



**Agronomická
fakulta**

**Nové možnosti
ve výživě rostlin**

30. ledna 2013, Olomouc

Výživa a hnojení ozimé řepky

doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.

(ryant@mendelu.cz)

Mendelova
univerzita
v Brně



Mendelova
univerzita
v Brně



Mendelova univerzita
v Brně



1919 – 2013

94 let



Mendelova univerzita v Brně

MENDELU,
škola
jako lusk



www.mendelu.cz

Mendelova
univerzita
v Brně



Multimediální učební texty z výživy rostlin

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin

Multimediální učební texty z výživy rostlin - Microsoft Internet Explorer

Soubor Úpravy Zobrazit Oblíbené Nástroje nápověda

Zpět Hledat Oblíbené

Adresa <http://old.mendelu.cz/~agro/a/agrochemmultitexty/index.htm> Přejít

mywebsearch Search

Multimediální učební texty z výživy rostlin

Pátek 21. 1. 2005

- Úvodní stránka
- Historie oboru
- Příjem živin
- Biogenní prvky
- Agrochemie půdy
- Hnojiva
- Odkazy
- Mapa serveru

00126
návštěv od
1.1.2005

Google

Vyhledat

☐ mendelu.cz
☐ Síť Internet

Příjem živin

Hnojiva

Biogenní prvky

Agrochemie půdy

Multimediální učební texty z výživy rostlin
vznikly za finanční podpory
Fondy rozvoje vysokých škol
(projekt č. 1168/2003).

Autoři:
Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.
Prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.
Ing. Eva Fryščíková

*Na technickém zpracování
se dále podíleli:*
Ing. Michal Příkopa
Ing. Petr Škarpa
Ing. Lenka Burianová

Multim. učební texty z výživy a hnojení polních plodin

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin

Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin - Microsoft Internet Explorer

Soubor Úpravy Zobrazit Obíbené Nástroje Nápověda

Adresa http://old.mendelu.cz/~agro/af/agrochem/multitexty_2/ Přejít

mywebsearch Search



Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin

Pátek 21. 1. 2005

- Úvodní stránka
- Obilniny
- Okopaniny
- Olejníny
- Luskoviny
- Technické plodiny
- Pícniny
- Legislativa
- Odkazy
- Mapa stránek

00048
návštěv od
1. 1. 2005

Google

Vyhledat

☐ mendelu.cz

☐ Sít' Internet

© Ryant 2004



OBILNINY



LUSKOVINY



OKOPANINY



TECHNICKÉ PLODINY



OLEJNINY



PÍCNINY

Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin
vznikly za finanční podpory
Fondy rozvoje vysokých škol
(projekt č. 143/2004)

Autoři:
Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Prof. Ing. Rostislav Richter, DrSc.
Ing. Zdeněk Poulik, CSc. †
Dr. Ing. Luděk Hřivna

Na technickém zpracování se podílely:
Ing. Eva Fryščáková
Ing. Lenka Burianová

Použité zdroje

Ústav agrochemie a výživy rostlin, MZLU v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

Poslední aktualizace:
15.01.2005 11:42

Hotovo Internet

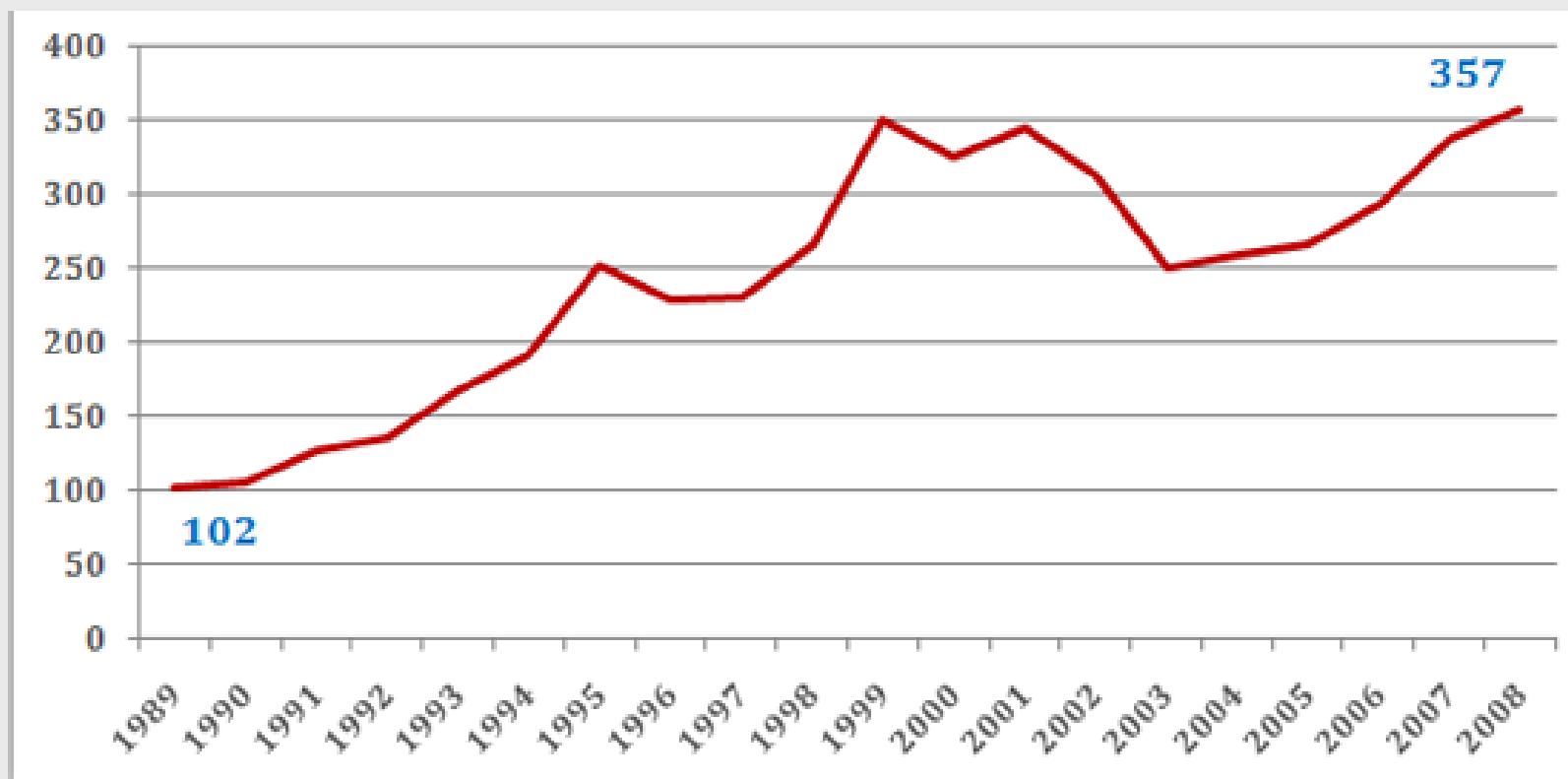
Současný stav v pěstování řepky



Změny v zastoupení hlavních plodin na o. p. ČR (%)

Plodina/Rok	1930	1968	1990	2011
Obiloviny	58,6	50,1	50,5	59,0
Pšenice	10,7	19,6	25,2	34,7
Žito	21,7	8,6	3,8	1,0
Oves	16,0	9,7	2,4	1,8
<i>Ječmen jarní</i>	9,8	12,1	10,9	10,9
<i>Kukuřice na zrno</i>	0,3	0,4	1,4	4,4
Olejnin	0,2	1,4	4,0	18,7
Řepka	0,0	1,2	3,2	15,0
Hořčice	0,0	0,1	0,2	0,7
<i>Mák</i>	0,2	0,2	0,3	1,3
Slunečnice	0,0	0,0	0,1	1,1
Luskoviny	1,9	1,9	1,7	0,9
Brambory	11,5	7,7	3,4	1,1
Cukrovka	4,7	4,2	3,6	2,3
<i>Jednoleté pícniny a kukuřice</i>	1,5	9,9	18,2	9,8
Víceleté pícniny na orné půdě	22,4	20,0	15,5	7,2
<i>Sklizňová či *osevní výměra (tis. ha)</i>	3 836	3328	3271*	2488*

Vývoj osevních ploch řepky ozimé



2010/11 – oseto 420 tis. ha → sklizeno 401 tis. ha

2011/12 – **oseto 411 tis. ha**



Vývoj osevních ploch řepky ozimé

- počátek pěstování - 19. století
- zásadní boom nastal před nedávnem
- největší rozvoj v pěstování **v 90. letech minulého století** → plocha se během deseti let zvýšila **třikrát**
- vliv vyšlechtění řepek s nízkým obsahem glukosinolátů a kyseliny erukové v 80. letech minulého století

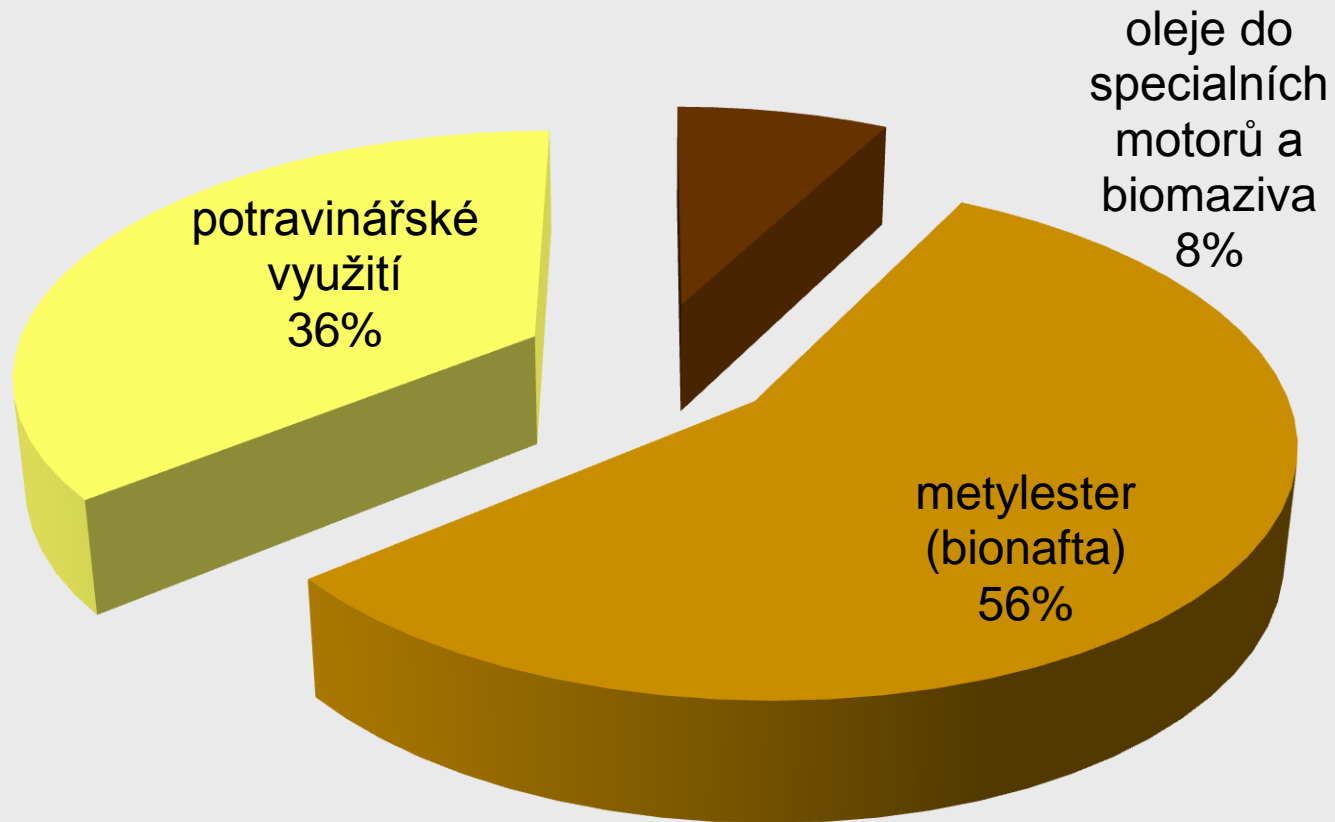


Význam řepky ozimé

- dnes – vývozní artikl
- velmi širokého upotřebení v potravinářském či kosmetickém průmyslu
- využití při výrobě bionafty nebo biomasy v podobě pelet → topení v ekol. kotlích
 - dále pro mazací a hydraulické oleje, fermeže, prací prostředky a gumárenský průmysl
- výlisky ze semen (pokrutiny)
 - krmivo pro hospodářská zvířata

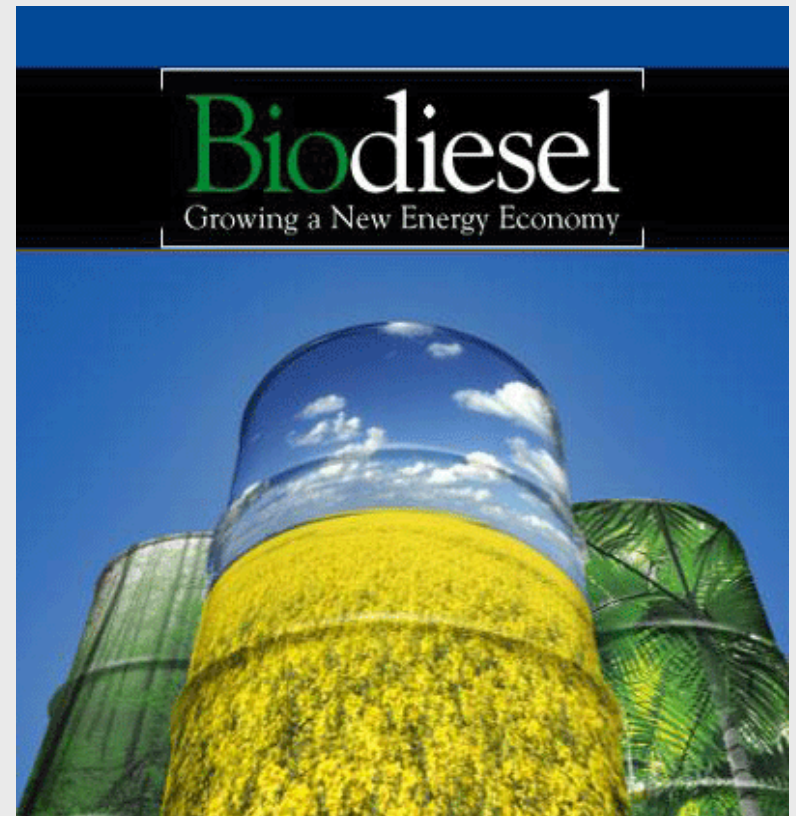


EU 27 – využití řepkového oleje (2007/08)



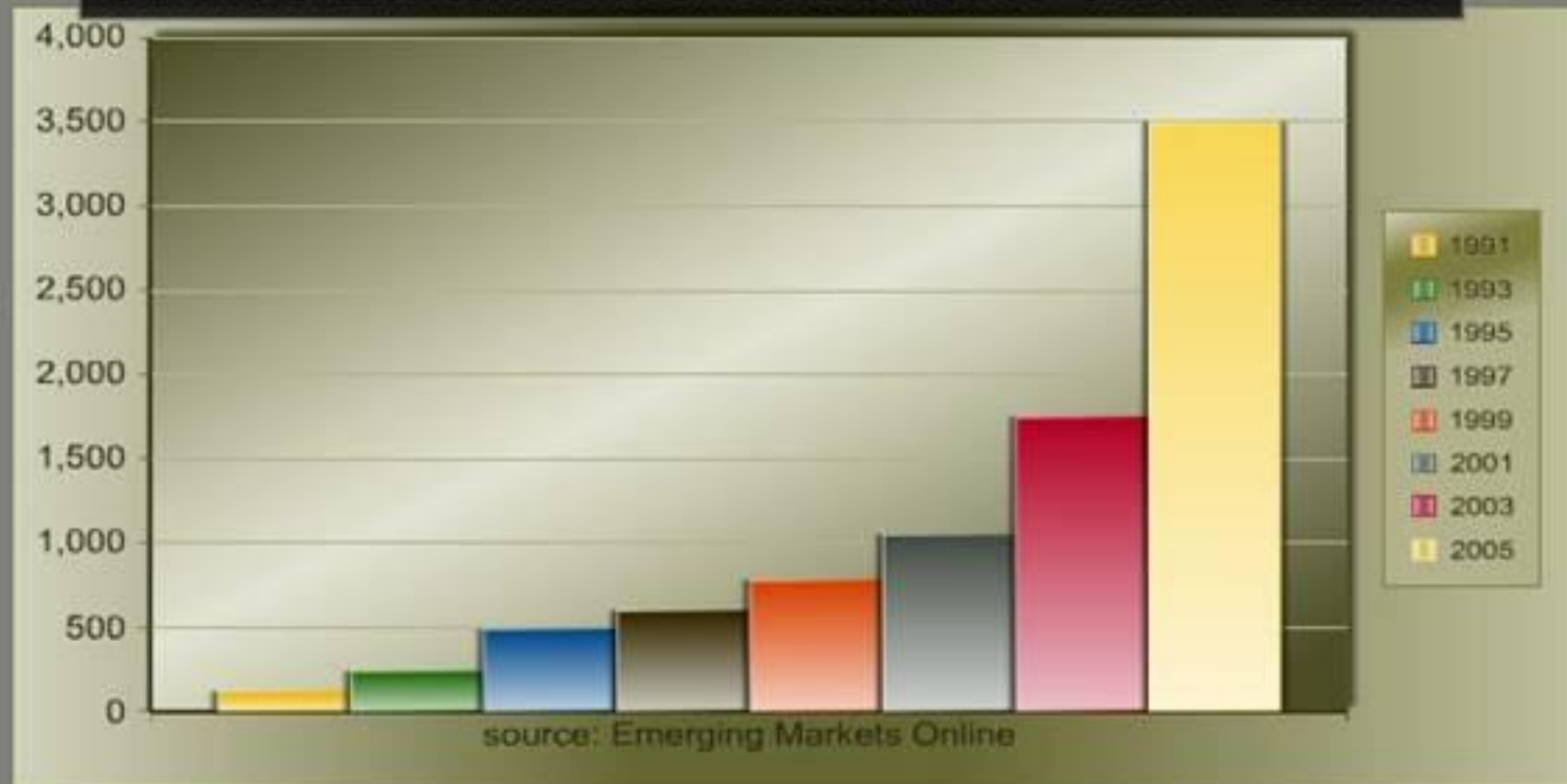
Nepotravinářské využití řepky

- na 1 tunu bionafty je potřeba 2,5 tuny řepkového semene



Světová produkce bionafty

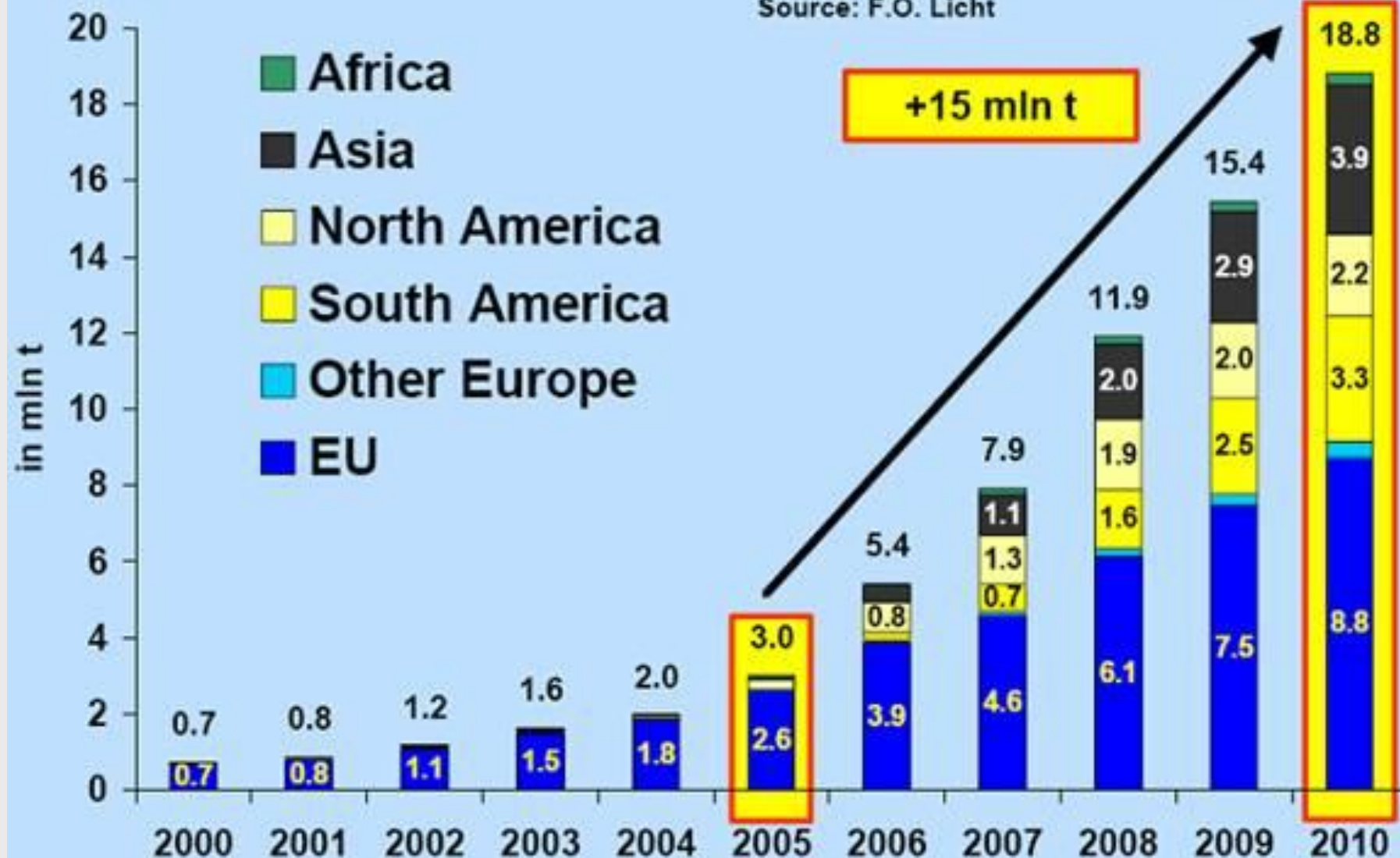
World Biodiesel Production 1991-2005



Annual Growth

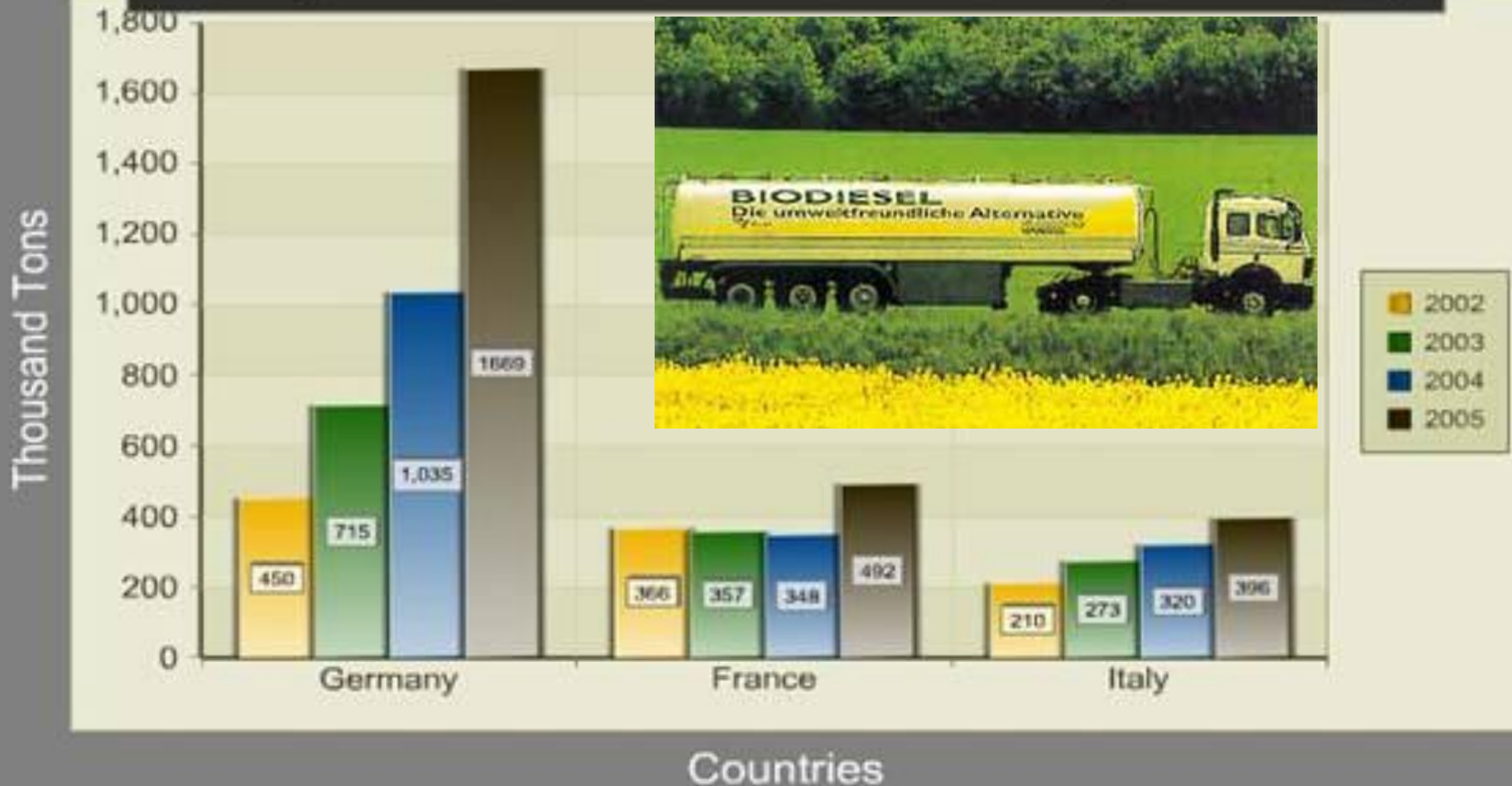
World Biodiesel Production Estimate

Source: F.O. Licht



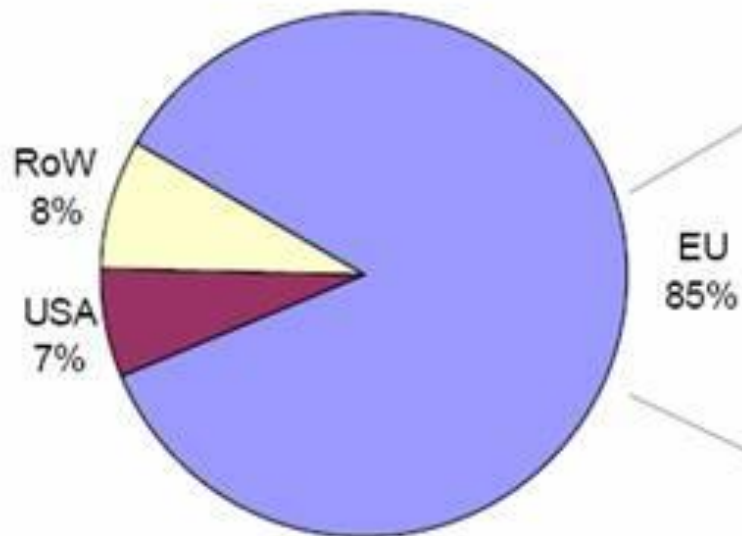
Evropská produkce bionafty

European Biodiesel Growth by Country

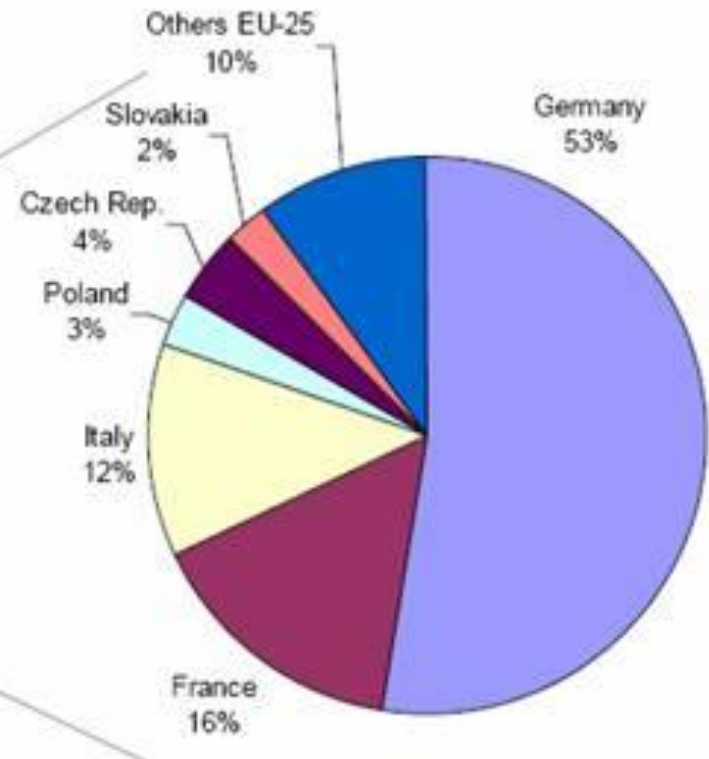


Global Biodiesel Production by Country

Global biodiesel production has reached approx. 3.8 mill. tons in 2005



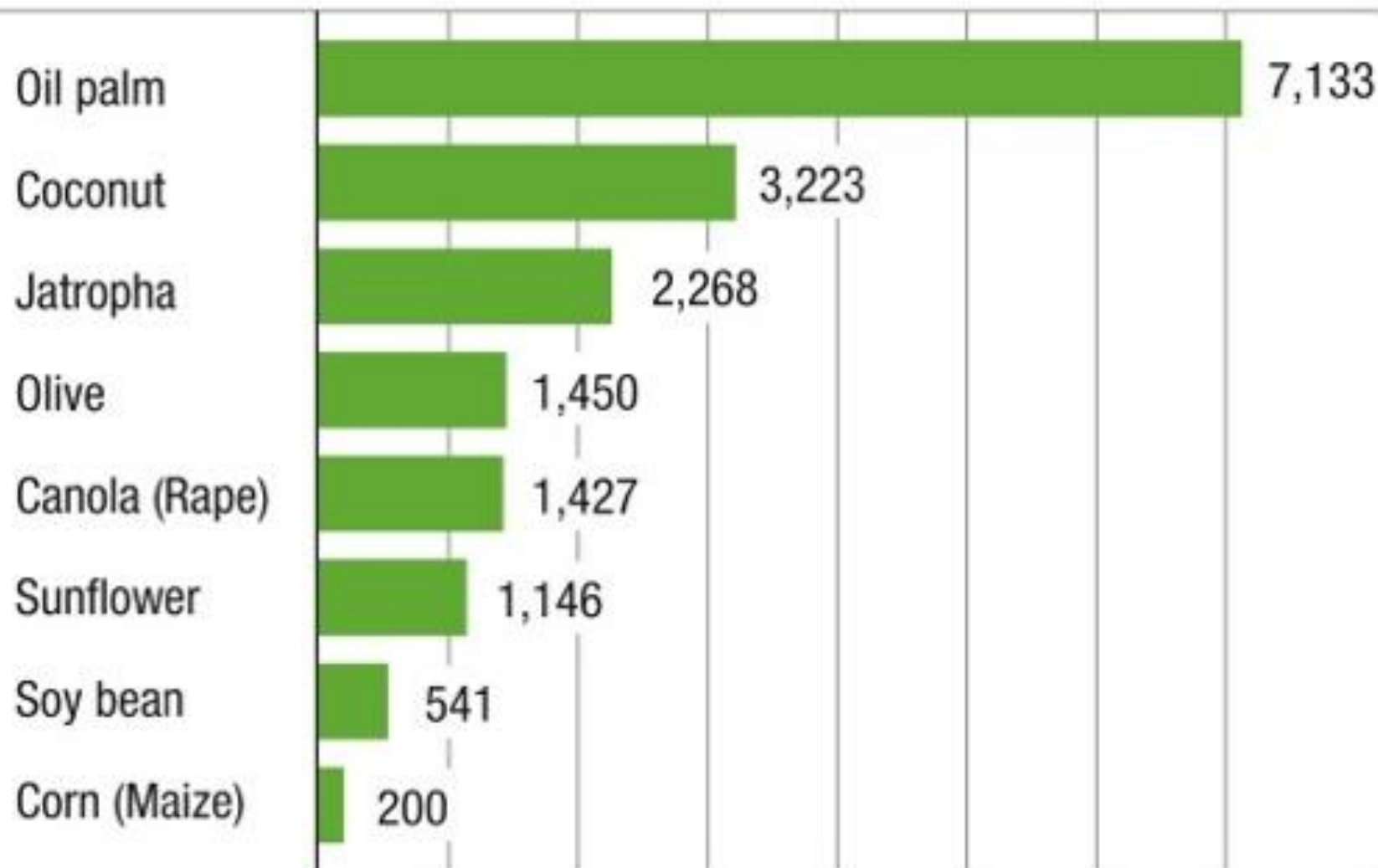
The EU biodiesel production has reached 3.2 mill. tons in 2005



Source: Diester Industrie International/EBB

Resources for Biodiesel

Yield per hectare in liter*



*Under optimal conditions Quelle: Phillips McDougall, January 2008 · Copyright © Bayer CropScience

Pěstování řepky ozimé - výhled



- za 10-15 let – pokrytí potřeby tuků
- zesílí konkurence palmy olejná a sóji
 - palma olejná – 3,5 krát více tuku z ha
 - sója – nenahraditelný zdroj kvalitních bílkovin
- → řepka obstojí jen
při zvýšení výnosů min. na 4 t/ha
a při udržení nákladů a režie pod 20 tis. Kč na ha



Hlavní olejniny ve světě

	Surovina	Země	Hektarový výnos (kg)	Cena za barrel (US\$)
	Sójový olej	USA	375	73
	Řepkový olej	Evropa	1000	78
	Olej z jatrophy	Indie	3000	43
	Palmový olej	Malajsie	5000	46



Podíl v % z celosvětové produkce rostlinných tuků a olejů (1994/5 a 2009/10). Upraveno z Oil World.

Olej / období	1994/5	2009/10
Rostl. tuky a oleje celkem	100% (73,1 mil. tun)	100% (143,8 mil. tun)
sójový	27%	26%
palmový a jádrový	23%	37%
řepkový	15%	15%
slunečnicový	12%	8%
podzemnicový	6%	3%
bavlníkový	5%	3%

Pěstování řepky ozimé - výhody

- nezastupitelná jako předplodina mezi dvěma obilninami



- rozděluje zemědělské pracovní špičky
- vysoká plasticita
 - úspěšná v nížinách i na vysočinách



Poškození řepky dle podílu v osevním postupu

Škodlivý činitel (osevní postup)	Monokultura řepky pátý rok	14 let střídání ozimá řepka – ozimá pšenice
Přirozená úrodnost	Vysoká	Střední
Výška porostu v cm	140	180
% uhynulých rostlin	8	pod 1
% opadlých poupat	20	0
zkrácení kořenů	výrazné	neznatelné
Bazální větvení (rostlin v %)	50	30
poškozeno od stonk. krytonosců (%)	100	do 1
% šešulí s bejlomorkou	15	do 1

Nároky na prostředí

- bramborářské výrobní oblasti s ročními srážkami 500–700 mm a teplotou 6,5–8,5 °C
- hluboké hlinité půdy s dostatkem humusu, Ca, Mg a pH 6–6,5
- zima – vhodnější mírná – snáší i -20 °C
– nebezpečí vyzimování v předjaří



Nároky na prostředí

- nevhodné půdy těžké, hrudovité a obtížně zpracovatelné
- velmi dobrou předplodinou
- max. zastoupení v osevním postupu činí 12,5 %
- časový odstup od předchozí řepky by měl být 4 roky
- nejlepší předplodiny - rané brambory, luskoviny, obilniny
- po řepce volíme ozimé obilniny



Výživa a hnojení řepky ozimé

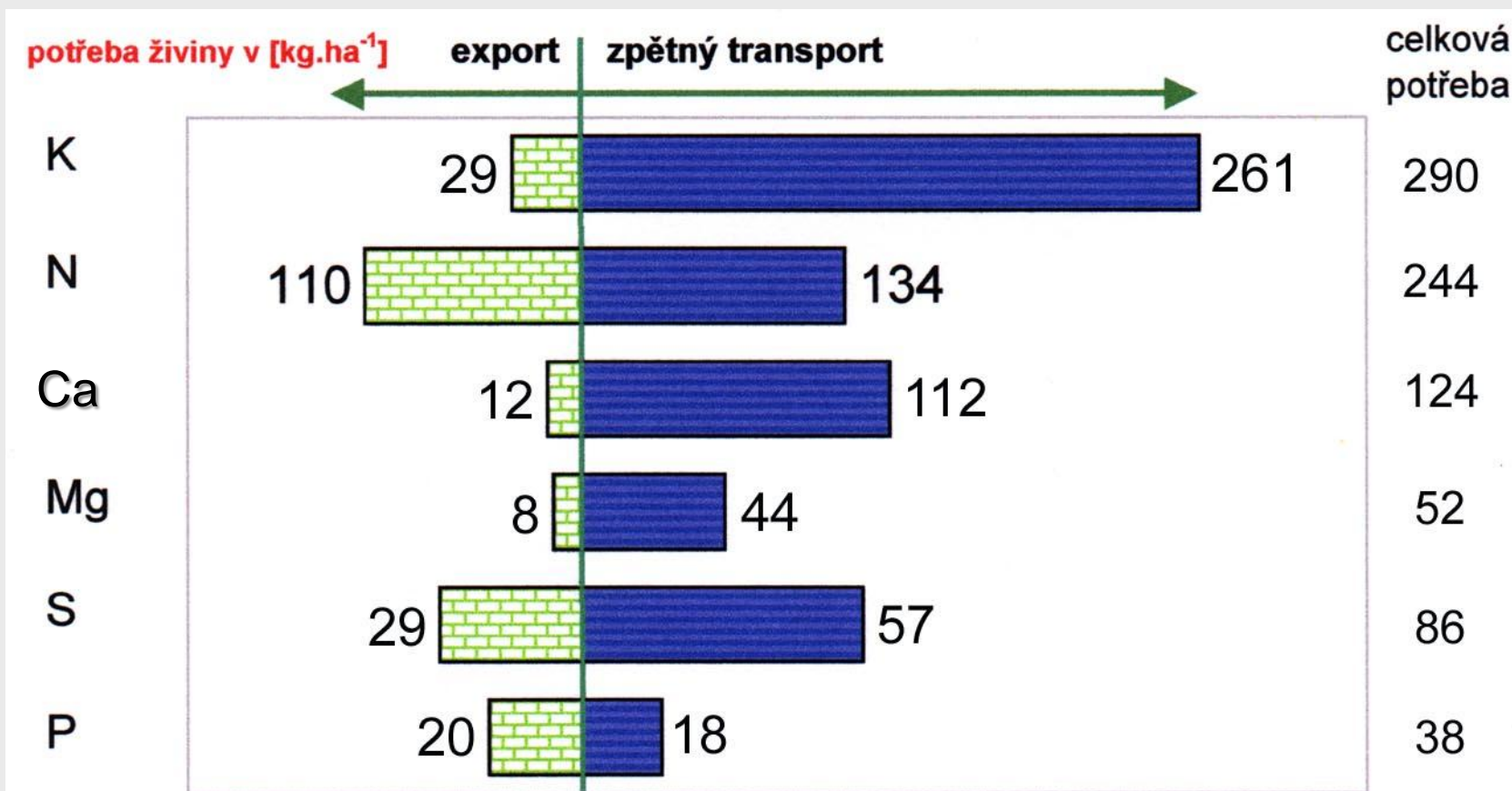


Výživa řepky

- 2 až 3krát náročnější na živiny než obilniny
- hluboký kořenový systém
 - vyšší využití živin z hlubších horizontů – P
 - výživu zaměřit na N, Mg, K, S a B
 - dusík – vysoké požadavky v krátkém čase
 - draslík – vysoké nároky, ale i zpětný transport



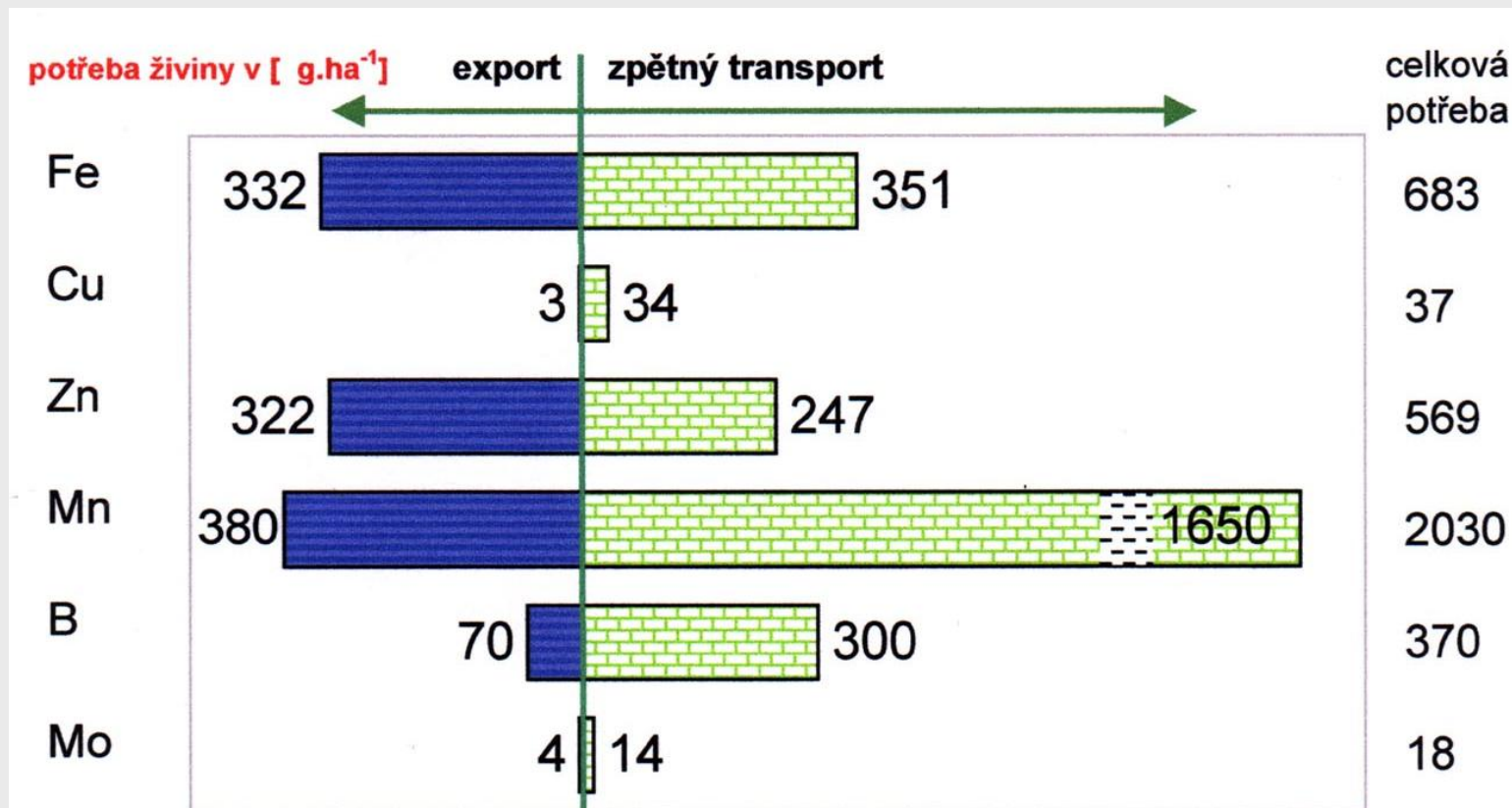
Potřeba živin u ozimé řepky při výnosu 3,5 t na ha



(CETIOM, 1998)



Potřeba stop. prvků u řepky při výnosu 3,5 t na ha



(CETIOM, 1998)



Potřeba živin pro výnosy 4 t/ha

Živina	Potřeba pro výnos semen 4 t/ha	Z toho odběr od jara do počátku kvetení (%) cca
Draslík	225 kg	70%
Dusík	220 kg	70%
Vápník	200 kg	60%
Síra	70 kg	35%
Fosfor	45 kg	60%
Hořčík	30 kg	30%
Mangan	0,7 kg	80%
Bór	0,4 kg	40%
Molybden	0,02 kg	20%



Základní hnojení

Organické hnojení

- dnes omezené – dříve běžné
- **Hnůj**
 - k předplodině nebo 3-4 týdny před setím



Základní hnojení

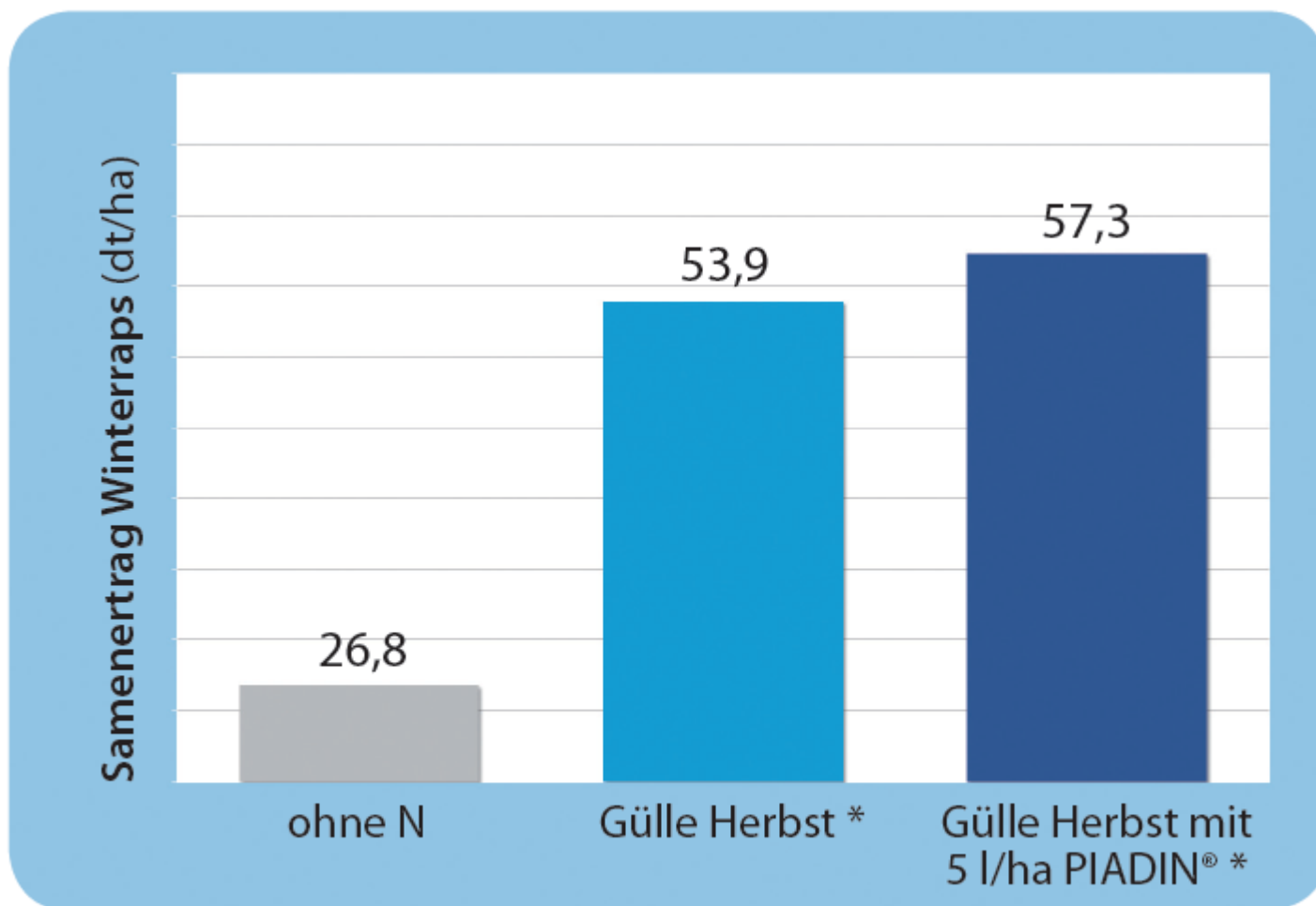
Organické hnojení

Kejda

- nejlépe na slámu předplodiny
(10-12 kg N na 1 tunu slámy)
- k základnímu hnojení max. 40 t/ha
- výhodnější kombinovat s inhibitory nitrifikace (PIADIN)
- i k hnojení během vegetace
 - dávky 20 t/ha (až 100 kg N/ha) – aplikátory
- **kvalita** – prokvašená, zhomogenizovaná kejda s min. 5 % sušiny



Výnos řepky po hnojení kejdou



* Frühjahr 120 kg/ha N als ALZON® flüssig-S 25/6

Základní hnojení

Hnojení P, K, Mg a S

- P, K, Mg – vycházíme z AZP a doplňujeme na hladinu zásoby „dobrá“
- při obsahu **S** vodorozpustné pod 30 mg/kg → hnojení sírou
 - můžeme spojit s P (superfosfát)
 - s K (draselná sůl, síran draselný)
 - s Mg (Kieserit), s Ca (sádrovec) apod.
- Mg – dolomitické vápence při vápnění - nejlépe k předplodině



Vyzimovaná řepka





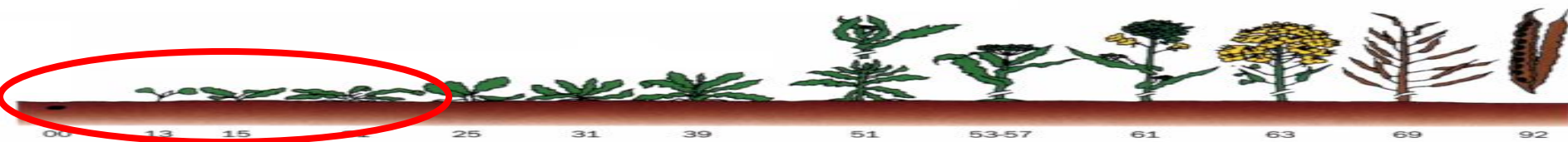
Nedostatek P způsobený chladem



Hnojení dusíkem

Podzimní hnojení

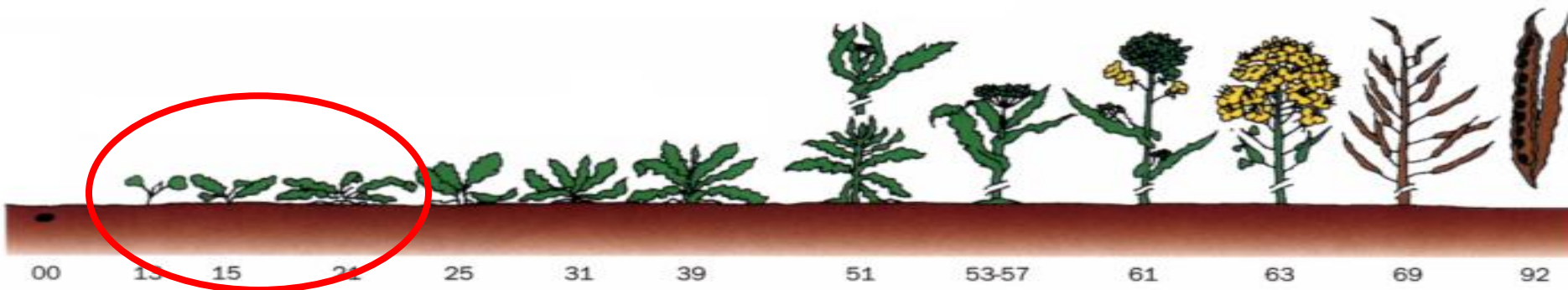
- cílem
 - vytvořením mohutného a silného kořenového systému
 - nepřerůstání nadzemní biomasy
- zpravidla **nehnojíme** – rizikové – nelze předvídat průběh povětrnosti
- hnojení N provádíme
 - při zaorávce slámy
 - na mělkých, chudých a skeletovitých půdách
 - dvě obilniny předplodinou
 - výsev po agrotechnickém termínu
 - N_{\min} pod 15 mg/kg



Hnojení dusíkem

Podzimní hnojení

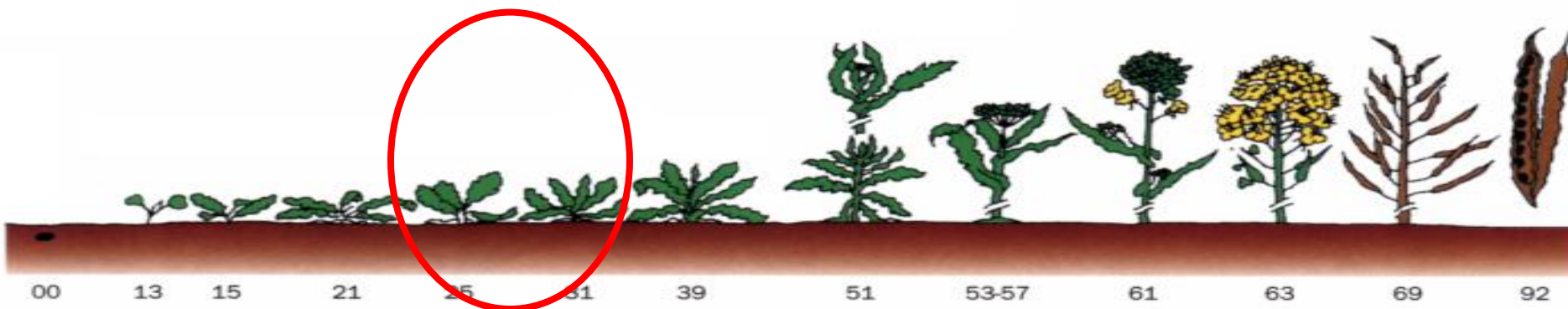
- vhodná hnojiva:
 - síran amonný, amofos (amonná forma N)
 - močovina, NPK – lépe zapravit do půdy
- během podzimní vegetace
 - korekce výživného stavu – poč. října
 - slabé porosty – nehnojené dosud N
 - < 60 rostlin na m²



Hnojení dusíkem

Jarní hnojení

- 3x až 4x přihnojit
- **1. jarní dávka dusíku**
 - 1a - ihned po zimě – kořeny regenerují a rostou již při 1,9 °C – 30-40 kg N – podle N_{\min}
 - tuhá hnojiva
 - 1b – 10-14 dní po 1a – 30-60 kg N
 - tuhá i kapalná hnojiva

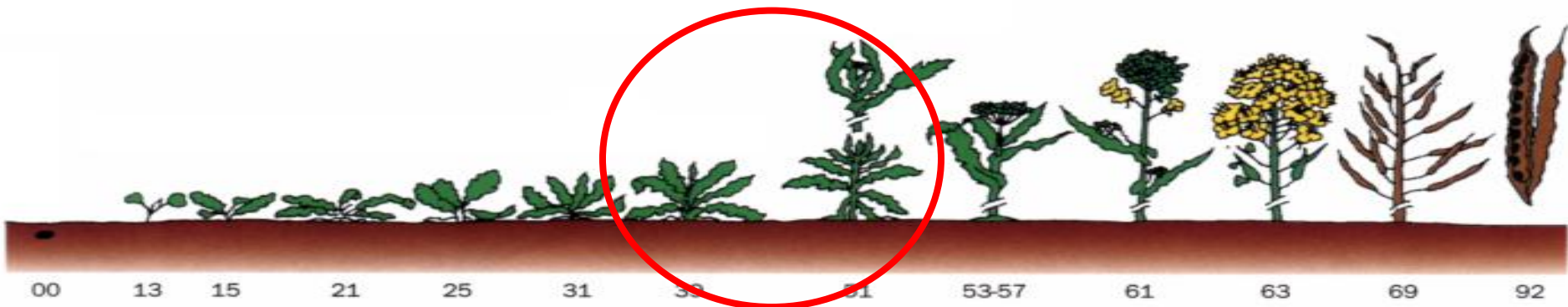


Hnojení dusíkem

Jarní hnojení

- **2. dávka dusíku**

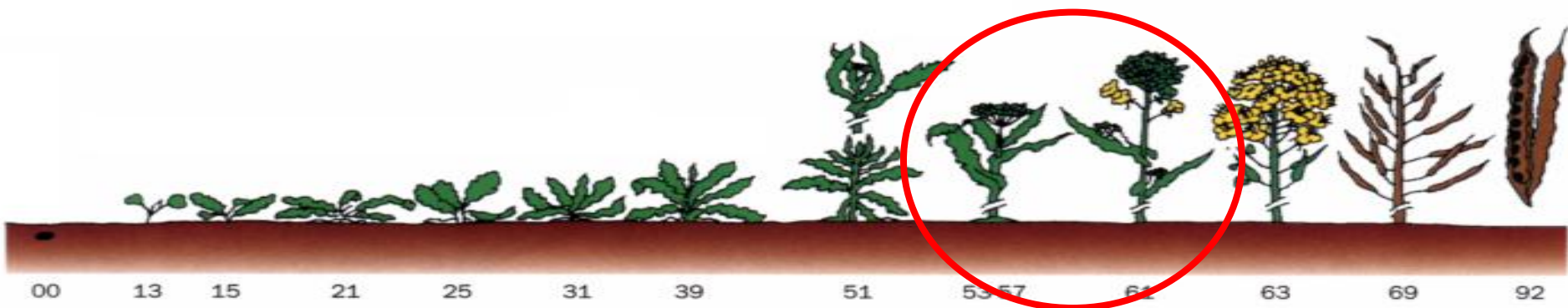
- počátek prodlužovacího růstu
- 2-3 týdny po 1b – doplnění na 150 kg N
- lze využít ARR – obsah N > 4,9 %, S > 0,55 %
- spojit s aplikací mikroživin (B a Zn)



Hnojení dusíkem

Jarní hnojení

- **3. dávka dusíku**
 - fáze žlutých pupat
 - 30-50 kg
 - spojit s mikroživinami



Optimální obsah živin v sušině nadzemní biomasy ozimé řepky

Fáze růstu	Biomasa nadz. sušiny (t/ha)	% prvku v sušině nadzemní hmoty						mg/kg	
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
Podzim (6 listů)	1,0	4,2	0,39	3,80	2,00	0,20	0,45	25–50	25–70
Jarní regenerace	2,5	4,8	0,48	2,90	1,60	0,18	0,50	25–50	25–70
Butonizace	5,5	4,9	0,50	3,60	1,90	0,18	0,60	25–50	25–70
Kvetení	10,0	4,2	0,46	3,00	1,60	0,15	0,50	25–50	25–70
Nasazení šešulí	18,0	2,0	0,34	2,10	1,50	0,11	0,45	15	20–40
Semena - sklizeň	3,0	3,3	0,60	0,82	0,50	0,25	0,26	7–11	40–60



Regenerační hnojení



Formy dusíku

nitratový

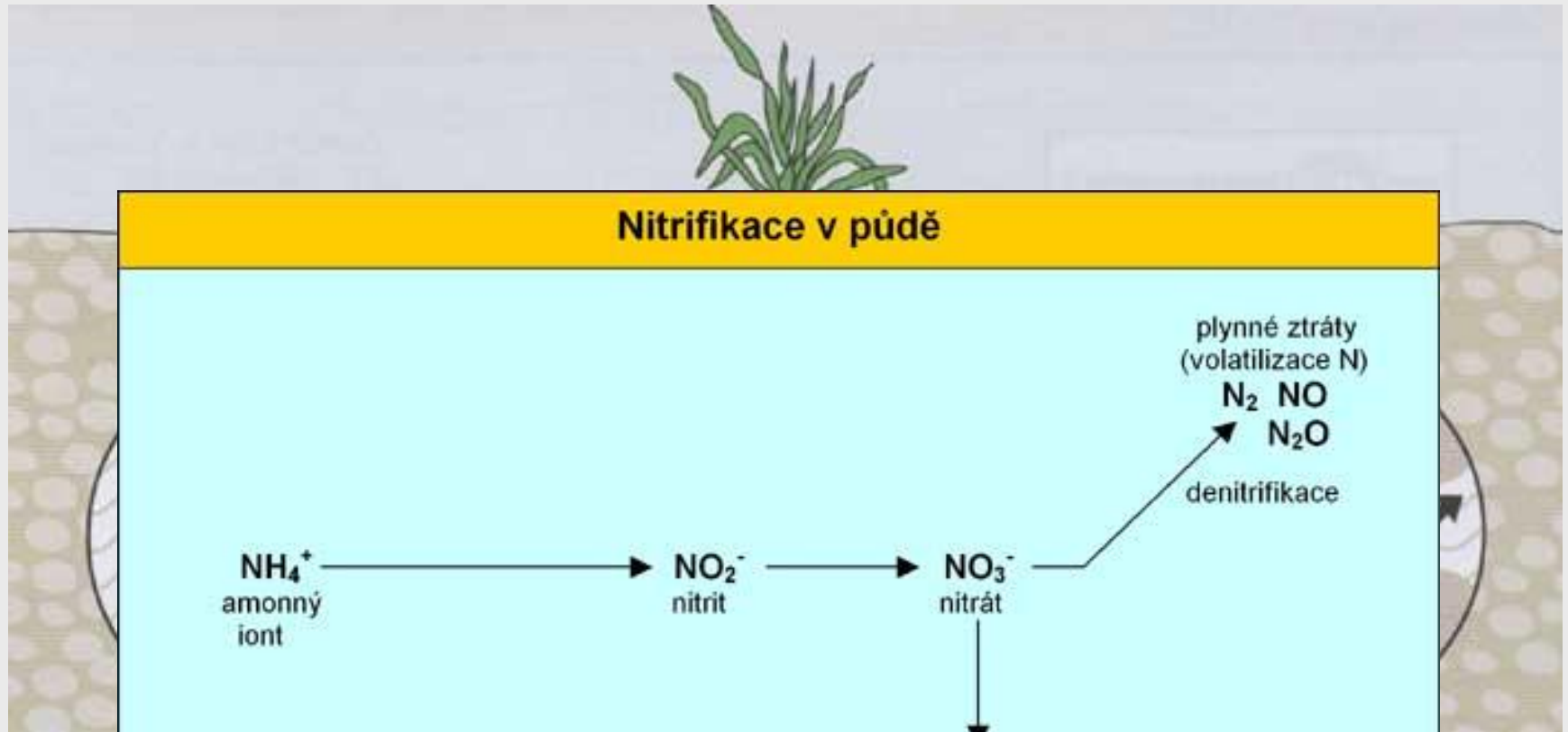
- velice dobře rozpustný
- velmi pohyblivý v půdě i kapilárními póry

amonný

- jeho využití → podle druhu půdy
 - imobilizován sorpcí na koloidy, více na těžkých půdách
- u slabších porostů může škodit (malý obsah uhlíkatých skeletů, alkalizuje buňky)
- vyšší obsah v půdním prostředí
 - stres v růstu kořenů
- v půdě je **nitřifikován**



Nitrátový a amonný dusík v půdě



Formy dusíku



amidický N (močovina)

- významným zdrojem N
- není sorbován
- snadno rozpustná
- při nízkých teplotách půdy (pod 5°C) probíhá amonizace pomalu
- přijímána ve formě celých molekul listem i kořeny

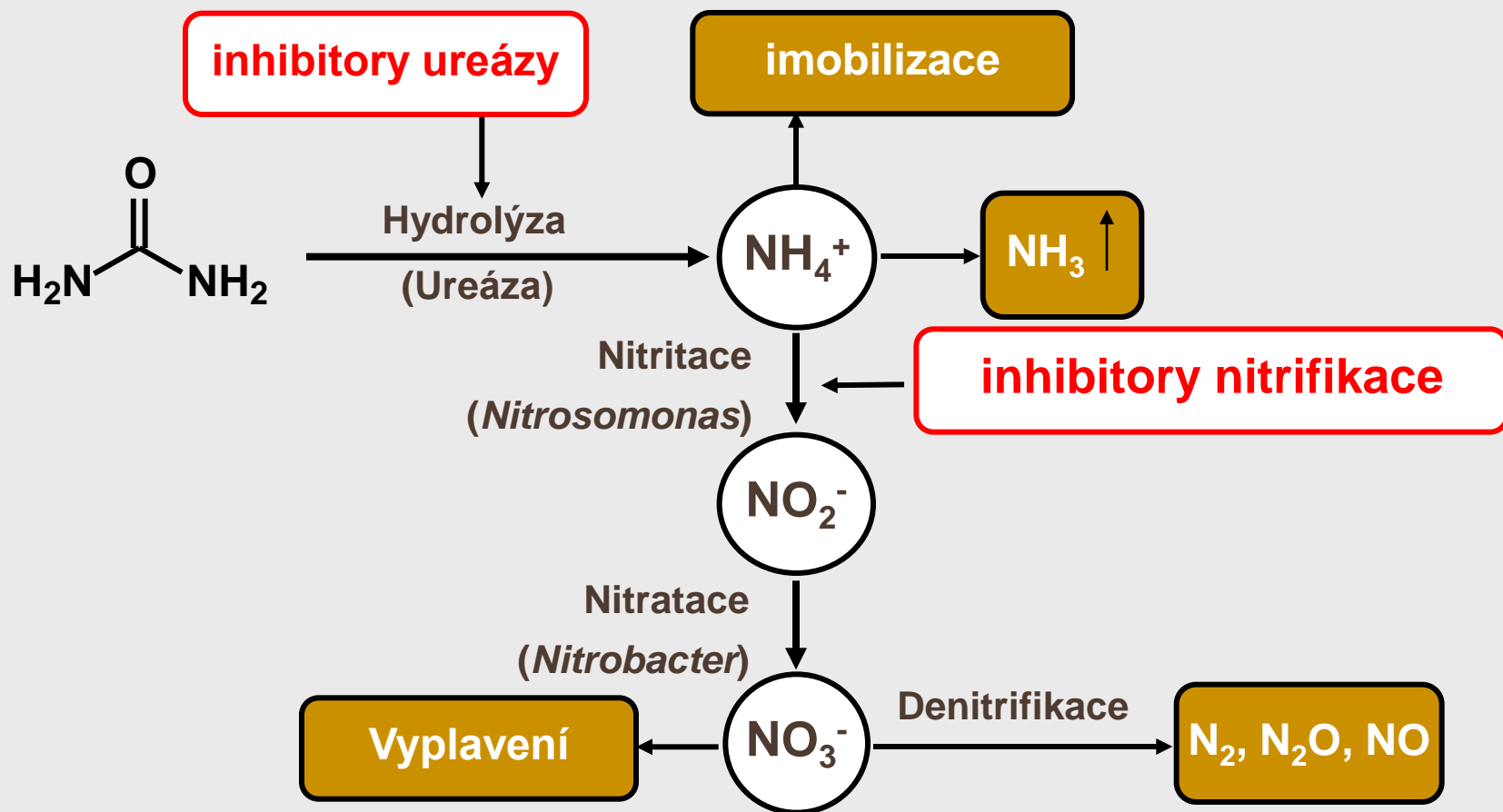


Regenerace – především ledky

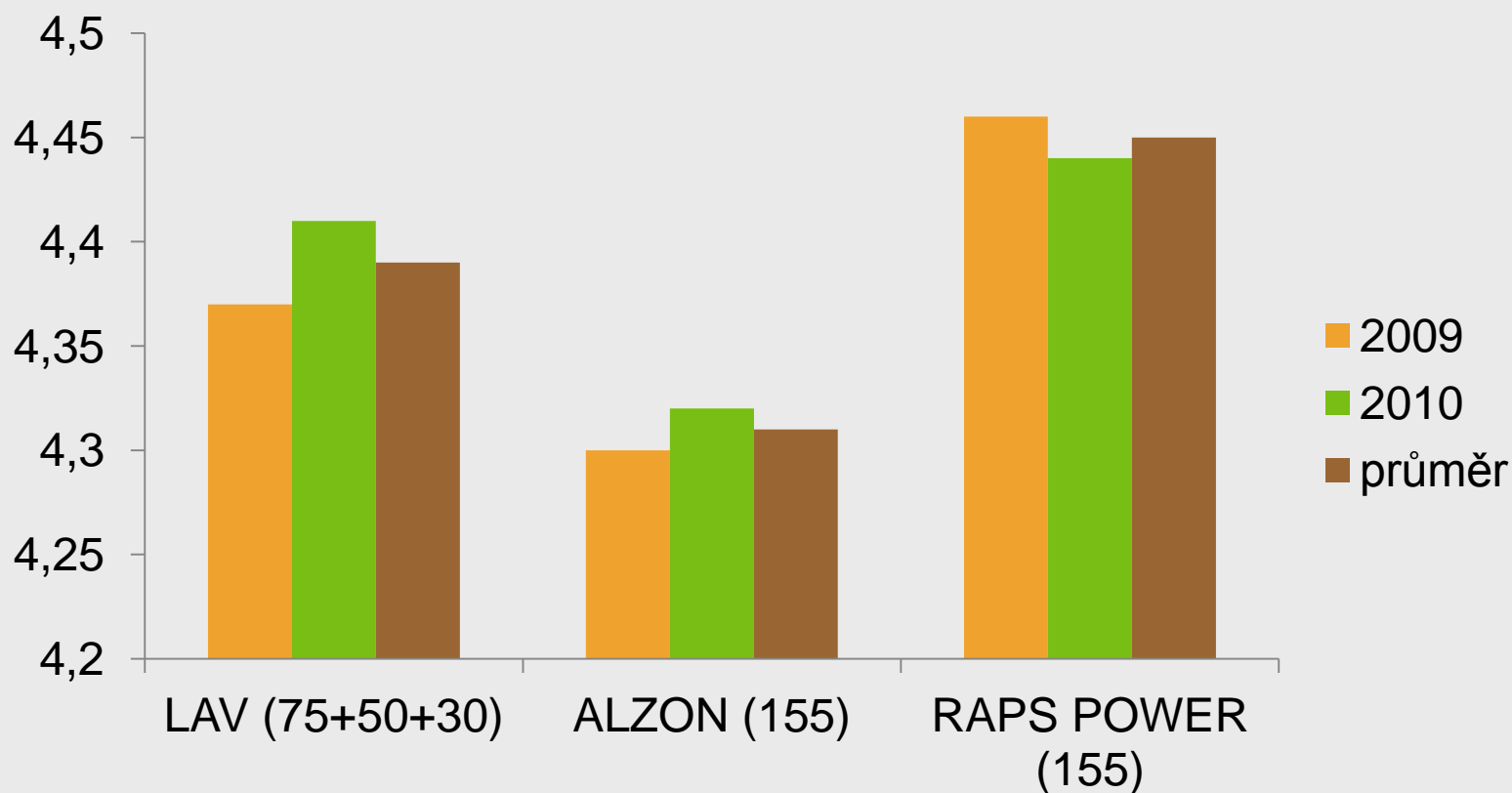
- po delší zimě – nastartovat porost ledkem
- nitráty v ledcích
 - nejen zdroj dusíku, ale i kyslíku (Doc. Benada)
 - zvyšuje redoxpotenciál
 - „provzdušňuje“ půdu



Transformace močoviny v půdě



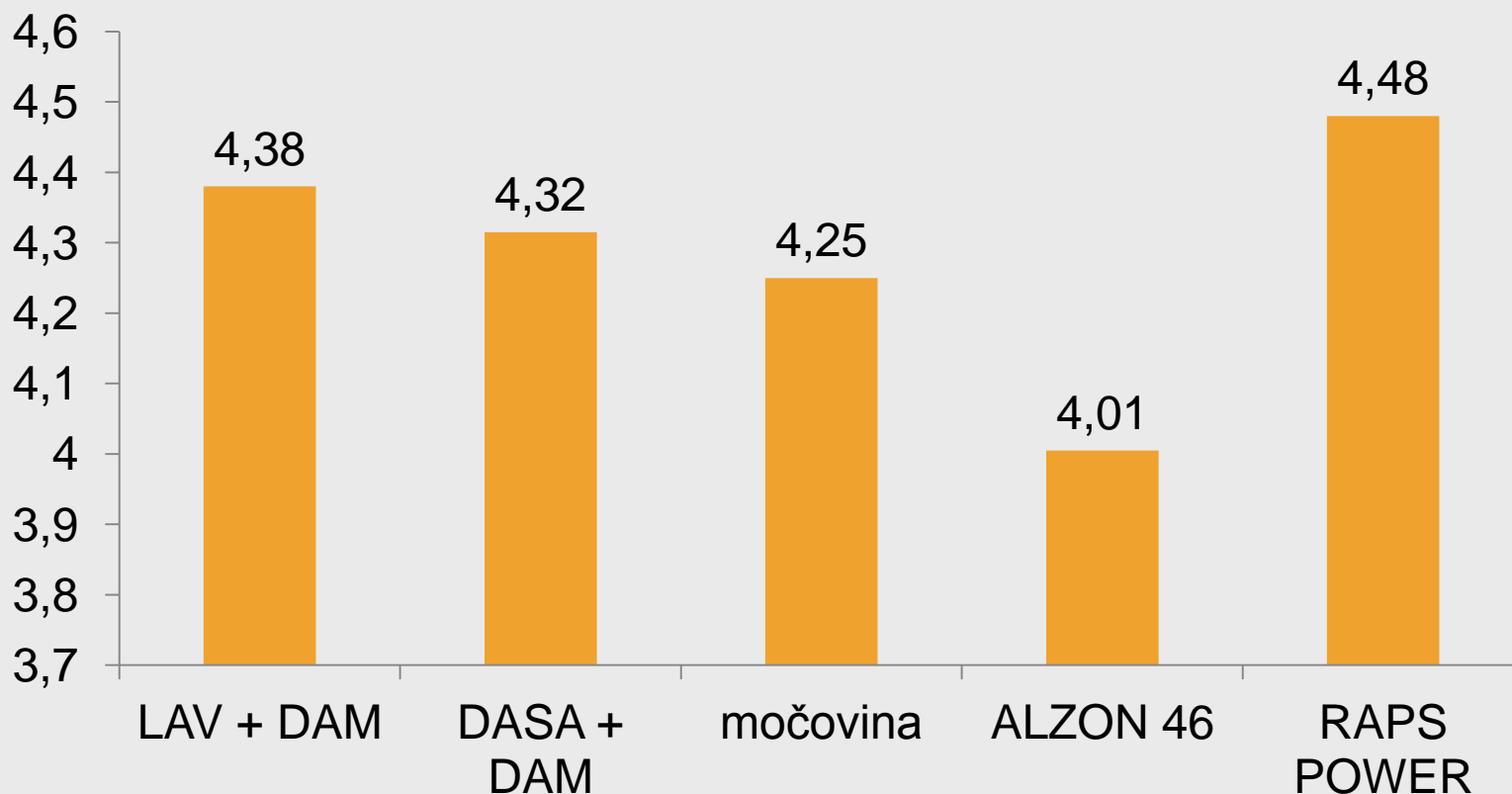
Výnos řepky ozimé (t/ha)



RAPS POWER = ALZON 46 + SA granul.

AGF a ČZU v Praze

Výnos řepky ozimé (t/ha)



*Průměr 3 lokalit (AGS České Budějovice, Agro Vnorovy, ZEVA Chlístovice)
a 2 ročníků (2009 a 2010)*

RAPS POWER – 1x a dost

- **Raps Power**

- směs pro jednorázovou výživu řepky ozimé
- ALZON 46 (močovina s inhibitorem nitrifikace)
+ síran amonný granulovaný (1 : 1)



+



- 33 % N + 10 % S
- určeno pro časnou aplikaci
- velká granulace (90% 3-5 mm)

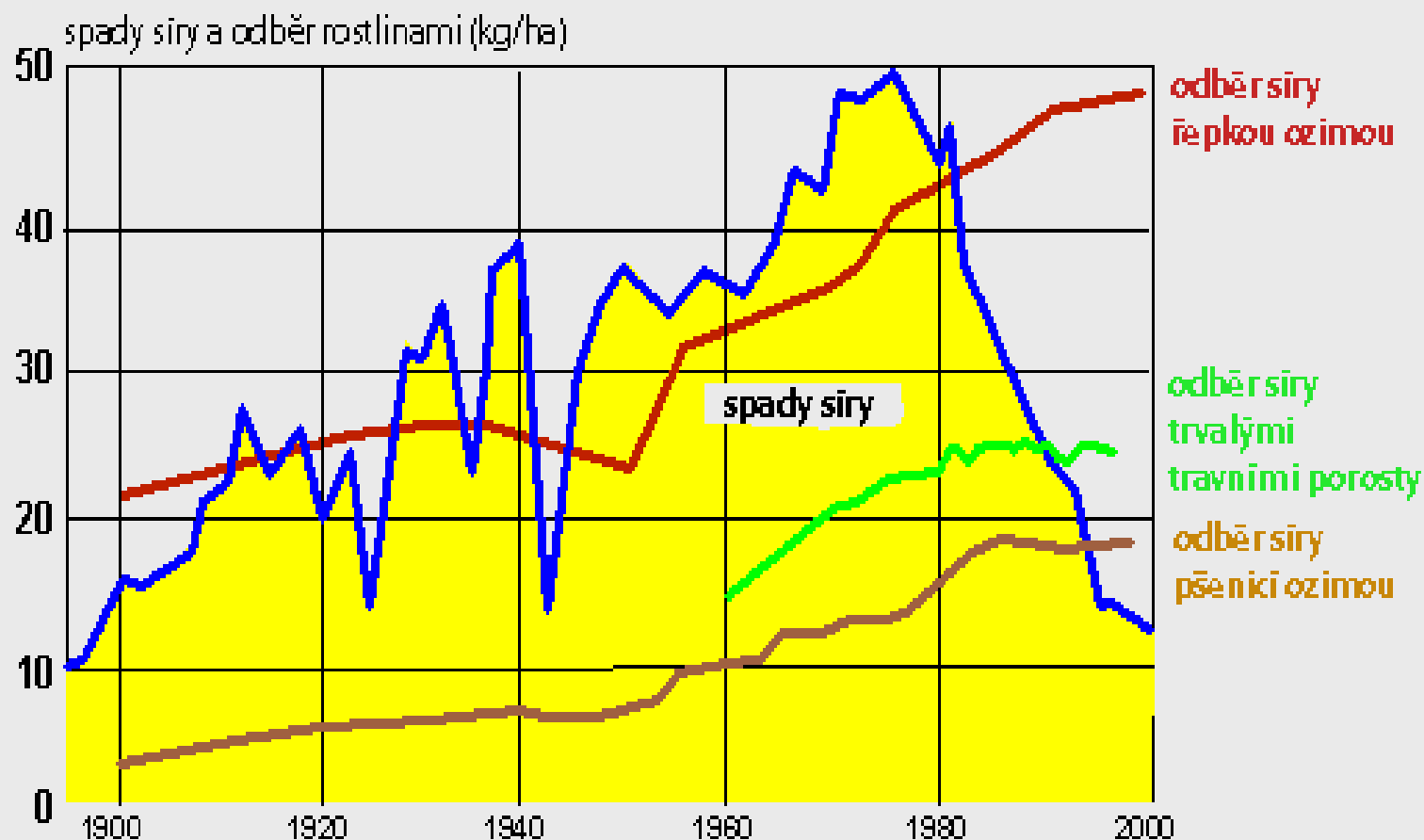
Síra ve výživě řepky ozimé



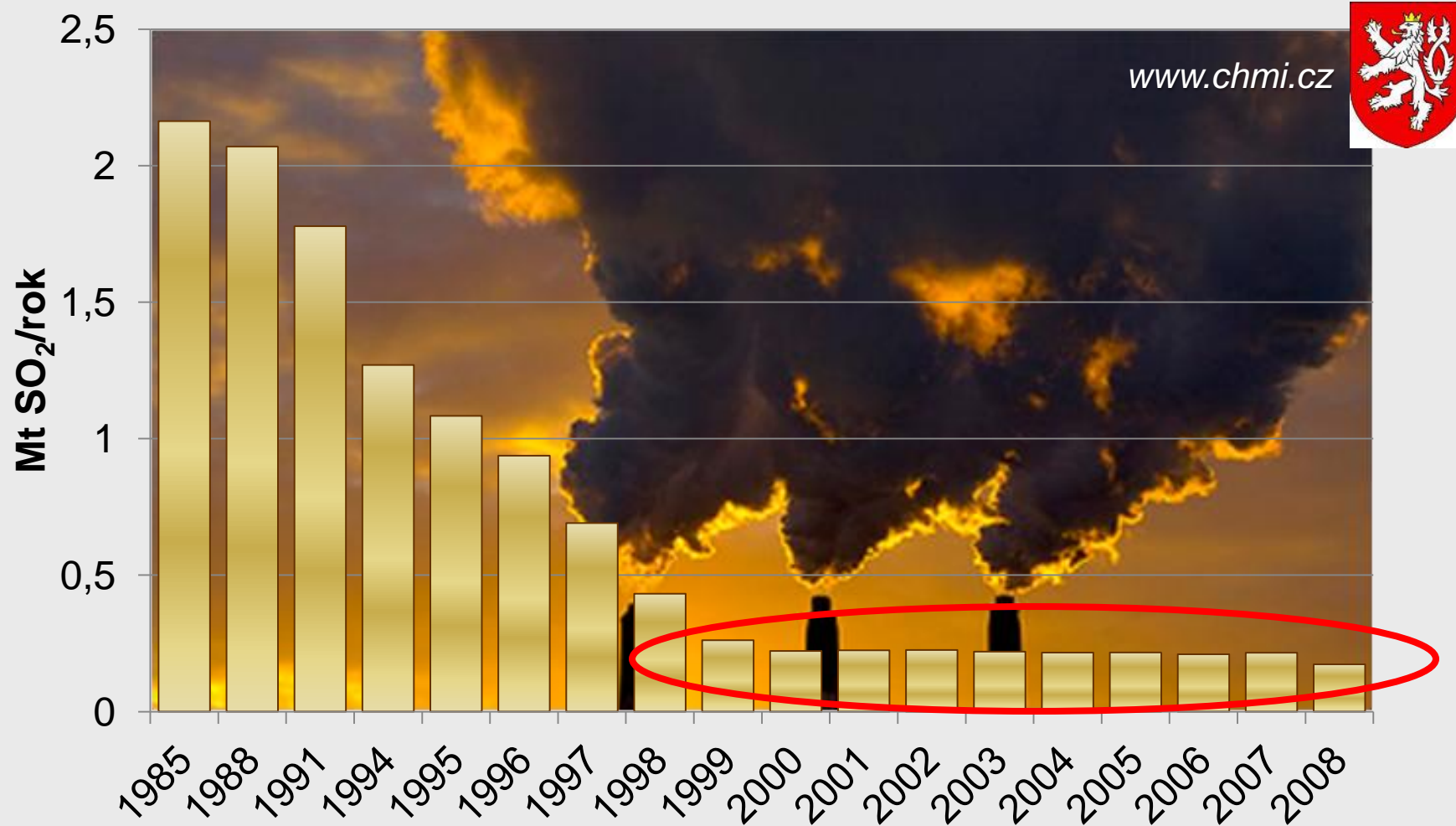
Lesní porosty Jizerských hor zasažené kyselými dešti



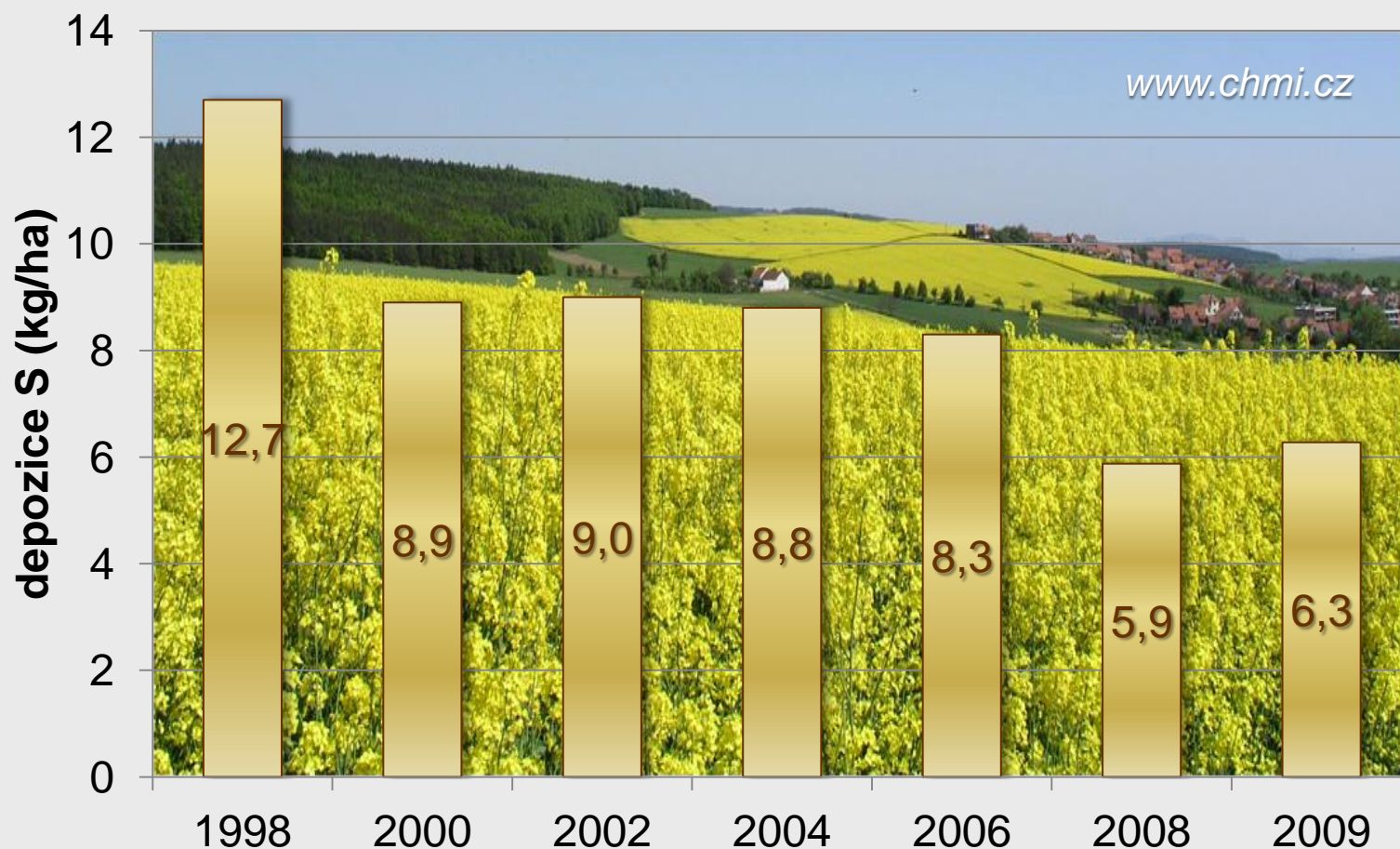
Vývoj mokré depozice síry a odběru síry rostlinami v Německu v letech 1890-2000



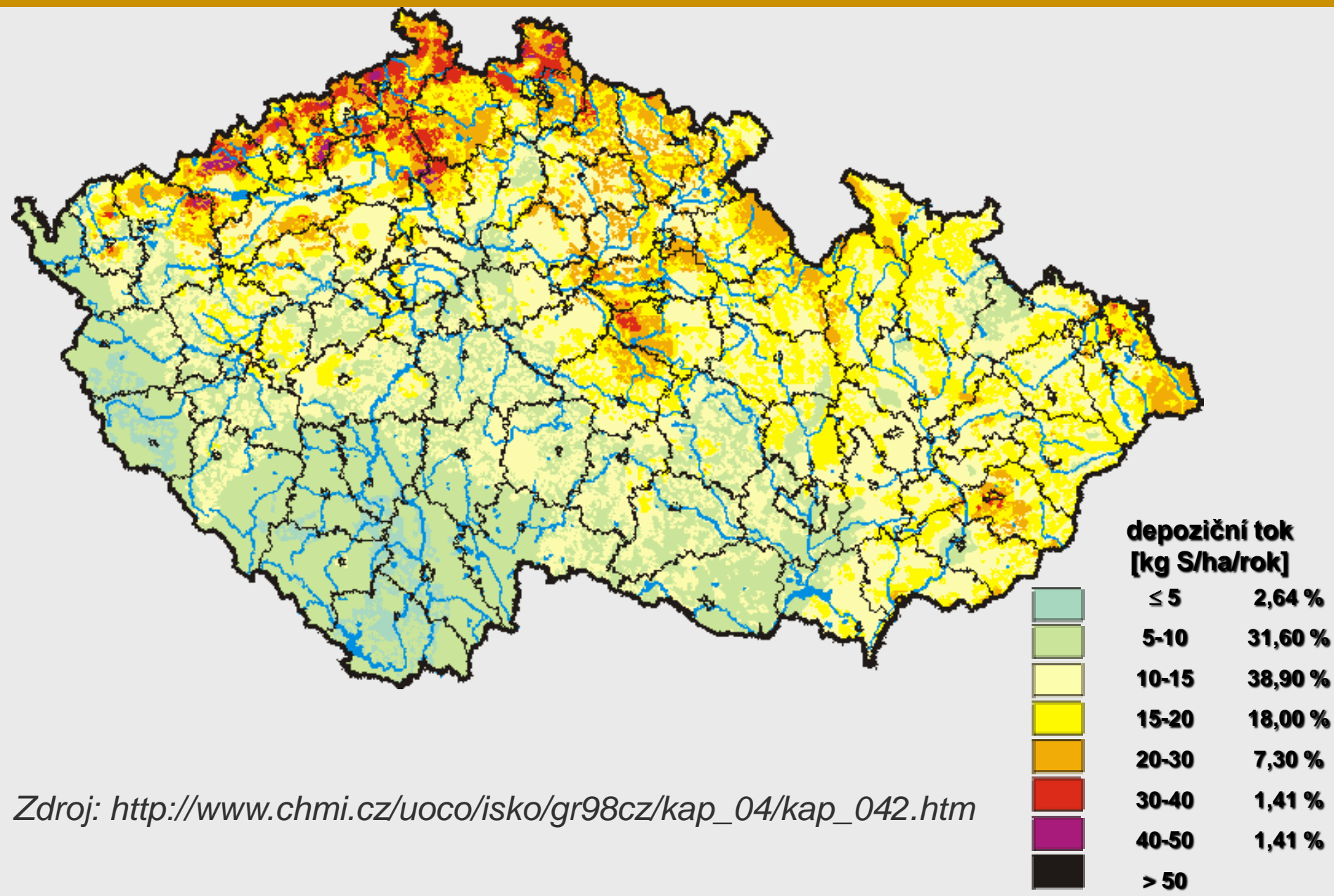
Vývoj emisí SO₂ ze stacionárních zdrojů (REZZO 1-3) v ČR



Vývoj celkových depozic síry v ČR po roce 1998

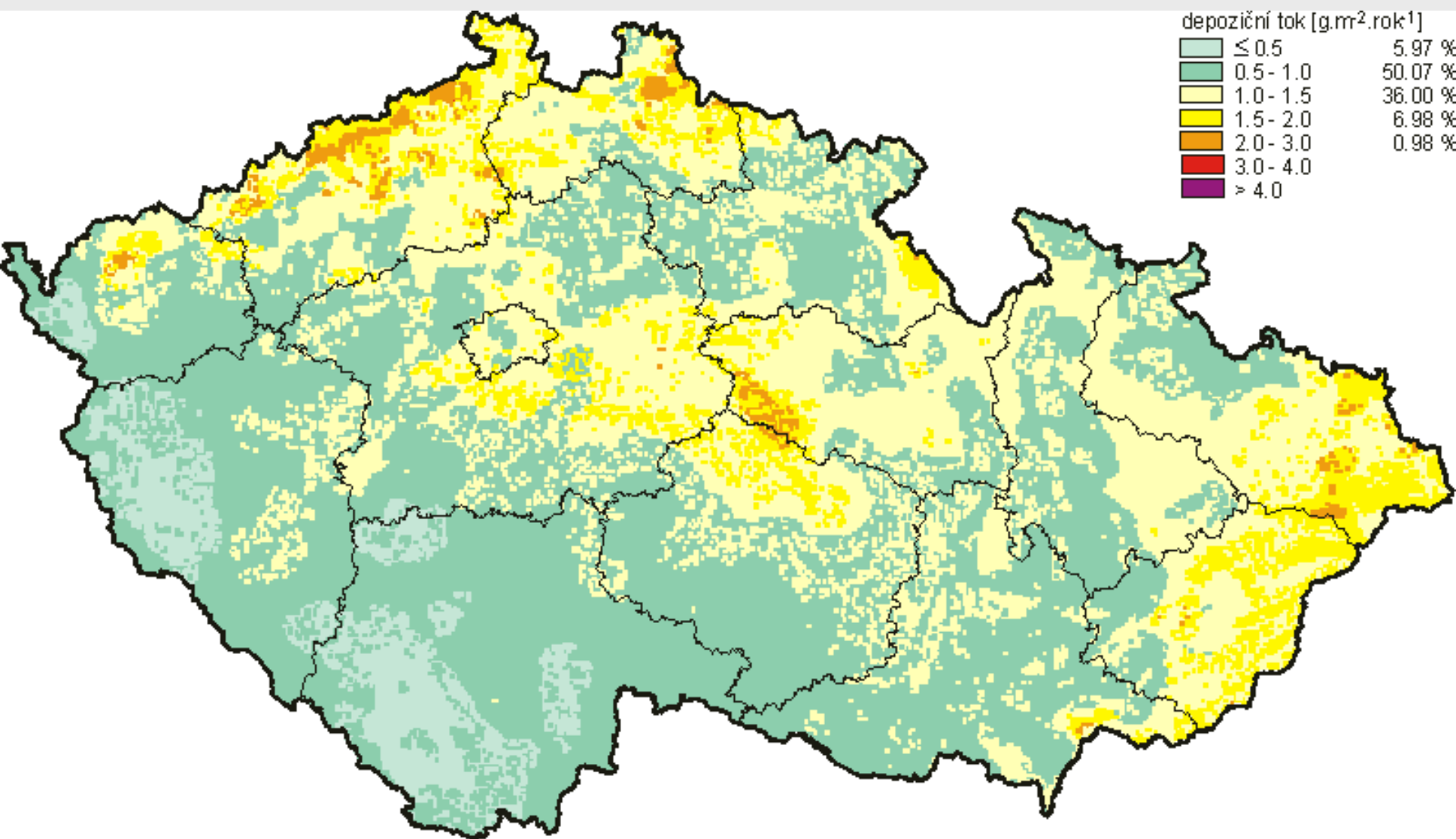


Pole celkové roční depozice síry v roce 1998



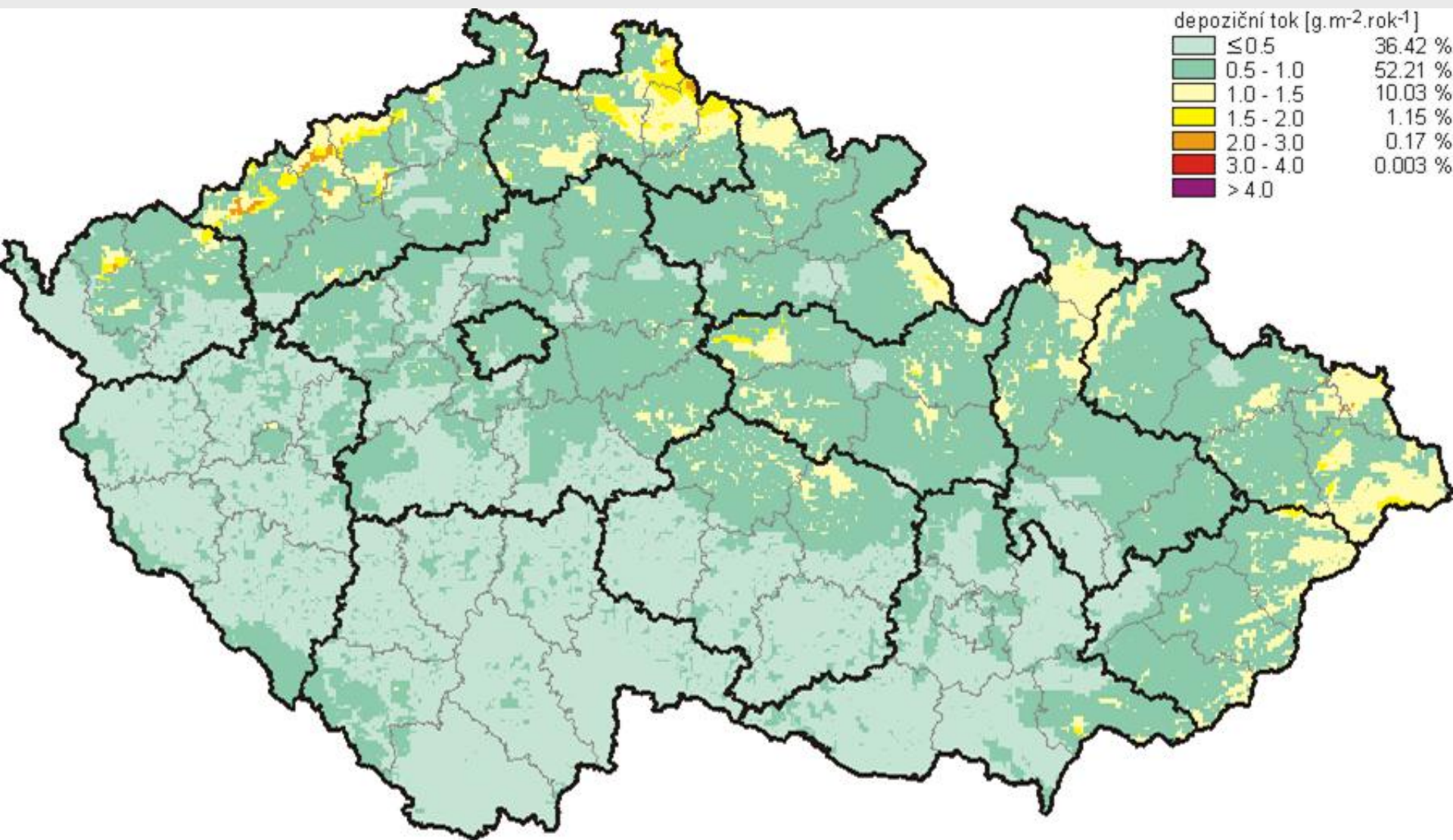
Pole celkové roční depozice síry v roce 2001

(depoziční tok $\cdot 10 = \text{kg S} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)

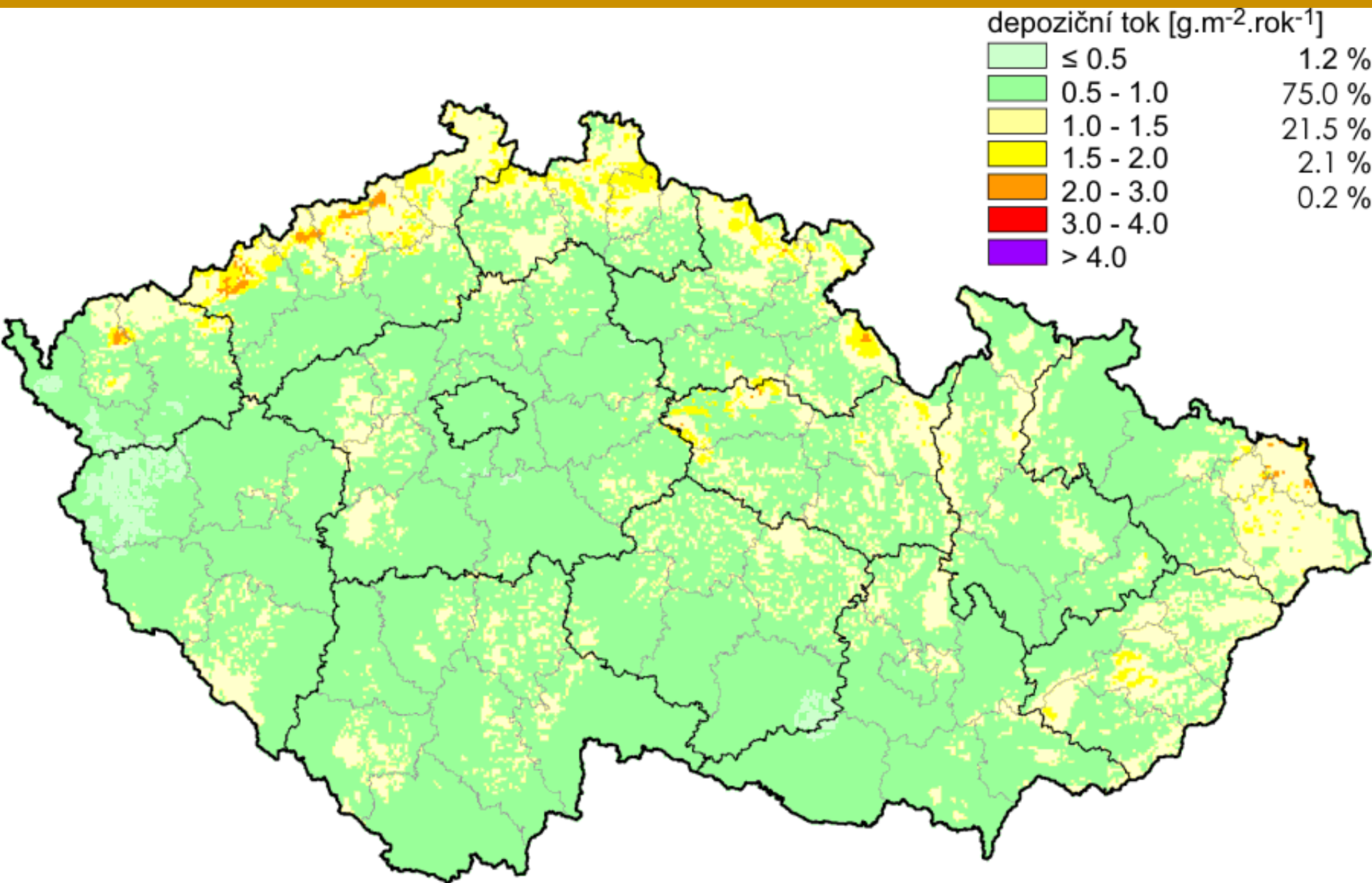


Pole celkové roční depozice síry v roce 2003

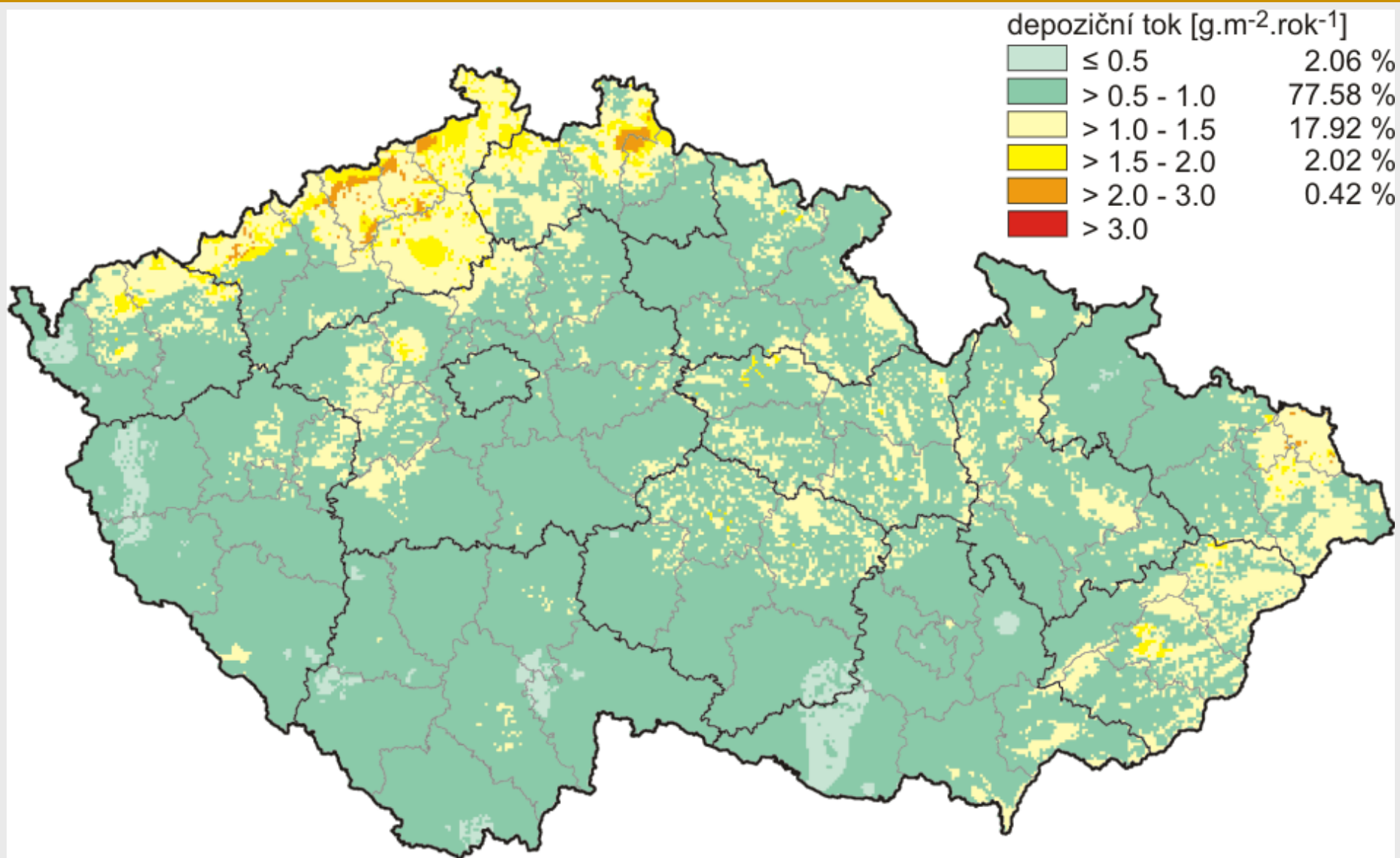
(depoziční tok $\cdot 10 = \text{kg S} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)



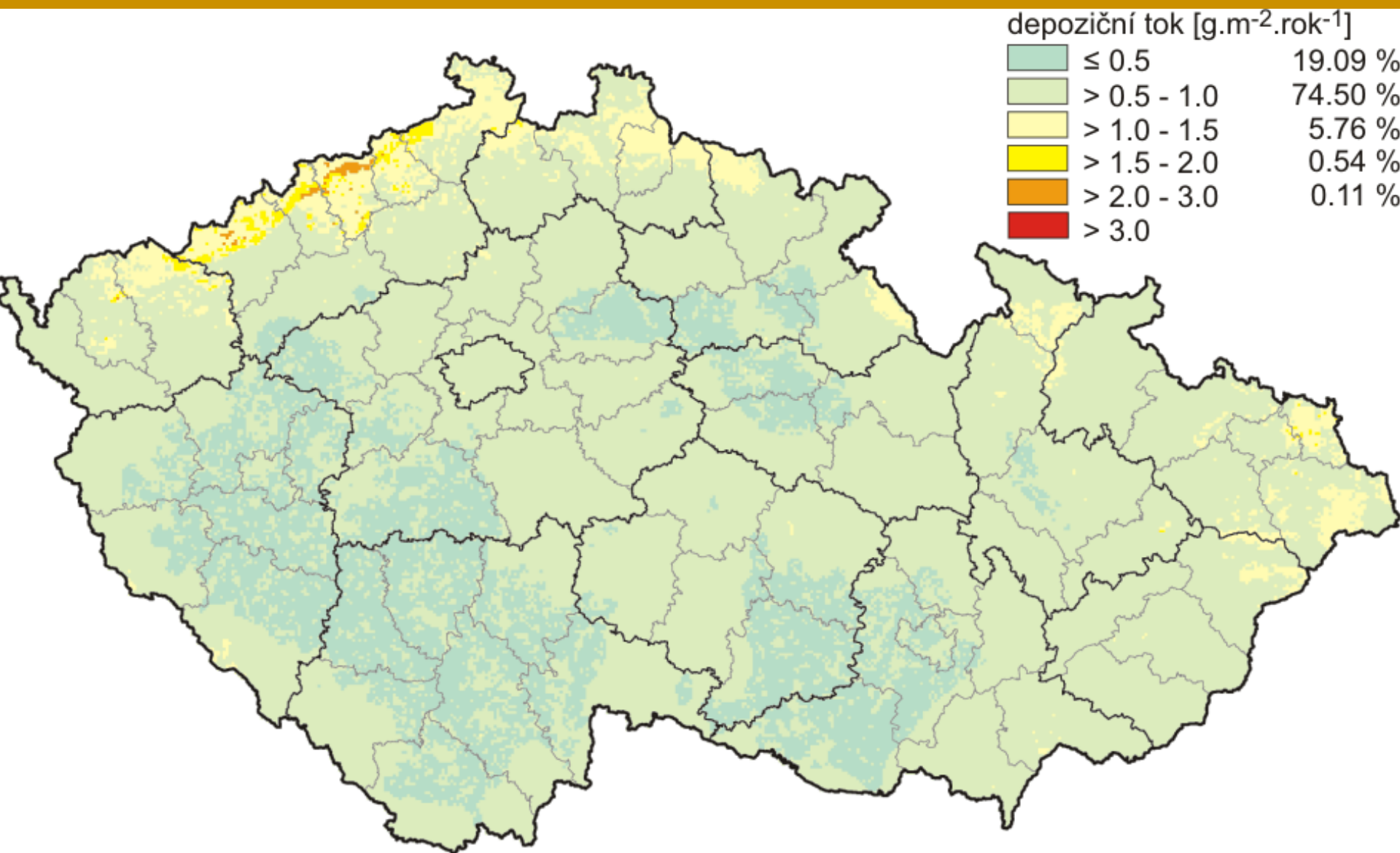
Pole celkové roční depozice síry v roce 2005



Pole celkové roční depozice síry v roce 2006

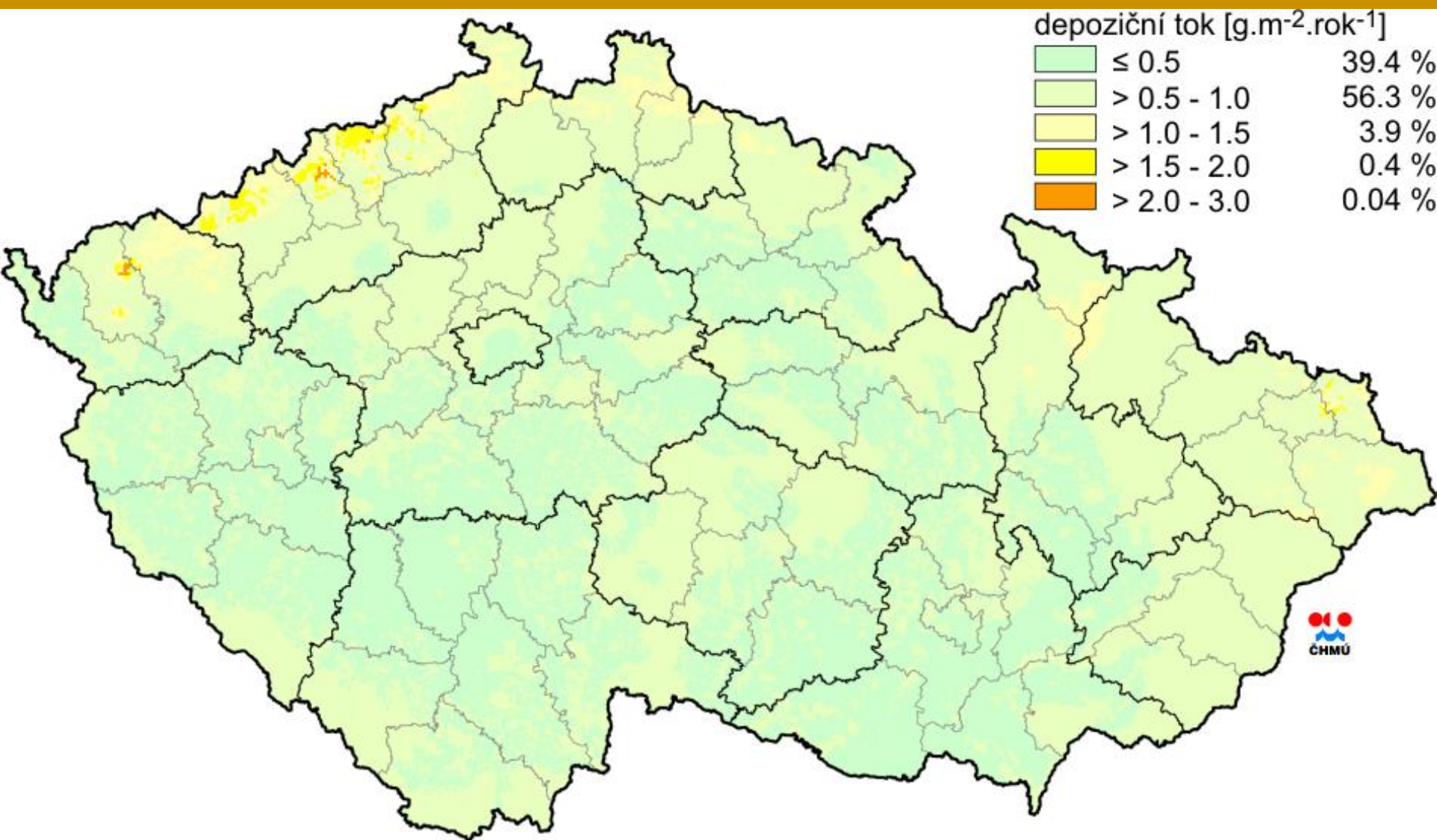


Pole celkové roční depozice síry v roce 2007



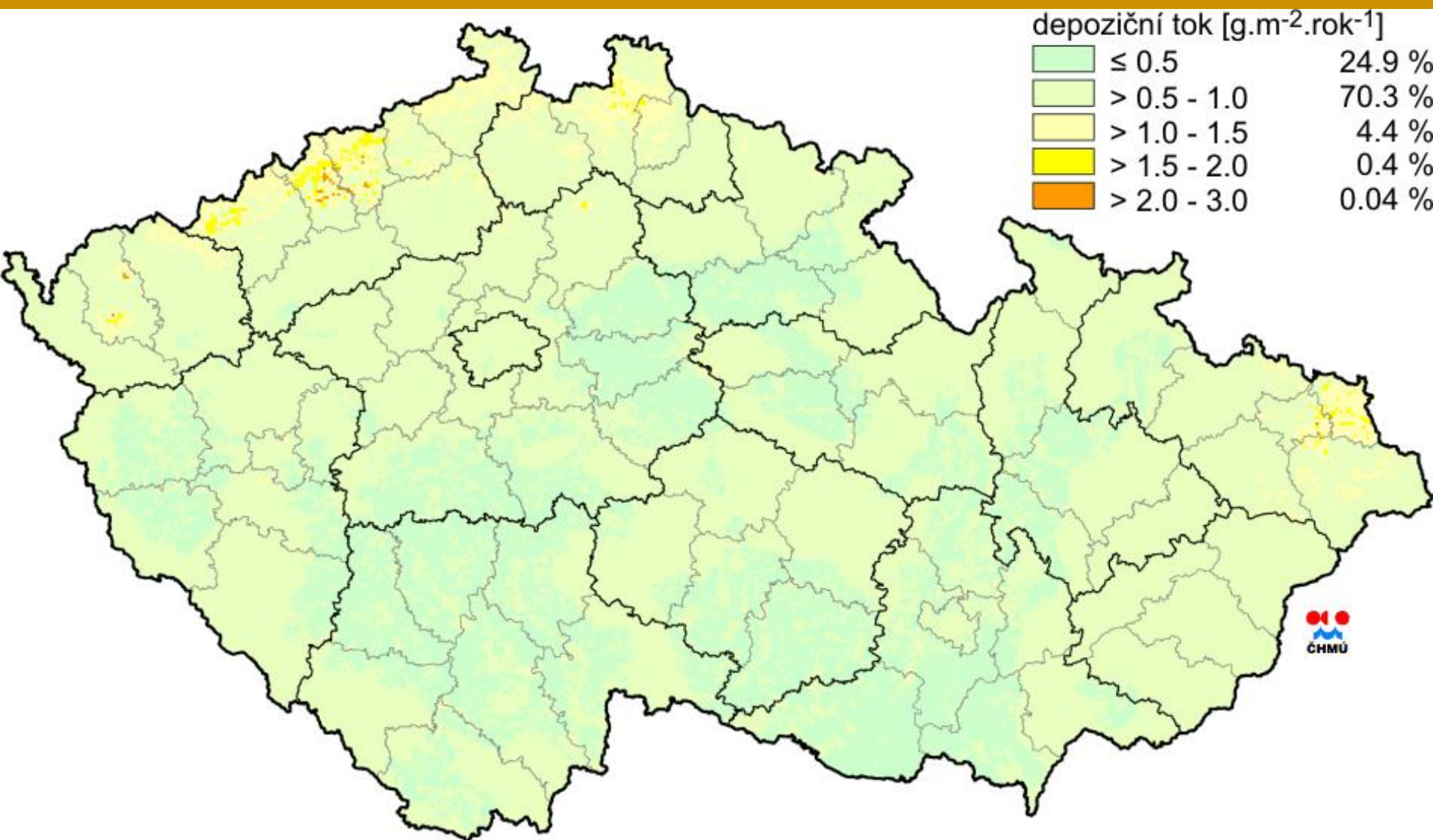
Pole celkové roční depozice síry, 2007

Pole celkové roční depozice síry v roce 2008



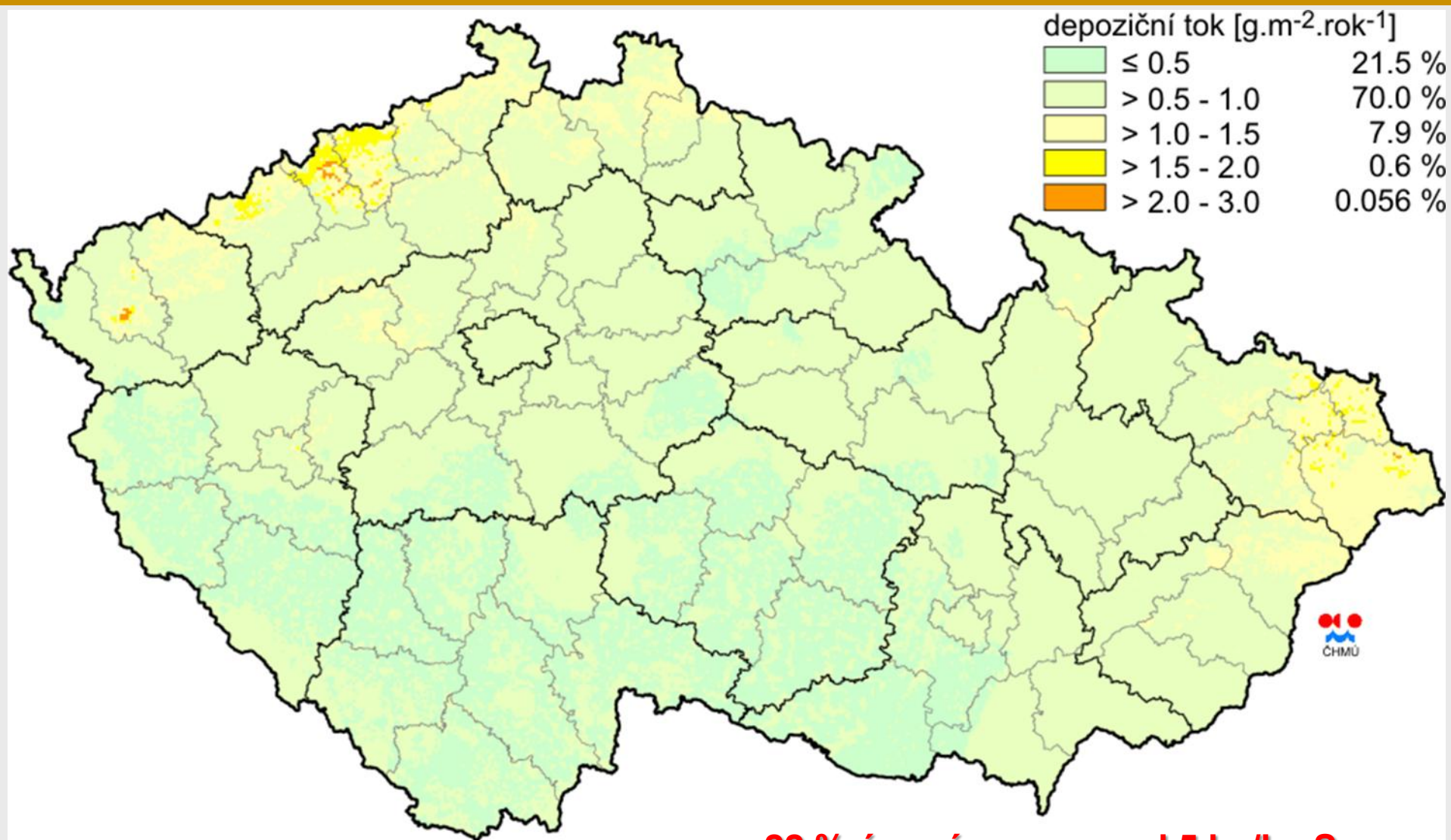
Pole celkové roční depozice síry, 2008

Pole celkové roční depozice síry v roce 2009



Pole celkové roční depozice síry, 2009

Pole celkové roční depozice síry v roce 2010



22 % území

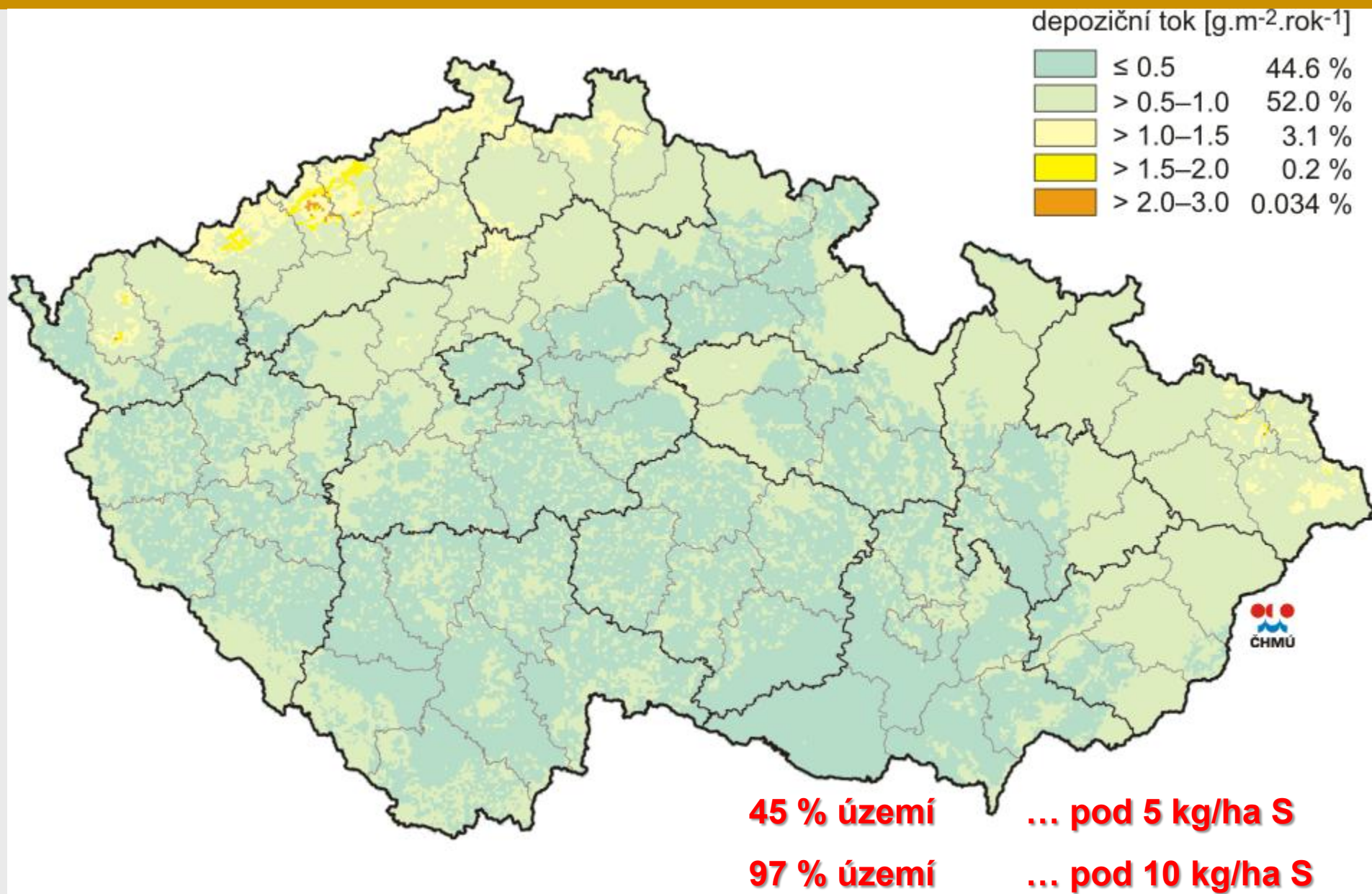
... pod 5 kg/ha S

92 % území

... pod 10 kg/ha S

Pole celkové roční depozice síry, 2010

Pole celkové roční depozice síry v roce 2011



Obr. III.4 Pole celkové roční depozice síry, 2011

Zdroj S – organická hnojiva

- obsah S
 - kejda – 0,029 – 0,050 %
 - chl. hnůj – 0,08 %



Agronomická
fakulta

Mendelova
zemědělská
a lesnická
univerzita
v Brně



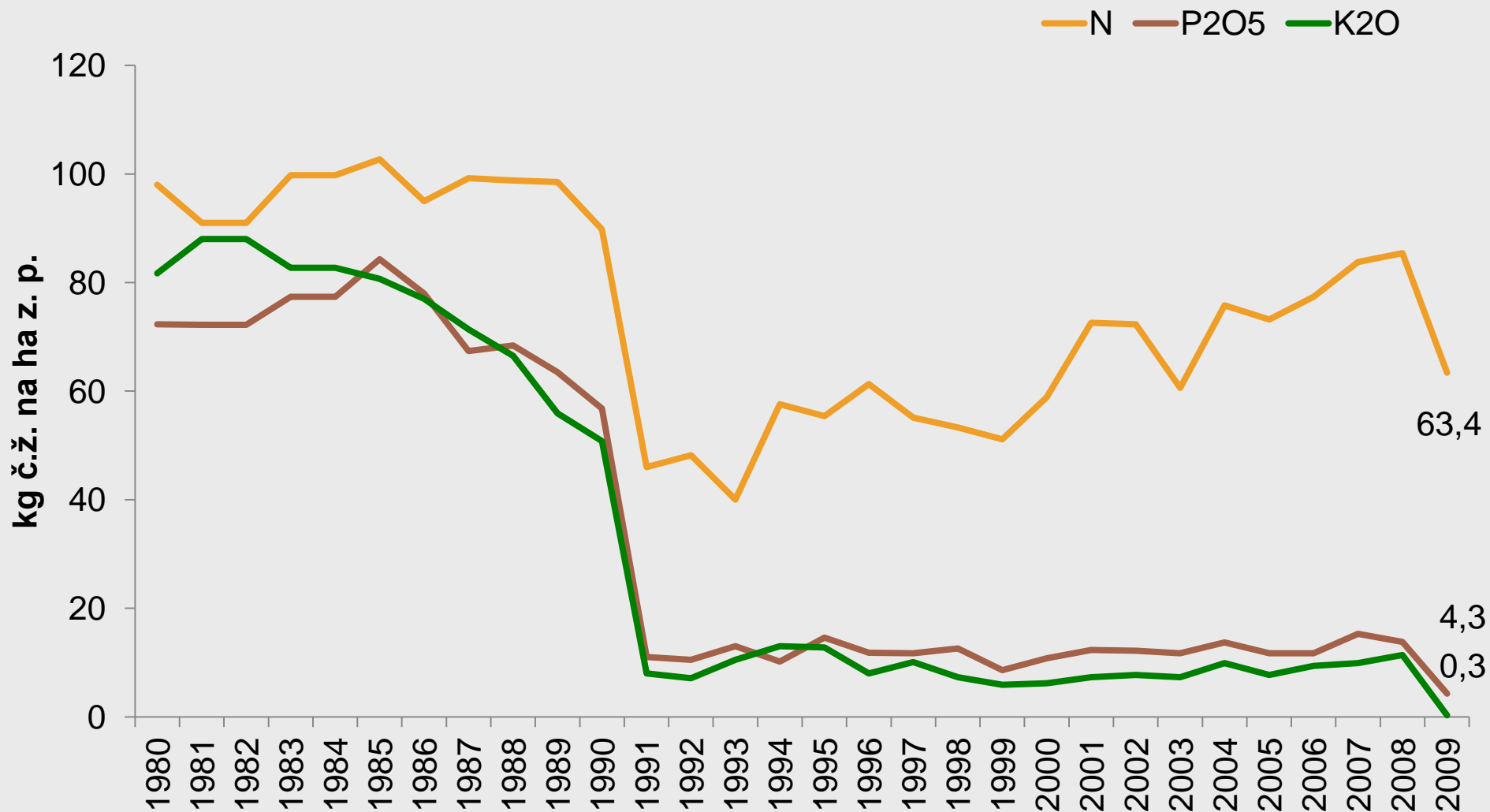
Zdroj S – organická hnojiva

- obsah S
 - kejda – 0,029 – 0,050 %
 - chl. hnůj – 0,08 %
- pokles stavů hospodářských zvířat
 - ročně v chl. hnoji přijde **2,1 kg S** na ha

Uvolnitelnost S z organických hmot

Organický materiál	Poměr C:S
Čistírenský kal	
surový	20
po digesce	35
Chlévský hnůj	
koňský	494
drůbeží	518
skotu	719
prasat	735
Rostlinný materiál	
vojtěška	310
sójové zbytky	498
stébla kukuřice	2 029
piliny	11 011

Spotřeba minerálních hnojiv v ČR

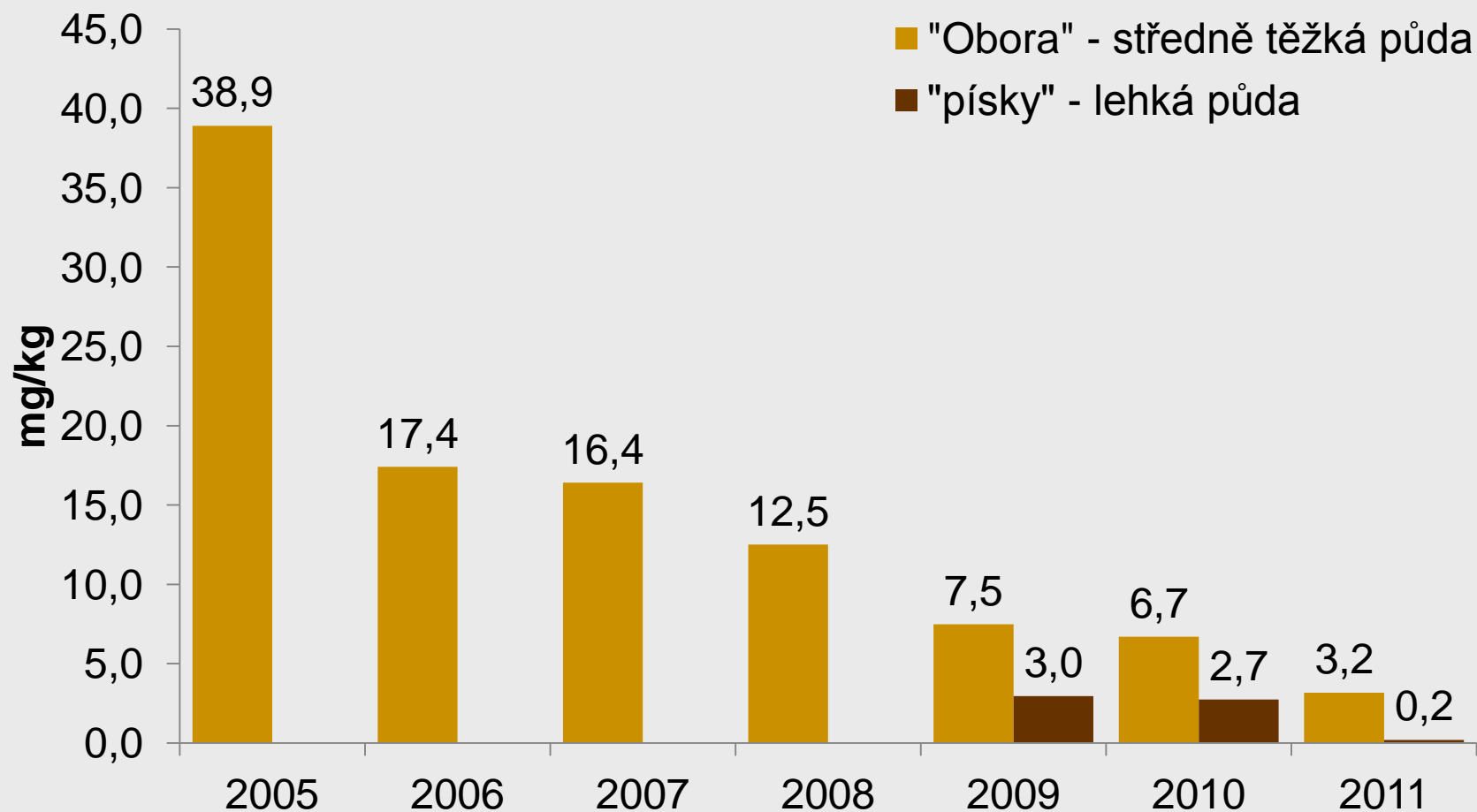


zdroj: MZe ČR

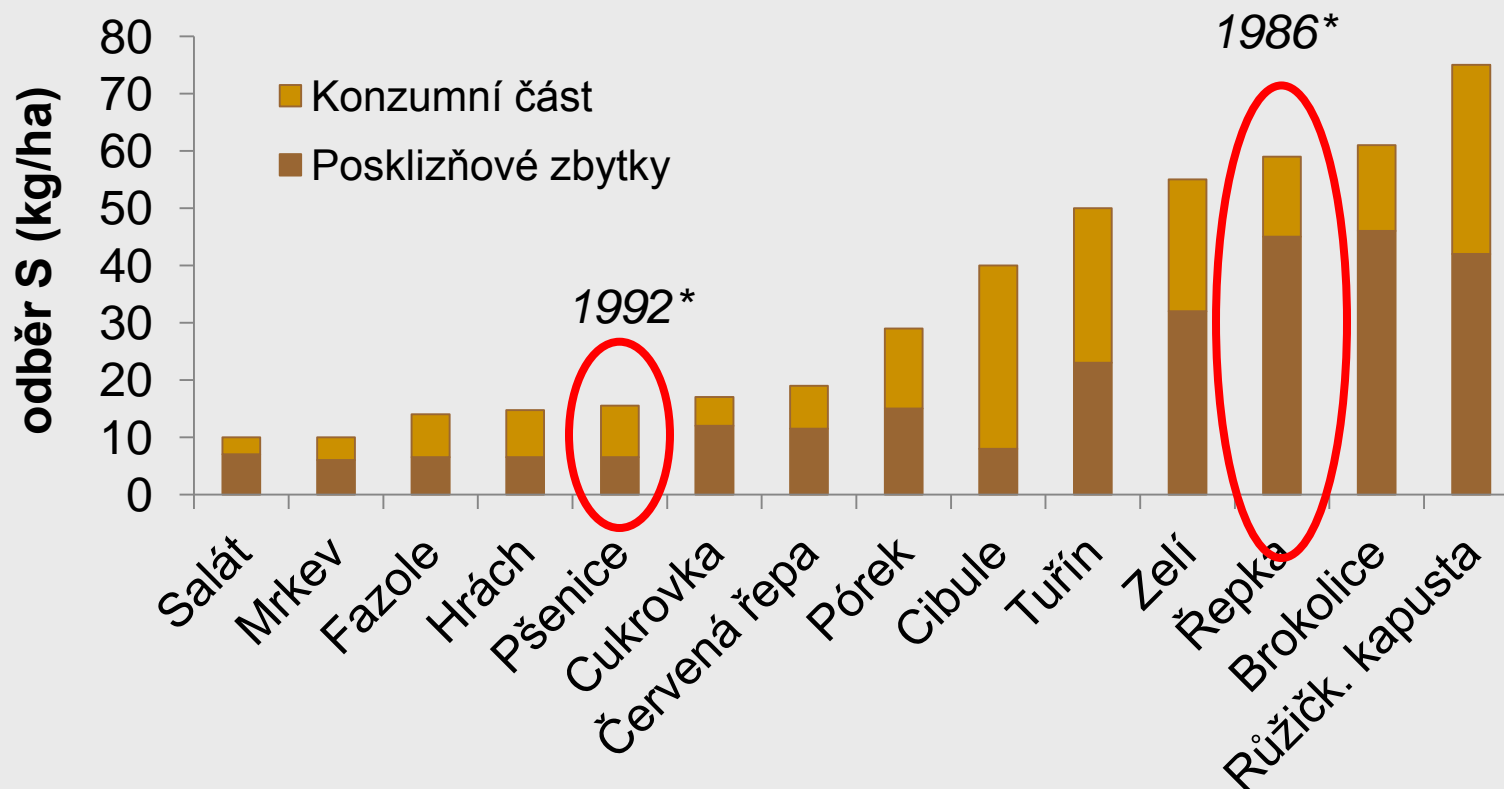
Obsah síry ve vybraných hnojivech

Hnojivo	Obsah síry (%)
Síran amonný	24
DASA (dusičnan a síran amonný)	13
Superfosfát jednoduchý	11
Síran draselný	18
Hořká sůl	13
Kieserit	20-21
Patentkali	17
Kornkali	4
Sádrovec (Pregips H)	14
LAS 24-6	6
SAM 240	5
SK sol	17
Elementární síra	80-100
Elementární síra s bentonitem	90

Obsah $S_{\text{vodor.}}$ v půdě - Žabčice



Odběr a distribuce síry u různých plodin



* - ročník rozšíření vizuálních symptomů deficitu S v Evropě

Symptomy deficitu síry u řepky ozimé - Německo



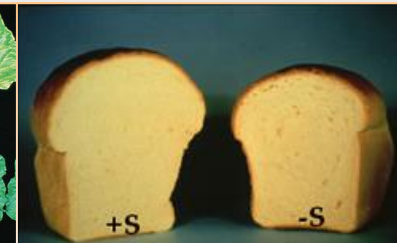
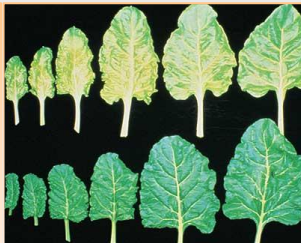
Síra

– esenciální v metabolismu rostlin

16

S

Sulfur
32.065



16

S

Sulfur
32.065



16

S

Sulfur

32.065



Síra – esenciální živina

- esenciální pro všechny formy života
- pouze **rostliny**, bakterie a houby
 - asimilace anorganického síranu
 - redukcí na sulfid a zabudování do sirných aminokyselin
- lidé a zvířata
 - závislí na zajištění redukované síry v cysteinu nebo methioninu v potravě
- 0,2 – 0,5 % sušiny rostlin
 - srovnatelné s obsahem fosforu
 - významem často řazena za dusík

NSPK

16

S

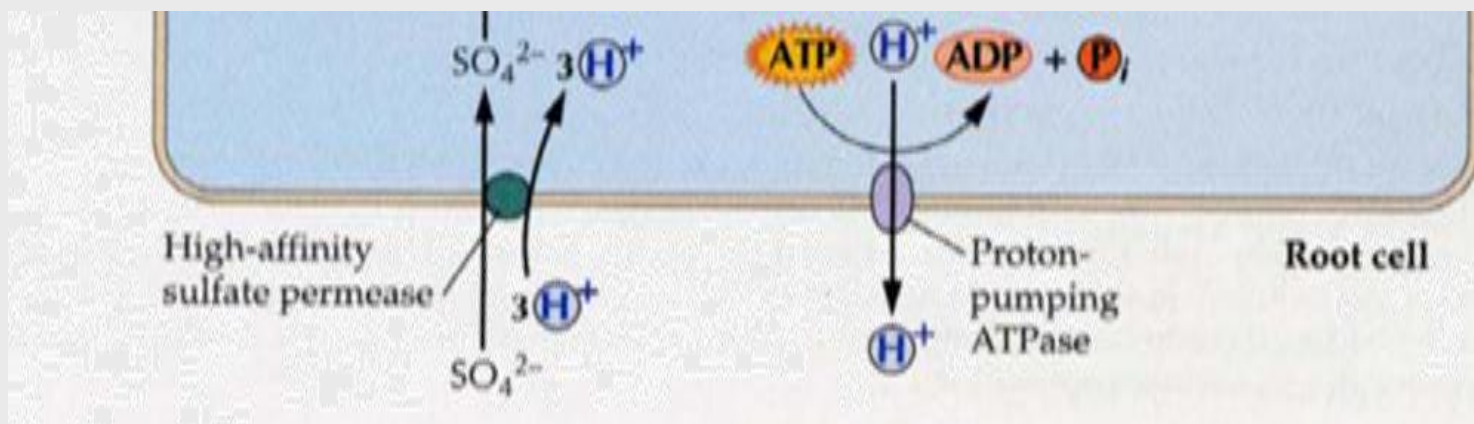
Sulfur

32.065



Síra – příjem rostlinou

- kořeny aktivně
ve formě aniontu SO_4^{2-}
 - i listy ve formě SO_2 , popř. H_2S
- symport proton/sulfát ($3\text{H}^+/\text{SO}_4^{2-}$)



Asimilace síry v rostlině

1. aktivace SO_4^{2-}
2. redukce na S^{2-}
3. inkorporace S^{2-} do cysteinu

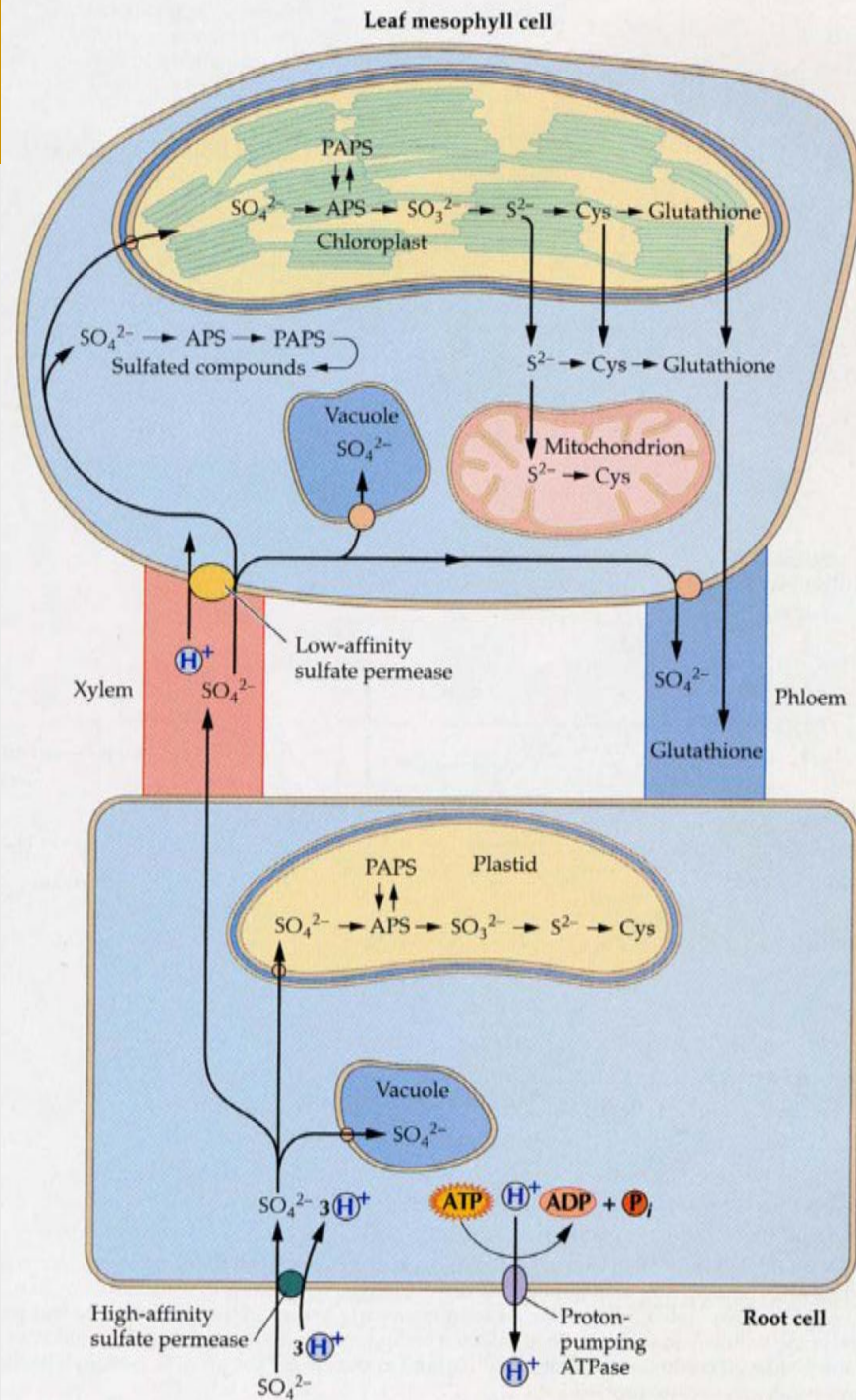


Schéma asimilace síry rostlinou

AKTIVACE, REDUKCE A INKORPORACE

PŘÍJEM

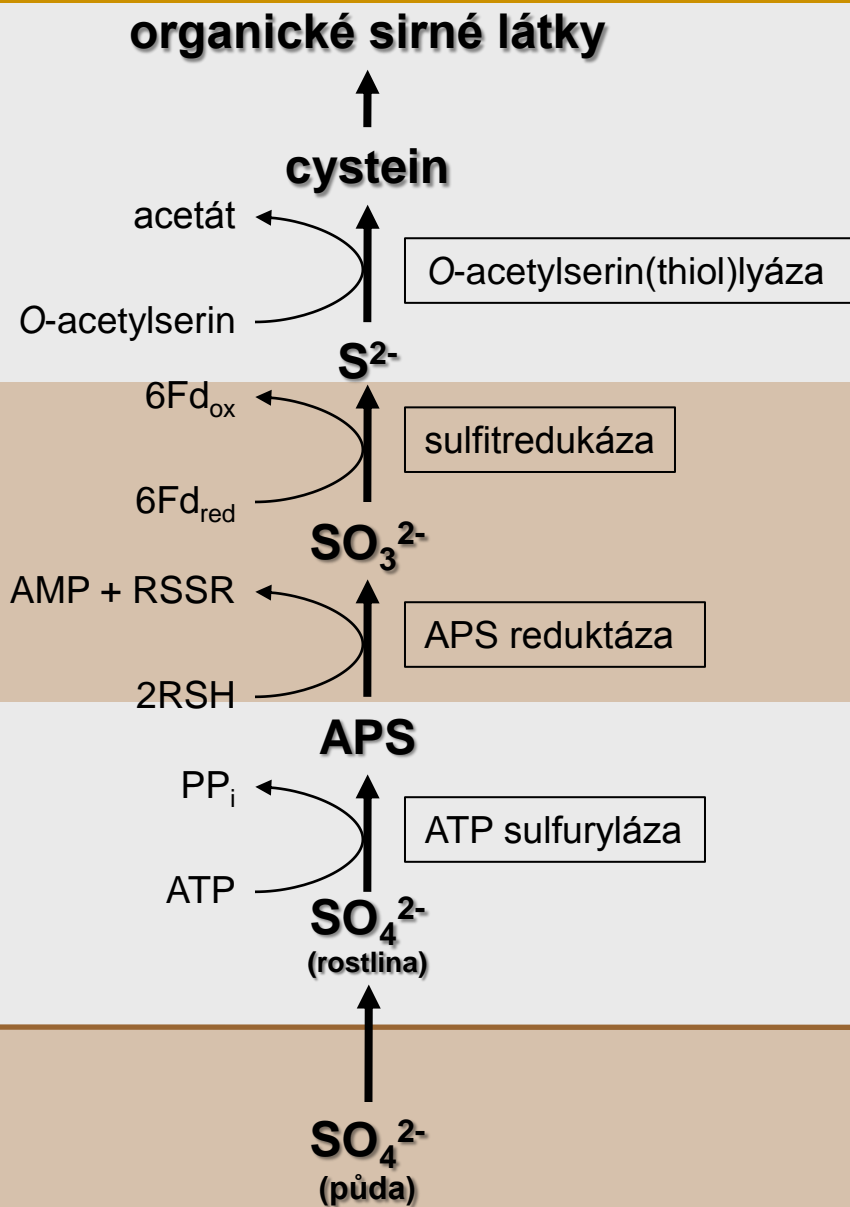


Schéma asimilace síry rostlinou

AKTIVACE, REDUKCE A INKORPORACE

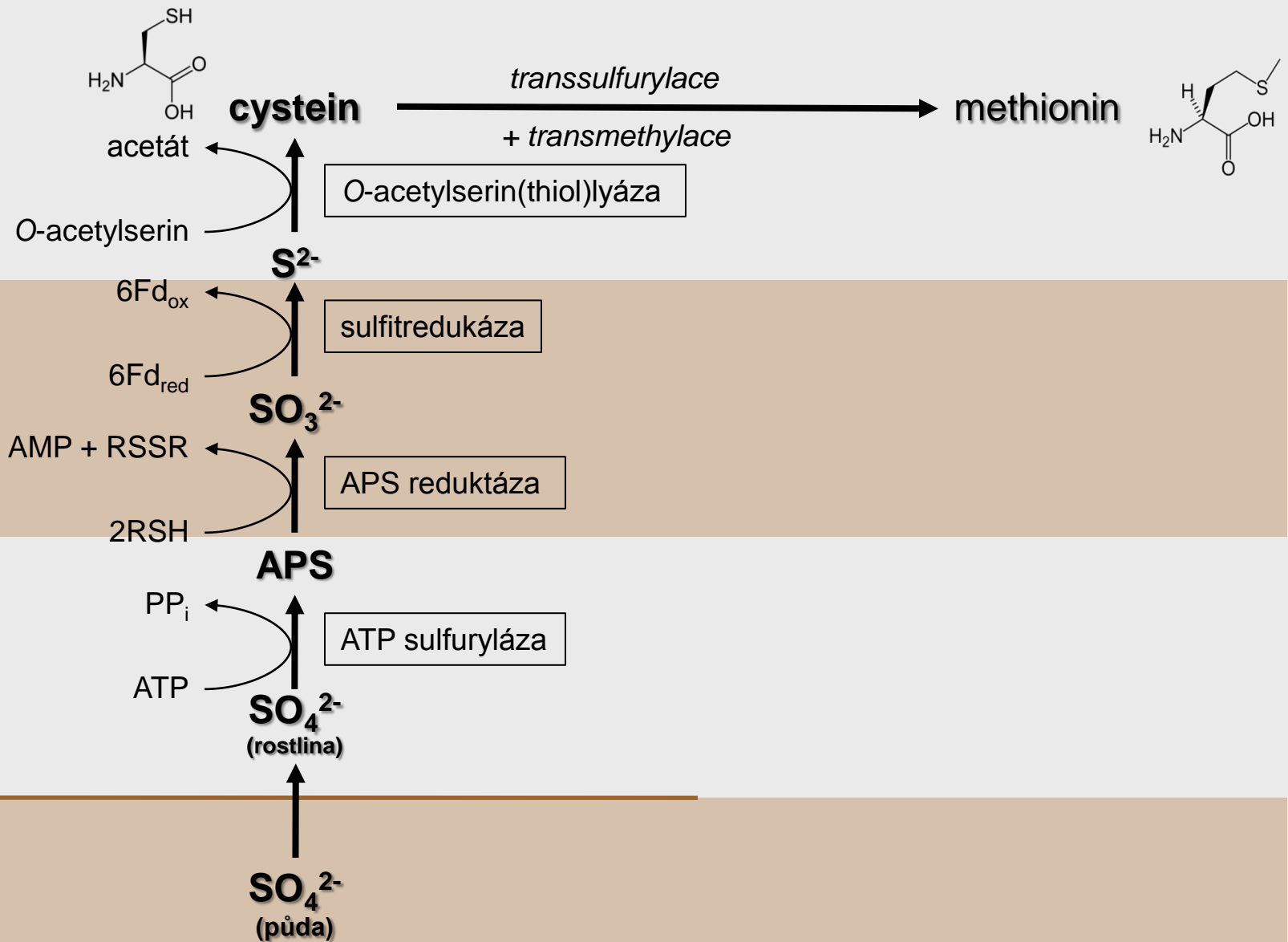
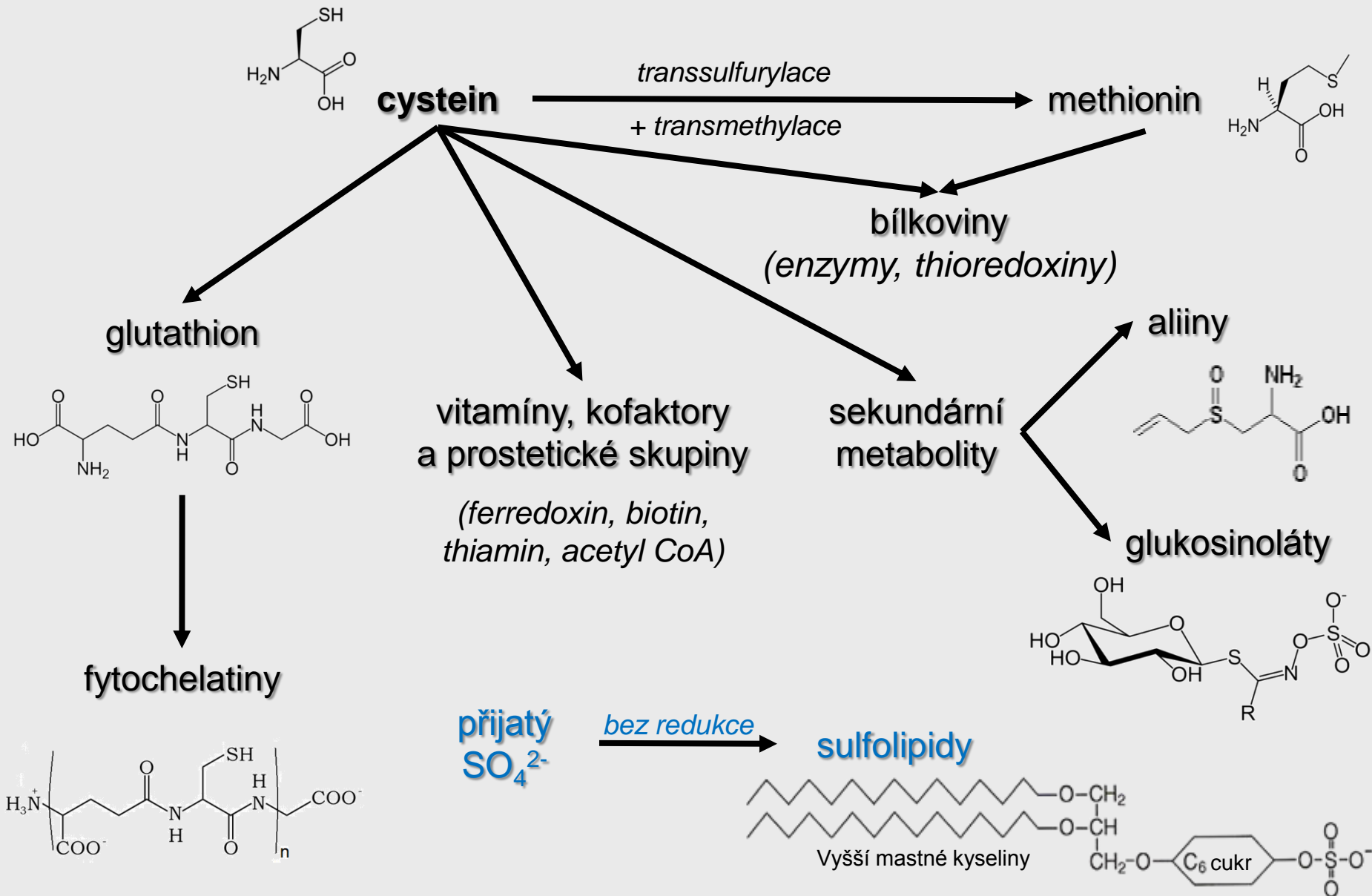


Schéma asimilace síry rostlinou



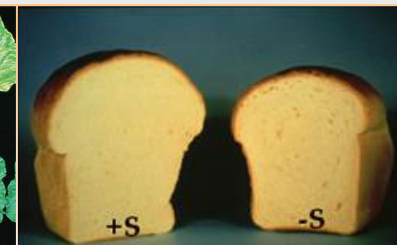
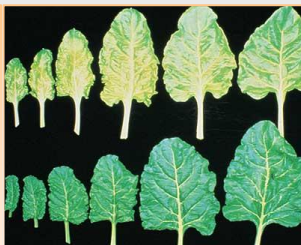
Síra

– faktor výnosu zemědělských plodin

16

S

Sulfur
32.065



16

S

Sulfur
32.065



Výnosový efekt síry

- **primární**

- přímé působení síry na výnos
- síra – součástí aminokyselin → proteinů
- síra - složka enzymů, resp. kofaktorů (metaloproteiny)

- **sekundární**

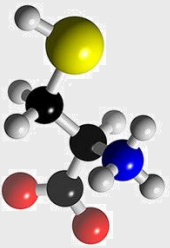
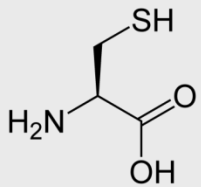
- nepřímé působení síry na výnos
- síra – podporuje rezistenci rostlin proti environmentálnímu stresu (xenobiotika, choroby)



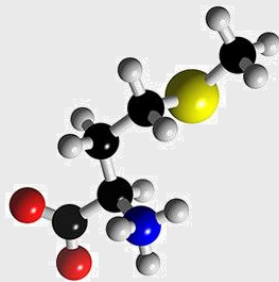
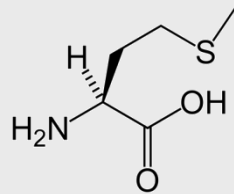
Síra – stavební součást bílkovin

součást aminokyselin a bílkovin

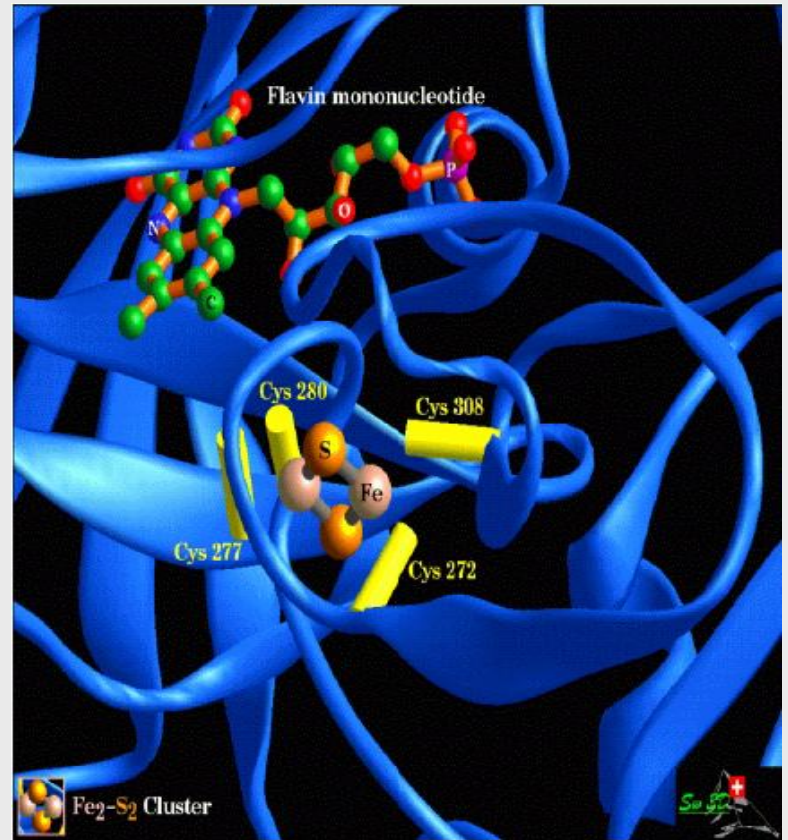
- součást aminokyselin (cystein a methionin), resp. proteinů (až 70 % celkové S)



cystein



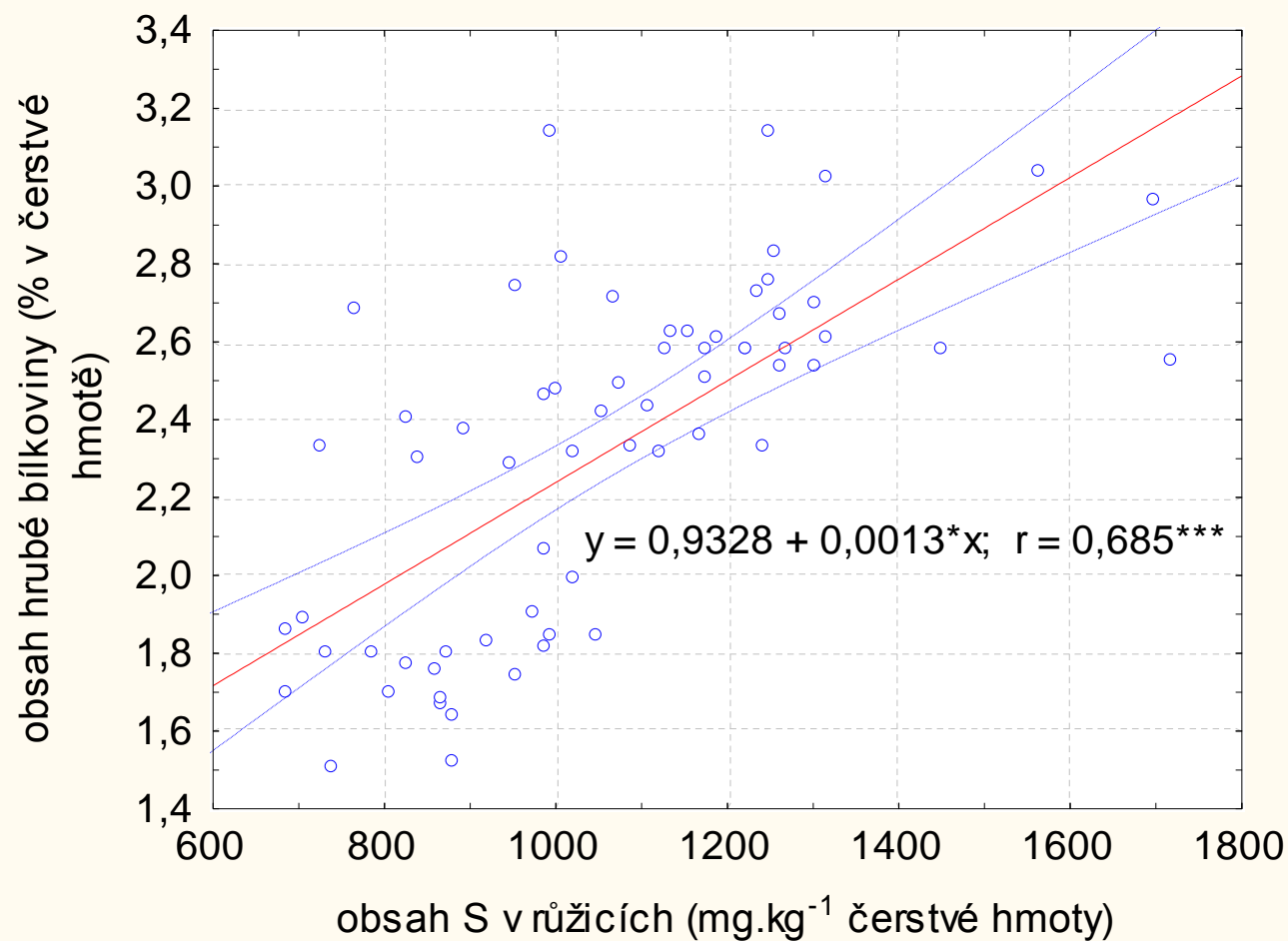
methionin



proteiny



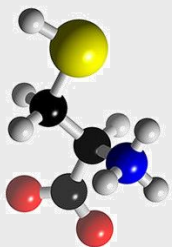
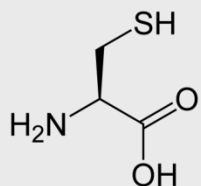
Obsah bílkovin ve vztahu k obsahu síry v různých brokolice



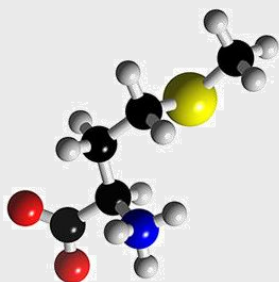
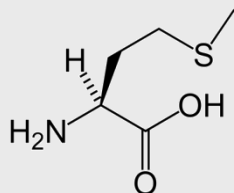
Síra – složka enzymů

součást nitrátreduktázy

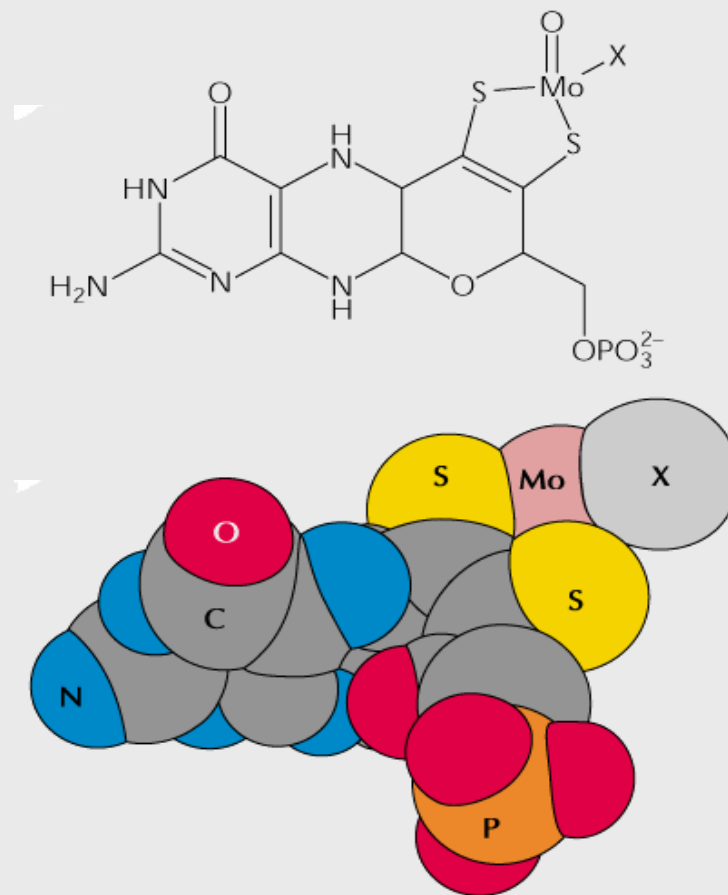
- cystein tvoří **metaloproteiny** – např. molybdenový kofaktor nitrátreduktázy



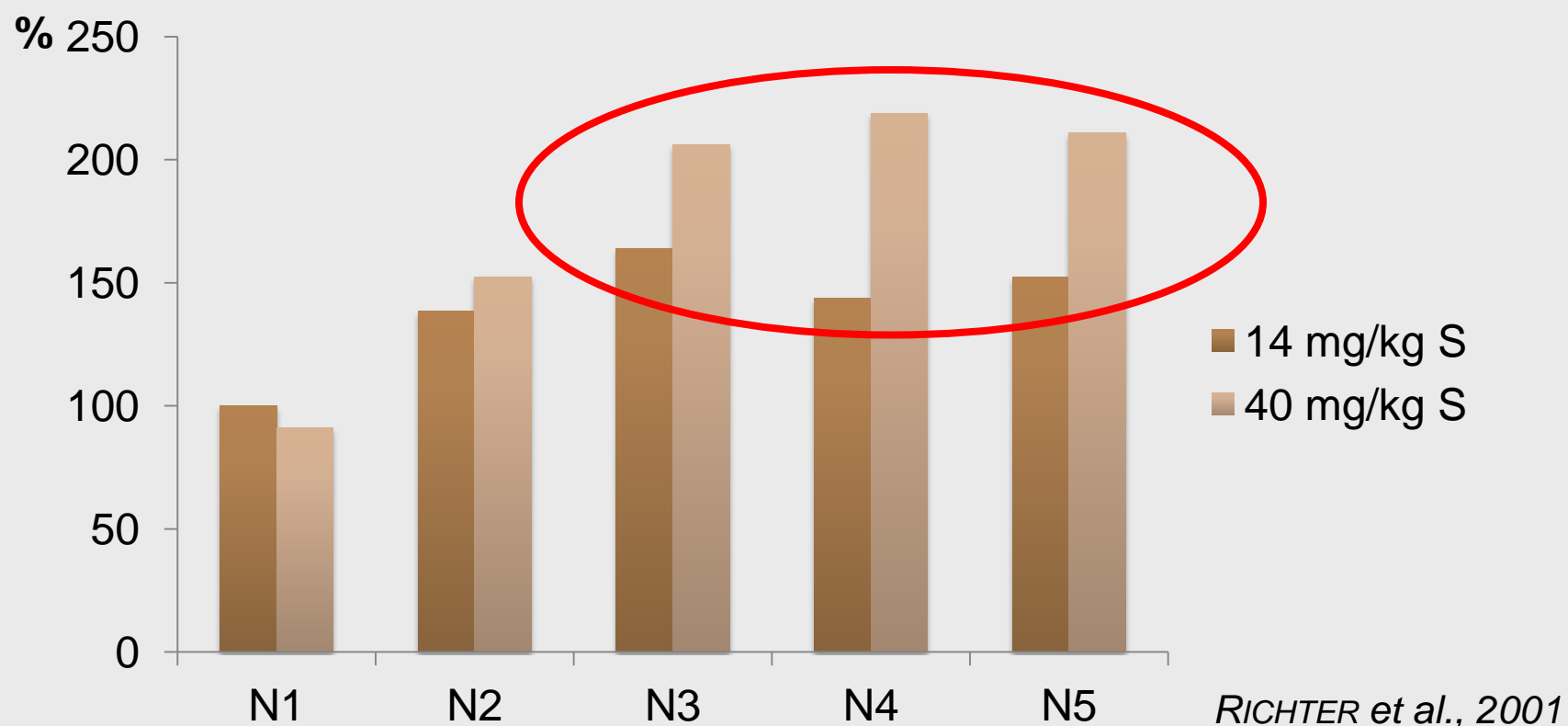
cystein



methionin

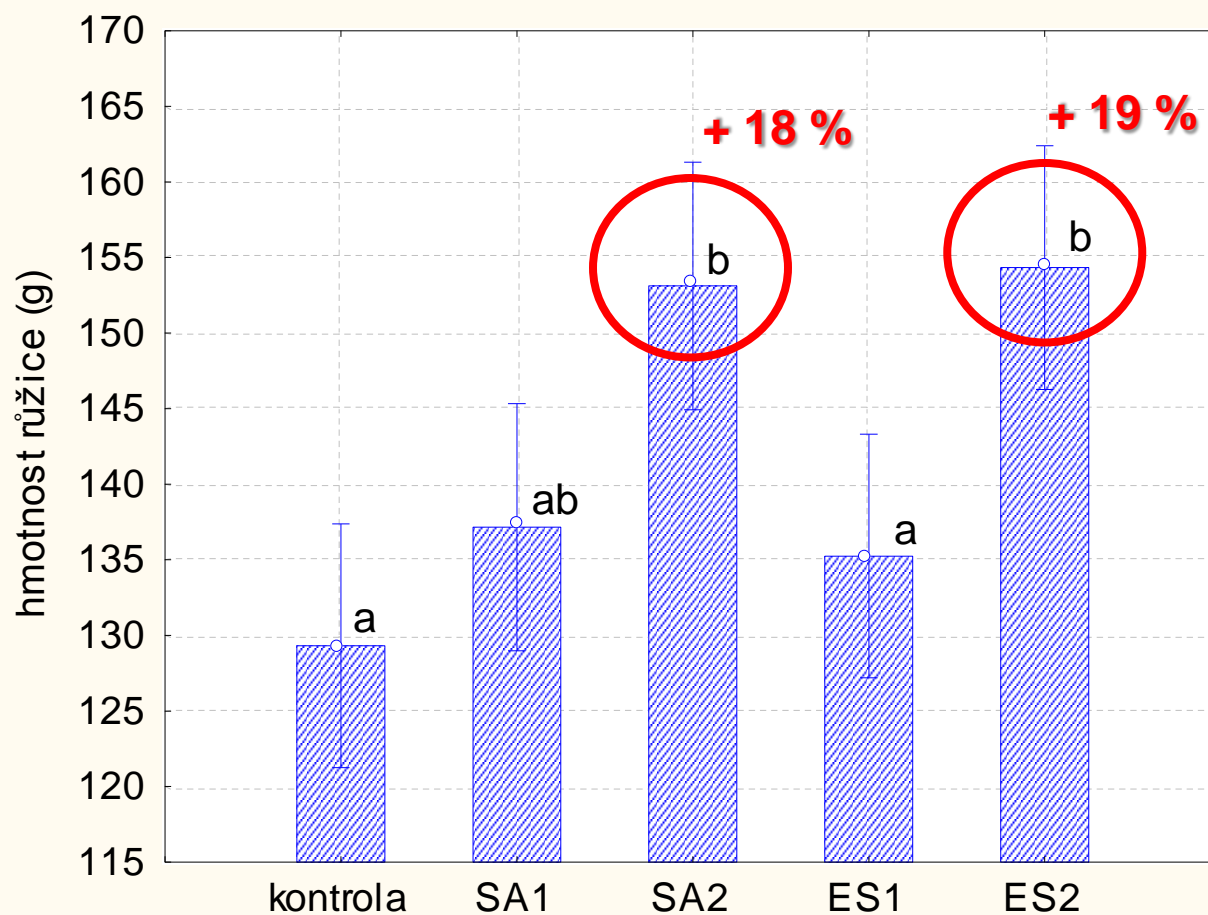


Relativní vyjádření výnosu ozimé řepky při různé hladině síry v půdě (1998-2000)





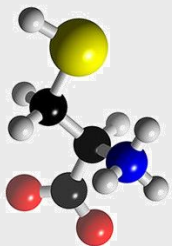
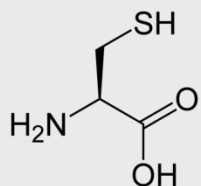
Hmotnost růžic brokolice



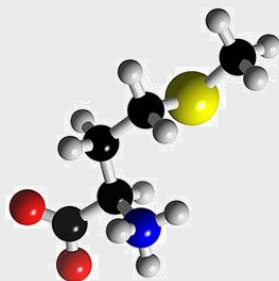
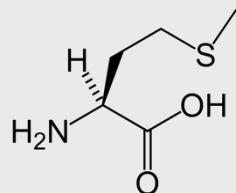
Síra – složka enzymů

součást nitrogenázy

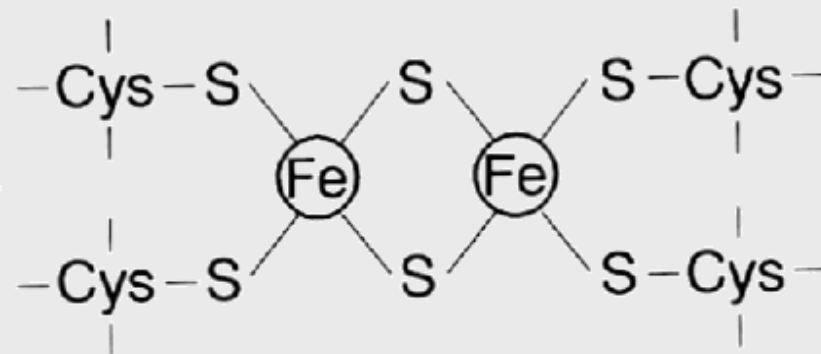
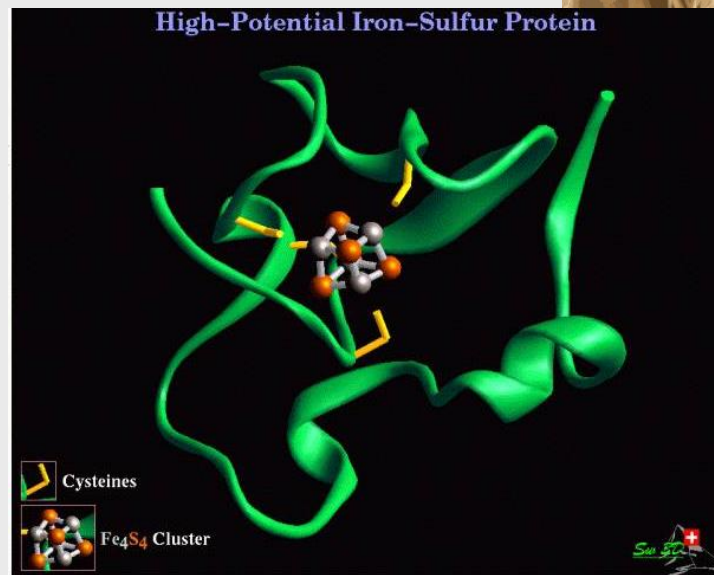
- cystein tvoří **metaloproteiny** – např. 4Fe:4S protein



cystein



methionin



Nárůst výnosu po aplikaci síry v polních pokusech Indie

plodina	počet studií	výnos bez aplikace S	výnosová reakce na aplikaci S			
			rozpětí	průměr	rozpětí	průměr
			kg/ha		%	
pšenice	32	3209	150-2120	813	4,5-109,5	25,3
rýže	27	4389	56-1720	752	0,7-39,5	17,1
podzemnice olejná	23	1785	133-1480	566	8,2-106,6	31,7
řepka/hořčice	18	1122	83-839	335	10,1-92,8	30,0
sója	8	1426	202-698	361	14,2-35,6	25,3
slunečnice	6	1233	70-410	249	5,8-29,7	20,2
brambory	3	14567	1661-4281	3080	8,1-63,9	21,1
cibule	3	2480	80-1210	480	2,0-41,0	19,0

Výnosový efekt síry

- **primární**

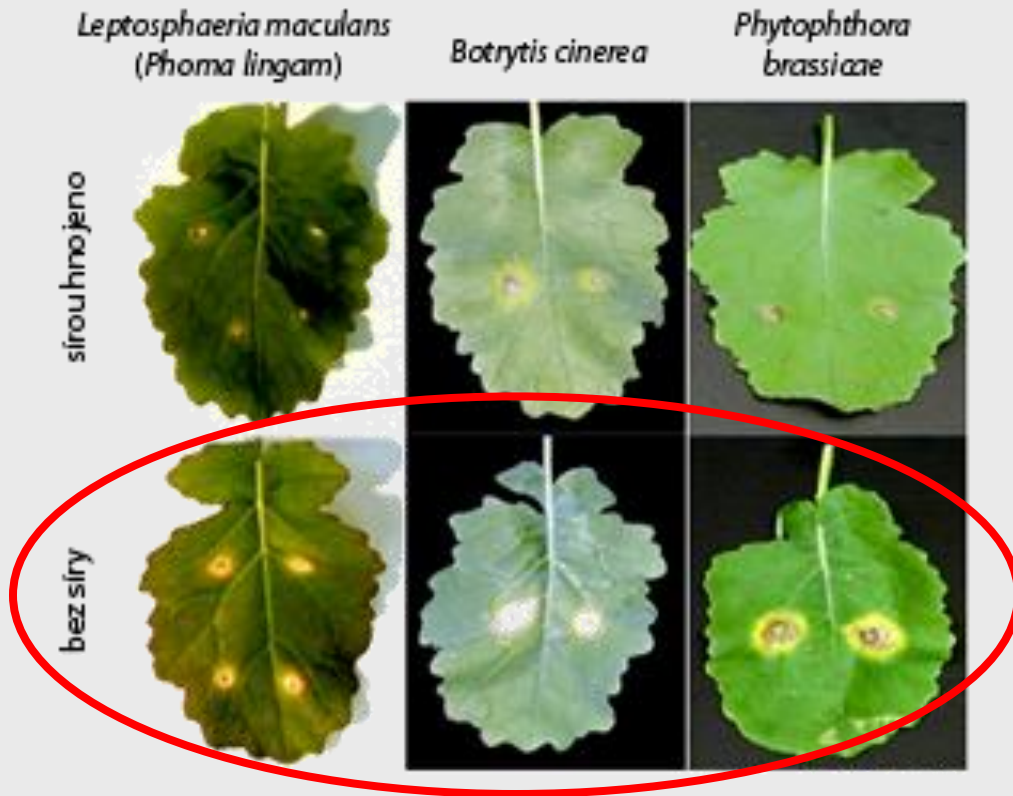
- přímé působení síry na výnos
- síra – součástí aminokyselin → proteinů
- síra - složka enzymů, resp. kofaktorů (metaloproteiny)

- **sekundární**

- nepřímé působení síry na výnos
- síra – podporuje rezistenci rostlin proti environmentálnímu stresu (xenobiotika, choroby)
 - tvorba aliinů, glukosinolátů, fytoalexinů, H_2S , sirné peptidy a proteiny (defensiny, thioniny) a cíleně lokalizovaná elementární síry



Vliv síry na rezistenci řepky proti chorobám



L. maculans:

symptoms 21 dpi

B. cinerea:

symptoms 4 dpi

P. brassicae:


symptoms 7 dpi

dpi = dnů po infekci

DUBUIS et al., 2005



Vliv hnojení S na relativní výnos semen ozimé řepky ve vztahu k napadení *Pyrenopeziza brassicae*

	Fungicid	Nerezistentní odrůda	Rezistentní odrůda	
Bez síry	ne	52	70	
	ano	73	72	
Sírou hnojeno	ne	93	92	
	ano	100	100	

HANEKLAUS et al., 2007



Vliv hnojení sírou na napadení ozimé řepky *Pyrenopeziza brassicae*



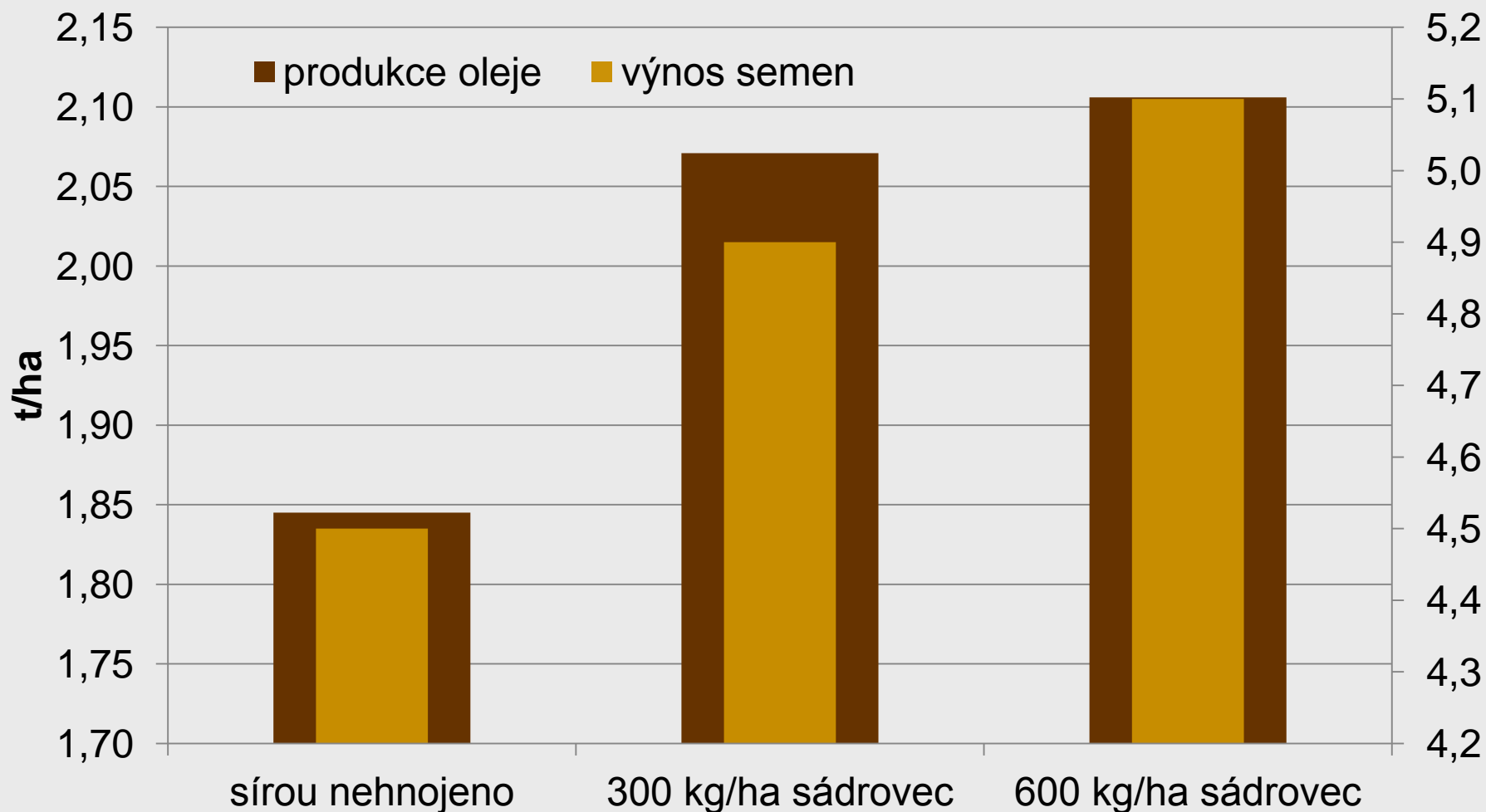
100 kg S na ha

Kontrola

HANEKLAUS et al.,
2007



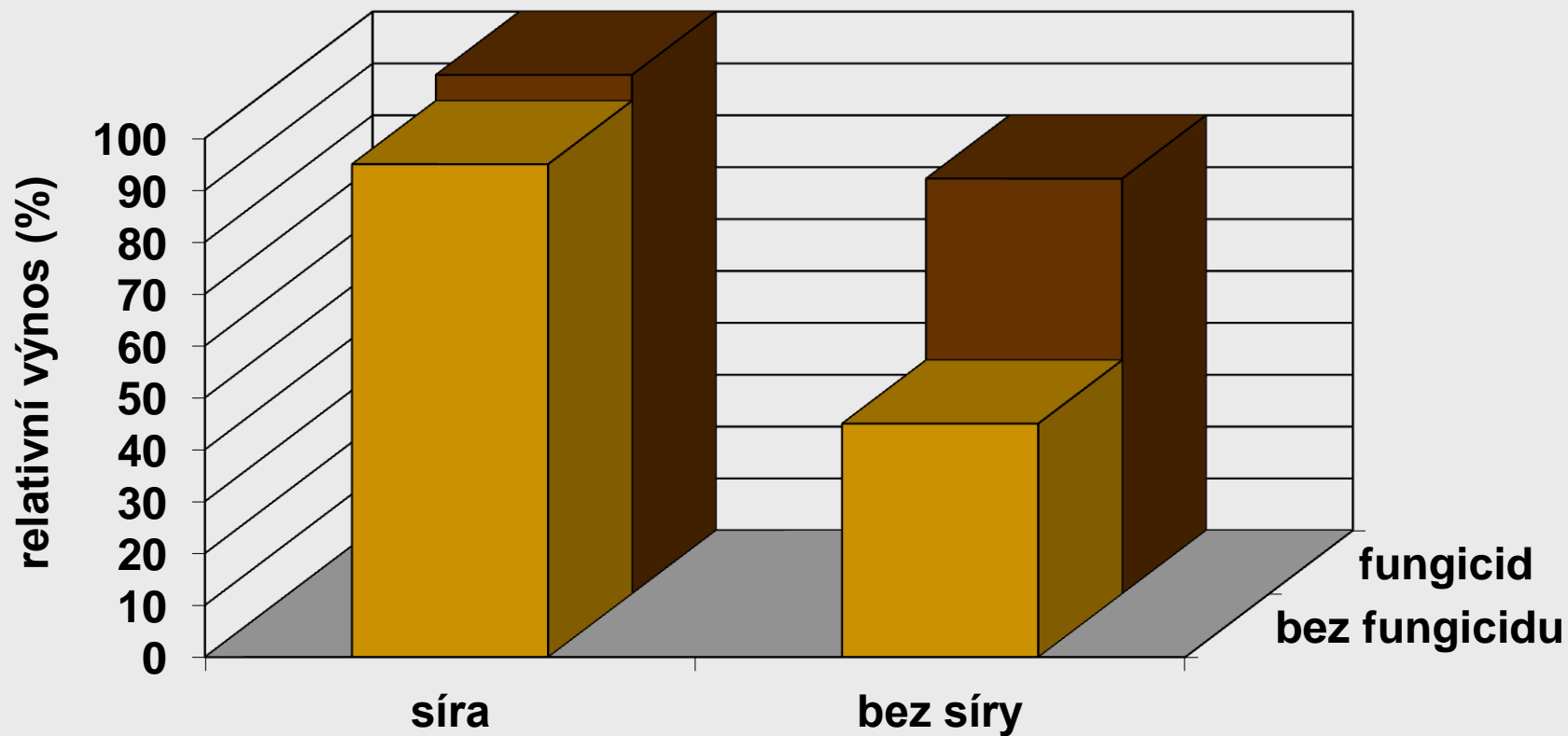
Výnos semen a produkce oleje po aplikaci sádrovce (duben 2002)



ad 3) Síra a zdravotní stav řepky



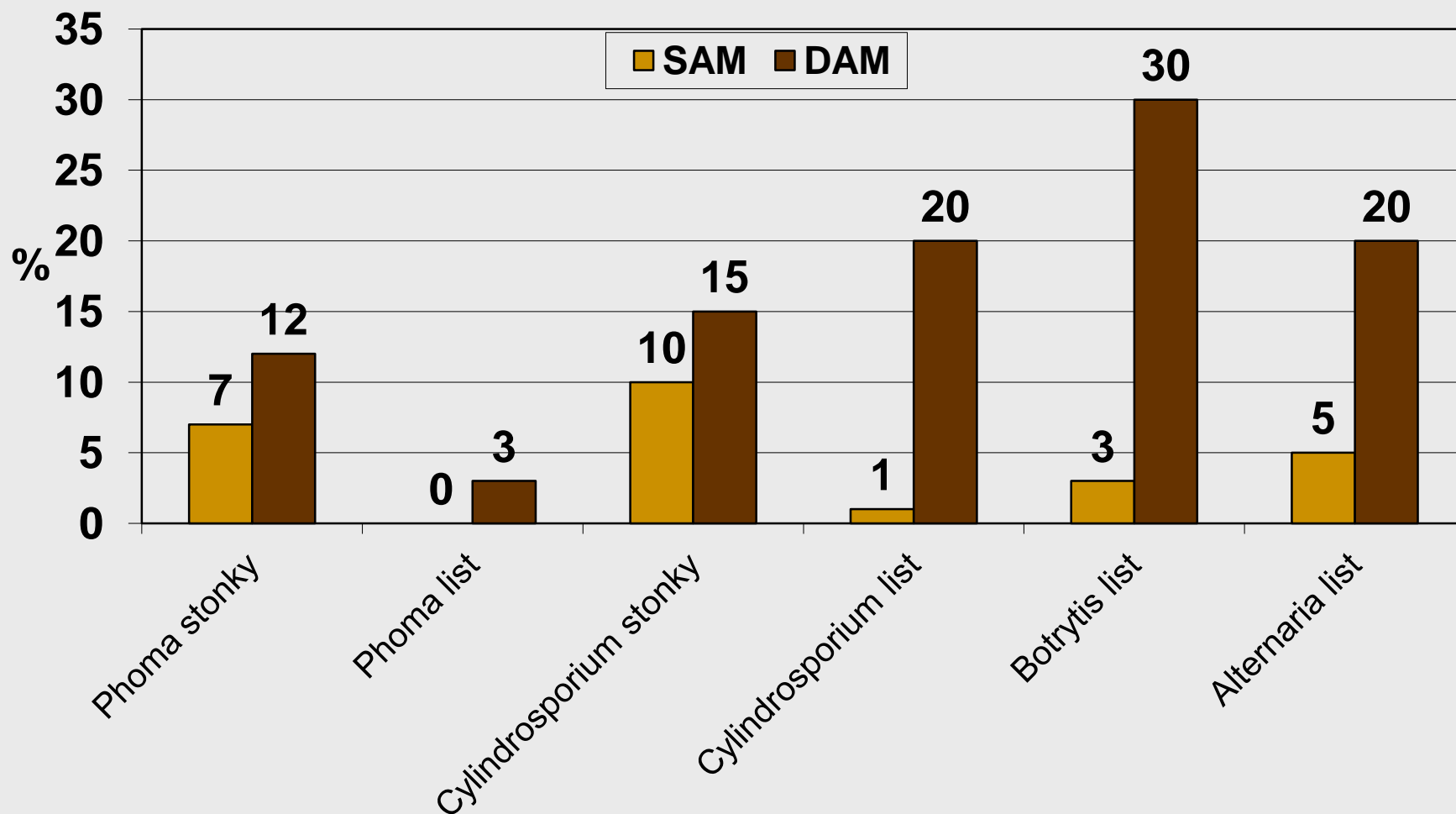
Síra a zdravotní stav řepky



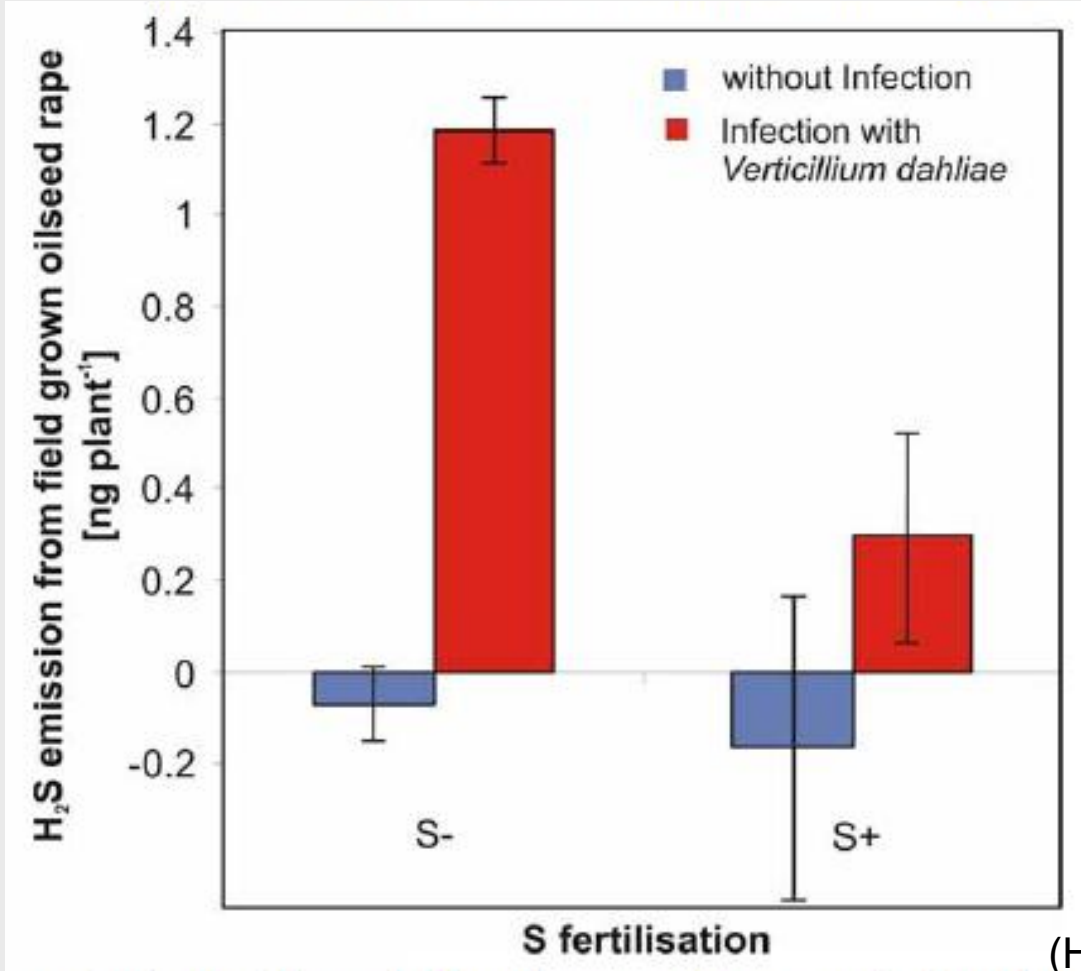
Schnug et al. 1995



Vliv aplikace síry v SAM na zdravotní stav



Emise H_2S řepkou ozimou v polních podmínkách ve vztahu k infekci *Verticillium dahliae* a aplikaci síry



(HANEKLAUS *et al.*, 2007)



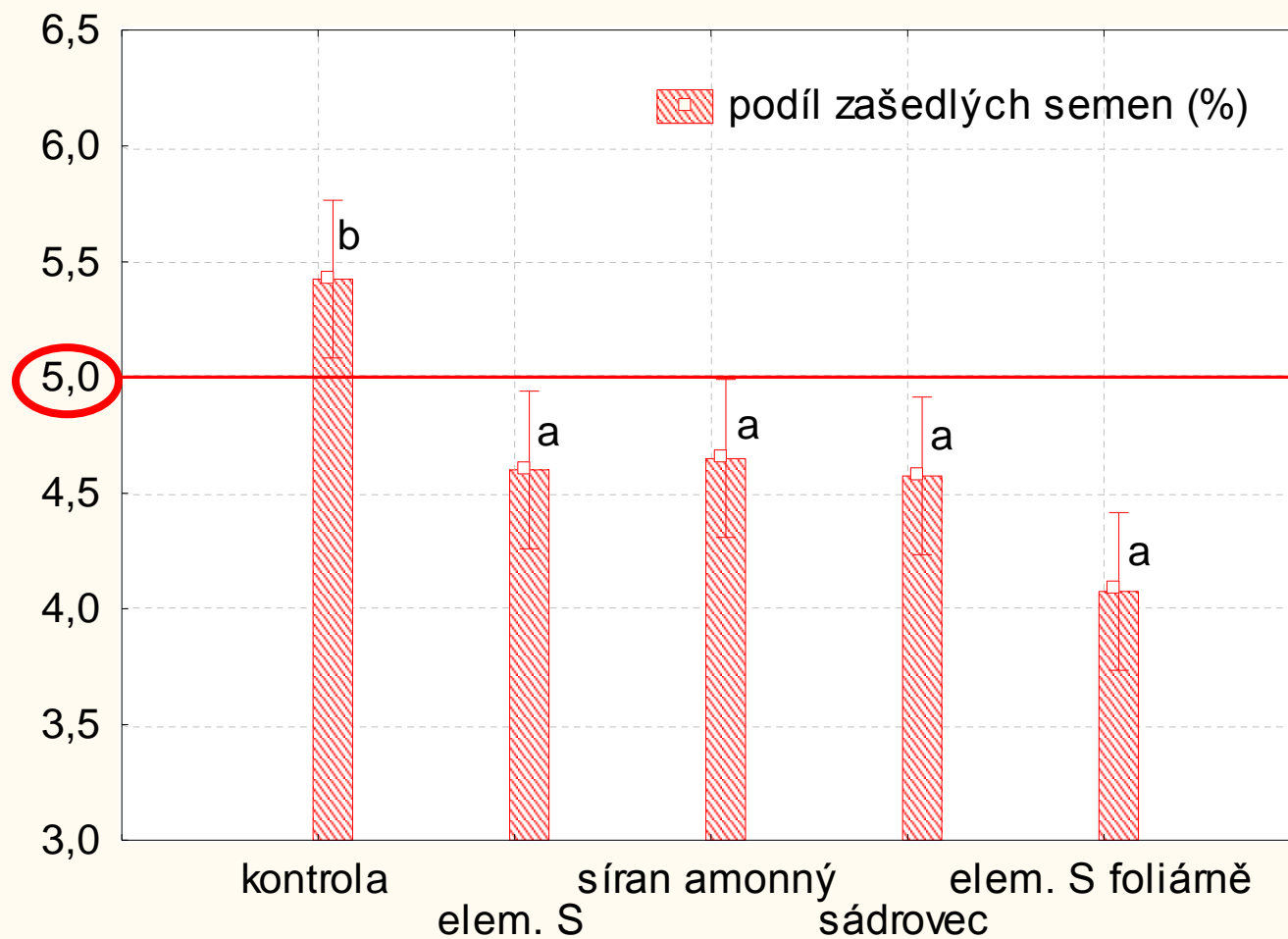
Formy síry

- Síranová
 - rychle rozpustná (síran amonný, síran hořečnatý)
 - pomaleji uvolnitelná (sádrovec)
- Elementární
 - tuhá
 - mikrogranulát
 - suspenze k aplikaci na list





Podíl zašedlých semen hořčice bílé



Rostliny napadené padlím řepným (*Erysiphe betae*)

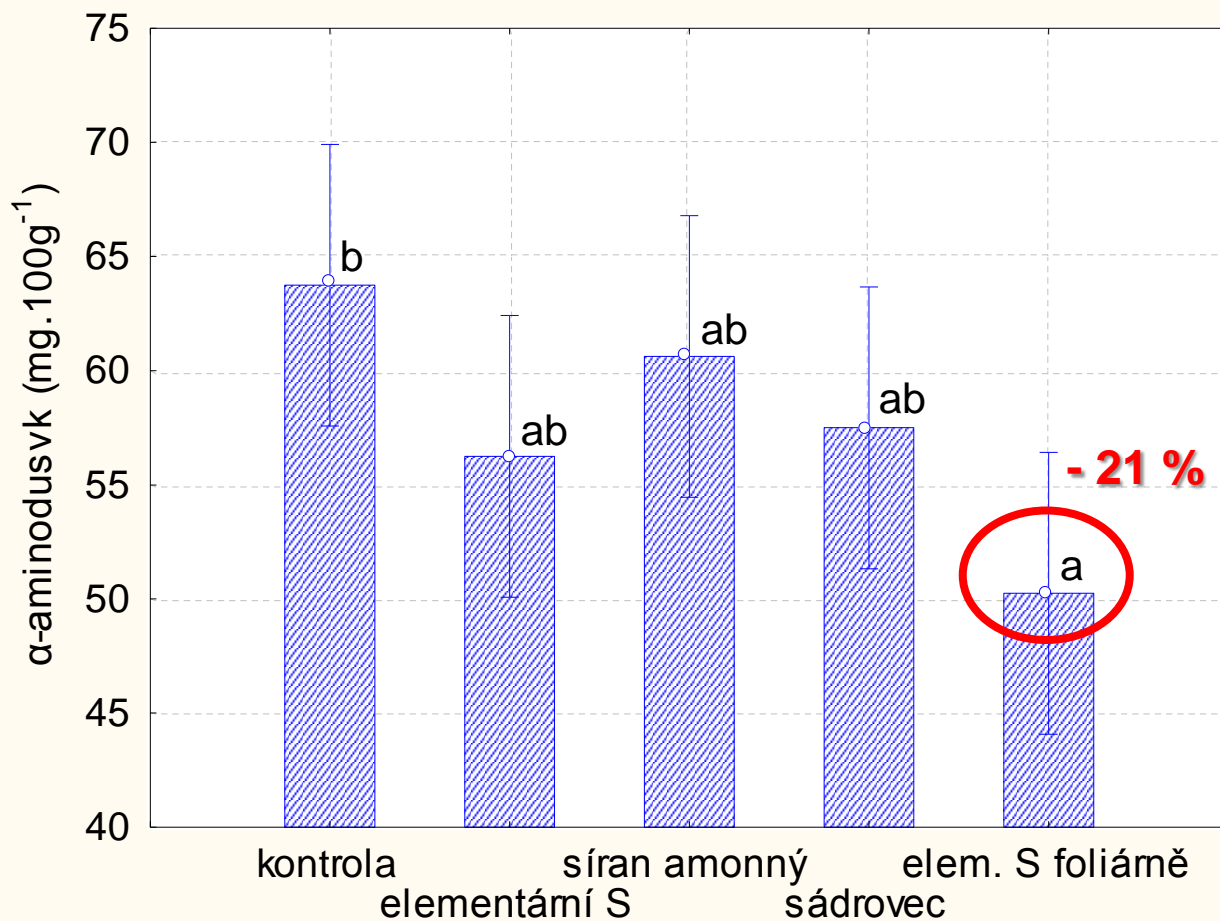


Zdravá rostlina na variantě s aplikací elementární síry na list





Obsah α -aminodusíku v bulvách cukrovky



Vliv síry na napadení houbovými chorobami

Dávka S (kg.ha ⁻¹)	Forma S	Půdní reakce	Výnos hlíz (t.ha ⁻¹)	Míra napadení (%)	
				<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Streptomyces scabies</i>
0	bez síry	5,9	23,9	33,3	47,1
25	SO ₄ ²⁻	5,8	20,2	32,8	43,3
25	S ⁰	5,4	20,7	26,2	28,9
50	SO ₄ ²⁻	5,8	26,2	25,2	52,3
50	S ⁰	5,3	27,0	19,7	43,3

Klikocka et al., 2004



Řepka ozimá



Příznaky nedostatku síry na květech a šišulích



Vybělování květů způsobené deficitem síry



HANEKLAUS et al., 2004

Deficit síry u řepky v polních podmínkách



HESSE, 2005; HANEKLAUS et al., 2008

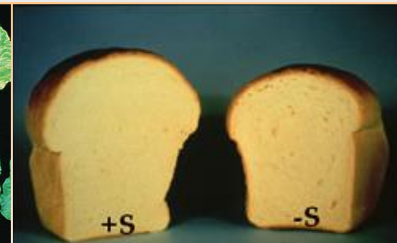
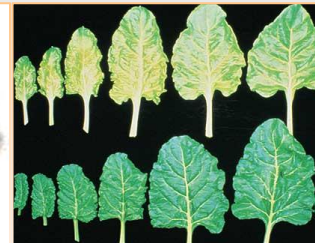
Síra

– faktor kvality rostlinných produktů

16

S

Sulfur
32.065



16

S

Sulfur
32.065



Vliv síry na kvalitu rostlinných produktů

- **síra** – esenciální pro metabolismus rostlin
 - přísun dostatečného množství síry → ovlivnění nejen výnosu, ale i **kvality produktů**
- **řepka**
 - podpora produkce oleje a glukosinolátů
- **pšenice**
 - zlepšuje pekařskou kvalitu
- **ječmen**
 - možný vliv na kvalitu piva
- **luskoviny**
 - podpora produkce methioninu – často limitující esenciální aminokyseliny pro zvířata
- **cukrovka a brambory**
 - snížení akumulace volných aminokyselin a aminů
- **listová a košťálová zelenina**
 - snížení akumulace nitrátů a nárůst koncentrace glukosinolátů a produktů přeměny



Řepka ozimá

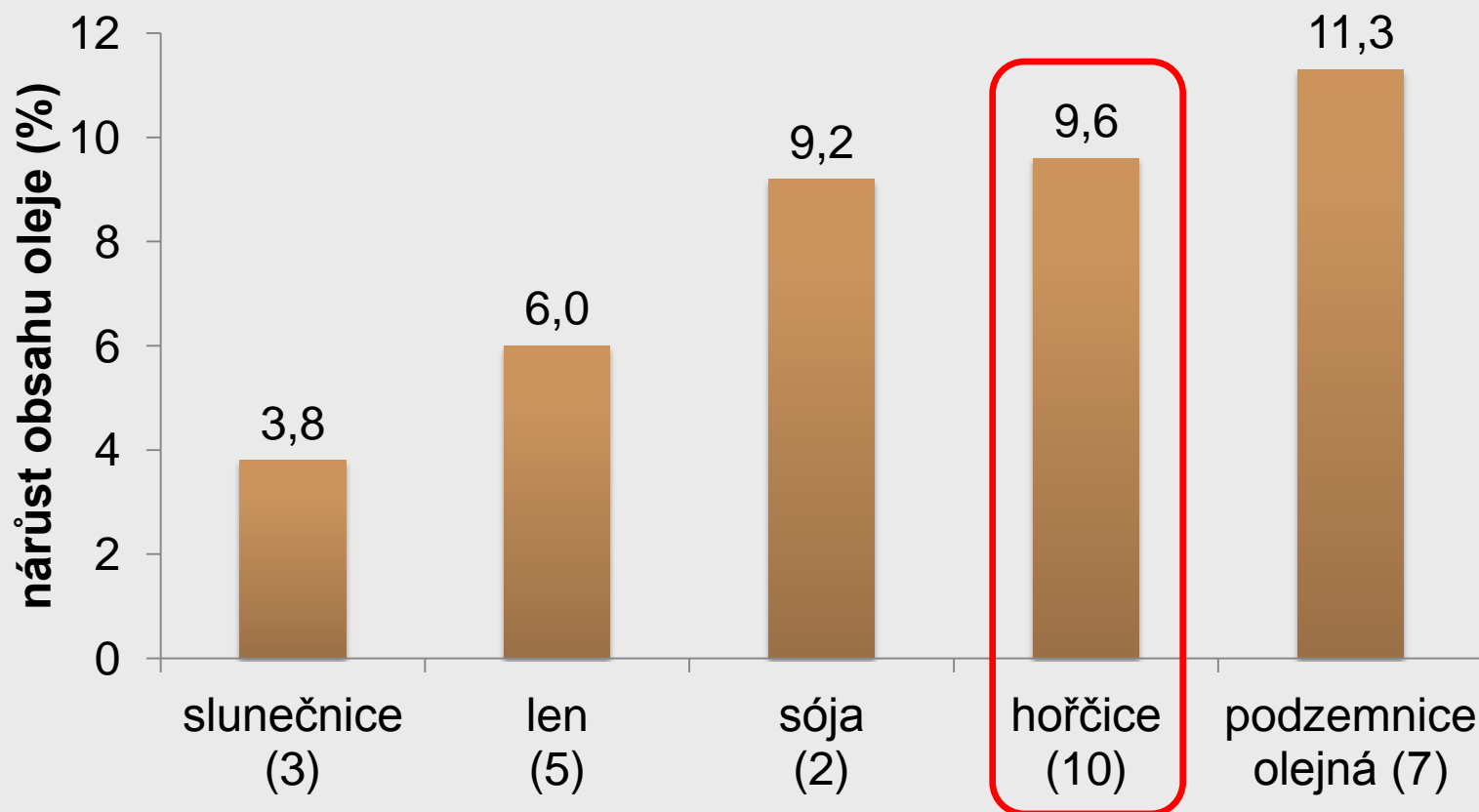


Obsah oleje

- síra součástí acetyl CoA
 - výchozí metabolit pro syntézu mastných kyselin, resp. tuků
- síra zvyšuje obsah oleje v semenech olejnin



Vliv aplikace síry na nárůst obsahu oleje u různých olejnin Indie



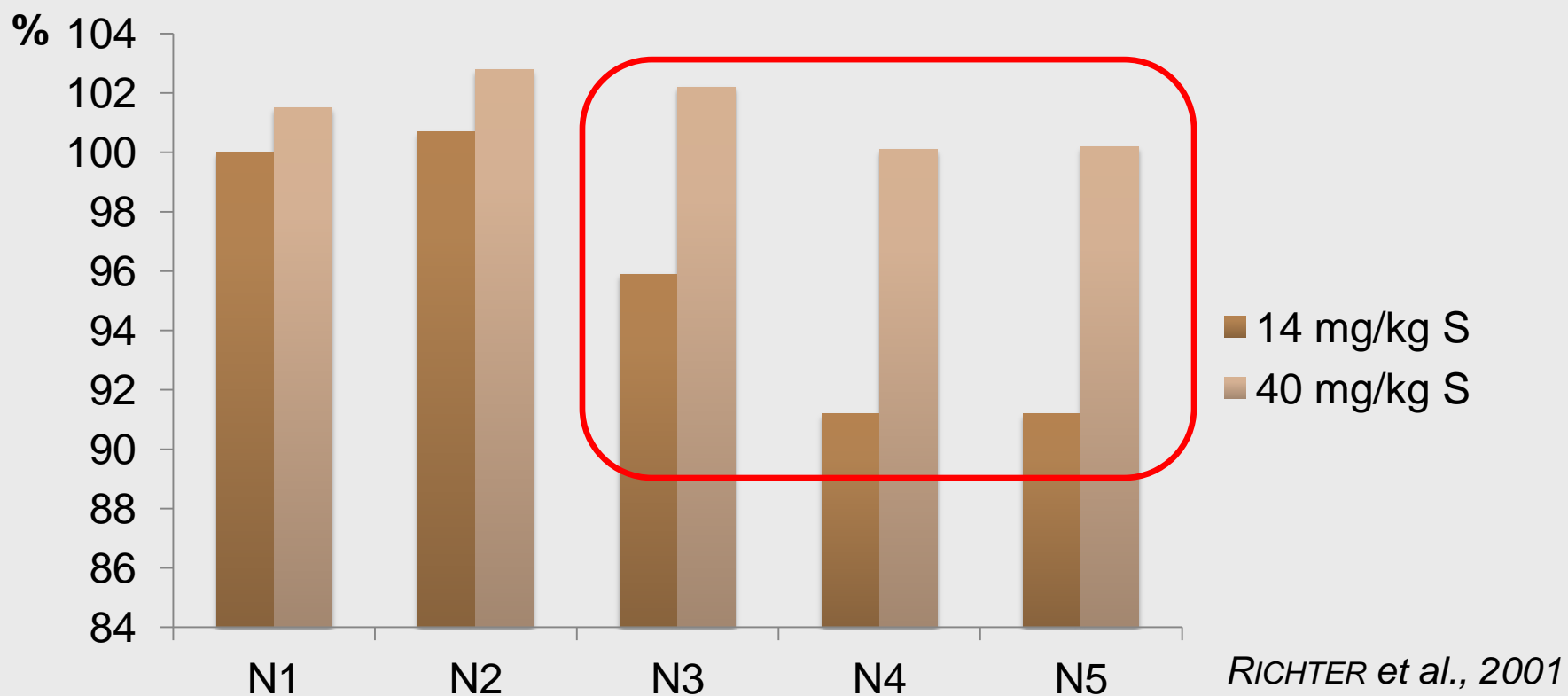
Tandon et Messick, 2002

Obsah oleje

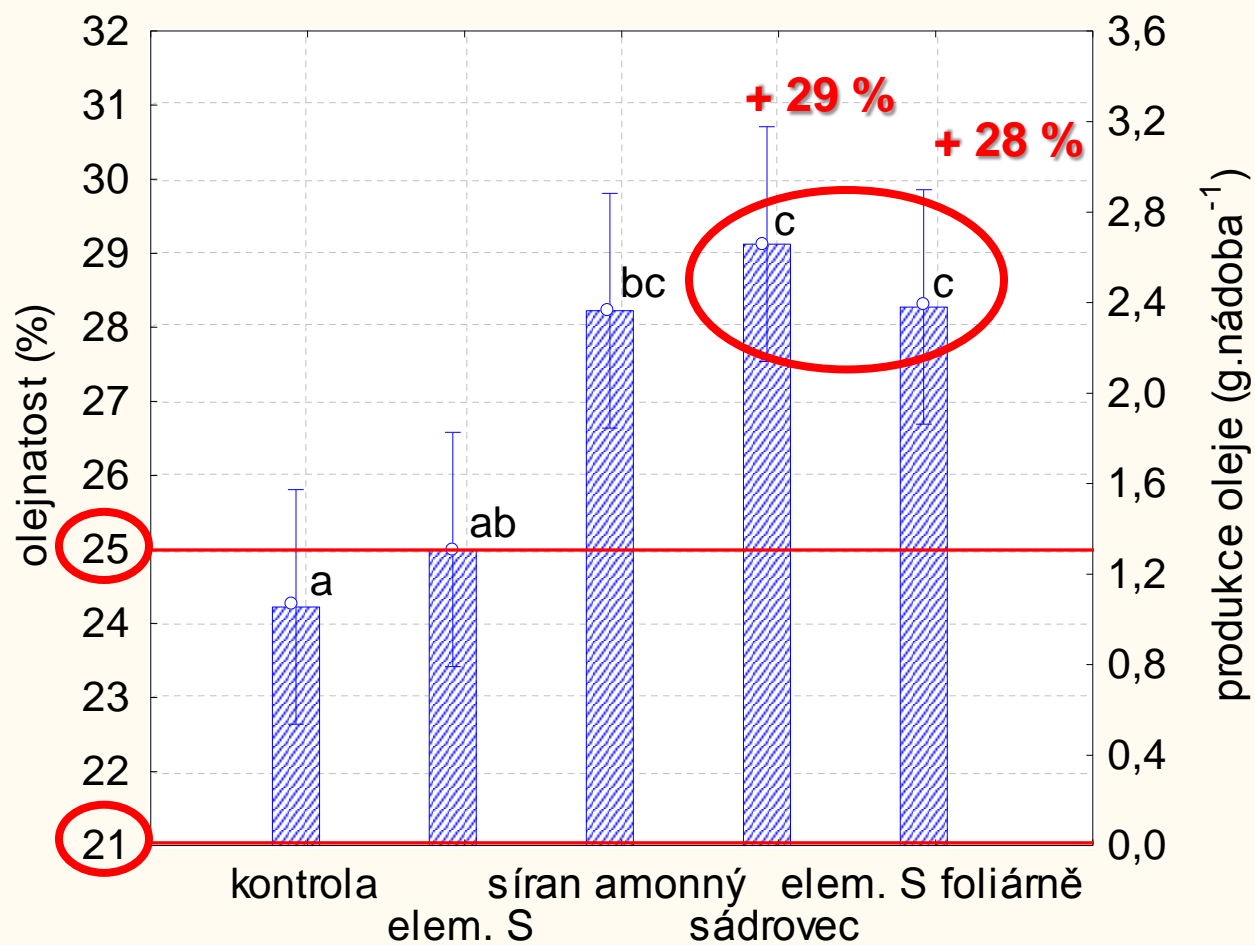
- síra součástí acetyl CoA
 - výchozí metabolit pro syntézu mastných kyselin, resp. tuků
- síra zvyšuje obsah oleje v semenech olejnin
- síra stabilizuje obsah oleje při vyšších dávkách N



Relativní vyjádření olejnatosti semen ozimé řepky při různé hladině síry v půdě (1998-2000)



Olejnatosť hořčice bílé

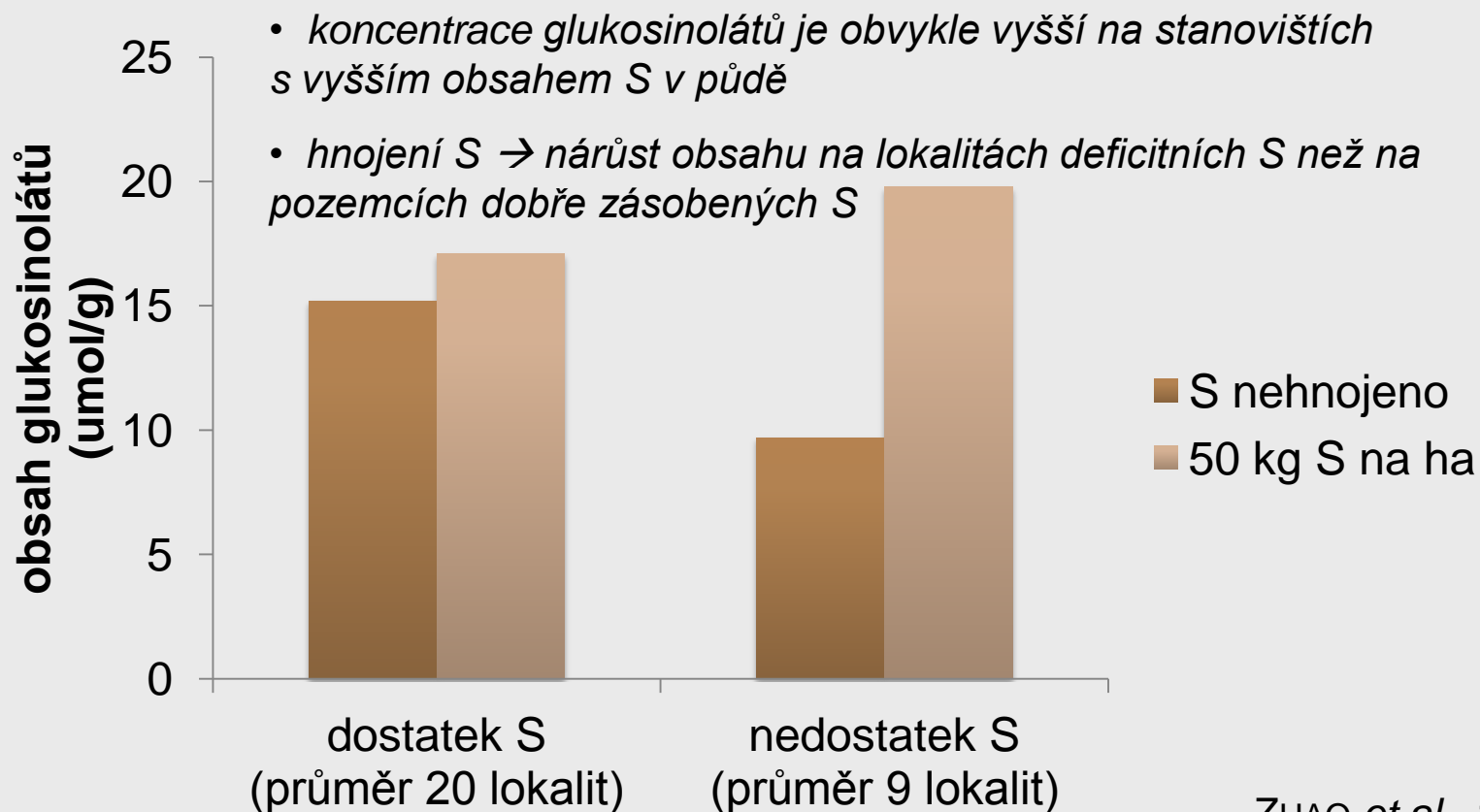


Obsah glukosinolátů

- primárně dán **geneticky**
 - šlechtění na nižší obsah „00“ (10-20 % původních odrůd)
 - důvodem výživa zvířat → toxické produkty rozkladu (thiokyanáty, isothiokyanáty a nitrily)
- významný i **vliv prostředí**
 - vliv stanoviště
 - hnojení sírou
 - každá molekula glukosinolátů 2-3 atomy síry
 - vliv hnojení nejednoznačný → hlavní je **obsah síry v půdě stanoviště**



Vliv aplikace síry na obsah glukosinolátů v semeni řepky na stanovištích s rozdílným obsahem síry



ZHAO *et al.*, 1997



Zelenina

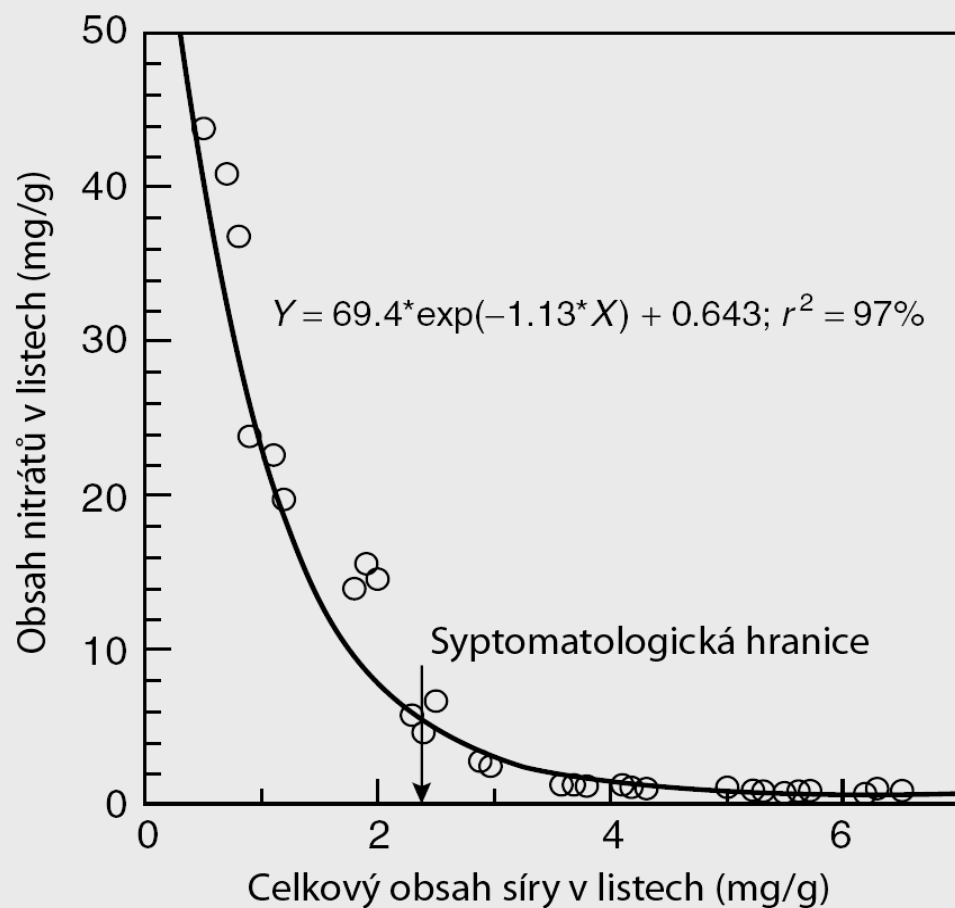


Síra a koncentrace nitrátů

- deficit síry
 - akumulace dusíku v nebílkovinné formě
 - asparagin, glutamin a arginin
 - amidy a rozpustné N frakce
 - zvýšení koncentrace nitrátů



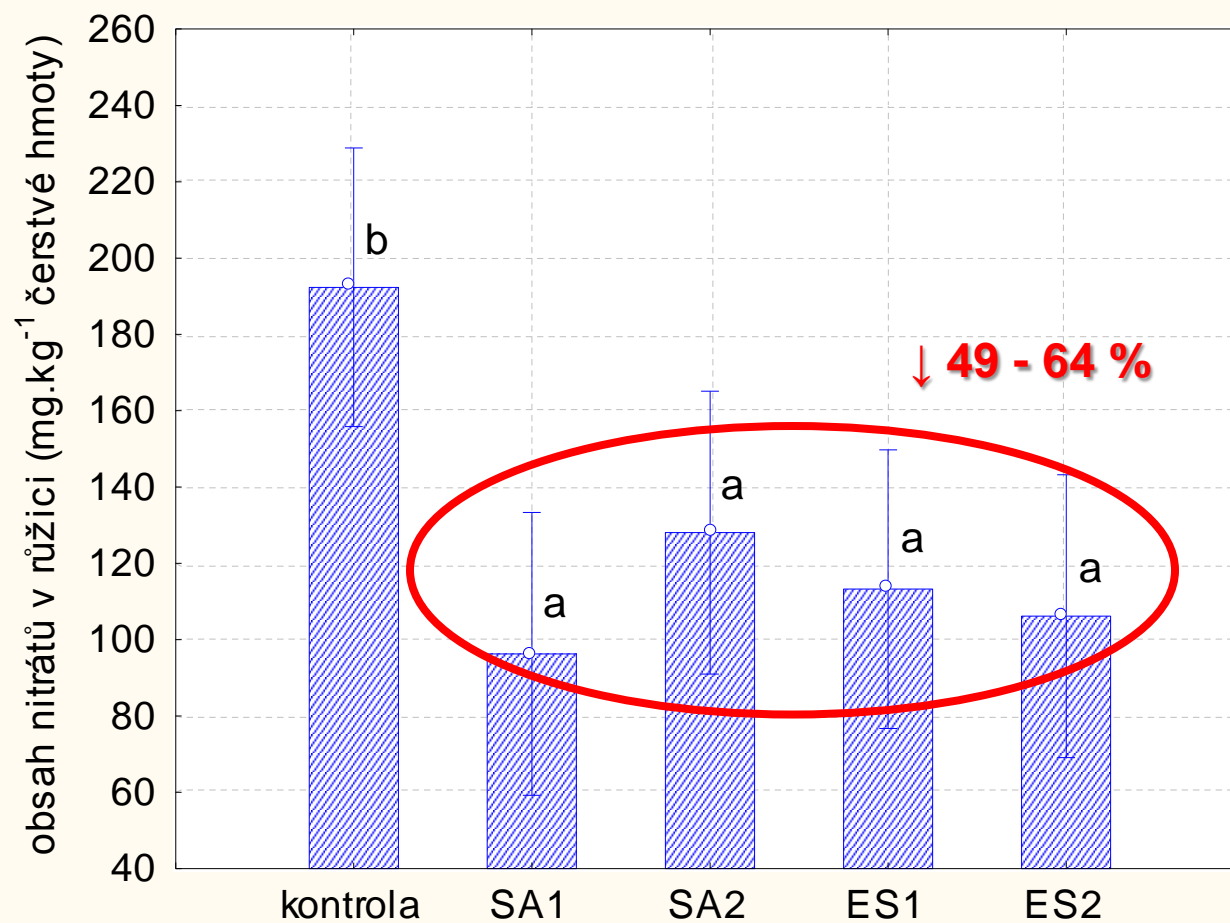
Závislost koncentrace nitrátů v salátu na obsahu síry v listech





Obsah nitrátů v různých brokolice

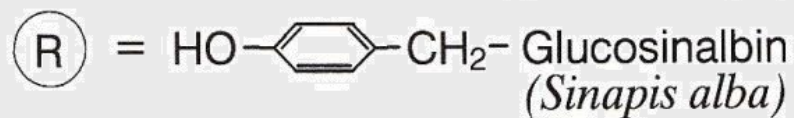
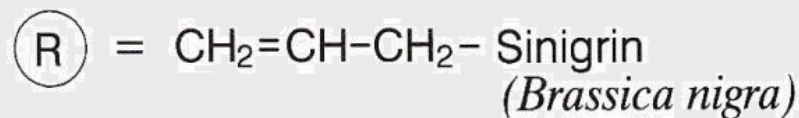
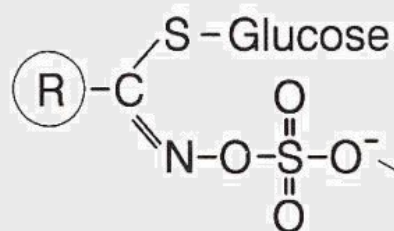
max 700



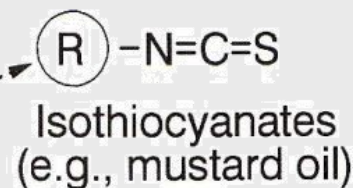
Síra a produkce bioaktivních látek

- brukvovitá zelenina
 - glukosinoláty
 - rozklad myrosinázou → isothiokyanáty

Glucosinolates



Myrosinase
Glucose
Sulfate

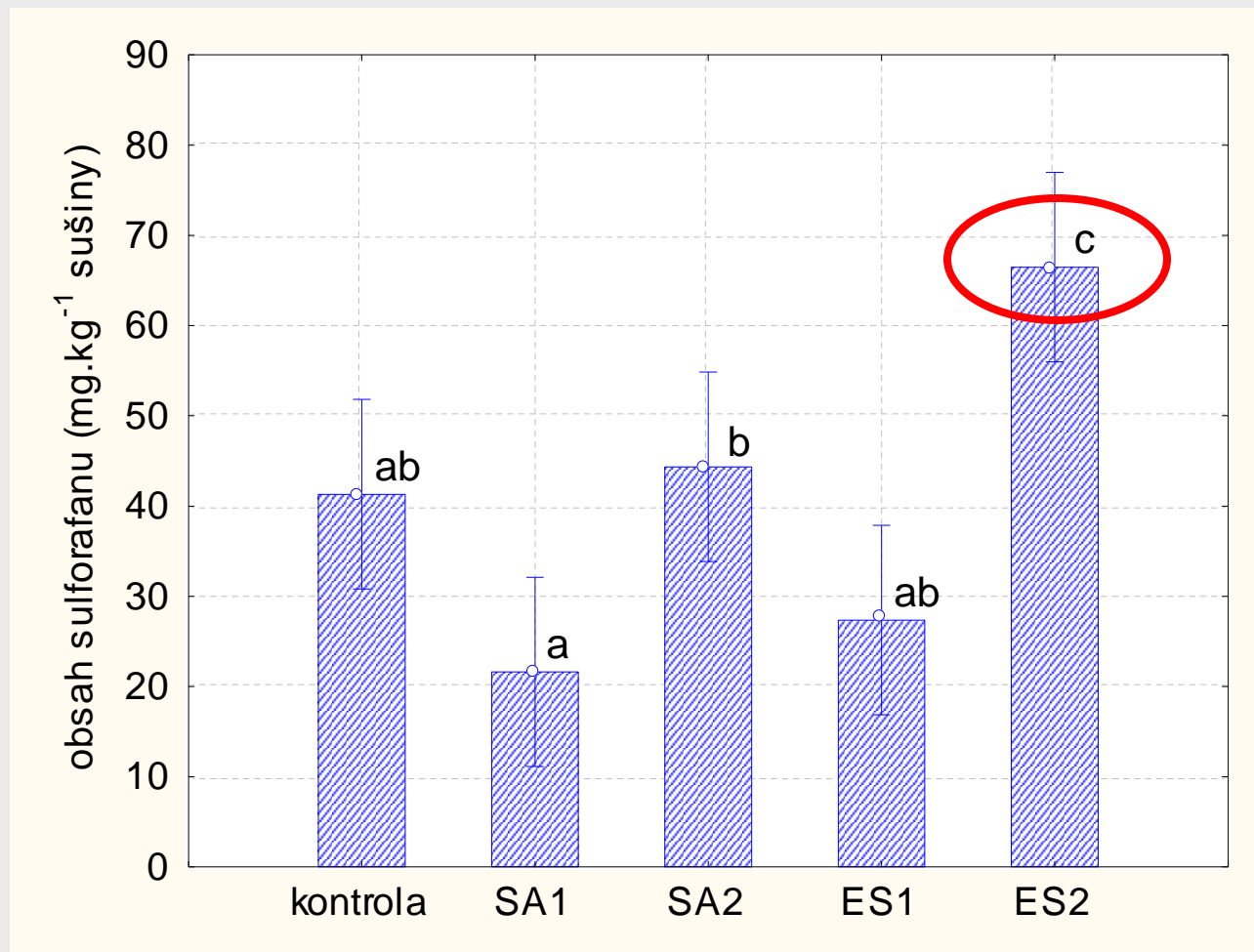


Bioaktivní sirné látky v rostlinách a jejich zdravotní působení

Rostlina	S-obsahující komponenty	Využití/vlastnosti
Křen (<i>Armoracia rusticana</i> L.)	glukosinoláty (do 0,32 %): sinigrin, gluconasturtiin (phenylethyl (15 %) a allyl (90 %) isothikyanathan)	artitis (záněty kloubů), kuděje, infekce močových cest, chřipka
Lichořeřišnice (<i>Tropaeolum majus</i> L.)	glukotropaeolin (benzyl isothiocyanát)	záněty průdušek (bronchitis), infekce močových cest, antimikrobiální
Česnek (<i>Allium sativum</i> L.)	alliin (nad 0,3 %), alicin, scordinin, agens	arterioskleróza, vysoký krevní tlak, baktericidní
Cibule (<i>Allium cepa</i> L.)	isoalliin, cycloalliin, thiosulfinát, sulfinyldisulfid	podpora trávení, proti chudokrevnosti, popáleniny (bodnutí včely, vosy), astma
Chřest (<i>Asparagus officinalis</i> L.)	kyselina asparagová, glutacion	detoxikace jater, ledvin, cév, močopudný, protirakovinný
Brokolice (<i>Brassica oleracea</i> L.)	sulforafan	antikarcinogenní účinky
Hořčice (<i>Brassica nigra</i> L.)	sinigrin	podráždění kůže, vnější přikládání k povzbuzení prokrvení
Zelí (<i>Brassica oleracea</i> L.)	glukosinoláty (do 0,16 %): sinigrin, glukobrassicin, glukoiberin, glukoraphanin	žaludeční vředy, abscesy, hojení ran



Obsah sulforafanu v sušině růžic brokolice



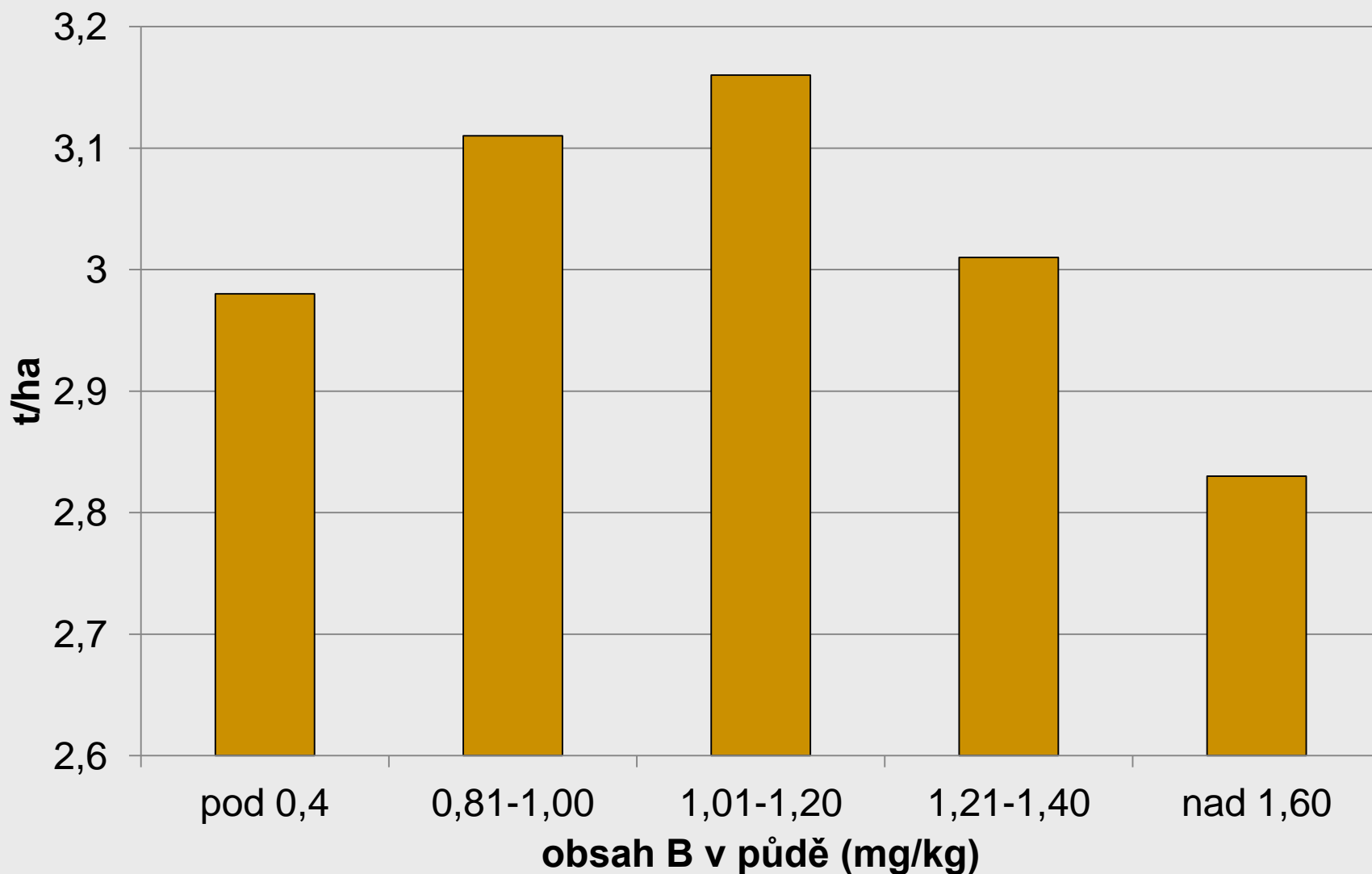
literatura - min 0,6 g na rostlinu pro zvýšení hladiny GSL

Bór

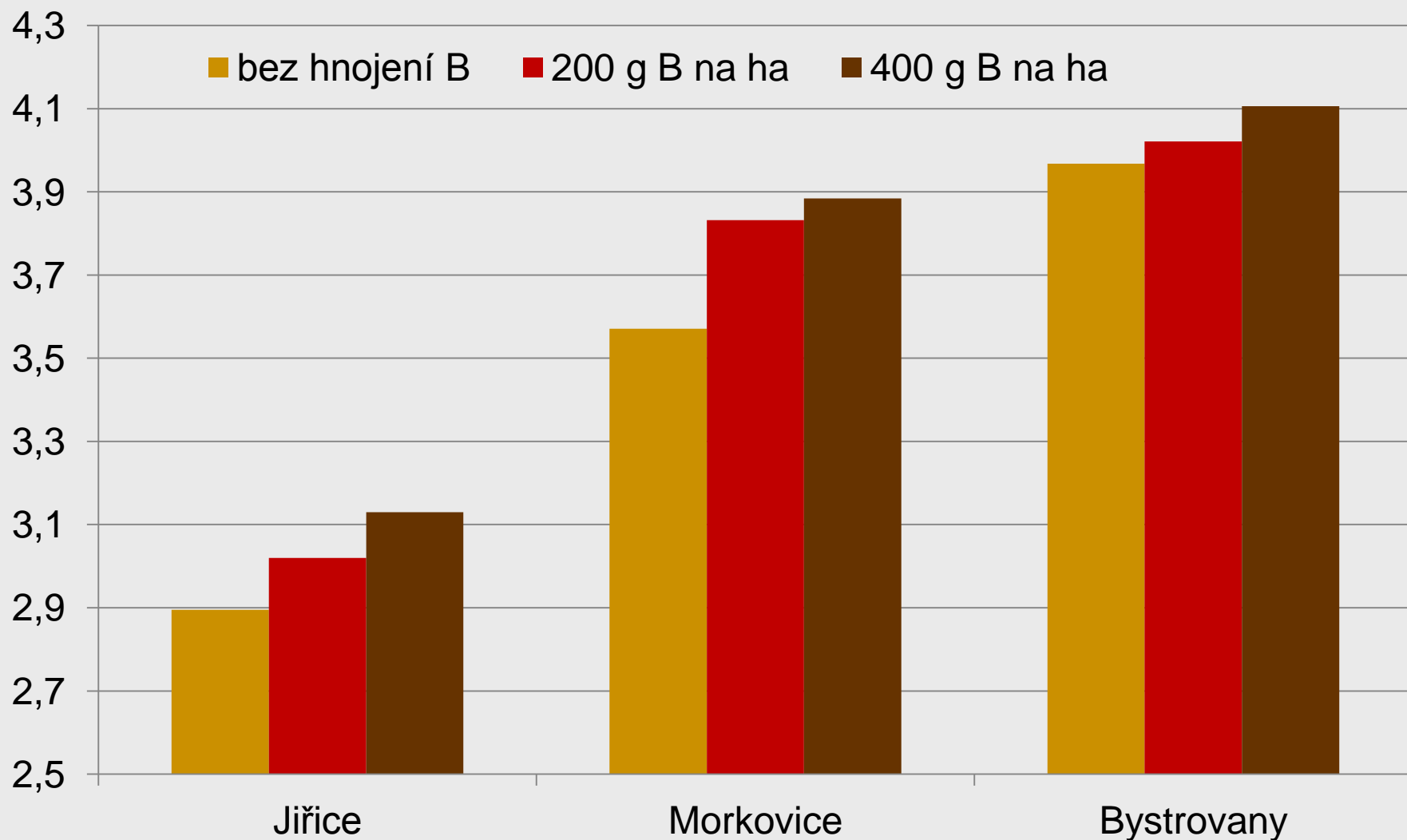
ve výživě řepky ozimé



Závislost výnosů řepky oz. na obsahu bóru v půdě



Výnos řepky po aplikaci bóru



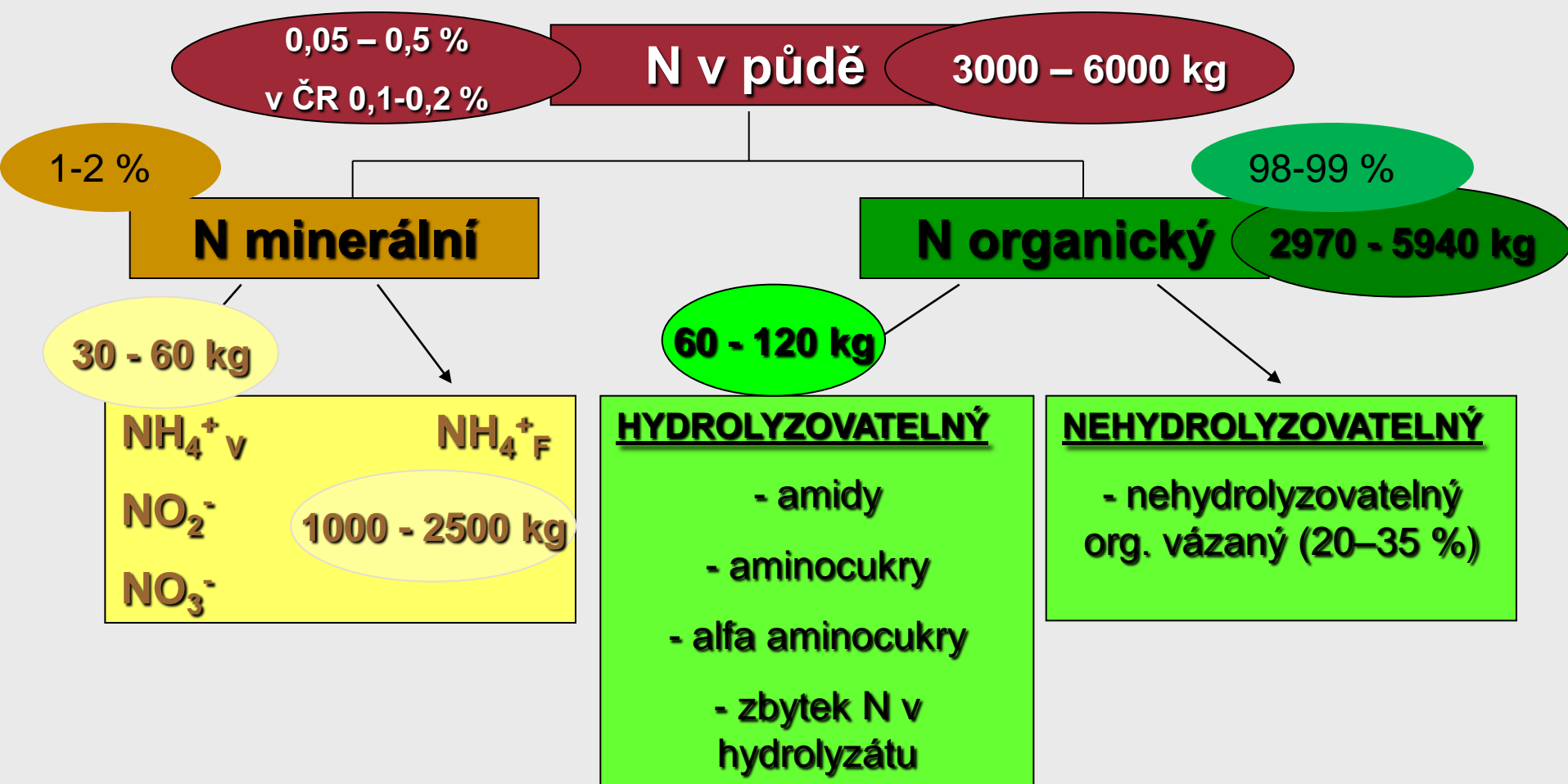
Zdroj: Richter et al. ,2001

Korekce výživného stavu během vegetace

Obsah N_{\min} v půdě

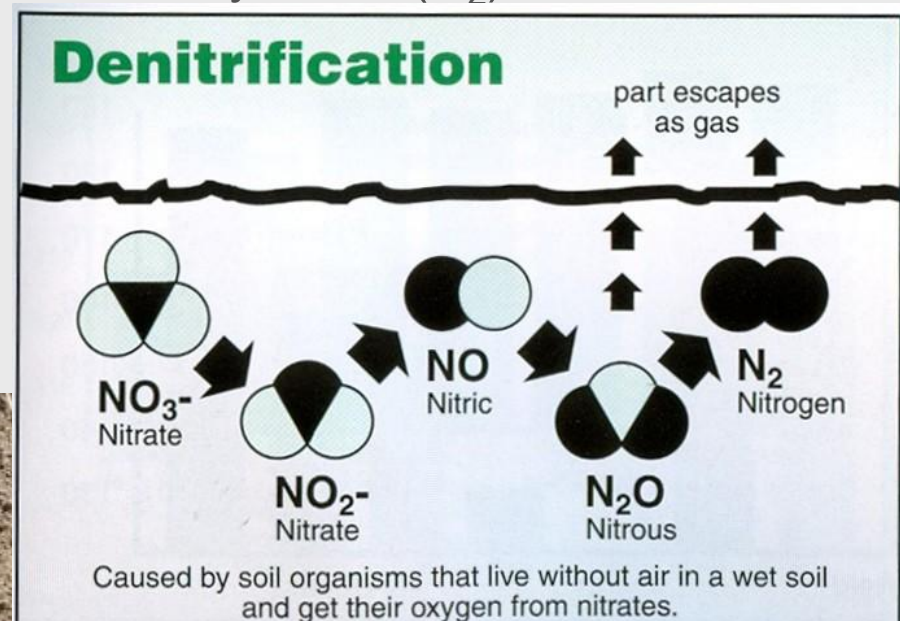
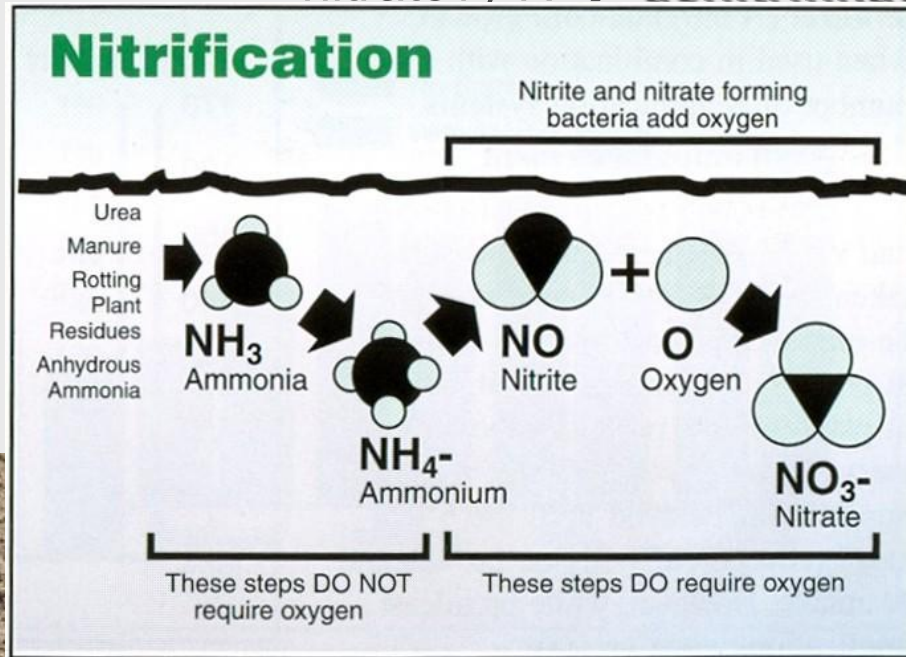


Formy dusíkatých sloučenin v půdě



Přeměny dusíku v půdě

- organická hmota → **mineralizace** → amoniak
- amonný N → **nitrifikace** → nitrátový N
- nitrátový N → **denitrifikace** → oxidy dusíku (NO_x),
vzdušný dusík (N_2)



Stanovení N_{\min} v půdě

N_{\min} ... součet obsahu $N-NH_4^+$ a $N-NO_3^-$

- $N-NH_4^+$ kolorimetricky
 - Nessler, Berthelot, indolfenol, ...
- $N-NO_3^-$
 - iontově selektivní elektroda
- výluh půdy 1% K_2SO_4



Orientační hodnocení obsahu N_{\min} v půdě ve vrstvě 0-30 cm (úzkýz)

Obsah N_{\min}	N_{\min} (mg/kg)
Velmi nízký	< 5
Nízký	5-15
Střední	16-30
Dobrý	31-45
Vysoký	> 45

- vhodné zohlednit také **poměr forem dusíku** $N-NO_3^- / N-NH_4^+$



Praktický přepočet N_{\min}

obsah N_{\min} (0-30 cm) v mg/kg

* 4,5 = obsah N_{\min} (0-30 cm) v kg/ha

12 mg/kg ... 54 kg/ha

pšenice: na 6 t zrna třeba 150 kg N na ha

– minus 54 → 96 kg/ha (40 regen. a 56 produkčně)





N_{\min} před setím a dávky N pro celou vegetaci řepky

Zásoba N_{an}		Dávka N (kg.ha ⁻¹)
hodnocení	mg.kg ⁻¹	
malá	do 10	180
střední	10–20	155
dobrá	20–40	130
vysoká	nad 40	do 100

Zdroj: Ložek 2007.



Jarní dávka stanovená na základě obsahu N_{\min} v půdě

Obsah N_{an} v ornici (0-30cm) mg.N.kg ⁻¹	Dávka dusíku (kg N.ha ⁻¹) podle obsahu N_{an} v podorničí (30-60 cm)		
	< 10 mg N.kg ⁻¹	10-20 mg N.kg ⁻¹	> 20 mg N.kg ⁻¹
< 6,0	100	90	90
6,1-10,0	90	75	60
10,1-15,0	80	60	40
15,1-20,0	70	45	30
20,1-25,0	60	30	0
25,1-30,0	50	30	0
30,1-35,0	30	0	0
> 35,0	0	0	0

Korekce výživného stavu během vegetace

Anorganické rozbory rostlin





Diagnostické znaky deficitu živin v rostlinách

- vizuální příznaky
 - již silný deficit
 - bez možnosti úplné úpravy výživného stavu
- analýzy rostlin
 - indikace skrytého nedostatku
 - včasné odhalení
 - raná vegetační fáze, rychlá analýza
 - korekce případné disproporce

obilniny – sloupkování až metání (kvetení)

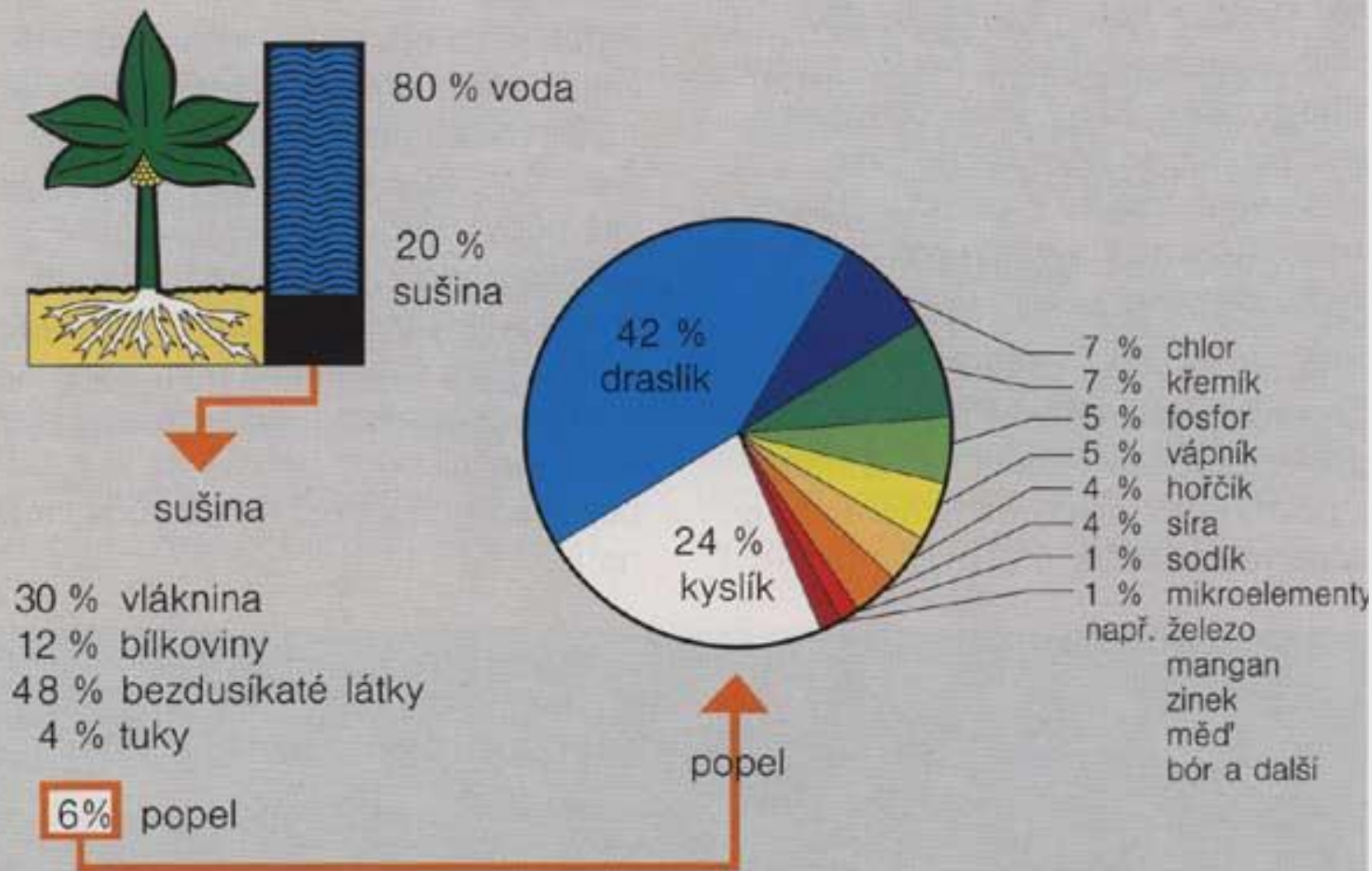
řepka – doba prodlužovacího růstu až kvetení

Anorganické rozbory rostlin

- určují obsah a vzájemné poměry makroživin a stopových prvků
- k posouzení okamžitého výživného stavu rostlin
- → optimalizace výživného stavu, resp. hnojení, zejména dusíkem



Průměrné složení rostlin

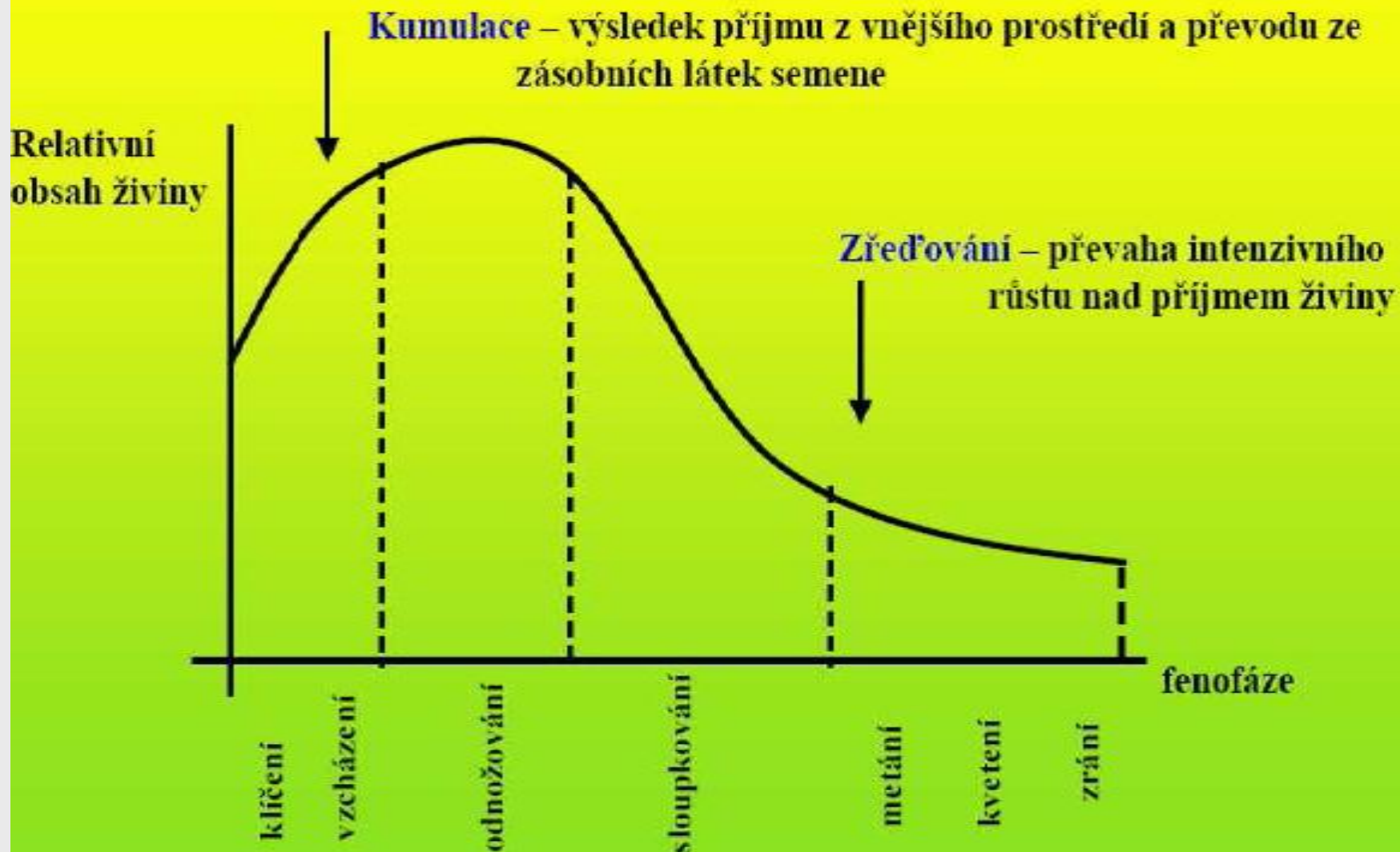


Anorganické rozbory rostlin

- složení rostlinné hmoty - faktory
 - druh plodiny
 - orgán odebrané plodiny
 - stáří rostliny



Změny obsahu živin během ontogeneze u obilnin – dynamika obsahu **N**, **K** a **P** u obilnin



Anorganické rozbory rostlin

- složení rostlinné hmoty - faktory
 - druhem plodiny
 - orgánem odebrané plodiny
 - stáří rostliny
- běžně stanovujeme
 - obsah N, P, K, Ca, Mg, S + vybrané ME
 - po mineralizaci rostlinné hmoty





Optimální koncentrace živin v řepce pro výnos 3 tuny semen z hektaru

Období	Hmotnost suš.(t.ha ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	S
		%					
Podzim	1,0	4,2	0,39	3,80	2,00	0,20	0,45
Jarní regenerace	2,5	4,8	0,48	2,90	1,60	0,18	0,50
Butonizace	5,5	4,9	0,50	3,60	1,90	0,18	0,60
Kvetení	10,0	4,2	0,46	3,00	1,60	0,15	0,50
Tvorba šešulí	18,0	2,0	0,34	2,10	1,50	0,11	0,45
Semeno - sklizeň	3,0	3,3	0,60	0,82	0,50	0,25	0,26

Zdroj: Richter a kol., 2004.



Celková jarní dávka N podle ARR

Poměr N/P v sušině nadzemní fytomasy ve fázi 4–6 listů	Dávka N pro celé „jarní“ období (kg.ha ⁻¹)
>12,5	80
11,1–12,5	90
10,1–11,0	100
9,3–10,0	110
8,6–9,2	120
8,0–8,5	130
7,5–7,9	140
7,1–7,4	150
<7,1	160

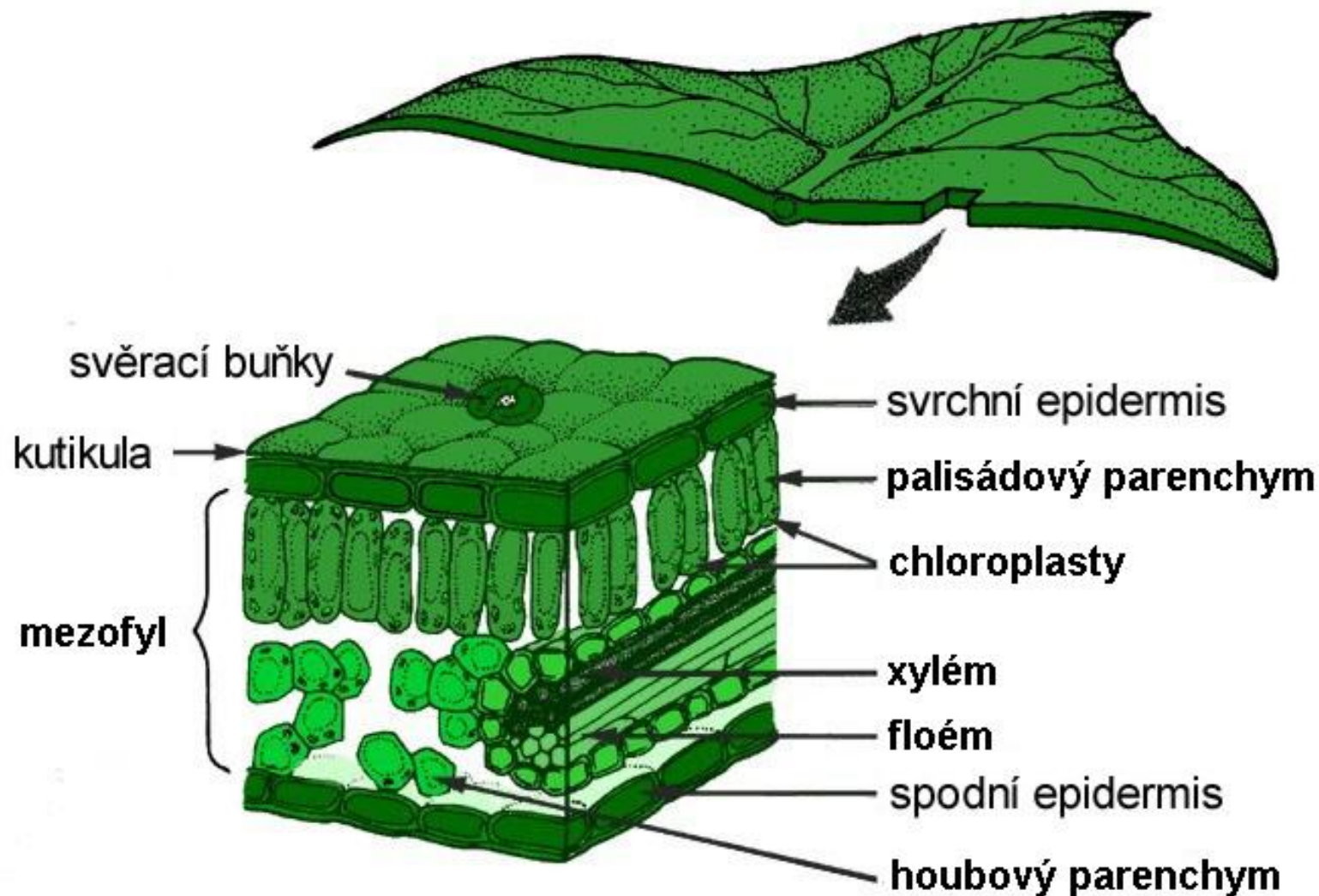
Zdroj: Baier a kol., 1988.

Další metody posouzení výživného stavu

- zjednodušení → nižší přesnost
→ vyšší rychlost
- chlorofylmetr (N-tester), N-senzor
- analýza buněčné šťávy na obsah nitrátů
- analýza pouze praporcového listu

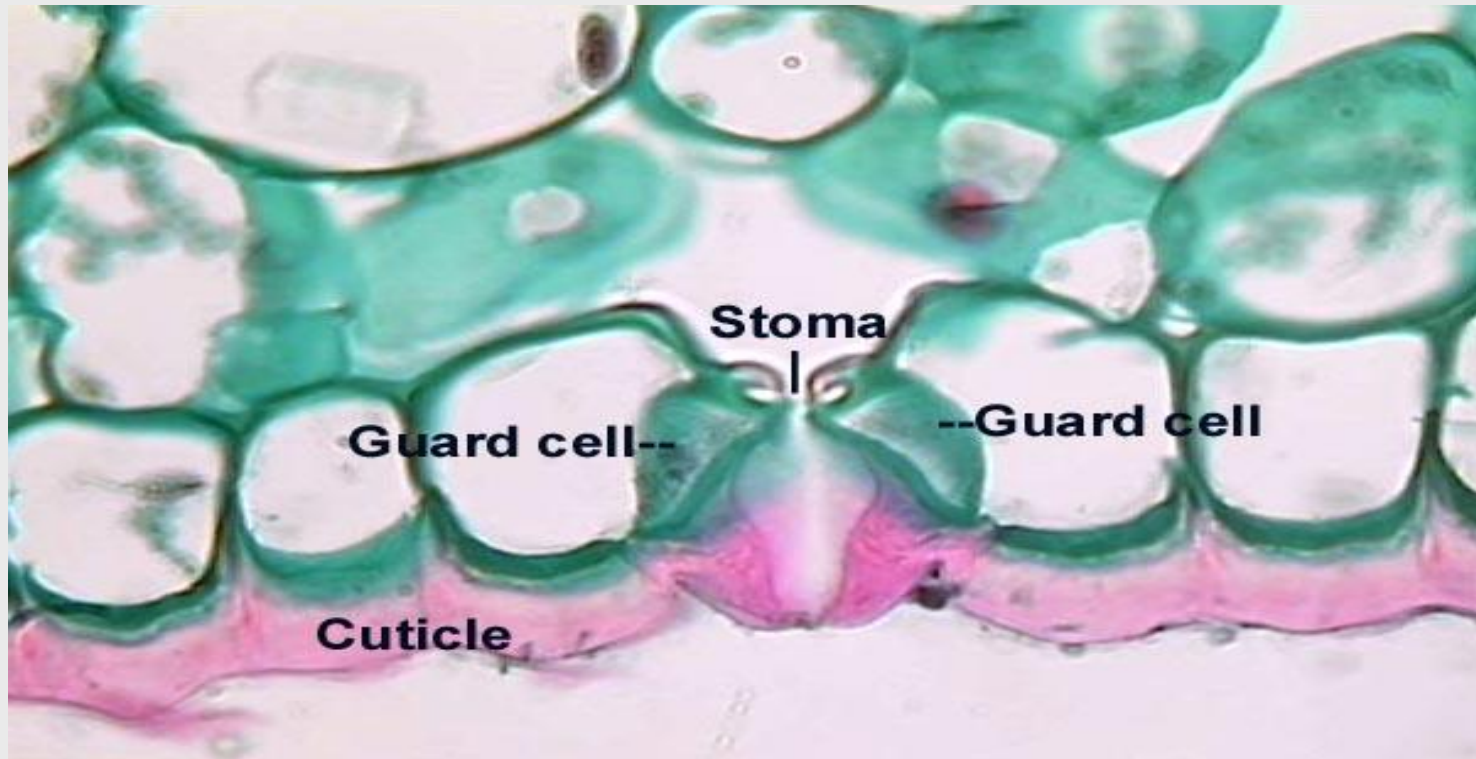


Stavba listu



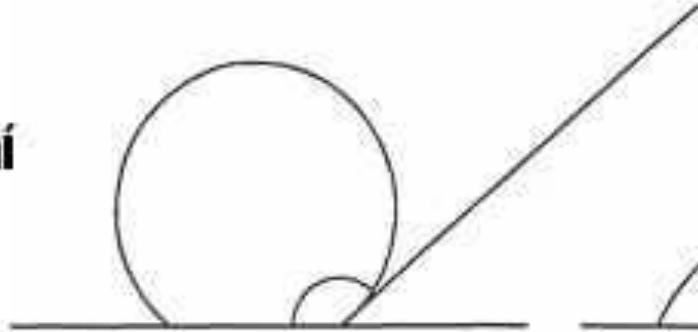
Kutikula

- nebuněčný útvar na povrchu epidermis
- překážkou vstupu živin do rostliny

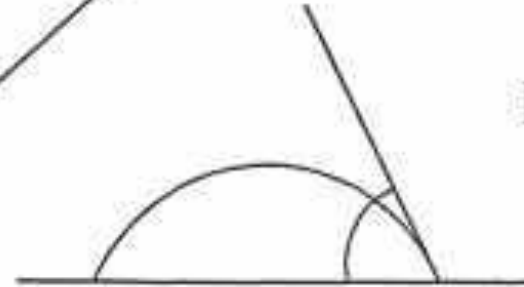


Význam smáčedla (detergentu) při foliární výživě rostlin

**Hydrofóbní
povrch**



**Hydrofilní
povrch**



Absorpce 50 % aplikované živiny

Živina	Doba absorpce	Velikost hydratovaného obalu
N (močovina)	1-4 hod	0,44 nm
Mg, Na	2-5 hod	0,45 nm
Zn	1 den	
K	1-3 dny	
Mn	2 dny	0,75 nm
Ca	4 dny	0,99 nm
P	5-10 dní	
S	7-8 dní	
Fe, Mo	10-12 dní	

Rozdíly v mobilitě živin ve floému

Vysoká mobilita	Střední mobilita	Nízká mobilita
Draslík	Železo	Vápník
Hořčík	Zinek	Mangan
Fosfor	Měď	
Síra	Bór	
Dusík	Molybden	
Chlór		
(Sodík)		

Alternativní ukazatele

- obsah S v rostlinné hmotě
- obsah S_{\min} v půdě
- obsah lehce hydrolyzovatelného N





Diagnostické znaky deficitu S v rostlinách

- obsah celkové síry (% S v sušině)
- obsah síranů
- poměry:
 - podíl síranů na obsahu celkové síry
 - poměr N/S
 - malát/sulfát
- ...

každá z metod - určitá úskalí

DIJKSHOORN *et* VAN WIJK, 1967;
FRENEY *et al.*, 1978;
SCHNUG *et* HANEKLAUS, 1998;
VANĚK *et* BALÍK, 2000;
BLAKE-KALFF *et al.*, 2001, 2003;
VONG *et al.*, 2007;
MATHOT *et al.*, 2009



Diagnostické znaky deficitu S v rostlinách

- již Thomas *et al.*, 1950
 - uvádí optimum v průměru mezi 0,2-0,4 % S v suš. s výjimkou brukvovitých
 - kritická hranice nedostatku je pro většinu plodin 0,2 % S





Průměrné kritické hodnoty výživného stavu sírou

	% S v sušině	N/S	Obsah síranů (mg.kg ⁻¹)
Obilniny	0,17	16,0	150
Olejniny brukvovité	0,48	6-7	-
Olejniny ostatní	0,23	15,8	360
Leguminózy	0,27	15,5	1600
Okopaniny	0,30	11	400
Krmné plodiny/TTP	0,21	20	500
Zelenina brukvovitá	0,75	-	-
Zelenina ostatní	0,40	-	-

Haneklaus et al., 2007

Kritické hodnoty obsahu síry u základních plodin

Ukazatel	Riziko deficitu S				
	nízké				vysoké
Plodina	trávy	cukrovka	brambory	obilniny	řepka olejka
Celkový příjem S (kg.ha ⁻¹)	~ 10	10 - 20	20 - 30	15 - 40	40 - 100
Symptomatologická hodnota (% sušiny) ¹⁾	0,10 – 0,12	0,17 – 0,21	0,17 – 0,21	0,12	< 0,30 (0) < 0,35 (00)
Kritická hodnota pro max. výnos (% sušiny)	~ 0,30	0,35 – 0,40	~ 0,40	0,40	0,65

¹⁾ – hraniční koncentrace pro výskyt symptomů deficitu



Kategorizace celkové síry v rostlinách (% v sušině)

Plodina	Kritická koncentrace (při 5% redukci výnosu)	Koncentrace spojená s vizuálními symptomy	Nelze očekávat další zvýšení výnosu při hodnotách nad
řepka	0,55	0,30-0,35	0,65
oblininy	0,32	0,12	0,40
brambory, cukrovka	0,30	0,17-0,21	0,35
bob, hrách	-	0,10-0,12	

(SCHNUG, HANEKLAUS, 1998;
HANEKLAUS *et al.*, 2007)



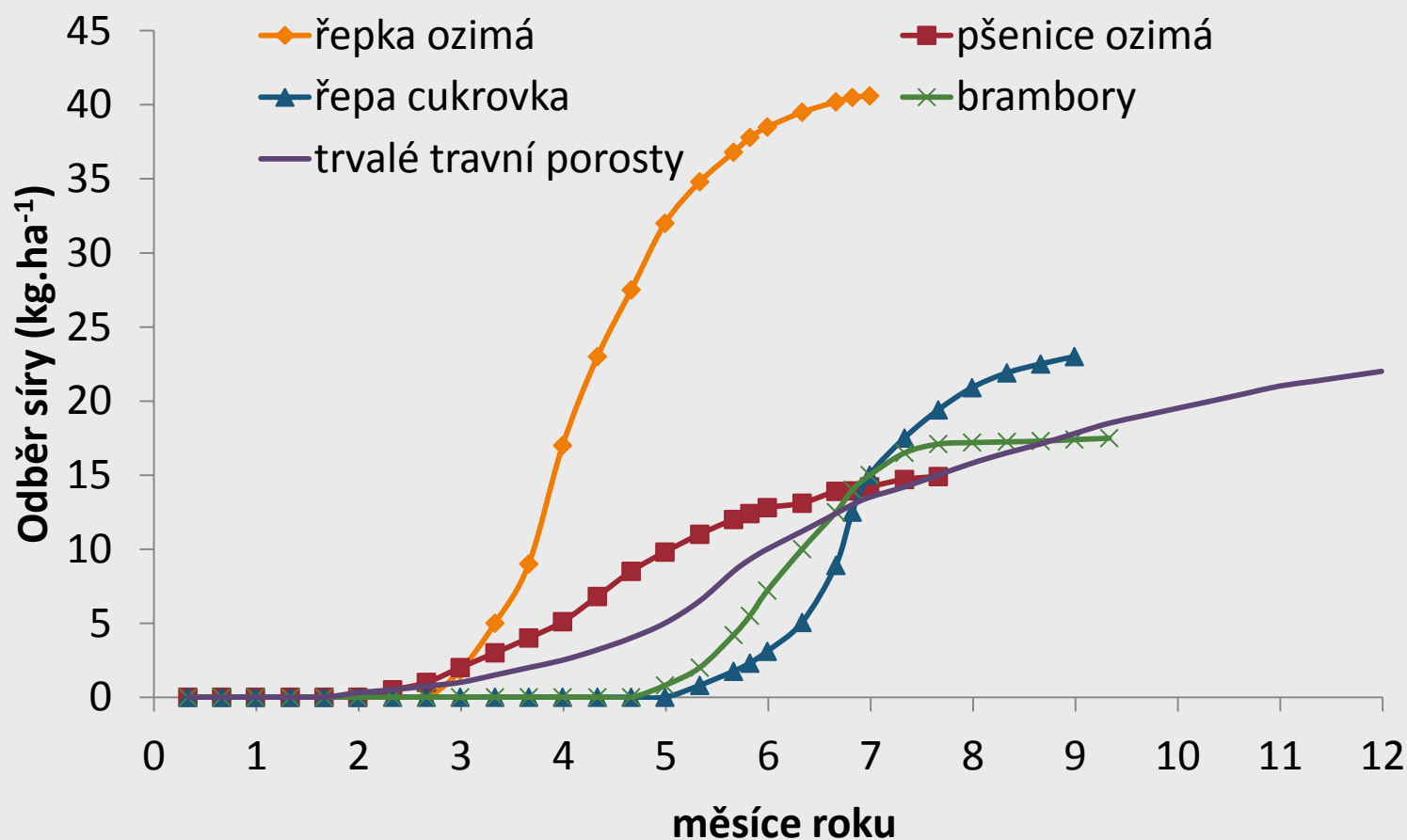
Optimální koncentrace síry v řepce pro výnos 3 t/ha

Období	Hmotnost sušiny (t.ha ⁻¹)	Obsah S (%)
Podzim	1,0	0,45
Jarní regenerace	2,5	0,50
Období prodlužování stonků	4,0	0,55
Butonizace (období žlutého pupene)	5,5	0,60
Kvetení	10,0	0,50
Tvorba šešulí	18,0	0,45
Semeno - sklizeň	3,0	0,26

Zdroj: Hřivna a Richter, 2002; Kováčik, 2008.



Dynamika potřeby síry pěti hlavních plodin během vegetační sezóny v Nizozemí



(POSTMA *et al.*, 1999)

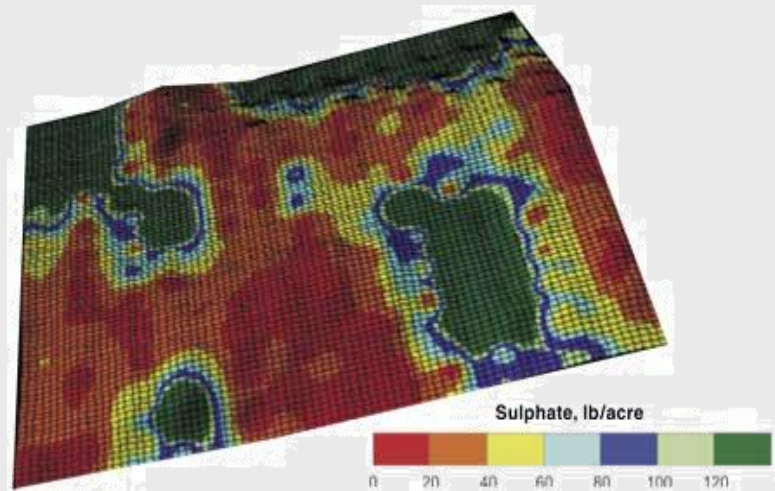


Stanovení přístupné síry v AZP?

- ÚKZÚZ - technicky možné
 - zeminy odebrané, možnost využít výluh Mehlich III
 - nízká vypovídací schopnost pro celý cyklus AZP
 - pouze aktuální stav v půdě
- síra v půdě (ČR)
 - především v organické hmotě
 - přístupná po mineralizaci a sulfurikaci – obdoba přeměn N
 - časová dynamika
 - nejvíce přístupné síry na jaře nebo na podzim
 - prostorová dynamika

Stanovení přístupné síry

- lze využít jako jednu z diagnostických metod k upřesnění výživy rostlin sírou
 - jako N_{\min} v jarních měsících
- výsledky využitelné také k diferencovanému přístupu k jednotlivým zónám v rámci technologií precizního zemědělství





Limitní obsahy vodorozpustné síry v půdě indikující potřebu přihnojení sírou

Půdní druh		
lehká	střední	těžká
Limitní obsahy S (mg.kg ⁻¹)		
16 (18)	13 (14)	10 (10)

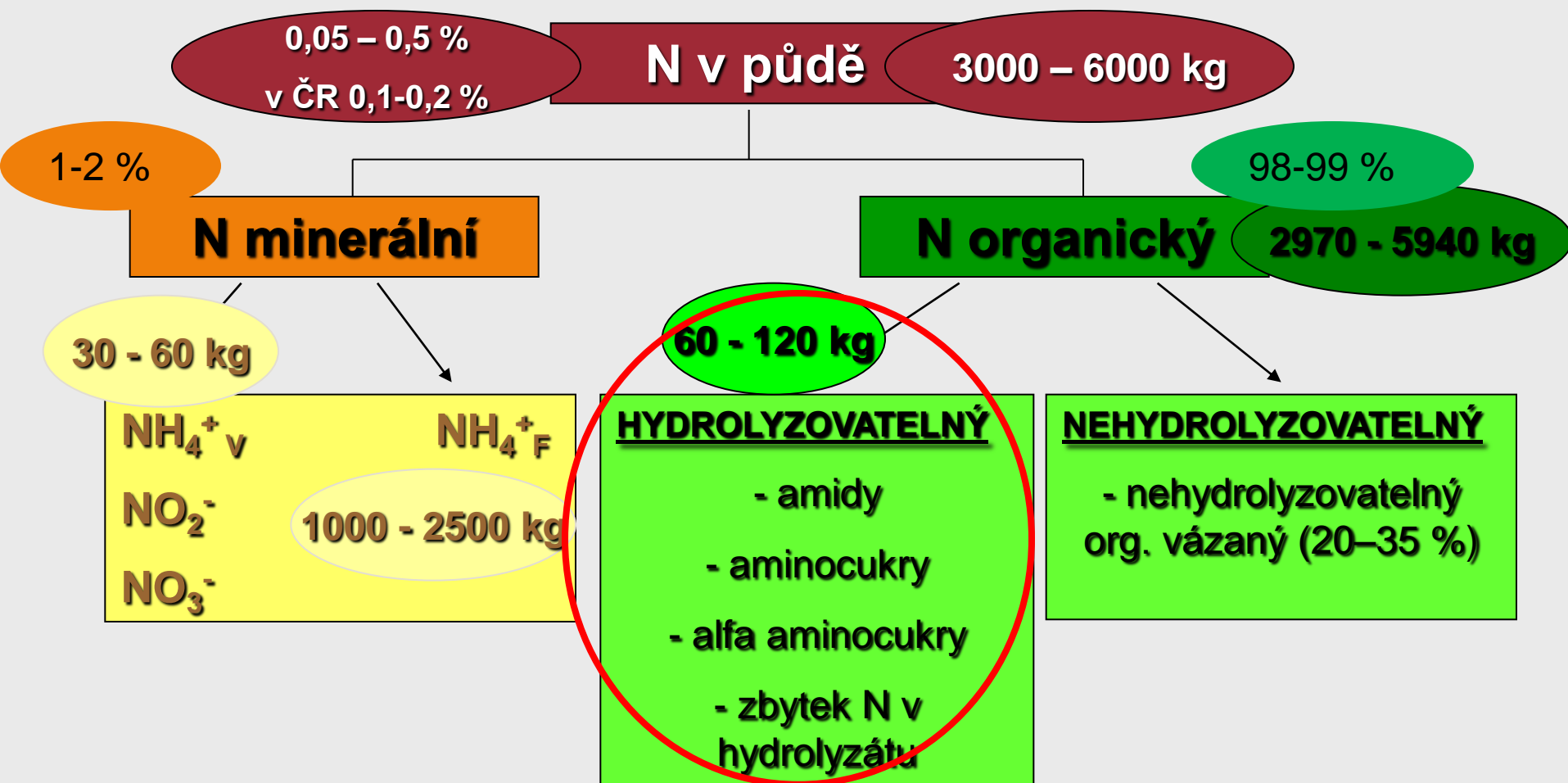
Zdroj: Balík a kol., 2007; Kováčik, 2008.

Obsah vodorozpustné síry a dávky S před setím řepky

Hodnocení obsahu	Obsah	Doporučená dávka
	mg.kg ⁻¹	kg.ha ⁻¹
Nízký	20	50
Vyhovující	21–30	35
Střední	31–40	25
Vysoký	40	-

Zdroj: Richter a kol., 2004.

Formy dusíkatých sloučenin v půdě



Obsah lehce hydrolyzovatelného N

- inkubační metoda

- po vysušení půdních vzorků při 40 °C
- v jemnozemi N_{\min} před inkubací
- zemina 1:1 s pískem, ovlhčena na 60 % MVK a inkubována 7 dní při 28 °C
- N_{\min} po inkubaci
- rozdíl N_{\min} před a po inkubaci
→ obsah lehce hydrolyzovatelného dusíku



Obsah lehce hydrolyzovatelného N

- použití **slabých vyluhovadel**
 - ve výluhu obsah N_{\min} a N celkový
 - rozdíl obsahů = obsah N lehce hydrolyzovatelného



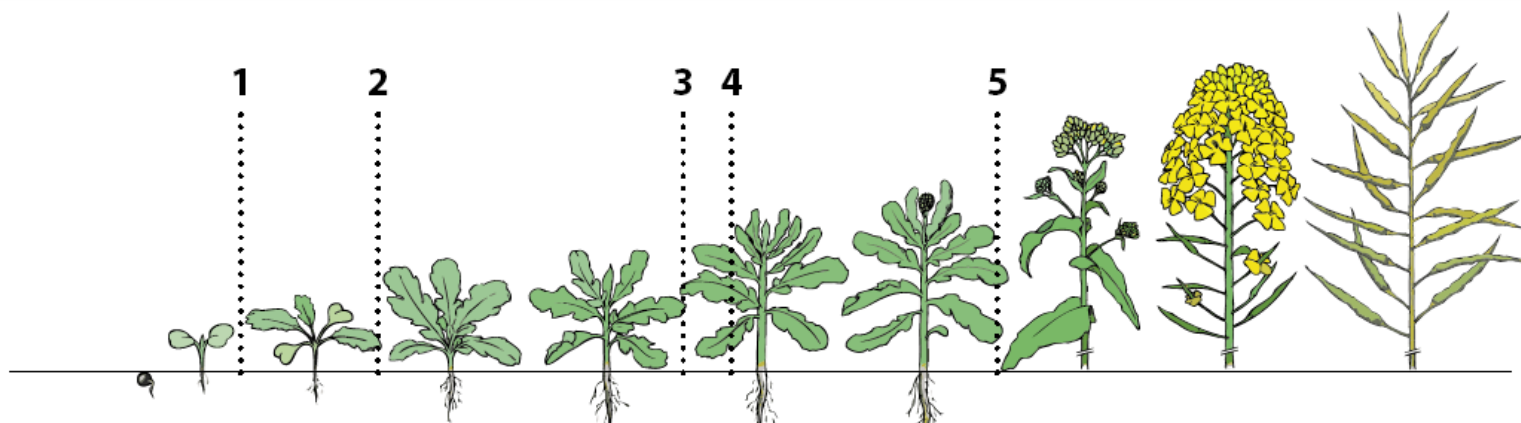
Diagnostika výživného stavu se vyplatí

Jaro

3. odběr vzorků půdy (N_{\min}) – BBCH 29

4. odběr vzorků rostlin pro kontrolu výživného stavu (ARR) – BBCH 30-31

5. odběr vzorků rostlin pro kontrolu výživného stavu (ARR) – BBCH 55-59



Dusík a síra v půdě

- situace v předjaří 2012

16

S

Sulfur
32.065



16

S

Sulfur
32.065

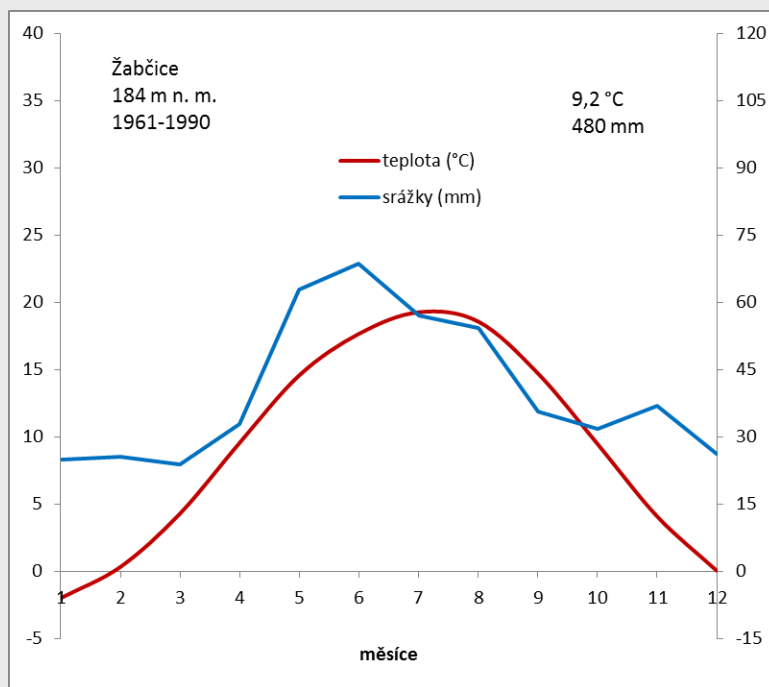


Žabčice u Brna

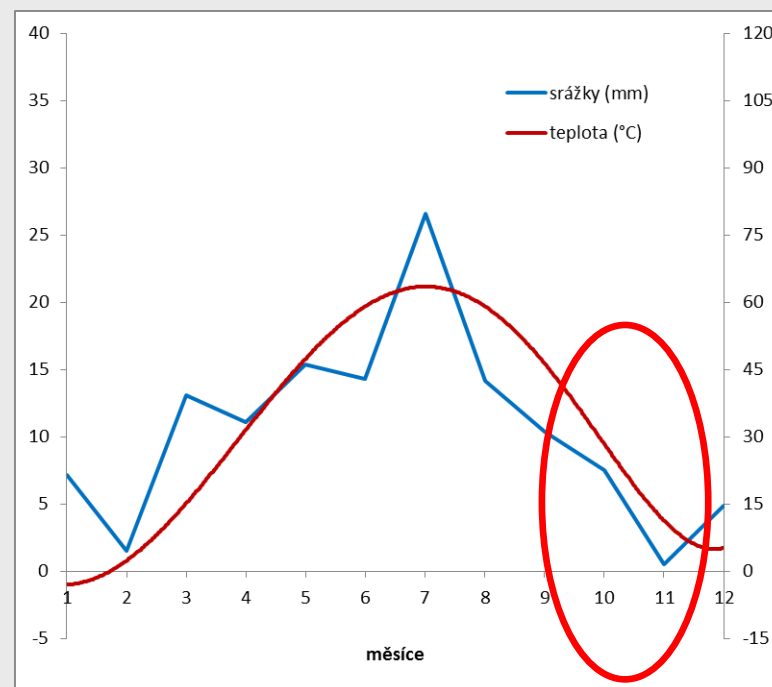


Žabčice – počasí

Dlouhodobý normál

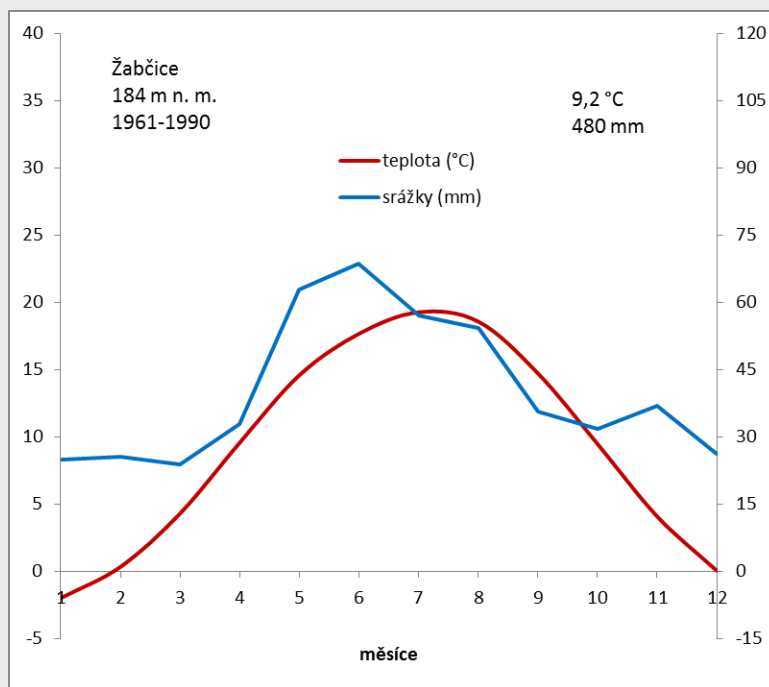


2011

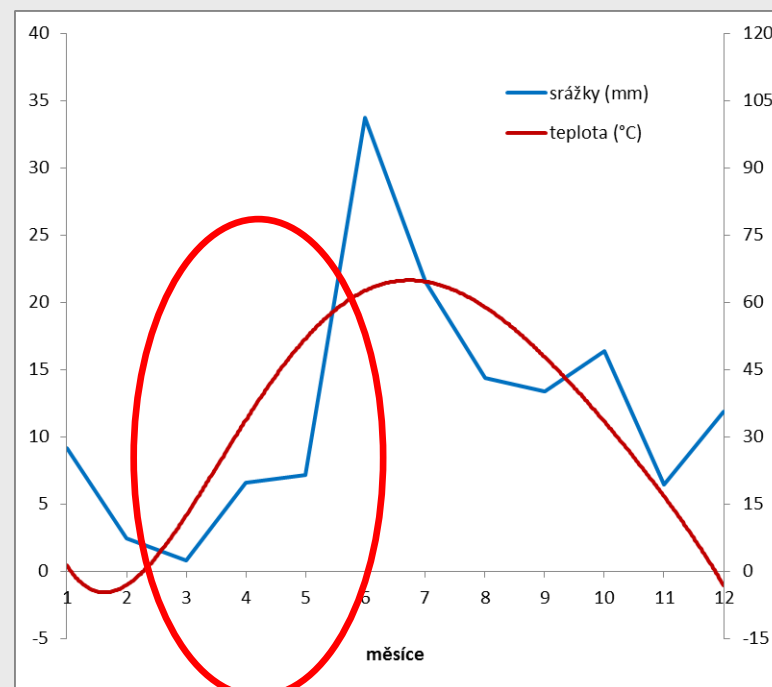


Žabčice – počasí

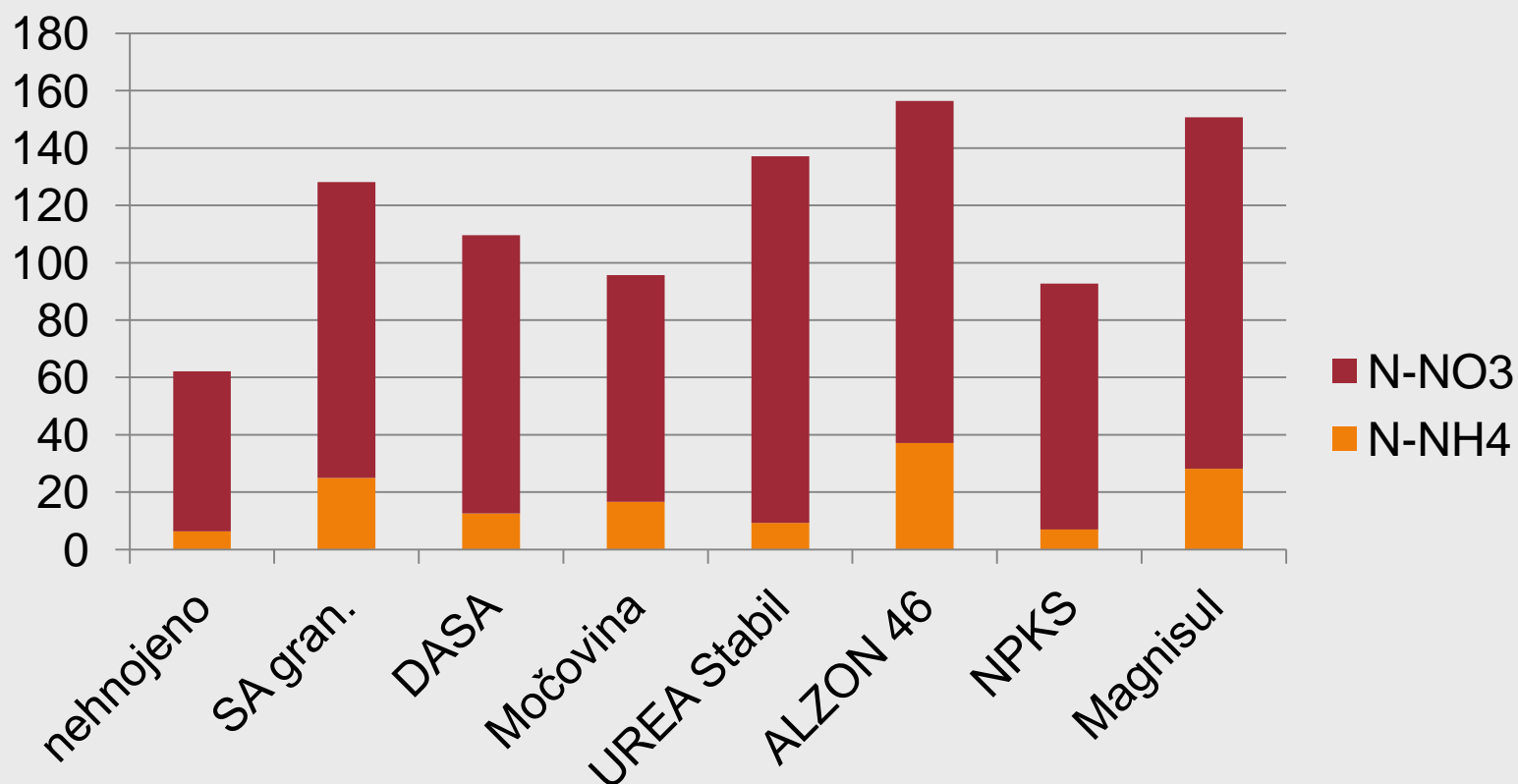
Dlouhodobý normál



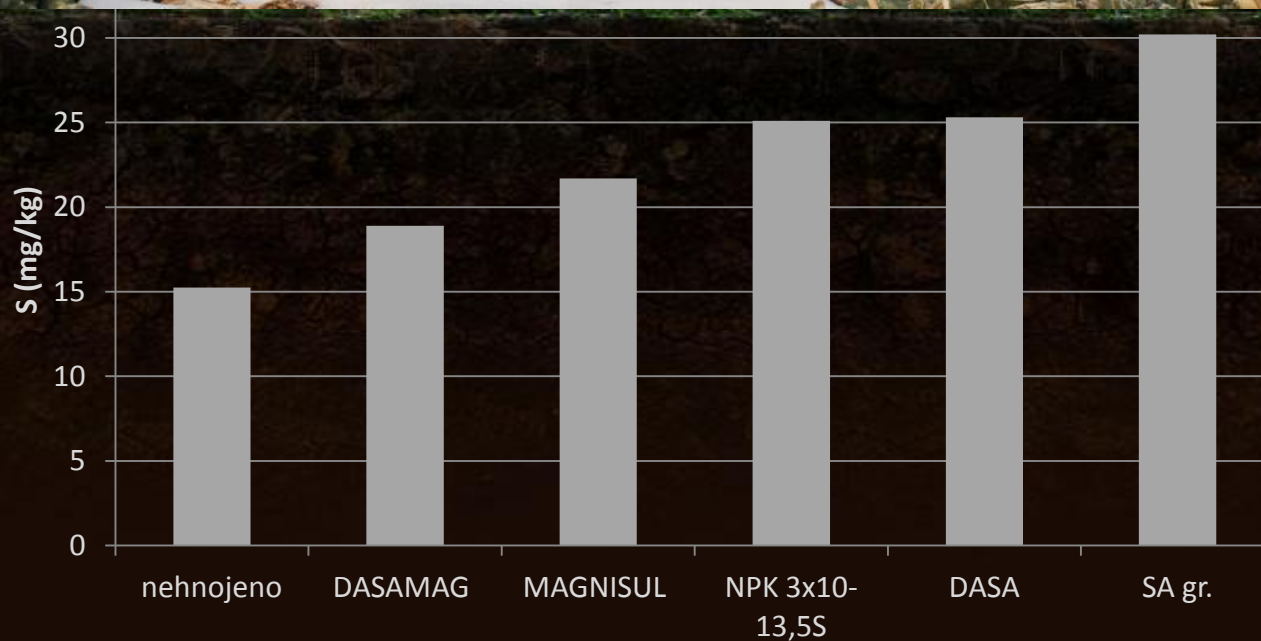
2012



Obsah minerálního dusíku v půdě (kg/ha) – Žabčice – 19. 1. 2012



Obsah vodorozpustné síry v 0-30 cm (19. 1. 2012, Žabčice – řepka ozimá)



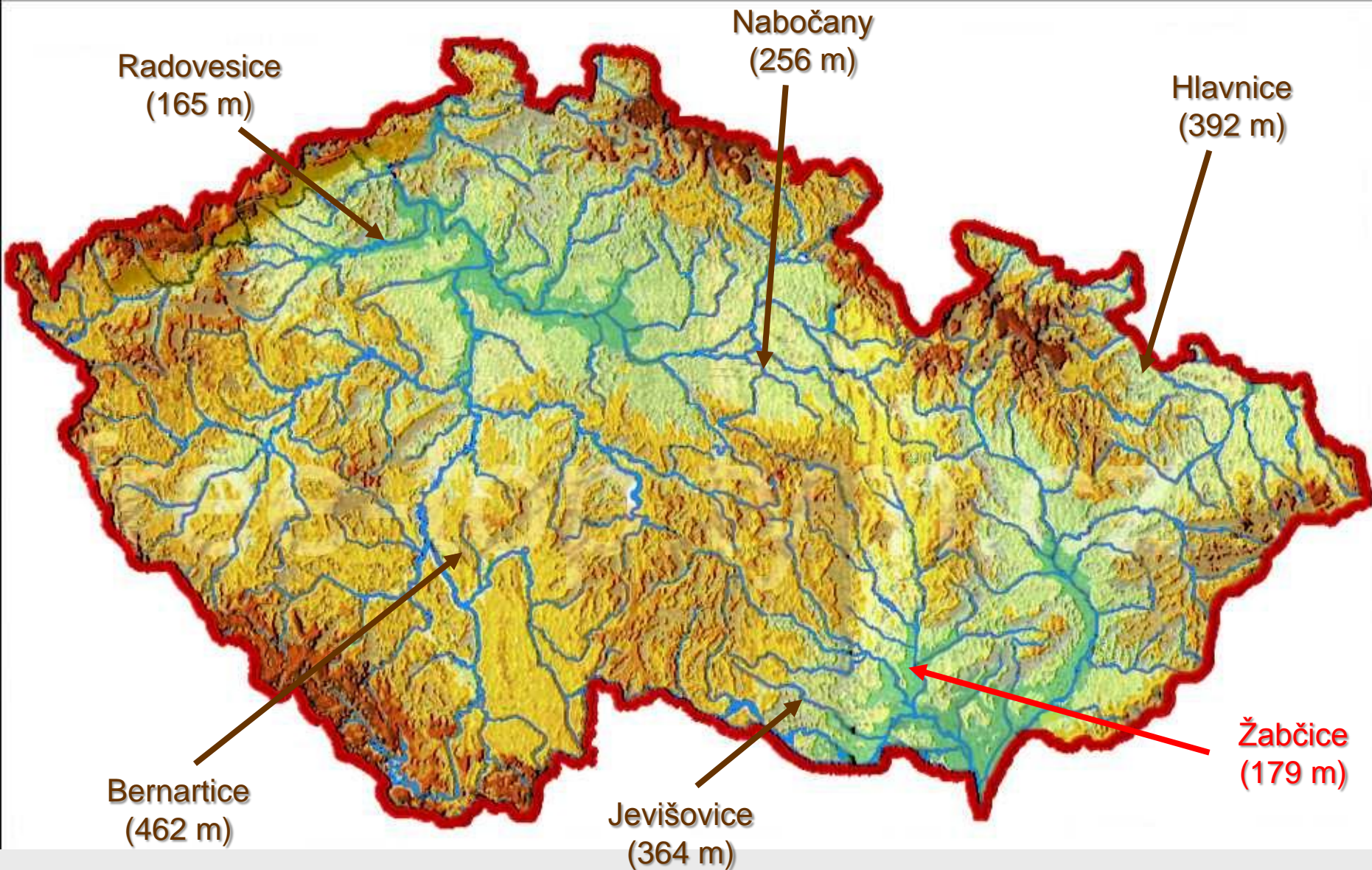
Porost řepky ozimé – Žabčice - 25. 1. 2012



Řepka – Žabčice – 13. února 2012

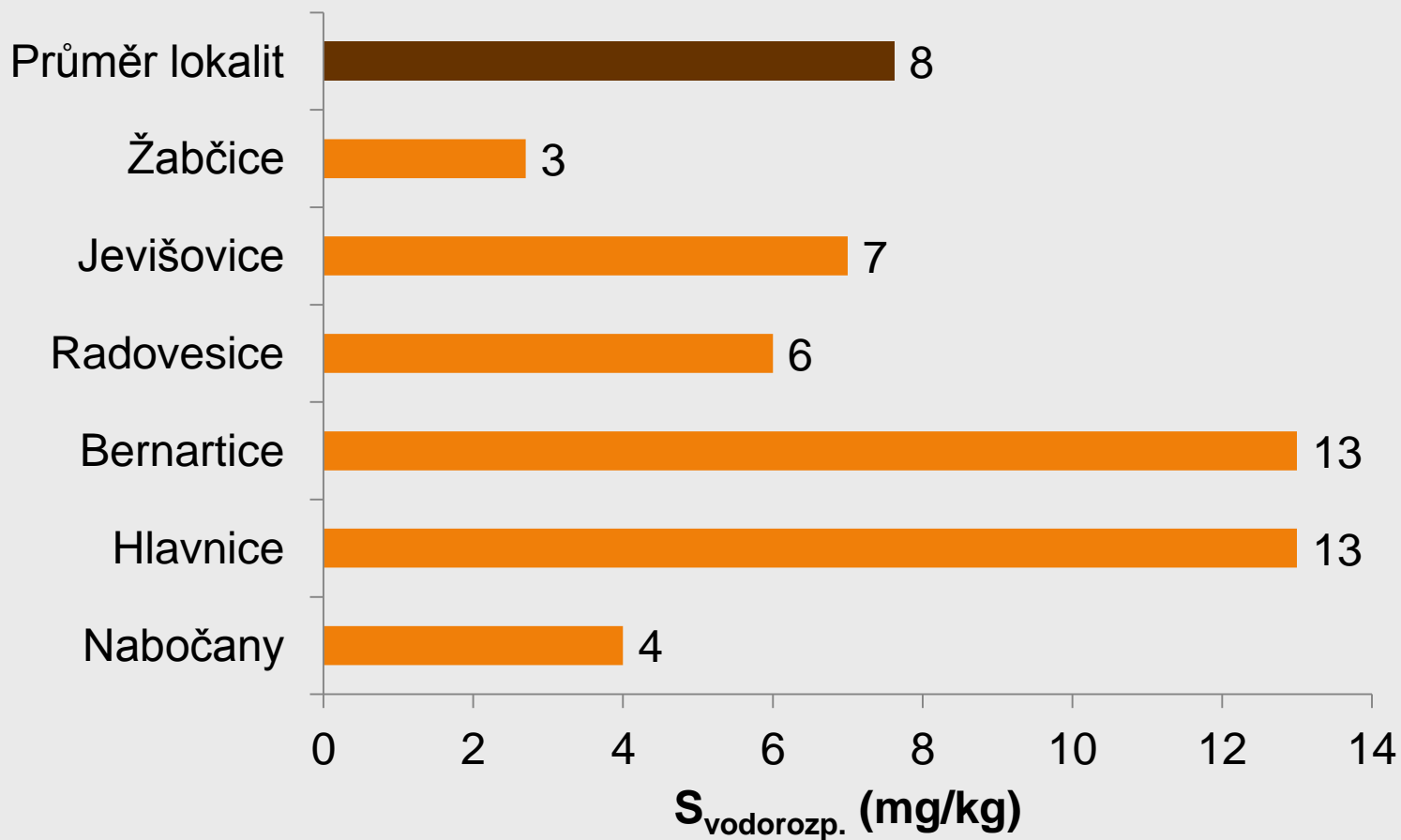


Řepka oz. - lokality pro odběr půd. vzorků na $S_{\text{vod.}}$



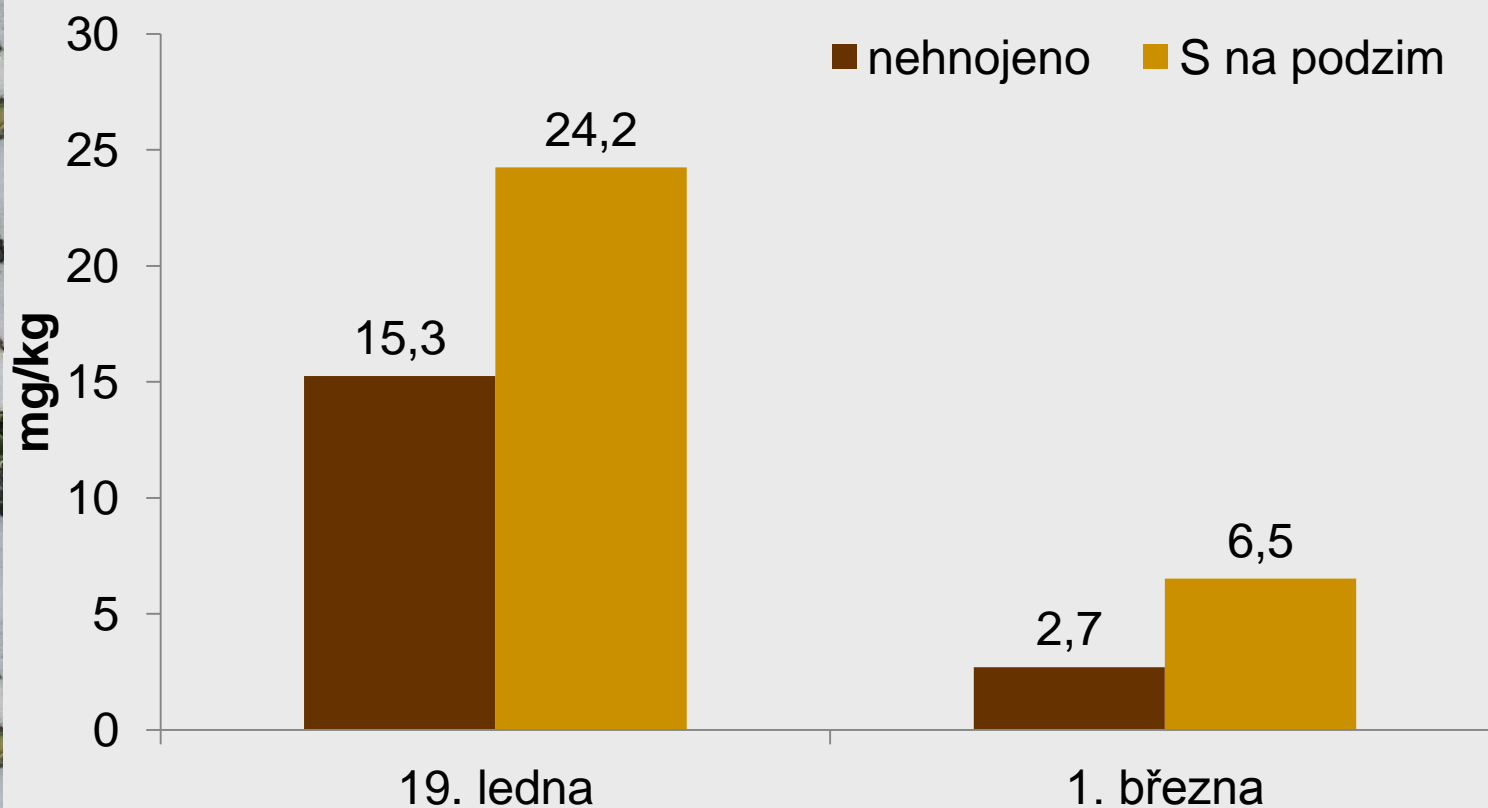


Obsah vodorozpustné síry v půdě (0-30 cm)

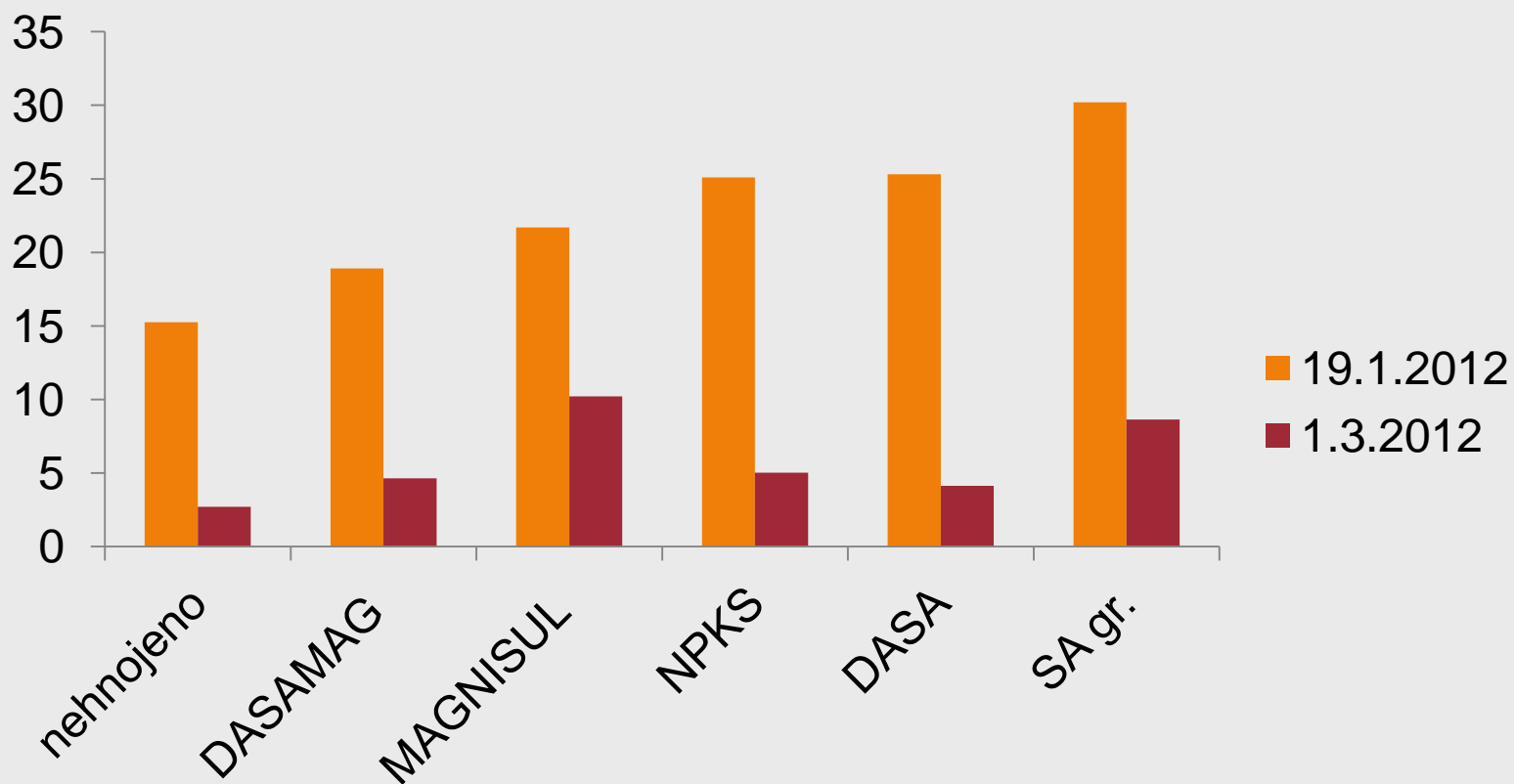


Řepka oz. – Žabčice - $S_{\text{vod.}}$

Dynamika obsahu $S_{\text{vod.}}$ v předjaří 2012



Obsah vodorozpustné síry v 0-30 cm (Žabčice – řepka ozimá)





Limitní obsahy vodorozpustné síry v půdě indikující potřebu přihnojení sírou

Půdní druh		
lehká	střední	těžká
Limitní obsahy S (mg.kg ⁻¹)		
16 (18)	13 (14)	10 (10)

Zdroj: Balík a kol., 2007; Kováčik, 2008.

Obsah vodorozpustné síry a dávky S před setím řepky

Hodnocení obsahu	Obsah	Doporučená dávka
	mg.kg ⁻¹	kg.ha ⁻¹
Nízký	20	50
Vyhovující	21–30	35
Střední	31–40	25
Vysoký	40	-

Zdroj: Richter a kol., 2004.



Závěry:

- porosty řepky ozimé
 - obsah N_{\min} — kolem 7 mg/kg - nízké
 - v Žabčicích převaha nitrátového N
 - N nevyplaven — nitrátový N v orniční vrstvě
 - oproti 19. lednu nyní nižší obsah N_{\min}
- obsah vodorozpustné síry
 - průměr 6 stanovišť — 8 mg/kg — nízký obsah
 - Žabčice — řepka — 2,7 mg/kg — velmi nízký obsah
 - nejvyšší obsah $S_{\text{vod.}}$ v půdě po podzimní aplikaci SA
- doporučení: k regeneraci řepky — např. DASA

Děkuji za pozornost!

