

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vliv mulčovacích materiálů používaných v zahradnictví na
půdní vlastnosti**

Bakalářská práce

Autor práce: Jan Meravý

Obor studia: Zahradní a krajinářské úpravy

Vedoucí práce: doc. Ing. Lenka Pavlů, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv mulčovacích materiálů používaných v zahradnictví na půdní vlastnosti" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1.5.2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Lence Pavlů, Ph.D. za pomoc při psaní bakalářské práce, za ochotu, trpělivost a samozřejmě za cené rady, které mi při psaní poskytla. Dále bych rád poděkoval celé katedře pedologie a ochrany půdy za možnost realizace laboratorních pokusů.

Vliv mulčovacích materiálů používaných v zahradnictví na půdní vlastnosti

Souhrn

Cílem práce je porovnat vliv jednotlivých mulčovacích technik na základní chemické vlastnosti půdy a na stabilitu půdní struktury. Volba mulčovacích materiálů je důležitá vzhledem k tomu, že jejich dlouhodobá aplikace může vést k významným změnám půdních vlastností.

Tento pokus byl založen na Demonstrační a výzkumné stanici v Praze na Troji v roce 2015. Pozemek byl rozdělen na 27 parcel o velikostech 3 x 1,5 m. Pro tento pokus bylo vypráno 8 typů mulčovacích materiálů: agortex Eko+, ekocover, papír, sláma, štěpka, kůra, netkaná textilie, štěrk. Poslední variantou byla kontrola – varianta bez mulče. Tyto varianty byly rozmístěny po pozemku ve třech opakováních. Na každé parcele byly vysázeny trvalky, přesněji 6 druhů trvalek ve stejném rastru na každé parcele.

Odběry půdních vzorků se vždy dělali po skončení vegetace (říjen) každý rok. Na každé parcele byly odebrány vzorky ze čtyř míst pomocí sondovací tyče vždy z hloubek 0-10 cm a 20-30 cm. Z těchto čtyř vzorků ze stejné hloubky byl vždy vytvořen jeden směšný vzorek. Dále se z povrchu odebíraly vzorky pro stanovení stability půdních agregátů.

U odebraných vzorků se sledovalo: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, C_{ox} , $\text{Q}_{4/6}$ a stabilita agregátů.

Reakce půdy měřena jako $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ byla ve čtvrtém roce nižší u všech variant, kromě varianty agrotex a ekocover, kde byly hodnoty stejné jako v prvním roce. I přes to se všechny varianty ustálily na hodně $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6,5. V hlubším horizontu se hodnota $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ustálila na hodně 6. Na povrchu se hodnoty C_{ox} u většiny variant lehce snížily, zatím co v hloubce 20-30 cm byl zjištěn obsah organického uhlíku buď stejný, nebo vyšší. Stabilita půdních agregátů pod organickými mulčovacími materiály byla větší nežli při založení pokusu.

Klíčová slova: mulč, půdní vlastnosti, trvalky

Mulch materials for gardening purposes and their influence to soil properties

Summary

The aim of this bachelor thesis is to compare the influence of individual mulching techniques on the basic chemical properties of the soil and on the soil structure stability. Choice of mulching materials is important, because of the long term application, which can lead to significant changes in soil properties.

This experiment was established in Gardening research station in Troja in 2015. Land were divide on 27 plot witch size 3 x 1,5 m. 8 mulching materials were selected of this experiment: bark, wood chips, straw, gravel, paper, agrotex sheet, ekocover sheet, black plastic film. The 1st variant was for control (without mulch). These variants were distributed over the plot in three replicates. Perennials were planted on each plot, to by accurate, six kinds of perennails in same pattern.

Soil sampling was always done after the end of the vegetation (october) every year, On each plot, samples were taken from four places using a probe rob, each from a depth of 0-10 cm and 20-30 cm. From these four samples from same depth, was created mixe one. Furthermore, samples are taken form the surface to determine the stability of soil agreagates. The following soil properties were monitored: $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$, C_{ox} , $\text{Q}_{4/6}$ and the stability of the aggregates.

Reaction measured as $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ was lower in the fourth year for all variants, except for the agrotex and ekocover variants, where the values were the same as in the first year. Nevertheless, all variants stabilized at $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6.5. At deeper horizon, the $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ value stabilized at 6. On the surface, the C_{ox} values slightly decreased in most variants, but in the depth of 20-30 cm, the C_{ox} was found to be either the same or higher. The stability of soil aggregates under organic mulching materials was hihger than at the start of the experiment.

Keywords: mulch, soil properties, perennials

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce.....	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Mulčování.....	10
3.1.1	Využívání mulče	10
3.1.2	Výhody mulčování	10
3.1.3	Nevýhody mulčování	10
3.2	Rozdělení mulčovacích materiálů.....	11
3.2.1	Využití mulčovacích materiálů v zemědělství.....	11
3.2.1.1	Sláma	11
3.2.1.2	Bílá mulčovací textilie	11
3.2.1.3	Černá mulčovací textilie.....	11
3.2.2	Využití mulčovacích materiálů v zahradnictví	12
3.2.2.1	Mulčovací kůra.....	12
3.2.2.2	Štěpka	12
3.2.2.3	Piliny.....	12
3.2.2.4	Sláma	13
3.2.2.5	Papír.....	13
3.2.3	Anorganické materiály používané v zahradnictví.....	13
3.2.3.1	Štěrk.....	13
3.2.3.2	Písek.....	14
3.2.4	Uměle vytvořené mulčovací materiály	14
3.2.4.1	Ekocover	14
3.2.4.2	Agrotex EKO+	14
3.2.4.3	Netkaná textilie.....	14
3.3	Mulčování a jeho vliv na půdu.....	15
3.3.1	Teplota půdy	15
3.3.2	Vlhkost půdy	15
3.3.3	Zlepšení úrodnosti půdy	16
3.3.4	Snižování výskytu nemocí	16
3.4	Trvalky.....	16
3.4.1	Charakteristika vybraných trvalkových druhů	17
3.5	Vybrané půdní vlastnosti	18

3.5.1	Půdní reakce	18
3.5.2	Organická hmota v půdě.....	19
3.5.3	Struktura půdy	22
4	Metodika	24
4.1	Charakteristika stanoviště	24
4.2	Založení pokusu.....	24
4.3	Odběr vzorků	26
4.4	Metodika laboratorních pokusů.....	26
5	Výsledky	29
	Hodnocení půdních vlastností nezávisle na použitých mulčích	29
	Porovnání půdních vlastností pod jednotlivými mulčovacími materiály	31
6	Diskuze	36
6.1	Půdní reakce	36
6.2	Obsah a kvalita humusu	36
6.3	Stabilita půdních agregátů	36
7	Závěr	38
8	Literatura.....	39

1 Úvod

Mulčování je známá technologie používaná jak v zemědělství, tak zahradnictví a školkařství už po několik staletí. V současné době se využívá velká škála mulčovacích materiálů jako např. polyethylenové folie, polypropylenové netkané textilie, papírové folie, organické mulčovací materiály jako např. sláma, dřevěná štěpka a nebo štěrk. Každý z těchto materiálů má jiný vliv na půdu a její vlastnosti.

Pod mulči nedochází k nadbytečné ztrátě vody po zálivce, nevytváří se půdní škraloup, vztlínání vody je mulčem přerušeno a tím brání nadbytečnému odparu, tedy chrání vodu využívanou kořenovými systémy. Mulče příznivě působí na zdraví rostlin a napomáhají ke zlepšení úrodnosti půdy. Jednou z dalších výhod je omezení růstu plevelu pod vrstvou jak organického mulče, tak pod fólií. Jako nevýhody můžeme uvést větší vlhkost pod mulči a tím i zvýšení výskytu houbových chorob.

V půdě koření rostliny a žijí v ní žížaly, hmyz, bakterie, houby a další organismy, které pomáhají přeměňovat zbytky rostlin i živočichů na humus. Humus je základem přirozené úrodnosti půdy. Živiny, které jsou vázány na humusové částice, se postupně uvolňují a jsou tedy dobře přístupné rostlinám v době, kdy je právě potřebují. Úrodnost půdy může omezit například UV záření, které je limitující pro život půdních organismů, nebo vítr, který napomáhá k vysušení a způsobuje erozi a odnos drobných půdních částic. Déšť rozrušuje povrch kapkami vody a stékající voda způsobuje erozi a odnos půdy. Zmíněné procesy se projevují nejvíce na půdě bez pokryvu. V přírodě je půda vždy chráněná biologickým materiálem, jako je listí, popřípadě zbytky rostlin nebo vegetací. Na většině zahrad bohužel často zůstává půda odkrytá, a to jak v podzimních a zimních měsících tak i během sezóny, kdy se spadane listí a zbytky rostlin uklízí. Proto je důležité používání mulčů v záhonech, které přirozený pokryv půdy nahrazují.

2 Cíl práce

Cílem práce je porovnání jednotlivých vlivů mulčovacích technik na základní chemické vlastnosti půdy a na stabilitu půdní struktury. Vybrané mulčovací materiály mohou jak pozitivně tak negativně ovlivnit půdu.

3 Literární rešerše

3.1 Mulčování

V přírodě se často samotná holá půda nevyskytuje, jelikož části odumřelých rostlin zůstávají na povrchu půdy a postupem času se rozkládají. Během zpracování půdy se povrch odkrývá a tím pádem i rychleji vysychá. Díky tomu, že půda nemá dostatek vody a špatně s ní bez pokryvu hospodaří, dochází k rozvoji plevelných rostlin, jimž takové podmínky nevadí, naopak jim poskytují určitou konkurenční výhodu. Z tohoto důvodu se začly jak v zahradnictví tak zemědělství využívat mulče. K mulčování se používají jak organické materiály: sláma, kůra, papír, štěrka, listy či posekaná tráva, tak anorganické materiály jako štěrk nebo materiály umělé: různé, fólie, netkané textilie nebo i ekologicky rozložitelné fólie. (Brunsová et al. 2010).

3.1.1 Využívání mulče

Dle (Hradila 2000)

- Při zakládání záhonu je důležité předem půdu připravit a zbavit jí dokonale plevelů, před samotnou aplikací mulče.
- Mulč nesmí obsahovat žádné patogení zárodky ani semena plevelů.
- Při použití textilie nebo roštu je důležité je pevně ukotvit.
- Vrstva mulče musí být dostatečně silná, aby semínka plevele neměla dostatek slunce a nezačala pod mulčem klíčit. (Flowerdew 2010)

3.1.2 Výhody mulčování

Mulčovací materiály dokáží izolovat půdu jak před horkem, tak i před mrazem a díky tomu dokáží stabilizovat teplotu půdy (Pavlů et al. 2021). V zimě mulč ochrání rostliny a jejich kořeny, které díky mulči neumrznou. Samozřejmě mulč zvyšuje estetický dojem trvalkové či letničkové výsadby (Campbell 2001).

Jako další výhody mulče můžeme uvést ochranu před větrnou a vodní erozí (Hůla et al. 2003) a samozřejmě i před vyplavováním důležitých živin z půdy (Florová 1992). Mulče mohou snížit požadavek na zavlažování plodin a někdy dokonce není potřeba používat zavlažování díky zadržení vody (Ahmad et al. 2015; Kader et al. 2019; Iqbal et al. 2019; Ahmad et al. 2020).

Samotné organické mulčovací materiály mohou fungovat jako houba, která do sebe nasaje jak vodu ze srážek, tak i ze závlahy. Například díky slámě a její schopnosti zadržovat vodu byl odtok snížen až o 46 % (Borst a Woodburn 1942). Doplnkové zavlažování nemusí být tedy používáno tak často díky schopnosti mulče zadržet vodu (Smith 2000).

3.1.3 Nevýhody mulčování

Cambell (2001) uvádí, že některé mulčovací materiály jako fólie mohou být nevhodné pro použití, jelikož nepropouštějí tolik vodu k rostlinám a voda po nich může odtékat pryč.

Další nevýhodou využití folií na trvalkových záhonech může být omezení rozvoje okrasných rostlin (Baroš a Martínek 2011).

U nově mulčovaných povrchů se mohou na dočasnou dobu přemnožit slimáci popřípadě hlodavci, kteří mohou rostliny ničit. Například při využití kůry jako mulčovacího materiálu dochází k okyselení půdy a jelikož kůra obsahuje inhibitory růstu, tak může ovlivnit růst rostlin (Svoboda 2009).

Jako další nevýhodou dle Flohrové (1992) je obtížné odstraňování některých mulčovacích materiálů a pak jejich ekologická likvidace.

3.2 Rozdělení mulčovacích materiálů

3.2.1 Využití mulčovacích materiálů v zemědělství

V ČR je velkoplošné využití mulčovacích materiálů vyšší než například v Holandsku a jiných rozvinutých zemích (Malcolm 2006).

3.2.1.1 Sláma

V zemědělství se mulčovací materiály používají už řadu let. Často je například využívána sláma k jahodám, aby se předešlo plesnivění plodů. Důležité je, ale samotné mulčovací materiály střídát, vzhledem k tomu, že sláma láká hlodavce, kteří by mohli zničit celou úrodu. Důležité je si dát pozor na vrstvu použitých mulčovacích materiálů, u velkých vrstev může dojít k tlení a hnití organického materiálu (Malcolm 2006).

3.2.1.2 Bílá mulčovací textilie

Jednou z výhod bílé polypropylenové textilie je, že odráží sluneční záření a půda se tím pádem tolik nezahřívá. V určitých případech to může být i její nevýhodou. Používá se jako ochrana před silným slunečním zářením nebo proti větru a v zimních a jarních měsících chrání rostliny před mrazy a jarními mrazíky. Tuto textilii můžeme rozdělit na dva typy slabší, která má menší trvanlivost a na pevnou, která naopak má trvanlivost vyšší. Rostliny či plodiny jsou vysázeny do děr v textílii, která pomáhá udržet optimální teplotu a vlhkost, které napomáhají vývoji mladých rostlin (Dušková 2005).

3.2.1.3 Černá mulčovací textilie

Černá mulčovací textilie je výborná pro růst rostlin, jelikož více vyhřívá půdu. Černá barva neodráží sluneční záření, naopak ho pohlcuje a díky tomu se půda lépe zahřívá nežli při použití bílé textilie (Dvořák 2011). Tato textilie brání semenům, která v půdě zůstala z minulého roku k vzcházení, ale také brání náletům jiných semen z okolí.

Netkané textilie jsou slabší a tím pádem i méně trvanlivé nežli tkané, které jsou pevnější. Životnost tkané textilie může být až 30 let. Netkané textilie se převážně používají

pod sáláty, jahody. Při použití, jsou plody jahod čistější, než kdyby byly vysázené na holé půdě (Dušková 2005).

3.2.2 Využití mulčovacích materiálů v zahradnictví

Mulče využívané jak v okrasném, tak produkčním zahradnictví se dělí na organické, tedy rozložitelné, nebo na anorganické, z přírodních materiálů ale nerozložitelné a na mulče uměle vyrobené syntetické (Campbell 2001)

Nejpoužívanější organické mulče:

- Mulčovací kůra,
- Štěpka
- Piliny
- Sláma
- Papír

3.2.2.1 Mulčovací kůra

Nejčastěji se využívá kompostovaná borka z jehličnatých stromů (borovic, smrků). Kůra je drcena na různé velikosti. Jemná se drtí na 3 cm a hrubá na 9 cm (Svoboda 2009). Není vhodné využívat nekompostovanou kůru, jelikož kompostovaná mulčovací kůra dokáže po dlouhou dobu do půdy dodávat humus. Pro okrasné části zahrady se nejčastěji využívá jemně drcená kůra s mírně kyselou reakcí (Flowedew 2010). Mulčovací kůra se získává z poražených stromů. Nevýhodou kůry je rychlá rozložitelnost, a proto je nutné jí častěji doplňovat. Kůra samotná může obsahovat zbytky pryskyřice, fenolů a tríslovin, které v průběhu času brzdí růst plevelů (Relf & McDaniel 2004).

3.2.2.2 Štěpka

Štěpka se získává při drcení větví, které jsou převážně získány z jarních řezů stromů, které jsou následně drceny štěpkovačem. Štěpka se nejčastěji vrství do výšky 5 – 10 cm. Štěpka se na rozdíl od mulčovací kůry rozkládá pomaleji a není je tedy potřeba doplňovat tak často jako mulčovací kůru (Relf & McDaniel 2004). Nejvhodnější pro štěpkování jsou listnaté stromy. Pokud použijeme jehličnaté stromy, může v průběhu času dojít k okyselení půdy. Nevhodné je míchat štěpku s půdou, dochází pak k odběru dusíku z půdy, jelikož má štěpka špatný poměr C:N (Svoboda 2009).

3.2.2.3 Piliny

Piliny obsahují velké množství uhlíku, ale na druhou stranu mají malou zásobu dusíku, který když dojde, využívají pak mikroorganismy dusík z půdy a odebírají tak velké množství plodinám. Nejčastěji se využívá jen malá vrstva pilin, která zabrání vzcházení semen plevelů a pomůže udržet vlhkost v půdě. Bohužel, u čerstvě vytvořených pilin může dojít k tvorbě krusty, která zabrání dešťové vodě se vsáknout (Relf & McDaniel 2004).

3.2.2.4 Sláma

Sláma jako taková je jednoduše dostupný materiál (Dvořák a Tomášek 2010). Nejčastěji se využívá při mulčování užitkových cestiček, zeleniny a jahod, popřípadě hlíznatých rostlin. Tento mulč je dostupný během celého roku, neboť je dobře skladovatelný a dá se kdykoliv využít. Obrovskou nevýhodou je, že může obsahovat semena plevelů. Další nevýhodou je častý odnos větrem. (Flowerdew 2010). Nejvíce se využívá sláma řezaná od 15 po 20 cm a před její aplikací nejčastěji používáme dusíkatá hnojiva (Campbell 2001).

3.2.2.5 Papír

Jako papírový mulč je možné použít jak kartony, tak novinový papír, tak papírovou drť nebo kaši (Campbell 2001). Dle Svobody (2009) je nejlepší využívat kartonový papír samozřejmě bez potisku a dle jeho slov je vhodnější využívat celé kusy kartonu, nežli malé kousky.

Obrovskou výhodou papíru je, že se rozloží bez sebemenších problémů. Životnost papíru není vysoká a proto je důležité na začátku dobře papír ukotvit v půdě, po určitou dobu dokáže zadržovat plevel v půdě, ale později se rozloží a plevel může bujně růst. Problém by nastal, kdybychom využili potištěný papír, díky němu by se do půdy mohly dostat těžké kovy z inkoustů (Flowerdew 2010)

3.2.3 Anorganické materiály používané v zahradnictví

Mezi často používané anorganické materiály používané při mulčování patří např. štěrky. Od organických materiálů se liší tím, že jsou nerozložitelné a nemusí být průběžně doplňovány jako např. kůra, štěpka. Proto jsou používány v dnešní době častěji nežli organický mulč. Naopak jejich nevýhodou je to, že nedodávají organický materiál do půdy (Carlson 2001).

Anorganické materiály

- Štěrka
- Písek

3.2.3.1 Štěrka

Nejlepší je využívat jemnější frakci štěrku, která je účinnější proti plevelům nežli velké kusy štěrku, rovněž se i lépe upravují nežli zmíněný hrubší štěrka. Obrovský problém nastává, při rušení takto mulčovaných záhonů. Odstranění štěrku je velice náročné. Proto se doporučuje využít textilie jako podkladu pod štěrkovou vrstvu, aby nedošlo ke smíchání štěrku s půdou (Flowerdew 2010). Na vybrané hornině příliš nezáleží, je ovšem důležité, aby se nevyužívaly horniny na bázi jílu nebo směs recyklátů. Převážně z důvodu postupného rozpadů hornin na malé jílové částice, které by mohly negativně ovlivňovat složení substrátu (Martínek a Baroš 2011).

Štěrkové mulče se nejčastěji využívají v městských zástavbách jako např. pás u chodníku, kruhový objezd, záhony ve městě. Minerální mulč, má obrovskou výhodu v tom, že ho nemusíme udržovat tolik jako ostatní mulče. Vrstva štěrku by většinou měla být kolem 5–8

cm. Nejlepší variantou šterku je frakce 8/16 mm. (Martínek a Baroš 2011) Když využijeme šterk s větším obsahem vápence, je důležité počítat se zvýšením pH v půdě a tím pádem by se neměl dávat k roslinám kyselomilným (Campbell 2001).

3.2.3.2 Písek

K jedné z výhod využití písku na trvalkových záhonech a obecně v zahradnictví je jednoznačně snadné založení a následná údržba, jako odplevelování, vyhazování starých rostlin a samotné doplnění. Samozřejmě brání vysychání půdy, protože naruší vztlínání vody půdními kapilárami. Samotné odstranění písku je mnohem jednodušší než u šterku. Jako nevýhody lze uvést např. jednoduchý rozmach plevelnatých drůhu trav, dále hlodavců, kteří se v písku zabydlí a v neposlední řadě i slimáků, kteří se po písku lehce pohybují (Malcolm 2006).

3.2.4 Uměle vytvořené mulčovací materiály

Jako uměle vytvořené materiály použité v praktické části této práce uvádím.

- Ekocover
- Agrotex EKO
- Netkaná textílie

3.2.4.1 Ekocover

Jedná se o rohož vytvořenou z odpadového papíru. Ekocover je vyroben z přírodních materiálů, které se v půdě dokážou jednoduše rozložit. Je tedy vyroben z recyklovaného kancelářského papíru a juty. Jako takový může být obohacen o hnojivo, které se v průběhu času uvolňuje. Vhodné je využít ekocover pod tenkou vrstvou organického mulče, popřípadě se dá využít i samotný, jako náhrada za plastové mulče. Je to ideální materiál pro projekty v krajinných úpravách. Samozřejmě jako ostatní mulče i tento zabraňuje prorůstání plevelů, uchovává vodu, snižuje počet uhynulých rostlin a pomáhám jim k jejich růstu. Životnost je rozdílná a závisí na terénu, kde byl použit a samozřejmě i na klimatických podmínkách a způsobu jeho aplikace (ekocover.cz 2017).

3.2.4.2 Agrotex EKO+

Jedná se o tepelně upravenou ekotextílii, která je zpevněna různě barevnými přírodními vlákny. Jako taková je vyrobena ze 100 % kompostovatelného materiálu. Při výrobě se spotřebovává minimum neobnovitelných zdrojů. Je šetrná k životním prostředí a po 2-5 letech je i jednoduše rozložitelná dle závislosti na teplotě a vlhkosti. Výhody Agrotex EKO+ jsou: Ideální pro pěstování BIO potravin, po rozkladu funguje jako hnojivo pro rostliny, zadržuje půdní vlhkost a zabraňuje vzniku půdního škraloupu (geomall.cz 2017).

3.2.4.3 Netkaná textílie

Podle Svobody (2009) je popsána jako spojená vlákna z umělé hmoty vyrobená z polypropylenu, která se samozřejmě po čase rozpadnou, bohužel se tyto kusy nerozloží a musí se pak uklidit ručně. Nejlepší variantou pro udržení textílie v neporušeném stavu je jí zasypat

malou vrstvou jiného mulčovacího materiálu buď štěrkem, kůrou, popřípadě štěpkou. Tím jí ochráníme před UV zářením (Campbell 2001).

3.3 Mulčování a jeho vliv na půdu

Studie poukazují, že používání anorganického mulče na povrch půdy významně snižuje odpařování a zvyšuje obsah vlhkosti a teplotu půdy, dále snižuje erozi a samozřejmě potlačuje růst plevelů a mění jak biologické, tak fyzikálně-chemické vlastnosti půdy (Thakur, M., a Kumar, R. 2021).

3.3.1 Teplota půdy

Jak už víme, mulčování půdy ovlivňuje mikroklimatické podmínky, kdy záření, které dopadá na mulč ovlivňuje teplotu půdy (Hu et al. 2011). Pomáhá udržet teplotu, která je prospěšná pro celkový růst rostlin, zároveň během opravdu teplých letních měsíců dokáže půdu udržet chladnou (Kader et al. 2019). Výběr konkrétního typu mulče je velice důležitý. Některé mulče zvyšují teplotu půdy ve srovnání s holou půdou nebo organickými mulči (Montague a Kjelgren 2004). Dle (Van Nierop & White 1958) je lepší, když vrstva mulče je silnější, jelikož pak má lepší dopad na udržení teploty v půdě. Především organické mulče jsou vhodné k udržení teploty (Pavlů et al. 2021).

Mezi anorganické mulče, které dokáží dobře udržovat teplotu, patří i štěrk (Montague and Kjelgren 2004). Syntetické mulče jako plasty a textilie nejsou tak účinné v regulaci teploty, jelikož by mohli spíše teplotu zvýšit nežli jí udržovat na správné hodnotě (Kader et al. 2019).

3.3.2 Vlhkost půdy

Mulčování je populární v oblastech, kde je půda stresovaná jak vysokými teplotami a suchem, tak i její slankostí (Jimenez et al. 2017). Samotné zachování půdní vlhkosti se liší podle použitého typu mulče, avšak půda, která je pokryta mulčem, dokáže vždy zadržet větší vlhkost, než dokáže holá půda (Zhao et al. 2014). Fluktuace vlhkosti půdy je v hloubce od 0-10 cm vysoce dynamická kvůli samotnému proudění vodní páry přes atmosférické rozhraní půdy. Mulče snižují fluktuaci teploty a tím i samotnou vlhkost (Bittelli et al. 2008).

Různé studie naznačují, že mulčování štěpkou a štěrkem zvyšuje půdní vlhkost. Při aplikaci slámy se významně zvýšila půdní vlhkost až do hloubky 40 cm (Zhao et al. 2014). Štěrkový mulč snižuje rychlost odpařování a tím pádem dokáže udržet půdní vlhkost (Peng et al. 2016). Jako další můžeme vyjmenovat černý polyetylenový mulč, který absorbuje nejvíce UV a infračerveného záření. Barva mulče tedy zásadně mění chování slunečního záření při dopadu a jeho vliv na mikroklima rostlin (Lamont 2005).

Schopnosti mulče závisí na tepelných vlastnostech jako je odrazivost a nasákavost nebo i vodivost daného použitého materiálu. Použití mulče tedy významně zvýší množství samotné vody v půdě a tím i její využití (Mulumba & Lal 2008). V suchých podmínkách bylo například prokázáno, že při použití štěrku se zvýšil obsah vlhkosti v půdě, snížil se odtok a odpařování a zvýšila se samotná infiltrace srážek (Peng et al. 2016). K završení tedy můžeme říct, že mulčování má velice pozitivní dopad na obsah vlhkosti v půdě, samozřejmě závisí, jak už bylo

zmíněno výše, na typu použitého mulče a tloušťce jeho vrstvy, ať se jedná o organický či anorganický materiál (Thakur & Kumar 2021).

3.3.3 Zlepšení úrodnosti půdy

Organické a živé mulče mají velký dopad na kvalitu půdy v oblasti zvýšení zásoby živin v půdě. Nejlepší je aplikovat organické mulče, protože mohou být po určité době rozloženy a tím pádem doplní do půdy živiny. Různé studie dokazují, že štěpka, sláma a kůra poskytují mnohem více živin, ve srovnání s anorganickými mulči (Ansari et al. 2001; Pickering & Shepherd 2000; Singh et al. 1991). Organické mulče, které mají schopnost dodávat velké množství živin do půdy, se používají v terénních úpravách. Protože by využití těchto mulčů mohlo vážně poškodit citlivé rostliny, živé organismy a vodní zdroje, musí se tyto mulče využívat opatrně (Chalker-Scott 2007).

3.3.4 Snižování výskytu nemocí

Mulče jako takové limitují spóry tím, že v sobě obsahují chemikálie, které eliminují tyto patogeny a tím pádem snižují šance výskytu nemocí (Chalker-Scott 2007). Celkově mulčovací materiály poskytují zdravou atmosféru v půdě pro plodiny, které mohou díky ochraně a bezpečí před nebezpečnými patogenními organismy optimálně růst (Turchetti et al. 2003).

Mulč pomůže k biologické kontrole velkého množství škodlivých patogenů (Entry et al. 2005). Toto je sám o sobě hlavní důvod, kdy například sláma a štěpka pomáhá ke snižování výskytu nemocí. Některé mulče naopak mohou zvýšit pravděpodobnost výskytu chorob při použití na půdě, která je ve špatném stavu. Například v roce 1948 byly piliny použity jako mulčovací materiál v zahradnictví, díky tomu se vyskytla kořenová hniloba u mnoha druhů, která může být způsobena následujícími patogeny: *Phytophthora*, *Fusarium solani* (srpnovička), *Rhizoctonia solani* (kořenomorka bramborová), *Thielaviopsis basicola* (tielaviopsis kořenový), *Pythium* (pytium) (BAC [online] 2018) Jako nevhodný mulčem je například černá polyetylenová textilie, která způsobuje rozšíření bakteriálního onemocnění měkkou hnilobu (Davis 1994).

3.4 Trvalky

Trvalky neboli pereny (z latiny *perrenis* – vytrvalý) jsou rostliny vytrvalé, které žijí od pěti až do padesáti let (Böhm 1991). Z hlediska praktického tak zahradnického je za trvalky označován velký soubor druhů, které přežijí na stanovišti delší dobu než 2 roky a přežívají přes zimu v půdě bez nutnosti přesazování. Dle Hanzelka (2015) přežívají období vegetačního klidu v podobě podzemních orgánů: odenky, kořeny, hlízi či cibule. Nadzemní část u většiny druhů odumírá a přežívá ve formě listové růžice, jediné stálezelené rostliny nechávají nadzemní orgány přes zimu venku. Mezi trvalky také patří cibuloviny a hlíznaté rostliny, které jsou však zařazené do jiných skupin (Nagy 2008).

Kořeny trvalek rostou a poté odumírají v půdě, kde se následně rozkládají. Samotná aktivita kořenů ovlivňuje jak fyzikální, tak chemické vlastnosti půdy, ovlivnění ale závisí na

půdním typu a i na druhu trvalky. Kořeny rostlin se během růstu tlačí zkrz póry, které už existují. Když kořeny odumřou, dostává se díky nim do půdy organická hmota i do hlubších vrstev půdy (Brady & Weil 1999).

V blízkosti kořenů se nachází rhizosféra, která se svými biologickými a chemickými vlastnostmi odlišuje od půdy z okolí. V této vrstvě se lépe přijímají živiny díky jejich lepší rozpustnosti z půdních minerálů. Samotné rostliny takto ovlivňují minerální výživu i u půdních mikroorganismů. Kořeny jako takové jsou nejvýznamnější organismy ekosystému půdy (Brady and Weil 1999).

3.4.1 Charakteristika vybraných trvalkových druhů

- **Kakost krvavý - *Geranium sanguineum***
Kakost má drobné listky s uzoučkými výkrojky a jako taková rostlina má drobnou stavbu. Růžice netvoří, má poléhavé stonky. (Křesadlová et al. 2005). Má tmavě růžové květy s tenkými a tmavšími žilkami. Kultivary mohou dosáhnout až 30 cm výšky. Kakost kvete v rozmezí od V – VII měsíce. (Rice et al. 2006). Roste nejčastěji na polostinných stanovištích, kde jsou vlhké půdy. Často se používá jako podrostová trvalka (Haberer a Martin, 2014). Množí se dělením od V – VII nebo kořenovými řízků, původní druhy poté i semenem (Větvička a Václav, 2004).
- **Denivka - *Hemerocallis***
Denivky jsou nenáročná rostlina, které jsou značně vytrvalé. Na stanovištích zůstávají několik let. Listy jsou převážně světle zelené a uspořádané do listové růžice. Květy na dlouhých stoncích kvetou pouze v jeden den, kdy ale jich může vykvést několik až klidně kolem 40 – 50 květů. Rostliny mohou dosáhnout výšky od 50 – 120 cm. Kvete od V do VII (Křesadlová a Vilém 2005). V zemi jsou svazčité a dužnaté kořeny (Větvička a Václav 2004).
- **Šalvěj hajní – *Salvia nemorosa***
Pocházejí ze střední a východní Evropy. Mají vstřícné listy a typické pyskaté květy. Většina šalvějí má výrazné chlupaté listy. Květy rostou v paždích listů a v přeslenech popřípadě v koncových klasovitých květenstvích. Plodem jsou tvrdky (Větvička a Václav 2004). Šalvěj může dosáhnout výšky od 30–60 cm. Po odkvětu se může seříznout a znovu obrazí do podobné velikosti (Křesadlová a Vilém 2005). Kvete od VI – VII. Množí se buď výsevem, nebo dělením a řízkováním (Větvička a Václav 2004).
- **Třapatka nachová – *Primadonna Deep Rose***
Původem ze Severní Ameriky. Rostlina může dorůst do výška od 60–100 cm. Má drsné a vejčité kopinaté listy. Kvete od VII – VIII. V srpnu kvete bílými, růžovými popřípadě červenými květy. Nejlépe se jí daří na slunném a teplém stanovišti s propustnou a nejlépe sušší půdou. Množí se převážně semenem, kořenovými řízků nebo dělením. Nejlépe se kombinuje s xerofytními trvalkami (Haberer a Martin 2014).
- **Krásnoočko přeslenité – *Coreopsis verticillata***
Krásnoočko je hustá, oddenkatá a pomaleji se rozrůstající trvalka, bez chlupu s četným větvením stonku. Listy jsou většinou trojitě zpeřené a mohou být dlouhé

až 6 cm. Dále má čárkovité a zelené listy. Kvete VI-VIII. Během kvetení má barvu žlutou a má zhruba 5 cm velké úbory, které jsou uspořádané ve volných chocholících (Haberer a Martin 2014).

- **Dlužicha krvavá – *Heunchera sanguinea***

Listy jsou oblé, většinou lehce lalokovité s tmač telenými listy (Rice et al. 2006). Je hustě trsná a jako taková je chlupá bylina, která vyrůstá z tmavě hnědého a větveného oddenku do výšky až 10 cm a zhruba 0,5 cm tlustá. Lodyhy jsou vysoké od 20-40 cm. Listy jsou velké od 2 do 5 cm, vyrůstají v přízemní růžice (Hejný et al. 2003). Nejlépe se jí daří na slunci, popřípadě i v polostíném prostředí, kde jsou neutrální půdy. Nemá ráda zamokření (Rice et al. 2006).

3.5 Vybrané půdní vlastnosti

Tato práce se zabývá vlivem mulčovacích materiálů na půdní vlastnosti. V následujících částech budou popsány vybrané půdní vlastnosti, které byly v praktické části měřeny a hodnoceny.

3.5.1 Půdní reakce

Půdní reakce je nejzákladnější fyzikálně chemická vlastnost půdy. Vyjadřuje koncentraci hydroxylových a vodíkových iontů v půdním roztoku (Rejšek 2018). Má velký vliv na samotné půdotvorné procesy a přeměny organické hmoty v půdě, tak i na růst vyšších rostlin. Ovnivňuje i adsorpci kationtů půdními koloidy (Šarapatka 2014).

Reakce půdy je převážně závislá na volných a disociovaných iontech vodíku, hliníku nebo železa. Pro její kvantitativní vyjádření slouží hodnota pH. Jedná se vlastně o záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů (Šarapatka 2014).

U kyselých půd s hodnotou pH nižší než 5 se část hliníku uvolňuje a je vázána organickou hmotou nebo zůstává volná ve formě Al^{3+} . U slabě kyselých půd což odpovídá hodnotě pH 5-6,5, je větší nasycení sorpčního komplexu bazickými ionty než u kyselých půd (Šarapatka 2014).

Rozeznáváme půdní reakci aktivní ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) a půdní reakci výměnnou (pH_{KCl}) popřípadě $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) (Rejšek 2018).

- Půdní reakce aktivní – tato reakce je způsobena volnými H^+ ionty, které se uvolňují disociací z organických a minerálních kyselin. Aktivní reakci zjišťujeme v suspenzi zeminy s destilovanou vodou a označujeme jako již zmíněné $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$
- Půdní reakce výměnná – V půdě se vyskytují i výměnné H^+ ionty adsorbované na půdní částice. Ty se mohou při extrakci vyměňovat za bazické ionty (K^+ , Ca^{2+}). Daná reakce proběhne v roztoku KCl (pH_{KCl}), popřípadě s CaCl_2 ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) (Šarapatka 2014).

K okyselování půd dochází přirozeně, ale může se na něm podílet různým způsobem i člověk. Šarapatka (2014) uvádí tyto mechanismy okyselení půd:

- tvoření kyseliny uhličité při činnosti půdních organismů
- odběr kationtů rostlinami s náhradou H^+ ionty z povrchů kořenů
- tvorba organických kyselin ze skupiny fulvokyselin
- oxidace S, N
- používání fyziologicky kyselých hnojiv, kdy rostliny přednostně přijmou kationty a z aniontů pak vznikají minerální kyseliny.

Pro samotné rostliny je hodnota pH půdy velice důležitá. Rostliny pH vnímají zásadně jak v příjmu živin, tak ve veškerých biochemických půdních procesech. Hodnota pH může ovlivnit příjem živin rostlinami, ale i transport rizikových prvků z půdy do rostlin (Rejšek 2018).

V praxi se nejčastěji používá k úpravě nízkého pH uhličitany, oxidů nebo hydroxidů vápníků a horčíku. Cílem je v půdě nahradit převážně Ca , který je z půdy odebírán při sklizni. Nejčastěji se používá dolomitický vápenec s obsahem dvou základních minerálů: kalcit (CaCO_3) a dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) (Šarapatka 2014).

3.5.2 Organická hmota v půdě

Organická hmota přispívá k úrodnosti půdy, dobré stabilitě půdní struktury, což je zejména důležité u povrchové vrstvy půdy. Základem organické hmoty je uhlík. Díky oxidaci organické hmoty v půdě se uhlík uvolňuje a s ním i další pro rostliny důležité živiny jako je N, P a S, a to ve formě přijatelné pro kořeny rostlin (Konanová 2013).

Samotný obsah organické hmoty v půdě je důležitý z hlediska ovlivňování úrodnosti půdy i samotné funkce půdy v biosféře (Rejšek 2018). Převážnou většinu suché organické hmoty tvoří uhlík, kyslík, dusík a vodík (přes 90 %). Zbylé prvky, které jsou potřeba pro výživu rostlin, jsou v obsaženy ve zbývajících 10 %.

Složky půdní organické hmoty (obrázek 1):

- Cukry a organické kyseliny

jsou rozpustné ve vodě, snadno se rozkládají mikrobiálně i chemickými a fyzikálně-chemickými procesy. Polysacharidy (celulóza, hemicelulóza) a jejich součást monosacharidy jsou zdrojem uhlíku a energie pro mikrobiální společenstva. V aerobním prostředí se rozkládají na vodu a oxidu uhličitý. V anaerobních podmínkách může docházet k tvorbě alkoholů či metanu. Hemicelulóza je citlivější na rozklad pomocí kyselin a louhů, kdy při rozkladu dochází k hydrolýze na cukry (Šarapatka 2014).

- Pyskyřice, tuky, vosky a třísloviny

látky těžko rozpustné chemickou cestou, naopak jsou dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. V aerobním prostředí se v podstatě vůbec nerozkládají, na druhou stranu v anaerobním prostředí se sice rozkládají, ale velmi pomalu (Šarapatka 2014).

- Lignin

je nejdůležitější součást dřevní hmoty. Je odolný vůči rozkladu mikroorganismů. Nevyskytuje se volně, ale může tvořit komplexy s celulózou. Na jeho rozkladu se nejvíce podílí aktinomycety a mikromycety, dochází k tomu jen tedy v optimálních podmínkách (Šarapatka 2014).

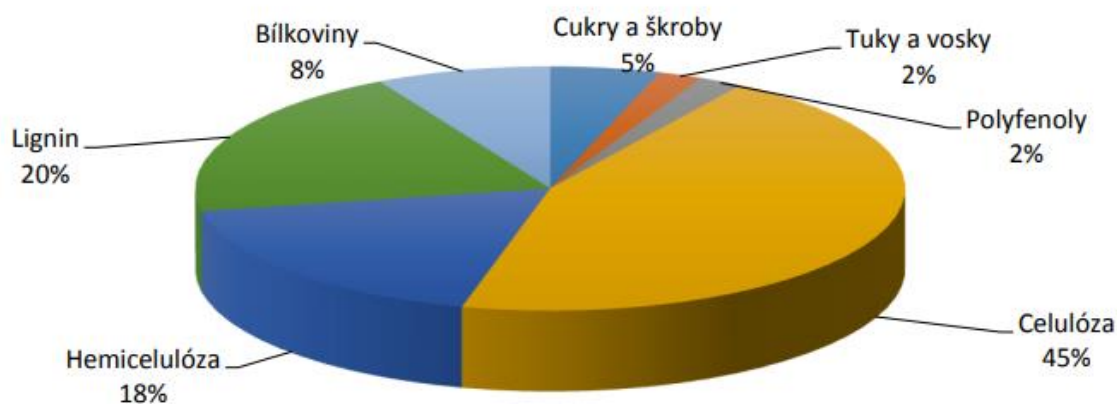
- Organické dusíkaté látky

Jedná se především o bílkoviny. Bílkoviny obsahují 15-19 % N a 0,5 až celé 1 % S. Při rozkladu bílkovin, se uvolňuje dusík, který se přemění na formy, které jsou pak přístupné rostlinám (Šarapatka 2014).

- Popeloviny

Látky minerální, které se nacházejí v rostlinách. Zůstávají v popelu po spalení organické hmoty (Šarapatka 2014).

Podle rychlosti rozkladu řadí Šarapatka (2014) půdní organické látky od nejrychleji rozložitelných až po ty s pomalým rozkladem následovně: curky, jednoduché proteiny > bílkoviny > hemicelulóza > celulóza > tuky, vosky > lignin (Šarapatka 2014).



Obrázek 1 Průměrné složení organického materiálu v půdě (Brady & Weil 2002)

Dle Rejška (2018) je v půdě zakomponováno méně humusu nežli minerálů. Během rozkladu organických látek (mineralizace) se uvolňuje energie, kterou využívají mikroorganismy a jako další produkty se vytváří CO_2 a voda. Během vzniku humusových látek se nejvíce uplatňuje proces humifikace. Humusové látky, obsahují nejvíce uhlíku ze všech součástí půdní organické hmoty (Šarapatka 2014).

Mineralizace jako taková je rozdělena do dvou procesů, primárního a sekundárního. Tyto procesy na sebe nenavazují, ale probíhají současně (Rejšek 2018).

- Primární mineralizace

Jedná se o dokonalý rozklad organické hmoty, který je vázáný na půdní mikroprostředí. Ze začátku jsou tedy cukry, aminokyseliny a proteiny rozloženy a jsou z nich uvolněny jednotlivé kationty, anionty a samozřejmě vzniká i oxid uhličitý a voda. Konečné jednoduché látky, mají čtyři možnosti, co s nimi dále bude: (a) mohou být vyplaveny jako např. (NO_3 , SO_4^{2-} nebo Ca^{2+}), (b) popřípadě vytékány do ovzduší, což je běžné pro (oxid uhličitý CO_2 , sulfáty H_2S , nebo amoniak NH_3), (c) dále mohou být fyzikálně-chemicky absorbovány na půdní kaloidy (jako K^+ nebo vodíkový kation H^+) a (d) V neposlední řadě mohou být přijaty rostlinami jako minerální látky.

- Sekundární mineralizace

U této varianty dochází k rozkladu humusových látek, které v půdě dřívě vznikly díky humifikaci (Rejšek 2018). Zmíněná mineralizace je velmi pomalá a přetváří jen cca 1-3 % humusových látek ročně (Šarapatka 2014).

- Humifikace

Humifikace neboli biologická humifikace je syntéza huminových látek ze sloučenin, které vznikly rozkladem organické hmoty. Rychlost rozkladu organické hmoty uvádí Šarapatka (2014) v Tab. 2. Ten to proces optimálně

funguje při střídání aerobních a anaerobních podmínek v půdě. Jde hlavně o mikrobiální, enzymatické a biochemické pochody, které vedou k samotné tvorbě látek humínových. Za tvorbou těchto látek stojí dva typy procesů. První jsou postaveny na biochemické modifikaci, transformaci a rozkladu organických látek. Druhými jsou vznik pomocí syntézy a polykondenzace molekul z rostlinných prekurzorů. Vzhledem k jejich odolnosti k rozkladu je můžeme rozdělit na:

- Fulvokyseliny
 - jsou pohyblivějších v půdním prostředí
 - rozpustné jak ve vodě, tak i v minerálních kyselinách i v loužích
 - mají nejsvětější barvu
 - jsou lehce rozložitelné, ale zároveň rychle obnovitelné v průběhu mineralizace a humifikace
 - vznikají při nižší biologické aktivitě, nebo při štěpení humusových látek
 - složení 1-5 % N, 4-6 % H, 40-49 % O, 40-49 % C

- Huminové kyseliny
 - mají tmavší barvu nežli fulvokyseliny
 - jsou rozpustné loužích a v kyselinách se vysráží
 - v půdě se objevují jako různé kationty přesněji humáty nebo ve formě solí
 - odolnost k rozkladu je střední
 - složení 2-6 % N, 2-6 % H, 30-39 % O, 52-65% C

- Humin
 - je nejodolnější ze vše tří vůči mikrobiálnímu rozkladu a je nerozpustný jak v zásadách tak i kyselinách
 - Neúčastní se půdotvorných procesů

Tab. 1 Rychlost rozkladu organické hmoty (Šarapatka 2014)

Typ organické hmoty	Doba rozkladu
kořínky	1-3 týdny
zelené hnojení	1-4 měsíce
posklizňové zbytky	3-30 měsíce
fulvokyseliny	2-40 let
huminové kyseliny	200-4000 let

3.5.3 Struktura půdy

Půdní struktura vyjadřuje seskupení půdních částic do shluků či hrudek, které jsou nazývány agregáty. Samotný vznik půdní struktury je přirozený, na vzniku se podílí kvalita a obsah organické hmoty, obsah půdních koloidů a biologická činnost (Brady & Weil 1999). Vzniklé agregáty mají jiné velikosti a tvary. Podle dané velikosti, dělíme agregáty na mikroagregáty, které jsou menší než 0,25 mm a na makroagregáty, které jsou naopak větší než

0,25 mm (Šarapatka 2014). Podle procesů, které se podílí na tvorbě a vzniku agregátu, dělíme strukturu na:

- elementární – primární částice nejsou spojeny v agregáty. Tato zemina je za sucha sypká-písek.
- koherentní – půdní částice jsou spojeny do v celku pevných útvarů. Ke spojení dochází díky hydroxidům Al, Fe, jílu a kyseliny křemičité.
- agregátová – k úspěšnému spojení dochází díky vlivu humusových látek, organo-minerálních sloučenin a jílu (Šarapatka 2014).

Velký vliv na tvorbu strukty mají fyzikální, fyzikálně-chemické a biologické procesy. Jako fyzikální sem patří: tlak kořenů, mechanická činnost edafonu, teplotní změny v půdě a samozřejmě zpracování půdy člověkem. Jako fyzikálně-chemické procesy, při kterých dochází ke koagulaci půdních kaloid, které se po vysrážení v půdě stmelují na prachové a písčité částičky. Jako iologické procesy je vhodné uvést samotný vznik půdních agregátů v soustavě travicí u půdních živočichů např. (žížal), během toho procesu se promíchávají minerální částice s organickými, které mají různé rozměry. Jako další je samotná produkce tmelících látek. Houby se podílejí na tvorbě struktury půdy, kdy spojují půdní částice svým myceliem. Vznik agregátů podporují i kořeny vyšších rostlin, které v rhizosféře vytvářejí strukturní půdní částice (Šarapatka 2014). Půdní částice mohou být stmelovány dohromady díky organické hmotě původu mikrobiálního a rostlinného a vytvářejí tak stabilní půdní agregáty (Stevenson 1994). Organická hmota, která se nachází v agregátech je fyzikálně chráněna, před rozkladem a díky tomu nedochází k úbytku organické hmoty v půdě (Plante & McGill 2002).

Rozpad samotné půdní struktury se dá považovat za degradaci půdy. Jako negativní vlivy jsou uváděny např. intenzivní kultivace půdy, odvodnění půd, nebo přehnané dávky závlahy. Pokud se půdní struktura začne zhoršovat, vede to ke zhoršení všech půdních vlastností, kdy se může na půdě tvořit nepropustný škraloup a tím pádem dochází i k utužení půdy což je negativní dopad pro zemědělce, kdy se sníží výnos pěstovaných rostlin (Vopravil et al. 2009).

Struktura půdy se posuzuje kromě velikosti a tvaru agregátů také podle její stability a hlavně vodostálosti. Pro zjištění stability agregátů se používají metody, která napodobují rozpad agregátů. Nejběžněji používanou metodou je porovnání výsledků při prosévání suchou a mokrou cestou po pomalém nasycení vodou a poté rychlé odvlhčení půdních vzorků (Šarapatka 2014).

4 Metodika

4.1 Charakteristika stanoviště

Pokus byl založen na Demonstrační a výzkumné stanici v Tróji. Stanice se nachází v nadmořské výšce 196 m. Samotný pozemek je na mírném svahu s expozicí na západ.

Díky pedologickému průzkumu, který byl proveden Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půd byl na pozemku určen půdní typ – fluvizem modální na vápenité nivní uloženině s podložím štěrkopískové terasy. V hloubce 0–34 cm byla nalezena humózní písčitohlinitá půda s malou příměsí křemene do max. velikosti 5 cm. Tento horizont se přibližuje zemi hortické, nebo také hluboko kultivované zahradnické půdě, která je obohacena organickými látkami (Novák, 2008).

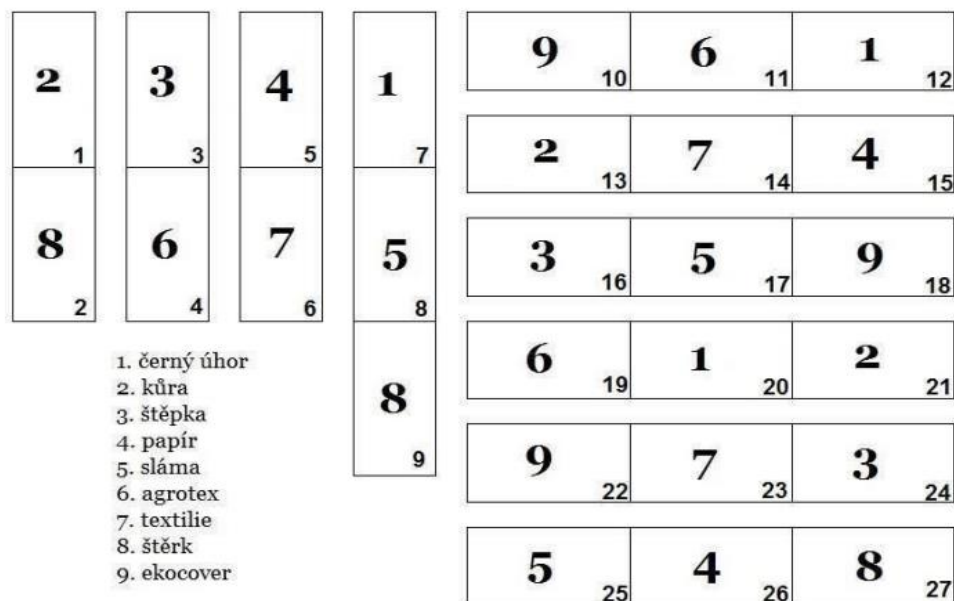
4.2 Založení pokusu

Pokus byl založen 20. – 22. 4. 2015. Samotný půdní povrch byl před založením pokusu důkladně zpracován a upraven.

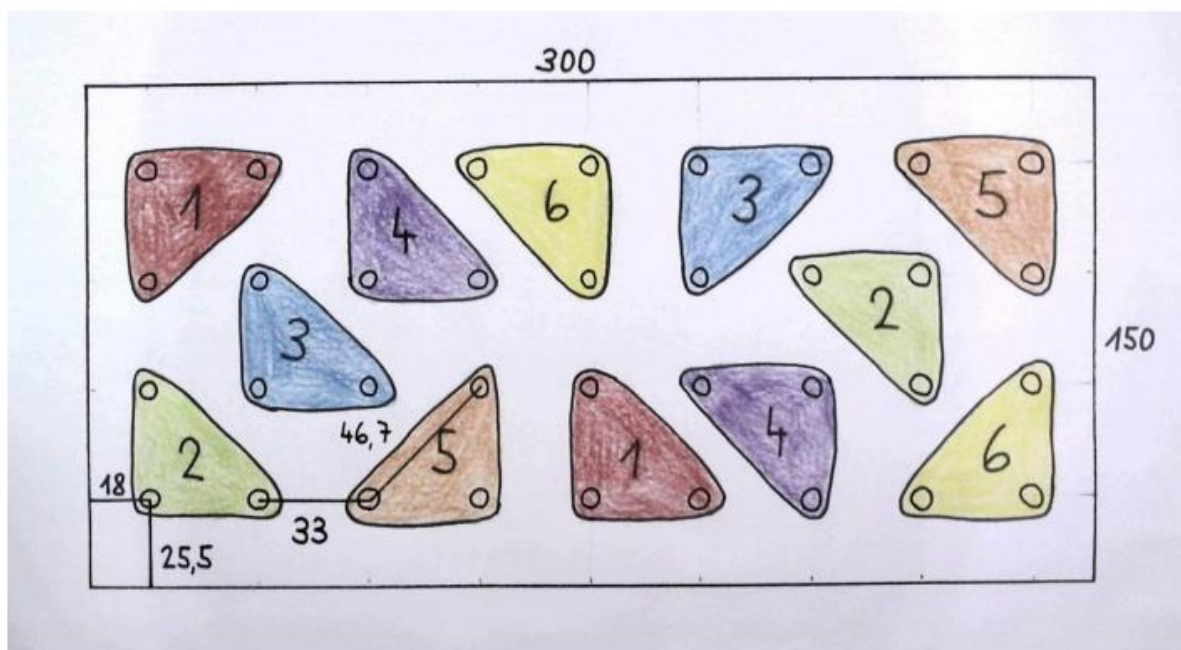
Plocha byla rozdělena na 27 parcel po 3 x 1,5 m (4,5 m²), mezi jedlolistivými parcelami byly vytvořeny cestičky, pro jednodušší údržbu porostu. Mulče byly rozděleny po pozemku (Obrázek 1) u každé varianty byly tři opakování. Bylo vysazeno 6 druhů trvalek, které byly vysazeny ve stejném rastru na každé parcele (Obrázek 2). Během výsadby se pod každou rostlinu dala jedna tableta Silvamix Forte 60 (20 g) Stanovený obsah živin je 17,5 % N, 34 % P₂O₅, 10,5 % K₂O, 9 % MgO, 0,2 % S.

Jednotlivé varianty parcel

- černý úhor – tato varianta sloužila jako kontrolní pouze s trvalkami.
- kůra – trvalky s pokrývkou mulčovací kůrky o výšce 10 cm
- štěpek – vysazené trvalky s pokrývkou štěpky, která byla vytvořena jak z lehličitých, tak listnatých dřevin v bezlistém stavu o výšce 5 cm
- sláma – vysazené trvalky s pokrývkou pšeničné slámy, přes parcelu se napnulo několik provázků, aby nedocházelo k odnosu slámy např. větrem
- papír – na parcele byl využit karton v roli (200 g / m²), použit byl ve třech vrstvách tedy 600 g / m² s vyřezanými otvory ve tvaru x pro výsadbu trvalek
- Agrotex EKO+ - využila se jedna vrstva textílie (150 g / m²), která byla přichycena kolíky, v textílii se poté výřizly otvory ve tvaru x pro výsadbu trvalek
- Ekocover – využita byla jedna vrstava rohože (900 g / m²), která byla taktéž upevněna kolíky a v neposlední řadě byly vyřezány otvory ve tvaru x pro výsadbu rostlin
- Netkaná textílie – na parcele byla použita netkaná textílie (50 g / m²), která je odolná vůči UV záření, přichycena pomocí kolíku, následně vyřezané otvory ve tvaru x a celá parcela byla následně pokryta mulčovací kůrou s vrstvou zhruba 3 cm
- štěrk – po výsadbě trvalek byla celá plocha pokryta vrstvou štěrku s frakcí 8/16 o výšce 10 cm



Obrázek 2 rozmístění parcel na pozemku (Jindrová 2018)



Obrázek 3 Rozmístění jednotlivých druhů trvalek na parcelce (1. *Geranium sanguineum* 'Ankum's Pride', 2. *Hemerocallis* 'Stella D'Oro', 3. *Salvia nemorosa* 'Caradonna', 4. *Echinacea purpurea* 'Primadonna Deep Rose', 5. *Coreopsis verticillata* 'Grandiflora', 6. *Heuchera sanguinea* 'Leuchtkäfer') (Jindrová 2018).

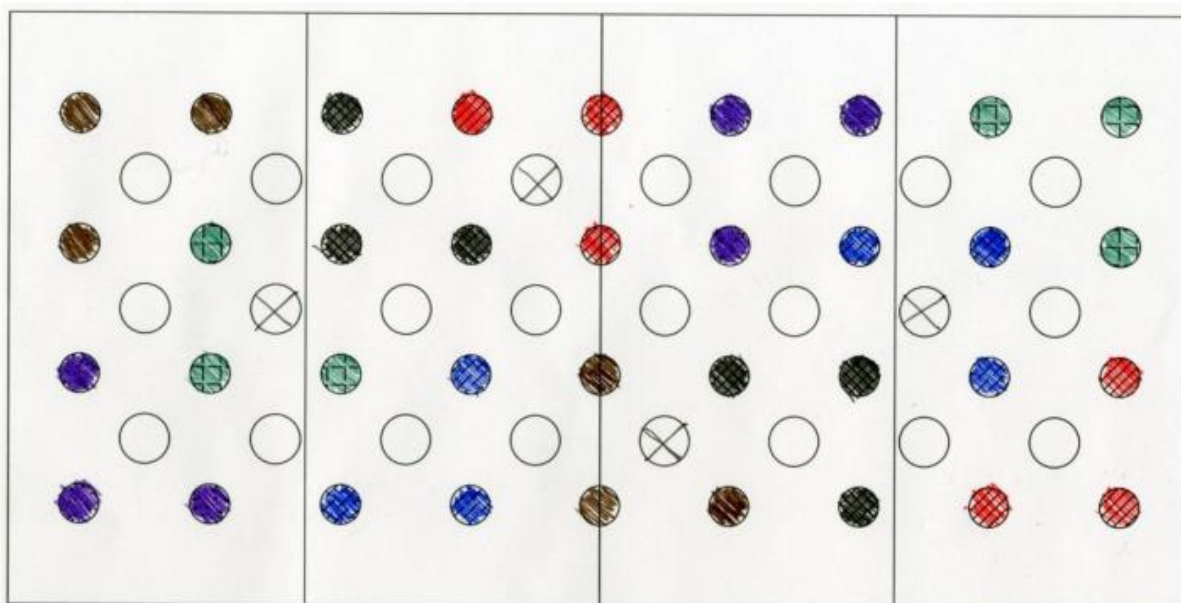
4.3 Odběr vzorků

První odběr vzorků byl proveden před založením pokusu pro zjištění půdních parametrů před aplikací mulčovacích materiálů. Odběr byl proveden na pěti místech v hloubce od 20-30 cm.

Další odběry se prováděly vždy až po skončení vegetace, tedy 23.10.2015 – 23.10.2020. Na každé parcele byly odebrány vzorky ze čtyř míst pomocí sondovací tyče z hloubky 0-10 cm a 20-30 cm. Ze vzorků z jedné parcely a z odpovídající hloubky byly vytvořeny směsné vzorky. Dále se zvláště odebíral vzorek jen z povrchu půdy pro stanovení stability agregátů.

Po odběrech se vzorky nechaly vysušit a poté byly přesáty na sítích o velikosti 0,5 cm, 0,2 cm, 0,05 cm. Velikostní rozmezí u agregátů je od 2-5 mm. Pro pH a $Q_{4/6}$ byla použita jemnozem I, tedy vzorek přesátý přes síto o průměru 2 mm. Pro C_{ox} jemnozem II, vzorek přesátý přes síto o průměru 0,5 mm.

Pro samotná místa odběru (vpichy sondovací tyčí) bylo vytvořeno schéma (Obrázek 3) na kterém jsou proškrtnými kolečky vyznačena místa odběru, která se každý rok posunula o jedno políčko vpravo.



Obrázek 4 Odběrová místa (barevná kolečka – rostliny) (Princová 2017).

4.4 Metodika laboratorních pokusů

Stanovení pH

Stanovení jak výměnného, tak aktivního pH bylo podle normy ISO 10390 (2005). Použit byl objemový poměr půdy a extrakčního činidla 1:5. Kde k jednomu dílu vzorku (5 ml) bylo přidáno pět dílků (25 ml) deionizované vody nebo 0,01 M chloridu vápenatého. Suspenze se dále 1 hodinu třepe a následně v ní bylo změřeno pH pomocí pH metru.

Hodnocení se provádělo podle kritérií uvedených v tabulce 3.

Tab. 2 Hodnocení výsledků aktivního a výměnného pH (Valla et al. 2002).

aktivní pH	hodnocení	výměnné pH	hodnocení
< 4,9	silně kyselá	< 4,5	silně kyselá
4,9 - 5,9	kyselá	4,5 - 5,5	kyselá
5,9 - 6,9	slabě kyselá	5,5 - 6,5	slabě kyselá
6,9 - 7,1	neutrální	6,5 - 7,2	neutrální
7,1 - 8,0	slabě alkalická	>7,2	alkalická
8,0 - 9,4	alkalická		
> 9,4	silně alkalická		

Množství humusu

K hodnocení obsahu oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) byla zvolena Tjurinova metoda (Sparks 1996). Principem této metody je oxidace uhlíku obsaženého v půdních organických látkách. Uhlík z organické hmoty byl zoxidován kyslíkem dvojchromanu draselného v kyselinosírovém prostředí (chmosírová směs). Množství spotřebovaného dvojchromanu draselného bylo zjištěno při titraci Mohrovou solí (Valla et al. 2002).

Díky Welteho přepočtu lze C_{ox} převést na procentuální obsah humusu ve vztahu: % humusu = $C_{ox} \times 1,724$

Hodnoceno dle tabulky 3.

Tab. 3 Hodnocení výsledků C_{ox} (Valla et al. 2002).

C_{ox} (%)	Humus (%)	Označení obsahu
< 0,6	<1	velmi nízký
0, - 1,1	1,0 - 2,0	nízký
1,1 - 1,7	2,0 - 3,0	střední
1,7 - 2,9	3,0 - 5,0	vysoký
> 2,9	> 5,0	velmi vysoký

Kvalita humusu

Kvalita humusových látek ($Q_{4/6}$) byla zjištěna pomocí UV VIS spektrofotometru. Jde o poměr absorbancí půdního výluhu 0,05 M $Na_4P_2O_7$ při vlnových délkách 400 a 600 nm (Sparks 1996).

$$\text{Výpočet: } Q_{4/6} = \frac{A_{400}}{A_{600}}$$

Kde A_{400} = absorbce při λ 400nm

A_{600} = absorbce při λ 600 nm'

Existuje zde závislost mezi barevným kvocientem $Q_{4/6}$ poměrem HK:FK.

$$HK:FK = 17,2 \times Q_{4/6}^{-2,19}$$

Při hodnotě $Q_{4/6}$ menší než 3,6 převažují ve vzorku HK nad FK, při hodnotách vyšších převažují FK nad HK. Když jsou hodnoty $Q_{4/6}$ rovny 3,6 pak jsou HK:FK v poměru 1:1.

Stanovení stability půdních agregátů

Stabilita půdních agregátů se stanoví pomocí metody mokrého přesévání – Water stable aggregates (WSA). Měření se provádělo pomocí přístroje Wet sieving apparatus (Eijkelkamp).

Půdní agregáty se po dobu 3 minut opětovně namáčejí do vody, kde se rozpadají a vyplavují přes sítko. Zbylé agregáty tedy lze považovat za stabilní.

Výpočet.

$$WSA = \frac{WSD}{WSD+WDW} * 100\%$$

Kde Wds = hmotnost stabilních (neproplavených) agregátů v g

Wdw= hmotnost nestabilních (proplavených) agregátů v g

5 Výsledky

Hodnocení půdních vlastností nezávisle na použitých mulčích

Tab. 4 Data z povrchové vrstvy půdy 2015

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Sm.odchylka
pH _{H2O}	6,70	6,72	6,54	6,82	0,110
pH _{CaCl2}	5,93	5,95	5,76	6,04	0,104
C _{ox} (%)	1,68	1,76	1,38	1,77	0,171
Q _{4/6}	3,52	3,51	3,38	3,70	0,126
WSA (%)	79,6	79,9	73,6	83,5	2,77

Na jaře 2015 byla v povrchové vrstvě půdy (tab 4) stanovena slabě kyselá půdní reakce dle výměnného a aktivního pH. Obsah uhlíku (C_{ox}) byl 1,68 % tedy střední. Stabilita agregátů hodnocená indexem WSA byla 79,6 %.

Tab. 5 Data z hlubší vrstvy půdy 2015

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Sm.odchylka
pH _{H2O}	6,83	6,74	6,71	7,19	0,204
pH _{CaCl2}	5,99	5,88	5,84	6,28	0,197
C _{ox} (%)	1,56	1,52	1,43	1,72	0,114
Q _{4/6}	3,29	3,25	3,15	3,46	0,125

Na jaře 2015 byla v hloubce 20 - 30 cm (tab 5) stanovena půdní reakce jako slabě kyselá dle aktivního a výměnného pH. Hodnota C_{ox} byla 1,56 % jedná se tedy o střední obsah uhlíku.

Tab. 6 Data z povrchové vrstvy půdy 2019

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Sm.odchylka
pH _{H2O}	6,70	6,92	5,73	6,88	0,201
pH _{CaCl2}	5,93	5,97	5,73	6,19	0,162
C _{ox} (%)	1,43	1,96	1,06	2,93	0,418
Q _{4/6}	3,52	5,94	3,54	4,61	0,388
WSA (%)	79,6	81,4	47,0	97,2	1,91

Na jaře 2019 byla na povrchu půdy (tab 6) stanovena slabě kyselá půdní reakce dle aktivního a výměnného pH. C_{ox} byl 1,43 %, tedy střední obsah.

Stabilita agregátů hodnocená indexem byla 79,6 %.

Tab. 7 Data z hlubší vrstvy půdy 2019

	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Sm.odchylka
pH _{H2O}	6,83	9,83	6,01	7,00	0,266
pH _{CaCl2}	5,99	8,76	5,39	6,18	0,201
C _{ox} (%)	1,30	1,62	0,48	1,62	0,380
Q _{4/6}	3,29	5,88	3,19	4,82	0,32

Na jaře 2019 byla v hloubce 20-30 cm (tab 7) naměřena slabě kyselá půdní reakce dle aktivního a výměnného pH. C_{ox} byl 1,30 %, což odpovídá střednímu obsahu. Stabilita agregátů hodnocená indexem WSA byla 79,4 %.

Pro porovnání výsledků z jednotlivých let a hloubek byl použit t-test. Výsledky jsou vedeny v tabulkách 8 a 9.

Tab 8. Porovnání hodnot zjištěných v letech 2015 a 2019

Povrchová vrstva půdy

	2015	2019	t-value	df	p
pH _{H2O}	6,82	6,58	4,64	52	≤0,001
pH _{CaCl2}	5,96	5,95	0,08	52	0,929
C _{ox}	1,85	1,73	1,32	52	0,191
WAS	0,7	0,79	-1,29	51	0,201

Hlubší vrstva půdy

	2015	2019	t-value	df	p
pH _{H2O}	6,90	6,55	5,22	52	≤0,001
pH _{CaCl2}	6,04	5,86	3,46	52	≤0,001
C _{ox}	1,14	1,08	0,63	52	0,52

Čísla červěně označena znamenají statisticky významný rozdíl v dané veličině mezi jednotlivými roky.

Během studování období nastaly v hloubce 0-10 cm změny a aktivního pH_{H2O}. V hloubce od 20 do 30 cm nastaly změny jak u aktivního pH_{H2O}, tak i u výměnného pH_{CaCl2}.

Tab 9. Porovnání hodnot z povrchu a hloubky půdy v jednotlivých letech

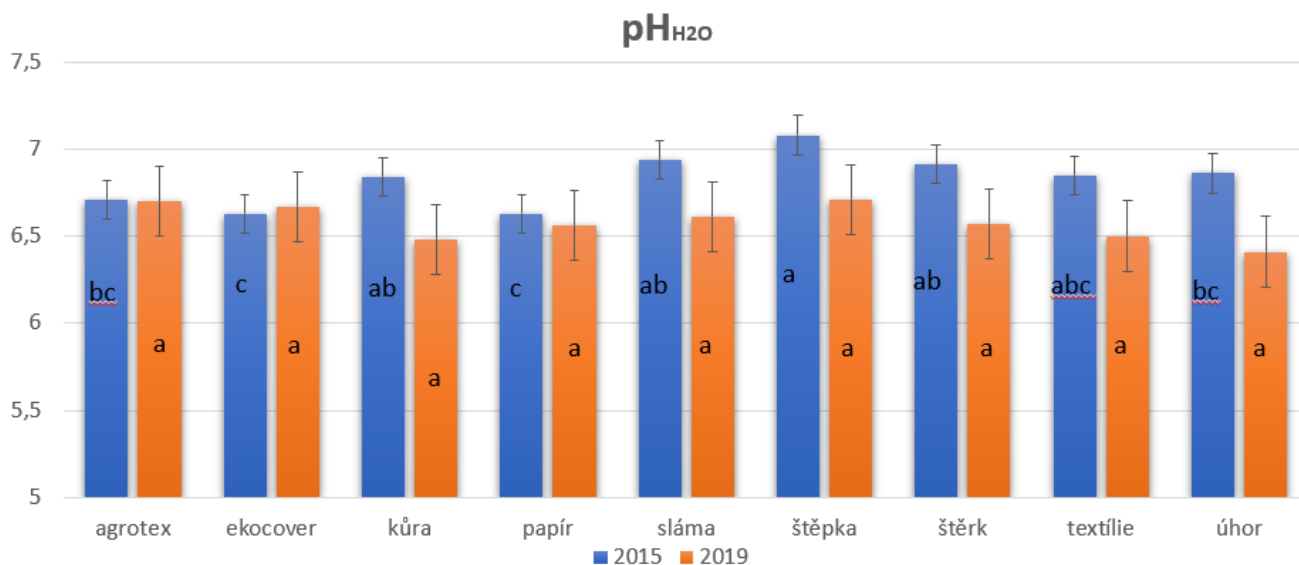
2015	povrch	hloubka	t-value	df	p
pH _{H2O}	6,82	6,90	-1,37	52	0,174
pH _{CaCl2}	5,96	6,04	-1,43	52	0,156
C _{ox}	1,85	1,14	10,52	52	≤0,001
2019	povrch	hloubka	t-value	df	p
pH _{H2O}	6,58	6,55	0,46	52	0,646
pH _{CaCl2}	5,95	5,86	1,98	52	0,053
C _{ox}	1,73	1,08	5,94	52	≤0,001

Čísla červěně označena znamenají statisticky významný rozdíl v dané veličině mezi jednotlivými vrstvami půdy.

Při porovnání jednotlivých vrstev půdy byly zjištěny statisticky významné rozdíly v obsahu organického uhlíku C_{ox} **a to v obou hodnocených letech.**

Porovnání půdních vlastností pod jednotlivými mulčovacími materiály

Vliv jednotlivých mulčovacích materiálů na půdní vlastnosti znázorňují grafy na obrázcích. Rozdíl mezi jednotlivými variantami byl testován jednocestnou analýzou rozptylu.

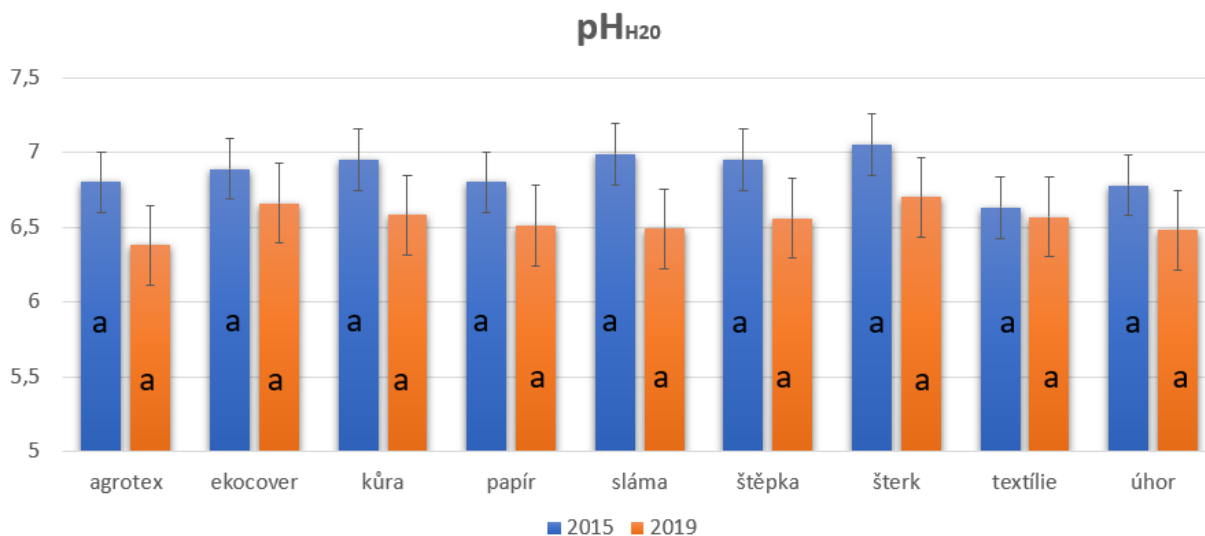


Obr. 5 aktivní pH, hloubka 0–10 cm

Průměrné hodnoty pro jednotlivé varianty (odlišná písmena označují rozdíl mezi variantami na hladině významnosti alfa=0,05).

V roce 2015 byla půdní reakce v hloubce od 0 do 10 cm (Obr 5) u slámy, štěpky a štěrku neutrální u ostatních variant byla půdní reakce slabě kyselá. V pátém roce došlo u všech variant ke snížení pH až na variantu agrotex, který zůstala jeho hodnota stejná a variantu ekocover, kde se pH mírně zvýšilo. V závěru tedy všechny varianty byly slabě kyselé. V prvním roce byly pozorováno kolísání u všech variant a v roce 4 se všechny hodnoty ustálily na hodnotě 6,5,

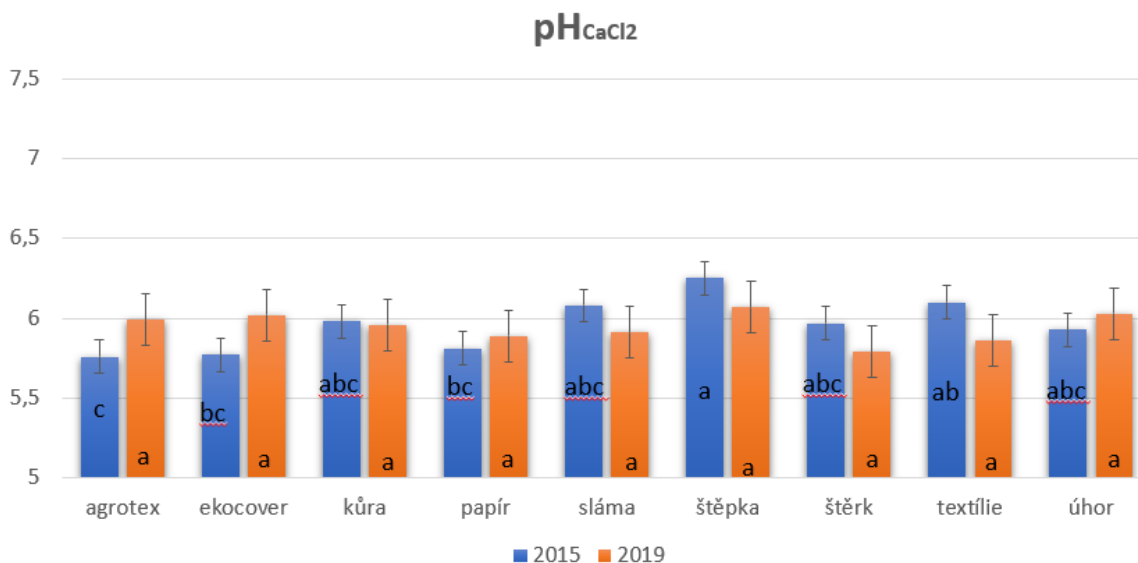
kromě variant agrotex, ekocover a štěpky, které hodnotu 6,5 mírně přesahují. Po první vegetační sezóně (2015) se aktivní pH povrchové vrstvy půdy lišilo mezi jednotlivými variantami. Nejnížší hodnoty byly zjištěny u variant papír a ekocover. Nejvyšší hodnota byla naměřena pod štěpkou. V roce 2019 se varianty průkazně nelišily.



Obr. 6 aktivní pH, hloubka 20-30 cm.

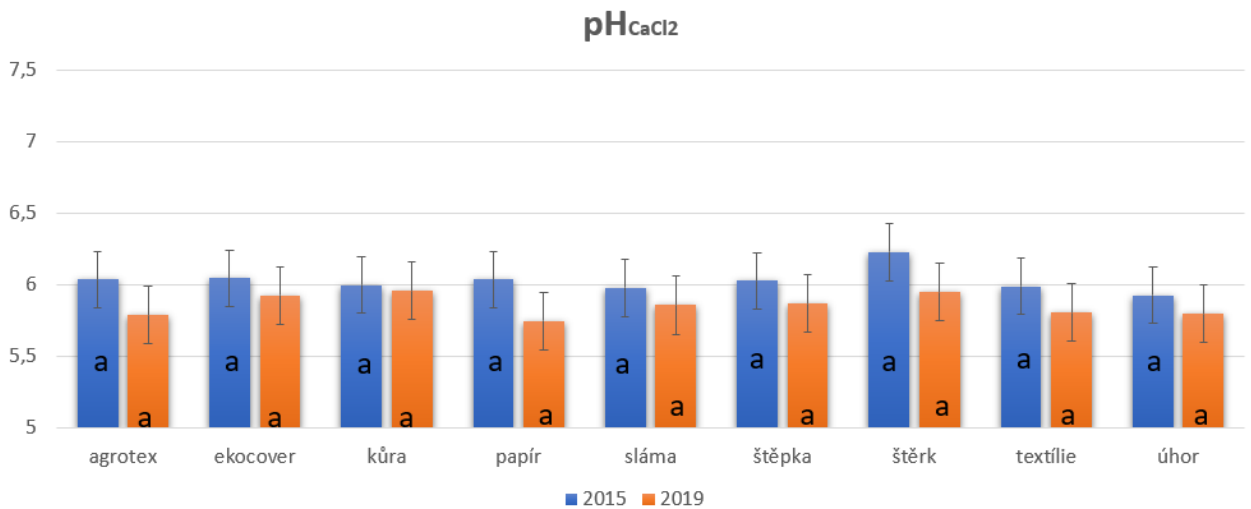
Průměrné hodnoty pro jednotlivé varianty (odlišná písmena označují rozdíl mezi variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$).

V roce 2015 v hloubce od 20 do 30 cm (Obr 6) byla variant papír, agrotex a textilie hodnota pH v kategorii slabě kyselé půdní reakce. Ostatní varianty jako ekocover, sláma, šterk, štěpka a kůra byly spadaly do kategorie neutrální půdní reakce. Ve čtvrtém roce byl patrný znatelný pokles pH u variant ekocover, kůra, štěpka, šterk a textilie, kde hodnoty byly lehce nad hranicí 6,5. V závěru byla tedy u všech variant půdní reakce slabě kyselá. Hodnoty aktivního pH se v hlubší vrstvě půdy mezi variantami nelišily ani v roce 2015 ani 2019.



Obr. 7 výměnné pH, povrch 0-10 cm

Průměrné hodnoty pro jednotlivé varianty (odlišná písmena označují rozdíl mezi variantami na hladině významnosti alfa=0,05).



Obr. 8 Výměnné pH, hloubka 20-30 cm.

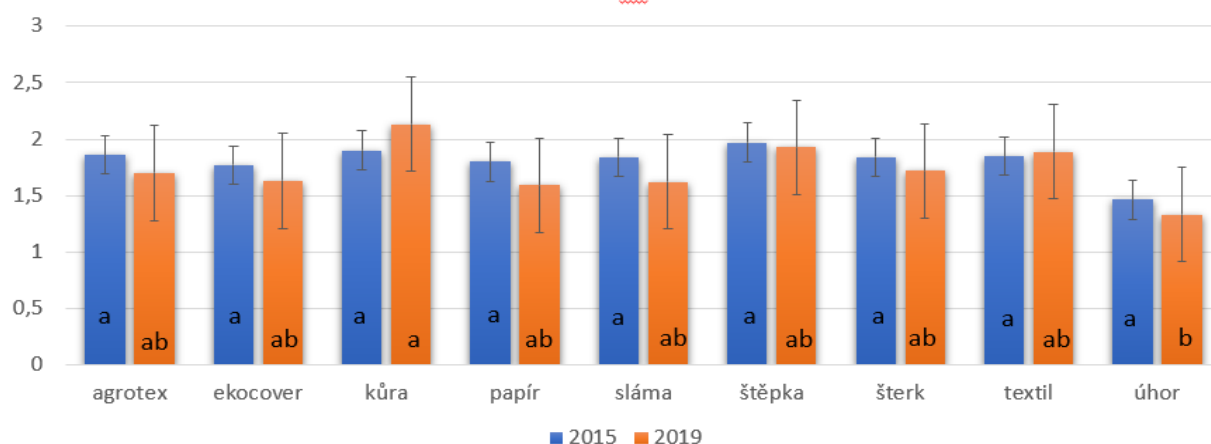
Průměrné hodnoty pro jednotlivé varianty (odlišná písmena označují rozdíl mezi variantami na hladině významnosti alfa=0,05).

V roce 2015 tak i v roce 2019 byla u všech variant naměřena slabě kyselá půdní reakce. V hloubce 0-10 cm se u 3 variant hodnota výměnného pH zvýšila (agrotex, ekocover, papír). U zbylých 5 (kůra, sláma, štěpka, štěrk, textil) se hodnota výměnného pH snížila (Obr 7).

V obou letech jak 2015 tak 2019 byla v hloubce 20-30 cm stanovena slabě kyselá půdní reakce. Během 4 let došlo u všech variant ke snížení oproti roku 2015, největší pohles byl zaznamenaná u varianty s papírem, štěrkem a agrotexem (Obr 8).

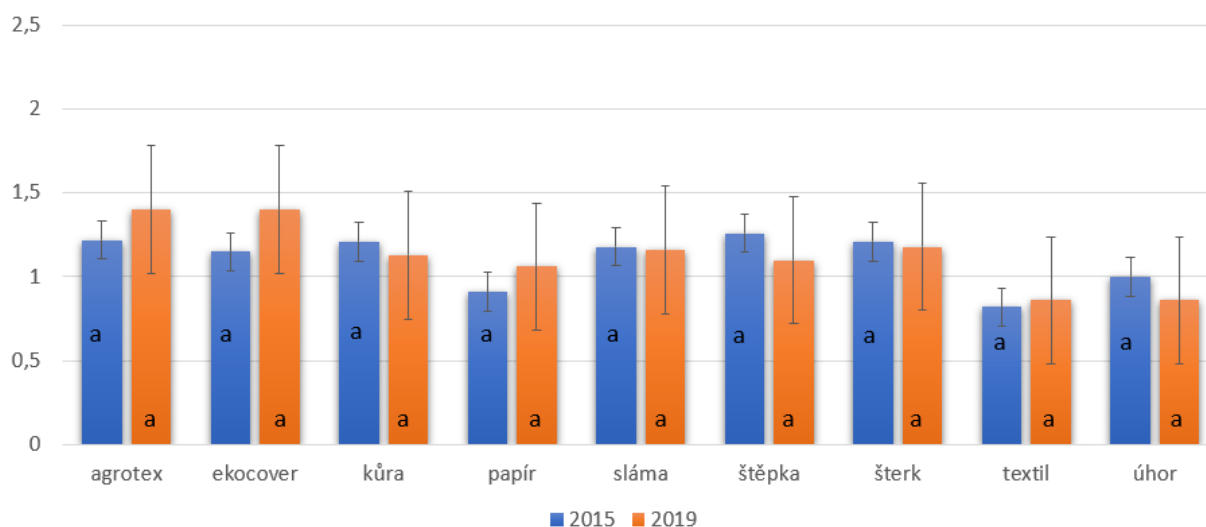
Stejně jako v případě pH_{H_2O} se po první vegetační sezóně (2015) i výměnné pH povrchové vrstvy půdy lišilo mezi jednotlivými variantami. Nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty agrotex. Nejvyšší hodnota byla naměřena pod štěpkou. V roce 2019 se varianty průkazně nelišily. V hlubší vrstvě půdy se hodnoty rovněž nelišily ani v roce 2015 ani 2019.

C_{ox}



Obr. 9 Obsah organického uhlíku, hloubka 0–10 cm
Průměrné hodnoty pro jednotlivé varianty (odlišná písmena označují rozdíl mezi variantami na hladině významnosti alfa=0,05).

C_{ox}



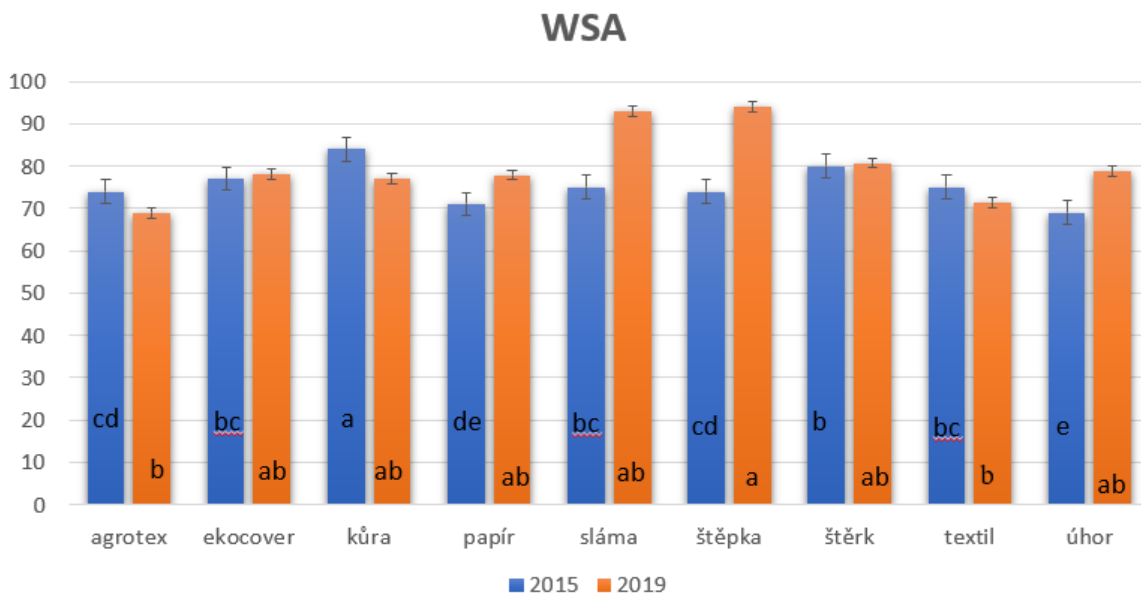
obr 10 Obsah organického uhlíku, hloubka 20–30 cm.
Průměrné hodnoty pro jednotlivé varianty (odlišná písmena označují rozdíl mezi variantami na hladině významnosti alfa=0,05).

V roce 2015 v hloubce od 0-10 cm byl stanoven vysoký obsah organického uhlíku u všech variant. V roce 2019 se u většiny variant hodnoty lehce snížily kromě kůry, textilie kde byl obsah organického uhlíku mírně zvýšený oproti roku 2015. U ostatních variant byl zaznamenán pokles (Obr 9).

V roce 2015 byla v hloubce 20-30 cm naměřena u všech variant středně vysoká hodnota Cox, kromě varianty s papírem, u kterého byla hodnota C_{ox} nízká. V roce 2019 byla u varianty s agrotexem, slámou a papírem naměřena vyšší hodnota nežli v roce 2015. U ostatních variant

(ekocover, kůra, štěpka, sláma, štěrk, textilie) byly hodnoty C_{ox} stejné nebo nižší nežli v roce 2015. Největší rozdíl byl u varianty úhor, kdy obsah organického uhlíku výrazně klesl (Obr 10).

V případě hodnot C_{ox} v povrchové vrstvě půdy došlo k vzestupu variability mezi jednotlivými variantami. V roce 2015 mezi nimi nebyly průkazné rozdíly. V roce 2019 byl zjištěn nejvyšší obsah C_{ox} u varianty s kůrou a nejnižší pak na kontrolní ploše (úhoru). Obsahy C_{ox} v hlubších vrstvách se vzájemně nelišily ani v roce 2015 ani 2019.



Obr. 11 Zastoupení stabilních agregátů

Průměrné hodnoty pro jednotlivé varianty (odlišná písmena označují rozdíl mezi variantami na hladině významnosti $\alpha=0,05$).

Během 4 let došlo u variant agrotex, a textilie ke snížení stability agregátů oproti roku 2015. Naopak u variant ekocover, papír, štěpka, sláma, kůra, kde došlo ke zvýšení, u štěpky k velkému zvýšení stability agregátů. Nejnižší stabilita agregátů byla v prvním roce naměřena u úhoru (Obr 11).

V roce 2015 byla nejnižší stabilita agregátů zjištěna na kontrolní ploše a nejvyšší pod kůrou. V roce 2019 byla nejnižší stabilita agregátů zjištěna u varianty agrotex a textilie a naopak nejvyšší hodnota WSA byla zjištěna opod štěpkou.

6 Diskuze

6.1 Půdní reakce

Změny v pudních reakcích bylo možné zaznamenat převážně u vzorků z povrchu, kde je půda více v kontaktu s rostlinami a mulčí. Změny byly výraznější u aktivního pH nežli u výměnného pH. Tuto skutečno lze vysvětlit, rychlejší reakcí aktivního pH

U většiny variant docházelo v průběhu několika let ke snížení hodnot pH. Tato skutečnost by se dala vysvětlit vlastní změnou původně orné půdy na trvalkové záhony. Exsudace jednoduchých organických kyselin, díky kořenovému systému trvalek může pH snižovat (Dlouhá et al. 2009). Samotný organický materiál z rostlin mohl též přispět k snížení pH v půdě. Největší pokles byl zaznamenán u kůry, slámy, štěpky a textilie (folie s kůrou), kůra, štěpka a folie s kůrou zastupují prostředí lesa, kde je tedy půda více kyselá (Dlouhá et al. 2009) a po 4 letech byly rozloženy.

V prvních letech byly hodnoty pH pod jednotlivými mulči rozdílné, největší rozdíl byl zaznamenán u rozložitelných fólií agrotex a ekocover (před jejich rozpadem) v důsledku snížení emisí CO₂. Po rozložení tento efekt zmizel. (Pavlů et al. 2021).

6.2 Obsah a kvalita humusu

Množství organického uhlíku se v prvních dvou letech neměnilo a zůstávalo stejné. Dokonce zde nebyl žádný zřetelný rozdíl mezi organickými a anorganickými mulči po 3 letech. Toto mohlo být zapříčiněno nízkou produkcí rostliné biomasy (Pavlů et al. 2021).

Nejvyšší nárůst množství organického uhlíku byl zaznamenán pod kůrou, štěpkou a textilií (folie s kůrou na povrchu), a to v důsledku rozkladu organického materiálu. U slámy došlo ke snížení obsahu organického uhlíku, i když má sláma dostatečnou zásobu organického uhlíku. Dle Blanco-Canqui and Lal (2007) se po 10 letech působení slámy na půdu obsah organického uhlíku několika násobně zvýšil. K nárůstu množství organického uhlíku u varianty se slámou nemohlo dojít pravděpodobně z důvodu nedostatečné dávky slámy a frekvence jejího doplňování v průběhu let. Vegetace pravděpodobně využila více uhlíku než ho bylo do půdy dodáno a proto se hodnota C_{ox} po 4 letech zmenšila. U ostatních variant obsah C_{ox} rovněž klesl z důvodu nedostatečného přísunu organické hmoty, kterou nadále doplňovaly pouze odumřelé organismy a kořeny rostlin.

6.3 Stabilita půdních agregátů

Stabilita pudních agregátů dosahovala nejlepších výsledků u variant s organickými mulči. Zvýšení stability bylo pozorováno u varianty se slámou, a to o 17 % a u varianty se štěpkou o 20 % u varianty s kůrou do šlo ke snížení o 7 % pravděpodobně kvůli rozkladu kůry. U varianty úhor došlo též ke zvýšení, pravděpodobně z důvodu velkého množství kořenů v půdě a většímu zaplevelení, tím pádem byla půda chráněna před dopadem deště.

Naopak u varianty agrotex došlo ke snížení o 6 % z důvodu rozkladu použitého materiálů, kdy agotext vydrží nejdéle 5 let a pak se rozloží. U varianty ekocover, nedošlo od roku 2015 k žádným změnám. Naopak u varianty s papírem se stabilita agregátů zvětšila o 6,6 %. Varianta s papírem a ekocover mají tedy stejně stabilní agregáty. K této skutečnosti mohlo dojít už výše zmíněným zaplevelením záhonu a přerůstáním rostlin, které půdu ochránily před deštěm.

7 Závěr

Cílem práce bylo posoudit vliv mulčovacích materiálů na půdní vlastnosti.

Samotná hypotéza byla potvrzena: Mulčovací materiály použité při pokusu ovlivnily jak chemické, tak fyzikální vlastnosti půdy.

- U aktivní reakce ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) došlo k patrnému snížení po 5 letech růstu trvalek a u variant úhor, sláma, štěpka a textil byl rozdíl nejvyšší. Hodnoty $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ se v posledním roce v povrchové vrstvě půdy ustálily na hodnotě 6,5. V hlubší vrstvě půdy byly v rozmezí 5,7 až 6.
- V povrchové vrstvě půdy došlo ke snížení obsahu organického uhlíku, kromě varianty s kůrou, kde byla hodnota C_{ox} vyšší. Naopak v hloubce se obsah C_{ox} od založení pokusu zvýšil ve více variantách.
- Během 4 let se stabilita agregátů zvýšila převážně u organických mulčovacích materiálů.

Z výsledků je patrné, že se změnila převážně povrchová vrstva půdy v důsledku blízkého kontaktu mulče přímo s půdou, zatím co v hloubce 20-30 cm byly změny menší. V hloubce 20-30 cm došlo převážně vždy u všech variant ke snížení $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$.

8 Literatura

Brunsová, Susanne a Annelore Brunsová. Biozahrada: Praktická příručka. 2. Německo: Plot, 2010. ISBN 9788074280269.

Campbell, S. (2000). Mulch It!: A Practical Guide to Using Mulch in the Garden and Landscape (Revised ed.). Storey Publishing, LLC.

Rejšek, Klement a Radim VÁCHA. Nauka o půdě. Olomouc: Agriprint, 2018. ISBN 978-80-87091-82-1.

Větvička, Václav. *Trvalky*. Vyd. 2. Ilustroval Pavel ŽILÁK, ilustroval Marie TULÁČKOVÁ. Praha: Aventinum, 2004. Krystal (Aventinum). ISBN 80-7151-234-6.

Hejný, Slavomil a Bohumil SLAVÍK, ed. Květena České republiky. 2., nezm. vyd. Praha: Academia, 2003. ISBN 80-200-1090-4.

Rice G. (ed.). 2006. Encyclopedia of perennials. Dorling Kindersley, London.

Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. John Wiley & Sons. New York. p. 496. ISBN: 0-471-59474-1.

Brady, N. C., Weil, R. R. 1999. The Nature and Properties of Soils. Prentice Hall. New Jersey. p. 881. ISBN: 0-13-852444-0.

Flowerdew, B. 2011. Jak na plevel bez chemie. Metafora. Praha. 112 s. ISBN: 978-80-7359-275-2.

Hradil, R., Dostálek, P., Jetmarová, E., Vlk, R., Řezníček, V. 2000. Česká biozahrada. Zelenina a ovoce bez chemie. Pěstování podle Měsíce, kompostování, zelené hnojení, rostlinné výluhy, biologická ochrana rostlin, použití homeopatických preparátů, kooperace s přírodou, netradiční druhy zahradních plodin. Fontána. Olomouc. 184 s. ISBN: 80-86179-46-X.

Hůla, J. (ed.). 2003. Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 48 s. ISBN: 1211-3972.

Baroš, A., Martinek, J. 2011. Trvalkové výsadby s vyšším stupněm autoregulace a extenzivní údržbou: plánování, zakládání, údržba, doporučené směsi. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. Průhonice. 84 s. ISBN: 978-80-85116-88-5.

Svoboda, J. 2009. Kompletní návod k vytvoření ekozahrady a rodového statku. Smart Press. Praha. 341 s. ISBN: 978-80-87049-28-0.

Flohrová, A. 1992. Využití fólií při pěstování polní zeleniny (mulčování a nakrývání). Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Praha. 38 s. ISSN: 0862-3562

Dušková L., 2004: Netkaná textilie v černé i bílé – Receptář prima nápadů (časopis) Noctis studio s r.o., Praha

- Dvořák P., Tomášek J., Hajšlová J., Schulzová V. a Krtková V., 2011: Vliv povrchového mulčování brambor na kvalitu hlíz - Vědecká příloha časopisu Úroda, 339- 342 str
- Relf D. et McDaniel A., 2004: Mulches for the Home Vegetable Garden. - Environmental horticulture Publication: 426-326
- Dvořák, P., Tomášek, J. 2010. Mulč při pěstování brambor? Bramborářství. Roč. 18. č. 1. s. 11 – 14
- Carlson, Ch. Červen 2001. Mulčování (část I.). ZAHRADA–PARK–KRAJINA 6/2002. s. 5 - 6. Z originálu publikovaného v ISA Arborist News. přeložil: David Hora.
- Chalker – Scott L. 2008. The informed gardener. University of Washington Press, Seattle.
- Nagy A. (ed.). 2008. Zahradní květiny: letničky a trvalky od A do Z. Svojtka&Co., spol. s r.o., Praha.
- Křesadlová, L., Vilím, S. 2005. Trvalky. CP Books. Brno. 96 s. ISBN: 80-251-0257-2.
- Rice, G. 2006. Encyclopedia of perennials. Dorling Kindersley. London. 496 p. ISBN: 978-1-40530600-3.
- Šarapatka, B. 2014. Pedologie a ochrana půdy. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc. 232 s. ISBN: 978-80-244-3736-1.
- Vopravil, J. (ed.). 2009. Půda a její hodnocení v ČR (Díl I.). Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 148 s. ISBN: 978-80-87361-02-3.
- Novák, P. 2008. Zpráva o průzkumu pozemků v Troji, faktura č. 5057/2008
- Valla, M., Kozák, J., Němeček, J., Matula, S., Borůvka, L., Drábek, O. 2002. Pedologické praktikum. Česká zemědělská univerzita, Agromonická fakulta. Praha. 151 s. ISBN: 80-213-0914-8
- Sparks, D. L. 1996. Methods of soil analysis, Part 3 - Chemical Methods. Soil Science Society of America. Madison. p. 1263. ISBN: 0891188258
- Kudrna K. (ed.). 1987. Naučný slovník zemědělský. Díl 11, T-U. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Golovkin, Boris Nikolajevič a Gabriela Kliková. Rozkvetlá zahrada. Sv. 1, Trvalky. 1. Praha: Lidové nakladatelství, 1990. ISBN 80-7022-052-X 80-7022-053-8.
- BÖHM, Čestmír. Trvalky: ozdoba zahrady a bytu. 1. Praha: Květ, 1991. ISBN 80-85362-06-6.

Bruns, A., Bruns, S. 2010. Biozahrada: praktická příručka: úvod k přírodnímu pěstitelství s názornými vyobrazeními. Plot. Praha. 143 s. ISBN: 978-80-7428-026-9

Haberer, Martin. 300 rostlin vaší zahradě na míru. Čestlice: Rebo, 2014. ISBN 978-80-255-0763-6.

Konanová, Mariya. Soil Organic Matter: Its Nature, Its Role in Soil Formation and in Soil Fertility. 2. USA: Pergamon, 1961. ISBN 9781483185682.

Hanzelka, Petr. Květiny pro každou zahradu: správná rostlina na správné místo. Praha: Grada, c2015. ISBN 978-80-247-5184-9.

Závěrečné práce

Jindrová, Anika. Vliv běžně používaných variant mulče na zaplevelení. Praha, 2018. Diplomová práce. ČZU. Vedoucí práce Doc. Ing. arch. Jan Vaněk, CSc.

Princová, Eliška. Vliv nejběžnějších druhů mulče na vybrané půdní vlastnosti. Praha, 2017. Diplomová práce. ČZU. Vedoucí práce Doc. Ing. arch. Jan Vaněk, CSc.

Online zdroje

(geomall.cz, 2017). eomall.cz. GEOMAT s.r.o. Available from https://www.geomall.cz/rozlozitelnaekotextilie-ze-100-biomasy-agrotextilieeko?gclid=CjwKCAiAlfnUBRBQEiwAWpPA6TZrqBriHDxKtmNur4aPdaN0y3CJfwOpew72_WPa1P4MRHGAnktlxoCo3YQAvD_BwE (accessed June 2020)

Dlouhá, Š., Borůvka, L., Pavlů, L., Tejnecký, V., Drábek, O. Comparison of Al speciation and other soil characteristics between meadow, young forest and old forest stands. Journal of Inorganic Biochemistry [online]. 2009. 103 (11). [cit. 9. dubna 2017]. Dostupné z: https://www.academia.edu/4304390/Comparison_of_Al_speciation_and_other_soil_characteristics_between_meadow_young_forest_and_old_forest_stands

Plante, A. F., McGill, W. B. Soil aggregates dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies. Soil & Tillage Research [online]. 2002. 66 (1). Dostupné z [Soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016763690200001)

Thakur, M., & Kumar, R. (2021). Mulching: Boosting crop productivity and improving soil environment in herbal plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 20, 100287. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100287>

L.N. Mulumba, R. Lal
Mulching effects on selected soil physical properties

Soil and Tillage Research, 98 (1) (2008), pp. 106-11. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198707001>

W.J. Lamont

Plastics: modifying the microclimate for the production of vegetable crops
HortTechnology, 15 (3) (2005), pp. 477-481 Dostupné z:
<https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/15/3/article-p477.xml>

M. Bittelli, F. Ventura, G.S. Campbell, R.L. Snyder, F. Gallegati, P.R. Pisa
Coupling of heat, water vapor, and liquid water fluxes to compute evaporation in bare soils
Journal of Hydrology, 362 (3-4) (2008), pp. 191-205. Dostupné z
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214786120300486?via%3Dihub&fbclid=IwAR1FUcVoCD5ikb2L_C5IGKpiIFROkC0QmRcDCx1fXztMTG0tjX84x4KEz1k#bib0090

Y. Zhao, H. Pang, J. Wang, L. Huo, Y. Li
Effects of straw mulch and buried straw on soil moisture and salinity in relation to sunflower growth and yield
Field Crops Research, 161 (2014), pp. 16-25. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429014000379>

M.N. Jimenez, J.R. Pinto, M.A. Ripoll, A. Sanchez-Miranda, F.B. Navarro
Impact of straw and rock-fragment mulches on soil moisture and early growth of holm oaks in a semiarid area
Catena, 152 (2017), pp. 198-206. Dostupné z:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816217300280?casa_token=QbXoAZx1P7QAAAAA:mxUQkK8oIOgNIgzmF48wXLh8q04cRRnuvor-Uj9zsYuwcCoBmM36s10RWGtTCVLvk_88YEBxpk

H. Hu, F. Tian, H. Hu

Soil particle size distribution and its relationship with soil water and salt under mulched drip irrigation in Xinjiang of China
Science China Technological Sciences, 54 (6) (2011), pp. 1568-1574. Dostupné z:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11431-010-4276-x>

M.A. Kader, A. Singha, M.A. Begum, A. Jewel, F.H. Khan, N.I. Khan
Mulching as water-saving technique in dryland agriculture
Bulletin of the National Research Centre, 43 (1) (2019), pp. 1-6. Dostupné z:
<https://bnrc.springeropen.com/articles/10.1186/s42269-019-0186-7>

H.L. Borst, R. Woodburn
Effect of mulches and surface conditions on the water relations and erosion of Muskingum soils. USDA Tech. Bull., 825 (1942), pp. 1-16. Dostupné z:
https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Effect%20of%20mulches%20and%20surface%20conditions%20on%20the%20water%20relations%20and%20erosion%20of%20Muskingum%20soils&publication_year=1942&author=H.L.%20Borst&author=R.%20Woodburn

Smith MW (2000) Cultivar and mulch affect cold injury of young pecan trees. J. Amer. Pomo. Soc. 54:29–33. Dostupné z: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20000312386>

Malcolm B., JERRY M. P. et RILAND E. R., 2006: Mulches for Enhanced, Low-Cost, Low-Maintenance Landscapes, Texas Agricultural Extension Service – [online], [citace 2012– 04-03], dostupné z: <http://organiclifestyles.tamu.edu/compost/mulch.html>

Jak na hnilobu kořenů? BAC [online]. Nizozemsko: BG Products BV, 2018 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://www.baconline.cz/poradensk%C3%A9-centrum/blog/3617-jak-na-hnilobu-korenu>

ekocover.cz [online]. VUC Services spol. s r.o. [cit. 4. dubna 2021]. Dostupné z: <http://www.ekocover.cz/>

geomall.cz. GEOMAT s.r.o. Dostupné z: <https://www.geomall.cz/search/agrotex>

M.A. Kader, M. Senge, M.A. Mojid, K. Ito
Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment
Soil and Tillage Research, 168 (2017), pp. 155-166 Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198717300016>

Montague, Thayne a Roger KJELGRE. Energy Balance of Six Common Landscaping Surfaces and the Influence of Surface Properties on Gas Exchange of Four Containerized Tree Species. ResearchGate [online]. 2004, 2004(100), 229-249 [cit. 2021-03-17]. ISSN 0304-4238. Dostupné z: doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423803001456>

Van Nierop, Emmanuel T a Donald P WHITE. Evaluation of Several Organic Mulching Materials on a Sandy Loam Forest Nursery Soil. Journal of Forestry. 1958, 1958(56), 23-27. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jof/article-abstract/56/1/23/4685675>

Pavlu, Lenka, Radka Kodešová, Miroslav Fér, Antonín Nikodem, František Němec a Radek Prokeš. The impact of various mulch types on soil properties controlling water regime of the Haplic Fluvisol, Soil and Tillage Research. Soil and Tillage Research. 2021, 104748(205), 1-15. ISSN 0167-1987. Dostupné z: doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198720305304>

H. Peng, T. Lei, Z. Jiang, R. Horton
A method for estimating maximum static rainfall retention in pebble mulches used for soil moisture conservation Journal of Hydrology, 537 (2016), pp. 346-355 Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169416301780>

Ansari R, Marcar NE, Khanzada AN, Shirazi MU, Crawford DF (2001) Mulch application improves survival but not growth of *Acacia ampliceps* Maslin, *Acacia nilotica* L. and *Conocarpus lancifolius* L. on a saline site in southern Pakistan. Int. J. Rev 3:158–163. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/42609371?seq=1>

Pickering JS, Shepherd A (2000) Evaluation of organic landscape mulches: composition and nutrient release characteristics. *Arboric. J.* 23:175–187 Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03071375.2000.9747271>

Singh SB, Pramod K, Prasad KG, Kumar P (1991) Response of Eucalyptus to organic manure mulch and fertilizer sources of nitrogen and phosphorus. *Van.Vig.* 29:200–207.

Turchetti T, Maresi G, Nitti D, Guidotti A, Miccinesi G (2003) Il mal dell'inchiostrone nel Mugello (Fi): danni ed approcci di difesa (Chestnut ink disease in the Mugello area: damage and control). *Monti e Boschi.* 54:22–26. Dostupné z: <https://openpub.fmach.it/handle/10449/17576?mode=full.413#.YHsEVugzZPY>

H. Blanco-Canqui, R. Lal

Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till *Soil Tillage Res.*, 95 (2007), pp. 240-254. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198707000451>

