



TVRDOST ZÁVLAHOVÉ VODY – MĚŘENÍ A MOŽNOSTI JEJÍ ELIMINACE

využití výsledků projektu TAČR

TA03020551 Standardizované pěstební substráty pro krytokořenný sadební materiál lesních dřevin

Ing. Martin Dubský, Ph.D, RNDr. František Šrámek, CSc.,

Ing. Jarmila Nárovcová, Ph.D., Ing. Václav Nárovec, CSc.

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu EPSILON.

www.tacr.cz

Výzkum užitečný pro společnost.

ODBOR ŠLECHTĚNÍ A PĚSTEBNÍCH TECHNOLOGIÍ

- Od 2000 Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví (VÚKOZ)
- Od 2007 – veřejná výzkumná instituce - VÚKOZ, v. v. i.
- od roku 2025 Výzkumný ústav pro krajinu (zkratka (VÚK, v. v. i.)
- **Agrochemická laboratoř**
 - Hodnocení chemických a hydrofyzikálních vlastností pěstebních substrátů
 - Složení organických substrátů - náhrada rašeliny
 - Systémy hnojení okrasných rostlin a dřevin pěstovaných v nádobách
 - Hodnocení závlahové vody pro přípravu živných roztoků
- **Spolupráce s lesnickým sektorem**
 - 90. léta – spolupráce s výrobcem lesnických substrátů Fertil Vědomice
 - 1996–97 projekt s cílem snížit spotřebu rašeliny při přípravě lesnických substrátů (Výzkumná stanice Borkovice, výrobce substrátů Rašelina a. s.)
 - 2011–2016 projekt TAČR s cílem optimalizovat složení lesnických substrátů (VÚLHM – stanice Opočno, Rašelina a. s.)

UHLIČITANOVÁ TVRDOST VODY

- tvrdost vody obsah solí kationtů s větším mocenstvím než 1, především Ca a Mg.
- tvrdost uhličitánová (karbonátová) - hydrogenuhličitany Ca a Mg, rozhodující pro kvalitu vody
- tvrdost trvalá (nekarbonátová, síranová), působí spíše příznivě, dodává Ca, Mg, S
- celková součet uhličitánové a síranové
- uhličitánová tvrdost - označována jako alkalita - (tj. zahrnuje i obsah hydrogenuhličitanů jednomocných kationtů), charakterizuje pufrální kapacitu vody, vedle hodnot pH a EC (elektrické vodivosti) rozhodující parametr pro kvalitu vody
- stanovení podle ČSN EN ISO 9963-1 jako kyselinová neutralizační kapacita (KVK_{4,5}), jednotka SI mmol HCO₃⁻/l
- jednotky uhličitánové tvrdosti mmol HCO₃⁻/l × mg HCO₃⁻/l × německý stupeň (°N, °dH)
- přepočty
- 1 mmol HCO₃⁻/l /l odpovídá 61 mg HCO₃⁻/l 1 mmol HCO₃⁻/l /l × 2,78 = uhličitánová tvrdost v °N
- agrochemické laboratoře přepočet KNK_{4,5} na mg HCO₃⁻/l i na °N.

HODNOCENÍ VODY PODLE UHLIČITANOVÉ TVRDOSTI – MOŽNOSTI ÚPRAVY

- uhličitánová tvrdost vody působí příznivě do 5–10 °N ($\text{KVK}_{4,5} = 3,6\text{--}5,4 \text{ mmol/l}$).
- citlivé rostliny (mladé rostliny obecně, vřesovité) vyžadují vodu s tvrdostí 7–8 °N,
- většina dřevin pěstovaných v kontejnerech snáší vodu s tvrdostí 12–15 °N,
- při vyšších hodnotách 17–20 °N se mohou vyskytnout poruchy ve výživě rostlin
- hodnota pH substrátu stabilní při používání vody 5–8 °N ($110 \text{ mg HCO}_3^- / \text{l}$)
- zvyšování hodnoty pH substrátu - snižuje přijatelnost P a většiny stopových prvků (Fe, Mn, B, Zn i Cu).
- poškození se projevuje hnědnutím kořenů a chlorózami
- vytváření bělošedých skvrn na listech po aplikaci závlahové vody nebo hnojivého roztoku
- přesahuje-li uhličitánová tvrdost 10–15 °N je účelné vodu upravovat -
- míchání tvrdé vody s vodou dešťovou.
- použití minerálních kyseliny v kombinaci s hnojením dusíkem v amonné formě

DÁVKY MINERÁLNÍCH KYSELIN PRO SNÍŽENÍ UHLIČITANOVÉ TVRDOSTI O 22 MG HCO_3^- /L (1 °N).

Nejběžnější technická použití 53% kyselina dusičná - 0,032 ml/l vody sníží tvrdost o 1 °N

Živiny dodané kyselinami – započítat do bilance živin hnojivého roztoku.

Nutná zbytková tvrdost 5(-8) °N, pH roztoku 5,5-6,0.

Dávkování kyselin se může kombinovat s používáním dusíku v amonné formě při každé zálivce, množství 10 mg N- NH_4 /l vody eliminuje 2 °N.

kyselina	vzorec	koncentrace			dávka ml/l vody	dodané živiny mg/l roztoku
		% hmotn.	mol/l	mol H^+ /l**		
dusičná	HNO_3	53 %	11,2	11,2	0,032	N - 5
		65 %	14,5	14,5	0,025	N - 5
fosforečná	H_3PO_4	75	12,1	12,1	0,030	P - 11,2
sírová	H_2SO_4	98 %	18,3	36,6	0,0098	S - 11,5 (34,8 SO_4^{2-})
		35 %*	4,5	9,0	0,04	S - 11,5 (34,8 SO_4^{2-})

VÝSTAVIŠTĚ FLORA OLOMOUC - uhličitánová tvrdost vody
17 °N - 0,32 ml kyseliny dusičné 53% /L – sníží uhličitánovou tvrdost o
10 °N, dodá se cca. 50 mg N/l vody
zařízení na dávkování koncentrované kyseliny (duben 2024)



FLORENTINUM - modelové snížení uhličitánové tvrdosti o 7 °N
0,24 ml kyseliny dusičné 53% /L, dodá se cca. 35 mg N/l vody,
další živiny se doplní Kristalonem Bílý, koncentrát – dávkování Dosatron,
nastavení na 1 % (1:100) - dávkování 10 ml/L



KVALITA ZÁVLAHOVÉ VODY

parametr	jednotka	střední obsah	Nevhodná
EC	mS/cm	<1	1,14–1,61
pH		6,5–7,0	6,4–7,0
sodík	mg/l	15–30	78–114
vápník	mg/l	35–85	65–131
hořčík	mg/l	6–15	31
chloridy	mg/l	20–40	154
sírany	mg/l	40–80	252
železo	mg/l	0,02–0,1	0,52
mangan	mg/l	0,02–0,1	>0,5
lithium	mg/l	-	>0,2
KNK_{4,5}	mmol/l	1,7–3,6	4,6–8,2
uhlič. tvrdost	°N	5–10	13–23

STANOVENÍ UHLIČITANOVÉ TVRDOSTI A EC VODY

Uhličitánovou tvrdost lze ve školkařském podniku kontrolovat rychlotestem (např. AQUAMERC), hodnotu EC přenosným konduktometrem, vysoká hodnota EC a $\text{KNK}_{4,5}$ – předzvěst problémů:
 školka – EC 1,7 mS/cm, $\text{KNK}_{4,5} = 16,1 \text{ mmol/L} = 44 \text{ °N}$, 472 mg Na/l, 3,49 mg B/l,
 zahradnictví v Polabí - $\text{KNK}_{4,5} = 16,1 \text{ mmol/L}$, 279 mg Na/l, 1 mg B/l



KONCENTRACE ROZTOKŮ A FREKVENCE PŘIHNOJOVÁNÍ

Koncentrace v % Kristalon Modrý (19 % N, 6 % P₂O₅, 20 % K₂O)
 Živiny dodané kyselinami – započítat do bilance živin hnojivého roztoku.

koncentrace		frekvence
mg N/l	%	
50–75	0,025–0,035	dle potřeby
100–150	0,05–0,075	dle potřeby
100–200	0,05–0,1	při každé zálivce
200–300	0,1–0,15	při týdenní zálivce
400–500	0,2–0,25	1× za 10–14 dní

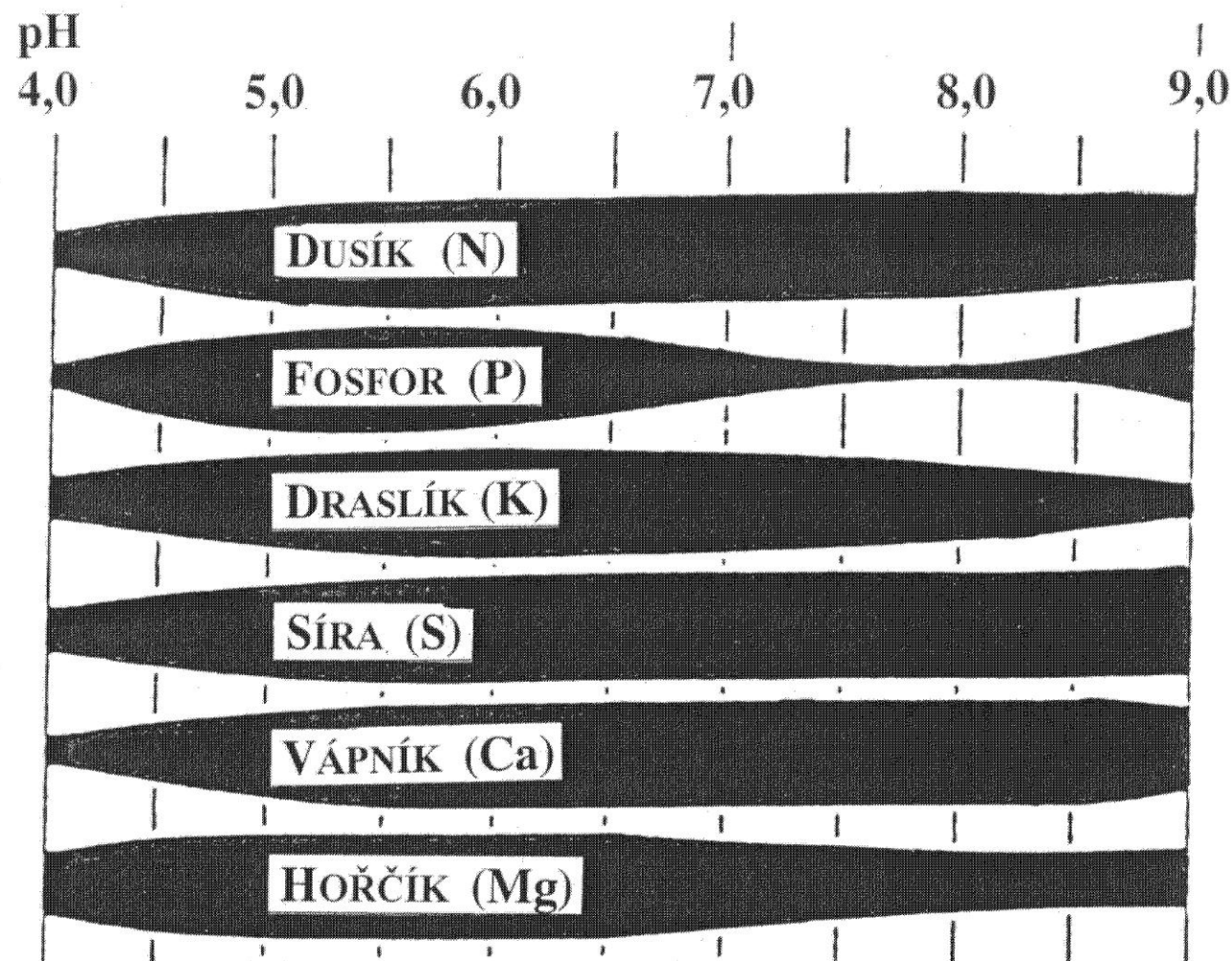
OPTIMÁLNÍ OBSAH JEDNOTLIVÝCH ŽIVIN V MG/L HNOJIVÉHO ROZTOKU

Obsah živin při použití dešťové vody a rašelinového substrátu – doplnění všech živin
Podíl dusíku v amonné formě se většinou pohybuje v rozmezí **20–30 %** obsahu celkového dusíku v roztoku, tyto hodnoty jsou uváděné jako optimální pro růst rostlin.
Vysoký obsah Fe ve vodě nad 0,5 mg/l – možné poškození rostlin, okysličování vody × Fe do živných roztoků v chelátové formě.

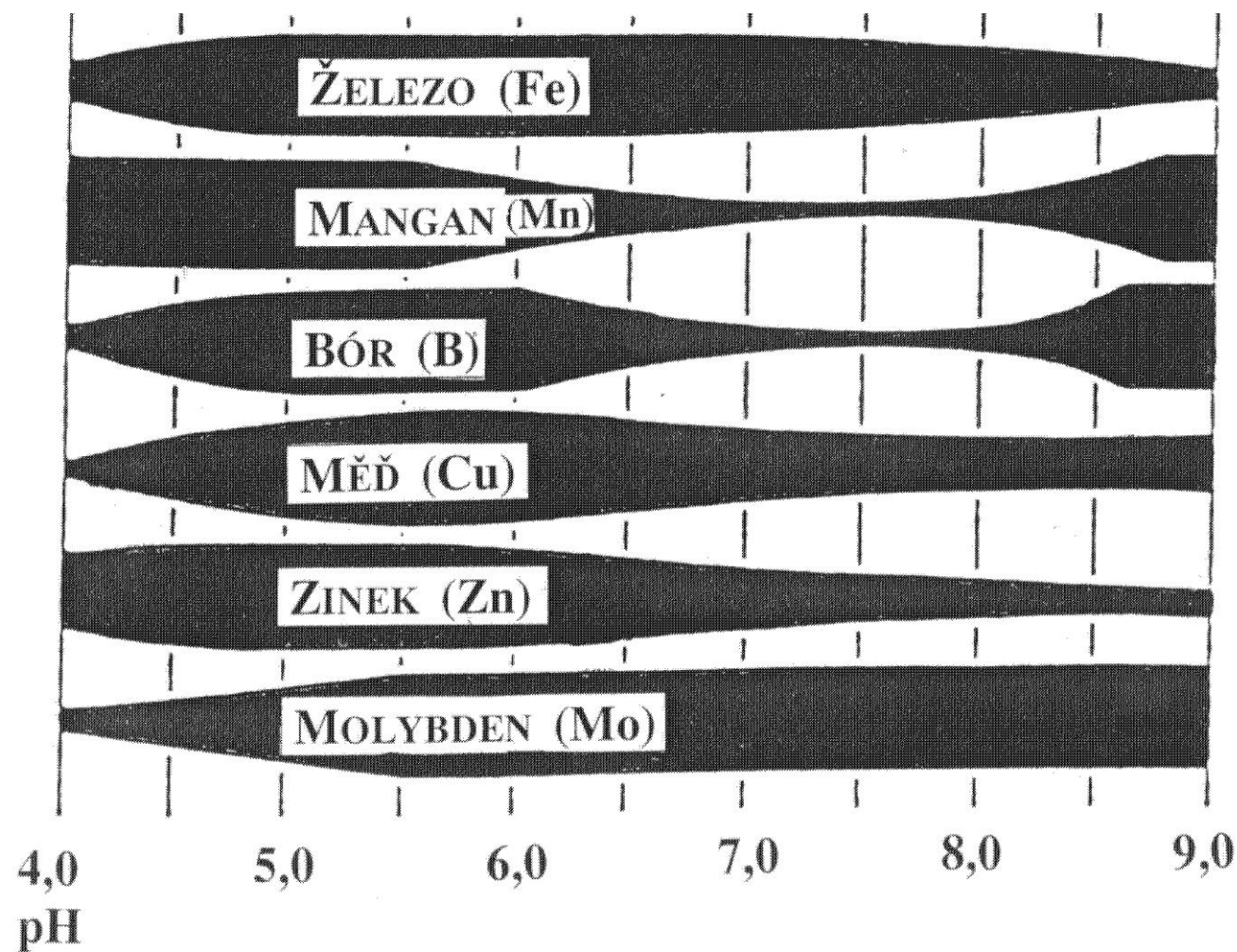
Vysoký obsah stopových živin > 0,3 mg B/l, > 0,2 mg Mn/l, nehnojit B, resp. Mn.

	pH	EC	N	N-H ₄	P	K	Mg	Ca	S
bylinky	5,5	1,7	160	32	30	160	30	150	20
				Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
				0,8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,02

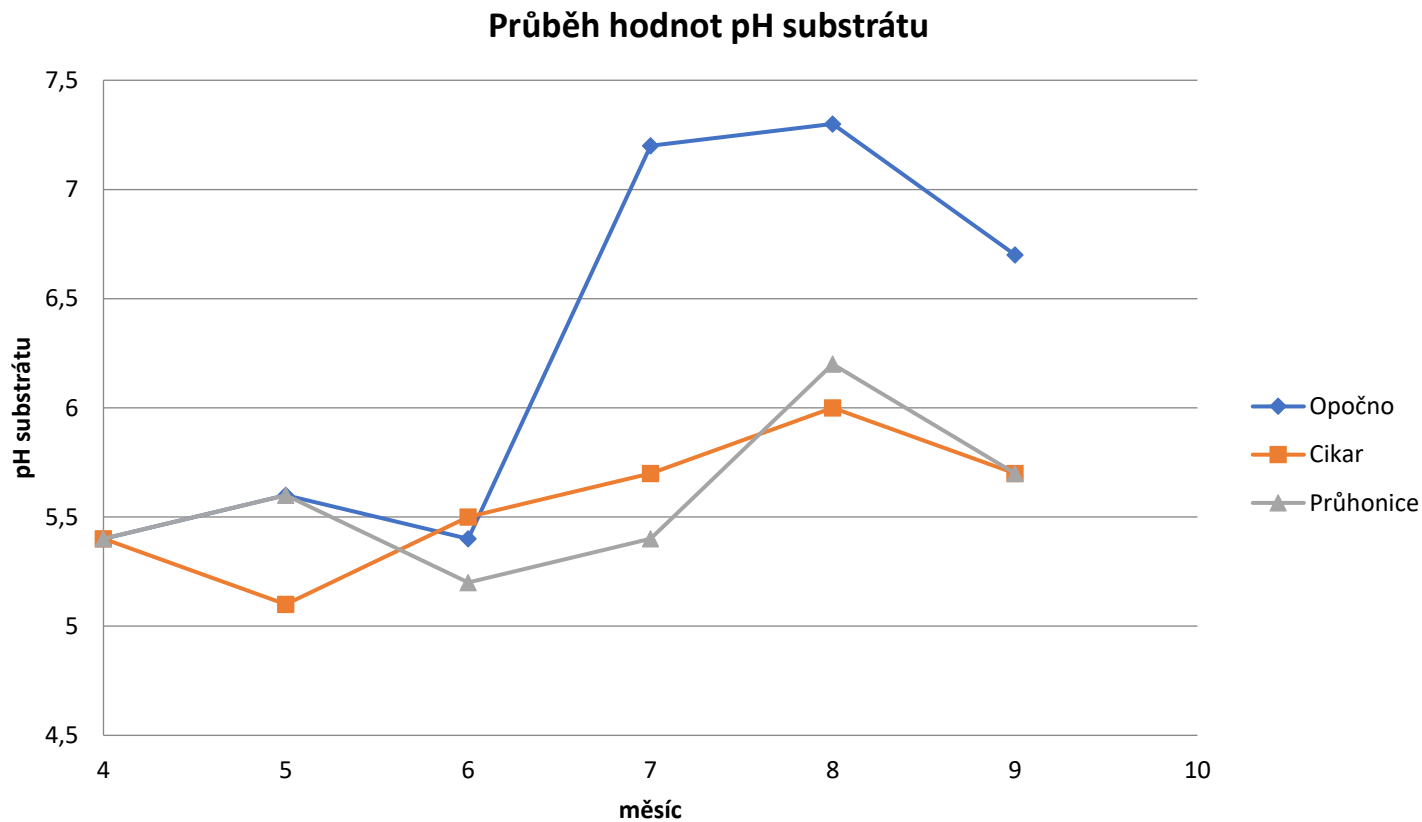
DOSTUPNOST HLAVNÍCH ŽIVIN ORGANICKÝCH SUBSTRÁTECH– VLIV $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$



DOSTUPNOST STOPOVÝCH ŽIVIN ORGANICKÝCH SUBSTRÁTECH– VLIV $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$



Průběh hodnot $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ substrátu (ČSN EN 13037) při pěstování semenáčků buku lesního s použitím zálivkové vody s odlišnou uhličitánovou tvrdostí (Opočno 19 °N, Průhonice 11 °N, Cikar 4 °N). Optimální hodnoty $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,5–6,0 pro listnáče; $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,0–5,5 pro jehličnany.



METODY STANOVENÍ pH

pH	navážka/ činidlo	metoda
pH_{H2O}	v/v=1/5	ČSN EN 13 037
pH _{H2O}	w-suš./v=1/10	VUKOZ
pH_{H2O}	w-suš./v=1/5	VÚRV - půda
pH _{H2O}	w-suš./v=1/25	ÚKZÚZ
pH _{H2O}	v/v=1/1,5	Holandská metoda
pH_{CaCl2}	1w-suš.:5v	ČSN ISO 10390
pH_{CaCl2}	v/v=1/2,5	VDLUFA (SRN)
	(0,01 M CaCl₂)	
o 0,5 až 1,2 stupně nižší		

Vliv hodnoty pH na růst borovice

hodnoty $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,5 × 7,4 ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ 4,4 × 6,6), školka Cikar, srpen 2013



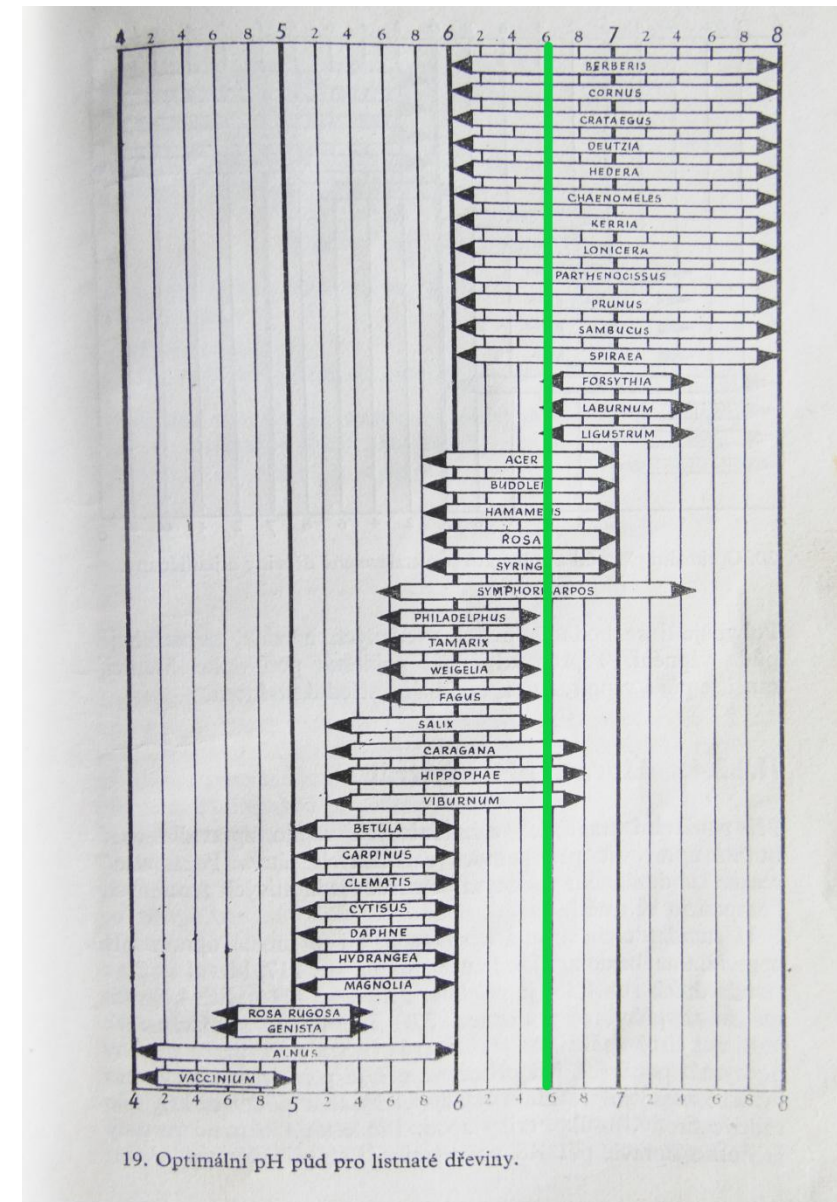
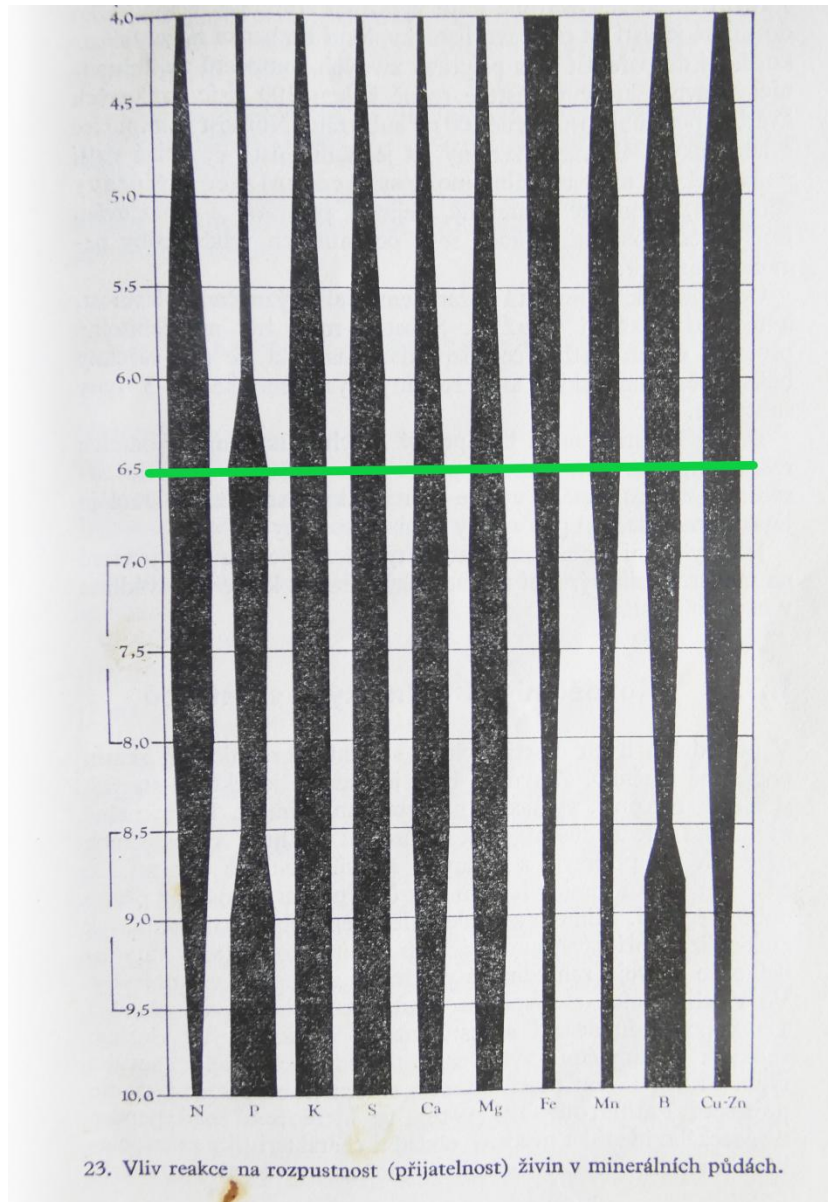
Vliv hodnoty pH na růst buku hodnoty $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7,5 × 6,5 × 5,5, hnojení V1 (620 mg N /L sub.), pokusy VÚKOZ Průhonice, říjen 2013



Vliv hnojení V1 (620 mg N /L sub.)-V2 (1080 mg N)-V3(+ CRF, 1532 mg N)
na růst buku, pH 7,5 × vliv pH_{H2O} – 7,5 - 6,5 – 5,5, hnojení V1



Vliv výměnné reakce $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ na příjem živin, optimální hodnoty $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ pro dřeviny



Vliv $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 7,0$ (opt. 5,5-6,0) na příjem živin - dub bahenní, 2019



FLORENTINUM – modelové snížení uhličitanové tvrdosti o 7 °N

0,24 ml kyseliny dusičné 53% /L, dodá se cca. 35 mg N/l vody,
další živiny se doplní Kristalonem Bílý, koncentrát – dávkování Dosatron

dávka na	Obsah živin v mg/l roztoku						úbytek	dávka na	
l vody	N	N-NH ₄	P	K	M	Fe	° N	10 l konc.	50 l konc.
0,224 ml KD.	35	0					-7	240 ml	1120 ml
0,5 g K Bílý	75	18,5	11	124	12,5			500 g	2 500 g
0,01 g Fe EDTA*						1,3		10 g	50 g
suma	110	18,5	11	124	12,5		-7*		
podzim									
0,0685 ml KS	0	0					-7	68,6 ml	343 ml
0,15 g K Hnědý	4,5	0	7,3	47,3	3,6			150 g	750 g
0 g Fe EDTA						0			
suma	4,5	0	7,3	47,3	3,6		-7*		

Toxicita Mn – sazenice papriky (221 ppm Mn, 55 ppm Fe v sušině listu)



Toxicita Mn – rodeodendrony (485 ppm Mn, 38 ppm Fe)



Toxicita Li - *Euphorbia pulcherrima*

zálivková voda cca. 0,2 mg Li/l, v listech vysoký obsah Li 27 ppm





DĚKUJI ZA POZORNOST dubsky@vukoz.cz