

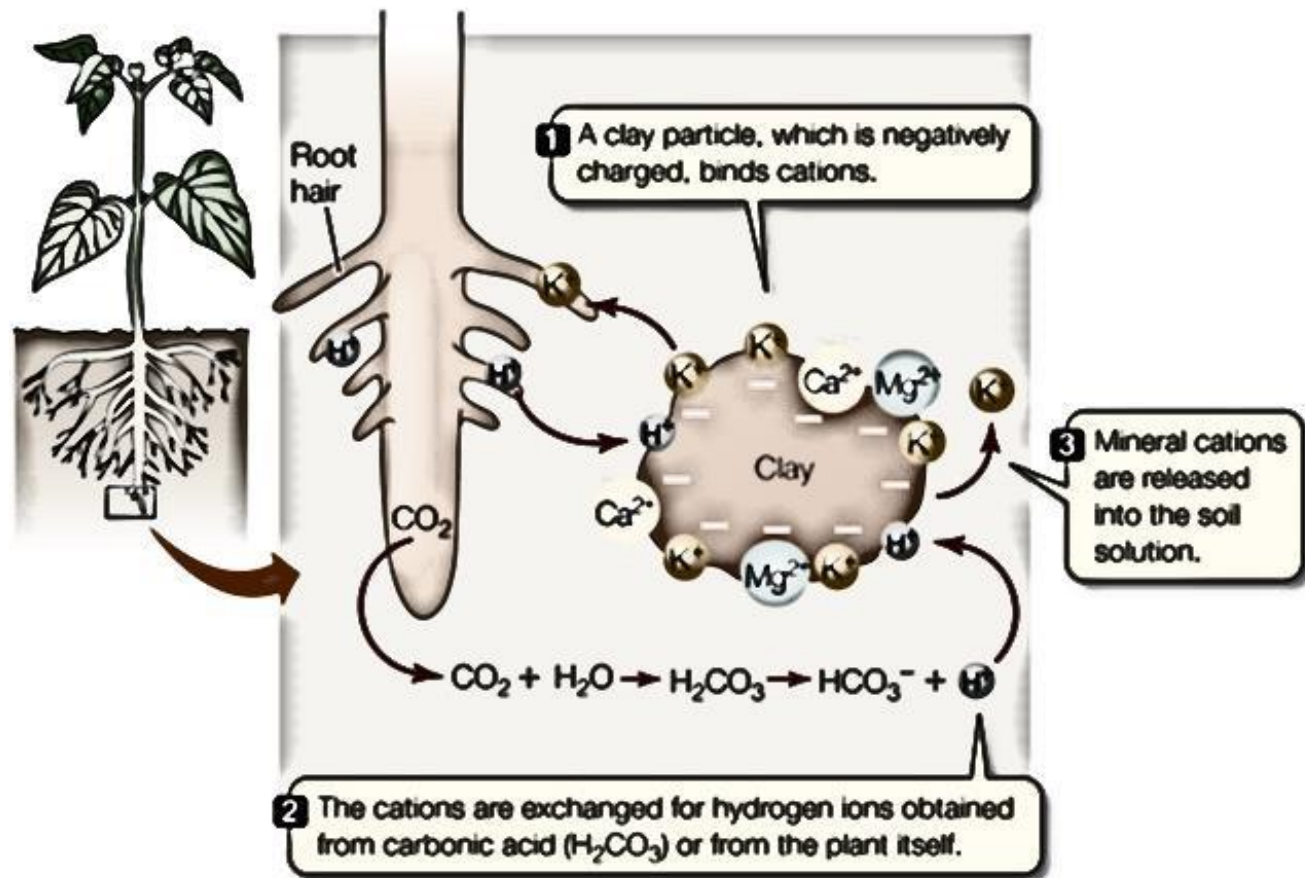
Pedologie pro arboristy

Mendelu v Brně

akademický rok 2019/2020

Přednáška 3: *Fyzikálně-chemické vlastnosti půd*

- půdní reakce
- fyzikálně-chemická půdní sorpce



Půdní reakce (pH)

- vyjadřuje stupeň acidity nebo alkalinity půdy
- z francouzského „*potentiel hydrogène*“ nebo latinského „*potentia hydrogenii*“

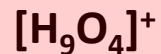
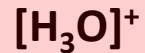
zdroje půdní acidity:

- ionty H^+ (nejčastější)
- organické a minerální kyseliny (HCl , H_2SO_4 atd.)
- amonný iont (NH_4^+)
- ionty Al^{3+} a Fe^{3+}

Půdní reakce (pH)

- vyjadřuje stupeň acidity nebo alkalinity půdy
- z francouzského „*potentiel hydrogène*“ nebo latinského „*potentia hydrogenii*“

VYJADŘUJE KONCENTRACI IONTŮ



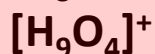
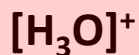
FORMOU ZÁPORNÉHO DEKADICKÉHO LOGARITMU MOLÁRNÍ KONCENTRACE

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad \longleftrightarrow \quad \text{dle rovnice platí} \quad [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

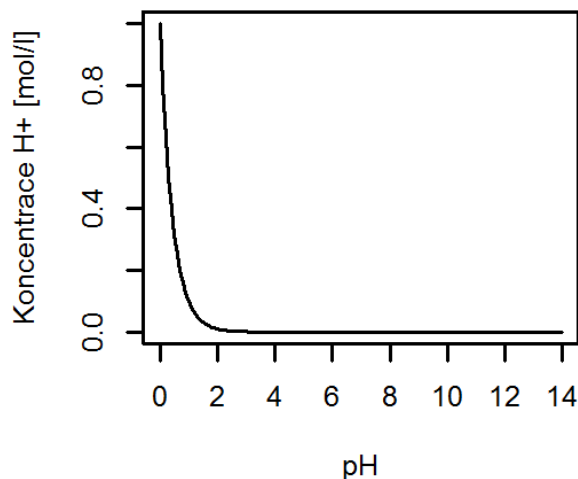
Půdní reakce (pH)

- vyjadřuje stupeň acidity nebo alkalinity půdy
- z francouzského „*potentiel hydrogène*“ nebo latinského „*potentia hydrogenii*“

VYJADŘUJE KONCENTRACI IONTŮ

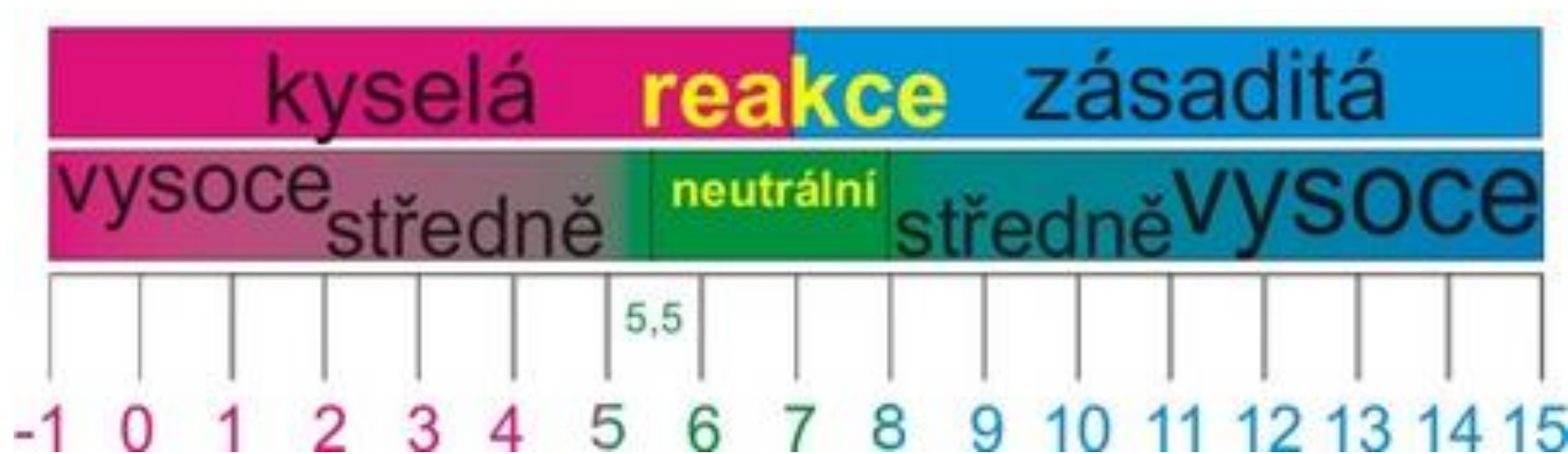
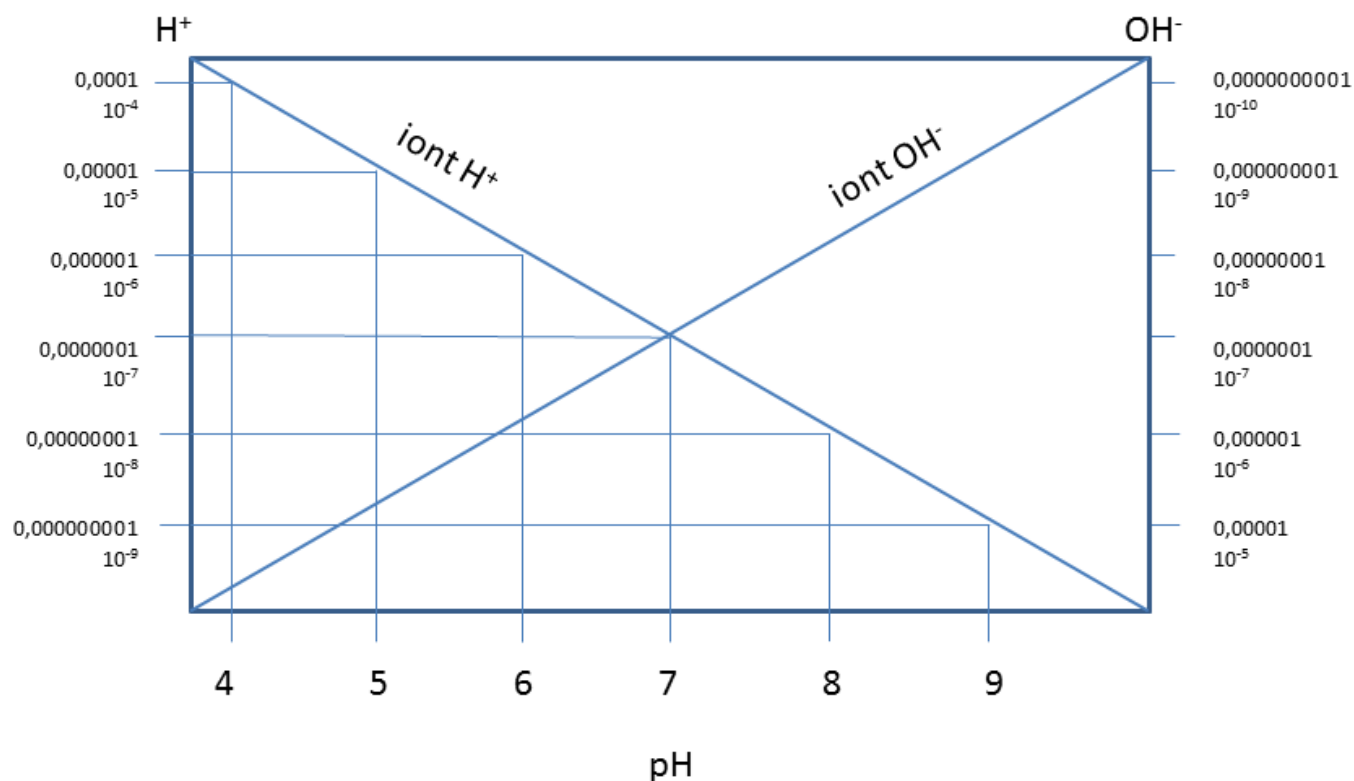


FORMOU ZÁPORNÉHO DEKADICKÉHO LOGARITMU MOLÁRNÍ KONCENTRACE



pH 3 je $-\log 0,001 \text{ mol H}^+ (10^{-3} \text{ mol/l})$
pH 4 je $-\log 0,0001 \text{ mol H}^+ (10^{-4} \text{ mol/l})$
pH 5 je $-\log 0,00001 \text{ mol H}^+ (10^{-5} \text{ mol/l})$
pH 6 je $-\log 0,000001 \text{ mol H}^+ (10^{-6} \text{ mol/l})$
pH 7 je $-\log 0,0000001 \text{ mol H}^+ (10^{-7} \text{ mol/l})$
pH 8 je $-\log 0,00000001 \text{ mol H}^+ (10^{-8} \text{ mol/l})$
atd.

RESP. HOVOŘÍME TAKÉ O POMĚRU IONTŮ H^+ A OH^-



Formy půdní reakce

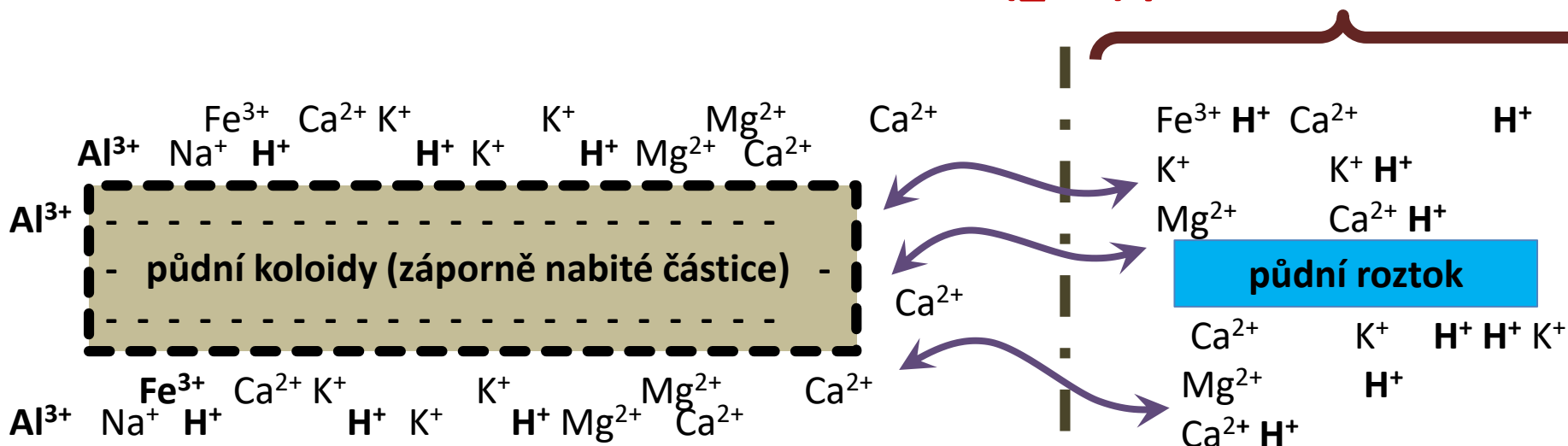
Rozesňáváme dvě základní formy půdní reakce:

- 1) Půdní reakce **aktivní (aktuální) (pH/H₂O)**,
- 2) Půdní reakce potenciální, která se dělí na:
výměnnou (pH/KCl),
hydrolytickou (Ha).

(ΣH^+ , Al^{3+}) půdní reakce potenciální hydrolytická (extrakce H^+ alkalickou solí)
(extrakce H^+ také z vícesytných organických kyselin nebo kyselých solí)

(ΣH^+ , Al^{3+}) půdní reakce potenciální výměnná
(extrakce neutrální solí iontů z půdního sorpčního komplexu)

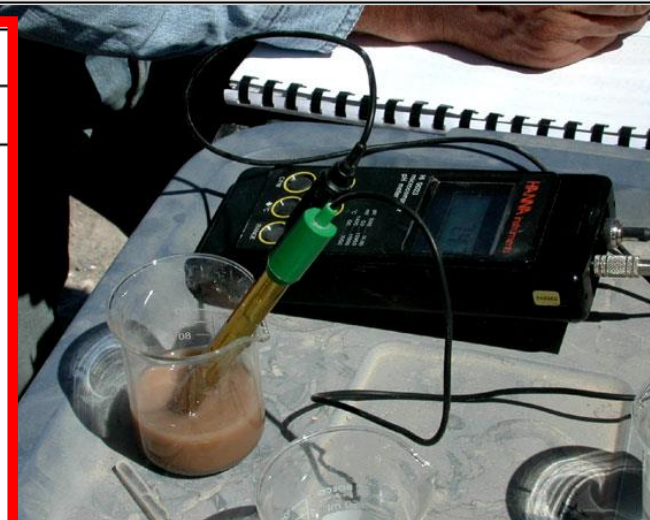
(ΣH^+) půdní reakce aktivní



charakt. půdní reakce	lesní půdy	lesní školky	zemědělské půdy
velmi silně (extrémně) kyselá	< 3,0	< 4,1	< 4,5
silně kyselá	3,0–4,0	4,1–4,8	4,5–5,0
středně kyselá	4,0–5,0	4,8–5,5	5,0–5,5
mírně kyselá	5,0–6,0	5,5–6,5	5,5–6,5
neutrální	6,0–7,0	6,5–7,2	6,5–7,2
alkalická	> 7,0	> 7,2	> 7,2

půda	Půdní reakce (pH)	
	aktivní (pH/H ₂ O)	výměnná [pH/KCl]
extrémně kyselá	< 3,5	< 3,0
silně kyselá	3,5–4,5	3,0–4,0
středně kyselá	4,5–5,5	4,0–5,0
mírně kyselá	5,5–6,5	5,0–6,0
neutrální	6,5–7,2	6,0–7,0
mírně alkalická	7,2–8,0	7,0–7,5
středně alkalická	8,0–8,5	7,5–8,0
silně alkalická	8,5–9,0	8,0–8,5
velmi silně alkalická	> 9,0	> 8,5

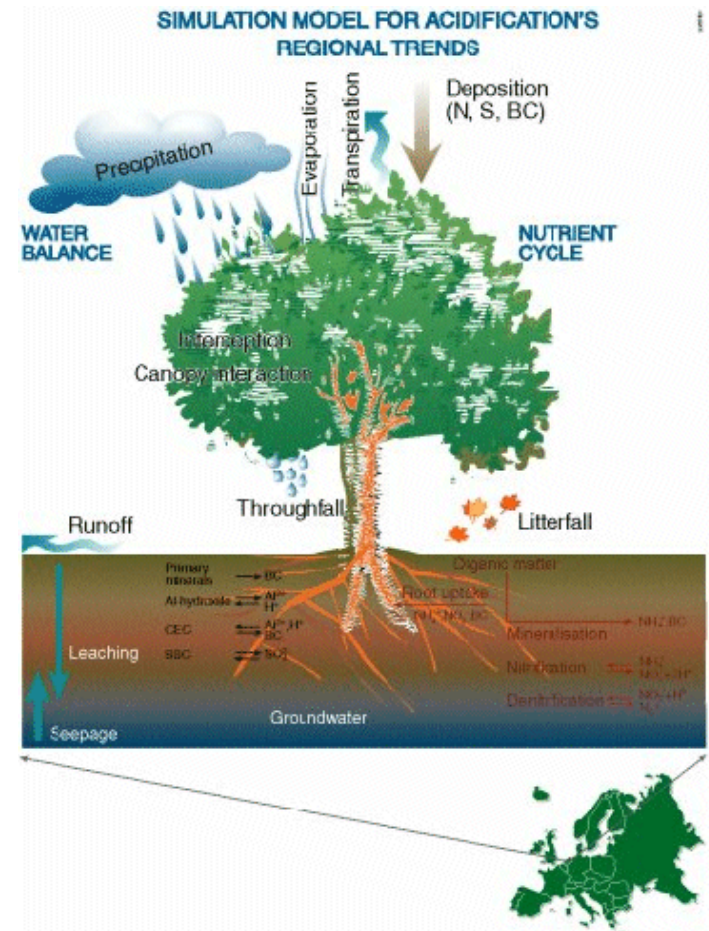
hydrolytická acidita (Ha)	mmol · kg ⁻¹
velmi silná	> 137
silná	92–137
střední	63–92
mírná	29–63
slabá	17–29
velmi slabá	< 17



K okyselení půdy dochází:

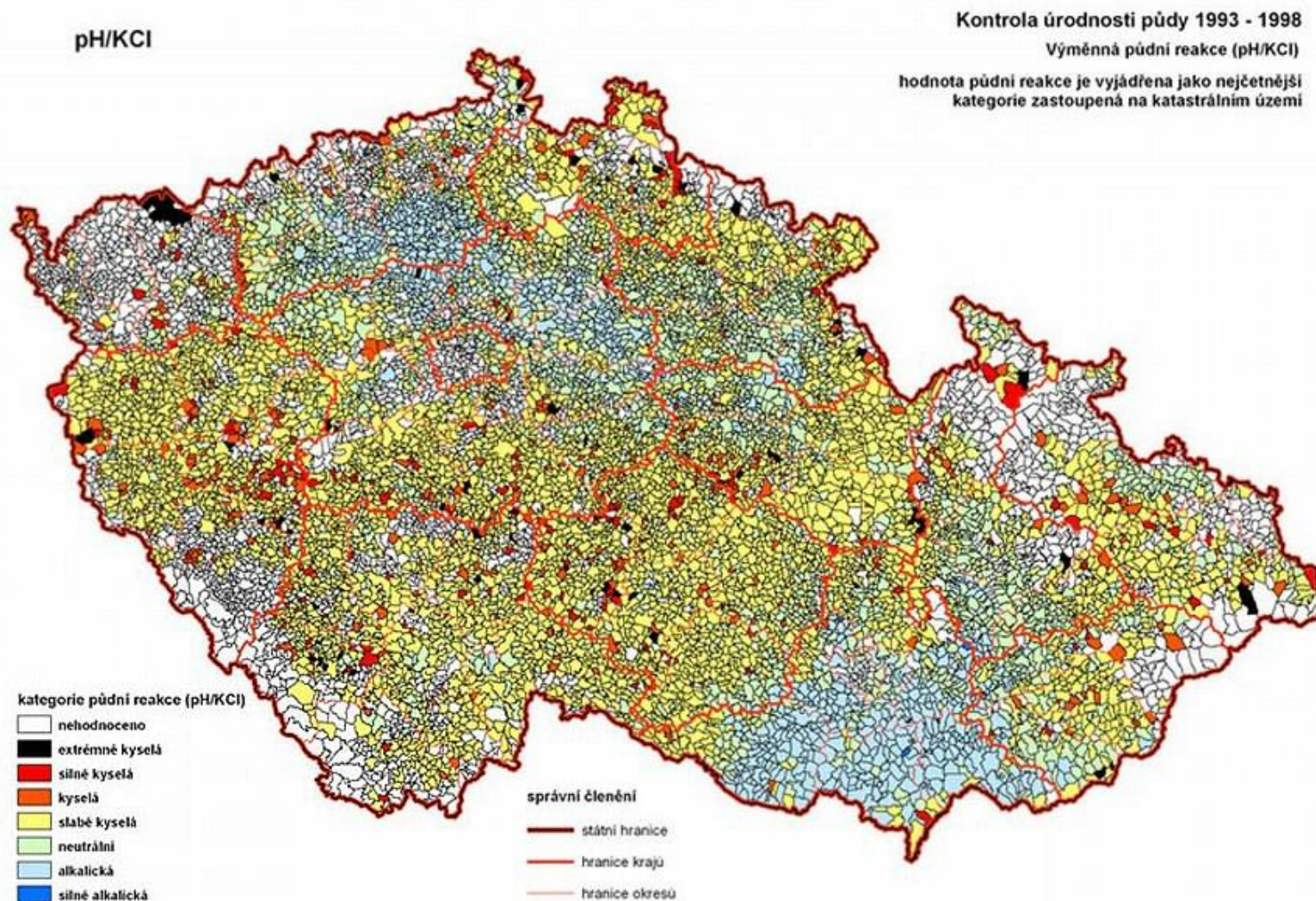
- v důsledku odstranění alkalických bází (Ca a Mg) z půdních substancí
- nitrifikací
- vlivem intenzivní biologické činnosti půdy (tvorba H_2CO_3)
- hnojením fyziologicky kyselými hnojivy (síran amonný, draselná sůl aj.)
- účinkem kyselého opadu dřevin
- účinkem kořenových exsudátů
- kyselými spady (HNO_3 z emitovaných NO_x)

V oblastech temperátní zóny s humidním klimatem dochází k přirozené acidifikaci lesních půd!
Dřevinná vegetace obecně přispívá k acidifikaci půdy.



K alkalické reakci půdy přispívá hlavně:

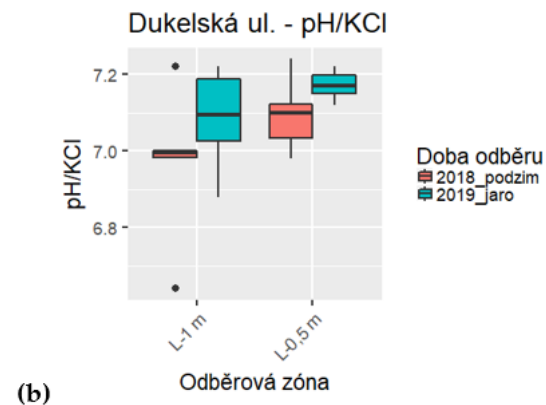
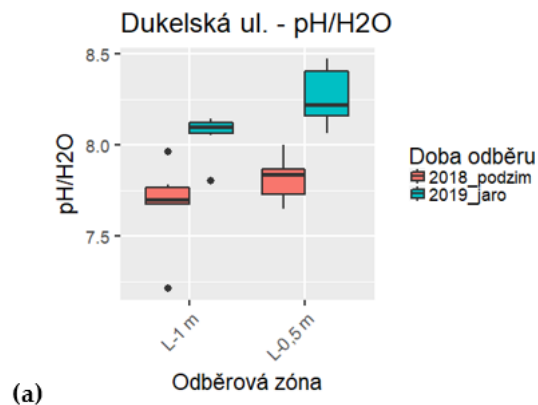
- vysoký obsah Na v prostředí,
- vysoký obsah CaCO_3 (způsobuje vápenaté chlorózy),
- používání hnojiv s vyšším obsahem sodíku.



Aplikace - příklad významu zjišťování

Vliv posypových solí zimní údržby:

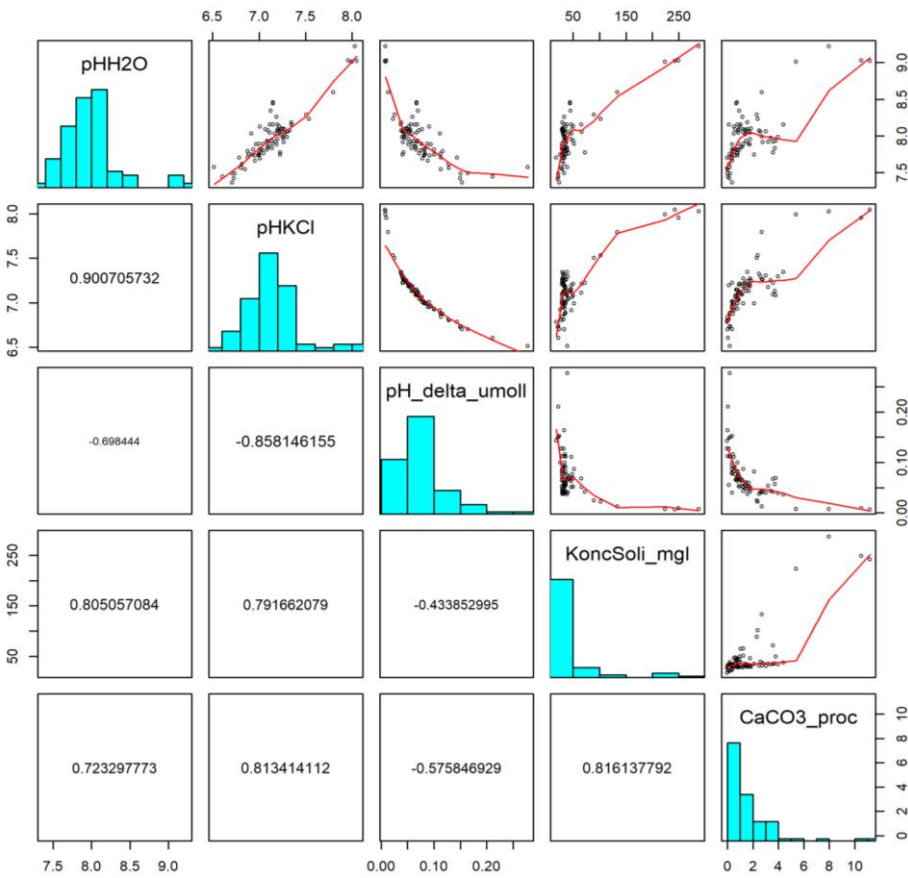
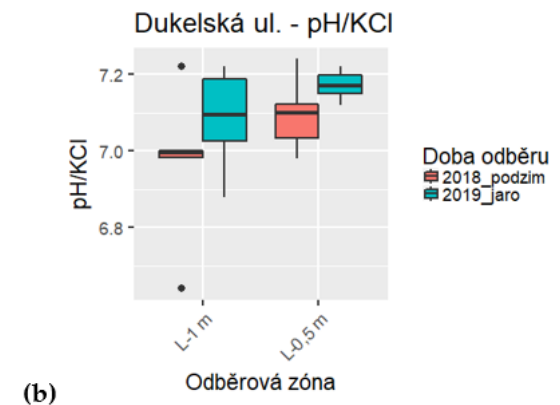
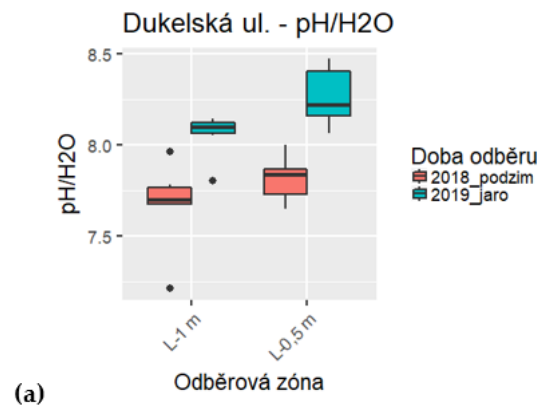
Hodnoty zjišťovaných půdních parametrů v prosinci 2018 a v únoru 2019: půdní reakce aktivní (a) a potenciálně výměnná (b)



Aplikace - příklad významu zjišťování

Vliv posypových solí zimní údržby:

Hodnoty zjišťovaných půdních parametrů v prosinci 2018 a v únoru 2019: půdní reakce aktivní (a) a potenciálně výměnná (b)



Vztahy mezi parametry půdního chemismu:

Bodové grafy a hodnoty korelačních koeficientů – výsledek korelační analýzy pro vybrané parametry, zjišťované ze vzorků odebíraných v únoru 2019 na zájmových lokalitách.

ZMĚNY PH PŮDY V PRŮBĚHU ROKU

Roční změny pH mohou být **vztaženy ke změnám v ročním množství srážek.**

- acidita lehkých půd roste (převážně díky vyplavování dostupných bází po jejich mineralizaci);
- acidita středních a těžkých půd klesá (díky omezení biologické aktivity, produkce organických kyselin a nitrifikace) v letech s nízkými srážkami.

Roční změny aktivního pH

až 1,2 stupně v oboru 3,9 - 5,0 u lehkých půd,

5,4 - 6,2 u středních, hlinitých půd

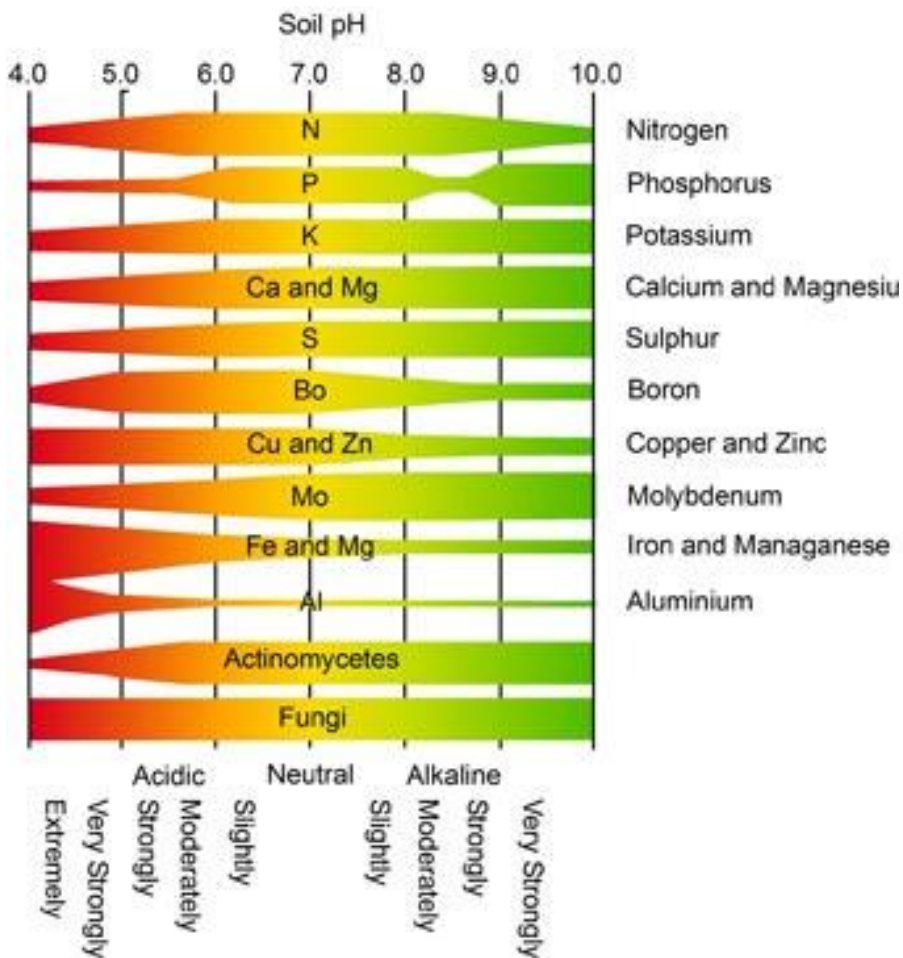
5,2 - 6,2 u těžkých půd.

Rozdíly v průměrném ročním pH byly až 0,5 stupně v oboru 5,3 - 5,8 ve svrchní vrstvě půdy.

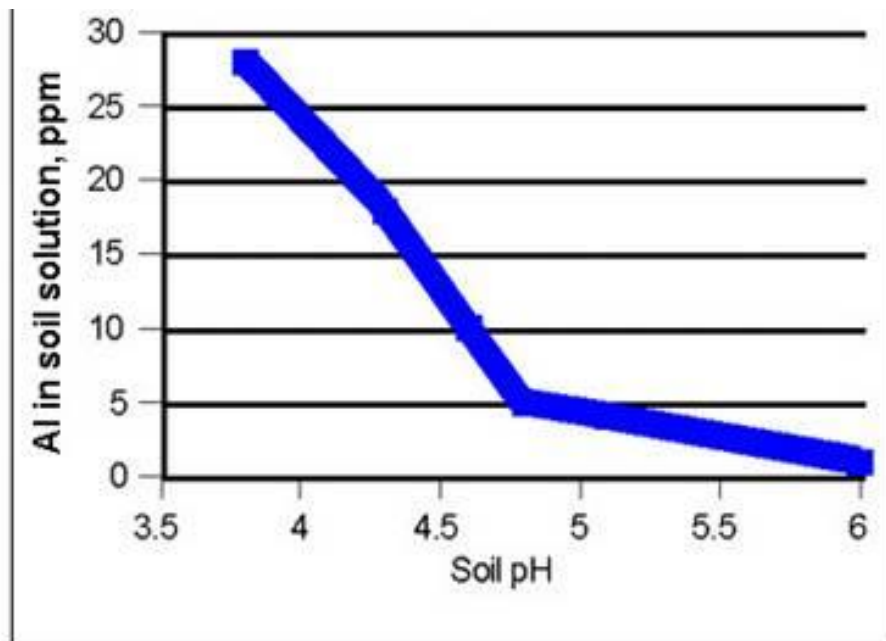
rozpuštěnost látek

a

biologická aktivita půd
ve vztahu k pH



vliv pH na pohyblivost Al^{3+} v půdním roztoku



podzolované půdy (Kruš. h.)

fluviální půdy (Vranovice)

a

... přístupnost živin

mikroorganismy	rozsah	optimum
bakterie	5 - 9	7
aktinobakterie	6.5 - 9.5	8
houby	2 - 7	5
modrozelené řasy	6 - 9	> 7
protozoa	5 - 8	> 7



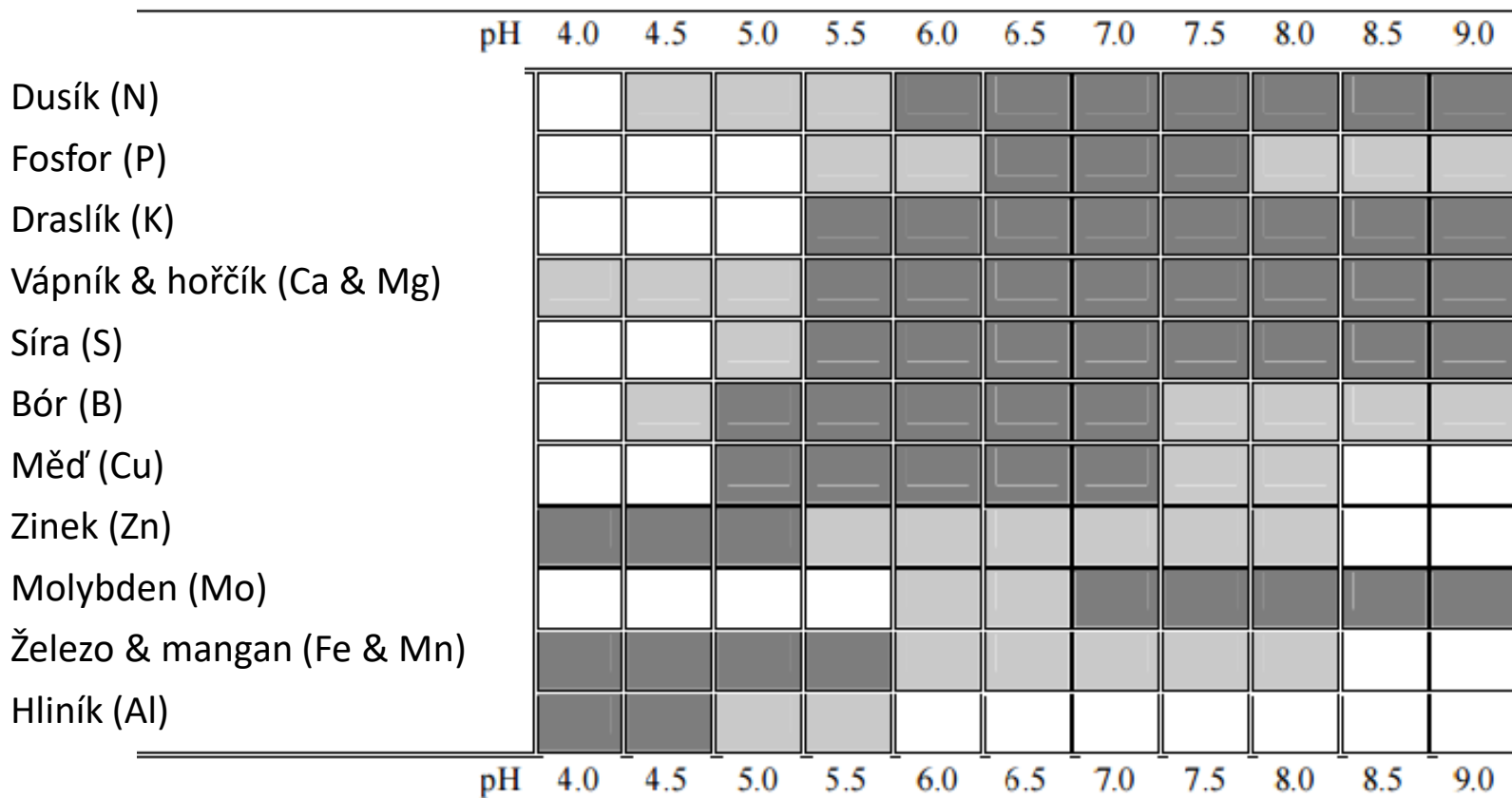
nejvyšší



střední



nejnižší



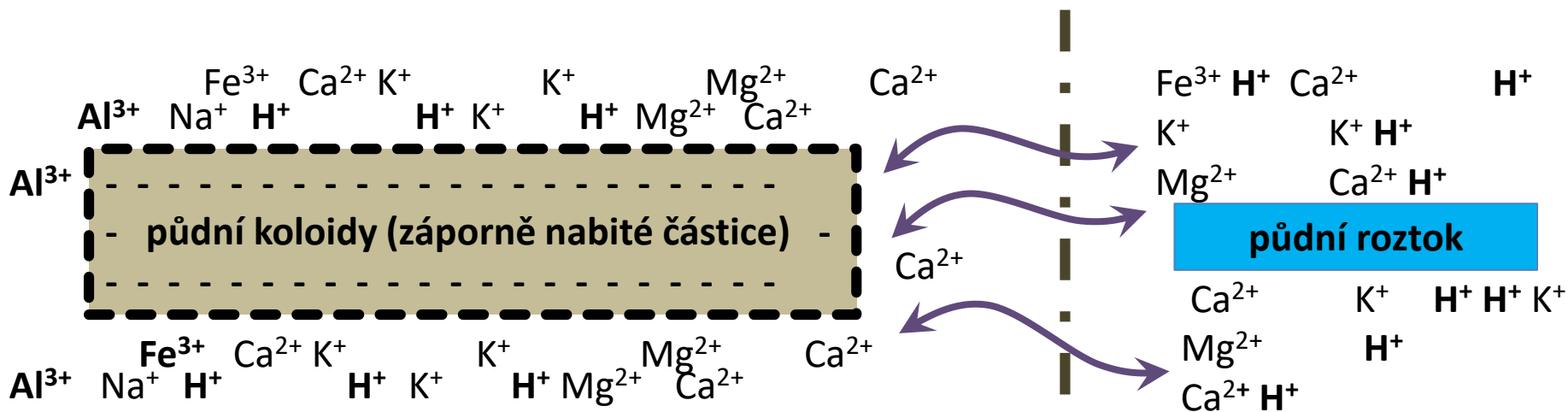
kyselé kationty nejsou jediné kationty, které se v půdě nacházejí

kyselé kationty nejsou jediné kationty, které se v půdě nacházejí

kyselé
(H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , NH_4^+)

půdní reakce H_a

kationty



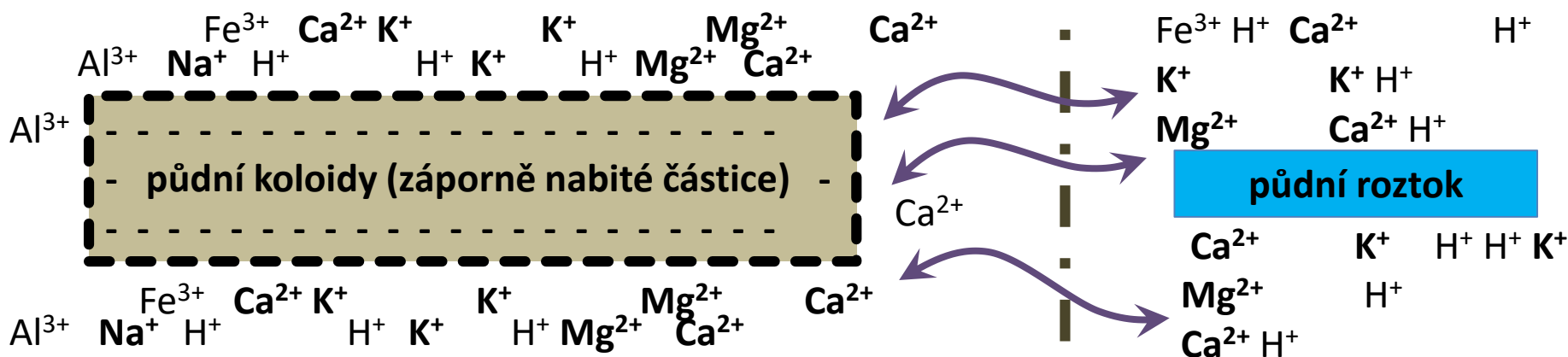
kyselé kationty nejsou jediné kationty, které se v půdě nacházejí

kationty

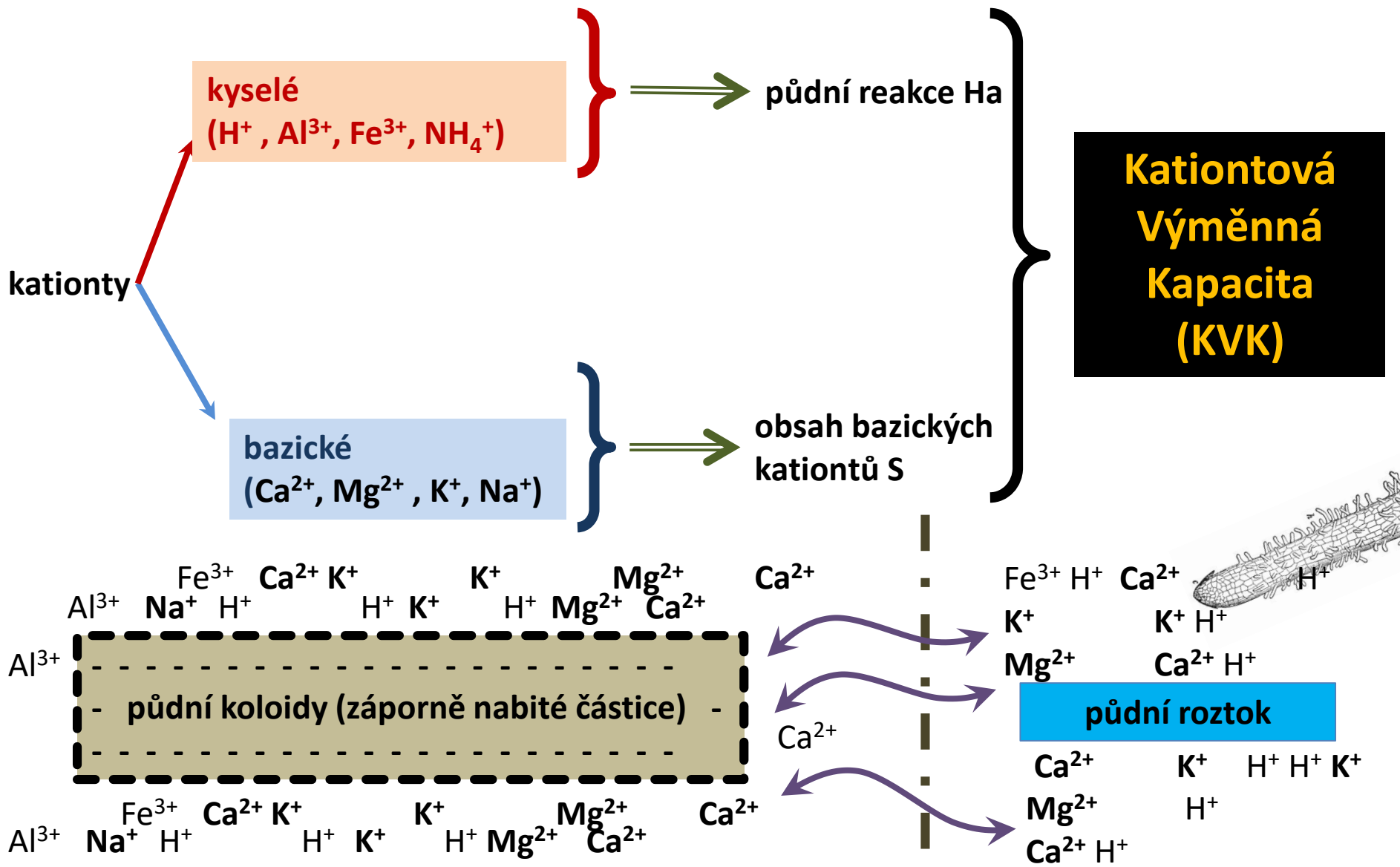
bazické

(Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)

obsah bazických
kationtů S



kyselé kationty nejsou jediné kationty, které se v půdě nacházejí



**Kationtová
Výměnná
Kapacita
(KVK nebo T)**

**= \sum všech kationtů v půdě
[mmol chem. ekv/kg]**

**Kationtová
Výměnná
Kapacita
(KVK nebo T)**

**= Σ všech kationtů v půdě
[mmol chem. ekv/kg]**

T = Ha + S [mmol chem. ekv/kg]

Ha = obsah kyselých kationtů [mmol chem. ekv/kg]

S = obsah bazických kationtů [mmol chem. ekv/kg]

**Kationtová
Výměnná
Kapacita
(KVK nebo T)**

**= Σ všech kationtů v půdě
[mmol chem. ekv/kg]**

$T = H_a + S$ [mmol chem. ekv/kg]

H_a = obsah kyselých kationtů [mmol chem. ekv/kg]

S = obsah bazických kationtů [mmol chem. ekv/kg]

**Stupeň nasycenosti sorpčního komplexu bazickými kationty [%]
(V nebo BS – Bazická Saturace)**

**Kationtová
Výměnná
Kapacita
(KVK nebo T)**

**= \sum všech kationtů v půdě
[mmol chem. ekv/kg]**

$$T = H_a + S \text{ [mmol chem. ekv/kg]}$$

H_a = obsah kyselých kationtů [mmol chem. ekv/kg]

S = obsah bazických kationtů [mmol chem. ekv/kg]

**Stupeň nasycenosti sorpčního komplexu bazickými kationty [%]
(V nebo BS – Bazická Saturace)**

$$\begin{array}{l} \uparrow T \dots\dots\dots 100 \% \uparrow \\ \uparrow S \dots\dots\dots BS \% \uparrow \end{array}$$

$$BS = \frac{S}{T} \cdot 100 \text{ [%]}$$

**Kationtová
Výměnná
Kapacita
(KVK nebo T)**

$$= \sum \text{všech kationtů v půdě} \\ [\text{mmol chem. ekv/kg}]$$

$$T = H_a + S \text{ [mmol chem. ekv/kg]}$$

H_a = obsah kyselých kationtů [mmol chem. ekv/kg]

S = obsah bazických kationtů [mmol chem. ekv/kg]

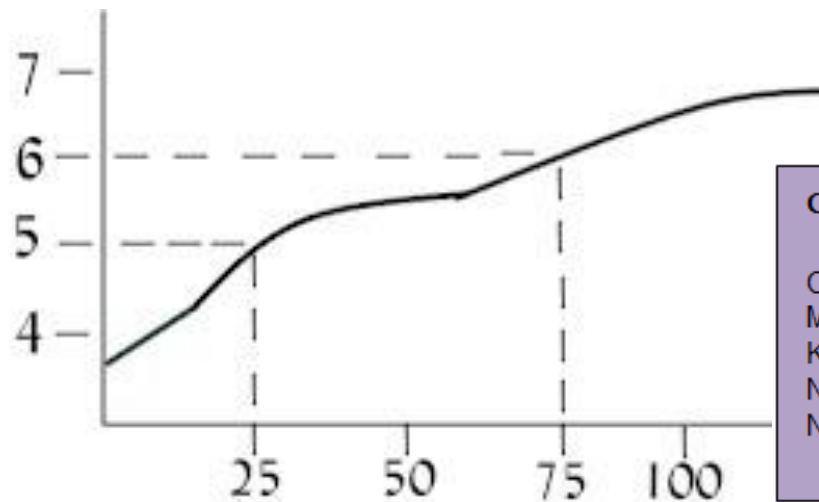
**Stupeň nasycenosti sorpčního komplexu bazickými kationty [%]
(V nebo BS – Bazická Saturace)**

$$\begin{array}{l} \uparrow T \dots\dots\dots 100 \% \uparrow \\ \uparrow S \dots\dots\dots BS \% \uparrow \end{array}$$

$$BS = \frac{S}{T} \cdot 100 [\%]$$

stupeň nasycení V (BS) (%)	les. půdy (%)	zeměd. půdy
plně nasycená	80–100	90–100
nasycená	65–80	75–90
slabě nasycená	50–65	50–75
slabě nenasyčená	20–50	40–50
silně nenasyčená	10–20	30–40
extrémně nenasyčená	0–10	< 30

pH



Bazická saturace [%]

Optimální zastoupení kationtů v půdním sorpčním komplexu

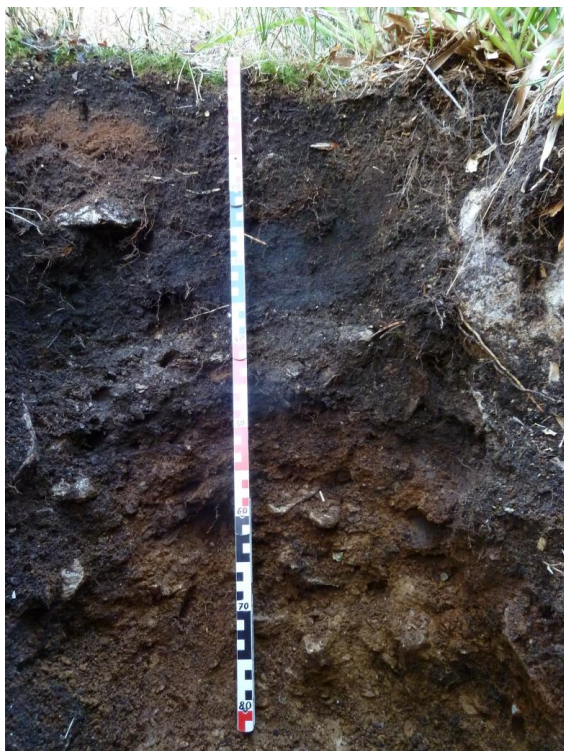
Ca ²⁺	50–70 %
Mg ²⁺	20–30 %
K ⁺	2–6 %
NH ₄ ⁺	5–6 %
Na ⁺	2–3 %

KVK jednotlivých složek v půdě [mmol · kg⁻¹].

Kaolinit	30–120	Huminové kyseliny	3500–5000
Illit	200–400	Fulvokyseliny	2000–3000
Vermikulit	1200–1500		
Montmorillonit	700–1100		
Chlorit	300–500		

Pufrovitost půd

= schopnost půdy odolávat změnám pH vyvolaným změnami v obsahu kyselin nebo zásad v půdě



Pufrovitost půd

= schopnost půdy odolávat změnám pH vyvolaným změnami v obsahu kyselin nebo zásad v půdě

Půdní pufrovitost je účinná celkem v šesti zónách, které se liší podle mechanismu, jakým se půda se změnami pH vyrovnává. Se zvyšujícím se množstvím vodíkových iontů se půda postupně dostává do **pufračních zón** nižšího pH.

1. **Karbonátová (uhličitanová) zóna**, účinná při pH 8,6–6,2. Je aktivní pouze v případě, že jsou v půdě přítomny volné karbonáty (CaCO_3). Ty reagují na hydrogenuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je dále rozpouštěn a vyplavován.

Pufrovitost půd

= schopnost půdy odolávat změnám pH vyvolaným změnami v obsahu kyselin nebo zásad v půdě

Půdní pufrovitost je účinná celkem v šesti zónách, které se liší podle mechanismu, jakým se půda se změnami pH vyrovnává. Se zvyšujícím se množstvím vodíkových iontů se půda postupně dostává do **pufračních zón** nižšího pH.

1. **Karbonátová (uhličitanová) zóna**, účinná při pH 8,6–6,2. Je aktivní pouze v případě, že jsou v půdě přítomny volné karbonáty (CaCO_3). Ty reagují na hydrogenuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je dále rozpouštěn a vyplavován.
2. **Silikátová (křemičitanová) zóna**, účinná při pH 6,2–5,0. Je aktivní v půdách, z nichž již byly uhličitanové vyplaveny, nebo které primárně žádné neobsahovaly a jež primárně obsahují silikáty (zejména živce). Přítomnost hydroxoniových kationtů H_3O^+ vyvolává hydrolytické zvětrávání křemičitanů, z nichž se uvolňují bazické kationty a vznikají druhotné jílové nerosty.

Pufrovitost půd

= schopnost půdy odolávat změnám pH vyvolaným změnami v obsahu kyselin nebo zásad v půdě

Půdní pufrovitost je účinná celkem v šesti zónách, které se liší podle mechanismu, jakým se půda se změnami pH vyrovnává. Se zvyšujícím se množstvím vodíkových iontů se půda postupně dostává do **pufračních zón** nižšího pH.

1. **Karbonátová (uhličitanová) zóna**, účinná při pH 8,6–6,2. Je aktivní pouze v případě, že jsou v půdě přítomny volné karbonáty (CaCO_3). Ty reagují na hydrogenuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je dále rozpouštěn a vyplavován.
2. **Silikátová (křemičitanová) zóna**, účinná při pH 6,2–5,0. Je aktivní v půdách, z nichž již byly uhličitany vyplaveny, nebo které primárně žádné neobsahovaly a jež primárně obsahují silikáty (zejména živce). Přítomnost hydroxoniových kationtů H_3O^+ vyvolává hydrolytické zvětrávání křemičitanů, z nichž se uvolňují bazické kationty a vznikají druhotné jílové nerosty.
3. **Výměnná zóna** (zóna sorpčního komplexu), účinná při pH 5,0–4,2. Tato zóna je aktivní, když půda „vypotřebuje“ volně dostupné pufrovací nárazníky. pH je vyrovnáváno tím, že jsou vytěsňovány bazické kationty ze sorpčního komplexu půdy a nahrazují nadbytek kyselých kationtů, které se vážou na místa bází.

Pufrovitost půd

= schopnost půdy odolávat změnám pH vyvolaným změnami v obsahu kyselin nebo zásad v půdě

Půdní pufrovitost je účinná celkem v šesti zónách, které se liší podle mechanismu, jakým se půda se změnami pH vyrovnává. Se zvyšujícím se množstvím vodíkových iontů se půda postupně dostává do **pufračních zón** nižšího pH.

1. **Karbonátová (uhličitanová) zóna**, účinná při pH 8,6–6,2. Je aktivní pouze v případě, že jsou v půdě přítomny volné karbonáty (CaCO_3). Ty reagují na hydrogenuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je dále rozpouštěn a vyplavován.
2. **Silikátová (křemičitanová) zóna**, účinná při pH 6,2–5,0. Je aktivní v půdách, z nichž již byly uhličitanové vyplaveny, nebo které primárně žádné neobsahovaly a jež primárně obsahují silikáty (zejména živce). Přítomnost hydroxoniových kationtů H_3O^+ vyvolává hydrolytické zvětrávání křemičitanů, z nichž se uvolňují bazické kationty a vznikají druhotné jílové nerosty.
3. **Výměnná zóna** (zóna sorpčního komplexu), účinná při pH 5,0–4,2. Tato zóna je aktivní, když půda „vypotřebuje“ volně dostupné pufrovací nárazníky. pH je vyrovnáváno tím, že jsou vytěsňovány bazické kationty ze sorpčního komplexu půdy a nahrazují nadbytek kyselých kationtů, které se vážou na místa bází.
4. **Zóna hliníku**, účinná při pH 4,2–3,8. Je aktivní v kyselých půdách, kde se uplatňuje mezimřížkový hliník jílových minerálů, který vytváří v půdě sloučeniny s hydroxylovými anionty OH^- . S těmi se při přebytku vodíkový kationt váže a přechází tak na vodu.

Pufrovitost půd

= schopnost půdy odolávat změnám pH vyvolaným změnami v obsahu kyselin nebo zásad v půdě

Půdní pufrovitost je účinná celkem v šesti zónách, které se liší podle mechanismu, jakým se půda se změnami pH vyrovnává. Se zvyšujícím se množstvím vodíkových iontů se půda postupně dostává do **pufračních zón** nižšího pH.

1. **Karbonátová (uhličitanová) zóna**, účinná při pH 8,6–6,2. Je aktivní pouze v případě, že jsou v půdě přítomny volné karbonáty (CaCO_3). Ty reagují na hydrogenuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je dále rozpouštěn a vyplavován.
2. **Silikátová (křemičitanová) zóna**, účinná při pH 6,2–5,0. Je aktivní v půdách, z nichž již byly uhličitanové vyplaveny, nebo které primárně žádné neobsahovaly a jež primárně obsahují silikáty (zejména živce). Přítomnost hydroxoniových kationtů H_3O^+ vyvolává hydrolytické zvětrávání křemičitanů, z nichž se uvolňují bazické kationty a vznikají druhotné jílové nerosty.
3. **Výměnná zóna** (zóna sorpčního komplexu), účinná při pH 5,0–4,2. Tato zóna je aktivní, když půda „vypotřebuje“ volně dostupné pufrovací nárazníky. pH je vyrovnáváno tím, že jsou vytěsňovány bazické kationty ze sorpčního komplexu půdy a nahrazují nadbytek kyselých kationtů, které se vážou na místa bází.
4. **Zóna hliníku**, účinná při pH 4,2–3,8. Je aktivní v kyselých půdách, kde se uplatňuje mezimřížkový hliník jílových minerálů, který vytváří v půdě sloučeniny s hydroxylovými anionty OH^- . S těmi se při přebytku vodíkový kationt váže a přechází tak na vodu.
5. **Zóna hliníku a železa**, účinná při pH 3,8–3,0. Je aktivní ve velmi kyselých půdách, kde se kombinuje a prolíná odolnost sloučenin hliníku a železa vůči dalšímu procesu zakyselování při vzniku organických kyselin a jejich vyluhování.

Pufrovitost půd

= schopnost půdy odolávat změnám pH vyvolaným změnami v obsahu kyselin nebo zásad v půdě

Půdní pufrovitost je účinná celkem v šesti zónách, které se liší podle mechanismu, jakým se půda se změnami pH vyrovnává. Se zvyšujícím se množstvím vodíkových iontů se půda postupně dostává do **pufračních zón** nižšího pH.

1. **Karbonátová (uhličitanová) zóna**, účinná při pH 8,6–6,2. Je aktivní pouze v případě, že jsou v půdě přítomny volné karbonáty (CaCO_3). Ty reagují na hydrogenuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, který je dále rozpouštěn a vyplavován.
2. **Silikátová (křemičitanová) zóna**, účinná při pH 6,2–5,0. Je aktivní v půdách, z nichž již byly uhličitanové vyplaveny, nebo které primárně žádné neobsahovaly a jež primárně obsahují silikáty (zejména živce). Přítomnost hydroxoniových kationtů H_3O^+ vyvolává hydrolytické zvětrávání křemičitanů, z nichž se uvolňují bazické kationty a vznikají druhotné jílové nerosty.
3. **Výměnná zóna** (zóna sorpčního komplexu), účinná při pH 5,0–4,2. Tato zóna je aktivní, když půda „vypotřebuje“ volně dostupné pufrovací nárazníky. pH je vyrovnáváno tím, že jsou vytěsňovány bazické kationty ze sorpčního komplexu půdy a nahrazují nadbytek kyselých kationtů, které se vážou na místa bází.
4. **Zóna hliníku**, účinná při pH 4,2–3,8. Je aktivní v kyselých půdách, kde se uplatňuje mezimřížkový hliník jílových minerálů, který vytváří v půdě sloučeniny s hydroxylovými anionty OH^- . S těmi se při přebytku vodíkový kationt váže a přechází tak na vodu.
5. **Zóna hliníku a železa**, účinná při pH 3,8–3,0. Je aktivní ve velmi kyselých půdách, kde se kombinuje a prolíná odolnost sloučenin hliníku a železa vůči dalšímu procesu zakyselování při vzniku organických kyselin a jejich vyluhování.
6. **Zóna železa**, účinná při pH < 3. Dochází k rozpadu sloučenin železa (uplatnění ferrihydritu, uvolnění Fe^{3+} , jeho migrace, vybělení půdy a destrukce jílu) za vzniku vody.

