

# AGRONOMICKÉ VYUŽITÍ ČISTÍRENSKÝCH KALŮ - VÝSLEDKY POKUSŮ

Jindřich Černý

Jiří Balík

Martin Kulhánek

Ondřej Sedlář

KAVR

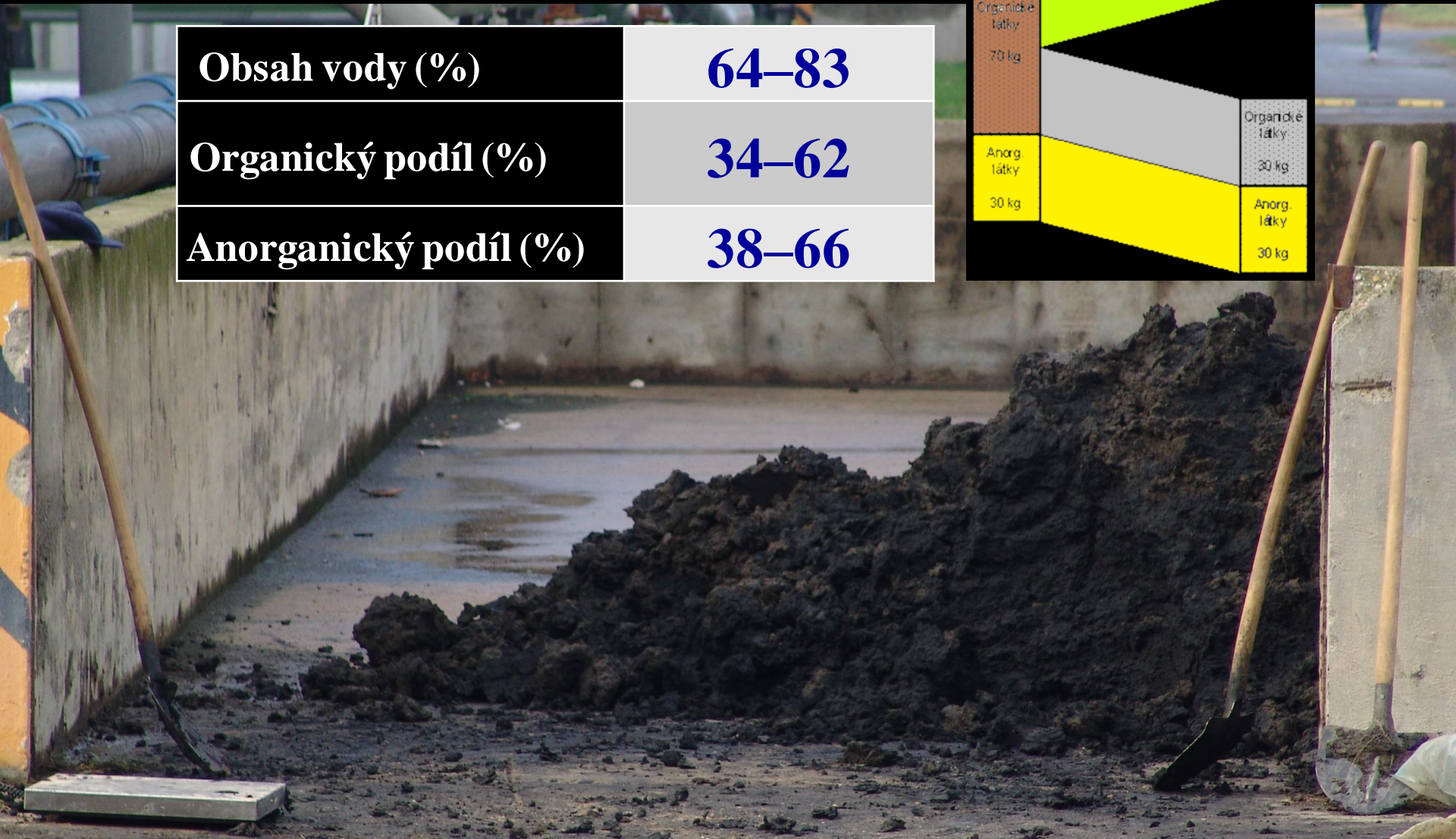
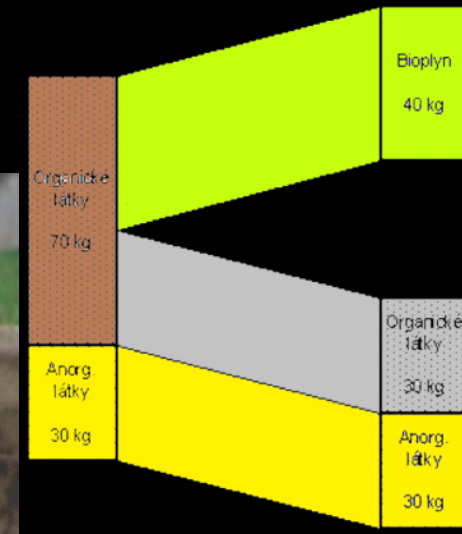
ČZU v Praze



# ČISTÍRENSKÉ KALY

## Odvodněný stabilizovaný kal

<b>Obsah vody (%)</b>	<b>64–83</b>
<b>Organický podíl (%)</b>	<b>34–62</b>
<b>Anorganický podíl (%)</b>	<b>38–66</b>





# Vliv kalů na půdní vlastnosti

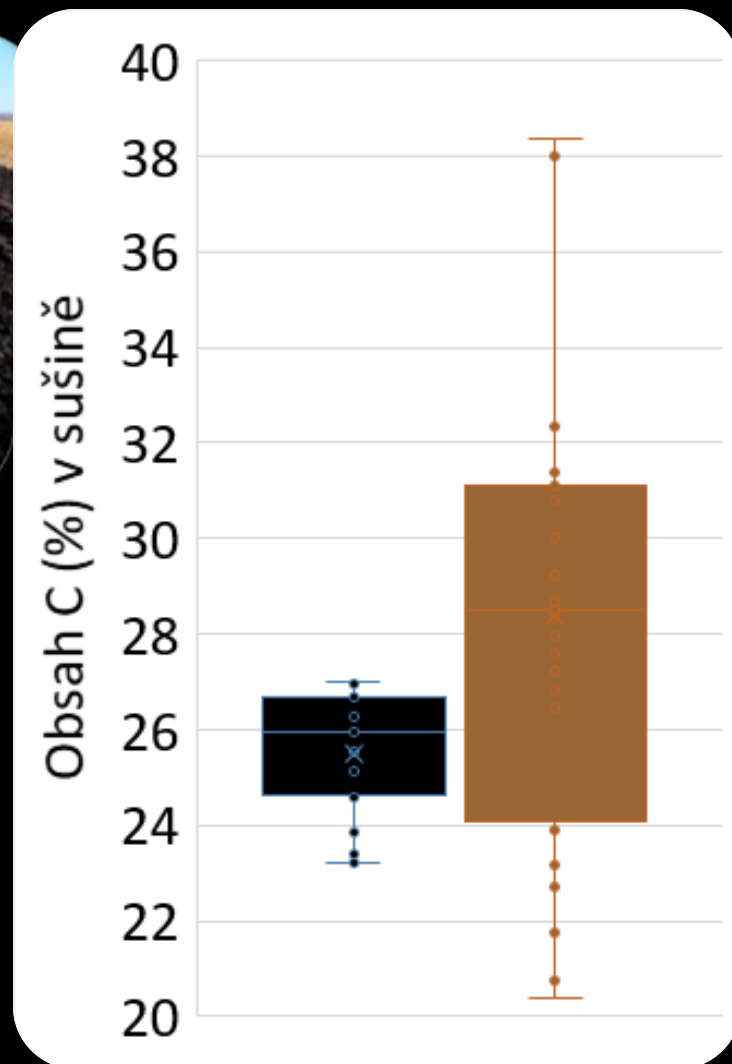
Půdní vlastnost	Vliv	Hodnocení vlivu
<i>fyzikální</i>		+ příznivé / - negativní
<b>Objemová hmotnost</b>	snížení	+
<b>Vodní kapacita</b>	zvýšení	++
<b>Pórovitost</b>	zvýšení	+
<b>Eroze</b>	snížení	+
<b>Stabilita půdních agregátů</b>	zvýšení	+
<i>chemické (fyzikálně-chemické)</i>		
<b>pH</b> ←	zvýšení / snížení	+ / -
<b>Obsah organického uhlíku</b> ←	zvýšení	+
<b>Obsah N a P</b> ←	zvýšení	++
<b>Kationtová výměnná kapacita</b>	zvýšení	+
<b>Elektrická vodivost</b>	zvýšení	+
<b>Obsah rizikových prvků</b> ←	zvýšení	-
<i>biologické</i>		
<b>Obsah/aktivita mikroorganismů</b> ←	zvýšení	++
<b>Aktivita enzymů</b>	zvýšení	+
<b>Výskyt patogenních organismů</b>	zvýšení/ neprokázáno	- / +

# ZDROJ ORGANICKÝCH LÁTEK



C:N 6-12:1

C:P < 50:1



kal

hnůj

# KVALITA ORGANICKÝCH LÁTEK

Saviozzi et al., 1999

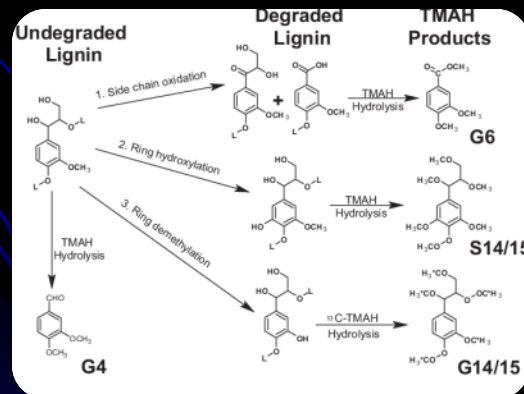
		kal	hnůj
Celkový organický uhlík	$C_t$ (%)	31,9 <sup>a</sup>	31,7 <sup>a</sup>
Celkový extrahovatelný uhlík	$C_{ex}$ (%)	7,5 <sup>a</sup>	9,2 <sup>b</sup>
Obsah huminových kyselin v C <sub>ex</sub>	(%)	39,6 <sup>a</sup>	65,8 <sup>b</sup>
Obsah fulvokyselin v C <sub>ex</sub>	(%)	3,5 <sup>a</sup>	10,1 <sup>b</sup>
Stupeň humifikace $100(C_{HA} + C_{FA})/C_{ex}$	(%)	43,1 <sup>a</sup>	75,9 <sup>b</sup>
Humifikační poměr $100(C_{HA} + C_{FA})/C_t$	(%)	10,1 <sup>a</sup>	22,1 <sup>b</sup>

Govi et al., 1993

Torrecillas et al., 2015

Thangavel et al., 2019

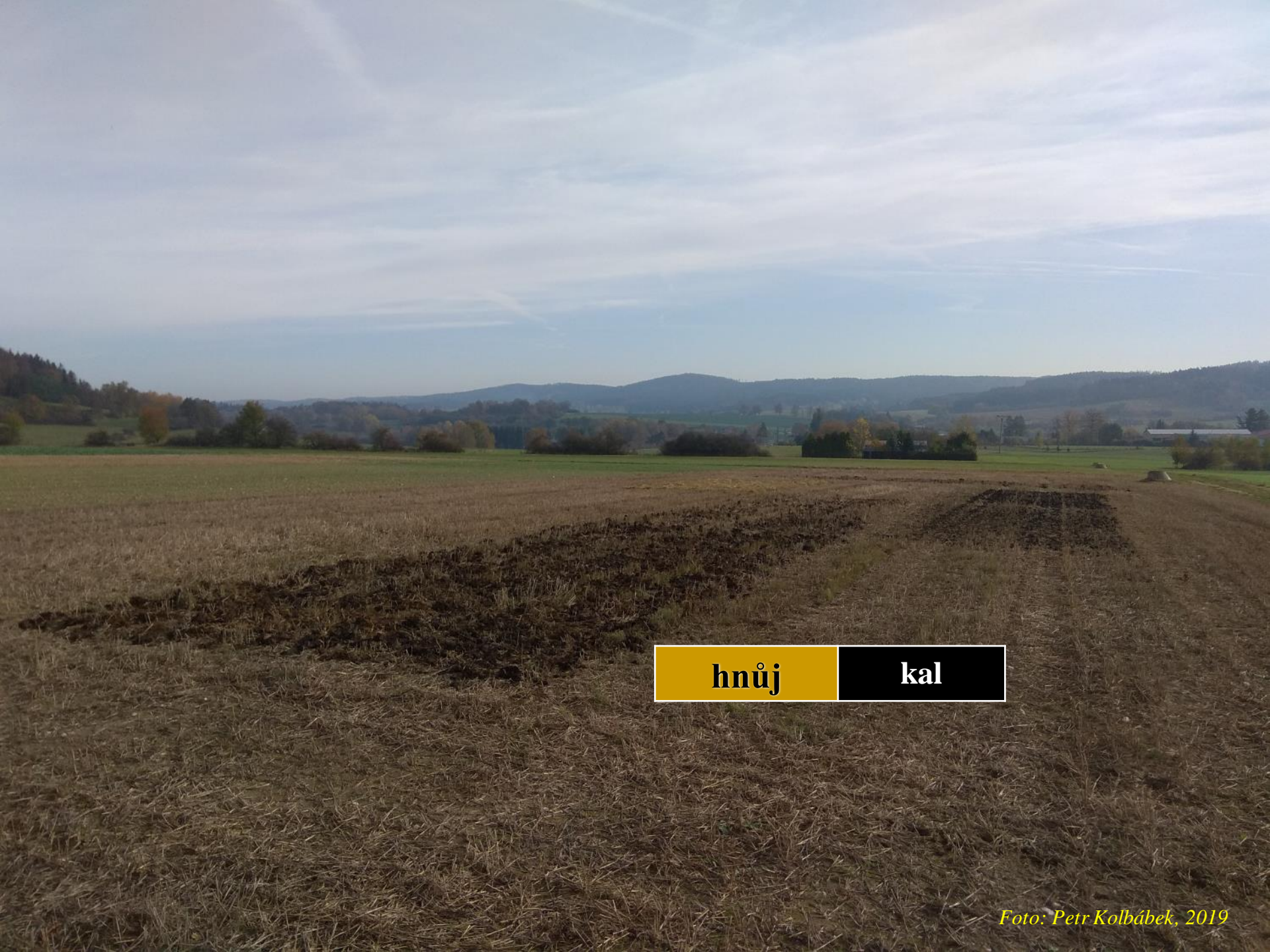
...



Amir et al., 2006

aromatické sloučeniny odvozené od ligninu,  
aromatické sloučeniny jiné povahy než lignin,  
sloučeniny obsahující heterocyklický N,  
methylestery mastných kyselin.





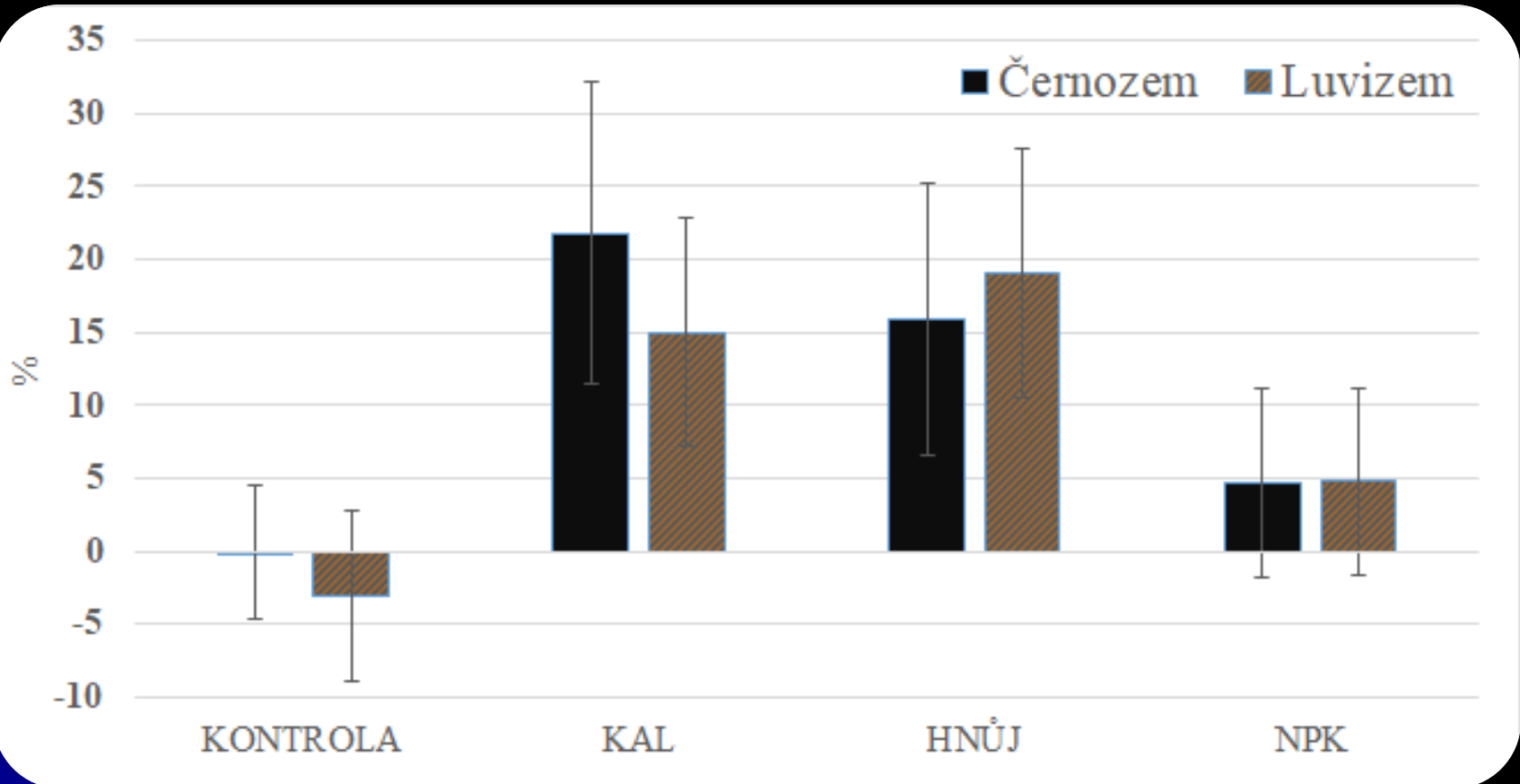
**hnůj**

**kal**

# VLIV NA OBSAH $C_{org}$ V PŮDĚ

9,38 t sušiny kalu/ha/3 roky  $\approx$  16,91 t/ha C za 20 let  
15,82 t sušiny hnoje/ha/3 roky  $\approx$  30,85 t/ha C za 20 let

Relativní změny obsahu  $C_{org}$  v půdě v dlouhodobých pokusech s aplikací čistírenských kalů *Balík et al., 2018*



# Vliv na půdní vlastnosti

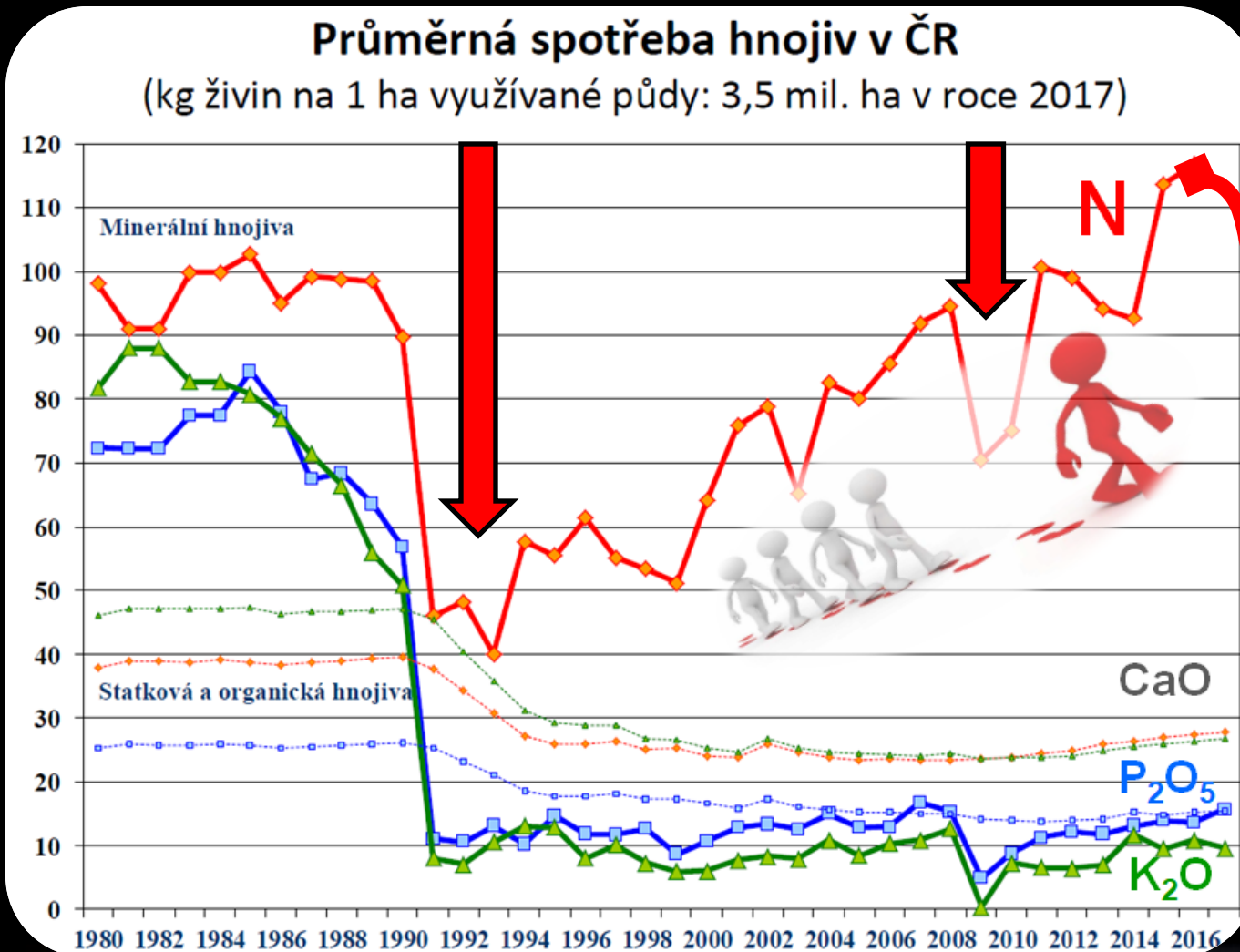
Půdní vlastnost	Vliv	Hodnocení vlivu
<i>fyzikální</i>		+ příznivé / - negativní
<b>Objemová hmotnost</b> ←	snížení	+
<b>Vodní kapacita</b> ←	zvýšení	++
<b>Pórovitost</b> ←	zvýšení	+
<b>Eroze</b> ←	snížení	+
<b>Stabilita půdních agregátů</b> ←	zvýšení	+
<i>chemické (fyzikálně-chemické)</i>		
<b>pH</b> ←	zvýšení / snížení	+ / -
<b>Obsah organického uhlíku</b> ←	zvýšení	+
<b>Obsah N a P</b>	zvýšení	++
<b>Kationtová výměnná kapacita</b> ←	zvýšení	+
<b>Elektrická vodivost</b>	zvýšení	+
<b>Obsah rizikových prvků</b> ←	zvýšení	-
<i>biologické</i>		
<b>Obsah/aktivita mikroorganismů</b> ←	zvýšení	++
<b>Aktivita enzymů</b>	zvýšení	+
<b>Výskyt patogenních organismů</b>	zvýšení/ neprokázáno	- / +



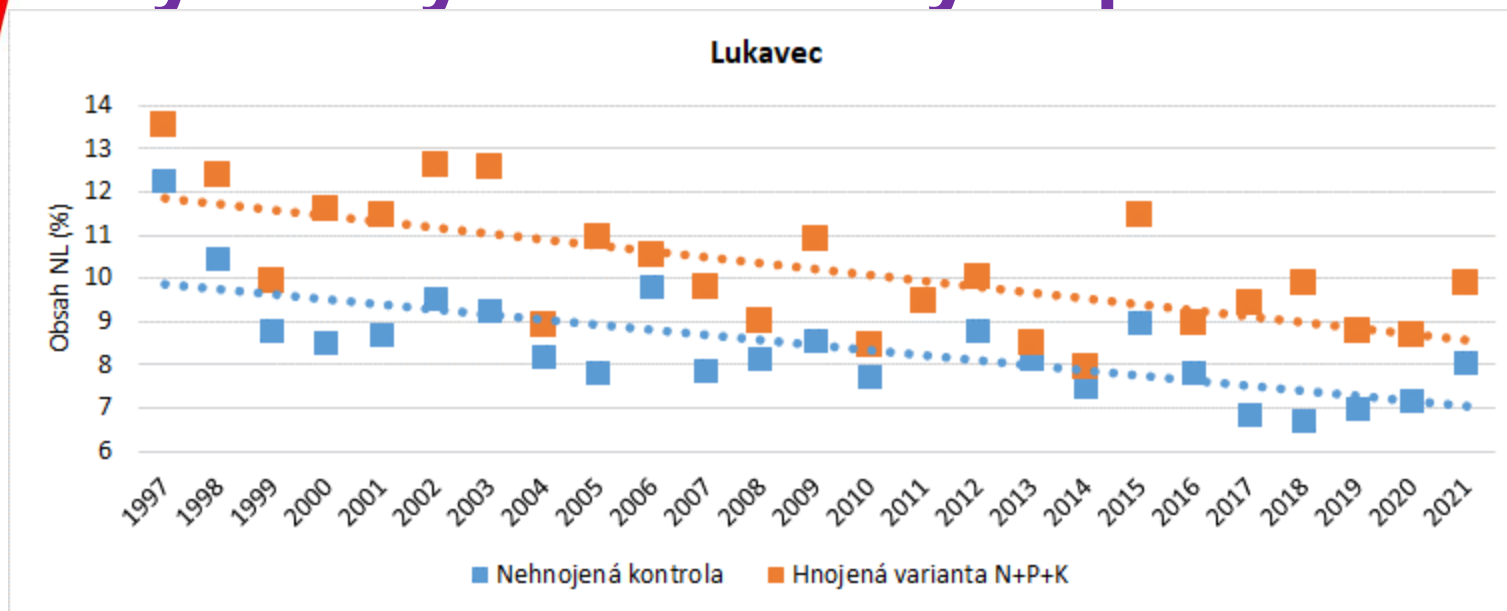
# 2. VLIV NA OBSAH ŽIVIN



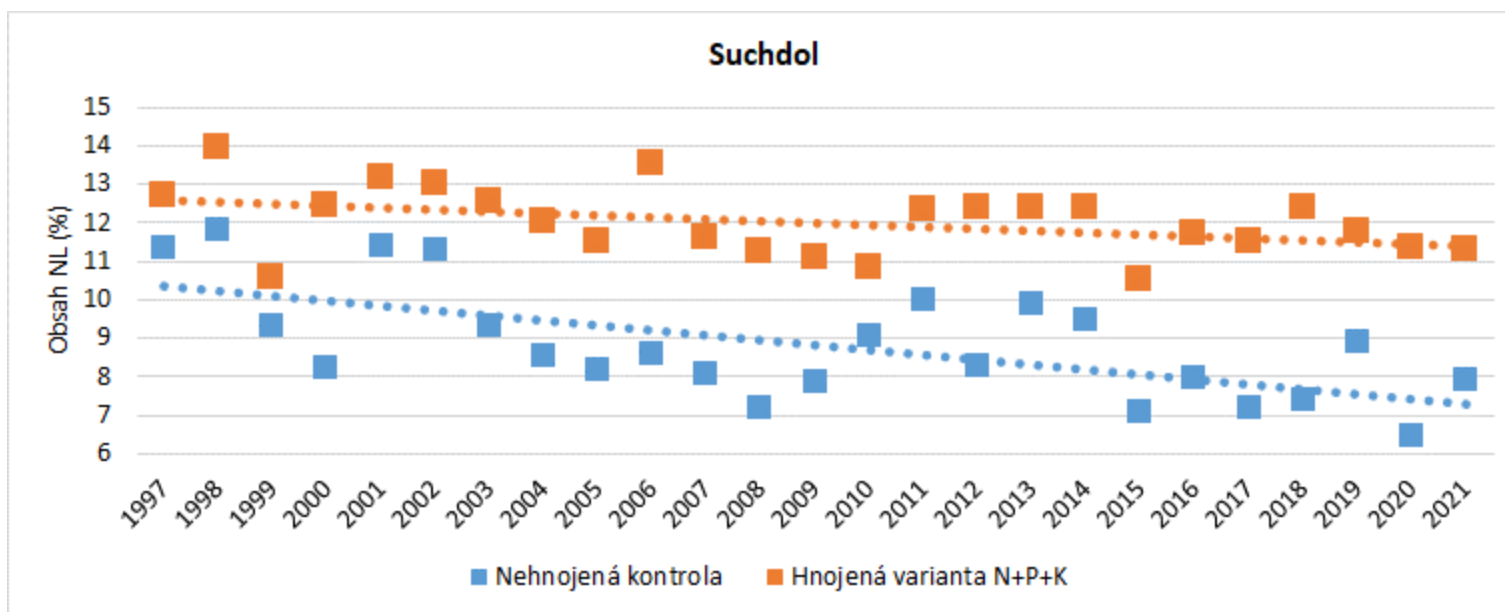
# Snižování dávek hnojiv ?



# Výsledky dlouhodobých pokusů



**Změny obsahu dusíkatých látek (NL %) v zrně ozimé pšenice (1997-2021)**





# Obsah živin v půdě

ÚKZÚZ

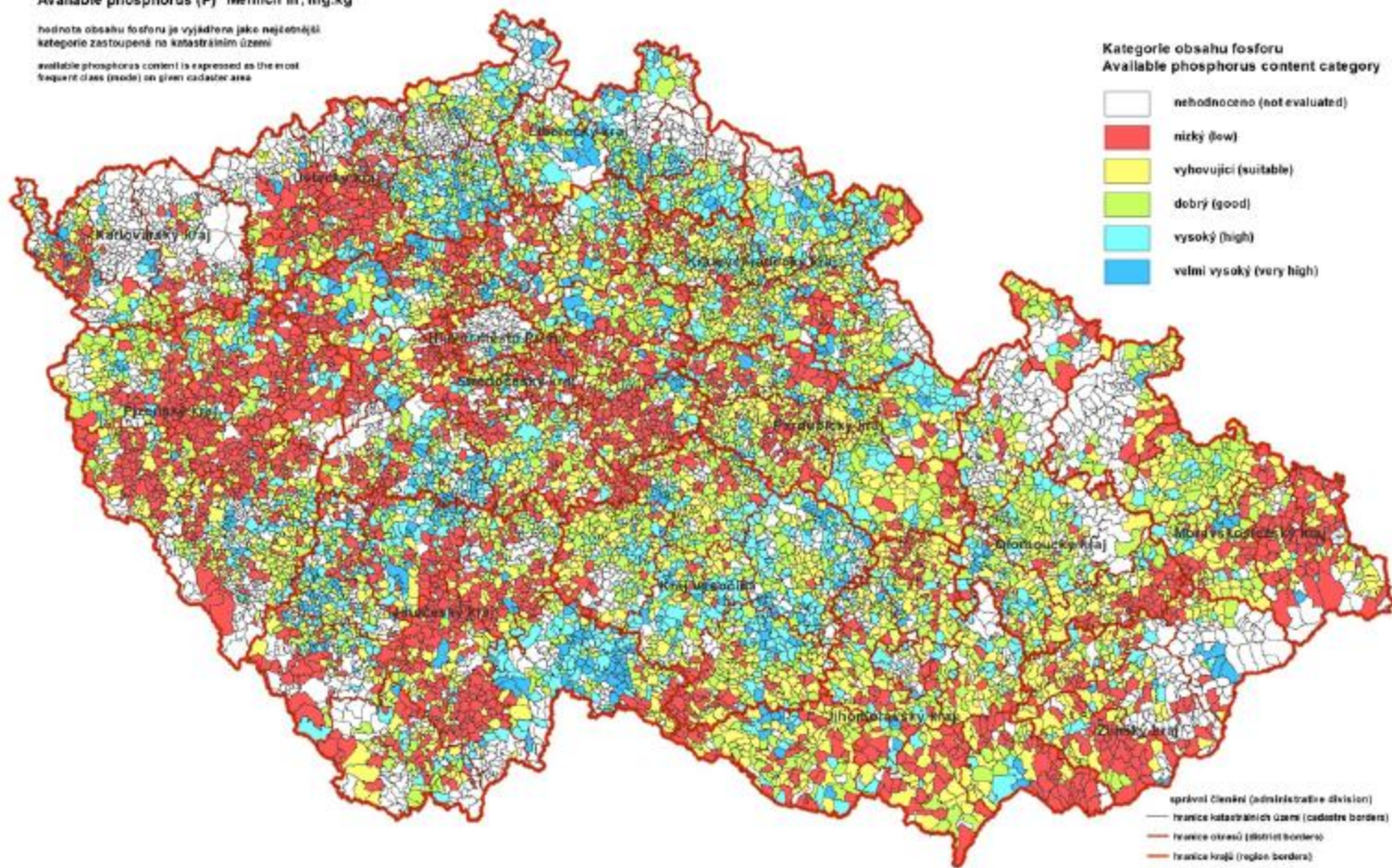
## Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016 Agrochemical soil testing 2011 - 2016

Fosfor (P) Mehlich III,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$   
Available phosphorus (P) Mehlich III,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

hodnota obsahu fosforu je vyjádřena jako nejmenší  
kategorie zastoupená na katastrálním území

available phosphorus content is expressed as the most  
frequent class (mode) on given cadastral area

# P





# Obsah živin v půdě

ÚKZÚZ

## Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

### Agrochemical soil testing 2011 - 2016

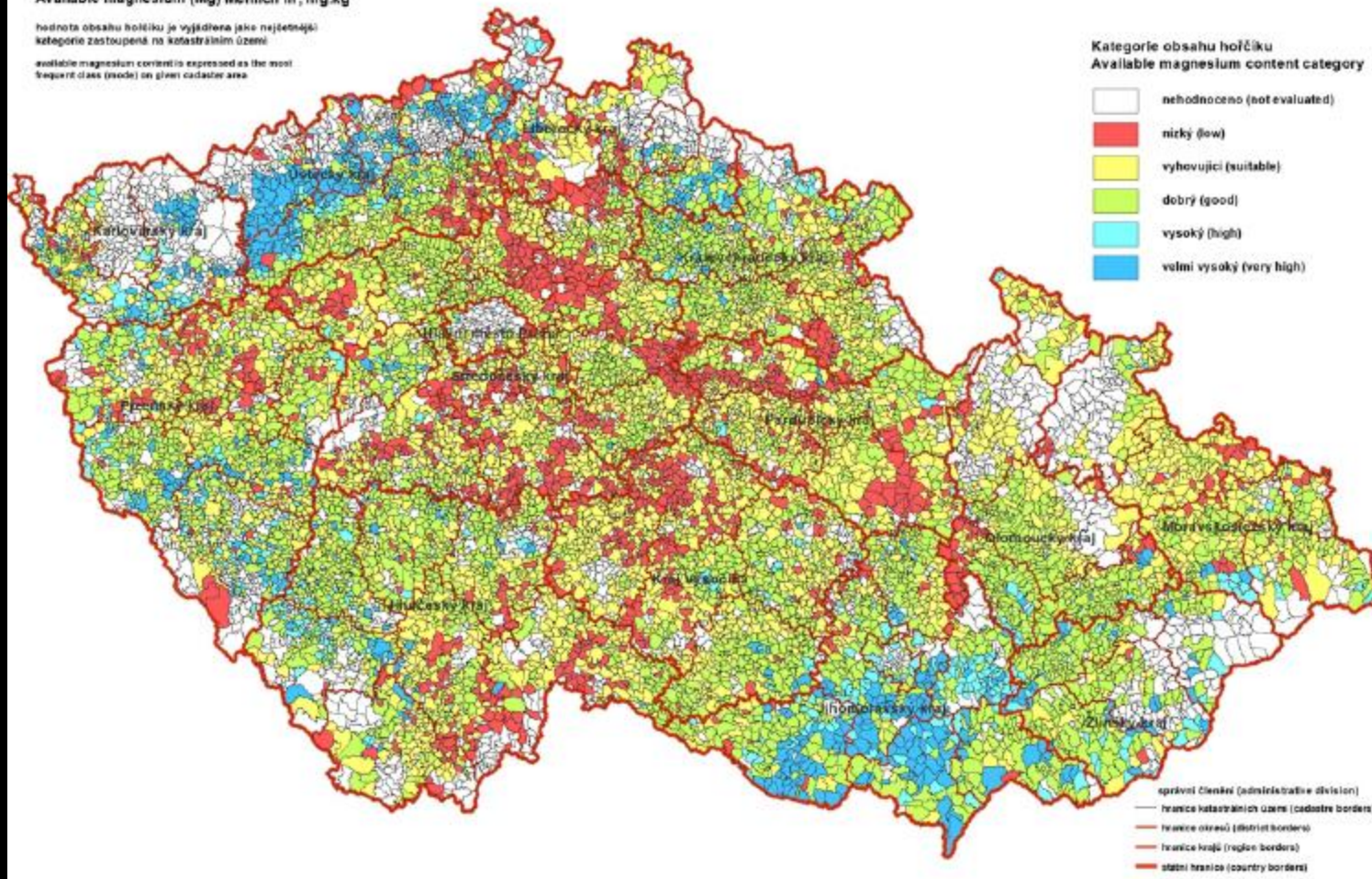
Hořčík (Mg) Mehlich III,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Available magnesium (Mg) Mehlich III,  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

hodnota obsahu hořčíku je vyjádřena jako nejčetnější  
kategorie zastoupená na katastrálním území

available magnesium content is expressed as the most  
frequent class (mode) on given cadastral area

# Mg



# Obsah živin v půdě

ÚKZÚZ

## Agrochemické zkoušení zemědělských půd 2011 - 2016

### Agrochemical soil testing 2011 - 2016

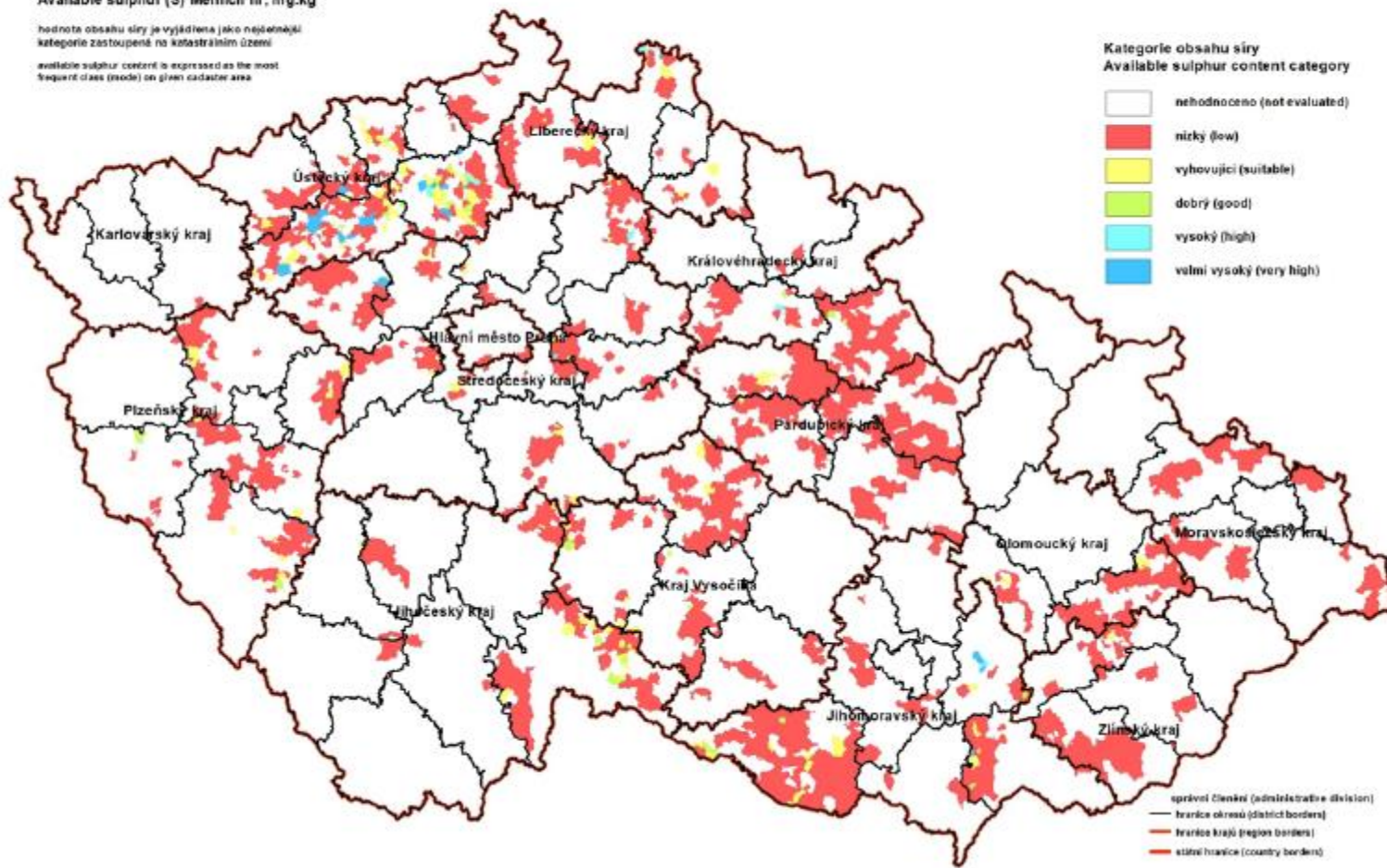
Síra (S) Mehlich III, mg.kg<sup>-1</sup>

Available sulphur (S) Mehlich III, mg.kg<sup>-1</sup>

hodnota obsahu síry je vyjádřena jako nejčetnější kategorie zastoupená na katastrálním území

available sulphur content is expressed as the most frequent class (mode) on given cadastral area

# S

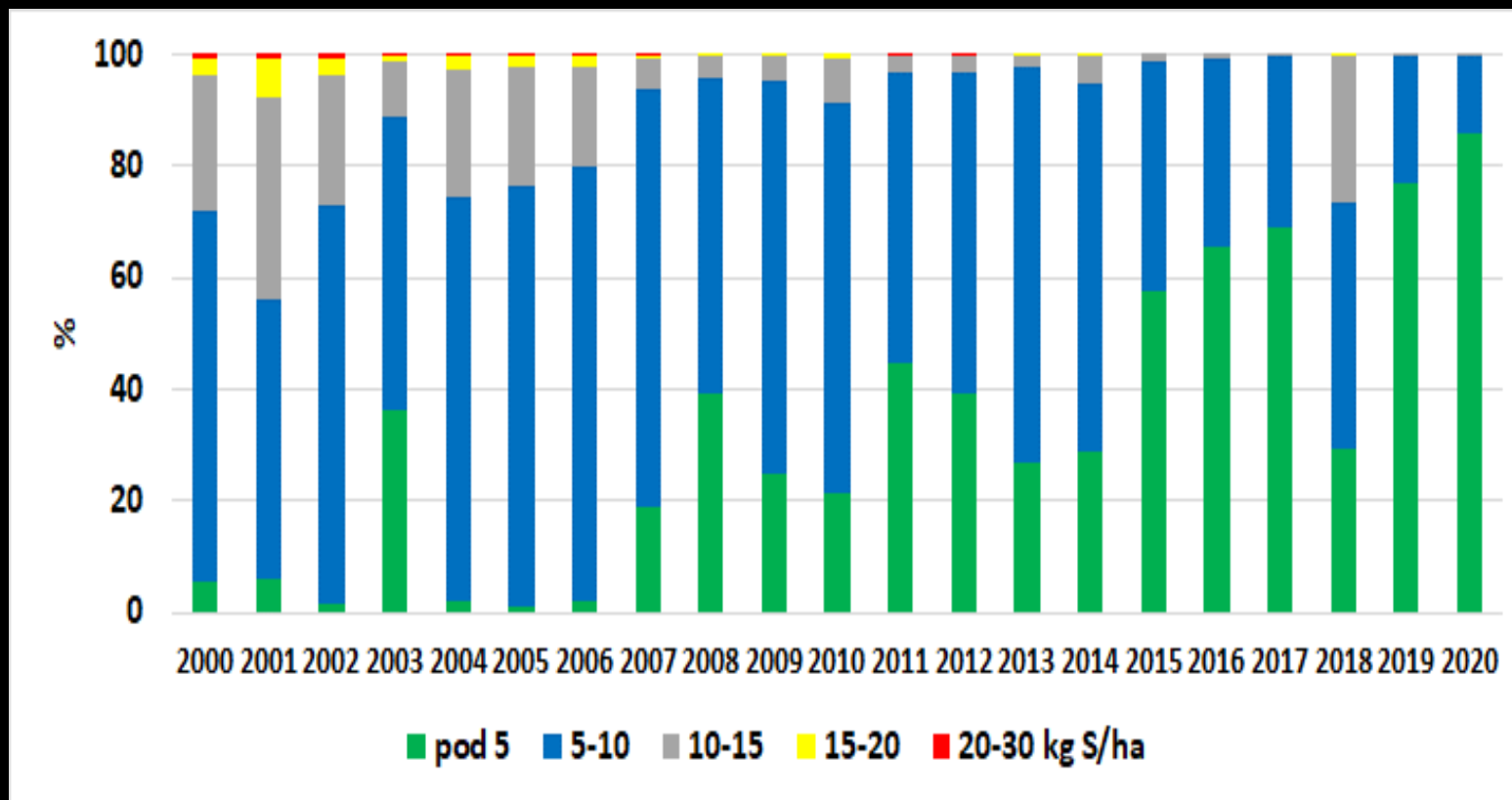




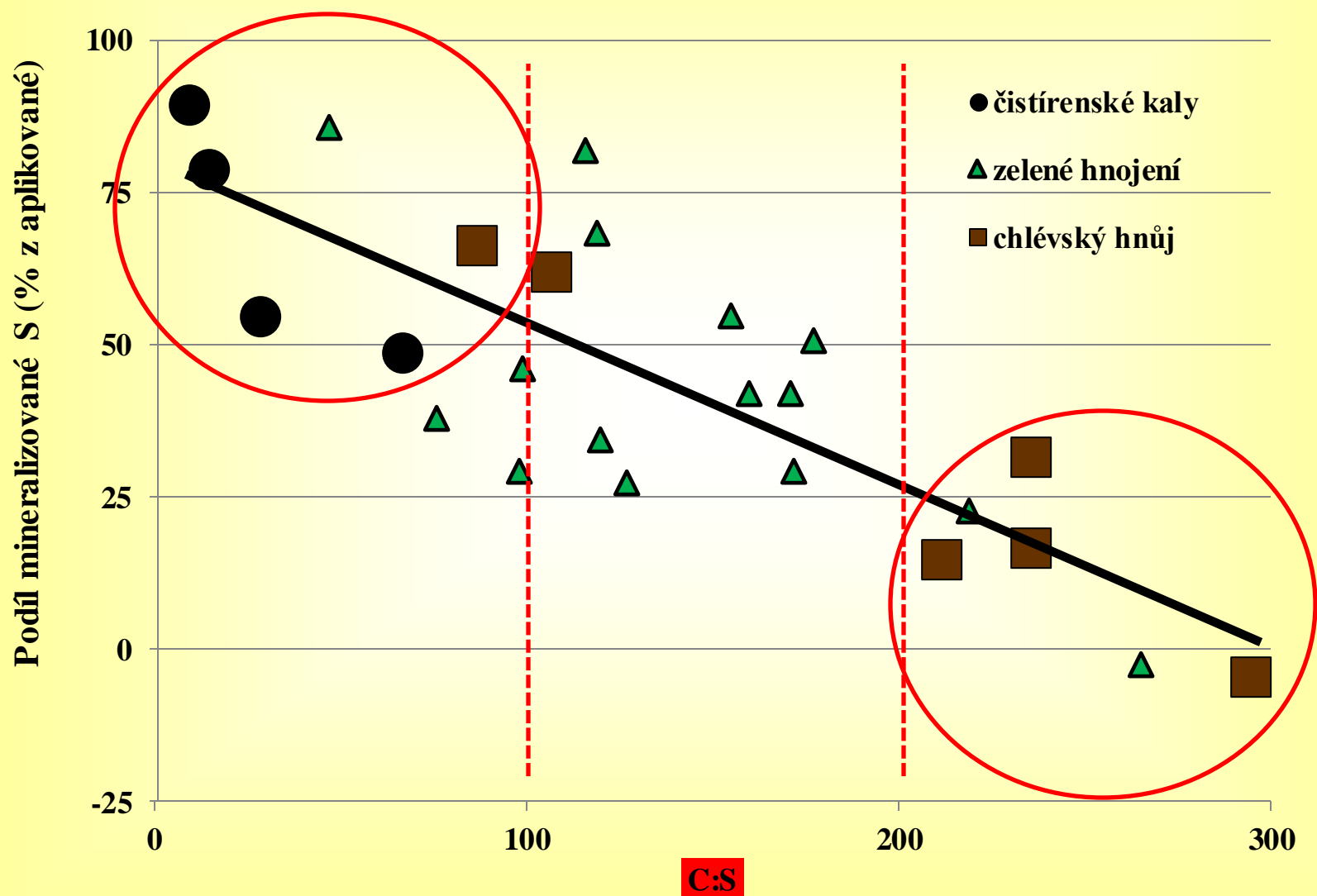
# Obsah živin v půdě

ČHMÍ

Vývoj podílu ploch území ČR (%) v uvedených intervalech celkových spadů síry (kg/ha)



# Mineralizace S z organických hnojiv po zapravení do půdy



(Tabatabai M.A. et Chae Y.M., 1991, Reedy K.S. et al., 2002)

# Průměrný obsah živin v sušině kalů a hnoje

Živina	1)	2)	3)	4)	5)	6)	X	6)
N (%)	<b>3,3</b>	<b>2,8</b>	<b>4,8</b>	<b>2,8</b>	<b>2,2</b>	<b>3,7</b>	<b>3,3</b>	<b>2,2</b>
P (%)	<b>2,5</b>	<b>1,6</b>	<b>2,2</b>	<b>0,8</b>	<b>1,7</b>	<b>2,2</b>	<b>1,8</b>	<b>0,7</b>
K (%)	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>2,3</b>
Ca (%)	<b>4,9</b>	<b>3,5</b>	<b>3,1</b>	<b>5,7</b>		<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>2,1</b>
Mg (%)		<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>2,3</b>		<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>
Fe (%)	<b>1,3</b>			<b>1,5</b>			<b>1,4</b>	
Mn (mg/kg)		<b>321</b>		<b>270</b>	<b>226</b>		<b>272</b>	
Zn (mg/kg)	<b>1202</b>	<b>1819</b>	<b>705</b>	<b>1807</b>	<b>731</b>	<b>800</b>	<b>1177</b>	<b>190</b>
Cu (mg/kg)	<b>741</b>	<b>652</b>	<b>511</b>	<b>270</b>	<b>205</b>	<b>263</b>	<b>440</b>	<b>41</b>
Ni (mg/kg)	<b>42,7</b>	<b>90</b>	<b>22</b>	<b>64</b>	<b>&lt;25</b>	<b>39,2</b>	<b>52</b>	<b>8</b>
Mo	<b>9,2</b>	<b>12,7</b>	<b>8,2</b>				<b>10</b>	

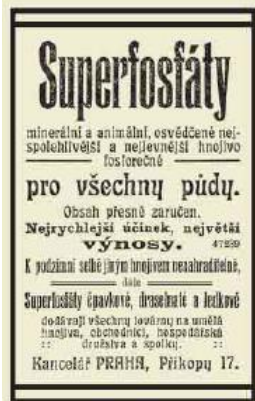
1) Sommers (1977), 2) Wang (1997) 3) Stehouver (1999)

4) Bozkurt a Yarilgac (2003), 5) Antolín et al. (2005), 6) Černý et al. (2009)

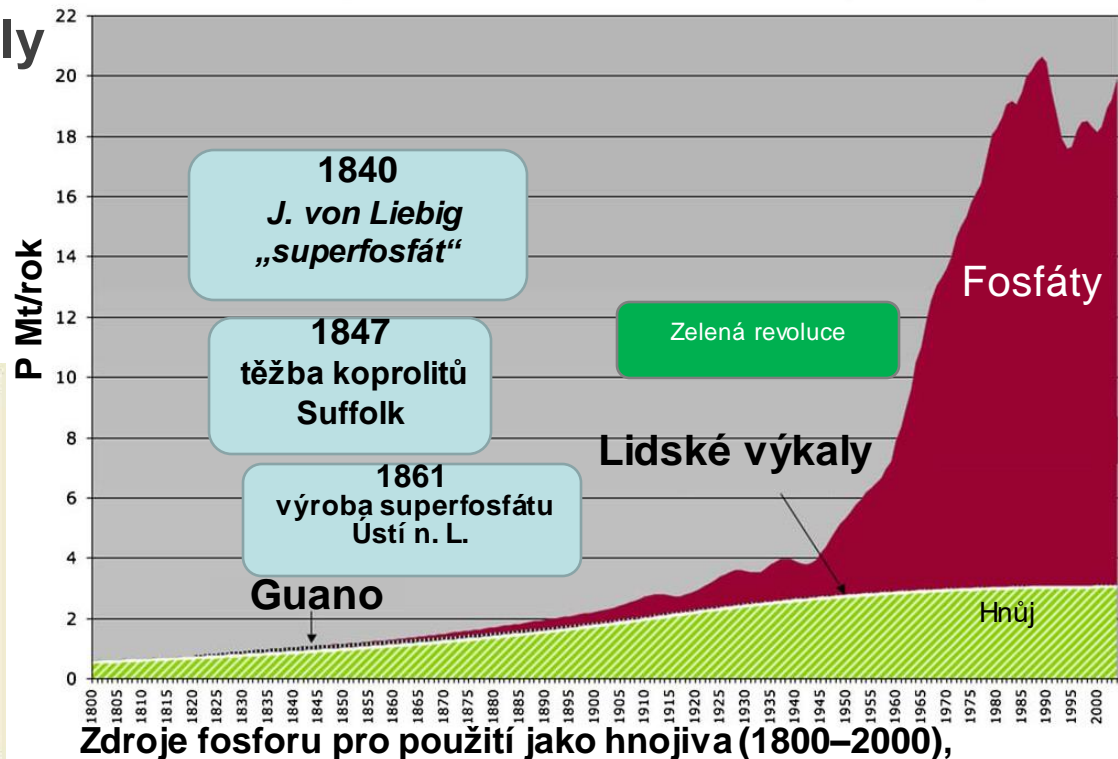


# Využívání zdrojů P pro výrobu hnojiv

- Zvířecí i lidské výkaly
- Zbytky rostlin
- Komposty
- Popel
- Kosti



Fosfor = „zdroj velké síly hnojivé“



upraveno z Cordell et al. 2009

# Změny obsahu P

		Lukavec	Suchdol
<b>Kontrola</b>	a)	-12	-11
	b)	-44	-3
<b>Kal 1</b>	a)	+75	+76
	b)	+40	+83
<b>Hnůj</b>	a)	+16	+22
	b)	+56	+18
<b>N</b>	a)	-20	-16
	b)	-44	-22
<b>NPK</b>	a)	+10	+14
	b)	-56	-8
<b>N+sláma</b>	a)	-16	-13
	b)	-42	-11

a) Průměrná roční bilance P (kg/ha)

b) Změna obsahu  $P_{M3}$  v půdě (mg/kg) po 17 letech pokusu

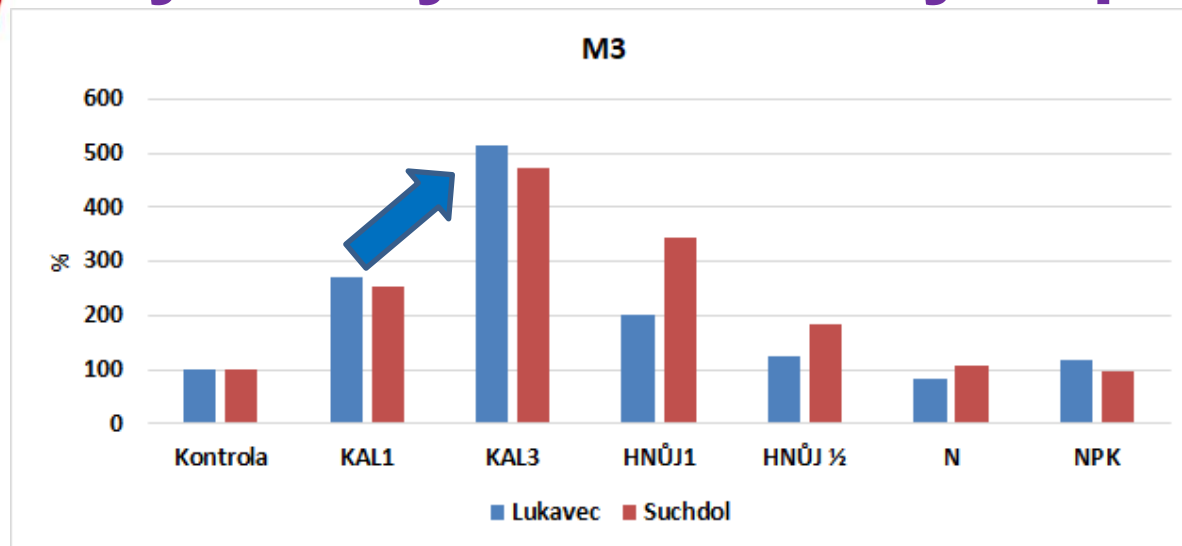
Celkový úbytek P (kg/ha)

195-336

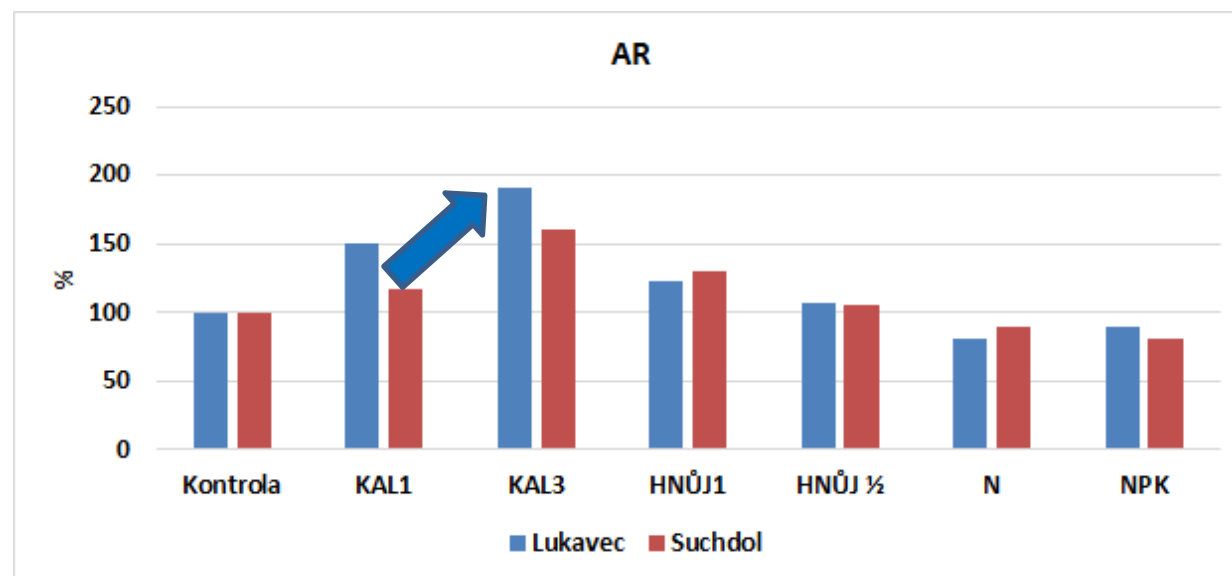
187-305



# Výsledky dlouhodobých pokusů

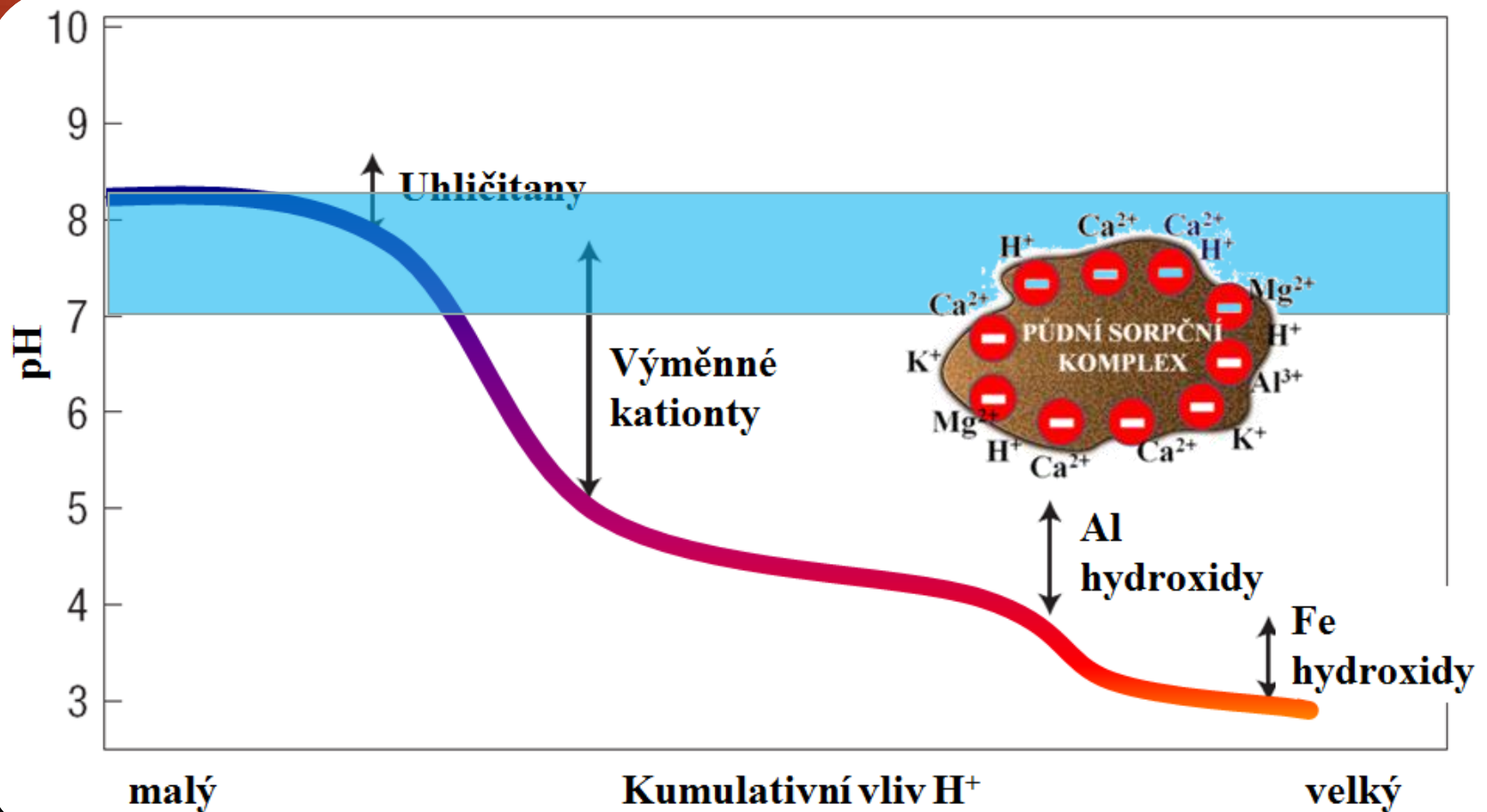


**Změny obsahu P Mehlich 3 (M3) a Aqua Regia (AR) v podorníči (1997-2017)**





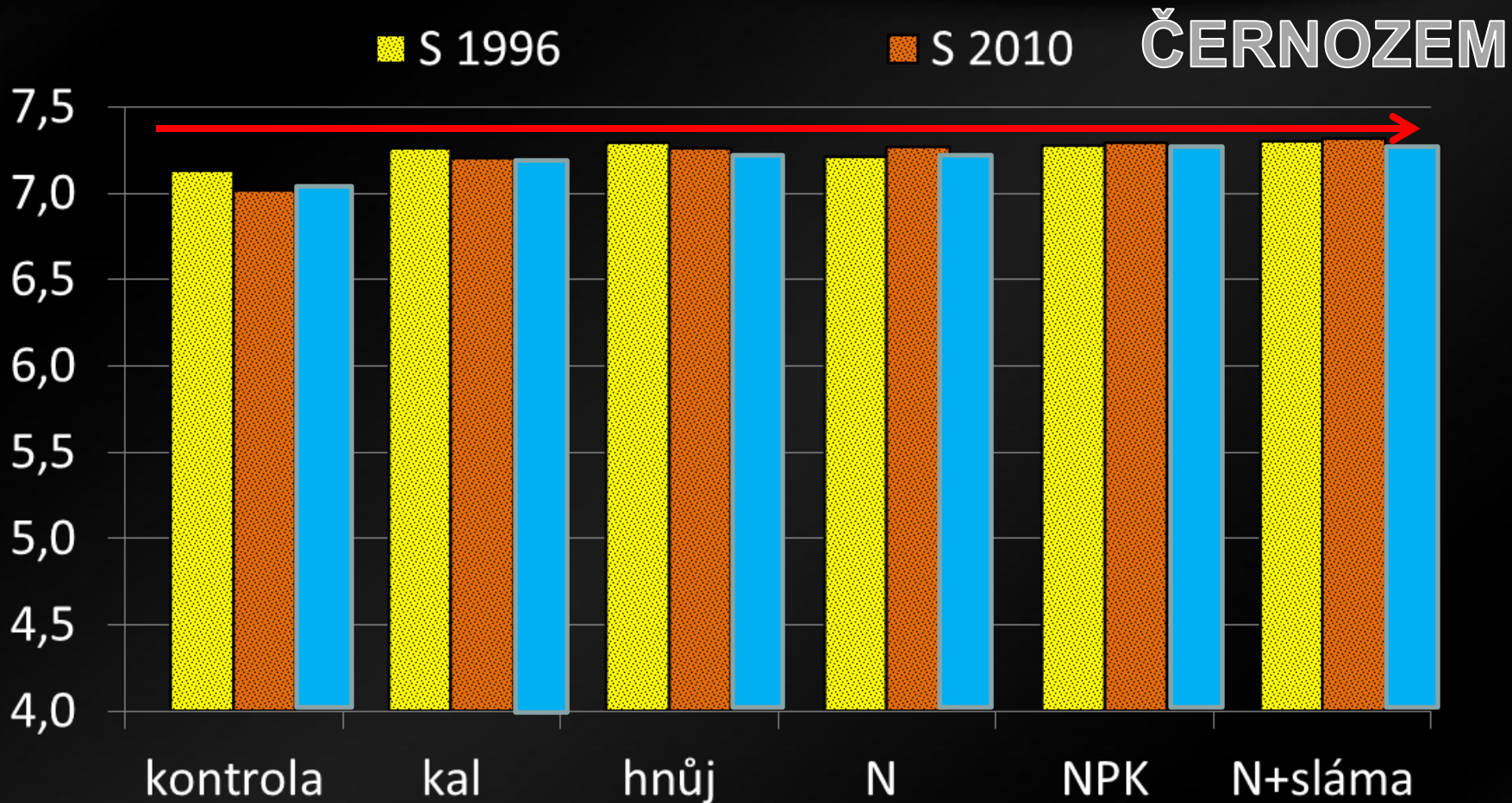
# Vliv aplikace kalů na pH



Obsah uhličitanů v půdě (zkouška s 10% HCl)

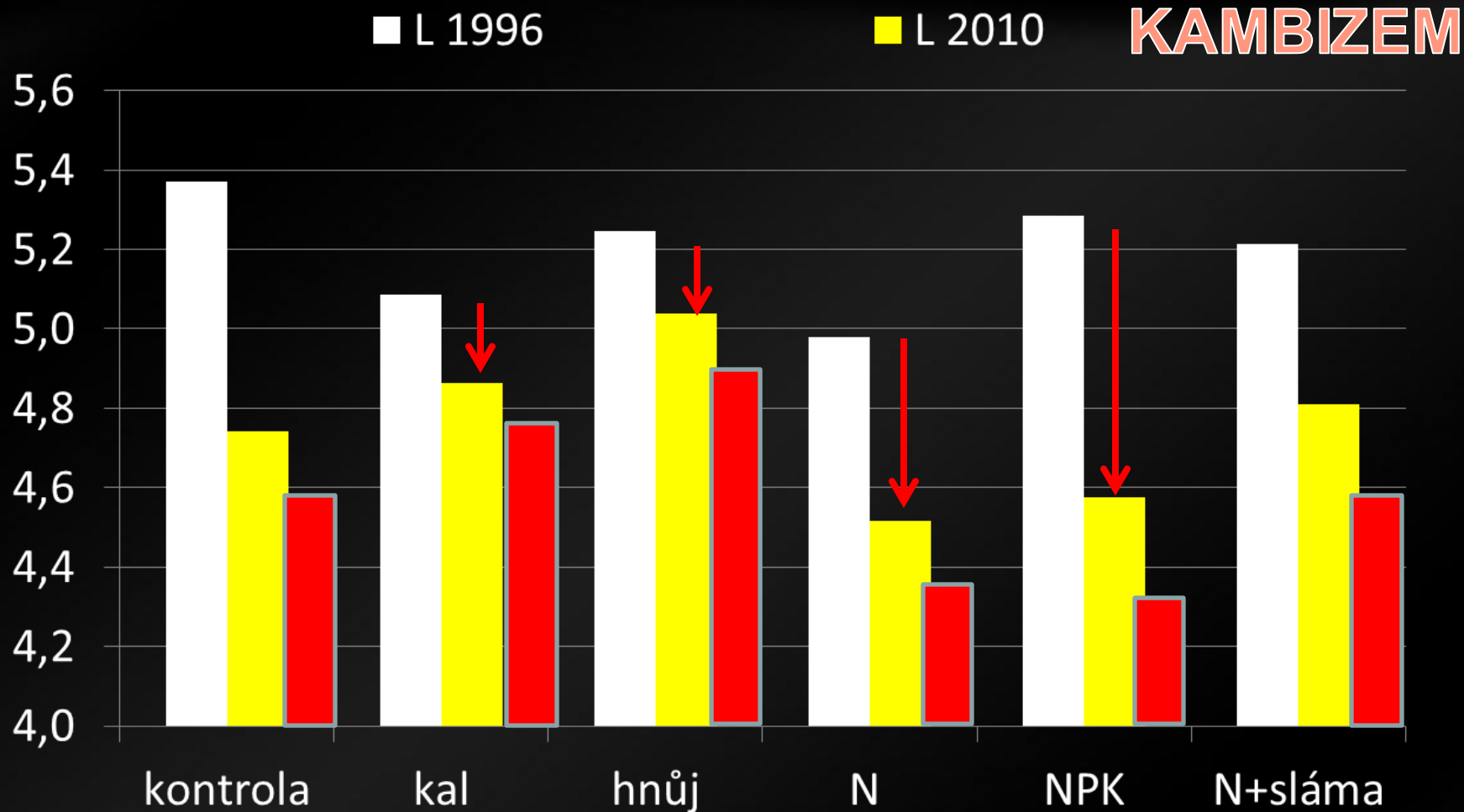
- šumění sotva znatelné, krátce trvající, nebo žádné
- šumění silnější, krátce trvající
- šumění silné, déle trvající
- do 0,3 %,
- 0,3 do 2,0 %,
- nad 2,0 %

# Vliv hnojení na pH



**Změny pH půdy při různých variantách hnojení (stanoviště Suchdol, ČR)**

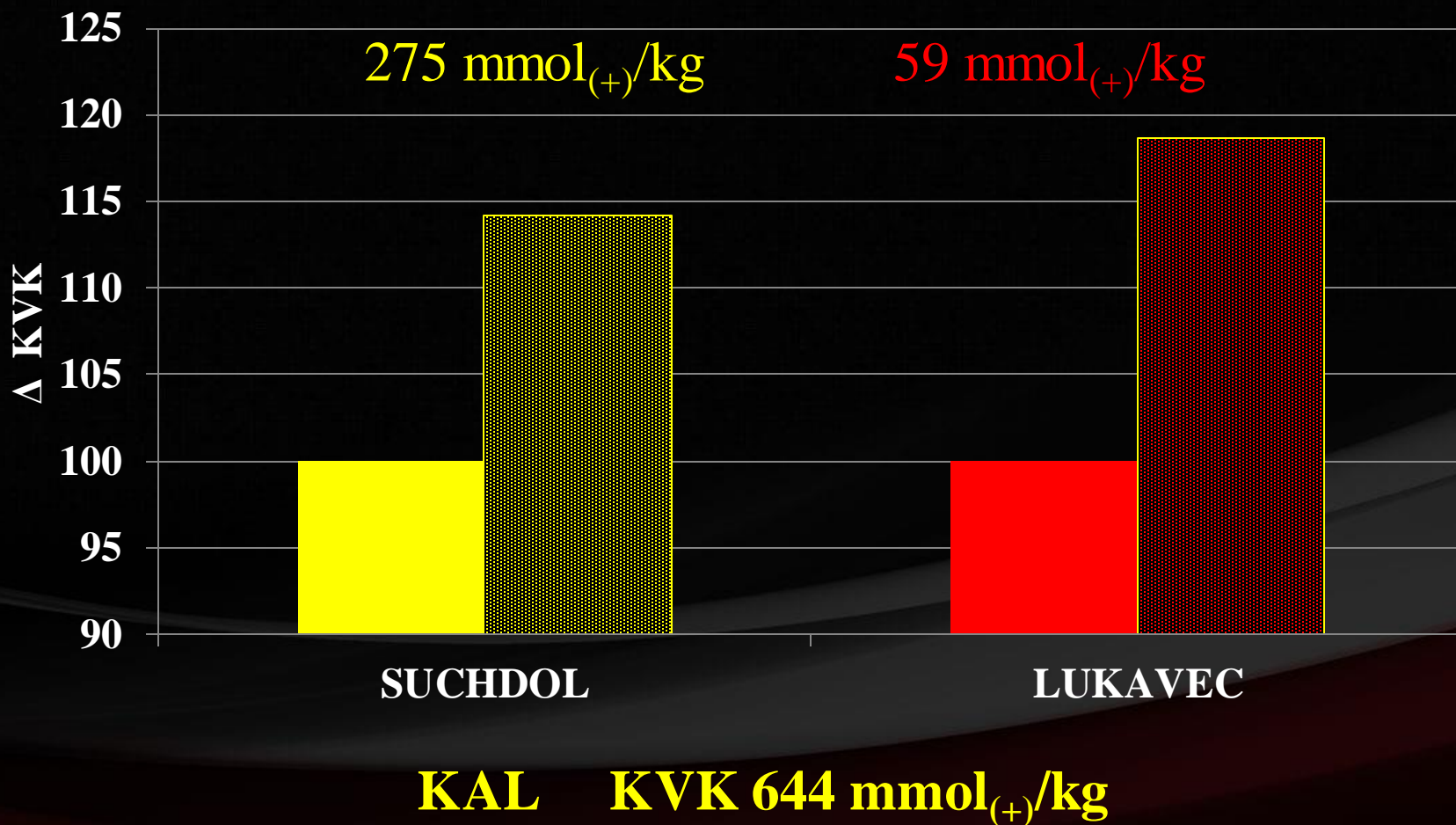
# Vliv hnojení na pH



**Změny pH půdy při různých variantách hnojení (stanoviště Lukavec, ČR)**

# Vliv na KVK

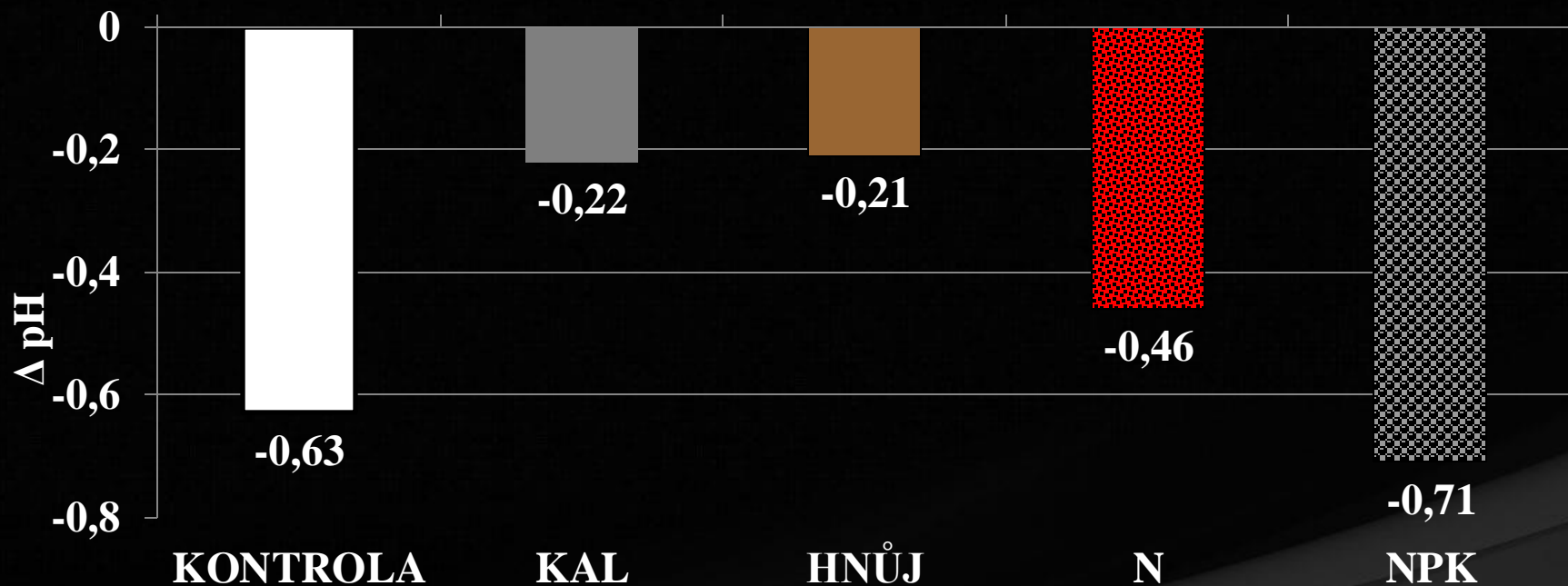
Změny KVK na variantě kal ve srovnání s kontrolou  
(stanoviště **Suchdol** a **Lukavec**)





# Vliv na pH půdy









Změny pH půdy při různých variantách hnojení (stanoviště Lukavec, ČR)



*Vašák et al. (2014),*

**1996 – 2010 (15 let; 5 rotací plodin)**

# Vliv na půdní vlastnosti

Půdní vlastnost	Vliv	Hodnocení vlivu
<i>fyzikální</i>		+ příznivé / - negativní
<b>Objemová hmotnost</b> 	snížení	+
<b>Vodní kapacita</b> 	zvýšení	++
<b>Pórovitost</b> 	zvýšení	+
<b>Eroze</b> 	snížení	+
<b>Stabilita půdních agregátů</b> 	zvýšení	+
<i>chemické (fyzikálně-chemické)</i>		
<b>pH</b> 	zvýšení / snížení	+ / -
<b>Obsah organického uhlíku</b>	zvýšení	+
<b>Obsah N a P</b>	zvýšení	++
<b>Kationtová výměnná kapacita</b>	zvýšení	+
<b>Elektrická vodivost</b>	zvýšení	+
<b>Obsah rizikových prvků</b> 	zvýšení	-
<i>biologické</i>		
<b>Obsah/aktivita mikroorganismů</b> 	zvýšení	++
<b>Aktivita enzymů</b>	zvýšení	+
<b>Výskyt patogenních organismů</b>	zvýšení/ neprokázáno	- / +



# DĚKUJI ZA POZORNOST



Jindřich Černý  
Jiří Balík  
Martin Kulhánek  
Ondřej Sedlář