

## Aplikácia vápna, liadku a glyfosátu na biologicky kvalitný kompost

### ZHRNUTIE

Výskumný projekt stanovil dopad aplikácie dvoch rôznych koncentrácií vápna, liadku a glyfosátu na biologické parametre kvalitného kompostu v laboratórnych podmienkach. Zistili sme, že všetky zvolené aplikácie degradovali pôdny mikrobióm kvalitného kompostu.

### KONTEXT

Existuje relatívne málo vedeckých poznatkov o dopade aplikácií vápna, liadku a glyfosátu na biologické zdravie pôdy a tieto dostupné poznatky si niekedy odporujú. Z doteraz publikovaných štúdií nie je známe testovanie dopadu na potravnú sieť pôdy v komposte aj napriek tomu, že príroda prirodzene kompostuje vo vrchnom organickom horizonte pôdy. Nakoľko pri komposte predpokladáme výraznejšiu stopu v dôsledku vyššej koncentrácie prospešného pôdneho mikrobiómu (húb, prvokov, nematód) a v dôsledku nižšej koncentrácie baktérií v komposte ako v pôde, rozhodli sme sa experimentovať s kompostom namiesto zdegradovanej poľnohospodárskej pôdy.

Vápnok, liadok a glyfosát sme vybrali z nasledovných dôvodov:

**Vápnenie** patrí k tradičným konvenčným technikám v poľnohospodárstve, kde sa odporúča pre zlepšenie štruktúrnych vlastností pôdy a pre úpravu pH kyslých pôd s cieľom zvýšenej absorpcie živín rastlinami. Na strane druhej pribúdajú dôvody pochybovať o zmysluplnosti vápnenia za predpokladu, že pôda je živý organizmus. Podľa pozorovaní pôdnych mikrobiológov a zo skúsenosti s regeneráciou pôdy vyplýva, že vápnenie môže zdravie pôdy degradovať:

- Zasofuje pôdu, viaže na seba vodu, ktorá by bola inak prístupná rastlinám a mikrobiómu pôdy.
- K zmene pH dochádza len dočasne, pričom do 6 týždňov sa pH vráti na pôvodnú hodnotu, pretože vápnik je v pôde vysoko mobilný a rýchlo sa splaví do nižších vrstiev pôdy. Náklady vápnenia a emisie CO<sub>2</sub> súvisiace s vápnením sú pri takto krátkodobom účinku neopodstatnené.
- Vápnik splavený do nižšieho horizontu pôdy kalcifikuje a v prípade zhutnenia vytvorí vode nepriepustnú vrstvu, čím vážne naruší vodozadržnú schopnosť pôdy a schopnosť koreňov zhutnenie rozrušiť.
- Vápnenie v spojení s aplikáciou glyfosátu vedie k premene pôdy na vysoko bakteriálnu "mazľavú" so zvýšeným rizikom zhutnenia.

Zároveň je aj samotný predpoklad vyššej dostupnosti živín pri neutrálnejšej pôde z hľadiska pH založený na medzičasom prekonanej predstave, že pôda je neživá.

Naopak v biologicky zdravej pôde rastlina dokáže v spolupráci s mikrobiómom regulovať pH v mikropriestoroch svojho koreňového systému v rozmedzí až 6 stupňov stupnice pH a dostupnosť živín sa v biologicky zdravej pôde ďalej zvyšuje vďaka enzymatickému výkonu húb (ktoré, ak sú prítomné, zvyšujú o.i. bakteriálnu fixáciu dusíka až 5-násobne) a vďaka kolobehu živín v dôsledku ich uvoľňovania predátormi z tiel organizmov na nižšom trofickom stupni potravnjej siete pôdy. Zaujímali nás preto dopad haseného vápna na potravnú sieť pôdy v kvalitnom komposte.

**Liadok - dusičnan amónny** je bežným poľnohospodárskym minerálnym hnojivom. Dusičnanová zložka dusičnanu draselného sa používa ako rýchlosoľ na elimináciu baktérií produkujúcich botulotoxíny v mäse. Predpokladali sme preto, že obdobne dusičnanová zložka pri hnojení pôdy dusičnanom amónnym vedie k eliminácii baktérií v pôde a k uvoľneniu dodatočného dusíka z tiel zabitých baktérií. Tento jav je známy aj ako “priming effect”, keď pôda zmobilizuje dodatočné zásoby dusíka, takže konečný efekt hnojenia je vyšší ako samotné množstvo externe aplikovaného dusíka.

Zaujímalo nás, či aplikácia liadku do kvalitného vyzretého kompostu eliminuje časť jeho bakteriálnej biomasy a aký dopad bude mať liadok na zvyšné vybrané skupiny potravné siete pôdy, teda na huby, prvoky a nematódy.

**Glyfosát** a jeho aplikácie v poľnohospodárstve sú často diskutovanou témou. Zaujímalo nás preto porovnať toxicitu glyfosátu v porovnaní s toxicitou vápna a liadku na potravnú sieť pôdy vo vyzretom kvalintom komposte.

## METÓDA

Prítomnosť vybraných zástupcov potravné siete pôdy (baktérie, huby, prvoky, nematódy) bola vyhodnotená metodikou Soil Food Web pomocou mikrobiologického optického mikroskopu.

Predmetom analýzy boli:

- Kvantifikácia biomasy baktérií pri 400x zväčšení a pri riedení 1:1000
- Kvantifikácia biomasy aktinobaktérií pri 400x zväčšení a pri riedení 1:10,
- Kvantifikácia biomasy prospešných húb a oomycét pri 400x zväčšení a pri riedení 1:10,
- Kvantifikácia prvokov pri 400x zväčšení a pri riedení 1:10,
- Kvantifikácia nematód pri 100x a 400x zväčšení a riedení 1:10,
- Určenie pomeru huby : baktérie,
- Určenie prítomnosti anaeróbných baktérií,
- Určenie prítomnosti patogénnych baktérií.

Základné riedenie 1:10 bolo pripravené pridaním 1 ml prípravku/kompostu/pôdy do 9 ml vody. Do analýzy sú započítané živé štádiá baktérií, húb, prvokov a nematód, nepočítajú sa ich dormantné/spiace štádiá akými sú cysty, spóry a vajíčka.

## PRÍSTROJE A ZARIADENIA

Na identifikáciu a kvantifikáciu mikrobiálnej biomasy, počtu prvokov a nematód bude použitý optický mikroskop Bresser BIOSCIENCE Trino s možnosťou zväčšenia 40-1000x, s Koehlerovým osvetlením a s Abbe kondenzorom.

## POSTUP

Do 7 plastových vreciek bolo 13.7.2023 navážených po 900 g biologicky kvalitného kompostu. Do jednotlivých vreciek bolo v rovnaký deň aplikovaných 100 ml vody (kontrola) a po 100 ml vody zmiešanej s dvomi rôznymi dávkami haseného vápna, liadku a glyfosátu v množstve podľa Tab 1. Každé vrecko bolo premiešané identickým postupom tak, aby došlo k rovnakej miere mechanickej disturbancie všetkých 7 vzoriek. Vzorky boli umiestnené na tmavé miesto na podlahe v miestnosti pri izbovej teplote 20 stupňov Celzia.

Na piaty deň 18.7.2023 bola optickou mikroskopiou vyhodnotená prítomnosť vybraných zástupcov potravnjej siete pôdy - baktérie, huby, prvoky, nematódy.

Tab 1: Prehľad vzoriek

Číslo vzorky:	1	2	3	4	5	6	7
Názov vzorky:	KV-L	KV-H	KG-L	KG-H	KL-L	KL-H	kontrola
Aktívna látka:	Váпно	Váпно	Glyfosát	Glyfosát	Liadok	Liadok	-
Koncentrácia:	Nízka	Vysoká	Nízka	Vysoká	Nízka	Vysoká	-
Koncentrácia V MJ:	10	100	0,2	0,5	30	100	
MJ:	g/100 ml vody	g/100 ml vody	ml/100 ml vody	ml/100 ml vody	g/100 ml vody	g/100 ml vody	100 ml voda
Matrica:	Kompost	Kompost	Kompost	Kompost	Kompost	Kompost	Kompost

## VÝSLEDKY

Výsledky merania sú v Tab. 2 a percentuálne zmeny v zastúpení vybraných skupín v Tab. 3 a Tab. 4.

Tab 2: Výsledky merania

Číslo vzorky:	1	2	3	4	5	6	7
Názov vzorky:	KV-L	KV-H	KG-L	KG-H	KL-L	KL-H	kontrola
Aktívna látka:	Váпно	Váпно	Glyfosát	Glyfosát	Liadok	Liadok	-
Koncentrácia:	Nízka	Vysoká	Nízka	Vysoká	Nízka	Vysoká	-
Prítomnosť anaeróbných baktérií	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie
Prítomnosť patogénnych baktérií	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie
<b>Prospešné mikroorganizmy</b>							
Bakteriálna biomasa (µg/g)	6 230	7 715	3 745	2 776	3 164	2 389	3 777
Aktinobakteriálna biomasa (µg/g)	1	1	4	2	1	2	1
Hubová biomasa (µg/g)	415	407	188	405	299	209	825
Vážený priemer hubových vlákien (µm)	3	4	3	4	4	4	3
Pomer HUBY : BAKTÉRIE	0	0	0	0	0	0	0
Prospešné prvoky (počet/g)	1 793 440	1 506 489	1 345 080	1 076 064	771 180	789 113	1 380 949
Bičíkovce (počet/g)	627 704	412 491	322 819	197 278	71 738	53 803	269 016
Améby (počet/g)	1 165 736	1 093 998	1 022 261	878 786	699 442	735 310	1 111 933
Prospešné nematódy (počet/g)	220	0	440	440	0	0	660
Nematódy živiace sa baktériami (počet/g)	220	0	440	440	0	0	660
Nematódy živiace sa hubami (počet/g)	0	0	0	0	0	0	0
Nematódy dravé (počet/g)	0	0	0	0	0	0	0
<b>Nežiadúce mikroorganizmy</b>							
Oomycéty biomasa (µg/g)	0	0	0	0	0	0	0
Vážený priemer vlákien oomycét (µm)	0	0	0	0	0	0	0
Nálevníky (počet/g)	0	0	0	0	0	0	0
Nematódy živiace sa koreňmi (počet/g)	0	0	0	0	0	0	0

Tab. 3: Percentuálne zmeny v zastúpení vybraných skupín potravinnej siete pôdy

Číslo vzorky:	1	2	3	4	5	6	7
Názov vzorky:	KV-L	KV-H	KG-L	KG-H	KL-L	KL-H	kontrola
Aktívna látka:	Vápn	Vápn	Glyfosát	Glyfosát	Liadok	Liadok	-
Koncentrácia:	Nízka	Vysoká	Nízka	Vysoká	Nízka	Vysoká	-
<b>Prospešné mikroorganizmy</b>							
Bakteriálna biomasa (µg/g)	65%	104%	-1%	-26%	-16%	-37%	-
Aktinobakteriálna biomasa (µg/g)	25%	42%	317%	125%	33%	133%	-
Hubová biomasa (µg/g)	-50%	-51%	-77%	-51%	-64%	-75%	-
Vážený priemer hubových vlákien (µm)	-5%	6%	-10%	9%	9%	9%	-
Pomer HUBY : BAKTÉRIE	-69%	-76%	-77%	-33%	-57%	-60%	-
Prospešné prvoky (počet/g)	30%	9%	-3%	-22%	-44%	-43%	-
Bičikovce (počet/g)	133%	53%	20%	-27%	-73%	-80%	-
Améby (počet/g)	5%	-2%	-8%	-21%	-37%	-34%	-
Prospešné nematódy (počet/g)	-67%	-100%	-33%	-33%	-100%	-100%	-
Nematódy živiace sa baktériami (počet/g)	-67%	-100%	-33%	-33%	-100%	-100%	-

Tab. 4: Nárast / pokles vybraných skupín potravinnej siete pôdy priemerne na aktívnu látku

Aktívna látka:	Vápn	Glyfosát	Liadok
Bakteriálna biomasa (µg/g)	85%	-14%	-26%
Hubová biomasa (µg/g)	-50%	-64%	-69%
Pomer HUBY : BAKTÉRIE	-72%	-55%	-58%
Prospešné prvoky (počet/g)	19%	-12%	-44%
Prospešné nematódy (počet/g)	-83%	-33%	-100%

## POPIS VÝSLEDKOV

Aplikácie vápna, liadku a glyfosátu vo všetkých zvolených koncentráciách degradovali pôdny mikrobióm kvalitného kompostu. Degradáciou rozumieme pri biomase baktérií jej nárast a pri ostatných sledovaných parametroch ich pokles.

Vyššia koncentrácia aktívnej látky znamenala vždy vyšší degradačný vplyv na potravnú sieť pôdy kompostu, Tab. 3.

Hodnoty sme ďalej spriemerovali v Tab. 4 a zistili nasledovné:

- **Vápnenie** viedlo k nárastu bakteriálnej biomasy o 85% spolu s o 19% nárastom počtu prvokov (ktoré sa baktériami živia), k redukcii hubovej biomasy o 50%, k redukcii nematód o 67% / 100% pri nižšom / vyššom riedení.
- Aplikácia **liadku** viedla vo vyššej miere ako aplikácia **glyfosátu** k poklesu biomasy a počtu všetkých sledovaných skupín organizmov: baktérie -26% a -14%, huby -69% a -64%, prvoky -44% a -12%, nematódy -100% a -33%, vždy najprv údaj k liadku a potom údaj ku glyfosátu.
- K najväčšiemu neželanému posunu na sukcesii pôdy smerom nadol z hľadiska pomeru húb k baktériám došlo pri vápnení -72%, pri liadku -58% a pri glyfosáte -55%.

## DISKUSIA

Výsledky sú zatiaľ predbežné a budú ďalej doplnené o DNA analýzu diverzity baktérií a húb vo všetkých 7 vzorkách.

Experiment bol spravený na nízkom počte vzoriek bez opakovania, výsledky sú preto len indikatívne.

Výsledky poukazujú na nežiadúci dopad všetkých aplikovaných látok – haseného vápna, liadku a glyfosátu - na potravnú sieť pôdy v kvalitnom komposte.

Keďže kvalitný kompost zastupuje vrchný organický horizont pôdy, v ktorom pôda prirodzene kompostuje, výsledky experimentu sú aplikovateľné priamo na dopad jednotlivých aplikácií na pôdu.

Glyfosát sa bežne aplikuje foliárne na rastliny a nie priamo na pôdu/kompost ako v tomto experimente. Nakoľko sme sa zamerali na toxicitu na potravnú sieť pôdy, takýto postup považujeme za oprávnený.

Experiment je vhodné po zabezpečení financií na výskum ďalej rozšíriť o dodatočné analýzy a postupy, napr.:

- Analyzovať pH a chemické zlúčeniny prvkov v rozdelení na redukované a oxidované formy (redukované sú pre rastliny dostupnejšie, oxidované sú pre rastliny menej dostupné).
- Analyzovať vyššie trofické úrovne potravnjej siete pôdy v komposte.
- Analyzovať zvukové nahrávky za predpokladu, že kompost bude obsahovať aj vyššie trofické stupne potravnjej siete pôdy.
- Spraviť analýzy vo viacerých časových odstupoch od aplikácii, napr. po 1, 2, 5, 10, 20, 40 dňoch.
- Zvýšiť počet opakovaní variant pokusu pre zabezpečenie štatisticky relevantných dát.

## PARTNERI

Na experimente sa podieľali:

- **Bioprutex s.r.o., Ing. Ľubomír Marhavý:** inicioval experiment s vápnom, dodal vápno, financoval vzorkovanie vápnenia, poskytol informácie k dávkovaniu vápna.
- **TERRA PADRE s.r.o., Ing. Marián Hlavačka:** inicioval experiment s liadkom, dodal liadok a glyfosát, poskytol informácie k dávkovaniu liadku a glyfosátu.
- **SPU, Katedra mikrobiológie, Ing. Juraj Medo, PhD.:** plánované vyhodnotenie DNA diverzity baktérií a húb.
- **PedaVita OZ, Ing. Juraj Baľák, PhD., RNDr. Martin Lukáš, PhDr. Lucia Baľáková:** plánovaná rešerš, finálne vyhodnotenie a vedecká publikácia výsledkov s menovaním zúčastnených partnerov.

## FINANCOVANIE

Experiment bol vykonaný **nezávisle a bez externého financovania**. RSP Živá Záhrada zabezpečil technické vybavenie, prevedenie experimentu a vyhodnotenie vzoriek (okrem vzoriek s vápnom) vo vlastnej réžii. Firma Bioprutex sponzorovala vyhodnotenie vzoriek s pridaním haseného vápna.

## ĎALEJ

Toto je predbežná správa z výskumu.

Ďalej plánujeme:

- DNA analýzu diverzity baktérií a húb vo všetkých 7 vzorkách.
- Doplniť rešerš a odkazy na publikovaný výskum a poznatky z praxe na Slovensku.
- Doplniť grafiky a vysvetlenia k potravnnej sieti pôdy, k sukcesii pôdy a k dostupnosti živín podľa pH.
- Doplniť diskusiu k výberu daných aplikačných dávok a ku vzťahu aplikačných dávok k poľnohospodárskej praxi na Slovensku.
- Opakovať výskum na rôznych typoch pôd, napr. ílovitá verzus piesčitá.

**ĎALŠIE INFORMÁCIE** Vám poskytneme radi nasledovne:

- **Všetky aspekty** experimentu alebo ak máte záujem financovať nezávislé pokračovanie experimentu: **PhDr. Lucia Baľáková** 0917 454497, [zivazahradaSK@gmail.com](mailto:zivazahradaSK@gmail.com)



- **K vápneniu:** Ambasádor zdravej pôdy **Ing. Ľubomír Marhavý** 0908 226727, [marhavy@bioprutex.sk](mailto:marhavy@bioprutex.sk)



- **K liadku:** Ing. Marián Hlavačka 0907 770 752, [terrapadre@gmail.com](mailto:terrapadre@gmail.com)

