



**Přírodovědecká fakulta  
Jihočeské univerzity v Českých  
Budějovicích**

**bakalářská práce:**

**Vliv mravenců druhu *Lasius niger* (Hymenoptera,  
Formicidae) na pH a další vlastnosti půdy.**



**Petr Vach**

Vedoucí práce: Doc. Ing. Mgr. Jan Frouz, CSc.

České Budějovice 2010.

Vach P. (2010): Vliv mravenců druhu *Lasius niger* (Hymenoptera, Formicidae) na pH a další vlastnosti půdy. [The effect of ants *Lasius niger* (Hymenoptera, Formicidae) on pH and other soil characteristics. Bc. Thesis, in Czech]. – pp. 24, Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

#### **Anotace:**

Předchozí práce ukázaly rozdíly v chemismu mravenčích hnízd oproti okolní půdě. Nebylo ale jasné, zda si mravenci vybírají místa s odlišným chemismem, nebo tento aktivně mění. Cílem této práce bylo laboratorně ověřit a potvrdit hypotézu, že mravenci druhu *Lasius niger* ovlivňují svojí činností chemické parametry půdy. Pro analýzu byly použity vzorky tří typů půd (písek, jíl, rašelina) z laboratorně připravených mravenišť. Sledovány byly změny pH a obsahu výměnných kationtů ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ).

#### **Annotation:**

Previous studies found differences in chemistry between ant nests and surrounding soil, but it was not clear if the ants actively alternate nest condition or select sites that already differ in soil chemistry. The aim of the study was to explore latter question. Laboratory colonies of *Lasius niger* were reared in sand clay and peat and changes in soil pH and  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  were measured.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích 20. 4. 2010

Petr Vach

#### **Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat panu Frouzovi, za jeho konzultace, vedení a trpělivost a panu Krásenskému za poskytnutí skvělých fotografií mravenců *Lasius niger*. Také musím poděkovat Jitce Weydové, která se mi ochotně starala o mravence v době mé nepřítomnosti. Samozřejmě můj dík patří také rodičům, kteří mě neustále podporovali a věřili mi.

# Obsah

<b>1. Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2. Literární přehled</b>	<b>3</b>
2.1. Druh <i>Lasius niger</i>	3
2.2. Vliv mravenců na vlastnosti půdy	4
2.2.1. Vliv na fyzikální vlastnosti	5
2.2.2. Vliv na biologické vlastnosti	5
2.2.3. Vliv na chemické vlastnosti	6
2.3. Vliv mravenců na ostatní vlastnosti hnízda	7
<b>3. Materiál a metodika.</b>	<b>9</b>
3.1. Materiál	9
3.2. Metodika	9
3.2.1. Příprava pokusných mravenišť	9
3.2.2. Příprava a analýza vzorků	12
3.2.2.1. Vzorky pH	12
3.2.2.2. Vzorky výměnných kationtů	12
3.2.2.3. Měření a vyhodnocení vzorků	12
<b>4. Výsledky</b>	<b>13</b>
<b>5. Diskuse</b>	<b>18</b>
<b>6. Závěr</b>	<b>20</b>
<b>7. Použitá literatura</b>	<b>21</b>

# 1. Úvod

Mravenci významně ovlivňují fyzikální, chemické i biologické parametry půdy, jako jsou například struktura půdy, chemické složení, vodní režim, respirace atd. (Jakubczyk *et al.* 1972, Frouz *et al.* 2003, Holec & Frouz 2006, Frouz & Jílková 2008). Jsou tedy často nazýváni ekosystémovými inženýry (Holec & Frouz 2006). Z různých studií vyplývá, že mravenci a jejich hnízda formují specifické podmínky pro ostatní půdní živočichy a rostliny. Jejich vliv je variabilní, závislý na různých faktorech, např. krmení, hnízdní strategie a vlastnostech okolní půdy (Jakubczyk *et al.* 1972, Frouz *et al.* 2003, Frouz *et al.* 2005, Jurgensen *et al.* 2008).

Vyšší hodnoty živin jsou často vysvětlovány skladováním zbytků potravy a výkalů uvnitř mraveniště, dopravou organických zbytků jako stavebního materiálu na stavbu hnízda a promícháváním půdy (Frouz *et al.* 2003, Frouz *et al.* 2005, Holec & Frouz 2006). Naproti tomu byly zjištěny i nižší hodnoty živin v mraveništích. To může být vysvětleno silnějšími povětrnostními činiteli, způsobujícími vyšší propustnost hnízda než okolní půdy, nebo jako výsledek promíchávání půdy (Holec & Frouz 2006).

Vliv mravenců na půdu je tedy ovlivněn jak typem mravence (typem hnízda, potravou, strategií), tak i prostředím a to hlavně typem půdy, ve které se mraveniště nachází (Frouz *et al.* 2003, Frouz *et al.* 2005, Holec & Frouz 2006).

Nicméně půda je velmi heterogenní (Brady & Weil 2002) a je zde možnost, že mravenci podmínky hnízda nemění, ale vybírají si specifická mikrostanoviště. I přes značné množství prací poukazujících na odlišnosti v chemickém složení materiálu mraveniště a okolní půdy, experimentálních důkazů o tom, že mravenci tyto vlastnosti skutečně mění a že rozdíl není dán výběrem specifických mikrostanovišť, je velmi málo.

Hlavním cílem této práce bylo laboratorně ověřit hypotézu, že mravenci druhu *Lasius niger* ovlivňují svou činností chemické parametry půdy v mraveništi oproti okolní půdě.

Druh *Lasius niger* byl použit proto, že již dříve byl prokázán jeho vliv na chemické vlastnosti půdy terénním sledováním (Czerwiński *et al.* 1971, Frouz *et al.* 2003, Holec & Frouz 2006). A také protože patří k nejhojnějším mravencům střední Evropy, vyskytující se v rozličných typech půd (Soudek 1922, Sadil 1955, Seifert 1996, Reichholf-Riehmová 1997, Zahradník & Severa 2004).

## 2. Literární přehled

### 2.1. Druh *Lasius niger*

Druh *Lasius niger* (Hymenoptera, Formicidae, Linnaeus 1758) patří mezi nejhojnější druhy mravenců střední Evropy. Zbarvení je černohnědé až tmavě hnědé s řídkým ochlupením. Délka těla se výrazně liší u dělnic (Obr. 1), samců a plodných samic (obr. 2) (Soudek 1922, Sadil 1955, Reichholf-Riehmová 1997, Zahradník & Severa 2004).



**Obr 1:** Dělnice *Lasius niger* (2,5 – 4 mm).



**Obr 2:** Plodná samice (8 – 10 mm).

Vyskytuje se v suchých nestíněných i vlhkých stíněných lokalitách od hor až po nížiny. Rojení probíhá od května do července. Po svatebním letu oplozené samice zakládají nová hnízda pod kameny, v pařezech, pod kůrou, ve škvírách a dalších příhodných místech (Soudek 1922, Sadil 1955, Reichholf-Riehmová 1997, Zahradník & Severa 2004). Samice zakládá nové hnízdo sama bez pomoci jiných mravenců. Mraveniště jsou vždy monogynní a pokud se střetne více plodných samic, tak spolu bojují, až nakonec zůstane jen jedna (Reichholf-Riehmová 1997, Zahradník & Severa 2004). Hnízdo má vždy nad sebou hliněný val, jehož konstrukci tvoří několik suchých stébel trav a vychází z něj mnoho potravních cestiček, které bývají kryté hradbami z hlíny (Soudek 1922, Reichholf-Riehmová 1997, Zahradník & Severa 2004).

Potravou je převážně medovice červců a mšic, ale také různé druhy hmyzu a jiné organické zbytky (Soudek 1922, Reichholf-Riehmová 1997, Holec & Frouz 2006). Za účelem získání medovice si *Lasius niger* mšice a červce chová v mraveništi a na jaře je vynáší na vhodné rostliny (Obr. 3) (Soudek 1922).



**Obr 3:** Mšice chované mravenci *Lasius niger*.

### 2.2. Vliv mravenců na vlastnosti půdy

Mravenci svou činností ovlivňují fyzikální, chemické i biologické vlastnosti půdy. Půdu ve svém hnízdě obohacují o živiny tím, že v mraveništi ukládají trus a potravu (Dlusskij 1967, Frouz *et al.* 2003, Wagner *et al.* 2004, Frouz *et al.* 2005, Holec & Frouz 2006) a přinášejí do hnízda různou organickou hmotu jako stavební materiál (Frouz *et al.* 2003, Frouz *et al.* 2005, Domsch *et al.* 2009). Důležití jsou i z hlediska provzdušňování, přemisťování a míchání půdy (Seifert 1996). Vliv mravenců na vlastnosti půdy je závislý hlavně na typu mravence (typu hnízda, potravě, strategii) a prostředí, ve kterém se mraveniště nachází. A to hlavně na typu půdy (Frouz *et al.* 2003, Frouz *et al.* 2005, Holec & Frouz 2006).

### **2.2.1. Vliv na fyzikální vlastnosti**

Vliv na fyzikální vlastnosti se projevuje v přemísťování, provzdušňování a míchání půdy (Seifert 1996). Mravenci vynášejí drobné částičky z hlubších vrstev na povrch a naopak organický materiál ukládají do hlubších vrstev. Tím dochází k míchání půdních profilů a vyšší pórovitosti půdy. Další fyzikální vlastnosti, které mravenci svojí činností ovlivňují je teplota a vlhkost (Mrázek 1926, Hölldobler & Wilson 1997, Frouz 2000, Frouz *et al.* 2003).

### **2.2.2. Vliv na biologické vlastnosti**

Mravenci ovlivňují obsah a dostupnost živin pro rostliny (Jolivet 1996, Frouz *et al.* 2003, Frouz *et al.* 2005, Holec & Frouz 2006). Dostupnost živin je zvýšena hlavně díky urychlení rozpadu organické hmoty a změně pH (Frouz *et al.* 2003). Ovšem na mraveništích často rostliny nerostou, protože jejich povrch je příliš suchý a mravenci rostliny často ničí (okusují je a zabraňují jim v růstu) (Jolivet 1996).

Co se týče vlivu mravenců na mikroorganismy, množství bakterií a plísní je v mraveništích obvykle vyšší než v okolní půdě, kdežto množství Actinomycet bývá nižší (Holec & Frouz 2006). Bakterie a plísně jsou zodpovědné za mineralizaci. Wolters popisuje vysokou míru mineralizace v hnízdních kupách druhů *Lasius niger*, *Lasius flavus* a *Myrmica scabrinodis* v porovnání s okolní půdou (Holec & Frouz 2006). Studie dokazují selektivní vliv mravenčích druhů na různé půdní organismy (Holec & Frouz 2006). Mikrobiální aktivitu ovlivňuje množství živin, teplota a vlhkost (Frouz 2000, Holec & Frouz 2006). Při nižší vlhkosti půdy probíhá mikrobiální rozklad pomaleji (Holec & Frouz 2006). Rozklad ovlivňují i podmínky okolní půdy a to hlavně kvalita organické hmoty (Holec & Frouz 2006). Vyšší rozvoj bakterií má za následek zvyšování pH půdy (zvýšená výměna kationtů v sorpčním komplexu),



kdežto rozvoj plísní má za následek snížení pH (zvýšené uvolňování výměnných kationtů ze sorpčního komplexu).

Mravenci ovlivňují i výskyt žížal a další půdní fauny (Laakso & Setälä 1997, Wagner *et al.* 1997).

### **2.2.3. Vliv na chemické vlastnosti**

Za hlavní procesy, kterými mravenci ovlivňují chemické vlastnosti půdy, jsou považovány promíchávání půdy, ukládání potravy a exkrementů v mraveništi, transport potravy a stavebního materiálu do mraveniště (Dlusskij 1967, Frouz *et al.* 2003, Wagner *et al.* 2004, Frouz *et al.* 2005, Holec & Frouz 2006, Domsch *et al.* 2009) a změna rozpustnosti a dostupnosti živin pomocí nepřímých vztahů prostředí uvnitř hnízda (Frouz *et al.* 2003). Předpokládá se, že promíchávání půdy bude hrát důležitou roli na půdách s dobře vyvinutými půdními horizonty, kde bude také výraznější (Holec & Frouz 2006).

V mnoha studiích je popisováno vyšší množství organické hmoty a minerálních produktů, jako fosforu, uhlíku, dusíkatých sloučenin a výměnných kationtů ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) v hnízdech mravenců oproti okolní půdě (Frouz *et al.* 2003). Rozdíly v chemických parametrech mraveniště a okolní půdy jsou nejvíce výrazné v nadzemní části hnízda (Frouz *et al.* 2003). Tyto živiny se do substrátu mraveniště dostávají hlavně rozkladem organické hmoty pomocí mikroorganismů.

Dalším chemickým parametrem, který mravenci svojí aktivitou ovlivňují, je hodnota pH. Obecně je pH půdy v mraveništi posouváno k neutrálním hodnotám, bez ohledu na okolní půdu (v kyselých půdách se pH zvyšuje, v alkalických se snižuje) (Frouz *et al.* 2003). Nejvyšší rozdíly mezi hodnotou pH okolní půdy a mraveniště, byly zaznamenány na vrcholu nadzemní části hnízda (Frouz *et al.* 2003). Hodnota pH

je důležitá z hlediska dostupnosti a rozpustnosti živin rostlinám (Rajchard *et al.* 2002) a také mikroorganismům se daří nejlépe při neutrálním pH. Ke zvyšování pH dochází zvýšením koncentrací výměnných kationtů sorpčního komplexu (hlavně  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) v půdním roztoku a ke snižování pH dochází díky zvýšenému obsahu organické hmoty a vyšší produkci  $\text{CO}_2$  mikroorganismy a kořeny rostlin (Rajchard *et al.* 2002, Frouz *et al.* 2003, Šimek 2005).

### **2.3. Vliv mravenců na ostatní vlastnosti hnízda**

Mravenci svou činností ovlivňují řadu dalších vlastností, které mohou nepřímo ovlivnit chemické vlastnosti hnízdního materiálu. Jsou to zejména vlhkost a teplota uvnitř hnízda (Mrázek 1926, Hölldobler & Wilson 1997, Frouz 2000, Frouz *et al.* 2003). Vztahem mezi mravenci a vlhkostí jejich hnízd se zabývalo mnoho autorů. Obecně se uvádí, že mraveniště jsou sušší než okolní půda (Holec & Frouz 2006). To může být zapříčiněno jednak tvarem a povrchem mraveniště, po kterém dešťová voda snadno steče. Jednak tím, že mravenčí kupa je protkána sítí chodeb a voda snadněji proteče do hlubších vrstev a snadněji se po případném dešti odpařuje (Seifert 1996). Vlhkost mraveniště je závislá na velikosti hnízda, zastínění a aktivitě mravenců (Frouz 2000, Frouz & Finer 2007). S vlhkostí hnízda přímo souvisí i jeho teplota (Frouz 2000).

Teplota hnízda je také závislá na podmínkách prostředí (vítr, sluneční záření, teplota půdy a vzduchu atd.), velikosti mraveniště a hustotě mravenčí populace (Frouz & Finer 2007). Teplota uvnitř mraveniště je vyšší než teplota okolní půdy a vzduchu. Průměrná teplota stoupá směrem do hloubky mravenčí kupy (Frouz 2000). Existují dva teplotní modely mravenčích hnízd vztahující se ke stupni vlhkosti, velikosti hnízda a stupni zastínění (Frouz 2000).

První model je charakterizován vysokou teplotou večer, která během noci pomalu klesá. Jedná se o suchá hnízda v otevřené krajině (Frouz 2000). Vysoká teplota večer a teplota na povrchu vystaveného slunci ukazuje, že sluneční záření má vliv na termoregulaci těchto hnízd. A to přímo zahříváním hnízda a zahříváním jednotlivých mravenčích dělníků mimo hnízdo, kteří se večer masivně vracejí do hnízda a tím zvyšují jeho teplotu díky nízké tepelné kapacitě suchých hnízd (Frouz 2000). Díky snižování teploty povrchu během noci, dochází k nižším tepelným ztrátám, které mohou být kompenzovány metabolickou aktivitou mravenců (Frouz 2000). Termoregulace suchých hnízd je tedy založena na metabolické aktivitě mravenců, izolaci hnízda a zahřívání sluncem během dne (Frouz 2000).

Druhý model charakterizuje nízká teplota večer a růst teploty během noci. To je charakteristické pro velká, vlhká a zastíněná hnízda (Frouz 2000). Důležitým zdrojem ohřívání těchto hnízd během noci může být mikrobiální produkce tepla. Mikrobiální aktivita stoupá s vlhkostí hnízda a teplotou (Frouz 2000). Mravenci mohou tedy ovlivnit mikrobiální aktivitu materiálu v hnízdě svojí metabolickou produkcí tepla a snad i přenosem sluneční energie ve svých tělech. Toto ohřátí regulují nahromaděním nebo rozptýlením v částech mravenišť (Frouz 2000). Dalším způsobem jak mohou mravenci ovlivnit mikrobiální aktivitu je změnou pH nebo hromaděním a dostupností živin v mraveništi (Frouz 2000, Frouz *et al.* 2003, Frouz *et al.* 2005, Holec & Frouz 2006). Termoregulace vlhkých hnízd je tedy řízena mravenčí a mikrobiální produkcí tepla (Frouz 2000). Slabé izolační vlastnosti vlhkých hnízd jsou částečně kompenzovány jejich velikostí (Frouz 2000). Frouz (2000) předpokládá, že mechanismus termoregulace „suchých hnízd“ bude častější než mechanismus „vlhkých hnízd“.

## 3. Materiál a metodika

### 3.1. Materiál

Pokus byl prováděn na mravenci druhu *Lasius niger* (Obr. 4), který patří mezi nejhojnější mravence střední Evropy (Soudek 1922, Sadil 1955, Reichholf-Riehmová 1997, Zahradník & Severa 2004). Měření změn pH a obsahu výměnných kationtů ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) bylo prováděno na vzorcích půdy získané z laboratorně připravených mravenišť. Použity byly tři typy půd (jíl, písek a rašelina).



Obr 4: Mravenec druhu *Lasius niger* (dělnice).

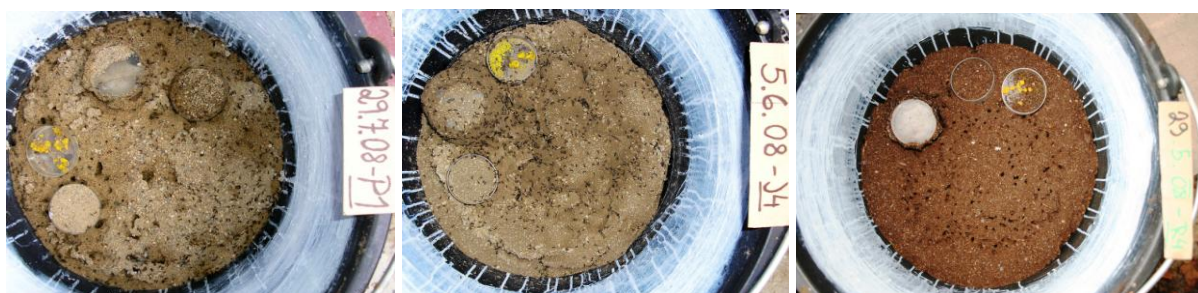
### 3.2. Metodika

#### 3.2.1. Příprava pokusných mravenišť

Jednotlivá mravenišť jsem vykopal v bývalém výcvikovém prostoru v Českých Budějovicích. Pro vykopání byla vybrána hnízda střední velikosti, přibližně o průměru 15-20 cm. V igelitových pytlích byla hnízda převezena na ÚPB AVČR, kde byla jednotlivá mravenišť vložena do tulgrenů. Tulgren se skládá ze dvou částí, víka se zabudovanou žárovkou a sběrné nádoby. Mezi těmito částmi je uloženo síto, na které se vkládá substrát. Ten díky sepnuté žárovce postupně vysychá a ve sběrné nádobě se hromadí kondenzující voda. V našem případě šlo o to, aby mravenci

opustili vysychající substrát mraveniště a nastěhovali se do mokrého papíru na dně sběrné nádoby. Ve sběrné části každého tulgrenu bylo tedy pítka a zmuchlaný kus měkkého papíru. Papír sloužil jako dočasný úkryt pro vajíčka, larvy, královnu a mravenčí dělnice. Kontrola tulgrenů probíhala 3x v týdnu. Při každé kontrole byly tulgreny vysušovány od kondenzující vody, aby se mravenci neutopili. Když byli všichni mravenci (nebo alespoň většina) nastěhováni v kusech papíru na dně, tak jsem je i s papírem přenesl do předem připravených kýblů s půdou.

Použito bylo 12 kýblů s třemi typy půd (4 kýble s jílem, 4 kýble s pískem a 4 kýble s rašelinou) (Obr. 5). Písek a rašelinu jsme zakoupili v OBI jako písek do pískoviště a zahradní rašelinu. Jíl pocházel ze Sokolova. Jednalo se o třetihorní jílový materiál se 70% jílu a s přibližně stejným zastoupením kaolinitu, illitu a montmorillonitu. Jíl jsem musel před použitím ještě rozdrtit a přesít na drobnější částičky o průměru do 2 mm. Do každého kýble byla nasypána cca 5 cm vrstva příslušného substrátu, který byl zvlhčen 100 ml vody a stěny každého kýble byly potřeny fluonem, proti útěku mravenců. Od každého půdního typu byl odebrán kontrolní vzorek pro pozdější analýzu.



**Obr 5:** Pokusná mraveniště (jednotlivé typy substrátů: zleva - písek, jíl, rašelina).

Mravenci se po umístění do jednotlivých kýblů postupně nastěhovali do půdy a zbylý papír jsem vyndal (do dvou dnů po vložení). Do každého kýble byly přidány dvě pítka, miska s medem a miska na vaječný žloutek. Krmení a kontroly byly prováděny 2x v týdnu (pravidelně po 3-4 dnech). Každé krmení jsem měnil zbytky medu za

čerstvý (malinká lžička) a jednou v týdnu jsem měnil i vaječný žloutek (1 nebo 2 g). Vodu v pítkách jsem doplňoval vždy, když byla pítka alespoň z půlky prázdná. Po každé kontrole bylo nutno půdu zvlčít. Rosil jsem podle potřeby 100, 150 nebo 200 ml vody (úplně suchý substrát = 200 ml; vlhký jen okolo pítek = 150 ml; vlhká celá střední část mraveniště = 100 ml).

Na začátku pokusu jsem pořizoval fotografie mravenišť po týdnu, později cca po 14 dnech a poslední měsíc jen jednou. Fotografie byly využity k posouzení aktivity mravenců. Ta byla hodnocena v každém intervalu jako semikvantitativní stupnice absence staveb mravenců, malá presence staveb (chodeb) a velká presence chodeb (pokrývajících více jak polovinu čtverce). Celková intenzita mravenčí činnosti v jednotlivých čtvercích pak byla stanovena jako průměr jednotlivých stupňů aktivity během celého pokusu. Byla k tomu využita čtvercová síť (rozměry jednotlivých čtverců byly 7,5 x 7,5 cm). Tato síť byla vložena do jednotlivých mravenišť po skončení pokusu a při zpětné analýze intenzity mravenčí činnosti byla v programu Zoner Photo Studio 12 vložena i do fotografií z ostatních časových úseků. Fotografie byly pořizovány vždy ve stejné orientaci.

Vložením čtvercové sítě vzniklo v každém pokusném mraveništi 12 odběrových míst (Obr. 6). Z každého pokusného mraveniště bylo získáno 12 půdních vzorků, ze kterých jsem dále připravoval vzorky pro měření změn pH a výměnných kationtů ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ).



**Obr 6:** Mraveniště se čtvercovou sítí a označením odběrových míst.

### **3.2.2. Příprava a analýza vzorků**

#### **3.2.2.1. Vzorky pH**

Vzorky pro měření hodnot pH jsem připravoval v poměru 1:5 (1 díl půdy na 5 dílů destilované vody). U rašeliny byly vzorky připraveny v poměru 1:10. Takto připravené vzorky byly ponechány 24 hodin v klidu. Druhý den jsem vzorky přefiltroval a měřil pH.

#### **3.2.2.2. Vzorky výměnných kationtů**

Vzorky pro stanovení obsahu výměnných kationtů ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) jsem připravoval v poměru 1:4 (1 díl půdy na 4 díly roztoku MEHLICH-1 (0,05 N HCl + 0,025 N  $H_2SO_4$ )).

Vzniklá suspenze byla promíchávána 5 minut na třepačce. Po důkladném promíchání byly vzorky přefiltrovány a získaný filtrát byl uložen do lednice.

#### **3.2.2.3. Měření a vyhodnocení vzorků**

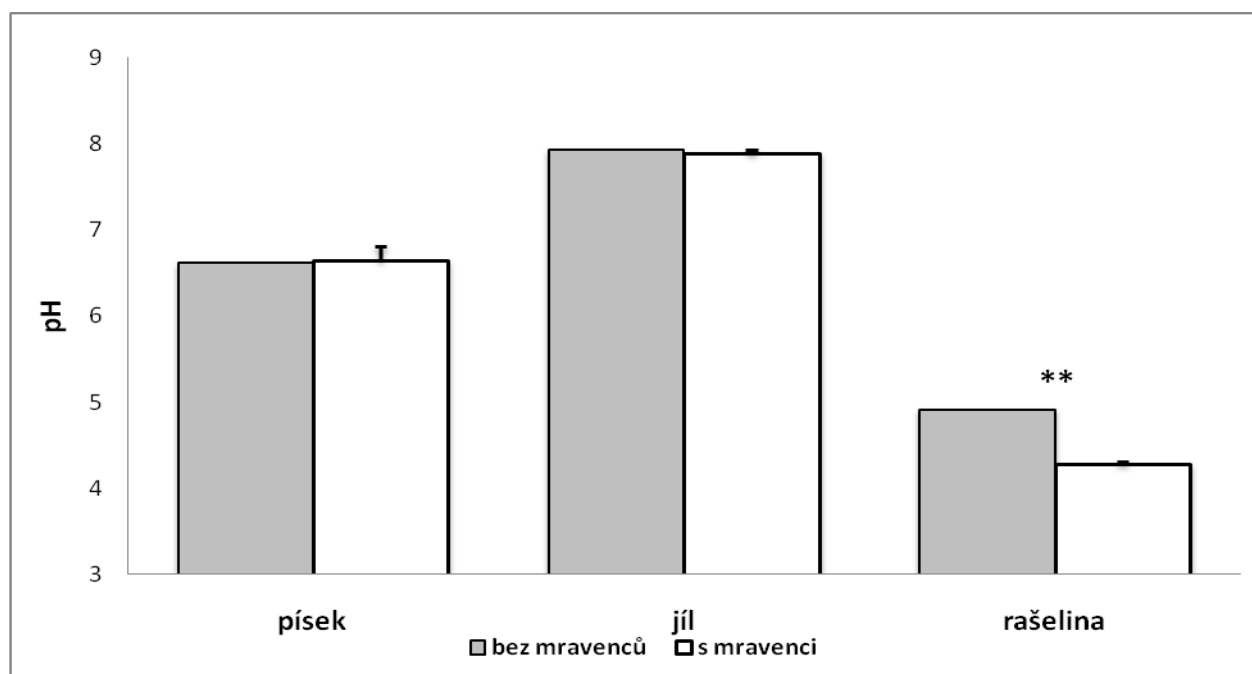
pH bylo měřeno v laboratoři na pH metru GRYF 208 L se skleněnou kombinovanou elektrodou.

Obsah výměnných kationtů ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) byl stanoven atomovou absorpční spektrofotometrií, plamenovou technikou v plameni acetylén-oxid dusný (vlnová délka 420,7 nm) na přístroji SpectrAA 640 (výrobce Varian Techtron, Austrálie). Vzorky byly ředěny destilovanou vodou v poměru 1:1.

Zpracování dat bylo provedeno v programu Excel. K posouzení závislosti změn chemických vlastností půdy na činnosti mravenců byl použit Pearsonův korelační koeficient. Testování rozdílnosti středních hodnot mezi kontrolou a mravenci ovlivněnou půdou bylo provedeno dvojvýběrovým t-testem s nerovností rozptylů.

## 4. Výsledky

Hodnoty pH půdy v pokusných mraveništích se činností mravenců oproti kontrolním vzorkům změnily. Z obrázku 7 je vidět, že k signifikantní změně došlo u hnízd v rašelině, kde se ale pH proti očekávání snižovalo. Změny u hnízd v jílu a písku se jako signifikantní neprojeví. Došlo u nich jen k mírnému posunu směrem k neutrálním hodnotám. Tedy podle očekávání, že mravenci posouvají pH půdy směrem k neutrální hodnotě.

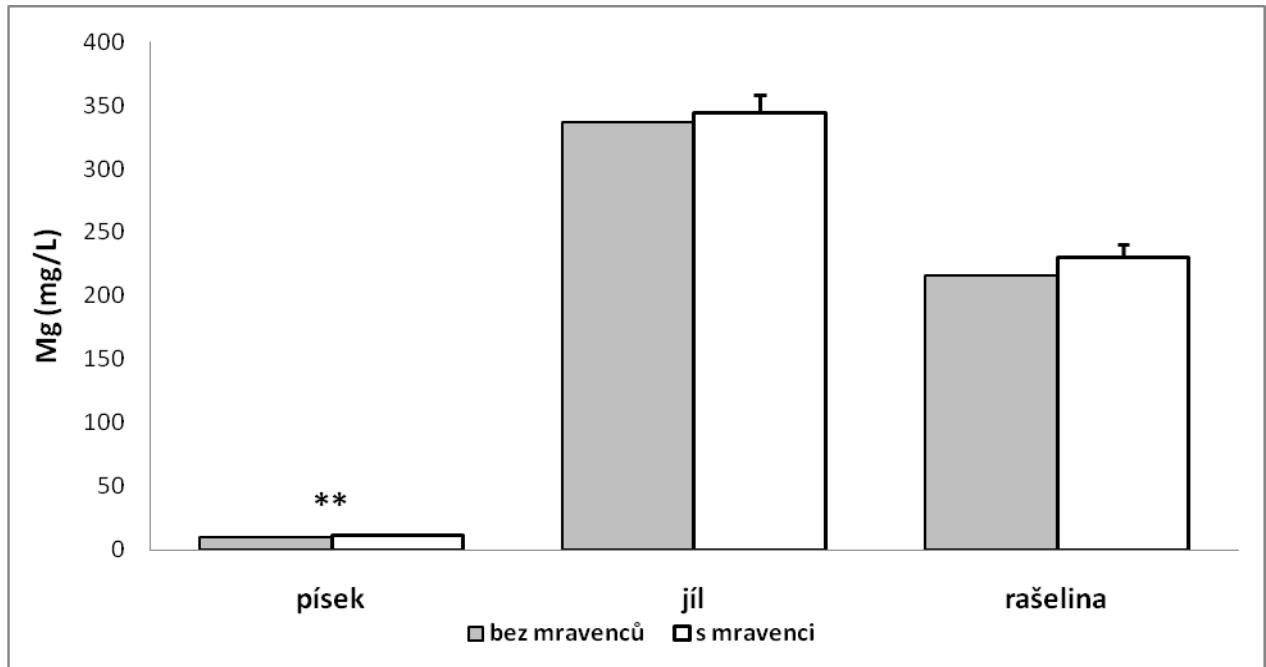


**Obr 7:** Hodnoty pH v závislosti na aktivitě mravenců ve vybraných typech půd. \*\* značí statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a mravenci ovlivněnou půdou pro  $p < 0,01$  (\*\*). Chybové úsečky představují směrodatné odchylky.

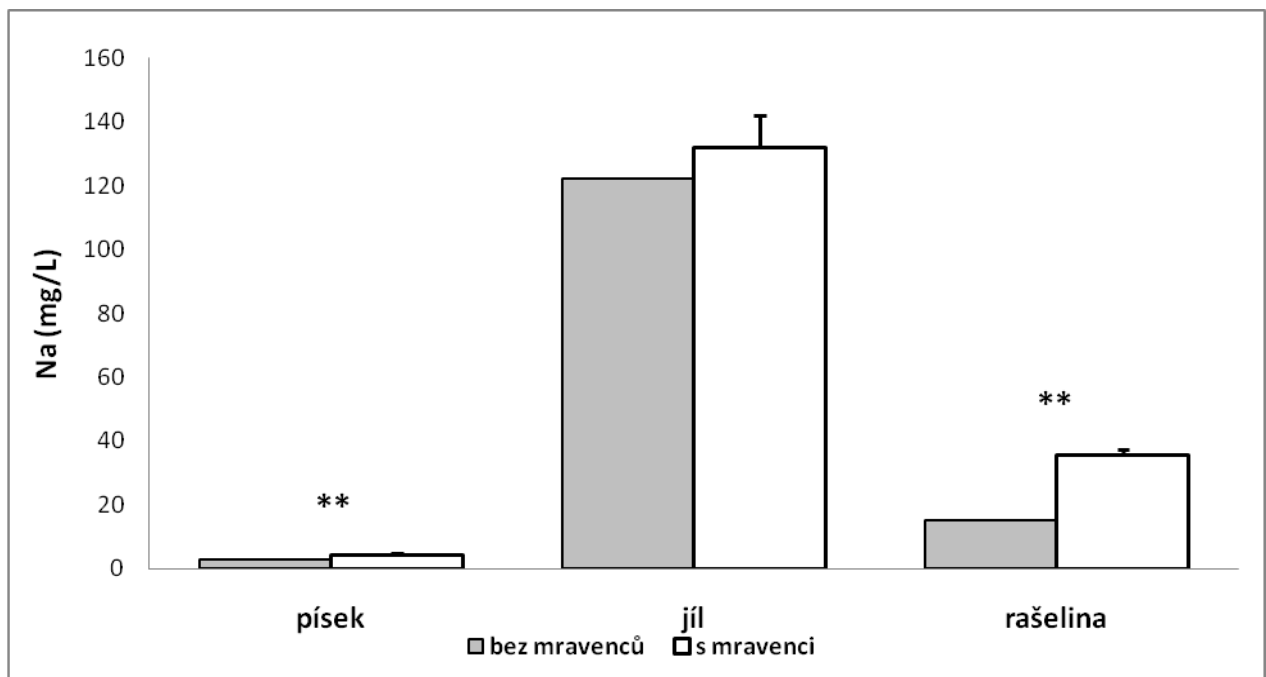
Na obrázcích 8 až 11 jsou zobrazeny změny obsahu výměnných kationtů ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) v pokusných mraveništích oproti kontrolním vzorkům. Obsah všech výměnných kationtů byl v pokusných mraveništích činností mravenců změněn. U hnízd v písku došlo k signifikantním změnám u všech výměnných kationtů a obsah těchto kationtů se oproti kontrolním vzorkům zvýšil. Naproti tomu u hnízd v jílu se sice zvýšil obsah  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  a snížil obsah  $Ca^{2+}$ , ale žádná z těchto změn nebyla



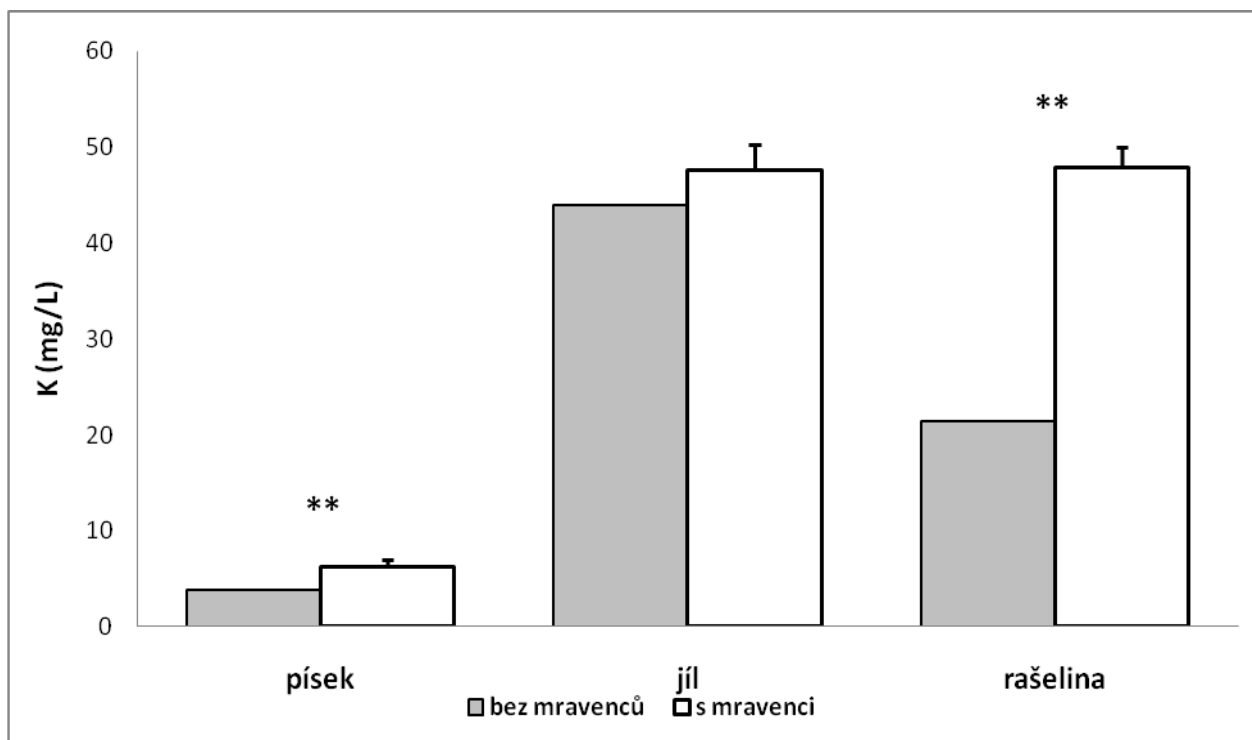
signifikantní. U hnízd v rašelině se obsah všech výměnných kationtů oproti kontrolním vzorkům zvýšil a k signifikantním změnám došlo u  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$ . Změny u  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  se ukázaly jako nesignifikantní.



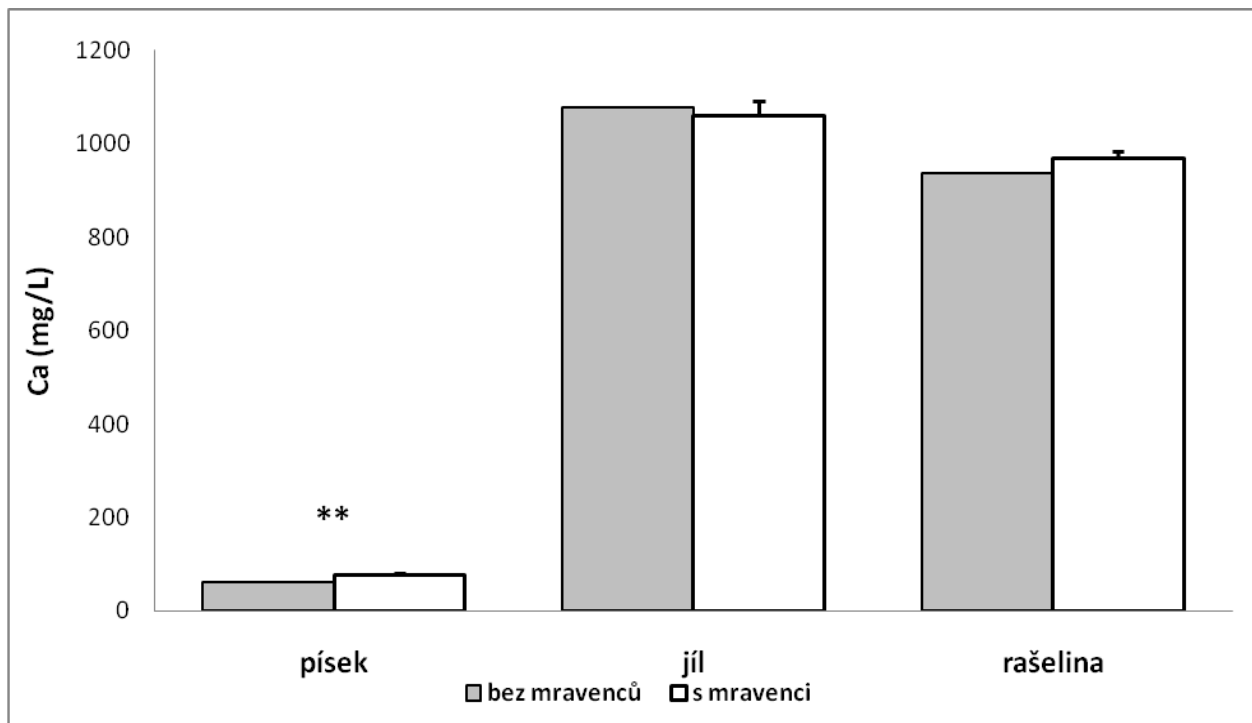
**Obr 8:** Obsah hořečnatých kationtů v závislosti na aktivitě mravenců ve vybraných typech půd. \*\* značí statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a mravenci ovlivněnou půdou pro  $p < 0,01$  (\*\*). Chybové úsečky představují směrodatné odchylky.



**Obr 9:** Obsah sodných kationtů v závislosti na aktivitě mravenců ve vybraných typech půd. \*\* značí statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a mravenci ovlivněnou půdou pro  $p < 0,01$  (\*\*). Chybové úsečky představují směrodatné odchylky.



**Obr 10:** Obsah draselných kationtů v závislosti na aktivitě mravenců ve vybraných typech půd. \*\* značí statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a mravenci ovlivněnou půdou pro  $p < 0,01$  (\*\*). Chybové úsečky představují směrodatné odchylky.



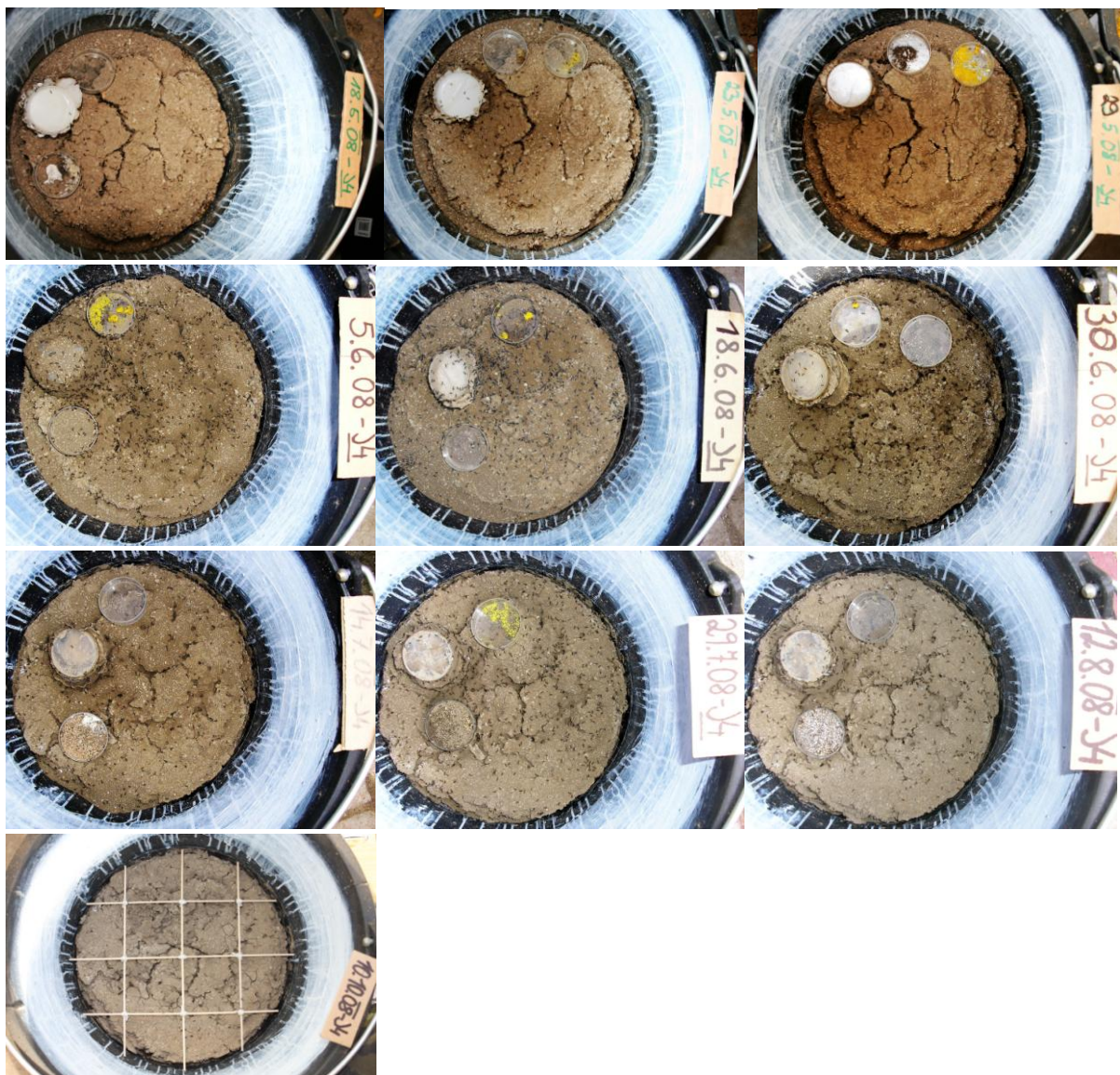
**Obr 11:** Obsah vápenatých kationtů v závislosti na aktivitě mravenců ve vybraných typech půd. \*\* značí statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a mravenci ovlivněnou půdou pro  $p < 0,01$  (\*\*). Chybové úsečky představují směrodatné odchylky.

Tabulka 1 znázorňuje korelační koeficienty pro pH a výměnné kationty ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) v závislosti na stavební aktivitě mravenců (odhadnuté analýzou fotografií jednotlivých hnízd) v sledovaných typech půd. Z tabulky je patrné, že u hnízd v písku změny u obsahu  $K^+$  a  $Ca^{2+}$  signifikantně pozitivně korelovaly se stavební aktivitou mravenců. Změny u ostatních kationtů a pH se jako signifikantní neprojeví. U hnízd v jílu mravenci pozitivně ovlivnili hodnotu pH a negativně ovlivnili obsah  $Na^+$ . Tyto změny se projeví jako signifikantní, kdežto změny u ostatních prvků signifikantní nebyly. U hnízd, která byla v rašelině, se projeví signifikantní rozdíly u obsahu  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  a  $K^+$ . Všechny tyto prvky byly mravenci pozitivně ovlivněny. Změny u pH a  $Ca^{2+}$  se jako signifikantní neprojeví.

**Tab 1:** Pearsonův korelační koeficient pro pH a výměnné kationty ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) v závislosti na typu půdy a stavební aktivitě mravenců. Tučně zobrazeny signifikantní změny.

Půda	pH	Mg	Na	K	Ca
<b>písek</b>	0,0290935	0,18581589	0,09544925	<b>0,5514273</b>	<b>0,32355452</b>
<b>jíl</b>	<b>0,2680121</b>	-0,14762122	<b>-0,29513225</b>	0,0082031	0,13688863
<b>rašelina</b>	-0,0567114	<b>0,28327488</b>	<b>0,32711954</b>	<b>0,5000437</b>	0,19154866

Aktivita mravenců v hnízdech byla odhadována ze sérií fotografií, pořízených v průběhu pokusu (Obr. 12). Do jednotlivých fotografií byla v programu Zoner Photo Studio 12 přenesena čtvercová síť z poslední fotografie, vždy ve stejné orientaci. Z obrázku je patrné, že po přidání mravenců do připravených kýblů se substrátem, se jejich aktivita soustředila v místě okolo pítka a misek s potravou. V průběhu pokusu se aktivita mravenců rozrůstala směrem do středu pokusného mraveniště, až se nakonec rozrostla v celém substrátu mraveniště. U slabších mravenišť (méně dělnic) se aktivita soustředila spíše ve střední části a v okolí pítka a misek s potravou.



**Obr 12:** Série fotografií pokusného mraveniště, zobrazující rozrůstající se aktivitu mravenců v čase.

## 5. Diskuse

Změna v chemickém složení substrátu po přidání mravenců oproti původním hodnotám ukazuje, že aktivita mravenců se přinejmenším významně podílí na dříve pozorovaných rozdílech v chemickém složení materiálu hnízda a okolní půdy (Czerwiński *et al.* 1971, Frouz *et al.* 2003, Holec & Frouz 2006, Frouz & Jílková 2008).

Nicméně změny v zastoupených hodnotách jednotlivých parametrů se ne vždy shodovaly s mírou změn pozorovanou u téhož druhu mravenců na podobných substrátech. Změny v pH u jílu a písku byly menší než průměrné změny pozorované u těchto substrátů v přírodních podmínkách (Frouz *et al.* 2003). Výrazné změny pH byly pozorovány u rašeliny, které však měly opačný trend, než změny pozorované v přírodě, kde pH stouvalo, zatímco v našem pokusu klesalo.

Co se týká změny v obsahu bazických kationtů, ty vykazují vesměs podobný trend, jako změny pozorované v terénu porovnáním hnízd a okolní půdy a i míra těchto změn v zásadě zapadá do variability terénních pozorování, byť, s výjimkou draslíku, jsou změny pozorované v laboratorním pokuse oproti terénním datům (Frouz *et al.* 2003) spíše nižší.

Výše uvedená zjištění otevírají otázku, co může být příčinnou odlišností mezi terénními a laboratorními výsledky. Pokusím se v dalším textu shrnout několik, ne nutně exkluzivních hypotéz, které by mohli tento rozpor vysvětlit: i) Je možné, že se na pozorovaných rozdílech mezi chemickým složením hnízda a okolní půdy skutečně podílí variabilita půdních parametrů a selekce mikrostanoviště královnou; ii) Dřívější práce ukazují, že na změnách v chemismu se podílí i promíchávání různých půdních horizontů (Frouz *et al.* 2003). Vliv tohoto procesu byl v popsaném laboratorním pokuse nutně omezen, neboť půda byla před začátkem pokusu homogenizována; iii)

V předchozích pracích byl pozorován rozdíl ve vlhkosti půdy mezi hnízdem a okolní půdou (Frouz *et al.* 2003), který může ovlivnit pohyb živin v půdním profilu. Je pravděpodobné, že v podmínkách laboratorního pokusu se takový rozdíl v perkolaci vody mezi hnízdem a okolní půdou nemohl vytvořit; iv) Předchozí studie (Frouz *et al.* 2003 a 2005) ukazují, že největší změny v chemismu jsou pozorovány ve středu nadzemní části kupy a proto ani aktivita mravenců nebyla koncentrována způsobem, který je v přírodě obvyklý; v) V přirozených ekosystémech je okolní půda pokryta vegetací, která odebírá živiny, což se může podílet na pozorovaném rozdílu.

---

## 6. Závěr

Výsledky ukazují, že aktivita mravenců ovlivňuje hodnoty pH a obsah dostupných kationtů.

Oproti polním podmínkám jsou rozdíly v hodnotách pH nižší a někdy vykazují opačný trend než v terénních měřeních.

Dobrá shoda je mezi laboratorními výsledky a literárními údaji o terénních měřeních ve změně obsahu bazických kationtů.

## 7. Použitá literatura

BRADY N. C., WEIL R. R. The nature and properties of soil. 13.ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 2002. 960 s. ISBN 0-13-016763-0.

CZERWIŃSKI Z., JAKUBCZYK H., PETAL J. 1971: Influence of ant hills on the Meadow Soils. - *Pedobiologia* 11: 277-285.

DLUSSKIJ G. M. Muravji roda *Formica*. Moskva: Nauka, 1967. 236 s.

DOMISCH T., FINER L., NEUVONEN S., NIEMELA P., RISCH A. C., KILPELAINEN J., OHASHI M., JURGENSEN M. F. 2009: Foraging activity and dietary spektrum of wood ants (*Formica rufa* group) and their role in nutrient fluxes in boreal forest, *Ecol. Entomol.* 34: 369-377.

FROUZ J. 2000: The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nests of *Formica polyctena* wood ants. - *Insectes Sociaux* 47: 229 – 235.

FROUZ J., FINER L. 2007: Diurnal and seasonal fluctuations in wood ant (*Formica polyctena*) nest temperature in two geographically distant populations among a south-north gradient. – *Insectes Sociaux* 54: 251-259.

FROUZ J., HOLEC M., KALČÍK J. 2003: The effect of *Lasius niger* (Hymenoptera, Formicidae) ant nest on selected soil chemical properties. - *Pedobiologia* 47: 205 – 212.



FROUZ J., JÍLKOVÁ V. 2008: The effect of ants on soil properties and processes (Hymenoptera: Formicidae). – *Myrmecological News* 11: 191-199.

FROUZ J., KALČÍK J., CUDLÍN P. 2005: Accumulation of phosphorus in nests of red wood ants *Formica s. str.* - *Ann. Zoolog. Fennici* 42: 269 – 275.

HÖLLDOBLER B., WILSON E. O. Cesta k mravencům. 1.vyd. Praha: Academia, 1997. 198 s. ISBN 80-200-0612-5.

HOLEC M., FROUZ J. 2006: The effect of two ant species *Lasius niger* and *Lasius flavus* on soil properties in two contrasting habitats. - *European Journal of Soil Biology* 42: 213 – 217.

JAKUBCZYK H., CZERWIŃSKI Z., PETAL J. 1972: Ants as agent of the soil habitat changes. – *Ekologia Polska* 20: 153-161.

JOLIVET P. Ants and plants: An Example of Coevolution. 1.vyd. Leiden: Backhuys Publishers, 1996. 303 s. ISBN 90-73348-31-5.

JURGENSEN M. F., FINER L., DOMISCH T., KILPELAINEN J., PUNTTILA P., OHASHI M., NIEMELA P., SUNDSTROM L., NEUVONEN S., RISCH A. C. 2008: Organic mound-building ants: their impact on soil properties in temperate and boreal forest. – *J. Appl. Entomol.* 132: 266-275.

LAAKSO J., SETÄLÄ H. 1997: Nest Mount of red wood ants (*Formica aquilonia*): hot spots for litter-dwelling earthworms. – *Oecologia* 111: 565-569.

MRÁZEK A. Několik kapitol z biologie mravenců. Praha: Československá společnost entomologická, 1926. 43 s.

RAJCHARD J., BALOUNOVÁ Z., KVĚT J., ŠANTRŮČKOVÁ H., VYSLOUŽIL D. Ekologie III.: Struktura a funkce ekosystému, produkční ekologie, biogeochemické cykly, chemické faktory prostředí, základy ekologie půdy, ekologie vodního prostředí, aktuální celosvětové ekologické problémy. 1.vyd. Č. Budějovice: KOPP, 2002. 197 s. ISBN 80-7232-191-9.

REICHHOLF-RIEHMOVÁ H. Hmyz a pavoukovci. 1.vyd. Praha: Knižní klub: Ikar, 1997. 287 s. ISBN 80-7176-583-X, ISBN 80-7202-196-6.

SADIL J. Naši mravenci. 1.vyd. Praha: Orbis, 1955. 224 s.

SEIFERT B. Ameisen: beobachten, bestimmen. 1.vyd. Augsburg: Naturbuch Verlag, 1996. 351 s. ISBN 3-89440-170-2.

SOUDEK Š. Mravenci: Soustava, zeměpisné rozšíření, oekologie a určovací klíč mravenců žijících na území Československé republiky. 1.vyd. Praha: Československá společnost entomologická, 1922. 98 s.

ŠIMEK M. Základy nauky o půdě: 1. Díl. 2.vyd. Č. Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské univerzity, 2005. 158 s. ISBN 80-7040-747-6.

WAGNER D., BROWN M. J. F., GORDON D. M. 1997: Harvester ant nests, soil biota and soil chemistry. – *Oecologia* 112: 232-236.

WAGNER D., JONES J. B., GORDON D. M. 2004: Development of harvester ant colonies alters soil chemistry. – *Soil. Biology & Biochemistry* 36: 797-804.

ZAHRADNÍK J., SEVERA F. Hmyz. 1.vyd. Praha: Aventinum, 2004. 326 s. ISBN 80-86858-01-4.