



## FUNKČNÍ VZOREK

---

**Superabsorpční probiotická podestýlka**

**Ing. Jan Vopravil, Ph.D.**  
**MVDr. Martin Faldyna, Ph.D.**  
**Ing. Tomáš Khel**  
**Jana Erbeková**

413  
2021

**Funkční vzorek 413/2021**

## **Superabsorpční probiotická podestýlka**

**Ing. Jan Vopravil, Ph.D.**

**MVDr. Martin Faldyna, Ph.D.**

**Ing. Tomáš Khel**

**Jana Erbeková**

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Praha

Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v.v.i.

Funkční vzorek byl vytvořen v rámci projektu Národní agentury zemědělského výzkumu  
QK1810463 „Vývoj nové formy probiotické superabsorpční podestýlky s následným  
využitím pro zadržení dešťové vody v půdě“.

**2021**

**ISBN 978-80-7672-005-3**

## Obsah

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Úvod .....                                                        | 4  |
| 2. Cíl funkčního vzorku .....                                        | 5  |
| 3. Vlastní popis funkčního vzorku .....                              | 5  |
| 3.1 Testy samotného sorbentu/podestýlky .....                        | 6  |
| 3.1.1 Testování schopnosti sorbentu/podestýlky poutat vodu .....     | 6  |
| 3.1.2 Stanovení spalitelných látek sorbentu/podestýlky .....         | 7  |
| 3.1.3. Testování schopnosti sorbentu/podestýlky sorbovat živiny..... | 8  |
| 3.2 Testování směsí půdy a sorbentu/podestýlky .....                 | 9  |
| 3.2.1 Výběr a základní popis zeminy .....                            | 9  |
| 3.2.2 Test nasákavosti a retence vody ve směsi .....                 | 10 |
| 3.3 Volba typu a dávky sorbentu/podestýlky .....                     | 12 |
| 4. Srovnání „novosti postupů“ .....                                  | 16 |
| 5. Uplatnění funkčního vzorku .....                                  | 16 |
| 6. Ekonomické aspekty .....                                          | 17 |
| 7. Seznam použité literatury .....                                   | 17 |
| 8. Dedikace .....                                                    | 18 |

## 1. Úvod

Intenzivní zemědělské využívání půd zvyšuje potenciál k degradaci půdního prostředí. Ekonomický aspekt hospodaření potenciál k degradaci půdy umocňuje, kdy mnohdy zemědělec nehospodaří na půdě ve svém vlastnictví a pachtovní smlouva mu nezaručuje dlouhodobou jistotu půdní držby. Zemědělec tak často nedodává půdě vše potřebné pro zachování udržitelnosti hospodaření, kdy neinvestuje do něčeho, co by užitek mohlo přinést až jeho nástupci (udržovací a zásobní hnojení, rotace plodin, organické hnojení). Se zemědělským hospodařením úzce souvisí i klima a jeho změny. Poslední suché roky daly za pravdu tvrzení, že limitací pro rostliny není až tak živinný stav půdy, či jejich zdravotní stav (oboje lze řešit agrotechnikou/hnojením a ochranou rostlin), ale dostupnost půdní vláhy. Degradace půd však přímo schopnost půdy vodu pojmout a propouštět do spodních vrstev omezuje a je třeba hledat způsoby, které by neutěšený stav pomohlo zlepšit.

S hydrologickými funkcemi půd je úzce spojený i kvalitativní stav půdy. Ten je primárně dán zrnitostní skladbou (texturou), avšak významný stabilizační efekt má půdní organická hmota, která jednak sama o sobě zvyšuje schopnost retence vody (chová se jako „houba“), jednak stabilizuje půdu prostřednictvím vazby s minerálním podílem (organominerální komplex půdy). Tento komplex pak dává vzniknout půdní struktuře, která formuje prostorové uspořádání půdní matrice a určuje i její stabilitu. Dostupnost statkových hnojiv je v rámci ČR heterogenní. Často se potvrzuje pravidlo, že v úrodnějších oblastech zdroje této hmoty chybí, zatímco v produkčně méně příznivých oblastech je zdrojů více – příčinu tohoto můžeme hledat v dotační politice (oblasti ANC, podpora zatravnění méně úrodných či ohrožených půd), přirozené specifikaci „výrobních“ oblastí v rámci ČR i v uplatnění produkce na tuzemských i evropských trzích (nerentabilita živočišné produkce vs. nákladné obnovení chovů). S poklesem produkce i s heterogenním prostorovým rozložením zdrojů statkových hnojiv souvisí také omezení rotace plodin, kdy z osevních sledů vymizely víceleté pícniny, které regenerovaly půdní prostředí a obnovovaly hydrologické funkce půdy včetně schopnosti půdy vodu zadržet. V případě dostupnosti statkových hnojiv pak často narážíme na její nedostatek a na pole jsou aplikovány dávky řádově nižší, než je jejich optimální hodnota.

Retenci vody v půdě lze ovlivnit mnoha způsoby. Jedním z nich je aplikace sorbentů umělé, nebo přírodní povahy, které ve své vnitřní struktuře dokáží zadržet vodu a zvýšit tak vlhkost v půdě. Zástupcem přírodních sorbentů je např. biouhel, jehož vlivem na

retenci se zabývali Borchard et al. (2012), Major et al. (2012), Rosenati et al. (2014) aj. Obdobný potenciál mají také přírodní zeolity (např. Zwingmann et al. 2009, Faccini et al. 2018 aj.). Díky chemickému a strukturnímu složení mají však umělé (popř. semisyntetické) sorbenty vyšší schopnost retence a hojně se využívají ve formě hydrogelů (Michalik a Wandzik 2020, Crous 2017, Ramli 2019 aj.). Syntetický (semisyntetický) původ vzbuzuje otázky k možné závadnosti, či biodegradibility. Tou se zabývali např. Skrzypczak et al. (2020), kteří publikovali přehledový článek o biologicky rozložitelných superabsorbentních hydrogelech a jejich využitelnosti v zemědělství (zadržování vody, hnojení).

Řešení projektu primárně cílí na zdravotní stav zvířat, kdy je aplikací podestýlky s probiotickou kulturou a sorbentem docíleno omezení úniku čpavku ve stájích a zlepšení welfare. Vedlejším produktem je však o podestýlku obohacená chlévská mrva, která zvyšuje retenční schopnost pro vodu, ale i o živiny obsažené v moči hospodářských zvířat, které podestýlka zachytí. Funkční vzorek tak popisuje návrhovou skladbu superabsorpční složky probiotické podestýlky a její doporučené dávkování pro aplikaci ve stájových chovech.

## **2. Cíl funkčního vzorku**

Cílem předloženého funkčního vzorku je příprava superabsorpční probiotické podestýlky na bázi umělého sorbentu s cílem zlepšení retence vody po její aplikaci do zemědělské půdy. Předložený postup zahrnuje: laboratorní ověření potenciálu sorbentu (voda, živiny), testy probiotické podestýlky ve směsi s rostlou půdou a její doporučené dávkování v chovech hospodářských zvířat.

## **3. Vlastní popis funkčního vzorku**

Látka HySorb© Fem 33 N (sorbent) vykazuje podle „bezpečnostního listu“ výrobce tyto charakteristiky:

Výrobce: BASF, Německo

Základní vlastnosti a informace:

- polymer polyakrylátu sodné
- granulát bílé barvy

- pH cca. 6
- ve vodě nerozpustný, bobtná
- objemová hmotnost 700 kg/m<sup>3</sup>
- hygroskopicitá
- toxicita stanovená na půdních organizmech: LC50 > 1 mg/kg (test na *Eisenia foetida*)
- *persistence a degradabilita*: z vody možné mechanické odstranění
- *bioakumulace*: omezení rychlého příjmu díky nerozpustnosti ve vodě
- *mobilita v půdě*: neočekává se adsorpce na pevnou fázi půdy

Superabsorpční probiotická podestýlka bude tvořena testovaným sorbentem a probiotickou složkou. Podestýlka bude následně v doporučené dávce aplikována na slámu. Podestýlkou obohacená mrva pak bude jako hnojivo aplikována na zemědělské půdy s vyšším potenciálem k retenci vody ve srovnání se samotnou mrvou/hnojem.

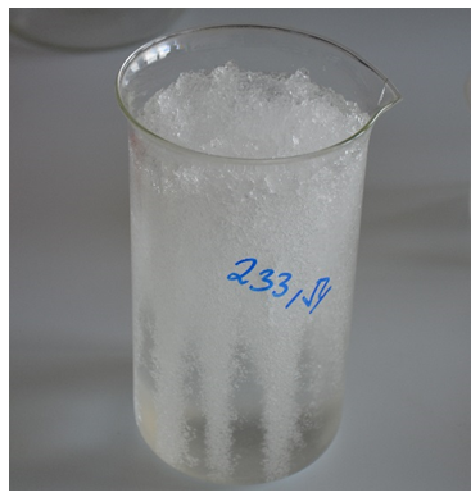
### 3.1 Testy samotného sorbentu/podestýlky

#### 3.1.1 Testování schopnosti sorbentu/podestýlky poutat vodu

**Cíl testování:** pro popis reálné schopnosti samotného sorbentu poutat vodu je potřeba znát množství vody, které je schopný na sebe navázat a dlouhodobě zadržet

#### **Postup testování:**

- k 1 g sorbentu byl nalit 1 l vody (trojí opakování pokusu)
- směs byla ponechána 24 hodin stát
- vzniklý „gel“ byl přefiltrováno přes filtrační papír (doba filtrace 8 hodin) pro potřeba popisu obsahu vody zadržené sorbentem po delší čas (odteče voda slabě vázaná)
- po uplynutí doby byl sorbent zvážen a byl zjištěn průměrný obsah sorbované vody



Obrázek 1: Povaha suchého sorbentu (vlevo) a nasycený sorbent (vpravo)

#### **Výsledky testování:**

Po 24 hodinách sycení byl schopen sorbent pohltit 380 ml vody, tzn. z jednoho litru vody je sorbent schopen zadržet 38%.

#### **3.1.2 Stanovení spalitelných látek sorbentu/podestýlky**

**Cíl testování:** mnohé půdní analýzy a z nich vyplývající vyhodnocení pracují s hodnotami obsahu spalitelných látek; z tohoto důvodu je potřebné znát, jakou část z výsledků mohou tvořit spalitelné látky samotného sorbentu

#### **Postup testování:**

- Navážka sorbentu byla přenesena do platinových misek a žíhána v peci po dobu dvou hodin při teplotě 550 °C

#### **Výsledky testování:**

- žíhání vzorku sorbentu vedlo ke ztrátě jeho hmotnosti v průměru o 56,5 %

Tabulka 1: Stanovení spalitelných látek samotného sorbentu

| číslo<br>opakování | hmotnost<br>misky (g) | navážka<br>sorbentu<br>(g) | hmotnost<br>po<br>vyžhání<br>(g) | spalitelné<br>látky (g) | spalitelné<br>látky (%) |
|--------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1                  | 48,7031               | 1,8753                     | 49,5214                          | 1,06                    | 56,36                   |
| 2                  | 50,2031               | 1,1392                     | 50,7001                          | 0,64                    | 56,37                   |
| 3                  | 49,5656               | 0,8400                     | 49,9294                          | 0,48                    | 56,69                   |
| <b>průměr</b>      |                       |                            |                                  | <b>0,7</b>              | <b>56,5</b>             |



Obrázek 2: Žhání sorbentu v platinových miskách a filtrace vzorků

### 3.1.3. Testování schopnosti sorbentu/podestýlky sorbovat živiny

**Cíl testování:** ověřit potenciál sorbentu při poutání živin

**Postup testování:**

- varianta 1: k 1 g sorbentu byl nalit 1 l destilované vody
- varianta 2: k 1 g sorbentu byl nalit 1 l 1% roztok hnojiva NPK (15-15-15)



- obě varianty byly posléze zfiltrvány a byl stanoven obsah prvků ve výluhu

### Výsledky testování:

- sorbent má potenciál poutat především draslík; v důsledku náhrady vodíku za draslík se patrně snižuje také půdní reakce výluhu

Tabulka 2: Výsledky analýz vodního výluhu

| označení varianty | pH   | fosforečnany<br>(mg/l) | draslík<br>(mg/l) | hořčík<br>(mg/l) | vápník<br>(mg/l) | N org+NH <sub>4</sub><br>(mg/l) |
|-------------------|------|------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------------------|
| roztok NPK        | x    | 2301                   | 1245              | x                | x                | x                               |
| varianta 1        | 7,29 | <0,05                  | <1                | <1               | <5,0             | 1,60                            |
| varianta 2        | 5,19 | 2299,00                | 1230              | 9,41             | 191,1            | 1135,80                         |
| zadržení prvků    | x    | 2                      | 15                | x                | x                | x                               |

## 3.2 Testování směsí půdy a sorbentu/podestýlky

**Cíl testování:** V laboratorních podmínkách byla otestována schopnost přídavku sorbentu v různých dávkách ovlivnit retenci vody a živin ve směsi sorbentu s rostlou zeminou.

### 3.2.1 Výběr a základní popis zeminy

K testům byla odebrána zemina ze svrchního horizontu (0-20 cm) regozemě modální. Jedná se o půdu primárně deficitní z důvodu lehkého zrnitostního složení a horší retenci vody a sorpcí prvků. Charakter testované zeminy ukazují

Tabulka 3: Popis vybraných půdních parametrů zeminy

a

Tabulka 4. Zrnitostně se jedná o půdu lehkou, hlinitopísčitou s převažující frakcí písčitého charakteru (>0,05, tj. 73,6 %). Vysoké zastoupení hrubších frakcí omezuje retenci vody při současné podpoře její infiltrace do půdy. Obě formy půdní reakce jsou kategorizovány jako slabě kyselé a jejich podobné hodnoty ukazují na slabé zastoupení vícemocných iontů v půdě i půdním roztoku. Poměrně vysoký je obsah organické hmoty (střední obsah) mající výrazný dopad na sorpční schopnost půdy (střední). Nasycení sorpčního komplexu odráží deficit vícemocných kationtů (převaha vodíkových iontů) a půda je slabě nasycená.

Tabulka 3: Popis vybraných půdních parametrů zeminy

|                    | zrnitost     |                 |               |                 |                 |              |            |       |     |
|--------------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------|------------|-------|-----|
| označení<br>vzorku | < 0,01<br>mm | slovní<br>popis | < 0,001<br>mm | 0,01-0,05<br>mm | 0,05-0,25<br>mm | 0,25-2<br>mm | T(CEC)     | S     | V   |
|                    | %            |                 |               |                 |                 |              | mmol+/100g |       | [%] |
| Z1                 | 15,4         | hlinitopísčitá  | 6,1           | 11              | 16,2            | 57,4         | 15,79      | 12,13 | 77  |

Tabulka 4: Popis vybraných půdních parametrů zeminy

| označení<br>vzorku | aktivní<br>reakce | slovní<br>půdní<br>vyhodnocení | výměnná<br>půdní<br>reakce | slovní<br>vyhodnocení | Cox<br>(%) | slovní<br>vyhodnocení |
|--------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| Z1                 | 6,4               | slabě kyselá                   | 5,9                        | slabě kyselá          | 1,58       | střední               |

### 3.2.2 Test nasákavosti a retence vody ve směsi

#### Postup testování:

- Vzorky byly nejprve smíchány s „rostlou“ půdou (regozem vhodně upravena pro tvorbu směsí = půda byla vysušena a přesítována na jemnozem = frakce < 2 mm) v poměru 500g půdy a 5g sorbentu. Jako kontrolní varianta byla testována půda bez sorbentu.
- 200g půdy s přidaným sorbentem bylo vsypáno do testovacího válce, jehož dno je opatřeno sítím o průměru 0,05 mm (každý vzorek ve dvou opakováních).
- Válců se umístily na dno sytící vany na vrstvu filtračních papírů. Válců se překryly hodinovými skly, aby nedocházelo k odparu vody ze vzorků.
- Do vany se pomalu přilévala destilovaná voda, tak aby hladina dosahovala pouze pod desku na dně sytící vany a vzorky byly syceny přes filtrační papír (nikoliv ve vodní lázni)
- Sycení probíhalo 72 hodin



Obrázek 3: Sycení vzorků v testovacích válcích na filtračních papírech

- Poté byly vzorky zváženy a přemístěny na suché filtrační papíry
- Dále vážení probíhalo po 30 minutách, 2 hodinách a 24 hodinách

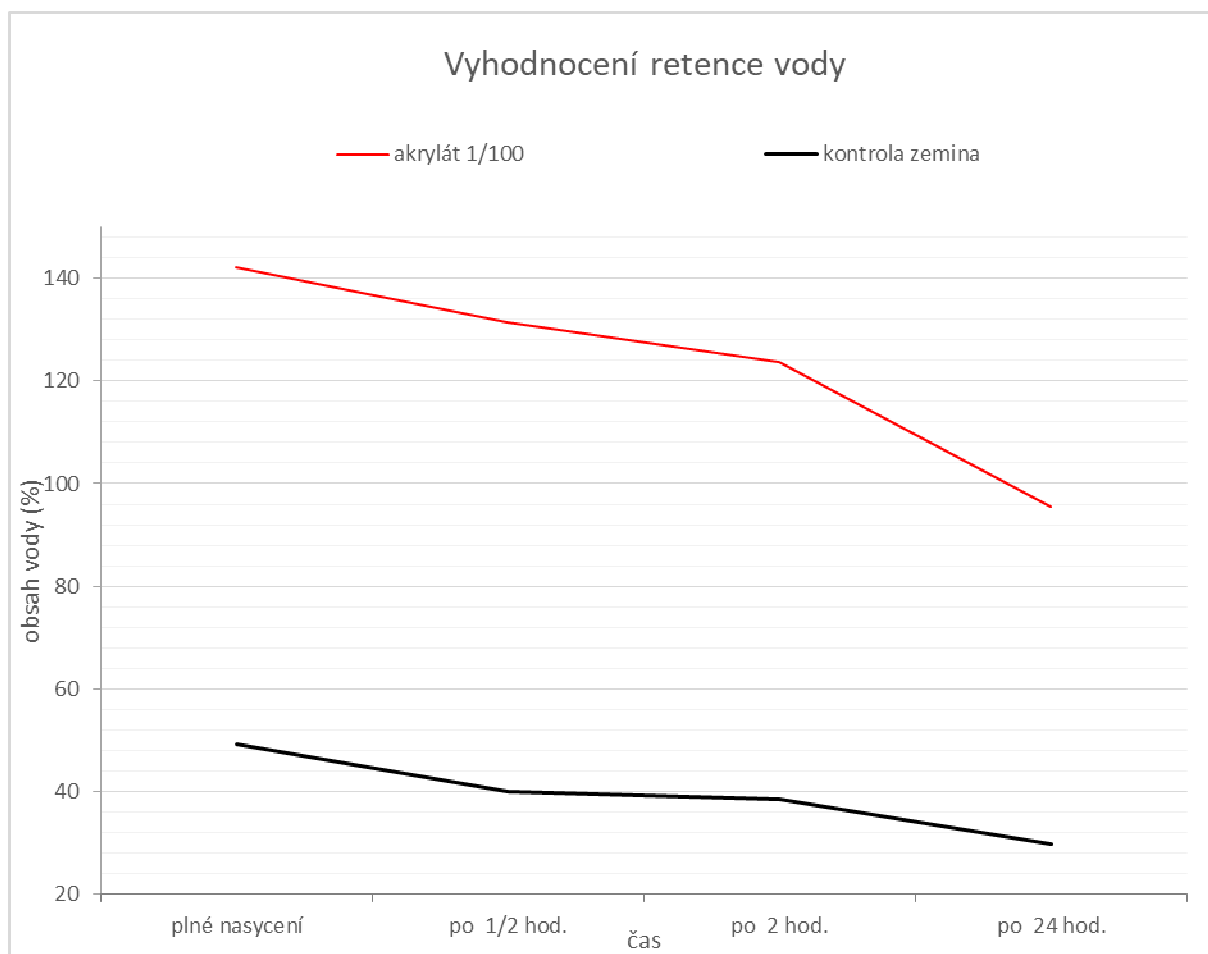


Obrázek 4: Odsávání vody ze vzorků na filtračních papírech

### Výsledky testování:

Vzorek sorbentu se dokázal nasytit vodou na 142,07 % své váhy. Rychlost poklesu množství vody ve vzorku za 24 hodin činí 1,94 ml/h, což je nejrychlejší pokles ze všech testovaných materiálů. Ve srovnání s kontrolou se jedná o výrazný potenciál k zadržení vody

v dlouhodobém časovém horizontu (Graf 1).



Graf 1: Vyhodnocení obsahu zadržené vody

### 3.3 Volba typu a dávky sorbentu/podestýlky

Během testů bylo zjištěno, že rozpuštěné sorbenty zvyšují viskozitu a „kluzkost“ roztoku. Pro doporučení aplikační dávky ve stájích tedy bylo nutné eliminovat stav, kdy by sice byla dosažena nejlepší sorpce vody/moči zvířat, avšak podestýlka by vykazovala nevhodné mechanické vlastnosti.

#### Postup testování:

Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k jednoduchému testu s nasekaným senem s tímto postupem:

- 200 g sena bylo smíseno z testovanou dávkou sorbentu (viz tabulka)
- Ke směsi sena a sorbentu byla přilita destilovaná voda o objemu 500 ml a směs se nechala sytit 24 hodin
- Po 24 hodinách byla váhově zjištěna sorpce vody ve směsi (po 1 hodinové filtraci)
- Následně byla subjektivně hodnocena viskozita směsi seno/sorbent
- Výběr a doporučená dávka sorbentu vycházely z hodnot retence vody a mechanických vlastností směsi sena a sorbentu





Obrázek 5: Vodou zalité testované varianty během sycení



Obrázek 6: Filtrace směsí seno/sorbent





Obrázek 7: Viditelné nabobtnání sorbentu (varianta HySorb© Fem 33 N, 2g)

Tabulka 5: Výsledky testů se zvýrazněním doporučené dávky

| varianta                    | navážka /g /200g<br>sena | označení vzorku          | sorpce <sup>1</sup> (ml/200g<br>sena se sorbentem) |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>HySorb© Fem 33<br/>N</b> |                          |                          |                                                    |
|                             | 0,2                      | sorbent/0,2              | 25                                                 |
|                             | 0,5                      | sorbent/0,5 <sup>2</sup> | 60                                                 |
|                             | 1                        | sorbent/1                | 65                                                 |
|                             | 2                        | sorbent/2                | 155                                                |

Při kalkulaci dávky sorbentu aplikované na seno z pohledu optimální schopnosti sorpce moči při zachování vhodných mechanických vlastností podestýlky se vycházelo z několika informací:

- Roční produkce močůvky u dojených krav je 7,3t/ha/DJ (vyhláška č. 377/2014 Sb.)
- Kráva = 1,3 DJ; 1 kráva tedy vyprodukuje 9,5 t močůvky/rok

<sup>1</sup> Po odečtení sorpce samotného sena (= slepý pokus)

<sup>2</sup> Doporučená dávka

- Uvažováno je stlaní slámy v dávce 6 kg/DJ/den (Metodiky VURV „Správné uložení hnoje na ZPF“)
- Nasákavost slámy močůvkou se odhaduje na 2,4 kg moči/1 kg slámy (uvedeno v zákoně č. 274/1998 Sb., zákon po platnosti, avšak bez vlivu na odborné údaje v něm)
- Produkce hnoje u dojených krav je 11,6 t hnoje/rok (pravidelný odklíz chlévské mrvy; 377/2014 Sb.)

Úvaha k dávkování sorbentů a jeho cíli:

- 26 l močůvky/den/krávu
- Za den se 2x nastýlá, tj 13 l močůvky/nastlání „přebývá“
- **Je-li cílem snížit „přebytek“ o 50% kvůli welfare (= 7 l moči), tak je třeba do každého nastlání, tj. na 6 kg podestýlané slámy, přidat:**

**cca. 15 g sorbentu HySorb© Fem 33 N**

#### **4. Srovnání „novosti postupů“**

Použití superabsorbční probiotické podestýlky v chovech hospodářských zvířat je novým přístupem kombinujícím jak klady z pohledu welfare zvířat, tak klady z pohledu navýšení potenciálu statkových hnojiv k zadržení vody v nich, resp. v zemědělské půdě. Z pohledu novosti se tak jedná o doposud neověřený přístup s vysokým potenciálem využití v praxi.

#### **5. Uplatnění funkčního vzorku**

Testy prokázaly schopnost zvýšené nasákavosti i retence vody v podestýlce a to jak sorbentu samotného, tak ve směsi s rostlou, zrnitostně deficitní půdou. Statková hnojiva obohacená o tuto podestýlku tak kromě kladného vlivu na obsah organické složky v půdě navyšují i schopnost dlouhodobě zadržet vodu. Uplatnění je tak předpokládáno jak v chovech hospodářských zvířat (welfare), tak v rámci zemědělství. Z pohledu hydrologických funkcí půdy je kladný vliv předpokládán především u půd lehké zrnitostní skladby.



## 6. Ekonomické aspekty

Spíše než ekonomické aspekty lze u navržené podestýlky mluvit o benefitech neekonomických – eliminace negativních vlivů v chovech a podpora retence vody v zemědělských půdách. I tyto aspekty mají dopad na ekonomiku využití podestýlky, jedná se však o nepřímé vlivy, které lze ekonomicky obtížně vyčíslit.

## 7. Seznam použité literatury

- Borchard N, Wolf A, Laabs V, Aeckersberg R, Scherer HW, Moeller A, Amelung W (2012): Physical activation of biochar and its meaning for soil fertility and nutrient leaching - a greenhouse experiment. *Soil Use and Management* 28: 177–184.
- Faccini B, Di Giuseppe D, Ferretti G, Coltorti M, Colombani N, Mastrocicco M (2018): Natural and  $\text{NH}_4$  (+)-enriched zeolite amendment effects on nitrate leaching from a reclaimed agricultural soil (Ferrara Province, Italy). *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 110: 327–341.
- Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J (2012): Nutrient Leaching in a Colombian Savanna Oxisol Amended with Biochar. *Journal of Environmental Quality* 41: 1076–1086.
- Michalik R, Wandzik I. A mini-review on chitosan-based hydrogels with potential for sustainable agricultural applications. *Polymers*. 2020;12(10):1-16. doi:10.3390/polym12102425.
- Ramli RA. Slow release fertilizer hydrogels: A review. *Polymer Chemistry*. 2019a;10(45):6073-6090. doi:10.1039/c9py01036j.
- Rosenani AB, Ahmad SH, Adila SN, Loon TW (2014): Biochar as a soil amendment to improve crop yield and soil carbon sequestration. *Acta Horticulturae*, 203–210.
- Skrzypczak D, Mikula K, Kosińska N, et al. Biodegradable hydrogel materials for water storage in agriculture - review of recent research. *Desalination and Water Treatment*. 2020;194:324-332. doi:10.5004/dwt.2020.25436.
- Zwingmann N, Singh B, Mackinnon IDR, Gilkes RJ (2009): Zeolite from alkali modified kaolin increases  $\text{NH}_4^+$  retention by sandy soil: Column experiments. *Applied Clay Science* 46: 7–12.

## **8. Dedikace**

Funkční vzorek byl vytvořen v rámci projektu Národní agentury zemědělského výzkumu QK1810463 „Vývoj nové formy probiotické superabsorpční podestýlky s následným využitím pro zadržení dešťové vody v půdě“.

**Vydal:** Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v.v.i.

Hudcova 296/70, 621 00 Brno

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

Žabovřeská 250, 15600 Praha 5

**Název:** Superabsorpční probiotická podestýlka

**Autoři:** Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

MVDr. Martin Faldyna, Ph.D.

Ing. Tomáš Khel

Jana Erbeková



Výzkumný ústav veterinárního lékařství, v.v.i.  
Hudcova 296/70  
621 00 Brno  
Czech Republic  
Tel.: +420 5 3333 1111; [www.vri.cz](http://www.vri.cz); e-mail: [vri@vri.cz](mailto:vri@vri.cz)