

Projekt „Výzkum způsobů nakládání s odpady,
materiály a vedlejšími produkty hutních a souvisejících
provozů“, CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008426

Testy s rostlinami jako potenciální možnost využití strusek v zemědělství

Ing. Jiří Pavlovský, Ph.D.

VZ 1, FMT, Katedra chemie, VŠB-TUO,
e-mail: jiri.pavlovsky@vsb.cz

26. 9. 2019, Sepetná



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Ochrana životního prostředí

- Ekotesty se sleduje znečištění vod, půd, výluhů z půd, výluhů ze stavebních odpadů, chování čistých látek
- Vyhodnocení ekotoxických dat, zařazení odpadů do třídy toxicity, určení IC50, EC50, LC50, atd.
- **„Co se struskami?“** Použití do půd – přimíchání (Francie, USA), strusky se uplatňují i na golfových hřištích, atd. (travnaté porosty-dle patentu z USA a to: United State Patent, 1992, No. 5,085,681, strusky částice menší než 0,841 mm pro půdy), apod.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Co rostlina potřebuje?

- vodu, světlo, ... ,
- makroprvky (v mg/g sušiny): dusík, draslík, vápník, hořčík, fosfor, síra, uhlík,
- mikroprvky (v µg/g sušiny): chlór, bór, železo, mangan, zinek, měď, molybden, nikl,
- prospěšné prvky: pouze prospěšné, nebo esenciální jen u některých druhů rostlin, např. křemík, sodík, hliník (velmi závislé na množství)



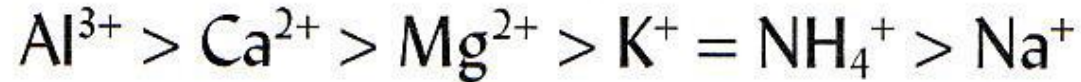
Využití k
zemědělství



- ve výživě rostlin platí tzv. zákon minima,
- nedostatek (tzv. **deficience**): snížení rychlosti růstu, změny ve vzhledu rostlin – žloutnutí (chloróza), červenání, zasychání částí listů → použití živného roztoku
- nadbytek (**toxická**): nepříznivý stav (např. zasolení půdy (nadbytek Na⁺, Cl⁻ apod.), problém s příjmem vody, draslíku), zatížení vysokou koncentrací těžkých kovů, **některé rostliny hromadí velké množství těžkých kovů v listech bez projevů toxicity**, cca 450 druhů krytosemenných rostlin se schopností hyperakumulace (As, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, Zn, apod.)

Příjem minerálních látek rostlinami

- kořeny z půdy (hlavně anorganické ionty, voda), hlavní zdroj živin z půdy, dostupnost živin: podloží, schopnost půdy vázat ionty z půdního roztoku, dostupnost vody – hydrologický režim, pH, provzdušnění apod., jílové minerály (kaolinit) a organické látky (humus=stabilizace pH, nízké pH=ztráta Mg^{2+} a Ca^{2+} , uvolní se Al^{3+}) díky povrchovému náboji váží ionty:



- spolupráce s mikroorganismy (tzv. mykorrhiza=spolupráce s houbami hlavně při fixaci dusíku)
- přes listy (podoba iontů nebo plynů CO_2 a SO_2): hnojení na list pro mikroprvky a Ca

kořenové vlásky zvyšují povrch kořene a zajišťují kontakt s okolní půdou, počet kolem 100 na mm^2 , délka: 200-300 (výjimečně až 1000) μm , životnost několik dní



- ▶ ionty živin jako nabité částice nemohou přejít volně přes lipidovou membránu, musí využít transportní proteiny – to buňce umožňuje selekci přijímaných látek,
- ▶ kořeny reagují na přítomnost živin v půdě změnami v intenzitě růstu, viz ječmen
- ▶ kořeny ovlivňují rozpustnost (dostupnost) živin v půdě ve svém okolí, vylučují ionty H^+ a bílkoviny

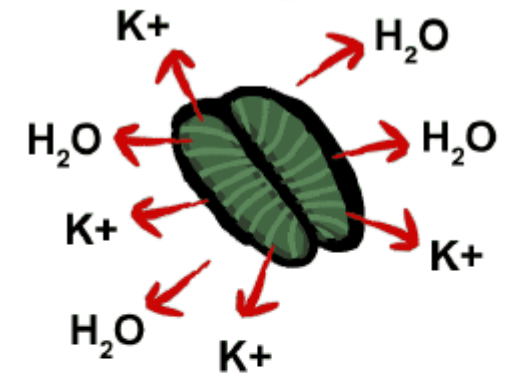
- aplikace minerálních hnojiv znamenala zemědělskou revoluci - draselná hnojiva – Německo, 1861
- superfosfát - Anglie, začátek 19. st.
- dusíkatá hnojiva - $Ca(NO_3)_2$, 1903, NH_3 , 1913
- nadbytek P - eutrofizace vod



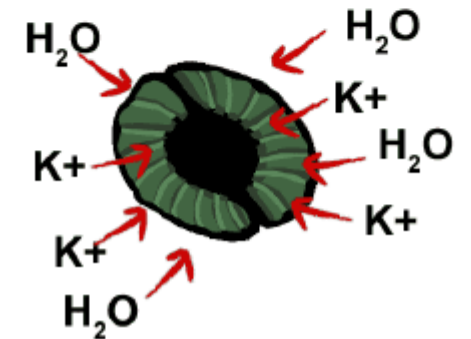
Hlavní prvky, jež potřebují rostliny

- dusík: jako makroprvek v největším množství 2-5 % na sušinu, součást bílkovin a organ. látek, nedostatek se projevuje zpomalením rychlosti růstu, žloutnutím listů (chloróza) často v kombinaci s červenáním
- fosfor: součástí nukleových kyselin, membrán, význam v přenosu energie (ATP), 0,2-0,5 % sušiny, často limitující živina – špatná rozpustnost v půdě, tvorba sraženin s vápníkem, malý obsah → hnědnou listy
- draslík: osmotikum rostliny
- hořčík: součást chlorofylu
- vápník: přenos signálu v buňce, stavební funkce v buněčné stěně (při nedostatku borcení apikálních částí rostliny, poškození plodů)
- železo: nezbytné pro fungování některých enzymů - dobře dostupné v zamokřené nebo kyselé půdě, při vyšším pH půdy naopak špatná dostupnost

zavírání průduchů

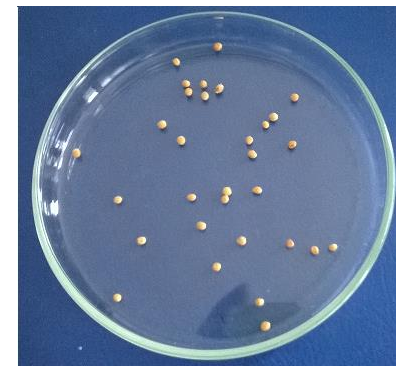


otevírání průduchů



Základní dělení ekotestů

- Stanovení ekotoxicity – podrobují se vodné výluhy testům akutní toxicity.
- Testování na zástupcích (podle norem OECD - 4 základní testy):
 - ryb (*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan – danio pruhované),
 - zooplanktonu (perloočka - hrotnatka, tzv. „vodní blecha“ - *Daphnia magna* Straus, popř. *Daphnia magna pulex*),
 - fytoplanktonu (zelená řasa typu *Desmodesmus subspicatus*),
 - semen vyšších rostlin (hořčice bílá - *Sinapis alba* L.).



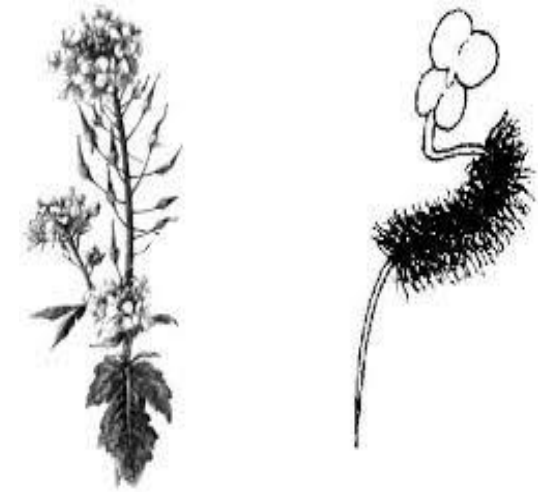
EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MS
MT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Test semichronické toxicity

- ➔ Určení toxického vlivu látek na semena rostlin.
- ➔ Testy obvykle trvají 72-96 hodin při $t = 20 \pm 2$ °C.
- ➔ Sleduje se inhibice růstu kořene.

Sinapis alba L.



I - inhibice růstu kořene [%]

L_k - aritmetický průměr délky kořene v kontrole [mm] (nulová koncentrace)

L - aritmetický průměr délky kořene v testovacím roztoku o dané koncentraci [mm]

$$I = ((L_k - L) / L_k) * 100$$

- ➔ Stanovuje se hodnota IC50 (inhibiční koncentrace, kdy se zkrátí délka (elongace) kořene o polovinu, tedy 50% inhibice).
- ➔ Např. test na salátu, hořčici,



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Zásobní roztoky solí pro testy na semenech *Sinapis alba* L. i pro *Lactuca sativa* L. (salát hlávkový).

zásobní roztoky	chemikálie	navážky [g/l]
ZR 1	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	117,6
ZR 2	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	49,3
ZR 3	NaHCO_3	25,9
ZR 4	KCl	2,3

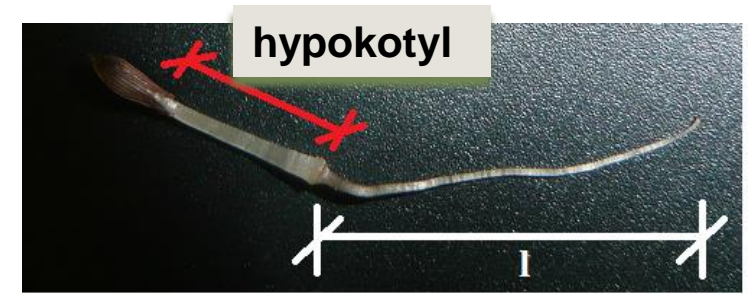


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

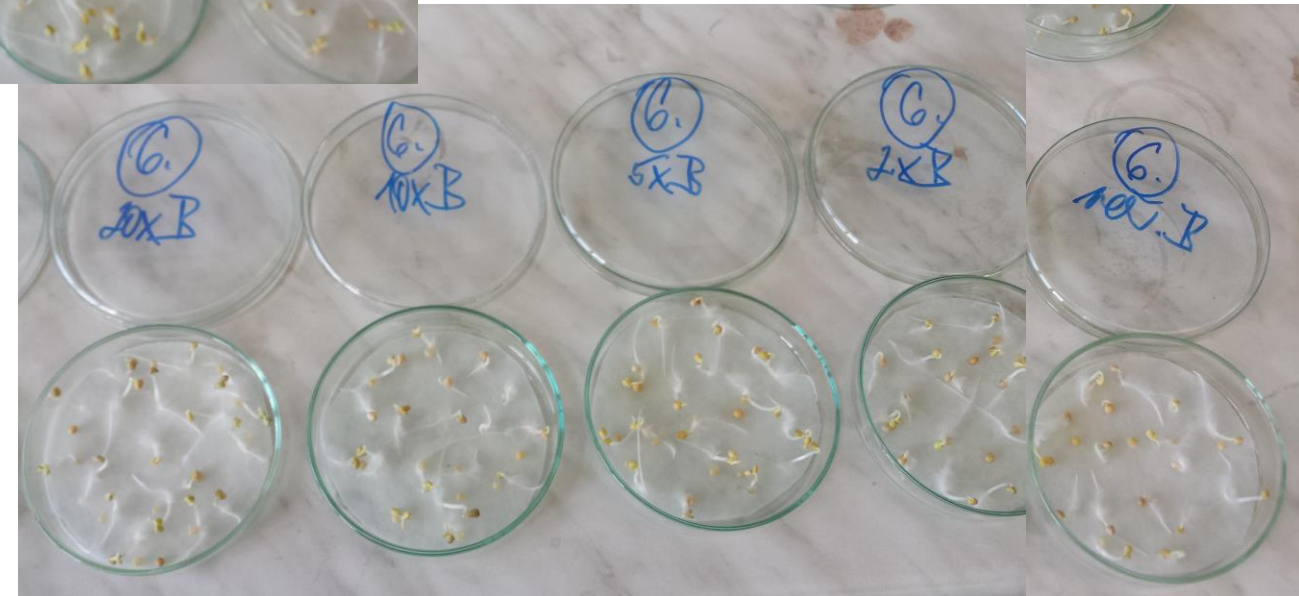


72 hod., 20±2 °C



l-délka kořene

Ukázka testu na *Sinapis alba* L. pro vodný výluh strusky



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MS
MT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Příprava vodného výluhu

- Stanovení toxického účinku látek obsažených ve vodném výluhu odpadů na klíčivost semen a růst kořene hořčice bílé (*Sinapis alba* L.), tedy Test inhibice růstu kořene, příprava výluhu odpadů dle Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí ZP 28/2008 k hodnocení vyluhovatelnosti odpadů nebo takéž podle normy ČSN EN 12457-4 (2003), Charakterizace odpadů - Vyluhování - Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů kalů- část 4: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalné a pevné fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 10 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním) a vypočtená množství vody (ml) a analytického vzorku (g) k přípravě vodného výluhu strusek dle zrnitosti a norem ČSN EN ISO 7346-2 (75 7761) a ČSN EN ISO 6341 (75 7751).
- Úprava pH vodného výluhu strusek na cca $7,8 \pm 0,2$ a příprava ředění výluhu s ředicím roztokem po předb. testu + opak.: blank (0x), 400x, 200x, 100x, 50x, 20x, 10x, 5x, 2x a neředěný vodný výluh.

Hodnocení ekotestů

- Platné předpisy v ČR: akutní ekotoxicita odpadů hodnocení pro vodné výluhy, testy prováděny jen ve vodném prostředí (akvatické - organismy, terestrické - hořčice bílá, hodnoceny jen látky ve vodě rozpustné, nikoliv látky ve vodě nerozpustné.
- Ve světě: ekotoxicita odpadů dle kontaktních testů toxicity, na půdách pro předklíčená semena rostlin, např. *Lactuca sativa* L. a další semena rostlin - Kontaktní fytotoxický screeningový test klíčivosti salátu (*Lactuca sativa* L.) dle ISO 17126 - hodnocena klíčivost, prodlužování kořene.
- Výhody kontaktních testů: jednoduchost, variabilita druhů rostlin, dostupnost a delší uchování semen během roku, rozdílné odezvy na toxicitu látky: množství biomasy, růst kořene, výška rostliny, hmotnost sušiny biomasy, apod.
- Nevýhody kontaktních testů: delší expozice, vliv půdních faktorů: rozdílná hustota půdy, pórovitost, vodní kapacita, textura, atd.

Vyhláška č. 437/2016 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a změně vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady dle § 42 Plán odpadového hospodářství České republiky, část (5) Závazná část Plánu odpadového hospodářství České republiky, obsahuje cíle a opatření pro předcházení vzniku odpadů podle přílohy č. 13 tohoto zákona a stanoví cíle, zásady a opatření k jejich dosažení včetně preferovaných způsobů nakládání a soustavu indikátorů k hodnocení plnění cílů Plánu odpadového hospodářství například pro: b) nakládání se stavebními odpady, e) nakládání s dalšími odpady, zejména nebezpečnými, f) přípravu na opětovné použití, recyklaci, využívání a odstraňování odpadů minimalizující nepříznivý dopad na životní prostředí, g) snižování množství odpadů ukládaných na skládky, zejména biologicky rozložitelných odpadů.

Pro vodné výluhy platí:

- pokud je ekotoxicita hodnocena pouze na základě výsledků stanovených na *Sinapis alba* L., tak dle Vyhlášky č. 376/2001 Sb., která stanoví limit $72hIC_{50} \leq 10 \text{ ml/l}$, **nevykazuje pak vzorek vodného výluhu nebezpečnou vlastnost H 14 Ekotoxicita.**

- dle vyhlášky 294/2005 Sb.: je-li **inhibice větší než 30 % pro neředěný vodný výluh**, dle této vyhlášky, **vykazuje pak vzorek nebezpečnou vlastnost H 14 Ekotoxicita.** Takové vzorky půd, strusek, popílků, apod., **nelze použít k rekultivaci vytěžených povrchových dolů, do lomů, pískoven, úpravu terénu, pozemků apod.**

Výsledky testu na semena *Sinapis alba* L. (hořčice bílá), délka testu 72 hod., teplota (20±2) °C pro vodné výluhy strusek dle OECD a připravených dle Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí ZP 28/2008 k hodnocení vyluhovatelnosti odpadů a podle normy ČSN EN 12457-4 (2003) pro různou zrnitost.

VVS	c _{VV} (ml/l)					IC (%) +KVV/ +(-)H 14	V/N
	0 (K)	100	200	500	1000 (+KVV)		
	*PDK (mm)/IC (%)						
VPS1 _{<0,1 mm}	21,03/0	27,35/-30,03(S)	22,58/ -7,36(S)	21,90/ -4,12(S)	21,15/ -0,56(S)	S/-	V
VPS2 _{<0,1 mm}	20,22/0	15,75/22,09	16,15/20,12	14,38/28,87	13,93/31,10	31,10/rozhraní	V
PS1 _{<0,1 mm}	20,15/0	17,75/11,91	19,08/5,33	17,05/15,38	11,15/44,67	44,67/+	N
PAS1 _{<0,1 mm}	16,63/0	18,35/-10,38(S)	21,75/ -30,83(S)	17,85/ -7,37(S)	20,78/ -24,96(S)	S/-	V
VPS1 _{<4 mm}	19,86/0	32,00/-61,00(S)	20,70/ -4,20(S)	23,28/ -17,00(S)	20,10/ -1,20(S)	S/-	V
VPS2 _{<4 mm}	20,85/0	26,88/-29,00(S)	21,58/ -3,50(S)	18,90/9,35	19,05/8,63	8,63/-	V
PS1 _{<4 mm}	16,61/0	19,50/-17,38(S)	17,05/ -2,63(S)	16,53/0,53	15,72/5,39	5,39/-	V
PAS1 _{<4 mm}	19,92/0	19,23/-4,98(S)	20,45/ -11,67(S)	23,30/ -16,99(S)	21,13/ -6,11(S)	S/-	V

VVS-vodný výluh strusky, K-kontrola, c_{VV}-koncentrace vodného výluhu (ml/l), +KVV-koncentrovaný vodný výluh, *PDK-průměrná délka kořene (mm), IC-inhibiční koncentrace (%) oproti kontrole, S-stimulace růstu oproti kontrole, +(-)H 14-positivní(negativní) Ekotoxicita (H 14 Ekotoxicita), V/N-vyhovuje/nevyhovuje struska

Výsledky semichronického testu na semena *Sinapis alba* L. (hořčice bílá), délka testu 72 hod., teplota (20±2) °C pro vodné výluhy strusek dle OECD a připravených dle Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí ZP 28/2008 k hodnocení vyluhovatelnosti odpadů a podle normy ČSN EN 12457-4 (2003) pro různou zrnitost.

VVS	c _{VV} (ml/l)					IC (%) +KVV/ +(-)H 14	V/N
	0 (K)	100	200	500	1000 (+KVV)		
	*PDK (mm)/IC (%)						
VPS3 _{<0,1 mm}	18,30/0	16,20/11,48	16,31/10,89	16,10/12,02	13,00/28,96	28,96/-	V
PAS2 _{<0,1 mm}	18,68/0	19,15/-2,54(S)	20,88/ -11,78(S)	12,78/31,59	12,13/35,07	35,07/+	N
PS2 _{<0,1 mm}	23,47/0	20,08/14,45	16,40/30,11	14,23/39,38	9,63/58,95	58,95/+	N, dosažena IC ₅₀ (konc. vodný výluh)
PAS3 _{<0,1 mm}	24,36/0	22,58/7,34	19,58/19,65	18,48/24,17	12,88/47,12	47,12/+	N
VPS3 _{<4 mm}	18,61/0	20,33/-9,22(S)	18,75/ -0,74(S)	16,15/13,21	16,10/13,50	13,50/-	V
PAS2 _{<4 mm}	18,38/0	17,13/6,84	16,60/9,70	16,50/10,25	16,51/10,19	10,19/-	V
PS2 _{<4 mm}	19,88/0	15,55/21,76	15,80/20,50	15,45/22,26	15,92/19,91	19,91/-	V
PAS3 _{<4 mm}	20,20/0	17,30/14,37	17,00/15,85	16,85/16,59	13,80/31,69	31,69/rozhraní	V

VVS-vodný výluh strusky, K-kontrola, c_{VV}-koncentrace vodného výluhu (ml/l), +KVV-koncentrovaný vodný výluh, *PDK-průměrná délka kořene (mm), IC-inhibiční koncentrace (%) oproti kontrole, S-stimulace růstu oproti kontrole, +(-)H 14-pozitivní(negativní) Ekotoxicita (H 14 Ekotoxicita), V/N-vyhovuje/nehovuje struska

Kontaktní test strusek na půdách

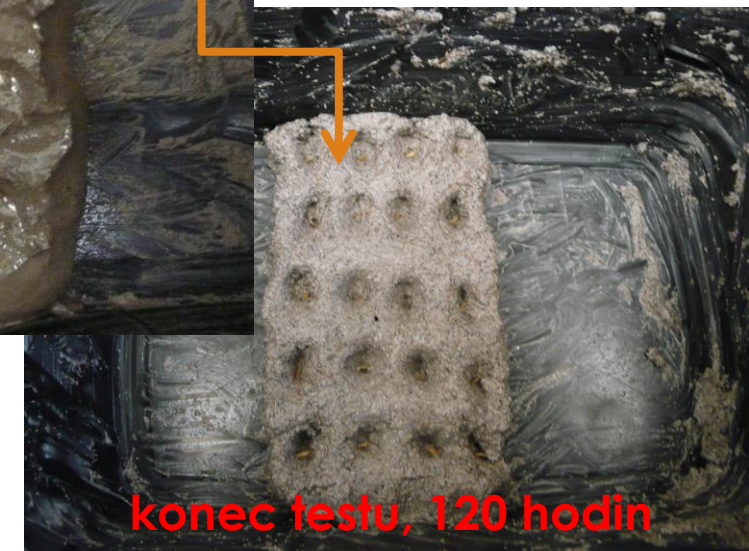
- Kontaktní uspořádání: klíčení semen a růst vyšších rostlin. V ČR preferována metodika ISO 11269-2, Kvality půdy – Stanovení účinku polutantů na půdní flóru -- Část 2: Stanovení účinku chemikálií na klíčivost a růst vyšších rostlin. Popř. testy dle metodiky ISO 11269-1, Kvality půdy - Stanovení účinku polutantů na půdní flóru -- Část 1: Stanovení inhibice růstu kořene a dle metodiky ISO 17126, Kvality půdy – Stanovení účinku polutantů na půdní flóru – **Screeningový test klíčivosti salátu (*Lactuca sativa* L.), které jsou doporučovány pro doplnění sady testů využívaných k hodnocení ekotoxicity odpadů.**
- Kontrolní půda: přírodní standardní půda LUFA 2.3 (či artificiální půda), jeli testovanou látkou pevný odpad lze testovat jako čistý nebo se promíchává v různém poměru s kontrolní půdou, testovací nádoby - PE, keramické
- Doporučené koncentrace pro test: 0 (kontrola) - 0,1; 1; 10; 30; 50; 70; 90 a 100 % odpadu vmíchaného do standardní půdy, 10 semen na koncentraci.
- Určit: vodní kapacitu půdy, pH a typ půdy apod.
- Stanovit: nejdříve po 14, 21 dnech: hodnocení klíč., biomasa (sušina), ...



Stanovení účinku chemikálií a látek na klíčivost a růst vyšších rostlin, dle ISO 11269-2



Screeningový test klíčivosti salátu, ISO 17126 na strusce v půdě, možný experiment



Složení tzv. artificiální (umělé) půdy dle organizací OECD a ISO:

- 70 % křemenného písku, mající nejméně 50 % zrn o velikosti 0,05-0,2 mm,
- 20 % kaolinitového jílu, mající nejméně 30 % kaolinitu,
- 10 % suché, jemně namleté rašeliny,
- 0,3-1,0 % CaCO_3 (pH půdy upraveno na $6,0 \pm 0,5$),
- 40 % WHC (water holding capacity, vodní kapacita půdy): úprava vlhkosti destilovanou vodou.

Metody správného odběru půdy, skladování a informace o manipulaci s ní jsou přesně definovány ve směrnici ISO 10381-6. K testování se doporučuje použít alespoň dvou typů půd, například půdu z pastvin a ornou půdu.

kontaktní test: screeningový test klíčivosti salátu,

hodnocený parametr: klíčivost, prodlužování kořene,

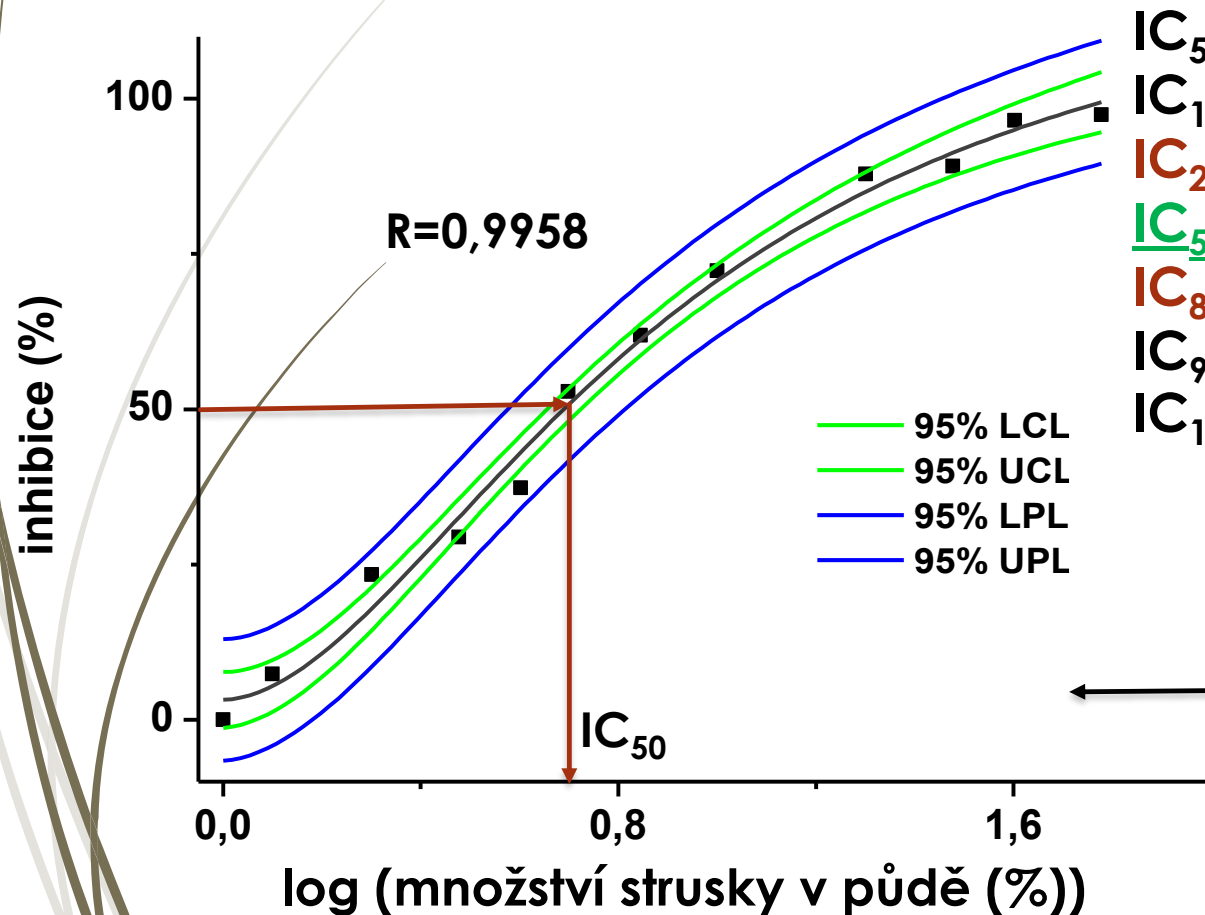
dle: ISO 17126

Screeningový test klíčivosti salátu, ISO 17126 na struskách v půdě

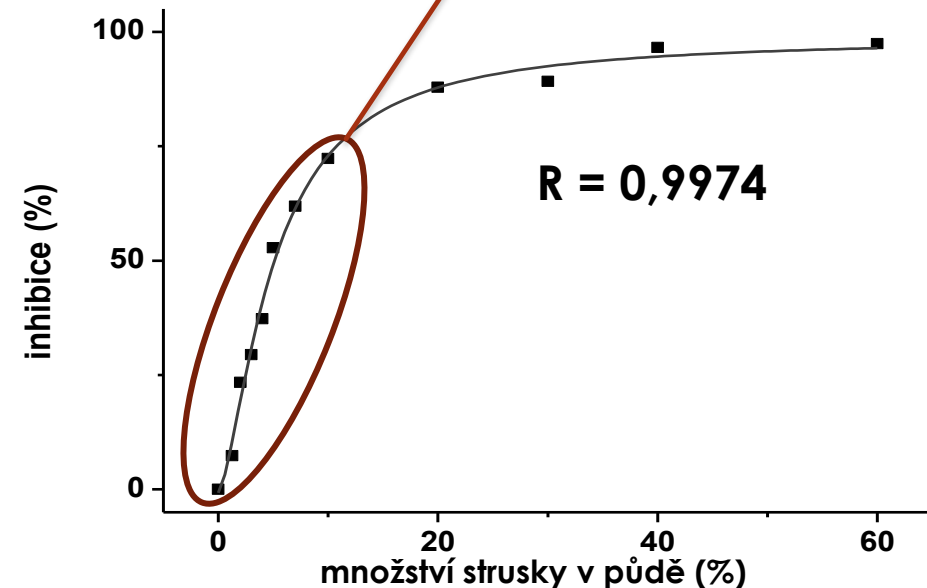
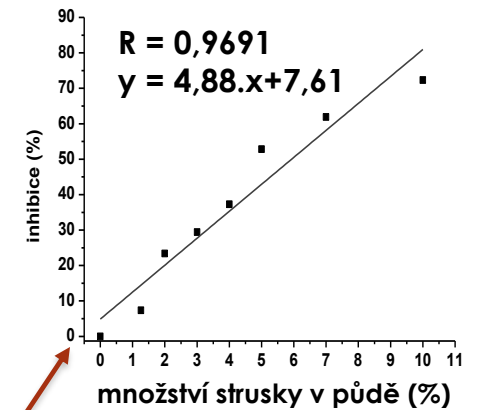
- předklíčení semen salátu setého na vrstvě filtračního papíru zvlhčeného destilovanou vodou 24-48 hodin, laboratorní teplota, bez osvětlení,
- pro test výběr semen s kořínkem menším než 2 mm,
- obsah misek navlhčit na 70 % hodnoty vodní kapacity půdy,
- rozvrhnutí sítě 5x3 na jamky, do nichž dát 15 předklíčených semen salátu (předklíčená semínka dát kořenem dolů a nezakrývat půdou),
- misky se zasazenými semínky přikrýt víčkem a ponechat v termostatu po dobu 120 ± 2 hodiny (5 dní) při $24 \text{ }^\circ\text{C}$,
- poté opatrně vyjmout vyklíčené rostlinky pomocí pinzety a určit délku kořenů milimetrovým měřítkem, provedení celého experimentu ve dvou paralelních stanoveních,
- koncentrace: 0; 0,1; 1; 10; 30; 50, 70; 90 a 100 % strusky/půdu,
- stanovit pH a vodní kapacitu půdy WHC dle ISO 11269-1.

Kontaktní 120 hod. screeningový test klíčivosti salátu, ISO 17126, na pecní strusce v půdě

struska + půda - (0-60 % pecní strusky v půdě)



$IC_5 = 1,22$ % p. strusky
 $IC_{10} = 1,55$ % p. strusky
 $IC_{20} = 2,13$ % p. strusky
 $IC_{50} = (4,90 \pm 0,03)$ % p. strusky
 $IC_{80} = 15,23$ % p. strusky
 $IC_{90} = 27,38$ % p. strusky
 $IC_{100} = > 60$ % p. strusky



Parametry půdy a artificiální půdy

Obě půdy se řadí mezi silně zasolené, kdy měrná vodivost je větší než 2,8 mS/cm

vzorek	pH	t (°C)	TDS (g/l)	SAL	κ (mS/cm)	ρ (Ω.cm)	% suš. (%)	-WHC _{max} (ml/g)	V _{voda zb.} po 24 hod. k WHC _{max} . (ml)	V _{test kontaktní} salát (ml H ₂ O/g půdy)
půda (J.V.)	6,13	23,8	109,2	OFL ⁺	109,2	9,16	98,29	0,6954	81	0,4665
AP*	6,43	24,1	106,4	OFL ⁺	106,4	9,44	98,88	0,6037	83	0,4067

*artificiální půda, ⁺mimo rozsah, -WHC – maximální vodní kapacita půdy, TDS-celková mineralizace, SAL-salinita, ρ-měrný odpor, κ-měrná vodivost

Středně těžká půda (půdní druh) dle ČSN EN ISO 103081-6 a Vyhláška Ministerstva zemědělství, o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. In: 400/2004 Sb.

1. ČSN ISO 10390 (836221). Kvalita půdy - Stanovení pH. Praha: Český normalizační institut, 2011.

2. ČSN ISO 11461. Kvalita půdy - Stanovení hmotnostního podílu sušiny a hmotnostní vlhkosti půdy - Gravimetrická metoda. Praha: Český normalizační institut, 2008.

3. ČSN EN 14346 (838016). Charakterizace odpadů - Výpočet sušiny stanovením podílu sušiny nebo obsahu vody. Praha: Český normalizační institut, 2007.

4. ČSN ISO 103081-6. Kvalita půdy – Odběr vzorků – Část 6: Pokyny pro odběr, manipulaci a uchovávání půdních vzorků za aerobních podmínek pro studium mikrobiálních procesů, biomasy a diversity v laboratoři. Praha: Český normalizační institut, 2011.

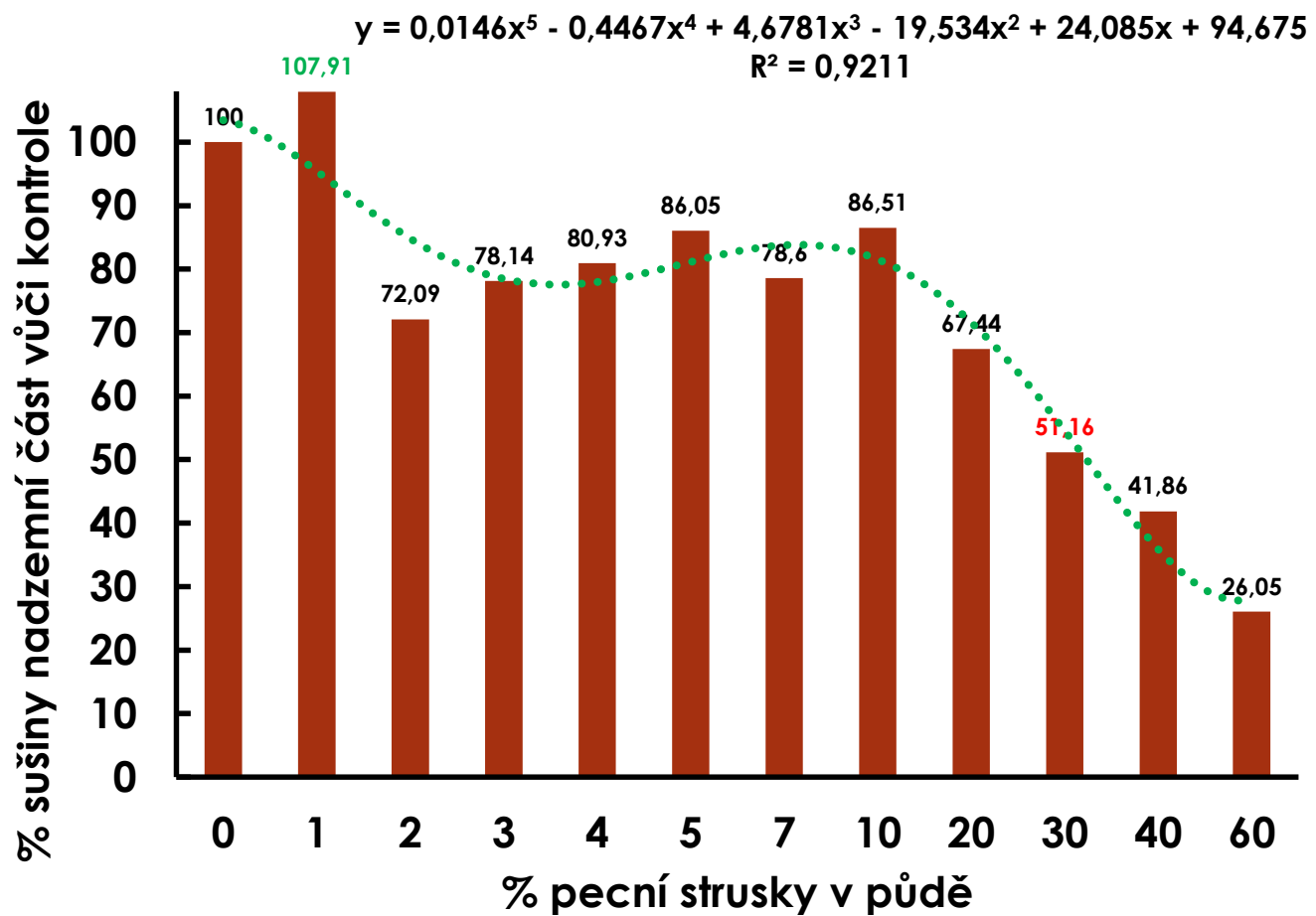
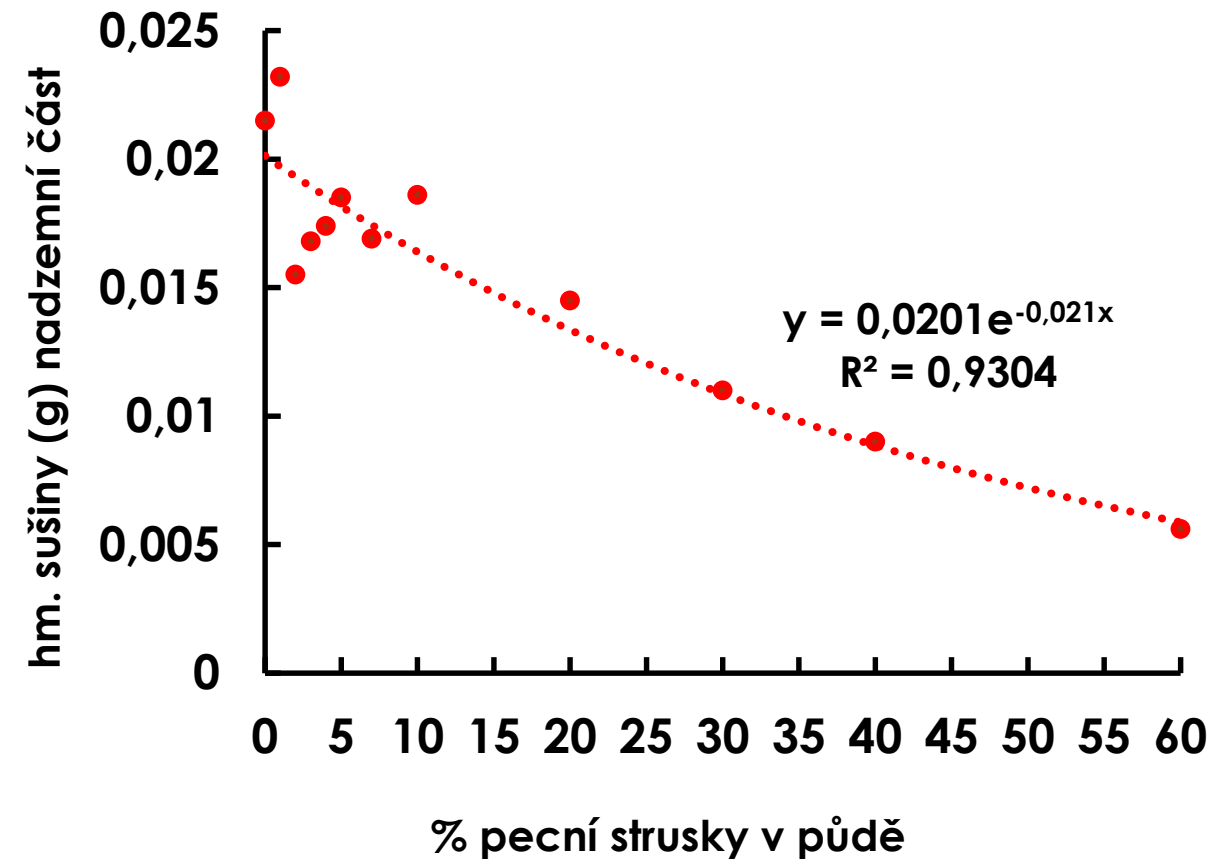
5. Vyhláška Ministerstva zemědělství, o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků. In: 400/2004 Sb.

6. ČSN EN 14735: Charakterizace odpadů – příprava vzorků odpadu pro testy ekotoxicity. Praha: Český normalizační institut, 2007.

% pecní strusky v půdě	hm. sušiny (g) – nadzemní část salátu	% sušiny nadzemní část
0	0,0215	100
1	0,0232	107,91 (stimulace)
2	0,0155	72,09
3	0,0168	78,14
4	0,0174	80,93
5	0,0185	86,05
7	0,0169	78,60
10	0,0186	86,51
20	0,0145	67,44
30	0,0110	51,16
40	0,0090	41,86
60	0,0056	26,05

Sušina nadzemní část,
120 hod. na *Lactuca sativa* L.,
kontaktní test,
pecní struska + půda

Sušina nadzemní část, 120 hod. na *Lactuca sativa* L., kontaktní test, pecní struska + půda



LITERATURA

1. OECD. Ecotoxicology tests. Oecd.org[online]. 2019, [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <http://www.oecd.org/general/searchresults/?q=OECD%20ecotoxicology%20tests&cx=012432601748511391518:xzeadub0b0a&cof=FORID:11&ie=UTF-8>.
2. OECD. Guideline for Testing of Chemicals 208. (1984). Terrestrial Plants, Growth Test.
3. ČSN EN 14735: Charakterizace odpadů – příprava vzorků odpadu pro testy ekotoxicity. Praha: Český normalizační institut, 2007, 44 s. Metodický pokyn odboru odpadů ke stanovení ekotoxicity odpadů. Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha 11/2007.
4. ČSN EN 12457-4. Charakterizace odpadů - Vyluhování - Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů - Část 4: Jednostupňová vsádková zkouška při poměru kapalné a pevné fáze 10 l/kg pro materiály se zrnitostí menší než 10 mm (bez zmenšení velikosti částic, nebo s ním). 2003.
5. Vyhláška č. 376/2001 Sb. o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2001.
6. Zákon č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2005.
7. Soil Water Holding Capacity. *Better Soils* [online]. [cit. 2019-26-09]. Dostupné z: http://soilwater.com.au/bettersoils/module2/2_1.htm
8. ČSN ISO 10390 (836221). *Kvalita půdy - Stanovení pH*. Praha: Český normalizační institut, 2011.

...



struska +
půda

**Děkuji vám
za
pozornost.**

vzorek	pH	t (°C)	TDS (g/l)	SAL	K (mS/cm)	ρ (Ω.cm)	% suš. (%)	-WHC _{max} (ml/g)	V _{voda zb. po 24 hod. k WHCmax.} (ml)	V _{test kontaktní salát} (ml H ₂ O/g půdy)
půda (J.V.)	6,13	23,8	109,2	OFL ⁺	109,2	9,16	98,29	0,6954	81	0,4665
AP*	6,43	24,1	106,4	OFL ⁺	106,4	9,44	98,88	0,6037	83	0,4067
struska V.	11,70	23,8	110,4	OFL ⁺	110,5	9,06	99,52	0,4465	87	0,3062
1 M KCl	6,31	23,7	110,9	OFL ⁺	111,2	9,01	-	-	-	-
demi voda	6,61	23,8	0,002	0,0	0,0016	445 000	-	-	-	-