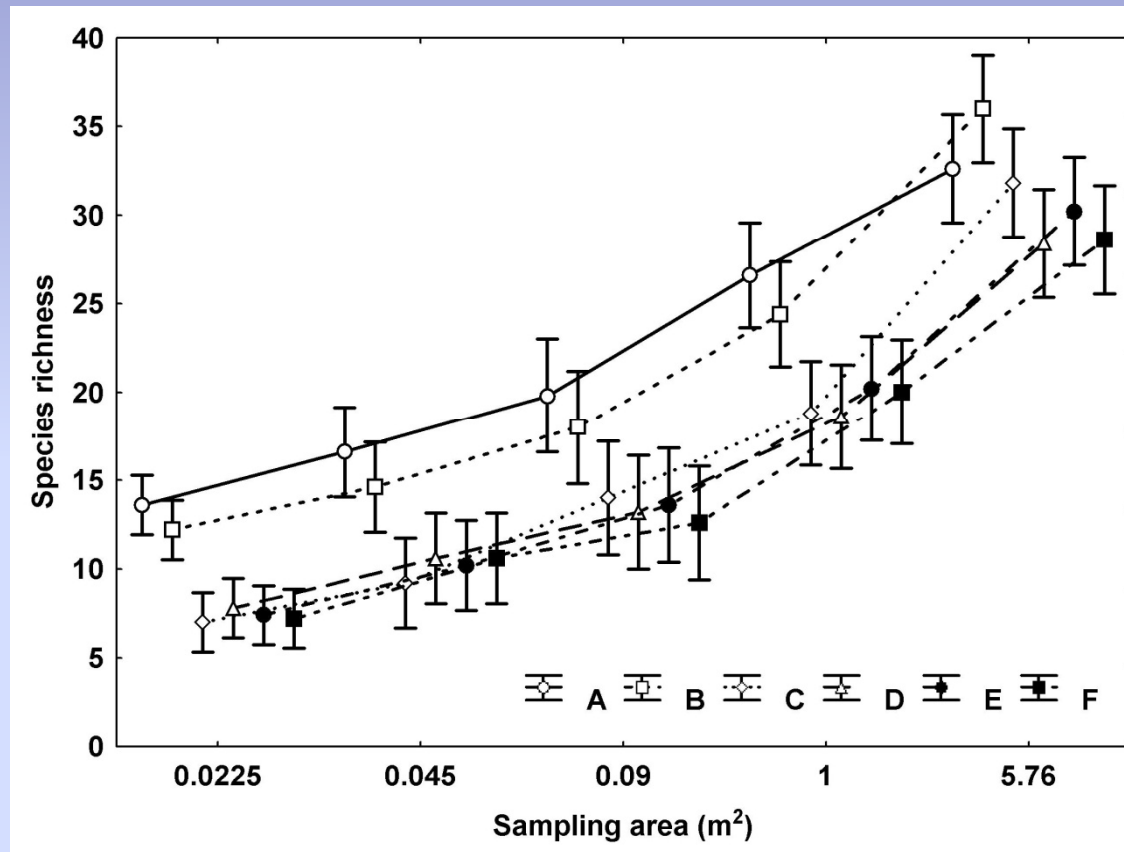
Hejzman M., Češková M., Schellberg J., Pätzold S. (2010): The Rengen Grassland Experiment: effect of soil chemical properties on biomass production, plant species composition and species richness. *Folia Geobotanica* 45: 125-142.

# The Rengen Grassland Experiment (RGE): Decrease in P availability can be stimulated by long-term N application!



Hejerman M., Klaudivová M., Schellberg J., Patzold S. (2010): The Rengen Grassland Experiment: effect of soil chemical properties on biomass production, plant species composition and species richness. *Folia Geobotanica* 45: 125-142.

# Vliv prostorové škály na počet druhů

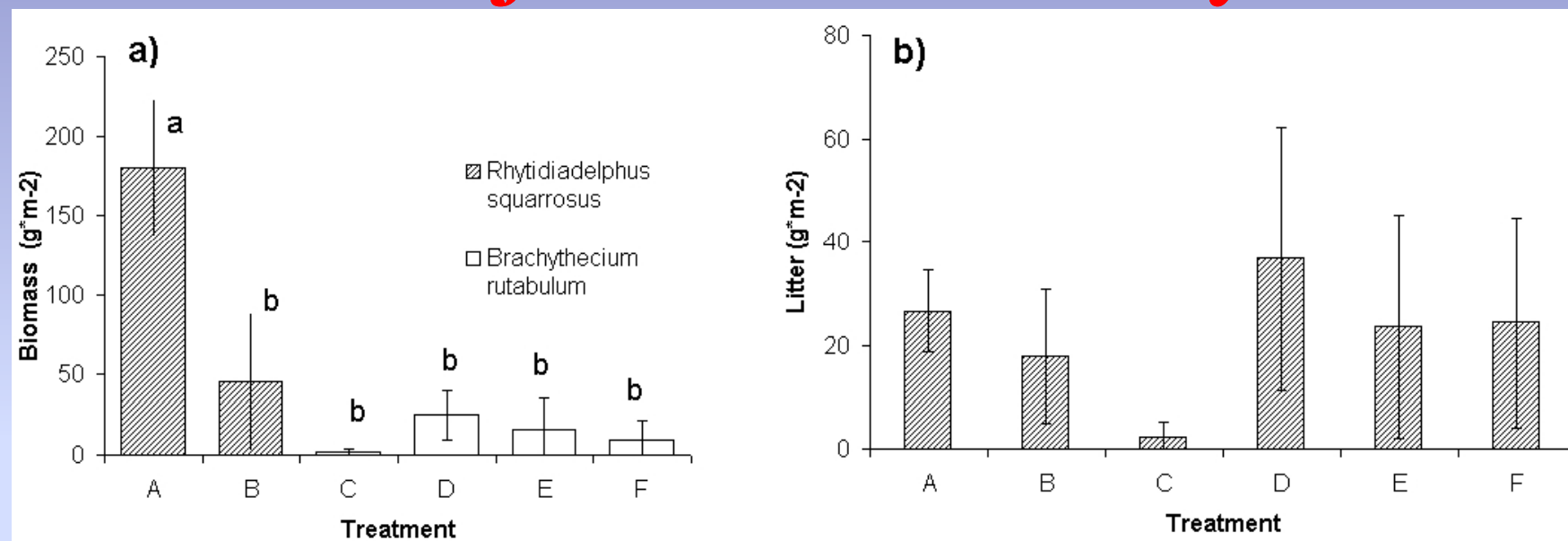


**Hejzman M., Češková M., Schellberg J., Pätzold S. (2010): The Rengen Grassland Experiment: effect of soil chemical properties on biomass production, plant species composition and species richness. *Folia Geobotanica* 45: 125-142.**



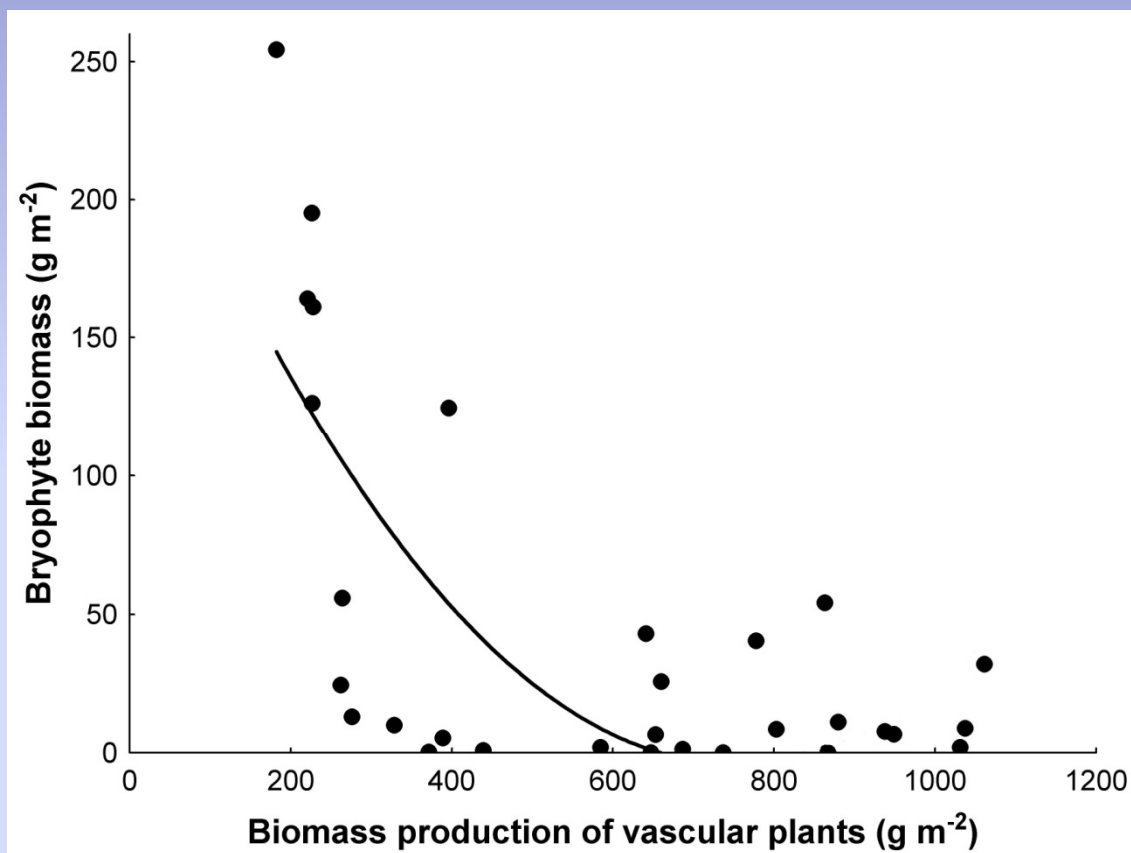
**Rengen Grassland  
Experiment: vliv hnojení  
na mechová společenstva**

# Rengen Grassland Experiment: vliv hnojení na mechorosty



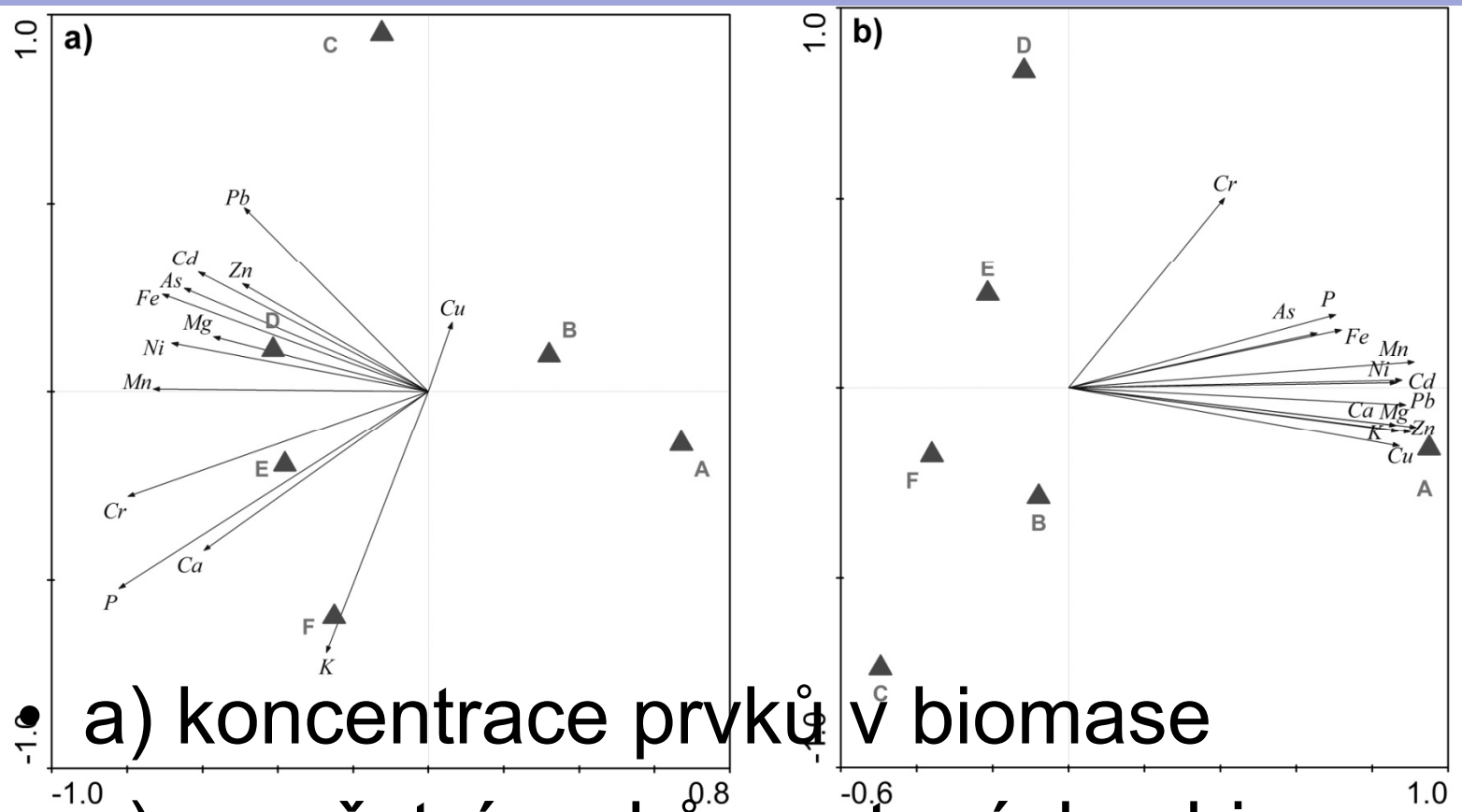
Hejcman M., Száková J., Schellberg J., Šrek P., Tlustoš P., Balík J. (2010): The Rengen Grassland Experiment: bryophytes biomass and element concentrations after 65 years of fertilizer application. *Environmental Monitoring and Assessment* 166: 653–662.

# Rengen Grassland Experiment: vliv hnojení na mechorosty



Hejcman M., Száková J., Schellberg J., Šrek P., Tlustoš P., Balík J. (2010): The Rengen Grassland Experiment: bryophytes biomass and element concentrations after 65 years of fertilizer application. *Environmental Monitoring and Assessment* 166: 653–662.

# Rengen Grassland Experiment: vliv hnojení na mechorosty



- a) koncentrace prvků v biomase
- a) množství prvků poutaných v biomase

Hejcman M., Száková J., Schellberg J., Šrek P., Tlustoš P., Balík J. (2010): The Rengen Grassland Experiment: bryophytes biomass and element concentrations after 65 years of fertilizer application. *Environmental Monitoring and Assessment* 166: 653–662.



# Rengen Grassland Experiment: akumulace rizikových prvků v půdě vlivem dlouhodobého hnojení

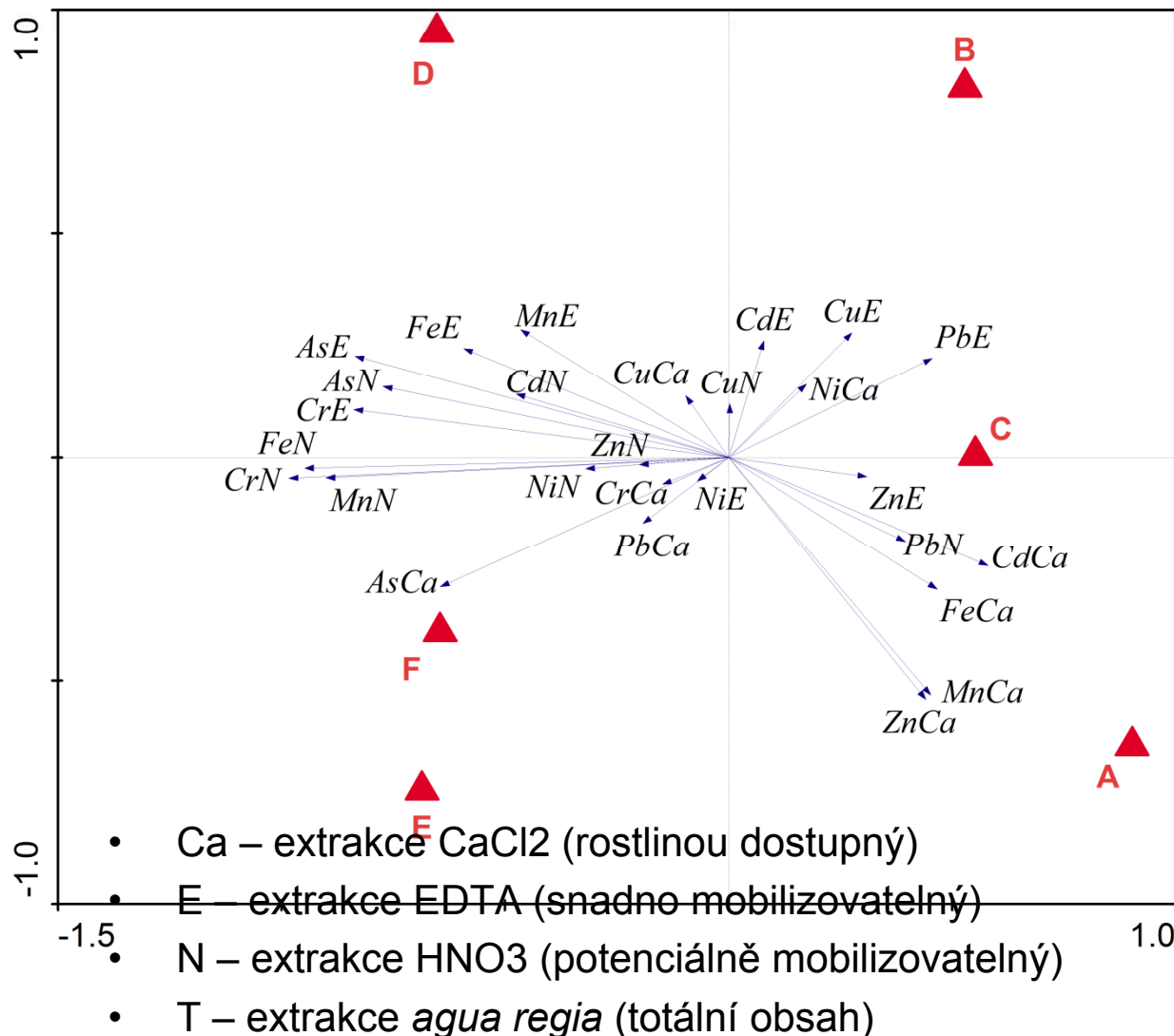
Table 2

Amounts of trace elements ( $\text{g ha}^{-1}$ ) supplied annually to the treatments since 1941 (according to Hejcman et al. 2009).

treatment	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	1.19	0.05	0.30	9.12	3.77	0.22	1.70	0.60	0.10
C	1.42	0.11	0.56	11.10	149.13	33.80	2.25	11.54	9.48
D	3.95	0.34	319.30	34.19	2590.97	744.13	3.50	14.63	12.39
E	4.02	0.38	320.49	35.89	2652.33	745.31	4.48	15.04	13.73
F	4.02	0.35	319.32	37.00	2594.27	744.87	3.60	14.90	14.23

**Hejcman M., Száková J., Schellberg J., Šrek P., Tlustoš P. (2009): The Rengen Grassland Experiment: soil contamination by trace elements after 65 years of Ca, N, P and K fertiliser application. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 83: 39–50.**

# Rengen Grassland Experiment: akumulace rizikových prvků v půdě (0 – 10 cm) vlivem dlouhodobého hnojení



Hejzman M., Száková J., Schellberg J., Šrek P., Tlustoš P. (2009): The Rengen Grassland Experiment: soil contamination by trace elements after 65 years of Ca, N, P and K fertiliser application. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 83: 39–50.

# Rengen Grassland Experiment: vztah mezi obsahem prvků v půdě, aplikací hnojivy, odběrem sklizenou biomasou, koncentrací v biomase a produkcí biomasy

Hejcman M., Száková J., Schellberg J., Tlustoš P. (2010): The Rengen Grassland Experiment: relationship between soil and biomass chemical properties, the amount of applied elements and their uptake. *Plant and Soil* 333: 163–179.

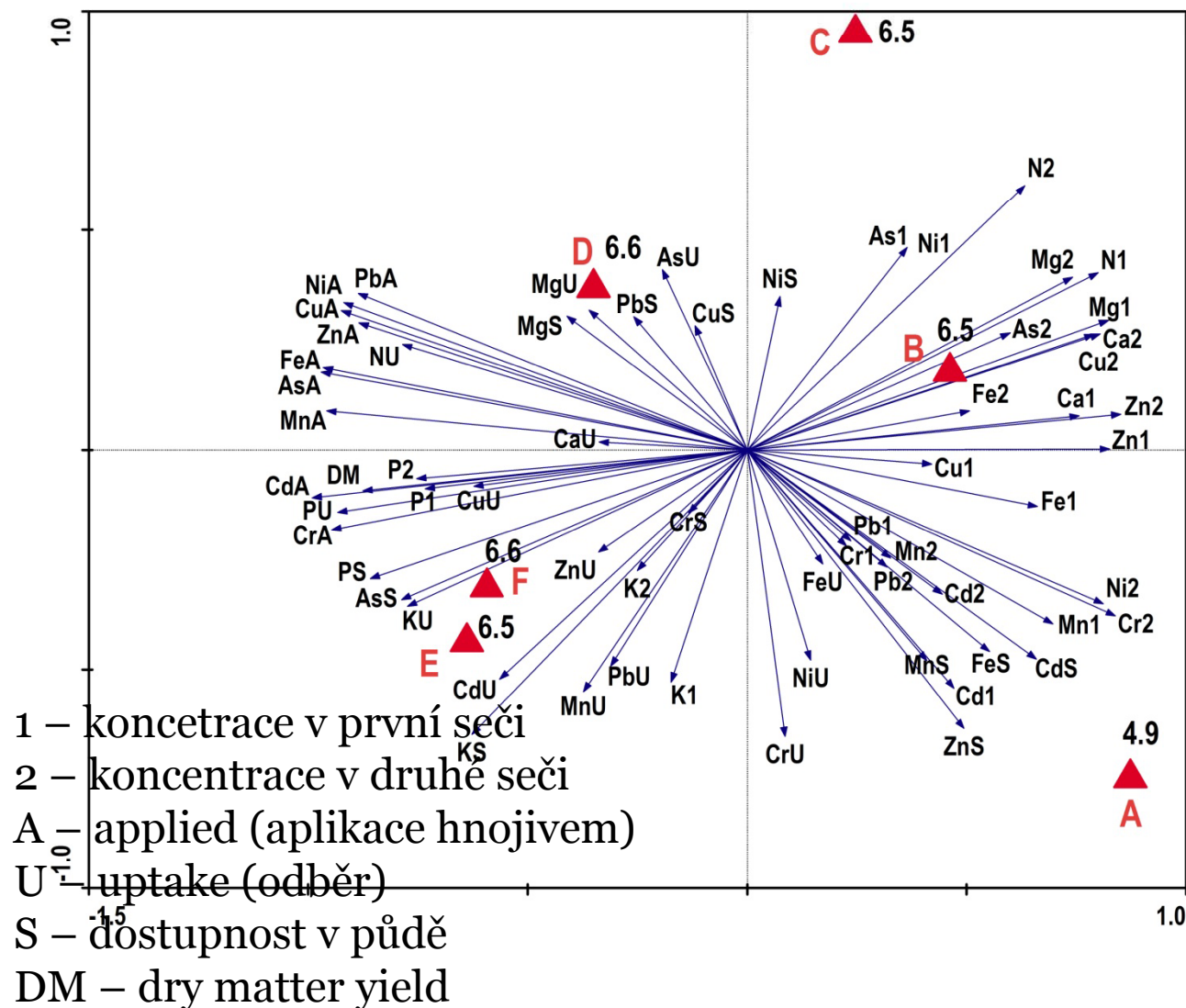


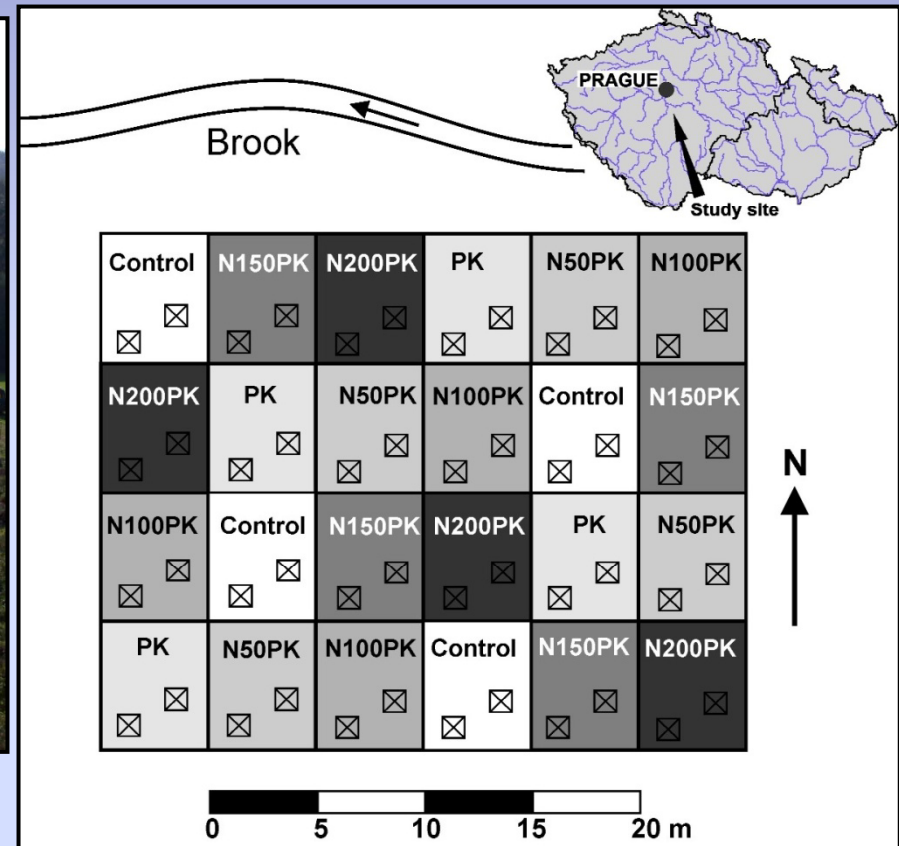
Table 7 Annual balance of elements. Negative values indicate the depletion of the element by harvested biomass uptake, whereas positive values indicate a surplus and possible leaching or accumulation of the element in the RGE.

Analyzed variable	P value	Treatment					
		A Control	B Ca	C CaN	D CaNP	E CaNPKCl	F CaNPK,SO <sub>4</sub>
N (kg ha <sup>-1</sup> )	<0.001	-39 <sup>a</sup>	-54 <sup>a</sup>	36 <sup>b</sup>	28 <sup>b</sup>	23 <sup>b</sup>	26 <sup>b</sup>
P (kg ha <sup>-1</sup> )	<0.001	-2.8 <sup>a</sup>	-4.1 <sup>a</sup>	-3.6 <sup>a</sup>	19.4 <sup>b</sup>	19.7 <sup>b</sup>	20.7 <sup>b</sup>
K (kg ha <sup>-1</sup> )	<0.001	-26 <sup>a</sup>	-45 <sup>a</sup>	-30 <sup>a</sup>	-37 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	35 <sup>b</sup>
As (g ha <sup>-1</sup> )	<0.001	-0.6 <sup>a</sup>	0.6 <sup>b</sup>	0.2 <sup>b</sup>	3.2 <sup>c</sup>	3.1 <sup>c</sup>	3.2 <sup>c</sup>
	<0.001	-0.9 <sup>ab</sup>	-0.6 <sup>a</sup>	-0.5 <sup>a</sup>	-0.7 <sup>a</sup>	-1.3 <sup>b</sup>	-0.7 <sup>a</sup>
Cd (g ha <sup>-1</sup> )							
Cr (g ha <sup>-1</sup> )	<0.001	-6.5 <sup>a</sup>	-4.2 <sup>ab</sup>	-1.8 <sup>b</sup>	316 <sup>c</sup>	315 <sup>c</sup>	316 <sup>c</sup>
	<0.001	-18 <sup>a</sup>	-14 <sup>ab</sup>	-12 <sup>ab</sup>	9 <sup>c</sup>	-1 <sup>bc</sup>	6 <sup>c</sup>
Cu (g ha <sup>-1</sup> )							
Fe (g ha <sup>-1</sup> )	<0.001	-1555 <sup>a</sup>	-1159 <sup>a</sup>	-528 <sup>a</sup>	1961 <sup>b</sup>	1772 <sup>b</sup>	1793 <sup>b</sup>
	<0.001	-392 <sup>a</sup>	-213 <sup>ab</sup>	-135 <sup>b</sup>	385 <sup>c</sup>	339 <sup>c</sup>	362 <sup>c</sup>
Mn (g ha <sup>-1</sup> )							
Ni (g ha <sup>-1</sup> )	<0.001	-3.6 <sup>a</sup>	-1 <sup>b</sup>	0.3 <sup>bc</sup>	1.1 <sup>c</sup>	1.5 <sup>c</sup>	0.9 <sup>c</sup>
Pb (g ha <sup>-1</sup> )	<0.001	-2.3 <sup>a</sup>	-1 <sup>a</sup>	10.4 <sup>b</sup>	13.4 <sup>c</sup>	12.2 <sup>bc</sup>	12.4 <sup>bc</sup>
Zn (g ha <sup>-1</sup> )	0.345	-105	-94	-89	-100	-104	-108

# Dlouhodobé hnojení aluviální psárkové louky – Černíkovice

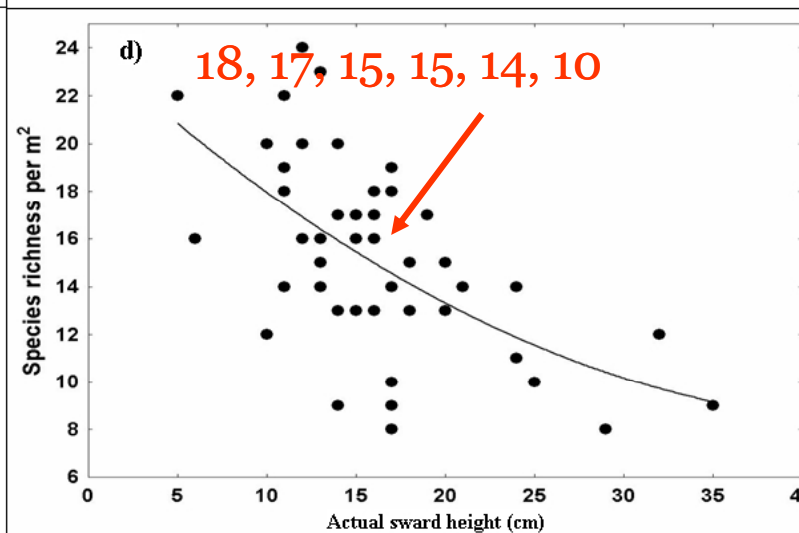
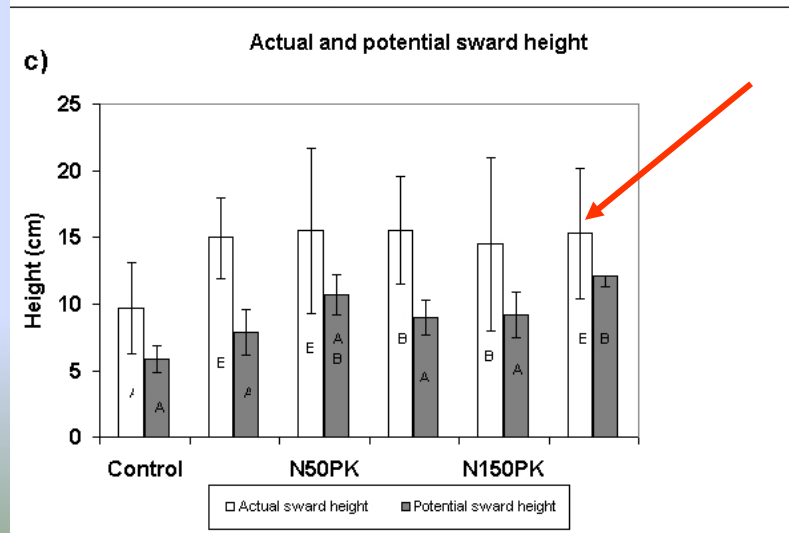
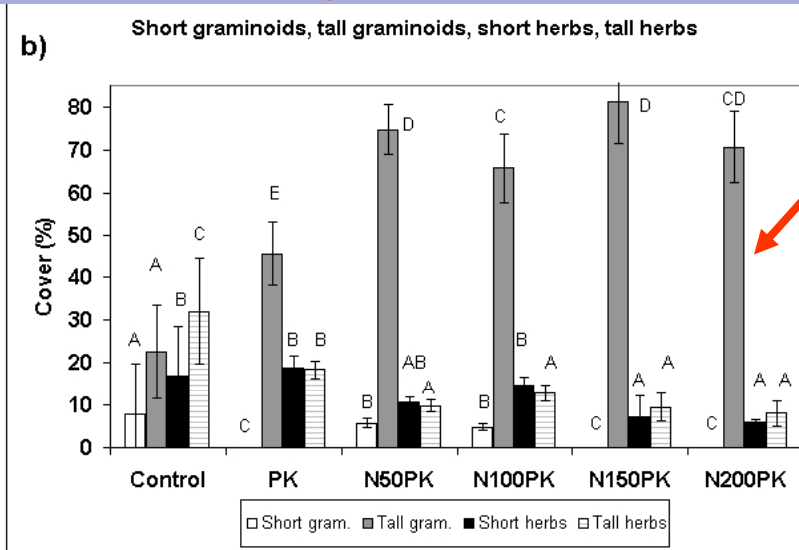
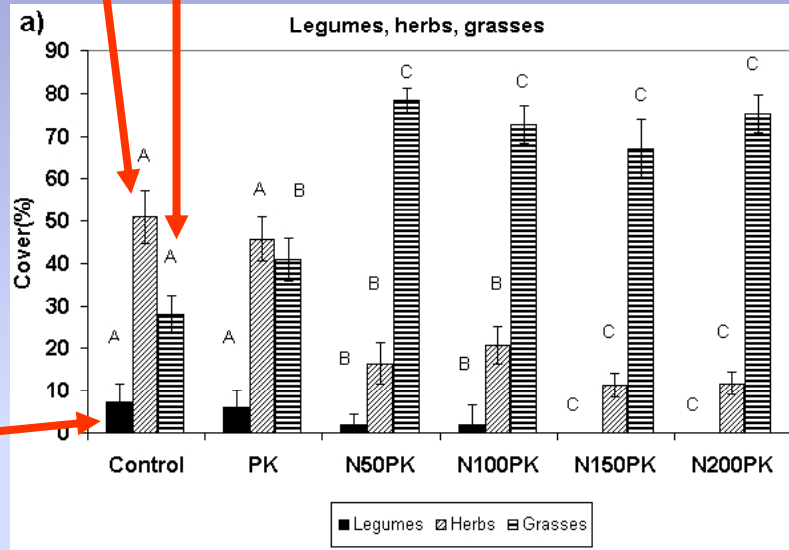


**Kontrola – není limitována P po 40 letech!**



**Honsová D., Hejcman M., Klaudivová M., Pavlů V., Kocourková D., Hák J. (2007): Species composition of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Preslia* 79: 245–258.**

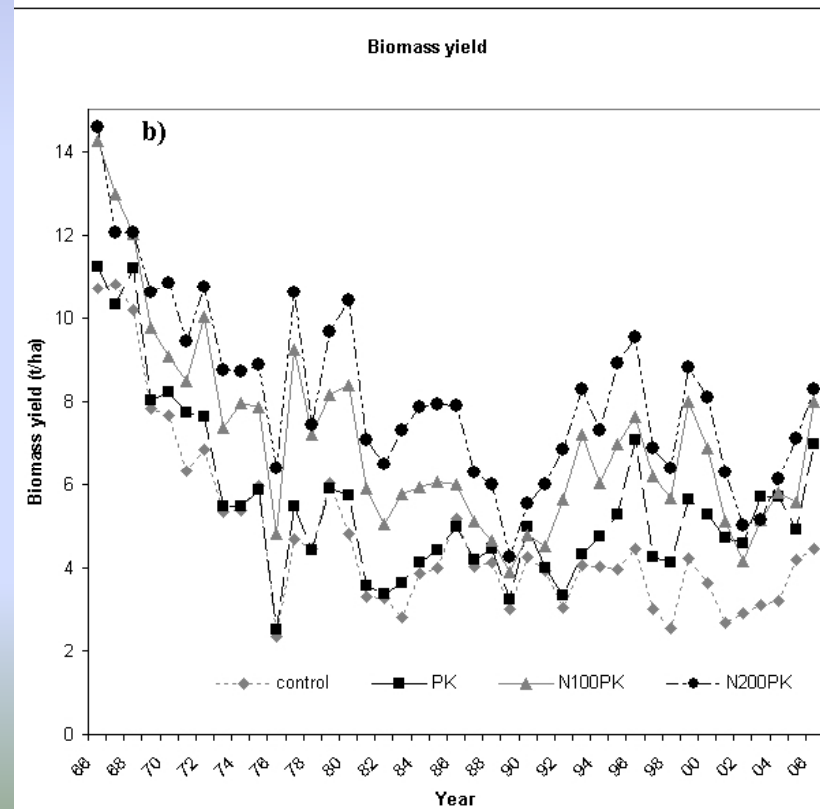
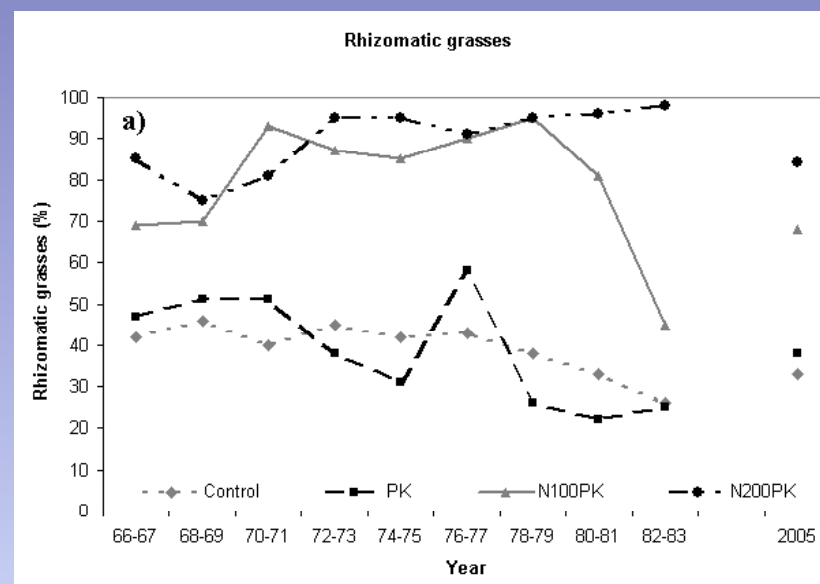
# The Černíkovice experiment – effect of fertilizer application on plant species composition after 40 years

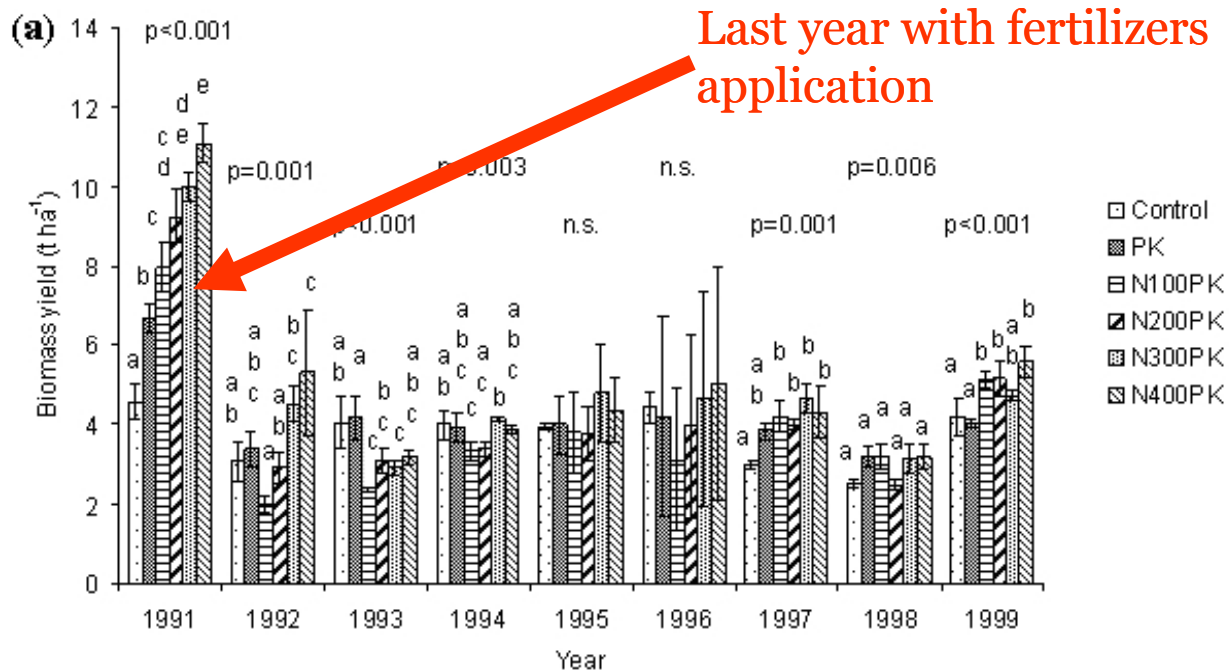


# Černíkovice

- NPK – Podpora rhizomatických trav
- Snížení výnosu kontroly proti PK variantě až po 30 letech!
- Velké meziroční výkyvy v produkci biomasy

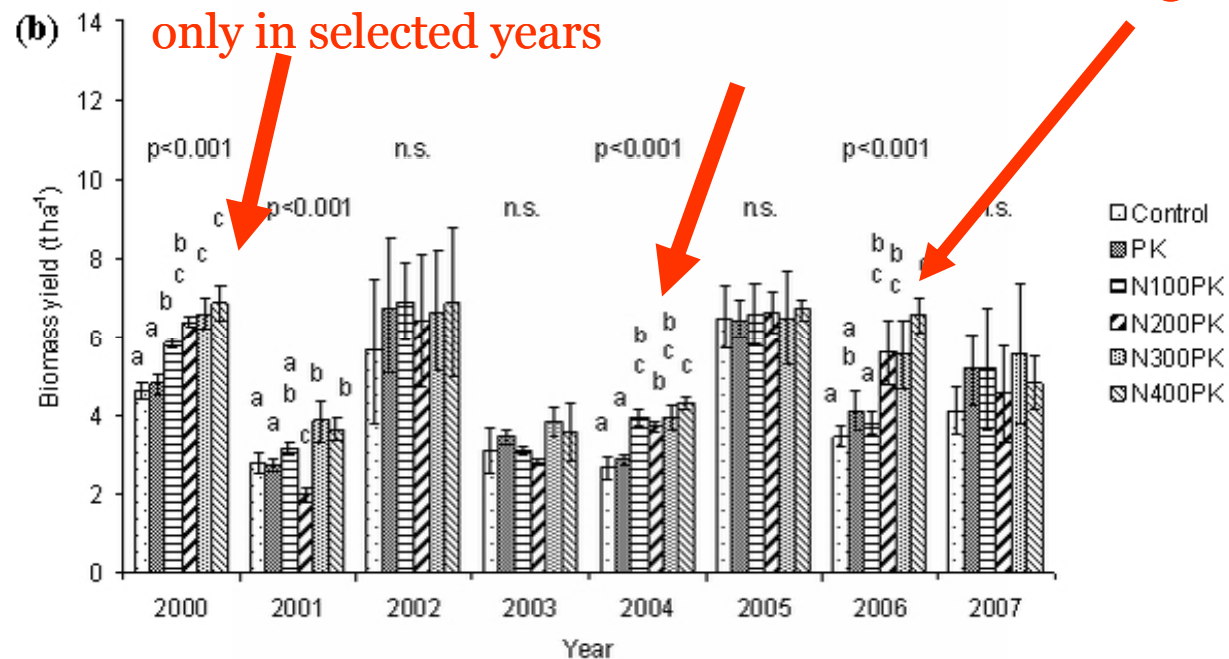
Honsová D., Hejzman M., Klaudivová M., Pavlů V., Kocourková D., Hakl J. (2007): Species composition of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Preslia* 79: 245–258.





**Residual effect of NPK application on alluvial grassland after 16 years**

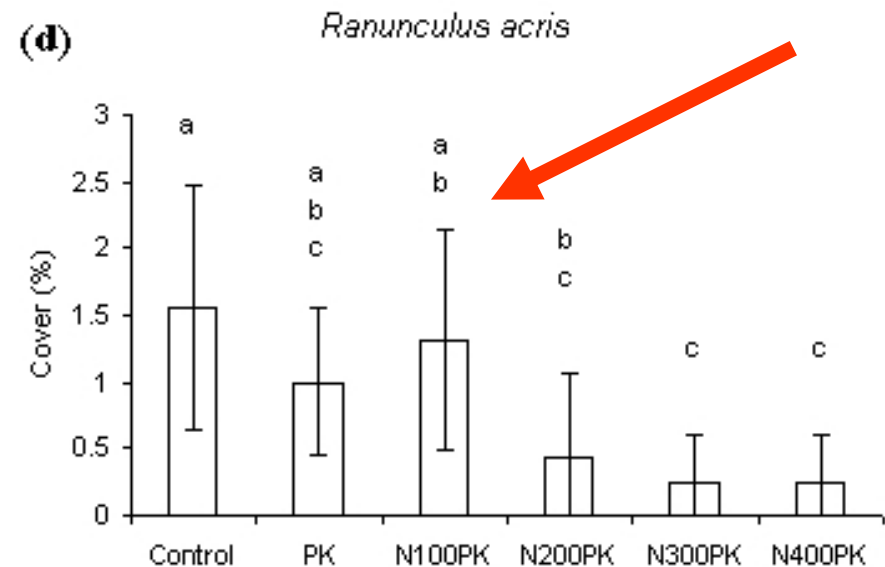
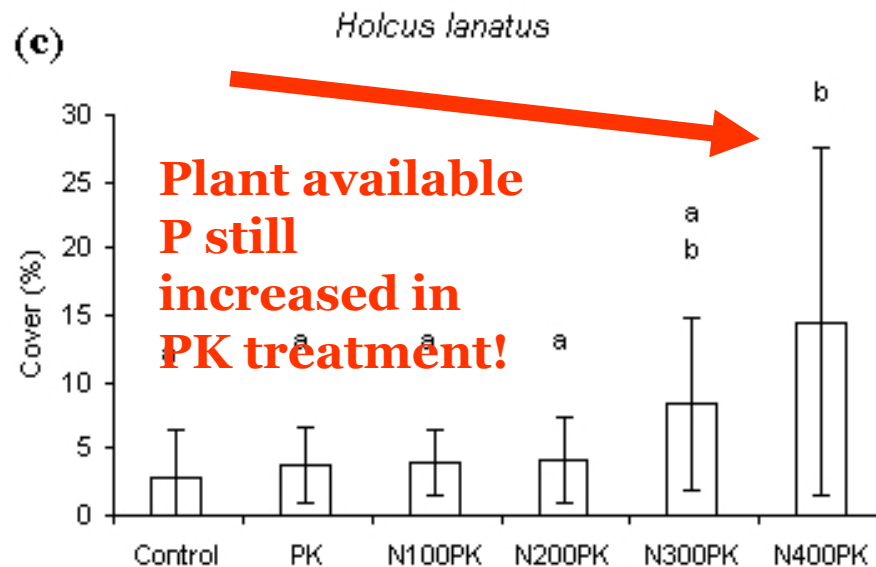
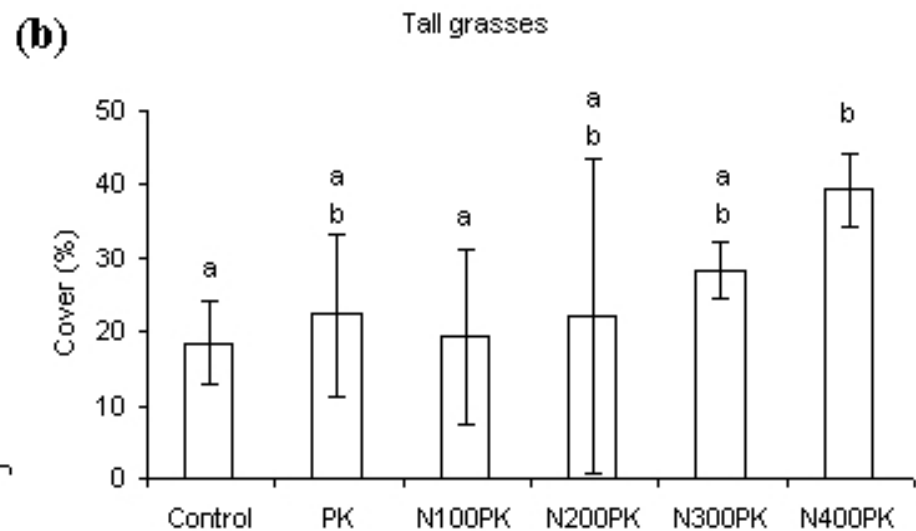
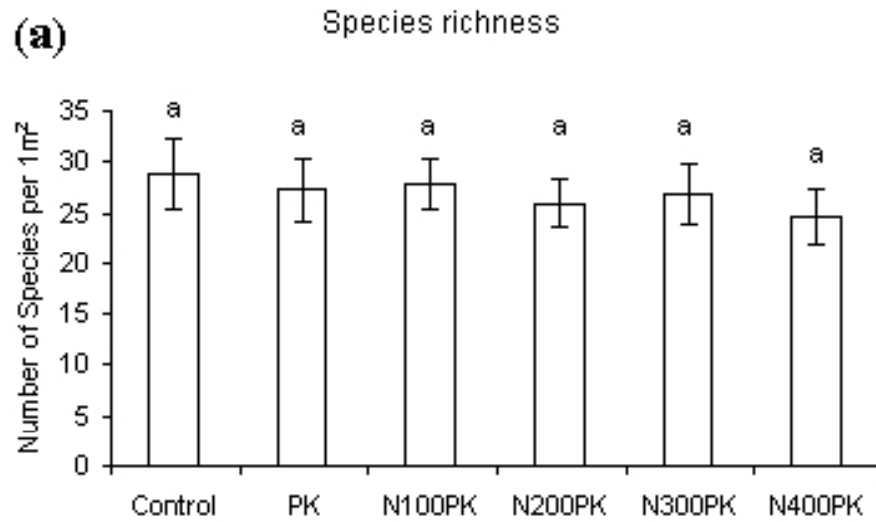
**Residual effect of former fertilizer treatments significant only in selected years**



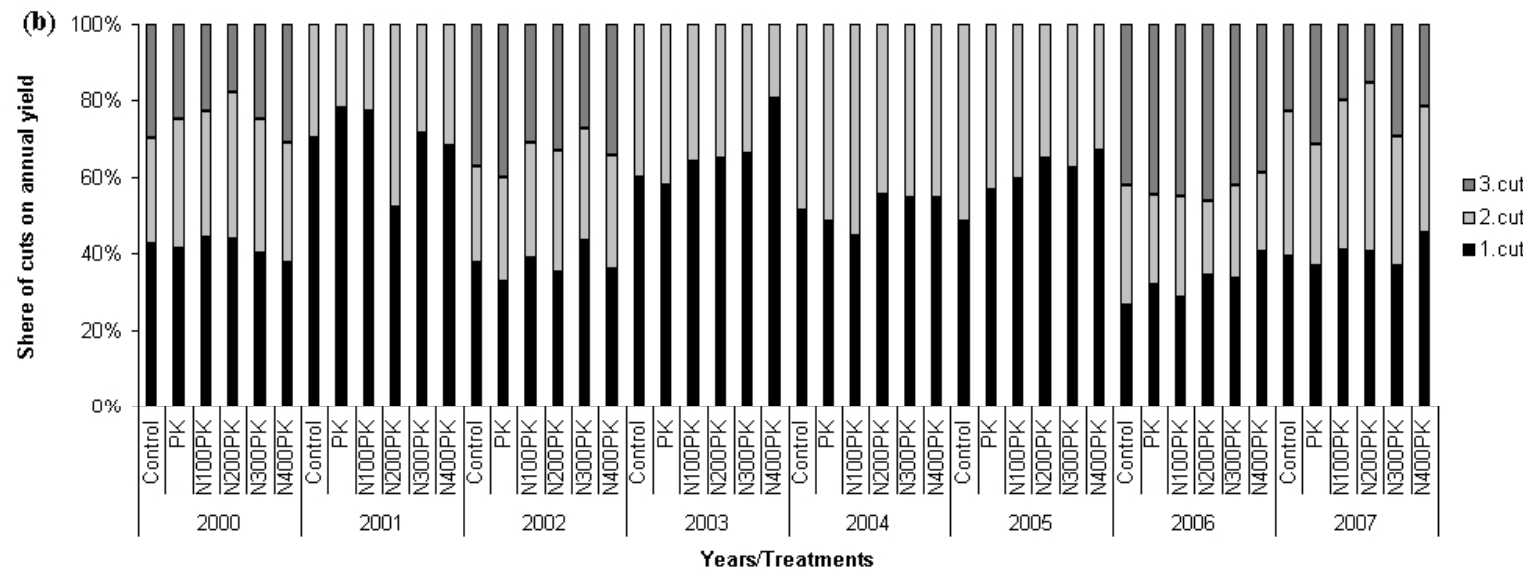
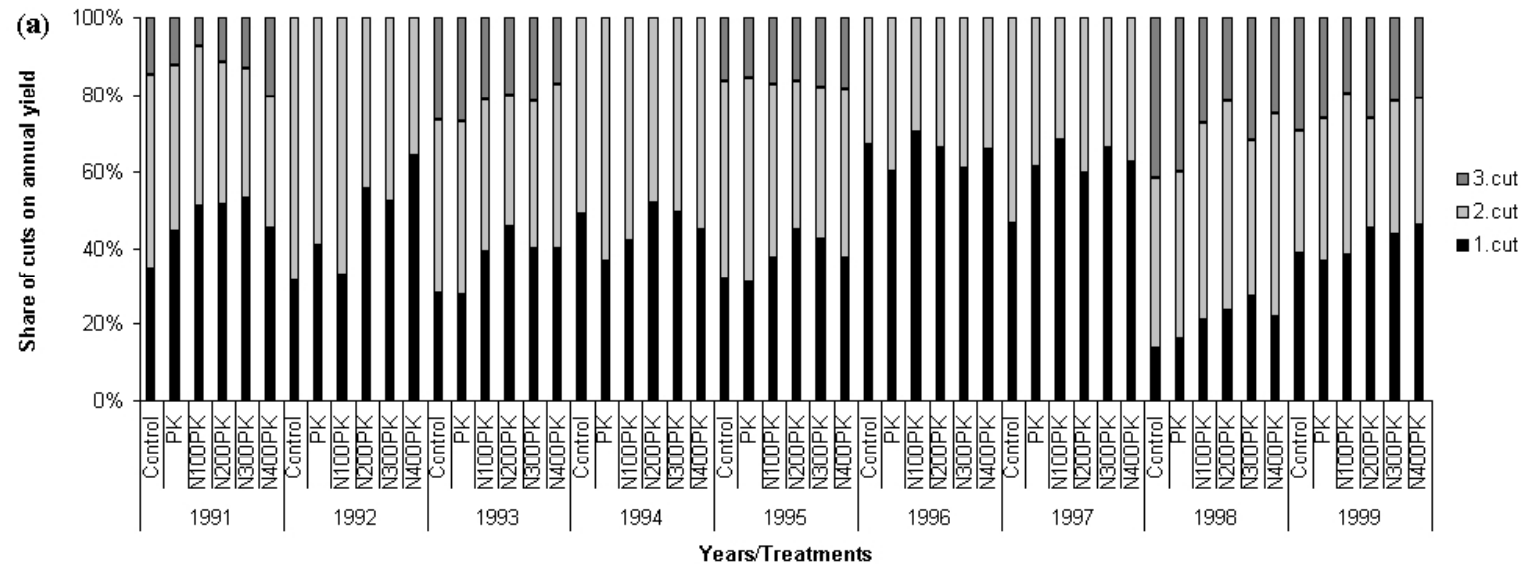
**Hrevušová Z., Hejcman M., Pavlů V., Hakl J., KlauDISOVÁ M., Mrkvička J. (2009): Long-term dynamics of biomass production, soil chemical properties and plant species composition of alluvial grassland after the cessation of fertilizer application in the Czech Republic. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 130: 123–130.**



# Residual effect of NPK application on alluvial grassland after 16 years



# Residual effect of NPK application on alluvial grassland after 16 years – share of cuts on annual yield



Hrevušová Z., Hejcman M., Pavlů V., Hák J., Klauďisová M., Mrkvička J. (2009): Long-term dynamics of biomass production, soil chemical properties and plant species composition of alluvial grassland after the cessation of fertilizer application in the Czech Republic. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 130: 123–130

### 3. DUSÍKATÉ HNOJENÍ

#### okyselující účinek, depozice N sloučenin

- Použití hnojiva s „neutrálním ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ )“ a „silně okyselujícím ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )“ účinkem
- Proč **depozice N sloučenin** podporuje šíření bezkolence modrého (*Molinia caerulea*)?
- Bezkolenec reaguje pozitivně na přídavek N i při poměru **N/P = 30 – 40/1**!
- Mnoho mokřadů je **limitováno fosforem nebo draslíkem, nikoli dusíkem**! Depozice N nemusí mít přímý vliv na přežití chráněných druhů rostlin (**Wassen et al. 2005**).



Park Grass Experiment



Labská louka – šíření bezkolence

## 5. Vápnění – jaký vliv má na druhovou pestrost travních porostů?

- Vliv na druhovou pestrost není jednoznačný
- Podpora na živiny náročnějších druhů – zrychlená mineralizace organické hmoty
- Proč je smilka tuhá schopná dlouhodobě přežít vápnění?
- Tvar kořenové absorpční zóny – smilka má většinu absorpční kořenové zóny hlouběji než jiné druhy trav v acidofilním trávníku (*Pecháčková et al. 2003*)
- Smilka je tedy pravděpodobně schopná získávat P z hlubších vrstev půdy, které nejsou vápněním ovlivněny

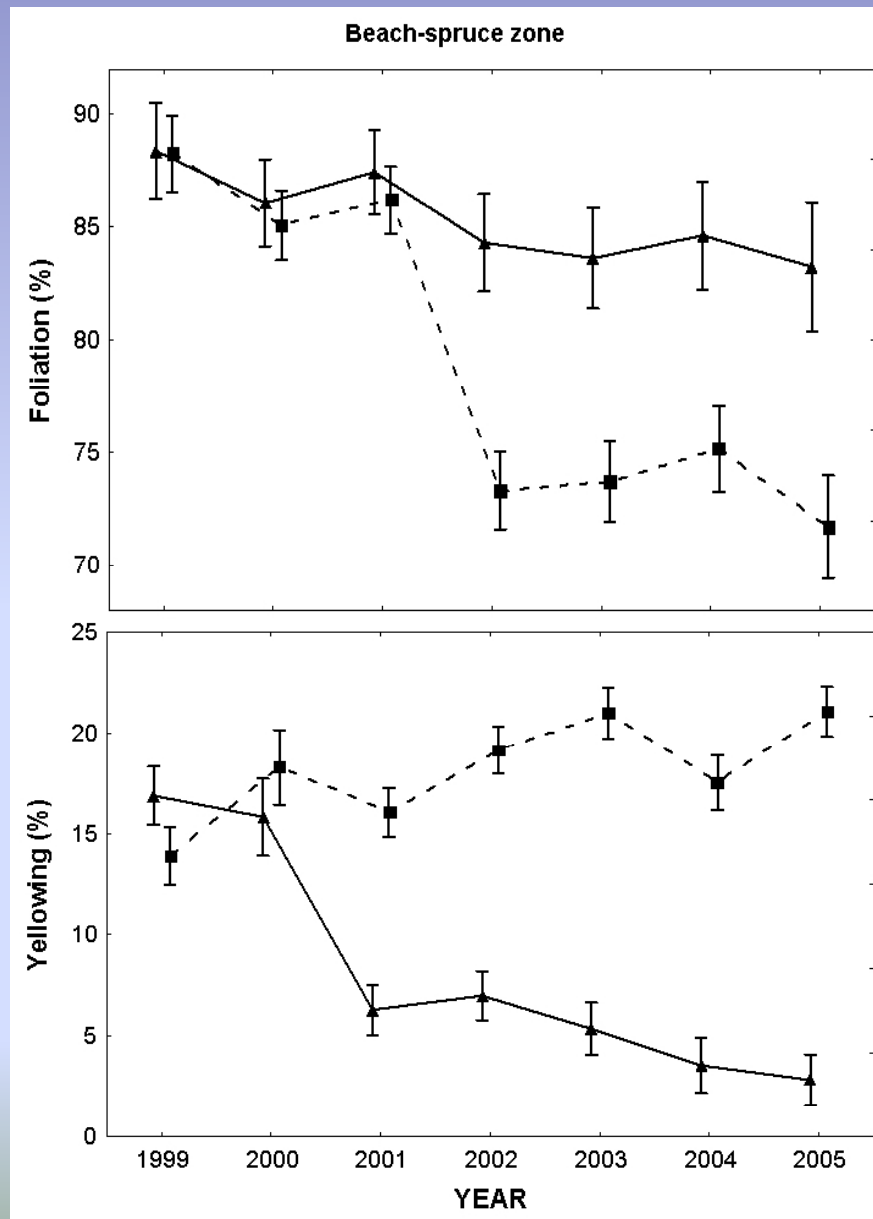


# Vápnění

- Snižuje mobilitu těžkých kovů v půdě (Cd, Zn, Mn, Fe, Al) a jejich přechod do potravního řetězce
- Korekce okyselení půd vlivem N depozice
- Odstranění poruch ve výživě přirozených smrkových porostů – deficitu Mg

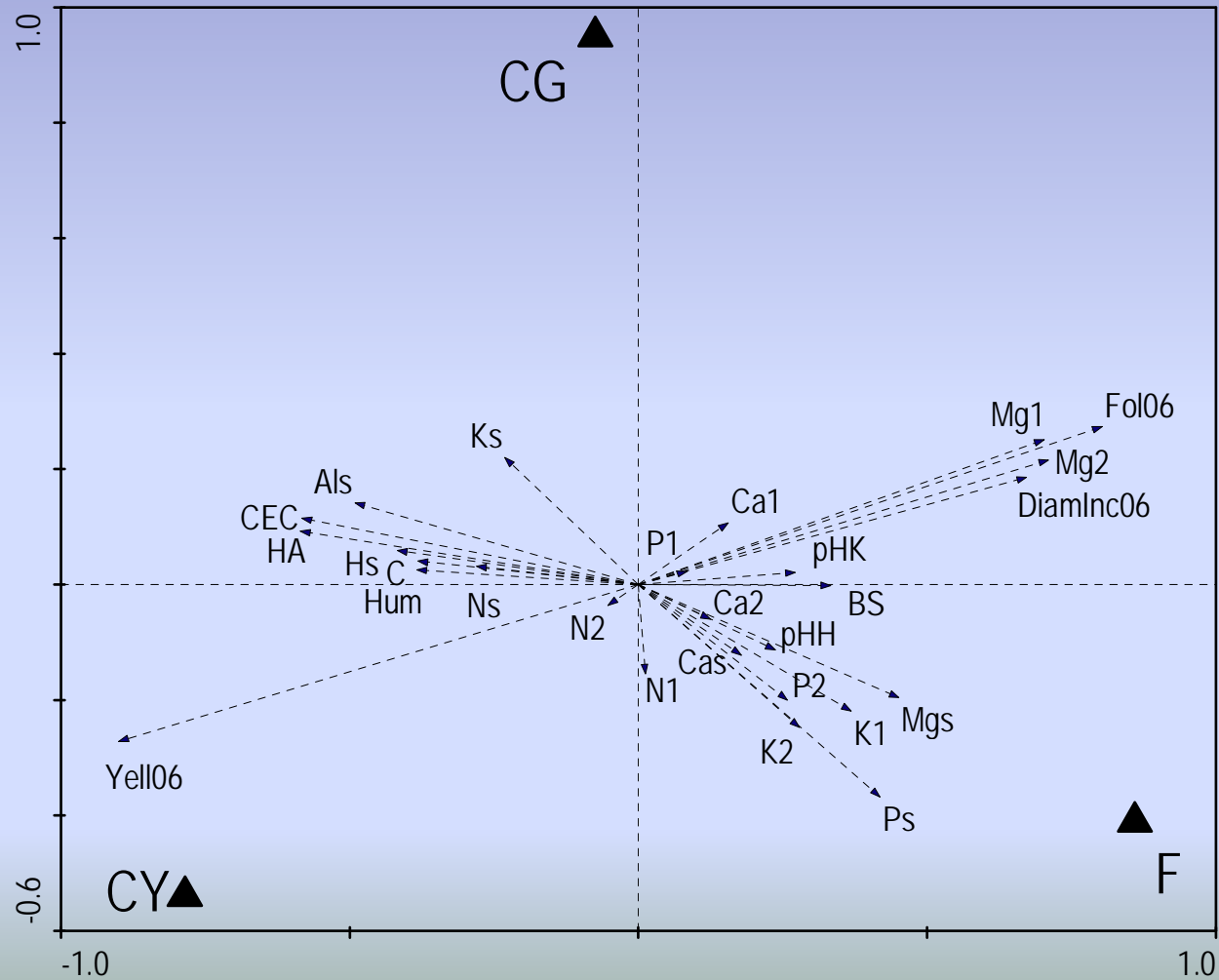


## Šumava, lokalita Stožec



Korekce žloutnutí  
smrkových porostů  
jednorázovou  
aplikací Mg hnojiva  
(*Vacek et al. 2006*)

# Vztah mezi půdními chemickými vlastnostmi, listovými analýzami, foliací žloutnutím a přírůstkem smrku



## 7. REZIDUÁLNÍ VLIV HNOJENÍ NA TRAVNÍ EKOSYSTÉMY

Přibližné výnosy píce (v t\*ha<sup>-1</sup>) a množství živin (v kg\*ha<sup>-1</sup>) odstraněných při sečném využívání travních porostů

	výnos sušiny	N	P	K	Ca	Mg
nivní psárkové louky	6-11	180-330	24-44	150-275	48-88	16,5-30,3
tužebníková lada	6-10	180-300	24-40	150-225	48-80	16,5-27,5
ovsíkové louky	3-5	90-150	9-15	75-125	24-40	8,3-13,8
trojštětové louky	2-5	60-150	6-15	50-125	16-40	5,5-13,8
horské a podhorské smilkové trávníky	0,5-1,5	10-25	0,1-0,3	7,5-22,5	1-3	0,8-2,3
širokolisté stepní trávníky	0,6-1,2	12-24	0,1-0,3	9-18	3,6-9,6	1,7-3,3
úzkolisté stepní trávníky	0,2-0,6	4-12	0,5-1,4	3-9	1,6-4,8	0,6-1,7



## 7. REZIDUÁLNÍ VLIV HNOJENÍ NA TRAVNÍ EKOSYSTÉMY

- Závislý na typu travního porostu
- Na dávkách a formách použitých hnojiv
- Zda-li je porost sklízen či nesklízen
- Vliv na druhové složení travního porostu, chemické vlastnosti půdy a biomasy

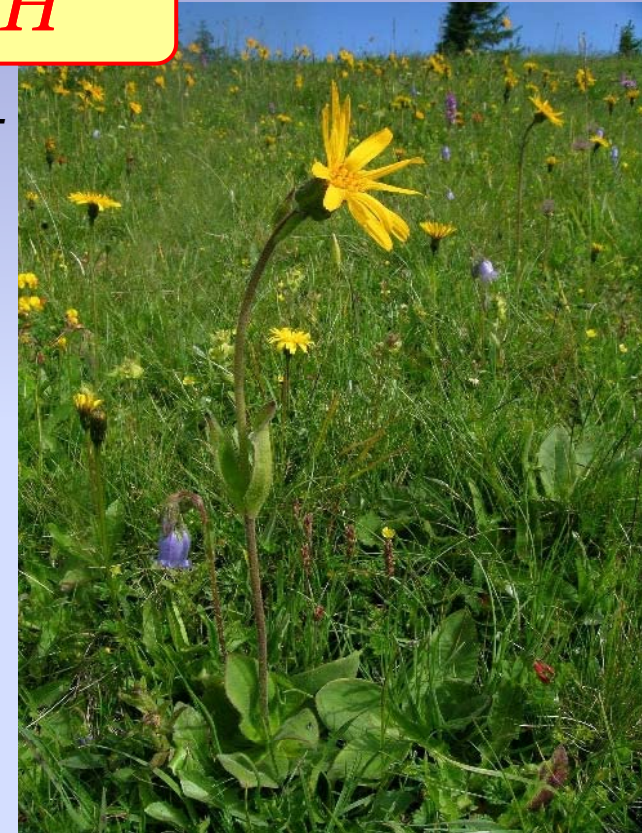


*The Rengen Grassland Farm  
(University of Bonn): dlouhodobý  
extenzifikační pokus*

# 7. REZIDUÁLNÍ VLIV HNOJENÍ NA TRAVNÍ EKOSYSTÉMY

## POKUS DR. LUDIHO V ALPÁCH

- Založen v roce 1932 na společenstvu *Geo montani-Nardetum* (Hegg et al. 1992, Dahler 1992)
- Krátkodobé hnojení, maximálně 4 x v 30. letech
- Prováděny přísevy „pícninářsky“ hodnotných druhů
- 40 let po přerušení hnojení: **Smilka tuhá** – stále redukovaná ve variantách s aplikací Ca, P, NP, NPK, NPKCa, Thomasovi moučky a hnoje. Bez vlivu: N, K a NK hnojení.
- **Prha chlumní** – redukována všemi variantami hnojení s výjimkou K, to samé platí pro **vřes obecný** a **borůvku**.
- Zvýšená listová koncentrace N nebo P ve variantách hnojených N nebo P u vybraných druhů
- 70 let po přerušení hnojení: stále průkazný vliv aplikace Ca na druhové složení porostu a koncentraci Ca v půdě (Spiegelberger et al. 2006)



*Nardetum*

## 7. REZIDUÁLNÍ VLIV HNOJENÍ NA TRAVNÍ EKOSYSTÉMY

### POKUS DR. ŠTURSOVÉ V KRKONOŠÍCH

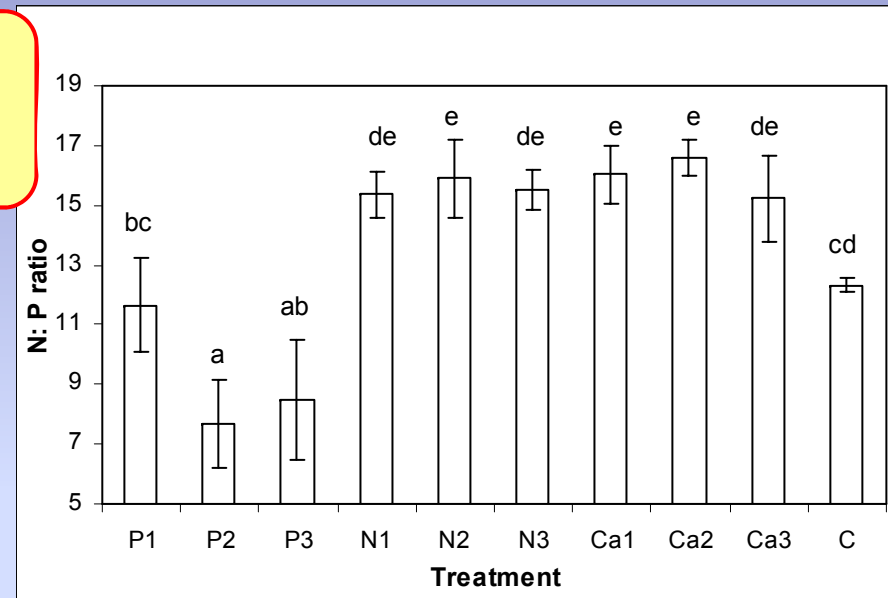
- Téměř 40 let po přerušení krátkodobého hnojení subalpínských smilkových porostů:
- průkazný vliv P hnojení na strukturu porostu, koncentraci P v půdě a v celkové biomase
- průkazný vliv Ca hnojení na koncentraci Ca v půdě a v celkové biomase (*Hejčman et al. 2007*)



# 7. REZIDUÁLNÍ VLIV HNOJENÍ NA TRAVNÍ EKOSYSTÉMY

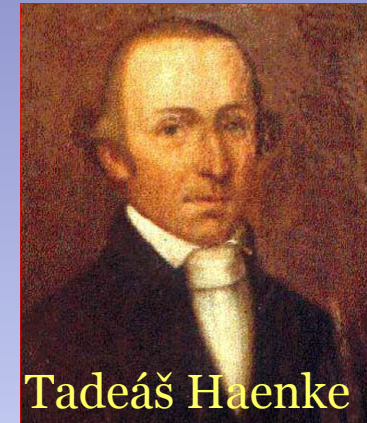
## POKUS DR. ŠTURSOVÉ V KRKONOŠÍCH

- Vliv hnojení na koncentraci prvků v biomase smilky po 40 letech: zřetelný vliv varianty na Ca, P, N a N/P poměr (*Klaudisová et al. 2007*)!
- Potvrzuje výsledky z pokusu Dr. Ludiho

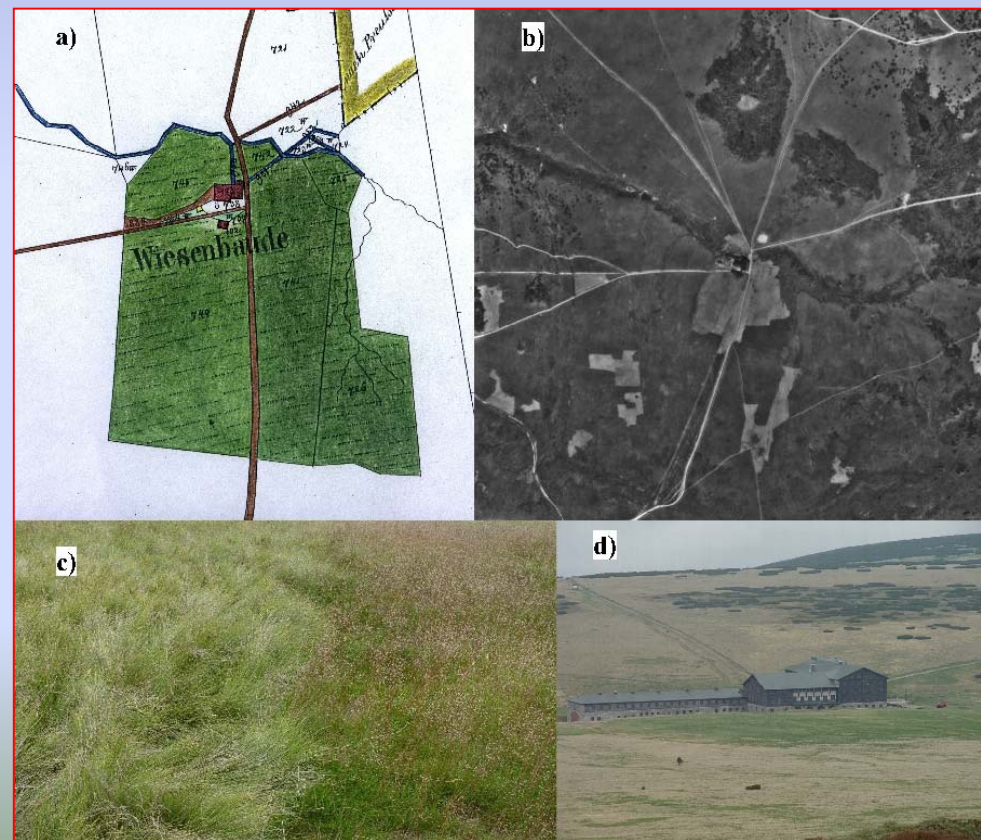


# 7. REZIDUÁLNÍ VLIV HNOJENÍ NA TRAVNÍ EKOSYSTÉMY

## TRAVNÍ ZAHRADA U LUČNÍ BOUDY V KRKONOŠÍCH



- Travní zahrada: hnojena hnojem a dřevěným popelem min. 200 let
- Rozdíl v druhovém složení mezi hnojenou a nehnojenou plochou byl poprvé popsán 1786
- Vypočítané dávky: 90–140 kg N, 250–350 kg K, 30–50 kg P, 300–450 kg Ca, 80–130 kg Mg
- Termín posledního hnojení a senoseče: 1944
- Reziduální vliv hnojení na druhové složení vegetace, koncentraci Ca v půdě, koncentraci P a Mg v nadzemní biomase stále dobře patrný (*Semelová et al. 2007*)

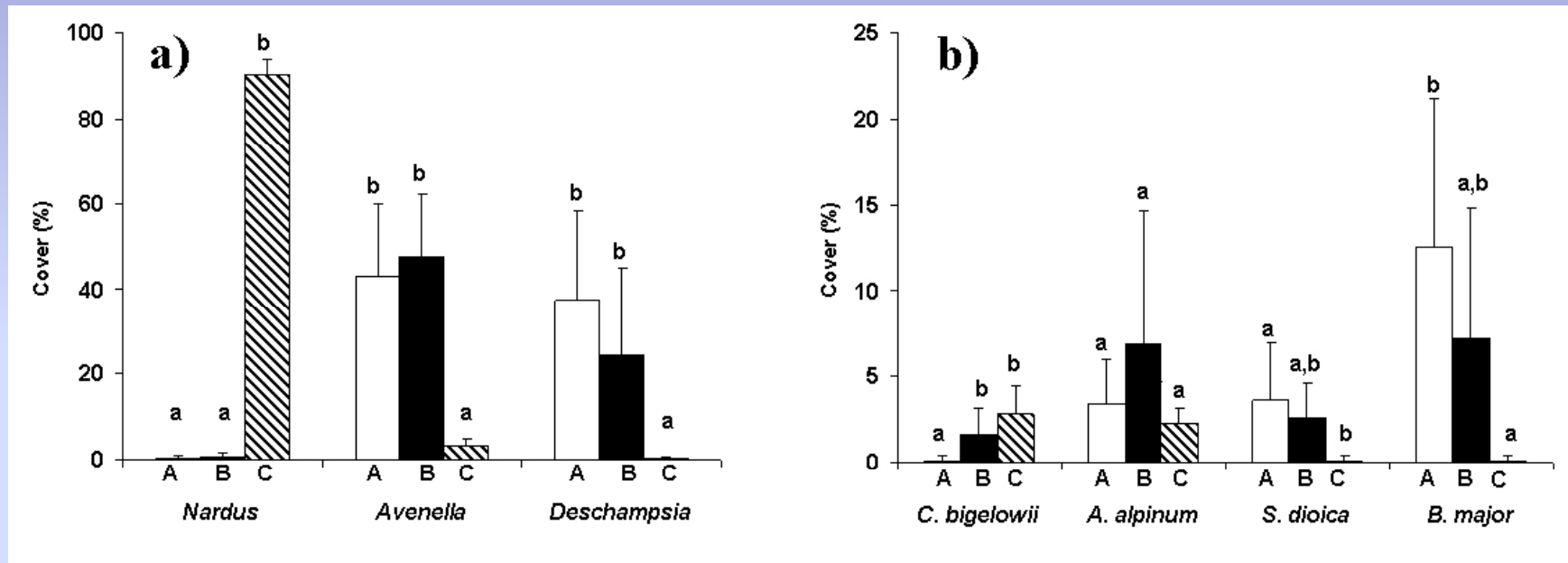


## 7. Reziduální vliv hnojení na travní ekosystém – travní zahrada u Luční boudy v Krkonoších

Reziduální vliv hnojení na chemické vlastnosti půdy a nadzemní biomasy. A, B – hnojené varianty a C kontrola

Soil characteristics	Treatment A	Treatment B	Treatment C
Ca concentration	1.59±0.4 <sup>a</sup>	1.28±0.5 <sup>a</sup>	0.58±0.04 <sup>b</sup>
Mg concentration	0.29±0.05	0.26±0.06	0.24±0.04
P concentration	0.08±0.01	0.08±0.01	0.07±0.02
K concentration	0.69±0.1	0.72±0.2	0.87±0.1
N-total concentration	1.38±0.5	1.65±0.6	1.66±0.6
pH (H <sub>2</sub> O)	4.15±0.1	4.17±0.1	4.20±0.1
<b>Biomass characteristics</b>			
Ca concentration	0.25±0.08	0.23±0.02	0.17±0.01
Mg concentration	0.13±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.01 <sup>b</sup>	0.08±0.01 <sup>c</sup>
P concentration	0.34±0.06 <sup>a</sup>	0.28±0.03 <sup>a</sup>	0.15±0.03 <sup>b</sup>
K concentration	1.18±0.09	1.47±0.25	1.16±0.11
CF concentration	28.72±2.02	30.46±1.32	32.33±0.87
CP concentration	13.34±1.25	12.36±1.28	10.84±10.8
N/P ratio	6.3±0.7 <sup>a</sup>	7.0±0.7 <sup>a</sup>	11.5±1.2 <sup>b</sup>
Sward height (cm)	16±4 <sup>a</sup>	12±3 <sup>b</sup>	11±2 <sup>b</sup>

## 7. Reziduální vliv hnojení na travní ekosystém – travní zahrada u Luční boudy v Krkonoších



- Reziduální vliv hnojení na druhové složení porostu. A, B – hnojené varianty a C kontrola

# Long-term arable crops experiments



- Established in 1955 – organic fertilizer and mineral fertilizer treatments
- Use of N isotopes in archaeology

Hejzman M., Kunzová E. (2010): Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: results from a long-term fertilizer and crop rotation experiment. *Field Crops Research* 115: 191–199.



*DĚKUJI ZA POZORNOST – je  
potřeba věnovat pozornost i jiným  
prvkům než je dusík!*



<http://fle.czu.cz/~hejcman/index.html>