

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů

**Srovnání a aplikovatelnost permakulturních principů při  
pěstování plodin**

**Bakalářská práce**

Autor práce: Vojtěch Mihulka

**Zemědělství a rozvoj venkova: Ekologické zemědělství**

Vedoucí práce: Ing. Petr Dvořák, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Srovnání a aplikovatelnost permakulturních principů při pěstování plodin" 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 21.4. 2023

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D. za odborné vedení a podporu během vzniku práce. Děkuji také oběma rodičům za laskavou podporu nejen během celého studia. Děkuji také mé partnerce Kristýně za laskavou péči a trpělivost.

# Srovnání a aplikovatelnost permakulturních principů při pěstování plodin

## Souhrn

Tato bakalářská práce je rešerší permakulturních principů a technik při pěstování plodin na ekologicky hospodařícím statku. Autor srovnává permakulturní principy zejména od tří směrů permakultury: permakultura podle Seppa Holzera z Rakouska, permakultura podle Billa Mollisona a Davida Holmgrena z Austrálie a přírodní zemědělství podle Masanobu Fukuoky z Japonska. Cílem této práce bylo shrnout a představit některé permakulturní techniky a principy nejen výše zmíněných autorů. Byť je práce provázena teoretickou rešerší, která jednotlivé aspekty rozebírá více dopodrobna, její účel je také praktický. Autor záměrně vybíral takové techniky, které jsou podle jeho uvážení a podle odborné literatury uplatnitelné v praxi při hospodaření na orné půdě.

Prvním tematickým celkem této práce je půdní úrodnost, jež lze udržovat a také postupně zlepšovat mimo jiné pomocí mulčovacích technik, vhodnými organickými materiály a aplikací kompostových čajů. Druhou částí práce je zakládání a rozvržení zemědělského pozemku ještě před tím, než začne samotné pěstování rostlin. Zde hrají důležitou roli retenční jezírka, ale také zónování pozemku a využití principu tzv. jedlého lesa neboli sadu kombinovaného s pastvou. Poslední třetí pilíř tvoří vhodné principy pro pěstování plodin, zejména využívání smíšených kultur, přímého výsevu nebo vyvýšených záhonů. Tyto principy autor rovnou také ukazuje na příkladech z praxe pomocí fotografií.

Přínosem této práce může být její kompilační charakter, který dává dohromady myšlenky a zkušenosti mnoha autorů a zemědělců. Pro čtenáře tak může tato práce být úvodem do principů permakultury, která se ve své šíři věnuje mnoha aspektům hospodaření, od designování pozemku po pěstování jednotlivých plodin.

**Klíčová slova:** permakultura, trvalá udržitelnost, alternativní zemědělství

# **Comparison and applicability of permaculture principles in crop cultivation**

## **Summary**

This bachelor thesis is a research of permaculture principles and techniques in growing crops on an organic farm. The author compares permaculture principles mainly from three permaculture trends: permaculture according to Sepp Holzer from Austria, permaculture according to Bill Mollison and David Holmgren from Australia and natural farming according to Masanobu Fukuoka from Japan. The aim of this paper was to summarise and present some permaculture techniques and principles not only of the above-mentioned authors. Although the work is accompanied by a theoretical survey that discusses the various aspects in more detail, its purpose is also practical. The author has deliberately chosen those techniques which, in his opinion and according to the literature, are applicable in practice.

The first thematic unit of this work is soil fertility, which can be maintained and gradually improved by means of mulching techniques, suitable organic fertilizer and the application of compost teas, among other things. The second part of the thesis is the establishment and layout of the farm plot before the actual plant cultivation begins. Here retention ponds play an important role, but also zoning the plot and using the principle of the so-called edible forest or orchard combined with grazing. The final third pillar consists of appropriate cropping principles, in particular the use of mixed crops, direct sowing or raised beds. The author also shows these principles in practical examples with photographs.

The contribution of this work can be seen in its compilation character, which brings together the ideas and experiences of many authors and farmers. For the reader, this work can thus be an introduction to the principles of permaculture, which in its breadth covers many aspects of farming, from plot design to the cultivation of individual crops.

**Keywords:** permaculture, sustainability, alternative agriculture

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Představení vybraných směrů permakultury .....</b>	<b>10</b>
3.1.1	Permakultura podle Seppa Holzera .....	10
3.1.2	Permakultura podle Billa Mollisona a Davida Holmgrena.....	11
3.1.3	Přírodní zemědělství podle Masanobu Fukuoky .....	12
<b>3.2</b>	<b>Péče o půdní úrodnost .....</b>	<b>13</b>
3.2.1	Mulčování .....	14
3.2.1.1	Úvod do mulčování.....	14
3.2.1.2	Vliv mulče na kvalitu půdy a růst rostlin.....	15
3.2.1.3	Omezení růstu plevelů.....	16
3.2.2	Kompostový čaj.....	17
3.2.2.1	Úvod ke kompostovému čaji .....	17
3.2.2.2	Výroba kompostového čaje .....	17
3.2.2.3	Aplikace kompostového čaje .....	19
3.2.2.4	Vliv na úrodnost půdy a růst rostlin .....	19
3.2.2.5	Rostlinolékařské účinky .....	21
3.2.2.6	Riziko kontaminace lidskými patogeny.....	22
<b>3.3</b>	<b>Zakládání zemědělského pozemku .....</b>	<b>22</b>
3.3.1	Zónování zemědělského pozemku .....	22
3.3.1.1	Obecný úvod.....	22
3.3.1.2	Příklad statku Bec Hellouin .....	23
3.3.2	Zakládání kombinovaného sadu s pastvou.....	25
3.3.2.1	Permakulturní jedlý les .....	25
3.3.2.2	Pěstování zeleniny podle Masanobu Fukuoky.....	27
3.3.2.3	Předcházení přemnožení škůdců .....	28
3.3.2.4	Rostliny pro podporu ovocných dřevin.....	29
3.3.3	Retenční jezírka.....	29
3.3.3.1	Stavba přírodního retenčního jezírka .....	29
3.3.3.2	Vliv retenčních jezírek na zemědělský pozemek .....	31
<b>3.4</b>	<b>Principy pro pěstování plodin.....</b>	<b>32</b>

3.4.1	Přímý výsev .....	32
3.4.1.1	Fukuokova metoda střídání rýže a ozimu .....	32
3.4.1.2	Výsev pomocí jílových pelet .....	34
3.4.1.3	Význam podsevu jetele v obilninách .....	34
3.4.2	Vyvýšené záhony .....	35
3.4.2.1	Příprava výšného záhonu .....	35
3.4.2.2	Pěstování na vyvýšeném záhoně .....	35
3.4.3	Smíšené kultury .....	36
3.4.3.1	Úvod a obecné principy .....	36
3.4.3.2	Vybrané smíšené kultury pro pěstování zeleniny .....	38
3.4.3.3	Byliny ve smíšených kulturách .....	39
3.4.3.4	Nevhodné kombinace rostlin .....	40
<b>4</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>42</b>

# 1 Úvod

Permakultura je jedna z forem ekologického a alternativního zemědělství. Oproti dalším způsobům hospodaření je pro permakulturu charakteristické, že zemědělci se snaží napodobovat jevy pozorovatelné v přírodě a využívat je ve prospěch pěstovaných rostlin. Zpravidla se jedná o intenzivní hospodaření na menší ploše, případně také o extenzivní hospodaření v méně příznivých podmínkách, jehož cílem je za pomoci minimálních vstupů dosahovat uspokojivých výnosů. Jedním z cílů permakultury je také podpora neprodukčních funkcí agroekosystémů (Holzer 2012).

Rešerše této práce je členěna do 4 částí. První část je věnována uvedení jednotlivých směrů permakultury, ze kterých tato práce čerpá. Druhou část pak tvoří péče o půdní úrodnost, jež je pro dlouhodobé hospodaření na ekologickém statku zásadní. Ve třetí části se práce věnuje zakládání permakulturního zemědělského pozemku s cílem optimalizace obhospodařovaných ploch pro budoucí produkci. Ve čtvrté části jsou představeny některé principy pro pěstování plodin.

Autor této bakalářské práce se v roce 2022 zúčastnil měsíční praxe na permakulturním statku Krameterhof v Rakousku, odkud také pochází vícero fotografií, které tuto práci provází. V rámci praxe zde nejen pomáhal se sadbou či sklizní zeleniny nebo při péči o chovaná zvířata, ale také se zúčastnil dvou seminářů permakultury pod vedením Josefa Holzera a Seppa Holzera. Na horském statku Krameterhof hospodařil několik desítek let Sepp Holzer, jehož pojetí permakultury je mimo jiné představeno v této práci.

Permakultura může být také spojována se zahrádkářstvím nebo s hobby pěstováním zeleniny. Podle autora této práce je ovšem možné principů, technik a zkušeností z permakultury využívat i při hospodaření na ekologickém statku. Tato práce se proto pokouší shrnout a představit některé techniky, které lze uplatnit při pěstování plodin a hospodaření na půdě.



## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je porovnat permakulturní principy a postupy podle Seppa Holzera, Davida Holmgrena & Billa Mollisona a Masanobu Fukuoky a představit na praktických příkladech využití permakulturních postupů a praktik při pěstování plodin na hospodařící farmě.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Představení vybraných směrů permakultury

#### 3.1.1 Permakultura podle Seppa Holzera

Sepp Holzer po několik desetiletí hospodařil na rakouském horském statku Krameterhof, který se nachází v oblasti Lungau. Jeho pozemek sahá od 1 100 m až do 1 500 m nadmořské výšky (Holzer 2012). Ačkoliv v jeho okolí jsou zpravidla pěstovány pouze smrkové monokultury, Holzer (2012) zde pěstuje ovocné stromy, zeleninu, méně náročné odrůdy obilí nebo brambory. Ve sklenících zde dozrávají rajčata a další plodová nebo listová zelenina. Na vyvýšených záhonech jsou zde pěstovány především tykve a cukety. Se stálým výběhem na pastvě jsou zde chovány slepice, husy a krůty. Do přípravných prací na pozemcích před výsevem bývají zapojena prasata či kuřata. V odlehlých částech pozemku se volně pasou polodivoká plemena masného skotu a ovce (Holzer 2012).

Základním prvkem, který podle Holzera (2012) umožňuje, aby i v této nadmořské výšce bylo možné úspěšně pěstovat, je síť přírodních retenčních jezírek. Na celém pozemku se tak nachází okolo 60 rozestých jezírek různých velikostí, které jsou propojeny do vícero sítí. Naplní-li se horní jezírka vodou nad určitou hranici, je systémem podzemních trubek voda odvedena do spodnějších jezírek. Podle Holzera (2012) je zadržení vody v krajině klíčové pro mnoho oblastí, aby byly vhodné pro růst plodin. Podobnou funkci plní i vyvýšené záhony, které odtok vody brzdí a jejichž organický materiál má schopnost vodu nasát (Holzer 2019).

Zejména pro teplomilnější rostliny využívá Holzer (2012) tzv. slunečních pastí. Odrazem slunečních paprsků od vodní hladiny a také akumulací tepla do větších balvanů, kamenů či skal se zachycuje teplo, které přispívá k příznivějšímu mikroklimatu.

Mezi některé ze základních principů Holzerovy permakultury patří multifunkčnost, tedy že každý prvek plní vícero funkcí. Dalším principem je respektování a využívání v přírodě se vyskytujících procesů a koloběhů. Podobně je využíváno tzv. okrajových efektů, tedy poznatku, že maloplošné kultury hraničící s odlišnými kulturami bývají více produktivní. Důležitou roli hraje také rozmanitost a biodiverzita (Holzer 2012).

Rozmanitost se na Krameterhofu projevuje na vícero úrovních. Ať už samotnými různými způsoby využití pěstebních ploch, či biodiverzitou rostlin a živočichů či hmyzu. Holzer (2012) na jeho pozemcích také dává prostor neproduktivním plochám a organismům, které udržují ekologickou rovnováhu okolního prostředí.

Na Krameterhofu lze pozorovat volný přechod mezi několika druhy produkčních ploch. Ploty jsou ohraničena intenzivně obhospodařovaná políčka zeleniny a obilí, pro jejichž pěstování je klíčové důsledné mulčování organickými materiály, střídání plodin a využívání smíšených kultur. Mezi těmito plochami jsou louky a pastviny, na kterých se jednak volně pasou zvířata, jednak se využívají pro získání organického materiálu, který je následně využíván jako mulč. Tyto plochy ovšem volně přecházejí v sady ovocných stromů, své zastoupení tu ovšem mají

i další listnaté i jehličnaté stromy. Tím je z části naplněna idea tzv. permakulturního jedlého lesa. Vzhledem k lokalitě pozemku postupně plochy přecházejí v horský les (Holzer 2012).

Pro stavby na svých pozemcích využívá Holzer (2019) zejména přírodních materiálů, především dřevo. Při pěstování se snaží využívat lokální odrůdy, které byly vyšlechtěny do právě takových půdně klimatických podmínek, kde budou pěstovány (Holzer 2019). Mezi důležité principy patří také využívání lokálních a obnovitelných zdrojů materiálů a energie (Holzer 2012).



Obr: 1: Pastviny a políčka zeleniny na Krameterhofu (fotografie autora).

### 3.1.2 Permakultura podle Billa Mollisona a Davida Holmgrena

Bill Mollison a David Holmgren spolu vytvořili systém principů pro design zemědělských pozemků a jako první také pro to tento systém začali používat název permakultura (anglicky *permaculture*, které vzniklo zkrácením *permanent agriculture*, což lze volně přeložit jako trvale udržitelné zemědělství) (Miller 2001). Cílem permakulturního designu je vytvoření takových produkčních ploch, které poskytují rozmanité a dostatečně vysoké výnosy a které zároveň umožňují či zlepšují stabilitu místních ekosystémů (Mollison 1991).

Důležitou součástí permakultury je zónování pozemku, tedy rozdělení usedlosti na části podle intenzity obhospodařování a na základě vzájemných vztahů mezi těmito částmi a jejich prvky. Při členění pozemku je ale také vhodné zohlednit vnější faktory, které pozemek významně ovlivňují, např. převažující proudění vzduchu, srážky a jejich rozložení v průběhu roku, intenzita slunečního záření a úhel dopadu paprsků v různých částech roku (Miller 2001).

Podle Mollisona (1991) je při designování zemědělského pozemku potřeba brát v potaz, jak každý prvek působí na ostatní prvky systému a jakým vlivům bude tento prvek čelit. Každý prvek by měl také zajišťovat vícero funkcí a každá funkce by měla být zajišťována vícero prvky. Tím je budována stabilita celého systému. Mollison (1991) uvádí příklad na slepicích: slepice doporučuje chovat v blízkosti obydlí, aby bylo možné často kontrolovat jejich zdravotní stav a odebírat vejce, a zároveň nedaleko záhonů se zeleninou, aby bylo snadné dopravit slepičí hnůj na tyto plochy. Doporučuje však také, aby se případný ovocný sad nacházel nedaleko chovu, aby slepice měly přístup k pastvě a mohly tak zároveň poskytovat samovolné organické hnojení sadu. V souladu s těmito principy je také např. vhodné jako větrolamy volit takové dřeviny, které zajišťují vícero funkcí, např. obohacující půdu o živiny (zejména dusík), slouží jako útočiště zvířat, poskytují květy pro včely a další opylovače či produkují dřevo na zpracování či pro topné účely (Miller 2001; Mollison 1991).

Cílem permakulturního designu je podle Holmgrena (2002) také co nejefektivněji zachytit energii a využívat přírodních energetických přeměn v prospěch pěstitele. Holmgren (2002) uvádí příklad na zakládání vodních retenčních nádrží: nádrže jsou zakládány, pokud možno ve vyšších polohách pozemku, aby pozdější distribuce vody (např. pro zavlažování) byla zajišťována pasivně pomocí gravitační síly.

Podobně jako Sepp Holzer využívá i permakultura Billa Mollisona a Davida Holmgrena tzv. okrajového efektu. Podle těchto autorů je vhodné na zemědělském pozemku prolínat různé ekosystémy, na jejichž okrajích vzniká prostor, kde se ekosystémy potkávají a kde bývá vyšší výnos i diverzita organismů (Miller 2001). Mollison (1991) uvádí, že při designování jezírek se snaží, aby okraj břehu byl co nejdelší, protože tím vzniká větší plocha, které je dobře zásobena vodou, a tedy vhodná pro intenzivní pěstování např. zeleniny. Podle Mollisona (1991) je tohoto efektu ovšem možno využívat i v menším měřítku, např. pěstováním plodin v užších pruzích a střídáním těchto pruhů. Konkrétně uvádí např. střídání kultur pšenice seté a vojtěšky seté nebo střídání pruhů jednoletých plodin s řádky ovocných stromů.

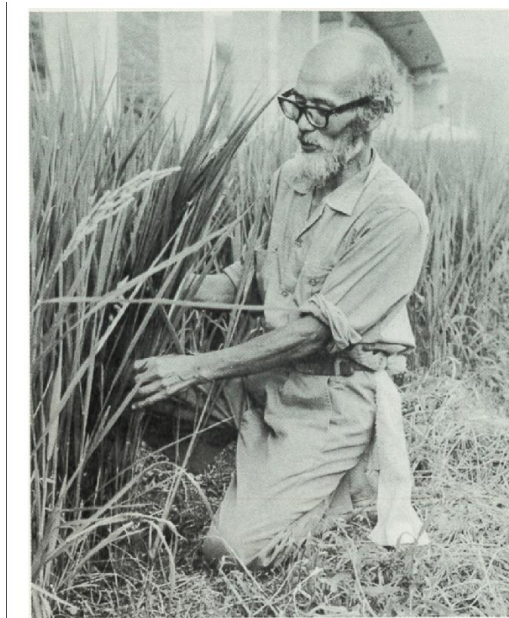
### 3.1.3 Přírodní zemědělství podle Masanobu Fukuoky

Masanobu Fukuoka byl japonský vědec a farmář, který započal způsob hospodaření zvaný přírodní zemědělství (z anglického *natural farming*, které ovšem vychází z japonského *Shizen Nōhō*) (Fukuda 2018). Základ tohoto hospodaření tvoří čtveřice principů: 1) neprovádí se orba, 2) nepoužívají se syntetická hnojiva, 3) nepoužívají se pesticidy ani herbicidy, 4) nevytrhává se plevel (Fukuoka 2019). Podle Fukuoky (2019) leckteré zemědělské operace mohou přinášet více práce než užítku, a tak se snaží hledat cesty, jak s co nejméně vstupy dosáhnout dostatečných výnosů. Fukuoka (1985) nepoužívá téměř žádnou mechanizaci, sklizeň na jeho polích probíhá ručně.

Fukuoka (2019) hojně využívá přímého výsevu za pomoci jílových pelet, která semena chrání před hlodavci či ptáky. Semena tak počnou klíčit, až když jsou vlhkost a teplota půdy optimální, mohou tedy i přezimovat na místě, kde byly vysety (Fukuoka 1985). Fukuoka (2019) se snaží co nejvíce inspirovat v přírodě. Ve svém sadu tedy rozhazuje semena různých druhů a odrůd

zeleniny a domnívá se, že vyklíčí a přežijí pouze ty rostliny, které k tomu mají nejvhodnější podmínky (Fukuoka 2019). Fukuoka nesklízí vždy všechny plody či jiné části rostliny, vždy alespoň některé rostliny nechává na stanovišti, aby se mohly vysemenit. Podle Fukuoky (1985) tak není v zásadě nutné vícekrát provádět výsev v jeho sadu, neboť by při tomto postupu mělo každý rok dojít k uvolnění semen rostlin, ze kterých mohou růst plodiny další rok. Fukuoka (2019) ale zároveň dodává, že může dojít ke zkřížení s divokými předky či příbuznými rostlinami některých plodin, což ovlivní jejich chuť, odolnost vůči patogenům a další vlastnosti.

Při pěstování obilnin využívá Fukuoka (2019) hojně mulčování a také podsevu jetele. Nevytváří kompost, nechává organickou hmotu zpravidla rozložit přímo v místě, kde vyrostla. Opakovaně používá slámu obilnin, kterou jednoduše bez zkracování rozprostře po poli, kde již vyrůstají rostlinky následné plodiny (Fukuoka 1985). Fukuokova metoda pěstování obilnin je detailněji popsána v kapitole Fukuokova metoda střídání rýže a ozimu. Pro podporu úrodnosti půdy roztrušuje slepičí hnůj, anebo na poli nechává pást hejno kachen (Fukuoka 1985).



Obr. 2: Masanobu Fukuoka v rýžovém poli (Fukuoka 1985).

### 3.2 Péče o půdní úrodnost

Lowenfels & Lewis (2010) se domnívají, že mikrobiální život v půdě hraje zásadní roli v udržení a zlepšování půdní úrodnosti. Holzer (2019) považuje abundanci a diverzitu mikrobiálního života v půdě za základ pro diverzitu dalších organismů. Ingham et al. (1985) zmiňují význam tzv. půdní potravní sítě. Tito autoři dochází k závěru, že obsahuje-li půda dostatečné množství protozoí, nematodů a mikročlenovců, kteří se živí bakteriemi a mikroskopickými houbami, dochází ke stimulaci rozkladu organické hmoty, zvýšené mineralizaci dusíku a fosforu a ke zvýšení růstu rostlin (Ingham et al. 1985).

Kosterna (2014a) píše, že organický mulč je zdrojem živin pro půdní mikroorganismy, jejichž činností jsou organické zbytky rozloženy na formu, ve které jsou živiny přístupné pro rostliny. Podle Lowenfelse & Lewise (2010) je pro půdní úrodnost prospěšné podpořit životaschopnost mikrobiálních populací, neboť tyto jednak ukládají nutrienty do svých těl, jednak slouží jako potrava např. pro protozoa či nematody, kteří se podílejí na cyklu některých prvků v půdě. Entry et al. (2005) se domnívají, že autochtonní půdní mikroorganismy napomáhají snižovat infekční tlak některých patogenů. V jejich studii zjistili, že mají-li autochtonní mikroorganismy vhodné prostředí okolo kořenů v půdě, mohou lépe inhibovat infekci patogenu *Verticillium dahliae* na bramborách (*Solanum tuberosum*) (Entry et al. 2005). Wang et al. (2021) pozorovali, že inokulací půdy bakteriemi *Burkholderia cepacia* ISOP5 a *Rhodopseudomonas palustris* ISP-1 se výnos semen podzemnice olejné (*Arachis hypogaea*) po pěti letech zvýšil až o 19,5 %. Podobné výsledky nachází i Nassal et al. (2018), kteří pozorovali vyšší aktivitu mikrobiální fosfatázy a vyšší růst rostliny rajčete (*Solanum lycopersicum*) po inokulaci půdy bakterií *Pseudomonas* sp. RU47.

V dalších podkapitolách jsou rozebrány dvě techniky, jejichž účelem je mimo jiné právě podpořit mikrobiální život v půdě a které by mohly být uplatnitelné při hospodaření na ekologickém statku. Jedná se o mulčování a aplikaci kompostového čaje.

### 3.2.1 Mulčování

#### 3.2.1.1 Úvod do mulčování

Mulčováním rozumíme pokrývání půdy hmotou, které napomáhá půdu chránit před nepříznivými vlivy. Jako organický mulč lze použít slámu, seno, kompost, piliny, dřevěné třísky nebo hobliny (Bhardwaj & Kendra 2013). Lowenfels & Lewis (2010) k tomu dodávají, že je v některých podmínkách možno využít také opadané listí, jehličí, posekanou trávu, mořské řasy nebo papír či kartonové krabice. Sartoriusová (1997) také připomíná možnost využití vypletého plevelu k pokrytí půdy. Má-li mulč poskytovat ochrannou funkci, je podle Holzera (2012) vhodné materiál nahrnout, aniž by se zkracoval nebo nařezal, protože v tom případě by se rozkládal rychleji.

Dle Fukuokey (1985) ponechání a rozprostření slámy rýže a ozimých obilnin na poli zamezuje proliferaci zimních plevelů a dodává organickou hmotu zpět do půdy. Pro optimální využití mulče je potřeba ho aplikovat ihned po vyklíčení semen pěstovaných rostlin, v dávce nejméně 5 t/ha, domnívá se Kosterna (2014a). Li et al. (2021) ovšem uvádějí, že na základě jejich rešerše lze spíše doporučit dávku mulče 6 až 8 t/ha. Sartoriusová (1997) ovšem uvádí, že není žádoucí zvolit příliš hustou vrstvu mulče, aby se půdy dostával dostatek kyslíku. Jodaugienė et al. (2006) upozorňují, že mulč nesmí obsahovat semena plevelů, aby nedošlo k pozdějšímu zaplevelení. Podle Kosterny (2014) mulčování snižuje neproduktivní výpar, zmírňuje větrnou a vodní erozi a snižuje ztrátu živin odtokem a vyplavováním. Mulč také udržuje stabilnější teplotu půdy, pomáhá zvyšovat půdní pórovitost a zamezuje růstu plevelů (Kosterna 2014a).

Při deštích chrání půdu před poškozením jemné struktury půdy v důsledku dopadu kapek (Lowenfels & Lewis 2010).

Lowenfels & Lewis (2010) se domnívají, že výběr konkrétního mulčovacího materiálu je vhodné přizpůsobit tomu, zda pěstované rostliny více preferují příjem dusíku v nitrátové formě nebo ve formě amonné. Podle autorů Britto & Kronzucker (2013) rostliny rané sukcese a zemědělské plodiny často preferují nitrátovou formu před amonnou formou dusíku. Domestikované plodiny bývají častěji senzitivní na toxicitu na amonnou formu (Britto & Kronzucker 2002). Podle Lowenfelse & Lewise (2010) čerstvý organický materiál spíše podpoří růst bakteriálních populací, se kterou bývá spojován vyšší obsah nitrátů. Aplikování organického materiálu, který je již v některé fázi rozkladu, zpravidla více podpoří růst mikroskopických hub, a tedy více dusíku zůstane v amonné formě (Lowenfels & Lewis 2010).

Výběr mulčovacího materiálu může být ovšem i vhodně uzpůsoben pěstované plodině. El Dessougi et al. (2003) zjistili, že kukuřice setá (*Zea mays*) více prosperovala, pokud se ponechaly na pěstební ploše rostlinné zbytky z brukve řepky (*Brassica napus* ssp. *napus*) nebo řepy obecné (*Beta vulgaris*) oproti např. rostlinným zbytkům lupiny bílé (*Lupinus albus*). Podle autorů lze lepší růst kukuřice vysvětlit větší dostupností fosforu v půdě při zakomponování vhodných rostlinných zbytků (El Dessougi et al. 2003). Podle Holzera (2012) je potřeba navršit na půdu pouze takové množství čerstvého materiálu, aby se do půdy dostával dostatek vzduchu. U suchého materiálu jako je sláma je možno použít i vrstvu 20 cm (Holzer 2012).



Obr. 3: Hojně mulčované řádky cibule a ředkviček na Krameterhofu (fotografie autora).

### 3.2.1.2 Vliv mulče na kvalitu půdy a růst rostlin

Mulumba & Lal (2008) v rámci výzkumu dlouhodobého efektu mulčování zjistili, že po 11 letech každoroční aplikace mulče bylo možné zvýšit dostupnou kapacitu vody v půdě o 18-35 % a celkovou pórovitost o 35-46 %. Zvýšená půdní agregace může být z části důsledkem vyšší aktivity bakterií a mikroskopických hub, domnívají se Mulumba & Lal (2008).

Blanco-Canqui & Lal (2007) během 10 let trvajícího experimentu zjistili, že každoročním aplikováním mulče z pšenice seté (*Triticum aestivum*) o dávce 8 t/ha se obsah organického uhlíku ve svrchní vrstvě 10 cm zvýšil o 58 %. Zároveň však autoři poznamenávají, že pouze 33 % uhlíku z celkového množství bylo sekvestrováno, tedy 2/3 uhlíku byly pravděpodobně ztraceny v podobě emisí CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub> (Blanco-Canqui & Lal 2007). Tito autoři také upozorovali, že procentuální zastoupení makroagregátů se šestkrát zvýšilo oproti kontrolní skupině, která nebyla mulčována. Chen et al. (2018) po dobu pěti let nechávali rostlinné zbytky kukuřice seté (*Zea mays*) jako mulč v pěstování její monokultury. Zjistili, že ve svrchních 5 cm půdy se obsah organického uhlíku zvýšil o 22 % oproti kontrolní skupině, která nebyla mulčována. Autoři také poznamenávají, že konkrétní výsledky závisí na půdním typu a kvalitě rostlinných zbytků (Chen et al. 2018). Podle Holmgrena (2002) je zvyšování obsahu organické hmoty v půdě zásadní pro dlouhodobé zlepšování půdní úrodnosti.

Jodaugienė et al. (2010) zjistili, že mulčování trávou zvyšuje aktivitu půdních enzymů ureázy a sacharázy. Zároveň také uvádějí pozitivní korelaci mezi aktivitou sacharázy a obsahem dostupného fosforu a draslíku (Jodaugienė et al. 2010). Na mulčovaných plochách byl pozorován hojnější výskyt několika druhů žížal oproti kontrolní skupině (Jodaugienė et al. 2010; Radics et al. 2022). Radics et al. (2022) se domnívají, že je to z důvodu vyšší vlhkosti mulčované půdy, která žížalám svědčí. Sinkevičienė et al. (2009) pozorovali, že půdy mulčované rostlinnými zbytky z travního porostu obsahovali více využitelného fosforu než půdy mulčované slámou nebo pilinami. Sun et al. (2022) shrnují, že mulčování zvyšuje enzymatickou aktivitu v půdě (zejména v rhizosféře), čímž se urychluje půdní koloběh uhlíku a dusíku.

Bond & Grundy (2001) upozorňují, že není-li v půdě dostatek využitelného dusíku, může rychlý rozklad mulče způsobit jeho dočasný nedostatek pro pěstované rostliny. Podle Kosterna (2014) lze ale pozorovat nejvyšší účinky mulčování v méně příznivých oblastech a na půdách chudých na živiny. Halde & Entz (2016) pozorovali, že během prvních 30 dní ztratil mulč v jejich experimentu 12-28 % své biomasy, a že z mulče hrachu setého (*Pisum sativum*) se v téže době uvolnilo významné množství ve vodě rozpustného dusíku. Autoři tak dochází k závěru, že by bylo vhodné, aby v této prvotní fázi rozkladu mulče již byly na poli přítomny rostliny, které živiny mohou zužitkovat (Halde & Entz 2016).

### 3.2.1.3 Omezení růstu plevelů

Mulč brání růstu plevelů blokováním slunečního záření (Kosterna 2014a). Chemické látky z rostlinného mulče mohou také vykazovat alelopatický efekt, čímž dále inhibují růst plevelů. Creamer et al. (1996) takový efekt pozorovali např. u slámy žita (*Secale cereale*). Ohno et al. (2000) zase zjistili, že alelopatické látky z jetele lučního (*Trifolium pratense*) způsobují nižší klíčivost semen hořčice polní (*Sinapis arvensis*). Grenger et al. (2018) pozorovali, že mulčování je více efektivní v omezování růstu širokolistých plevelů oproti plevelům z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). V kultuře brambor (*Solanum tuberosum*) podle autorů mulčování obzvláště omezilo růst merlíku bílého (*Chenopodium album*) nebo rdesna (*Polygonum ssp.*) (Grenger et al. 2018).



Halde & Entz (2016) upozorňují, že pro omezení růstu plevelů nejsou vhodné rychle se rozkládající rostlinné zbytky. V jejich studii se nejrychleji rozkládal mulč z ředkve seté (*Raphanus sativus*), nejpomaleji pak ječmen setý (*Hordeum vulgare*). Kosterna (2014b) zjistila, že sláma pohanky obecné (*Fagopyrum esculentum*) a žita setého (*Secale cereale*) více potlačila výskyt plevelů než sláma kukuřice seté (*Zea mays*) nebo brukve řepky (*Brassica napus* ssp. *napus*).

### 3.2.2 Kompostový čaj

#### 3.2.2.1 Úvod ke kompostovému čaji

Kompostový čaj je produkt fermentace kompostového materiálu ve vodě. Podle Scheuerella & Mahaffeeho (2002) existují dva dominantní a rozličné způsoby přípravy kompostového čaje: aktivně provzdušňovaný (zkratka ACT z anglického *aerated compost tea*) a neprovzdušňovaný kompostový čaj (zkratka NCT z anglického *nonaerated compost tea*). Kromě způsobu přípravy však účinky kompostového čaje podmiňuje: výběr konkrétních surovin pro kompostování, stáří kompostu, poměr přidané vody a případného dalšího ředění po fermentaci, délka fermentace, přidané nutrienty, teplota nebo pH (Ingham 2005; Lowenfels & Lewis 2010). ACT podle Ingham (2005) obsahuje pestré směs aerobních bakterií, hub, protozoí a nematodů.

#### 3.2.2.2 Výroba kompostového čaje

Používání aktivně provzdušňovaného kompostového čaje je podle Lowenfelse & Lewise (2010) efektivní technika k namnožení aerobních mikroorganismů. Takto autoři popisují jejich postup výroby: do kyblíku plného vody o objemu 20 l autoři vkládají přibližně 1 l uzrálého kompostu. Voda by měla obsahovat co nejmenší obsah chlóru. Poté přidají 2 lžice cukru. Obsah nádoby nechávají autoři 24 až 36 hodin za pokojové teploty provzdušňovat pomocí dvou pump, které ústí do kyblíku s vodou (Lowenfels & Lewis 2010).

Dostatečné provzdušnění považují Lowenfels & Lewis (2010) za zásadní, neboť v případě nedostatku kyslíku dochází k množení anaerobních organismů. Striktně aerobní mikroorganismy, jako jsou *Pseudomonas*, *Bacillus* nebo *Aerobacter*, vyžadují koncentraci kyslíku v čaji nejméně 8 ppm. Fakultativně anaerobním organismům stačí i nižší obsah kyslíku okolo 6 ppm, pod tuto hranici ovšem začíná převládat anaerobní metabolismus (Ingham 2005). Používané pumpy by měly do nádoby dodávat nejméně 0,37 dm<sup>3</sup> vzduchu/min na každý litr vody (Lowenfels & Lewis 2010).

Na konci provzdušňovací fáze by podle Lowenfelse & Lewise (2010) měla být barva kompostového čaje hnědá. Vůně by měla připomínat zeminu. Nepříjemný zápach zpravidla značí rozmnožení anaerobních organismů (Ingham 2005). Vzhledem k nedostatku kyslíku ve vodě je vhodné kompostový čaj aplikovat ihned po jeho výrobě, nejpozději však do 4 hodin (Lowenfels & Lewis 2010).

Stáří použitého kompostu pro výrobu čaje se dle Scheuerella & Mahaffeeho (2002) zpravidla pohybuje mezi 2 a 6 měsíci. Při používání kompostovaného hnoje je možné používat materiál starý až 12 měsíců. Obecně se však zdá, že se stářím kompostu klesá rostlino ochranný účinek kompostového čaje (Brinton et al. 1996 in Scheuerell & Mahaffee 2002).

Poměr kompostu ku vodě při výrobě preparátu se mezi studii liší, avšak zpravidla bývá používán poměr v rozptylu od 1:3 až 1:10 (Scheuerell & Mahaffee 2002). Při výrobě NCT se směs zpravidla fermentuje po dobu 5 až 8 (či až 16) dní, aby došlo k dostatečné akumulaci metabolitů fakultativních anaerobů (Scheuerell & Mahaffee 2002). Na druhou stranu však byly publikovány i výsledky, ze kterých vyplývá, že maximální inhibiční účinek plísňe révové (*Plasmopara viticola*) na listech révy vinné (*Vitis vinifera*) byl pozorován po aplikaci čaje po tří denní fermentaci (Ketterer 1990 in Scheuerell & Mahaffee 2002). Autoři rešerše se domnívají, že možná bude nutné stanovit optimální dobu fermentace pro každý systém rostlina-patogen-kompost (Scheuerell & Mahaffee 2002). Ingham (2005) píše k výrobě ACT, že doba výroby jednak závisí na dostatečném namnožení mikroorganismů, jednak také na vytváření nežádoucího biofilmu anaerobních organismů na okrajích nádoby, ke kterému dochází při delší výrobě. Zpravidla tak Ingham (2005) doporučuje délku výroby 20 až 36 hodin pro ACT.



Obr. 4: Nádoba na výrobu ACT včetně pumpy pro zásobení směsi vzduchem (fotografie Judith Hoersting in Lowenfels & Lewis 2010).

Scheuerell & Mahaffee (2002) zdůrazňují, že přidané nutrienty do kompostového čaje mohou výrazně ovlivnit jeho účinky. Např. bylo pozorováno, že při nižší relativní vlhkosti (60 % oproti 90 %) po aplikaci neprovzdušněného kompostového čaje na révu vinnou (*Vitis vinifera*) došlo k výrazné inhibici plísňe révové (*Plasmopara viticola*) pouze po aplikaci takového čaje, do kterého byly přidány další nutrienty. Zároveň ovšem autoři dodávají, že nutrienty mohou posílit růst nejen žádoucích organismů, ale i některých patogenů (Scheuerell & Mahaffee 2002).

Podle Scheuerella & Mahaffeeho (2002) bývá také používána melasa, slad, 1% sacharóza či některé řasy nebo výtažek z kvasnic. Tito autoři také upozorňují, že není-li do aplikované směsi

přidán adjuvant (např. methylcelulóza), kapacita listů hostovat mikroorganismy se dlouhodobě nezvýší. Je ovšem možné, že se zvýší zastoupení určitých druhů mikroorganismů, které napomáhají snížení tlaku určitých patogenů (Scheuerell & Mahaffee 2002). Přidání specifických mikrobiálních antagonistů při výrobě kompostového čaje je další z faktorů, které dle Scheuerella & Mahaffeeho (2002) mají potenciál zvýšit efektivitu jeho účinků při ochraně rostlin.

### 3.2.2.3 Aplikace kompostového čaje

Kompostový čaj může být aplikován pomocí rozprašovačů foliárně, anebo přímo do půdy např. v rámci zavlažování. Podle Ingham (2005) mají obě varianty své přednosti a je vhodné je podle potřeby kombinovat. Při foliární aplikaci je umožněno osídlení listů a stonků prospěšnými mikroorganismy, čímž jsou znevýhodněni rostlinní patogeni. Živiny z kompostu mohou být při foliární aplikaci přijímány přímo listy (Ingham 2005). Aplikace kompostového čaje přímo do půdy ovšem podporuje koloběh živin v půdě a také může mít příznivý vliv na strukturu půdy a retenční schopnost půdy. Pomáhá také okolo kořenů tvořit ochrannou vrstvu užitečných organismů, čímž je zabráněno vniku půdních patogenů.

Zatím není k dispozici mnoho informací ohledně vhodné frekvence aplikace kompostového čaje. Scheuerell & Mahaffee (2002) shrnují, že ve většině studií bývá kompostový čaj aplikován 1krát za týden až dva týdny, aby byl pozorován dostatečný inhibiční efekt na rostlinné patogeny. Tyto výsledky zatím nenaznačují, že by docházelo k trvalé změně mikrobiálního osídlení fylosféry (Scheuerell & Mahaffee 2002). Podle Ingham (2005) může nedostatečná koncentrace kompostového čaje omezit účinky čaje a je tak vhodné v případě potřeby používat vyšší koncentrace pro zajištění účinků, neboť zatím nebyly pozorovány nežádoucí vedlejší účinky u kompostových čajů s vysokou koncentrací mikroorganismů.

Autoři se zatím neshodují, zda může tlak vyvolaný rozprašovači ovlivnit životaschopnost a schopnost mikroorganismů přilnout na list, ale podle některých autorů je doporučení hodné používat rozprašovače s menším tlakem a s nižší rychlostí aplikace postřiku (Scheuerell & Mahaffee 2002; Lowenfels & Lewis 2010).

Brinton et al. (2016) zmiňují využití kompostových čajů jako ochranného smáčedla pro semena rostlin. Semena vojtěšky seté (*Medicago sativa*) byla po 1 hodinu smáčena v kompostovém čaji. Rostlinky vojtěšky po šesti dnech od vyklíčení byly výrazně méně napadeny bakteriemi *Pythium* ssp. oproti kontrolní skupině, která nebyla nijak ošetřena (Brinton et al. 2016).

### 3.2.2.4 Vliv na úrodnost půdy a růst rostlin

Gómez-Brandón et al. (2015) uvádí, že aplikování kompostového čaje zvyšuje dostupnost živin v půdě, napomáhá udržovat obsah organické hmoty a kapacitu zadržování vody a zvyšuje diverzitu půdních mikroorganismů. Podle Taha et al. (2016) má aplikace ACT vliv na zvýšení počtu půdních bakterií včetně aerobních bakterií, které fixují vzdušný dusík, a mikroskopické

houby. Avšak populace aktinomycet nebyla aplikací ACT ovlivněna. Autoři také pozorovali, že aplikování ACT významně zvýšilo příjem zásadních živin (N, P, K) rostlinami ředkviček.

Zaccardelli et al. (2018) porovnávali výnosy plodů papriky roční (*Capsicum annuum*) po foliární aplikaci ACT. Výnos ošetřených rostlin byl vyšší o 21,9 % v prvním a o 16,3 % v druhém roce oproti kontrolní skupině. Autoři k tomu ovšem poznamenávají, že zvýšení výnosu bylo převážně způsobeno vyšším počtem plodů na rostlinách, neboť váha jednotlivých plodů byla v obou skupinách velice podobná. Ve studii autorů Kim et al. (2015) byl zkoumán vliv aplikace ACT na sazenice salátu (*Lactuca sativa*), kukuřice (*Zea mays*) a sóji (*Glycine max*) po dobu čtyř týdnů s frekvencí jedenkrát týdně. Pro výrobu čaje autoři použili směs kompostu ze slámy rýže (*Oryza sativa*), z kůry cypřišku tupolistého (*Chamaecyparis obtusa*) a vermikompostu. Po pěti týdnech od první aplikace byly rostliny sklizeny za účelem evaluace. Rostliny salátu měli výrazně vyšší hmotnost při aplikaci kompostového čaje o koncentraci 0,4 %. U rostlin kukuřice a sóji bylo pozorováno výrazné navýšení hmotnosti rostlin a kořenového systému při aplikaci kompostového čaje o koncentraci 0,8 % (Kim et al. 2015).

Khafaga et al. (2014) třikrát foliárně aplikovali NCT na rostliny bobu obecného (*Vicia faba*) v průběhu vegetační doby, a to 21, 45 a 60 dní od setí. Oproti kontrolní skupině, která nebyla nijak ošetřena, pozorovali vyšší růst rostlin a vyšší výnos zrna. Zrno bylo také bohatší na některé makro i mikronutrienty (Khafaga et al. 2014). Radin & Warman (2011) porovnávali výnosy plodů rajčete (*Solanum lycopersicum*), byly-li rostliny hnojeny kompostem nebo kompostovým čajem. Autoři výsledky jejich shrnují tím, že nejvyšších výnosů bylo dosaženo v části experimentu, kde bylo důkladně hnojeno kompostem a kompostový čaj byl častěji aplikován (výnosy byly dokonce výrazně vyšší než při hnojení minerálním NPK hnojivem). Autoři také poznamenávají, že častější aplikace kompostového čaje posiluje jeho příznivé účinky (Radin & Warman 2011).

El-Gizawy et al. (2013) porovnávali výnosy cibule kuchyňské (*Allium cepa*) při různých úrovních hnojení dusíkem. Nejvyšší výnosy získali při dávce dusíku 90 kg/ha v kombinaci s aplikováním kompostového čaje, který byl inokulován některými bakteriemi, které jsou schopné vázat vzdušný dusík. Hargreaves et al. (2009) porovnávali schopnost různých hnojiv dodávat makro i mikroelementy při pěstování jahodníku (*Fragaria vesca*). Autoři dochází k závěru, že NCT je efektivní způsob hnojení v porovnání s kompostem z rostlinných zbytků nebo z hnoje a minerálními hnojivy. Kompost z rostlinných zbytků ovšem dokázal dodat rostlinám více vápníku, sodíku a síry a kompost z hnoje zase více fosforu. Kompost a minerální hnojiva dodali také více draslíku.

Na druhou stranu Ibrahim & Balah (2018) zkoumali využití kompostového čaje jako bioherbicidu. Po přípravě ACT aplikovali preparát na semena kukuřice (*Zea mays*) a šruchy zelné (*Portulaca oleracea*) a také na sazenice rostlin. Autoři bohužel nespécifikovali přesný původ kompostu. Byl-li kompostový čaj provzdušňován dostatečně dlouhou dobu (alespoň 72 hodin), došlo k téměř 100 % inhibici klíčení obou rostlin a zaznamenali také významný fytotoxický účinek na sazenice obou rostlin (Ibrahim & Balah 2018). Pozoruhodné je pozorování, že již třetí den přípravy kompostového čaje autoři zaznamenali pokles mikrobiální

populace, tedy exponenciální růst populace probíhal během druhého dne. Inhibiční a fytotoxický účinek si autoři vysvětlují tvorbou metabolitů od mikrobiální populace (Ibrahim & Balah 2018).

#### 3.2.2.5 Rostlinolékařské účinky

Autoři Seddigh & Kiani (2018) pozorovali inhibici padlí růžového (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) na růžích (*Rosa hybrida* L.) po foliární aplikaci kompostového čaje. Aktivně provzdušňovaný kompostový čaj ředěný s vodou v poměru 1:8 vykazoval vyšší inhibiční účinek oproti neprovzdušněnému kompostovému čaje či oproti čajům s vyšším ředěním (1:16) (Seddigh & Kiani 2018). Segarra et al. (2009) zase pozorovali až 100 % inhibici padlí řepy (*Erysiphe polygoni*) na listech rajčat (*Solanum lycopersicum*) po cílené foliární aplikaci aktivně provzdušňovaného kompostového čaje. Namísto bílého mycelia tak pozorovali pouze lehce nažloutlé skvrny, při mikroskopickém pozorování byl v těchto místech patrný pouze nízký výskyt mycelia. Při preventivní foliární aplikaci došlo v průměru k 19% snížení výskytu padlí na listech oproti kontrolní skupině (Segarra et al. 2009).

Scheuerell & Mahaffee (2002) obecně shrnují, že preventivní aplikace kompostového čaje zvyšuje míru potlačení patogenů. Vliv kompostového čaje na plíseň na listech rajčete, kterou způsobují např. *Phytophthora infestans*, *Septoria* sp. nebo *Alternaria* sp., zkoumali také Pane et al. (2016). Po foliární aplikaci ACT vykazovaly rostliny rajčete v jejich experimentu vyšší vitalitu, na listech bylo pozorováno menší napadení plísněmi a bylo dosaženo výrazně vyšších výnosů (o přibližně 49 %) oproti kontrolní skupině, která nebyla ošetřována (Pane et al. 2016). Scheuerell & Mahaffee (2002) ve své literární rešerši zmiňují inhibiční účinek kompostových čajů mimo jiné i na plíseň rodu *Botrytis* na jahodách (*Fragaria vesca*) nebo révě vinné (*Vitis vinifera*) či padlí na jabloni (*Malus domestica*) a sazenicích brokolice (*Brassica oleracea* var. *botrytis italica*).

Byť podle Scheuerella & Mahaffeeho (2002) není k dispozici mnoho studií o potlačení půdních patogenů, zmiňují pozorování inhibice mikroskopické houby *Pythium ultimum*, která sužuje např. mladé rostliny hrachu (*Pisum sativum*), nebo zástupce rodu *Fusarium* (Scheuerell & Mahaffee 2002).

Segarra et al. (2009) v diskusi jejich studie nastiňují několik možných mechanismů pozorované inhibice patogenů. Prvním z nich je přímá interakce (antibióza) mezi mikroorganismy z kompostového čaje a patogeny ve fylosféře. Scheuerell & Mahaffee (2002) doplňují, že tyto antibiotické metabolity mohou mít původ jednak z probíhající fermentace, jednak ze samotného kompostu. Podle těchto autorů není zatím jasné, zda je část inhibičního účinku způsobena produkcí antibiotických látek *in situ* na listech. Zmiňují také, že některé inhibiční účinky by mohly být v důsledku parazitismu (Scheuerell & Mahaffee 2002). Také konkurence kultivovaných mikroorganismů s patogeny o živiny a místo, zde může hrát roli. Obsah nutrientů z kompostového čaje může podpořit proliferaci jak nově dodaných, tak autochtonních mikroorganismů, což dále umožní jejich konkurenceschopnost vůči patogenům. Dostatek nutrientů může také podpořit či vyvolat obranyschopnost samotné

rostliny vůči napadení patogeny (Segarra et al. 2009). Scheuerell & Mahaffee zmiňují, že byt kompostový čaj v *in vitro* podmínkách nezpůsobil inhibici klíčení konidií houby *Sphaerotheca fuliginea*, aplikace totožného čaje na listy okurky seté (*Cucumis sativus*) způsobila mimo jiné vyšší lignifikaci listů. V potaz je ovšem potřeba vzít i možnou inhibici fenolickými látkami z kompostového čaje, která byla pozorována *in vitro* u mikroskopických hub (Segarra et al. 2009).

#### 3.2.2.6 Riziko kontaminace lidskými patogeny

Scheuerell & Mahaffee (2002) se domnívají, že při používání kompostovaného hnoje pro výrobu kompostových čajů je potřeba nechat rozbor potvrdit, že kompost neobsahuje lidské patogeny. Dále obecně shrnují, že nejsou-li do kompostu přidávány nutrienty, riziko výskytu lidských patogenů se minimalizuje.

Ingham (2005) se domnívá, že za dodržení podmínek výroby aktivně provzdušňovaného kompostového čaje dochází k minimálnímu riziku kontaminace lidskými patogeny. Ingham (2005) považuje aerobní podmínky při výrobě za zásadní, stejně tak upozorňuje, že je nutné, aby byla v kompostu přítomná dostatečná diverzita mikroorganismů. Po výrobě kompostového čaje je potřeba nádoby vymýt, aby v nich nezůstaly žádné anaerobní biofilmy (Ingham 2005).

### 3.3 Zakládání zemědělského pozemku

#### 3.3.1 Zónování zemědělského pozemku

##### 3.3.1.1 Obecný úvod

Holmgren (2002) a Mollison (1991) rozdělují permakulturní zemědělský pozemek na několik zón podle intenzity obhospodařování. Jako zónu 0 označují centrální část statku, odkud je zpravidla činnost na pozemcích řízena. Zóna 1 je část pozemku s největší intenzitou obhospodařování a také zpravidla s největšími výnosy. Patří sem často zeleninové záhony či pole s vyšší potřebou zavlažování či pletí (Holmgren 2002). Do zóny 2 je soustředěna ta část produkce, která vyžaduje méně zemědělských prací, ale i tak je vhodné, aby byla poblíž statku – např. ovocné sady nebo prostor pro chov menších hospodářských zvířat. Do zóny 3 jsou řazeny větší hospodářská zvířata na pastvě a také komerční plodiny jako obilniny nebo brambory (Holmgren 2002). Zónu 4 tvoří zejména rozsáhlejší pastviny nebo obhospodařovaný les, může ovšem postupně přecházet v zónu 5, která zajišťuje mimoprodukční funkce zemědělského pozemku, jako je např. životní prostor pro divoká zvířata (Holmgren 2002).

Podle Holmgrena (2002) mohou být zóny centrické, a tedy postupně na sebe navazující, avšak jako zásadní považuje přizpůsobit zónování dané lokalitě a také plánované produkci. Zpravidla je ovšem dodrženo, že čím dál se daná zóna nachází od zóny 0, tím bývá její rozloha větší, bývá také méně náročná na obhospodařování a tím spíše extenzivnější je výroba v této zóně (Holmgren 2002).

Holzer (2012) při zakládání zemědělského pozemku v chladnějších klimatických oblastech hojně využívá slunečních pastí. Holmgren (2002) také zmiňuje tento princip, uvádí ho ovšem spíše na příkladu orientace některých pěstovaných kultur vůči světovým stranám. Také zohledňuje zastínění kultur v průběhu roku a rostliny více prosperující na přímém světle sází tak, aby je vyšší rostliny po většinu dne v průběhu vegetačního období nezastínily.

Holzer (2012) teplo na svém pozemku chrání také před odvanutím větru. Zejména pro pěstování v horských oblastech považuje uchování tepla za zásadní. Pro výstavbu větrolamů je nutné určit převažující směr větru (Holzer 2012). Mollison (1991) upřesňuje, že velice husté větrolamy sice lépe chrání kultury před vanutím větru, avšak spíše na kratší vzdálenost (dvou až pěti násobek výšky stromů), neboť v důsledku podtlaku je vzduch více přitahován zpět k zemi. Částečně propustné větrolamy sice chrání kultury před vanutím větru méně, avšak na výrazně delší vzdálenost (25 až 30násobek výšky větrolamu) – takový větrolam je podle Mollisona (1991) vhodnější pro ochranu polních plodin. Fukuoka (1985) doporučuje pro volbu druhů stromů s použitím jako větrolamy takové druhy, které zároveň obohacují půdní úrodnost či jinak prospívají okolnímu prostředí. Jmenuje např. akácie (*Acacia*) nebo trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) (Fukuoka 1985).

### 3.3.1.2 Příklad statku Bec Hellouin

Bec Hellouin je statek v severní Francii, který v roce 2004 založili Charles a Perrine Hervé-Gruyer (Hervé-Gruyer 2019). Na jejich farmě produkují 16 druhů plodové, 11 druhů kořenové a 32 druhů listové zeleniny a také 17 druhů bylin (Morel et al. 2016). Statek Bec Hellouin byl postaven na principech permakultury, při hospodaření se ale zakladatelé inspirovali také u metod tzv. bio-intenzivního ekologického mikro-zemědělství (Hervé-Gruyer 2019). Hervé-Gruyer (2019) o tomto způsobu hospodaření hovoří jako o „agro-lesnicko-pastevním“ způsobu. Na schématu obhospodařované plochy bych rád popsal jednotlivé zóny tohoto permakulturního pozemku.



Obr. 5: Zónování na statku Bec Hellouin (Guégan & Léger 2015).

**Zóna 0** (vyznačena bílým kroužkem): dílna ve skleníku, který se nachází uprostřed kultivovaných ploch. Odehrávají se zde pracovní porady a také je zde připravována zelenina k prodeji.

**Zóna 1** (vyznačena žlutě): intenzivní produkce, z části ve sklenících. Součástí této zóny je také jezírko, které jednak přispívá k příznivému lokálnímu mikroklimatu, jednak slouží k produkci části využití biomasy (např. ve formě rákosu), kterou jsou obohacovány pěstební plochy v této zóně.

**Zóna 2** (vyznačena oranžově): méně intenzivní produkce, spíše trvalky. Patří sem agrolesnická část pozemku, která má funkci větrolamu. V druhé části zóny 2 se nachází tzv. „bylinná mandala“, ve které jsou pěstovány aromatické bylinky a plodiny méně náročné na potřebu lidské práce, např. tykve.

**Zóna 3** (vyznačena zeleně): zejména ovocné a další stromy, které se podílejí na utváření příznivého mikroklimatu.

**Zóna 4 a zóna 5** (zbylé části levého břehu řeky): slouží zejména jako útočiště divokých zvířat či ptáků. Nachází se zde části lesa a také louky. Tyto části mají funkci podpory celého ekosystému a pomáhají zvyšovat místní biodiverzitu. Je z nich ovšem také možné čerpat biomasu pro využití na pěstebních plochách (Guégan & Léger 2015).

Na tomto statku bylo provedeno již vícero vědeckých studií. Morel et al. (2016) si kladli otázku, zda holistický přístup permakultury dokáže na menším statku produkovat zeleninu



dostatečně nahradit mechanizaci. Autoři se tak rozhodli sledovat možný měsíční výdělek farmáře, který takto hospodaří. V rámci Bec Hellouin se zaměřili na intenzivně obhospodařovanou plochu o velikosti 1061 m<sup>2</sup>. Na základě tržeb z prodeje zeleniny a odečtení nákladů zjistili, že při 43 hodin trvajícím pracovním týdnem bylo možné pro 1 člověka vydělat mezi 900 až 1570 euro měsíčně (Morel et al. 2016). Na druhou stranu de Tombeur et al. (2018) porovnávali kvalitu půdy na statku Bec Hellouin s konvenčně obdělávanou plochou ve srovnatelných půdně-klimatických podmínkách. Z jejich studie vyplývá, že na plochách Bec Hellouin jsou vyšší koncentrace organického uhlíku a také biologicky dostupné formy klíčových živin, např. dusíku, fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku (de Tombeur et al. 2018). Podle těchto autorů je to pravděpodobně důsledkem intenzivního hnojení koňským hnojem a další organickou hmotou.

### **3.3.2 Zakládání kombinovaného sadu s pastvou**

#### **3.3.2.1 Permakulturní jedlý les**

Holmgren (2002) uvádí, že permakulturní jedlý les je takový agroekosystém, který je charakteristický vysokou diverzitou druhů, které slouží k naplnění lidských potřeb, ale zároveň má charakteristiky běžného lesa. Takový systém je podle Holmgrena (2002) vysoce produktivní a částečně se sám obnovuje. Zároveň ovšem dodává, že opravdu husté jedlé lesy je možné udržovat pouze v lokalitách s vysokými srážkami či jiným zdrojem vláhy. V chladnějším klimatu je tak podle Holmgrena (2002) možné ovocné dřeviny pěstovat ve více otevřeném (méně hustém) prostředí, kde mají dostatek světla a dokážou dobře odolávat vůči chorobám.

Podle Holzera (2012) se ovocné sady hodí také pro pastvu zvířat. Ať už travním porostem či cíleným pěstováním pícnin pro přežvýkavce, nebo také využitím opadaného ovoce pro výživu prasat (Holzer 2012). Pokud není v sadu pěstována zelenina, nechává Fukuoka (1985) drůbež či skot volně pást na rostoucích rostlinách. Fukuoka (1985) při zakládání sadu nechává veškerou původní organickou hmotu na místě zetlít, případně ji zakopává pod zem, aby tak vytvořil hluboký horizont bohatý na organickou hmotu. Ovocné stromy mohou ovšem mít vícero funkcí. Na okraji pozemku mohou být vysázeny jako větrolamy, na strmých pozemcích jejich kořeny zpevňují svahy (Holzer 2012). Jedním z efektů smíšených kultur ovocných, listnatých a jehličnatých stromů je podle Holzera (2019) napodobení symbiotických vztahů, které jsou pozorovatelné v pralese.

Pro přípravu půdy pro budoucí sad využívá Holzer (2019) vícero druhů zvířat. Nejprve na pozemku nechává výběh prasatům, která půdu zryjí a také se živí i slimáky a dalšími drobnými živočichy. Drůbež zase podle Holzera (2019) může pozemek pročistit od škůdců v různých vývojových stádiích. Podobně Holmgren (2002) využívá drůbeže k pročištění pozemku od škůdců a také k provzdušení svrchní vrstvy půdy. Podle toho autora je efektivnější na pozemek pustit velký počet drůbeže, ale pouze na kratší časový úsek (Holzer 2019).

Při výběru pěstovaných odrůd podle Holzera (2012) vhodné vybírat zejména lokální odrůdy, které jsou pro dané půdně klimatické podmínky uzpůsobené. Podle Holzera (2012) je také

jednou z podmínek pro vysoké výnosy ovocných stromů dostatek včelstev v blízkosti sadu, aby došlo k opylení co největšího počtu květů. Pro podporu opylení je podle Holzera (2012) také vhodné pěstovat v sadu vícero druhů a odrůd s různou dobou kvetení.

Jedna ze zásad Fukuokova přírodního zemědělství je neprořezávat ovocné dřeviny (Fukuoka 2019). Podle Fukuoky (1985) se prořezávání dělá zejména proto, aby usnadnilo hnojení a odplevelení sadu pomocí mechanizace. Pokud však tyto pracovní operace odpadají v důsledku pokryvu jetele či zeleného hnojení a pastvy zvířat v sadu, odpadá také nutnost prořezávání dolních větví (Fukuoka 1985). Také Holzer (2012) zastává názor, že na permakulturním pozemku není vhodné ovocné dřeviny prořezávat. Řezem stromů se podle Holzera (2012) vystavuje dřevina vyššímu riziku napadení houbovými či bakteriálními chorobami.

Fukuoka (1985) pozoroval, že jsou-li ovocné stromy již od vysazení ponechány vlastnímu vývoji a mají-li dostatek prostoru a světla, zpravidla rostou takovým způsobem, že větve se nekříží a do koruny stromu se tak dostává dostatek světla. Podle Holzera (2012) se větve během období zrání ovoce sklánějí pod tíhou ovoce dolů, čímž se do koruny stromu dostává více světla. Zároveň však Fukuoka (1985) dodává, že jakmile se některá větev nalomí či počne-li farmář s prořezáváním, stává se péče o strom nutností, neboť dochází až k vícenásobnému křížení větví.

V souvislosti se zakládáním ovocného sadu zmiňuje Fukuoka (1985) také tzv. přirozený tvar stromu. Podle tohoto autora je přirozený tvar takový, který strom zaujme, není-li již od počátku svého vývoje prořezáván. Přirozený tvar se odvíjí podle lokálních podmínek, ve kterých strom roste. Podle Fukuoky (1985) takový tvar umožňuje stromu maximální využití slunečního záření. Pro většinu druhů ovocných dřevin je podle Fukuoky (1985) přirozený tvar složen z centrálního kmene a primárních větví, které tvoří korunu stromu.

Jedna z výhod začlenění ovocných a dalších stromů do zemědělského pozemku je podle Holzera (2019) nižší teplota půdy (v důsledku zastínění stromů, listů a dalších rostlin), a tedy vyššího vsaku vody. Holzer (2019) píše, že je-li půda teplejší než srážková voda, velká část srážek stéká po povrchu a nevsakuje se.

He et al. (2021) porovnávali mikrobiální diverzitu ve fylosféře a rhizosféře jabloňových sadů, které byly obhospodařovány konvenčně pomocí chemických pesticidů nebo podle principů přírodního zemědělství. Několik let poté, co byl započat přírodní způsob pěstování jabloní, se mikrobiální diverzita ve fylosféře výrazně zvýšila, zvýšilo se ale i napadení listů patogeny, čímž se výnosy výrazně snížily. Při dlouhodobém pěstování (30 let) v duchu přírodního zemědělství byl ovšem pozorován výskyt druhů mikrobů, které parazitují na hmyzu či hlísticích. Mikrobiální diverzita se snížila a ustálila, výnosy se zvýšily (He et al. 2021). I tak ale podle autorů docházelo k nejmenším ztrátám výnosů v důsledku škůdců v sadech s chemickou pesticidní ochranou (He et al. 2021).



Obr. 6: Sad kombinovaný s pastevní plochou na Krameterhofu (fotografie autora).

### 3.3.2.2 Pěstování zeleniny podle Masanobu Fukuoky

Masanobu Fukuoka nazývá svoji metodu pěstování zeleniny jako „polodivokou kultivaci zeleniny“ (Fukuoka 1985). Fukuoka (1985) většinu druhů zeleniny pěstuje ve směsi v jetelem plazivým (*Trifolium repens*) na stejném pozemku, kde se nachází ovocné sady. První rok vytváří obdobné pelety jako při výsevu obilnin. Tyto pelety z jara, kdy je na pozemku dostatečná vlhkost, volně rozhazuje. Podle Fukuoky tak vyklíčí a prosperují pouze ty rostliny, které mají nejlepší podmínky. Farmářova práce pouze spočívá v tom, dodat na pozemek dostatek semen různých druhů zelenin a jetele ve vhodný čas (Fukuoka 1985). Fukuokova metoda spočívá také v tom, že farmář nesklízí všechny plody či kořeny, avšak některé dvouleté rostliny nechává, aby přezimovaly a v dalším roce tak vytvořily semena. U jednoletých rostlin jednoduše nechává některé plody na pozemku již v prvním roce. V ideálním případě není v dalších letech potřeba na pozemek dodávat nová semena (Fukuoka 1985).

Autor však zároveň dodává, že některé druhy je takto velice obtížné pěstovat, neboť nedokážou v prvotní fázi svého vývoje konkurovat plevelům. Jmenuje např. lilek rajče (*Solanum lycopersicum*) nebo lilek vejcoplodý (*Solanum melongena*), u kterých doporučuje vysadit jejich sazenice do porostu jetele. Fukuoka (1985) pěstuje tyto rostliny spíše v keříkové formě. U pěstování brambor (*Solanum tuberosum*) dle autora stačí po prvním roce pěstování nechat u každé rostliny několik malých hlíz, ze kterých v dalším roce rostou nové rostliny (Fukuoka 1985). U rostlin z čeledi tykvovité (*Cucurbitaceae*) doporučuje Fukuoka (1985) odrůdy, které prosperují při pěstování na zemi. Jejich růst je ovšem možno podpořit bambusovými stonky, kolem nichž se mohou rostliny ovíjet (Fukuoka 1985).

Podle Fukuoky (1985) je vhodné pozorovat, jaké čeledi rostlin a plevelů v zahradě či na zemědělském pozemku přirozeně rostou, a vybírat pro pěstování rostlin plodiny ze stejných čeledí. Objevuje-li se na pozemku často např. kokoška pastuší tobolka (*Capsella bursa-pastoris*) z čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*), doporučuje Fukuoka zvážit pěstování zelí, tuřínu nebo ředkvi daikon. V průběhu let hospodaření se však přirozené zastoupení rostlin v návaznosti na půdní a mikroklimatické změny může proměnit (Fukuoka 1985).

Fukuoka (1985) zpřesňuje, že metoda pěstování zeleniny polodivoce je spíše určena pro extenzivní pěstování v rámci ovocného sadu nebo půdě, na které je obtížné hospodařit intenzivně. Dodává však, že půdní úrodnost lze výrazně podpořit smíšenou kulturou jetele plazivého (*Trifolium repens*) spolu s druhy zeleniny a také dodáním organického hnojiva (Fukuoka 1985).

### 3.3.2.3 Předcházení přemnožení škůdců

Fukuoka (1985) vidí způsob minimalizace škod škůdci a patogeny ve smíšených kulturách a ve střídání plodin, které jsou pěstovány např. v meziřadí stromů. Ve svém sadu pěstoval ovocné dřeviny spolu s dalšími opadavými i stálezelenými stromy, které lze využít jako zdroj dřeva. Podobně se na předcházení škod škůdci dívá i Holzer (2012), uvádí příklad prevence přemnožení mšic. Nechává pod ovocnými stromy kameny, listí nebo větve, aby přirození predátoři mšic (např. slunéčka, škvoři, pestřenky nebo zlatoočka) měli dostatek vhodného životního prostoru (Holzer 2012). V rámci prevence škod na plodinách vysévá Fukuoka (1985) na pozemcích také vratič (*Tanacetum cinerariifolium*) nebo kopretinu šarlatovou (*Chrysanthemum coccineum*), jejichž sušené květy obsahují pyretrin, přírodní to insekticid proti mšicím nebo housenkám (Jeran et al. 2021; Fuji & Shimizu 1990).

Dle Fukuoky (1985) jsou vážnější napadení ovocných dřevin také způsobena chřadnutím v důsledku nedostatku některých živin v půdě, a tak zdůrazňuje důležitost pokryvu půdy rostlinami, které lze využít pro zelené hnojení, např. jeteloviny. Fukuoka (1985) uvádí, že v podmínkách jeho praxe se nejlépe osvědčil pokryv jetele plazivého (*Trifolium repens*) s přidavkem vojtěšky seté (*Medicago sativa*), která je vhodná zejména v sušších oblastech, nebo tolice mnohotvárné (*Medicago polymorpha*). Podle Fukuoky (1985) dokáže hustý pokryv jetele plazivého výrazně oslabit populace jednoletých i víceletých plevelů. Zároveň ale zdůrazňuje důležitost pravidelného udržování porostu jetele, aby nepřerostl do takové fáze, kdy je více zranitelný vůči napadení některými patogeny. V rostlinolékařské prevenci je dle Fukuoky (1985) také důležité dostatečné provzdušnění sadu a dostatek světla pro rostoucí stromy.

Holzer (2012) pro podporu užitečných organismů buduje na svých pozemcích tzv. hmyzí hotely. Jedná se o vyvýšené stavby z přírodních materiálů s mnoha skulinami. Vytváří tak chráněný životní prostor, ve kterém se může rozmnožovat hmyz. Ten pomáhá udržovat ekologickou rovnováhu statku tím, že např. slouží jako potrava pro ptáky či sami jsou predátory jiných organismů, např. některých škůdců na plodinách (Holzer 2012).



Obr. 7: Hmyzí hotely na Krameterhofu a Holzer Hofu (fotografie autora).

### 3.3.2.4 Rostliny pro podporu ovocných dřevin

Zdraví a plodnost ovocných dřevin je možné podpořit pěstováním některých rostlin a bylin v jejich blízkosti. Konvalinka vonná (*Convallaria majalis*) a svízel vonný (*Galium odoratum*) podporují plodnost a odolnost ovocných dřevin, píše Weinrichová (2023), která stejně tak doporučuje ke kořenům aksamitník (*Tagetes* ssp.). Měsíček lékařský (*Calendula officinalis*) vylučuje kořenové exsudáty, které podporují růst rostlin, je vhodný zejména k peckovinám. Porost máty peprné (*Mentha × piperita*) a meduňky lékařské (*Melissa officinalis*) pod ovocnými stromy zabrání zaplevelení, silnou vůní odrazují škůdce a lákají opylující hmyz (Weinrichová 2023; Sartoriusová 1997).

Česnek kuchyňský (*Allium sativum*) odpuzuje hraboše polní (*Microtus arvalis*), kteří mohou páchat škody na kořenech mladých stromků, a také chrání před kadeřavostí broskvoní, kterou způsobuje houba *Taphrina deformans* (Weinrichová 2023). Hraboše polní odpuzuje i silná vůně narcisu (*Narcissus* ssp.) a větvičky zeravu (*Thuja* ssp.) a černého bezu (*Sambucus nigra*). Lichořeřišnice (*Tropaeolum* ssp.) zase chrání ovocné dřeviny před mšicemi (*Aphidoidea*), stejně tak řeřicha setá (*Lepidium sativum*) (Weinrichová 2023). Křen selský (*Armoracia rusticana*) chrání před moniliovou hnilobou peckovin (*Monilia laxa*) a jádrovin (*Monilia fructigena*). Pelyněk pravý (*Artemisia absinthium*) zase chrání černý rybíz (*Ribes nigrum*) před rzí vejmutovkovou (*Cronartium ribicola*). Na druhou stranu šalvěj (*Salvia* ssp.) není vhodné pěstovat pod ovocnými stromy (Weinrichová 2023).

### 3.3.3 Retenční jezírka

#### 3.3.3.1 Stavba přírodního retenčního jezírka

Podle Holzera (2012) jsou retenční jezírka, či dokonce síť jezírek propojených systém kanálků, základní způsob, jak podpořit produktivitu agroekosystémů. Jsou to vyhloubené prostory (zpravidla na svažitém pozemku, ale nejenom), které mají schopnost zadržet vodu a zpomalit její odtok. Základ jezírka tvoří vybudovaná přehrada, která tvoří okraj jezírka. Holzer (2019) buduje jezírka téměř výhradně z přírodních materiálů a jejich největší přednost vidí v tom, že dokážou napomoci nasycení zemního tělesa vodou.

V rámci praxe na Krameterhofu jsem pod vedením Olivera Krische v roce 2022 absolvoval permakulturní vzdělávací seminář, jehož součástí bylo i budování dvou malých retenčních jezírek. Rád bych zde krátce uvedl, jak stavba probíhá.

Na svažitém pozemku je vybráno místo, kde se bude nacházet budoucí retenční jezírko. Odstraní se svrchní část půdy, která je bohatá na humus, a opatrně se dá stranou pro jiné využití na pozemku. Do svahu se vyhloubí vodorovná plocha o rozměrech budovaného jezírka. Na vnějším okraji plochy se nyní počne budovat hráz (Krische 2022). Holzer (2019) pro utěsnění nepoužívá umělé materiály, využívá pouze jílovité zeminy. Na místo vznikající hráze se nanáší tenká vrstva (maximálně 3-5 cm) jílovité zeminy, ta je důkladně ušlapána či uježděna. Tento krok se opakuje mnohokrát, v závislosti na tom, jak vysoká má hráz být. Takovýmto postupem je zajištěno, že skrze hráz nebude prosakovat voda a že jezírko bude tedy dobře těsnit. Když je hráz hotová, je potřeba ještě utěsnit dno. Krische (2022) pro to využívá přírodní metodu, opět pomocí jílovitých částic půdy. Nad jezírkem se vytvoří pomocný přítok z místního zdroje vody. Než je voda vpuštěna do jezírka, napustí se do pomocného příkopu. Do vody je vhozen menší objem zeminy, který je krátce zamíchán. Princip spočívá v tom, že přibližně za 1 minutu se sice usadí větší částice písku, avšak jemnější frakce půdy (jíl) se ještě usadit nestihla. Tato voda s jílovitými částicemi je vpuštěna do jezírka, kde se počne vsakovat do dna. Zároveň s vodou se vsakují i jílovité částice, které dno utěsní proti dalšímu průsaku (Krische 2022). Holzer (2019) ale k tomu dodává, že cílem přírodního jezírka není být naprosto těsné, ale postupně zachycenou vláhu propouštět, aby se tak okolní krajina mohla nasytit vodou. Poté je jezírko povrchovými či podpovrchovými kanálky napojeno na další případná jezírka v jeho blízkosti, čímž je základní stavba dokončena (Krische 2022).



Obr. 8: Budování maličkých zkušebních přírodních retenčních jezírek v rámci semináře permakultury (fotografie autora).

Holzer (2019) buduje taková jezírka, jejichž dno je členité a v různých částech jezírka dosahuje různé hloubky. Vzniká tak v rámci jednoho jezírka vícero mikroklimatických zón. Vytváří se tím také prostor pro vícero druhů ryb, podle tepelné preference (Holzer 2019). Mollison (1991) uvádí, že při designování jezírka je vhodné zvolit takový tvar, který při stejné ploše zaujme větší rozhraní s okolním pozemkem, čímž je využit tzv. okrajový efekt. Podle Mollisona (1991) bývá na rozhraní dvou ekosystémů (např. jezero a souš, les a louka, pole a les) vyšší diverzita organismů a také vyšší produktivita ekosystému. Expozici jezírka je podle Holzera (2019) vhodné nasměrovat podle směru převládajících větrů (pokud je to možné vzhledem k okolnímu prostředí), které tak mohou podpořit proudění vody, a tedy její provzdušňování. Zároveň je tak umožněna samočistící schopnost vody. Jsou-li podél břehů vysázeny pobřežní a vodní rostliny, jako je např. rákos (*Phragmites* ssp.), orobinec (*Typha* ssp.) nebo leknín (*Nymphaea* ssp.), mohou k nim vlny donášet organický materiál z hladiny, který se u rostlin navrší a rozloží (Holzer 2019).

Plnit přírodní jezírka vodou je možno vícero způsoby, podle Holzera (2019) je nutné se přizpůsobit místním podmínkám, kde je jezírko budováno. Nachází-li se nad jezírkiem přírodní tok vody, je možné z něho opatrně část toku do jezírka přeměrovat. Tento krok je ovšem nutné nejprve ověřit u místní samosprávy a kontrolních orgánů. Vhodné je také využít vyvěrající podzemní vodu, pokud je na pozemku taková možnost k dispozici (Holzer 2019). Holzer (2012) ale také dodává, že na pozemcích, kde toky vody nejsou k dispozici, je možno využít dešťových srážek, ale naplnění jezírek v takovém případě trvá déle.

### 3.3.3.2 Vliv retenčních jezírek na zemědělský pozemek

Podle Holzera (2019) je jednou z funkcí retenčních jezírek vyrovnávání teplotních extrémů. Během horkých dní vodní hladina pohlcuje část tepelné energie a v noci, když teplota vzduchu klesne pod teplotu vody, odevzdává jezírko toto teplo do venkovního prostoru. Tato funkce nabývá významu hlavně pro pěstování v chladnějších oblastech, kde pomáhá udržovat vyšší teplotu během noci (Holzer 2012). Odraz slunečních paprsků od hladiny lze také využít spolu s kameny, které přes den pohlcují teplo, pro vytvoření teplejšího lokálního mikroklimatu (Holzer 2019).

Holzer (2019) ve své publikaci upřesňuje, že funkce přírodních retenčních jezírek je velice odlišná od funkce přehrad. Podle Holzera (2019) přehrada soustředí vodu z krajiny do jednoho místa, kdež to funkce sítě retenčních jezírek je zachycení zimních srážek z podobě tajícího sněhu, a naopak okolní zemní těleso vodou nasycit. Rostliny tak mohou být zásobovány podzemní vodou a mít dostatek vláhy i v suchých obdobích (Holzer 2019).

Vodní plocha ale může na zemědělském pozemku plnit vícero funkcí: svojí retenční schopností může být ochranným prvkem proti záplavám a také ochrana před požárem. Také může být zdrojem vody pro hospodářská zvířata na pastvě, poskytovat prostor pro chov ryb nebo raků a také pro chov vodní drůbeže (2019). Pro chov drůbeže je také vhodné vytvořit ochranné prvky v podobě ostrůvků, kam se drůbež může ukrýt před predátory (Mollison 1991).



Obr. 9: Husy na venkovní pastvě s přístupem k jezírku na Krameterhofu (fotografie autora).

## 3.4 Principy pro pěstování plodin

### 3.4.1 Přímý výsev

#### 3.4.1.1 Fukuokova metoda střídání rýže a ozimu

Fukuoka (1985) svoji metodu pěstování obilnin nazývá „metodou střídání rýže a ozimu s přímým výsevem bez zpracování půdy“. Na začátku až v půlce října vysévá Fukuoka semena jetele plazivého (*Trifolium repens*) na poli, kde již dozrává rýže setá (*Oryza sativa*). Přibližně dva týdny před sklizní rýže obdobným způsobem vysévá ječmen ozimý (*Hordeum vulgare*) nebo pšenici ozimou (*Triticum aestivum*) přímo do porostu rýže. Když ruční technikou sklízí rýži, již lze pozorovat mladé rostlinky ozimé obilniny. Po usušení a vymlácení rýže roztrousí slámu rýže po celém poli, aniž by ji zkracoval. Podle Fukuoky (1985) je rozhodující, zda se sláma do začátku dalšího vegetačního období plně rozloží, aby došlo k zamezení šíření některých patogenů. Se slámou také zpravidla dodává na pole slepičí hnůj nebo jinou rozloženou organickou hmotu (Fukuoka 1985).

Ozimou obilninu Fukuoka (1985) sklízí ke konci května. V tento moment jsou rostlinky rýže, které byly z jara zasety do porostu, vysoké nejvýše několik centimetrů. Spolu s obilninou Fukuoka seká i rostliny jetele, který je tak dočasně oslaben (nedorůstá tak vysoké výšky). Po vysušení a vymlácení ječmene či pšenice opět rozmístí po celém poli slámu a s ní organické hnojivo. Rostlinky rýže a jetele po prvotním oslabení postupně prorůstají skrze roztroušenou slámu. Když ze začátku června začne jetel příliš obrůstat a konkuruje pomaleji rostoucím rostlinkám rýže, nechá Fukuoka pole zatopit vodou na 4 až 7 dní, aby jetel oslabil. Fukuoka (1985) udržuje kontrolu nad obsahem vody v poli pomocí systému drenážních kanálků (o šířce a výšce přibližně 20 cm), k nimž je možno povolit nebo zastavit přísun vody. Kanálky jsou připraveny pouze odstraněním zeminy, ve vzdálenosti 3,5 až 4,5 metrů (Fukuoka 1985).



Hidaka & Andow (2017) porovnávali pěstování rýže seté (*Oryza sativa*) konvenčním způsobem a technikou přírodního zemědělství. Zaměřili se na škody způsobené členovci *Sogatella furcifera* a *Nilaparvata lugens*. Na pozemcích využívající metodu přírodního zemědělství našli méně škod způsobených těmito škůdci, populace *Nilaparvata lugens* zde byla také výrazně nižší. Oproti tomu pozorovali více parazitismu na těchto členovcích, který způsobuje hlístice *Agamermis unka* (Hidaka & Andow 2017). Hafeez-ur-Rehman et al. (2019) srovnávají konvenční pěstování rýže, které obnáší sadbu předpěstovaných rostlin a pravidelné zaplavování pole, oproti přímému setí rýže. Podle těchto autorů mohou mít přímo seté rostliny rýže větší potíže s dostatečným uchycením porostu. Překážku také vidí ve větším tlaku plevelů, proti kterým je podle Hafeez-ur-Rehman et al. (2019) nejefektivnějším řešením využití preemergentních nebo postemergentních herbicidů. Na druhou stranu ale jmenují i některé nechemické metody, např. fyzikální metody, výběr rychle rostoucích kompetitivních odrůd, mulčování nebo namáčení semen pro rychlejší klíčení (Hafeez-ur-Rehman et al. 2019). Liao et al. (2019) zase porovnávali kvalitu půdy v systému konvenčního pěstování a systému přírodního zemědělství na pokusném poli hlávkového zelí (*Brassica oleracea var. capitata*). Na pozemku s přírodním zemědělstvím pozorovali vyšší aktivitu enzymů ureázy a nitrát reduktázy, pozorovali také vyšší mikrobiální aktivitu. Na poli přírodního zemědělství změřili lehce nižší objemovou hmotnost (cca 0,96 g/cm<sup>3</sup>) oproti konvenčnímu pěstování (cca 1,01 g/cm<sup>3</sup>) (Liao et al. 2019).

Vzhledem k vysoké dávce (3-4 tuny na hektar) aplikovaného slepičího trusu, který Fukuoka (1985) zvolil jako dostupné organické hnojivo, nechává Fukuoka po poli o velikosti 0,1 ha volně pobíhat hejno 10 kačen. Kačeny však mohou být na pole vpuštěny až poté, co mladé rostlinky rýže vyrostou do dostatečné velikosti. Kačeny tak nejen zúrodní půdu, ale také sbírají některé druhy hmyzu a provzdušní svrchní část půdy (Fukuoka 1985). Li et al. (2019) porovnávali pěstování smíšené kultury několika odrůd rýže seté (*Oryza sativa*) s chovem kachen oproti pěstování těchto odrůd v monokultuře a bez kachen. Zjistili, že diverzita plevelů byla v systému smíšené kultury s kachnami výrazně nižší, stejně tak byl výrazně nižší výskyt motýlu *Cnaphalocrocis medinalis*, jehož larvy mohou působit škody na rostlinách rýže (Li et al. 2019).

Pozoruhodný je také Fukuokův (1985) výběr odrůd rýže. Fukuoka záměrně volí rýže s kratším stéblem (v plné zralosti lehce nad 50 cm). Váha neloupaných semen těchto odrůd odpovídá přibližně 150% váhy stébla. Délka prvního internodia tvoří více než 50 % délky celého stébla. Listové pochvy jsou delší než listové čepele a významně se tak podílejí na fotosyntéze rostliny rýže. Podle Fukuoky (1985) jsou tyto zakrslé odrůdy rýže odolnější vůči napadení patogenů i škůdcům a zachovávají si pravidelný tvar, který efektivně zužitkuje sluneční záření.

Také Andow & Hidaka (1998) se na základě zjištěných výsledků domnívají, že rýže setá (*Oryza sativa*) pěstovaná podle principů přírodního zemědělství je více odolná vůči škodám způsobených místními škůdci.

### 3.4.1.2 Výsev pomocí jílových pelet

Fukuoka (1985) dlouho hledal způsob, jak vyset rýži, aniž by bylo potřeba půdu zpracovávat. Všiml si, že v přírodě lze nalézt mladé rostlinky rýže, které vyrůstají na místě, kde minulý podzim probíhalo mlácení slámy. Když však zkoušel vysít rýži přímo na půdu, téměř žádná semena na půdě nezůstala do jara (v důsledku odnosu hlodavci a ptáky), aby dokázala klíčit. Vyvinul proto metodu výsevu pomocí jílových pelet.

Fukuoka (1985) smíchá semena s přibližně pěti až desetinásobným množstvím jílu nebo zeminy bohaté na jíl. Přidá vodu a poté hněte, dokud není směs pevná na dotek. Poté směs protáhne skrze síto o velikosti půl palce a nechá kostičky přibližně půl den vysušit. Pak z nich ručně nebo v míchačce vyrábí kulaté peletky. Tímto způsobem však bývá 4 až 5 semen v jedné peletě, což podle Fukuoky (1985) není ideální, a proto uvádí efektivnější způsob. Fukuoka (1985) doporučuje raději umístit navlhčená semena přímo do míchačky. Postupně střídavě přidává prášek jílu a rozstříkuje na směs vodu z rozprašovače, zatímco bubnem otáčí. Na semena se postupně lepí vrstva jílu a vytváří se tak malé peletky. Účel peletek je chránit semeno před okusem hlodavců, aby semeno přečkalo na stanovišti do té doby, než budou vhodné podmínky pro klíčení (Fukuoka 1985).

### 3.4.1.3 Význam podsevu jetele v obilninách

Podsev jetele plazivého (*Trifolium repens*) plní v agroekosystémech vícero funkcí. Obohacuje půdu biologickou fixací o dusík (Kumar & Goh 2000). Podle Fukuoky (1985) jetel v poli rýže seté potlačuje růst plevelů, neboť vyplňuje volné plochy, čímž se klíčícím plevelům dostává méně světla. Holzer (2019) doplňuje, že pokryv jetele také chrání půdu před nepříznivými vlivy. Podsévat ještě před sklizní je podle Holzera (2012) vhodné při pěstování různých obilnin, včetně i např. pohanky seté (*Fagopyrum esculentum*).



Obr. 10: Ovce na pastvě na poli na Krameterhofu, kde se nachází podsev jetele a roztroušená sláma (fotografie autora).

## 3.4.2 Vyvýšené záhony

### 3.4.2.1 Příprava vyvýšeného záhonu

Vyvýšené záhony jsou způsob přípravy části pozemku k pěstování plodin. V rámci budování vyvýšeného záhonu se nejprve vykope přibližně 1 až 1,5 metru hluboký a 1,5 až 2 metru široký příkop v místě, kde se bude nacházet budoucí vyvýšený záhon. Výška záhonu nad zemí se zpravidla pohybuje mezi 1 až 1,5 metru (Holzer 2012). Do příkopu se nejprve navrší hrubý organický materiál, jako jsou kmeny a větve stromů. Navrch se navrší zemina s jemnějším organickým materiálem a také případné travní drny. Jako úplně svrchní vrstva poslouží svrchní horizont vykopané zeminy bohatý na humus (Holzer 2012). Sklon takových záhonů by měl podle Holzera (2012) být 45 stupňů nebo více, aby se předcházelo zhutnění navršené zeminy.

Holzer (2012) zdůrazňuje, že je vhodné vyvýšené záhony co nejdříve oset a osázet rostlinami, aby nedošlo ke zhutnění navršené zeminy. Chalker-Scott (2022) se domnívá, že vyvýšený záhon dokáže sloužit pouze 5 až 6 let, než slehne půda vlivem rozkladu organické hmoty natolik, že bude potřeba záhon vybudovat znovu. Podle Holzera (2012) je možné ale na vyvýšeném záhonu pěstovat i 10 a více let, je-li pro jeho základ použit hlavně hrubý organický materiál, který se rozkládá pomaleji. Ve své další publikaci Holzer (2019) uvádí, že dřevo z dubu (*Quercus* ssp.) či trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*) se může rozkládat až 15 let.

Výhodou pěstování na vyvýšených záhonech může být i větší pěstební plocha (oproti pěstování na plochem záhonu), vytvoření různých mikroklimatických zón (vrchol je vždy sušší než spodní vrstvy záhonu) a snadnější obdělávání či sklizeň (Holzer 2019).

### 3.4.2.2 Pěstování na vyvýšeném záhoně

Podle Holzera (2012) je při zakládání vyvýšených záhonů na svazčitých pozemcích potřeba zohlednit odtok srážek. Za nejvhodnější považuje záhony natočené šikmo ke svahu (a nikoliv paralelně ke svahu), aby podél nich mohla voda odtékat do nižších poloh a nedocházelo k přemokření horních záhonů (Holzer 2012). Tentýž autor také doporučuje stavět vícero vyvýšených záhonů vedle sebe, neboť v prohlubních mezi záhony se lépe drží vlhkost, což může napomoci pěstování v sušších lokalitách (Holzer 2012). Pro dodání živin pro náročné rostliny během pěstování po několika letech od založení záhonu je možné organický materiál odkládat přímo do prohlubní mezi záhony, kde se postupně rozkládá (Holzer 2012). Pěstování na vyvýšených záhonech může mít také své opodstatnění v chladnějších klimatických podmínkách, neboť rozkladem navršené organické hmoty se uvolňuje teplo (Holzer 2012; Sartoriusová 1997). Vzhledem k vysokému obsahu živin z rozloženého organického materiálu hrozí rychlé osídlení plevely, není-li vyvýšený záhon mulčován, píše Chalker-Scott (2022).

Výběr pěstovaných plodin na vyvýšeném záhonu je třeba také uzpůsobit kvalitě navršené organické hmoty. Převažuje-li spíše hrubá organická hmota, nedochází k rozkladu tak rychle, a tak je půda obohacována o živiny postupně a pomaleji. Byl-li navršen spíše jemný organický materiál, který podléhá rychlejšímu rozkladu, bude v prvních několika letech půda velice

bohatá na živiny, a tak Holzer (2012) doporučuje pěstovat v tomto období především rostliny náročné na živiny. Uvádí např. tykev obecnou (*Cucurbita pepo*), cuketu (*Cucurbita pepo var. giromontina*) nebo slunečnici roční (*Helianthus annuus*) (Holzer 2012). Chalker-Scott (2022) se domnívá, že rozkládající se organická hmota by mohla uvolňovat příliš mnoho živin, které by v případě nezužitkování rostlinami mohly kontaminovat podzemní vodu. Podobně Sartoriusová (1997) varuje před pěstováním rostlin, které mají tendenci ukládat do svých pletiv vyšší koncentraci dusičnanů, v několika prvních letech.



Obr. 11: Sepp Holzer u vyvýšeného záhonu, který je pokryt mulčem (Holzer 2012).

### 3.4.3 Smíšené kultury

#### 3.4.3.1 Úvod a obecné principy

Smíšenou kulturou rozumíme pěstování vícero druhů rostlin v těsné blízkosti, oproti tzv. jednotné kultuře či monokultuře, ve které je pěstována jediná plodina na jednom honu (Weinrichová 2023). Holzer (2019) vidí nevýhodu monokultur ve vytváření konkurence mezi pěstovanými rostlinami. Cílem smíšené kultury je využití pozitivních vlivů jednoho rostlinného druhu na druhý, ať už přímým působením kořenových a dalších exsudátů, ochranou před plísňovými chorobami či odpuzováním a matením škůdců (Weinrichová 2023). Mezi další možné výhody smíšených kultur patří lepší využití prostoru pěstováním rostlin různé výšky a různých prostorových potřeb, rostlin více vyvážených na odběr živin z půdy nebo prokořenění půdy do různých hloubek. Na druhou stranu zvolení nevhodných kombinací rostlin (v důsledku alelopatie) je ovšem možno docílit horších výsledků než při pěstování rostlin v monokultuře (Weinrichová 2023). Smíšené kultury v permakultuře sestavujeme zejména podle přírodních vztahů rostlin, které lze mimo jiné pozorovat i ve volné přírodě (Holzer 2019).

Při volbě konkrétních druhů do smíšených kultur je podle Sartoriusové (1997) i Holzera (2012) vhodné zohlednit zejména místní půdní a klimatické podmínky, termíny výsevů a sadby, plánované vzdálenosti mezi rostlinami a zvolené odrůdy. Dále je potřeba vzít v potaz nároky rostlin na živiny, teplotu, vodu, prostor či hloubku prokořenění (Sartoriusová 1997). Pro

dosažení optimálního efektu smíšených kultur je potřeba volit takové kombinace, aby si rostliny v těchto nárocích co nejméně konkurovaly a zároveň se vhodně doplňovaly (Sartoriusová 1997).

Holzer (2019) v souvislosti se smíšenými kulturami zmiňuje i princip tzv. stupňovité výsadby. Při takové výsadbě jsou pěstovány spolu druhy plodin s rozdílnými výškami rostlin. Holzer (2019) uvádí tento příklad: ve spodním patře mohou být melouny či tykve, zelí, ředkvičky nebo salát. Nad nimi rostou rajčata, hrách či keřičkový fazol. Třetí stupeň pak tvoří kukuřice, růžičková kapusta nebo popínavý fazol a nad nimi ještě mohou růst slunečnice. Podle Holzera (2019) je v takovém systému dosaženo produktivnějšího využití vláhy. Zároveň vyšší rostliny mohou chránit rostliny ze spodních pater před větrem, kroupami nebo prudkým slunečním zářením (Holzer 2019).

Weinrichová (2023) doporučuje, aby sousedící rostliny měly rozdílné požadavky na živiny, aby nedocházelo k jednostrannému vyčerpání půdy. Dále je vhodné, aby tyto rostliny měly rozdílnou hloubku prokořenění, protože tak dochází k lepšímu prokypření půdy a lepšímu využití vody a živin z hlubších vrstev (Sartoriusová 1997; Holzer 2019). Sartoriusová (1997) k tomu doplňuje, že by sousedící rostliny měly mít podobné nároky na vodu. Na druhou stranu lze využít kombinaci rychleji rostoucích druhů jako ředkvička setá (*Raphanus sativus* var. *sativus*) nebo různé druhy listových plodin jako je locika setá (*Lactuca sativa*), čekanka listová (*Cichorium endivia*) či kozlíček polní (*Valerianella locusta*) s dalšími rostlinami, které pro svůj růst potřebují delší časový horizont a z počátku jejich vývoje zabírají pouze malý prostor (Weinrichová 2023). Z fyto-sanitárního hlediska nelze doporučit pěstování blízké příbuzných rostlin ze stejné čeledě, na kterých parazitují stejní škůdci či choroby (Weinrichová 2023).

Holzer (2012) při pěstování obilí využívá některých druhů zeleniny (např. ředkvičky nebo listového salátu) jako podsevu, a tedy část vegetačního období je pěstuje spolu s obilím jako smíšenou kulturu. Vysévá je až po kvetení obilí. Dokud se obilí nesklidí, tak podsev roste pouze omezeně, ale jakmile dostane rostoucí meziplodina dostatek světla, tak rychle obráží (Holzer 2012).



Obr. 12: Smíšená kultura salátu a kukuřice na Krameterhofu (fotografie autora).

### 3.4.3.2 Vybrané smíšené kultury pro pěstování zeleniny

V této kapitole uvádím vybrané kombinace rostlin, které z jednoho či více faktorů lze doporučit pro pěstování ve smíšené kultuře. Maximální užitek budou obě rostliny zpravidla mít, budou-li pěstovány v řádcích vedle sebe, což je způsob, který většina citovaných autorů prezentuje. V praxi by tak např. na jednom záhonu mohlo růst až pět či více rostlinných druhů, každý ve svém řádku. U některých rostlin by se také mohlo jednat o podsev. Zároveň by se v průběhu roku v jednom řádku mohly vystřídat až tři rostliny v závislosti na tom, zda jsou ze začátku vegetačního období pěstovány i rychle rostoucí předplodiny či zda je před začátkem zimy uplatněno zelené hnojení.

Weinrichová (2023) vyzdvihuje společné pěstování mrkve (*Daucus carota*) s cibulí kuchyňskou (*Allium cepa*), pórem zahradním (*Allium porrum*), česnekem kuchyňským (*Allium sativum*) nebo pažitkou pobřežní (*Allium schoenoprasum*), které odpuzují pochmurnatku mrkvovou (*Psilla rosae*). Česnek k tomu ještě odpuzuje houbu hlízenku hlíznatou (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Weinrichová 2023). Sartoriusová (1997) považuje kombinaci mrkve s pórem zahradním za obzvláště vhodnou, neboť pór prokypřuje půdu. Mrkev zase odpuzuje molíka česnekového (*Acrolepiopsis assectella*) a také květilkou cibulovou (*Delia antiqua*) (Weinrichová 2023; Sartoriusová 1997). Sartoriusová (1997) ovšem upozorňuje, že cibuli nesevčí tak vysoké dávky vláhy, které pro svůj růst obvykle vyžaduje mrkev obecná.

Mrkev obecná (*Daucus carota*) podporuje růst lociky seté (*Lactuca sativa*), která zase odpuzuje pochmurnatku mrkvovou (*Psilla rosae*). Může tak být vhodné spolu pěstovat jejich rané odrůdy ze začátku vegetačního období (Weinrichová 2023). Pro výsev mrkve obecné a petržele zahradní (*Petroselinum crispum*) je možno v poměru 4:1 vysévat kopr vonný (*Anethum graveolens*), který napomáhá klíčení těchto rostlin (Sartoriusová 1997; Valcheva & Popov 2013).

Miřík celer (*Apium graveolens*) odpuzuje některé škůdce košťálovin, se kterými se zároveň navzájem podporuje v růstu. Např. květák (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) koření spíše hlouběji, kdežto celer koření pouze mělce, což z nichž činí vhodnou kombinaci plodin (Weinrichová 2023). Podle Weinrichové (2023) lze k pěstování celeru doporučit i pór zahradní nebo hadí mord španělský (*Scorzonera hispanica*), také nazýván jako černý kořen, který podporuje růst celeru.

Podle Weinrichové (2023) i Sartoriusové (1997) lze pro podporu růstu a zdraví lilku rajče (*Solanum lycopersicum*) doporučit pěstování měsíčku lékařského (*Calendula officinalis*), který odpuzuje háďátka, a heřmánku pravého (*Matricaria chamomilla*), který rostliny rajčat podporuje v růstu. Weinrichová (2023) se také domnívá, že blízkost petržele zahradní posiluje vůni a chuť plodů rajčat. Vůně rajčat zase odrazuje molíka česnekového (*Acrolepiopsis assectella*) a také housenky běláška zelného (*Pieris brassicae*) nebo dřepčíky na košťálovinách (Sartoriusová 1997). I vzhledem ke vhodně se doplňujícím výživovým potřebám lze k rajčatům doporučit také bílé či červené hlávkové zelí (*Brassica oleracea* var. *capitata*) (Weinrichová 2023). Podle Sartoriusové (1997) lze k rajčatům doporučit spíše dříve sklizené plodiny, aby

nedocházelo k přílišnému zastínění rajčat, které může podporovat rozvoj plísně bramboru (*Phytophthora infestans*). Klíčící rostlinky hořčice seté (*Sinapis alba*) mohou také podle Weinrichové (2023) napomáhat zakořeňování rostlin rajčat.

Vzhledem k možnosti rané výsadby doporučuje Sartoriusová (1997) smíšenou kulturu salátu (*Lactuca sativa*) a kedlubny (*Brassica oleracea* var. *Gongylodes*). Weinrichová (2023) píše, že ředkvička setá (*Raphanus sativus* var. *sativus*) bývá méně napadána v blízkosti petržele zahradní (*Petroselinum crispum*). Brzy rostoucí ředkvičky mohou ovšem napomáhat klíčení rostlin petržele. Vůně listů listového salátu (*Lactuca sativa*) podle Weinrichové (2023) chrání ředkvičky či kedluben (*Brassica oleracea* var. *Gongylodes*) před dřepčíky.

Sartoriusová (1997) ve své publikaci zmiňuje, že je-li kukuřici seté (*Zea mays*) dán přibližně čtyřtýdenní náskok, může tvořit vhodnou kombinaci s fazolem obecným (*Phaseolus vulgaris*), neboť ten dokáže rostliny kukuřice využít jako oporu a zároveň obohacuje půdu o dusík. Podobnou kombinaci zmiňuje i Holzer (2012), využívá rostlin konopí setého (*Cannabis sativa*) nebo slunečnice roční (*Helianthus annuus*) jako podpěry pro fazol obecný (*Phaseolus vulgaris*) či hrách setý (*Pisum sativum*). Kombinaci hrachu s kukuřicí také vyzdvihuje jako vyvážené šťavnaté krmivo (Holzer 2012). El Dessougi et al. (2003) zase uvádí, že v jejich studii kukuřice dosahovala až třikrát vyšších výnosů ve smíšené kultuře s podzemnicí olejnou (*Arachis hypogaea*) oproti pěstování v monokultuře, pravděpodobně z důvodu vyššího množství dostupného fosforu v půdě.

Křen selský (*Armoracia rusticana*) podél řádku brambor (*Solanum tuberosum*) zvyšuje jejich odolnost vůči chorobám, píše Weinrichová (2023). Dobře se podle Weinrichové (2023) daří černému kořenu (*Scorzonera hispanica*) a póru zahradnímu (*Allium porrum*), rostou-li ve smíšené kultuře. Česnek kuchyňský (*Allium sativum*) zase chrání jahodník obecný (*Fragaria vesca*) před napadením plísni šedou (*Botrytis cinerea*) (Sartoriusová 1997).

#### 3.4.3.3 Byliny ve smíšených kulturách

Důležitou roli ve smíšených kulturách mohou hrát také byliny. Podle Weinrichové (2023) je vhodné byliny s vysokým obsahem silic pěstovat spíše na okraji záhonů, aby se projevil efekt odrazování škůdců, ale aby zároveň nedošlo k inhibičnímu vlivu na pěstované plodiny. Weinrichová (2023) i Sartoriusová (1997) uvádí, že pěstování bazalky pravé (*Ocimum basilicum*) v blízkosti okurky seté (*Cucumis sativus*) chrání okurku před padlím (*Sphaerotheca fuliginea*). Aksamitník (*Tagetes* ssp.) zase chrání plodiny před pochmurnatkou mrkvovou (*Psilla rosae*) nebo hlenkou kapustovou (*Plasmodiophora brassicae*). Košťáloviny jsou také chráněny před škůdci brutnákem lékařským (*Borago officinalis*), kterému se vyhýbají i plži. Pochmurnatka mrkvová (*Psilla rosae*) je odpuzována i vůní řeřichy (*Lepidium sativum*) (Weinrichová 2023).

Mšice maková (*Aphis fabae*), která působí škody např. na fazolu obecném (*Phaseolus vulgaris*), je odrazována vůní kopru vonného (*Anethum graveolens*) nebo saturejky (*Satureja* ssp.)

(Sartoriusová 1997), která zároveň podporuje růst červené řepy (*Beta vulgaris*) a chrání zdraví kedluben, květáku nebo endivie (Weinrichová 2023). Mravenci (*Formicidae*) a mšice (*Aphidoidea*) jsou zase odpuzováni vůní kerblíku (*Anthriscus cerefolium*) nebo levandule (*Lavandula angustifolia*), při hustém výsevu mohou odpuzovat i plže (*Gastropoda*), podobně jako řeřicha zahradní (Sartoriusová 1997). Ani vůně majoránky zahradní (*Origanum majorana*) mravence neláká (Weinrichová 2023).

Fazolu obecnému (*Phaseolus vulgaris*) a hrachu setému (*Pisum sativum*) svědčí blízkost kozlíku lékařského (*Valeriana officinalis*) nebo pelyňku estragonu (*Artemisia dracuncululus*) (Weinrichová 2023). Máta peprná (*Mentha × piperita*) má vyšší obsah silic, roste-li v blízkosti kopřivy dvoudomé (*Urtica dioica*). Krvavec menší (*Sanguisorba minor*) působí detoxikačně, podporuje zdraví mnoha druhů rostlin. Některé odrůdy hořčice seté (*Sinapis alba*) pomáhají ničit háďátka (Weinrichová 2023).

Pelargonie vonná (*Pelargonium graveolens*) odpuzuje molici skleníkovou (*Trialeurodes vaporariorum*), a tak lze podle Weinrichové (2023) doporučit její pěstování ve skleníkách spolu s dalšími plodinami. Šalvěj lékařská (*Salvia officinalis*) zase odpuzuje běláška zelného (*Pieris brassicae*) (Sartoriusová 1997). Hrachor vonný (*Lathyrus odoratus*) podporuje růst košťálovin a merlíkovitých plodin, jako je řepa obecná (*Beta vulgaris*), mangold (*Beta vulgaris* var. *cicla*), špenát setý (*Spinacia oleracea*) (Weinrichová 2023).

#### 3.4.3.4 Nevhodné kombinace rostlin

Některé rostliny mohou ovšem způsobovat inhibice růstu jiného rostlinného druhu či jinak neprospívat jeho vývoji. Na základě rešerše tedy pěstování těchto druhů ve smíšené kultuře nelze doporučit.

Locika setá (*Lactuca sativa*) v sousedství miříku celeru (*Apium graveolens*), petržele zahradní (*Petroselinum crispum*) nebo řeřichy seté (*Lepidium sativum*) počíná rychleji kvést a tvoří méně listové plochy. Rostliny fazolu obecného (*Phaseolus vulgaris*) inhibují růst cibule kuchyňské (*Allium cepa*) a póru zahradního (*Allium porrum*). Ředkvičky zase mohou inhibovat vývoj květů okurky seté (*Cucumis sativus*) natolik, že se v nich nevytváří plody (Weinrichová 2023). Sartoriusová (1997) zase nedoporučuje pěstovat salát (*Lactuca sativa*) a fazol obecný (*Phaseolus vulgaris*) v blízkosti okurek, neboť může docházet k většímu přenosu houbových polyfágních patogenů (např. fuzarióza nebo sklerociová hniloba). Přítomnost pelyňku pravého (*Artemisia absinthium*) inhibuje růst mnoha druhů zeleniny i bylin (Weinrichová 2023).

Lilek brambor (*Solanum tuberosum*) má inhibiční účinek na růst a klíčení hrachu setého (*Pisum sativum*). Vzhledem k některým oligofágním škůdcům a patogenům také není vhodné v blízkosti brambor pěstovat lilek (*Solanum melongena*), papriku roční (*Capsicum annuum*) nebo rajčata (*Solanum lycopersicum*). Rajčata chřadnou také v blízkosti barvínku (*Vinca* ssp.) (Weinrichová 2023).



## 4 Závěr

Tato bakalářská práce se věnovala permakulturním technikám, které by bylo možné využít při hospodaření na ekologickém statku. Permakulturní principy jsou popsány z pohledu vícero autorů, ať už jsou souhlasné či rozdílné. Popis a rešerši technik doplnily také fotografie z praxe. Tato práce tak přináší teoretické i praktické shrnutí a představení vybraných permakulturních technik využitelných přímo na ekologickém statku.

Z hlediska aplikovatelnosti lze pro zlepšování půdní úrodnosti doporučit poměrně osvědčenou techniku mulčování a také nepříliš rozšířené kompostové čaje. Pro rozšíření aplikace kompostových čajů bude potřeba zejména sjednotit a jednoduše prezentovat instrukce k jeho výrobě a aplikaci. Bude také vhodné rozšířit výzkum na vliv kompostových čajů na růst různých plodin a také na vliv konkrétního druhu kompostu na složení mikrobiální populace čaje.

Retenční přírodní jezírka se jeví jako vhodný způsob zadržování vody v krajině, což je vzhledem k častějšímu výskytu sucha v našich lokalitách důležité téma. Aplikovatelnosti by mohla bránit vysoká počáteční investice pro vybudování jezírek, avšak vzhledem k dlouhé době, po kterou mohou plnit svůj účel (desítky let), by tato investice mohla být smysluplná.

Techniku přímého výsevu pomocí jílových pelet by bylo vhodné zhodnotit také v klimatických podmínkách ČR. Bylo by zajímavé a přínosné porovnat konečné výnosy plodin a kondici porostů, které budou pěstovány metodou Masanobu Fukuoky s klasickým konvenčním či ekologickým systémem zakládání porostů. Asi nejméně by se na větších farmách osvědčila technika vyvýšených záhonů, neboť vyžaduje poměrně vysokou počáteční investici v podobě vybudování záhonu a je více zatížena potřebou ruční práce. Není také zatím zcela jasné, jak dlouho může být takový záhon používán, než bude nutné zeminu navršit znovu. I zde je ovšem prostor pro bádání, zda je v některých chladnějších lokalitách vůbec vhodné vyvýšené záhony využít pro pěstování zeleniny.

Smíšené kultury jsou aplikovatelné zejména při intenzivním pěstování v menším měřítku, kde vzhledem k využití pouze malé mechanizace nebo ruční práce není obtížné střídat druhy rostlin např. po řádcích či úzkých záhonech. Bylo by ovšem nápomocné experimentálně určit, které z těchto mnoha kombinací rostlin mají největší potenciál zvýšit jejich výnosy, aby bylo snadnější vybrat konkrétní kombinace rostlin. V rámci rostlinolékařské prevence se jeví jako slibné i použití bylin ve smíšených kulturách s dalšími rostlinami pro jejich lepší odolnost vůči chorobám či škůdcům.

Permakultura nabízí vícero technik a způsobů hospodaření, které by bylo možné využít při pěstování plodin na ekologickém statku. Znalost a využívání permakulturních principů by tak mohlo přispívat k rozvoji venkova či napomoci potravinové soběstačnosti u některých plodin.

## 5 Literatura

- Andow DA, Hidaka K. 1998. Yield Loss in Conventional and Natural Rice Farming Systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **70**:151-158.
- Bhardwaj RL. 2013. Effect of Mulching on Crop Production under Rainfed Condition: A Review. *Agricultural Reviews* **34**:188.
- Blanco-Canqui H, Lal R. 2007. Soil Structure and Organic Carbon Relationships Following 10 Years of Wheat Straw Management in No-till. *Soil and Tillage Research* **95**:240-254.
- Bond W, Grundy AC. 2001. Non-chemical Weed Management in Organic Farming Systems. *Weed Research* **41**:383-405.
- Brinton WF, Tränkner A, Droffner M. 1996. Making and Using Compost Teas - Investigations into Liquid Compost Extracts. *Biocycle* **37**:68-70.
- Britto DT, Kronzucker HJ. 2002. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> Toxicity in Higher Plants: A Critical Review. *Journal of Plant Physiology* **159**:567-584.
- Britto DT, Kronzucker HJ. 2013. Ecological Significance and Complexity of N-source Preference in Plants. *Annals of Botany* **112**:957–963.
- Chalker-Scott L. 2017. Hügelskultur: What Is it, and Should it Be Used in Home Gardens? Washington State University. Available from <https://pubs.extension.wsu.edu/hugelkultur-what-is-it-and-should-it-be-used-in-home-gardens> (accessed March 2023).
- Chen J, Heiling M, Resch C, Mbaye M, Gruber R, Dercon G. 2018. Does Maize and Legume Crop Residue Mulch Matter in Soil Organic Carbon Sequestration? *Agriculture, Ecosystems and Environment* **265**:123–131.
- Creamer NG, Bennett MA, Stinner BR, Cardina J, Regnier EE. 1996. Mechanisms of Weed Suppression in Cover Crop-based Production Systems. *HortScience* **31**:410-413.
- de Tombeur F, Sohy V, Chenu C, Colinet G, Cornelis JT. 2018. Effects of Permaculture Practices on Soil Physicochemical Properties and Organic Matter Distribution in Aggregates: A Case Study of the Bec-Hellouin Farm (France). *Frontiers in Environmental Science* **6**:116. DOI: 10.3389/fenvs.2018.00116.
- Khafaga EE, Hasanin SA, El-Shal RM. 2014. Effect of Foliar Application with Ascorbic, Humic Acids and Compost Tea on Nutrients Content and Faba Bean Productivity under Sandy Soil Conditions. *Soil Sci. and Agric. Eng.* **5**:767-778.
- El Dessougi H, Zu D A, Claassen N. 2003. Growth and Phosphorus Uptake of Maize Cultivated Alone, in Mixed Culture with Other Crops or After Incorporation of Their Residues. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **166**:254-261.

- El-Gizawy ESA, Gerjes LS, Mahmoud E. 2013. Onion Productivity and Soil Fertility Status as Influenced by Integrated Use of Inorganic, Compost Tea, and N<sub>2</sub>-Fixing Bacterial Fertilizers. *Journal of Plant Production* **4**: 249-270.
- Entry JA, Strausbaugh CA, Sojka RE. 2005. Compost Amendments Decrease *Verticillium dahliae* Infection on Potato. *Compost Science and Utilization* **13**:43-49.
- Fuji Y, Shimizu K. 1990. Callus Formation from Mesophyll Protoplasts of Pyrethrum (*Chrysanthemum coccineum*). *Plant Tissue Culture Letters* **7**:111–113.
- Fukuda K. 2018. The Advantage of Natural Farming as an Eco-Friendly Way of Living: Practice and Discourse on the “Learners’ Fields” in Fukuoka, Japan. *Culture, Agriculture, Food and Environment* **40**:15-23.
- Fukuoka M. 2019. *Revoluce jednoho stébla slámy*. Alferia. Praha.
- Fukuoka M. 1985. *The Natural Way of Farming: The Theory and Practice of Green Philosophy*. Bookventure. Madras.
- Gómez-Brandón M, Vela M, Martínez-Toledo V, Insam H, Domínguez J. 2015. Effects of Compost and Vermicompost Teas as Organic Fertilizers. *Fertilizer Technology* **1**, 300-318.
- Guégan S, Léger F. 2015. Case Study: Permacultural Organic Market Gardening and Economic Performance Final Report. Institut Sylva. Available from <https://www.permaculturenews.org/2015/06/19/permacultural-organic-market-gardening-and-economic-performance-2/> (accessed March 2023).
- Hafeez-ur-Rehman, Nawaz A, Awan MI, Ijaz M, Hussain M, Ahmad S, Farooq M. 2019. Direct Seeding in Rice: Problems and Prospects. *Agronomic Crops* **1**: 199-222. DOI: 10.1007/978-981-32-9151-5\_11.
- Halde C, Entz MH. 2016. Plant Species and Mulch Application Rate Affected Decomposition of Cover Crop Mulches Used in Organic Rotational No-till Systems. *Canadian Journal of Plant Science* **96**:59-71.
- Hargreaves JC, Adl MS, Warman PR. 2009. Are Compost Teas an Effective Nutrient Amendment in the Cultivation of Strawberries? Soil and Plant Tissue Effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **89**:390-397.
- He YH et al. 2021. Microbial Diversity in the Phyllosphere and Rhizosphere of an Apple Orchard Managed Under Prolonged “Natural Farming” Practices. *Microorganisms* **9**. DOI: 10.3390/microorganisms9102056.
- Hervé-Gruyer C. 2019. Permaculture and Bio-Intensive Micro-Agriculture: The Bec-Hellouin Farm Model. *Field Actions Science Reports* **20**:74–77.
- Hidaka K, Andow DA. 2017. Natural Farming and Rice Planthoppers in Western Japan. *Agroecology and Sustainable Food Systems* **41**:1052-1067.

- Holmgren D. 2002. *Permaculture: Principles and Pathways Beyond Sustainability*. Holmgren Design Services. Hepburn, Victoria.
- Holzer S. 2012. *Zahrada k nakousnutí: Permakultura Seppa Holzera*. Knihkupectví CZ s.r.o. Kuřim.
- Holzer S. 2019. *Poušť, nebo ráj*. Knihkupectví CZ s.r.o. Javorník.
- Ibrahim HAK, Balah MA. 2018. Study the Use of Compost Tea in Weed Suppression. *International Journal of Environmental Research* **12**:609-618.
- Ingham ER. 2005. *The Compost Tea Brewing Manual Fifth Edition*. Soil Foodweb Incorporated. Available from <https://biblioteca.matinhocheiroso.com/Compost%20Tea%20Brewing%20Manual,%20The%20-%20Elaine%20R.%20Ingham%20-.pdf> (accessed March 2023).
- Ingham RE, Trofymow JA, Ingham ER, Coleman DC. 1985. Interactions of Bacteria, Fungi, and their Nematode Grazers: Effects on Nutrient Cycling and Plant Growth. *Ecological Monographs* **55**:119-140.
- Jeran N, Grdiša M, Varga F, Šatović Z, Liber Z, Dabić D, Biošić M. 2021. Pyrethrin from Dalmatian Pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*): Biosynthesis, Biological Activity, Methods of Extraction and Determination. *Phytochem. Rev.* **20**:875-905.
- Jodaugienė D, Pupalienė R, Sinkevičienė A, Marcinkevičienė A, Žebrauskaitė K, Baltaduonytė M, Čepulienė R. 2010. The Influence of Organic Mulches on Soil Biological Properties. *Zemdirbyste-Agriculture* **97**: 33-40.
- Jodaugienė D, Pupalienė R, Urbonienė M, Pranckietis V, Pranckietienė I. 2006. The Impact of Different Types of Organic Mulches on Weed Emergence. *Agronomy Research* **4**:197-201.
- Ketterer N. 1990. Untersuchungen zur Wirkung von Kompost-Extrakten auf den Blattbefall der Kartoffel und Tomate durch *Phytophthora infestans* sowie auf den Befall der Weinrebe durch *Plasmopara viticola*, *Pseudopeziza tracheiphila* und *Uncinula necator*. Available from <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300677726> (accessed March 2023).
- Kim MJ, Shim CK, Kim YK, Hong SJ, Park JH, Han EJ, Kim JH, Kim SC. 2015. Effect of Aerated Compost Tea on the Growth Promotion of Lettuce, Soybean, and Sweet Corn in Organic Cultivation. *Plant Pathology Journal* **31**:259-268.
- Kosterna E. 2014(a). Organic Mulches in the Vegetable Cultivation: A Review. *Ecological Chemistry and Engineering A* **21**:481-492.
- Kosterna E. 2014(b). The Effect of Soil Mulching with Organic Mulches, on Weed Infestation in Broccoli and Tomato Cultivated under Polypropylene Fibre, and without a Cover. *Journal of Plant Protection Research* **54**:188-198.
- Krische O. 2022. *Seminář permakultury na statku Krameterhof. Ústní předání*. Ramingstein.

- Kumar K, Goh KM. 2000. Biological Nitrogen Fixation, Accumulation of Soil Nitrogen and Nitrogen Balance for White Clover (*Trifolium repens* L.) and Field Pea (*Pisum sativum* L.) grown for Seed. *Field Crops Research* **68**: 49-59.
- Li M, Li R, Zhang J, Liu S, Hei Z, Qiu S. 2019. A Combination of Rice Cultivar Mixed-cropping and Duck Co-culture Suppressed Weeds and Pests in Paddy Fields. *Basic and Applied Ecology* **40**:67–77.
- Li R, Li Q, Pan L. 2021. Review of Organic Mulching Effects on Soil and Water Loss. *Archives of Agronomy and Soil Science*. DOI: 10.1080/03650340.2020.1718111.
- Liao J, Xu Q, Xu H, Huang D. 2019. Natural Farming Improves Soil Quality and Alters Microbial Diversity in a Cabbage Field in Japan. *Sustainability* **11**. DOI: 10.3390/su11113131.
- Lowenfels J, Lewis W. 2010. *Teaming with Microbes: The Organic Gardener's Guide to the Soil Food Web*. Timber Press. Portland.
- Miller JH. 2001. The Principles of Permaculture Design. *Korean Journal of Organic Agriculture* **9**:53–69.
- Mollison B. 1991. *Introduction to Permaculture*. Tagari Publications. Tyalgum.
- Morel K, Guégan C, Léger F. 2016. Can an Organic Market Garden without Motorization be Viable Through Holistic Thinking: The Case of a Permaculture Farm. *Acta Horticulturae* **1137**:343–346.
- Mulumba LN, Lal R. 2008. Mulching Effects on Selected Soil Physical Properties. *Soil and Tillage Research* **98**:106–111.
- Nassal D, Spohn M, Eitlbany N, Jacquiod S, Smalla K, Marhan S, Kandeler E. 2018. Effects of Phosphorus-Mobilizing Bacteria on Tomato Growth and Soil Microbial Activity. *Plant and Soil* **427**:17–37.
- Ohno T, Doolan K, Zibilske LM, Liebman M, Gallandt ER, Berube C. 2000. Phytotoxic Effects of Red Clover Amended Soils on Wild Mustard Seedling Growth. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **78**:187-192.
- Pane C, Palese AM, Spaccini R, Piccolo A, Celano G, Zaccardelli M. 2016. Enhancing Sustainability of a Processing Tomato Cultivation System by Using Bioactive Compost Teas. *Scientia Horticulturae* **202**:117–124.
- Radics Z, Dekemati I, Gyuricza C, Simon B, Ibrahim HTM, Vinogradov S, Birkás M. 2022. Effects of Irrigation and Organic Mulching on the Abundance and Biomass of Earthworms. *Polish Journal of Environmental Studies* **31**:2811–2821.
- Radin AM, Warman PR. 2011. Effect of Municipal Solid Waste Compost and Compost Tea as Fertility Amendments on Growth and Tissue Element Concentration in Container-grown Tomato. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **42**:1349–1362.
- Sartoriusová G. 1997. *Rostliny si pomáhají*. Granit, s.r.o. Praha.

- Scheuerell S, Mahaffee W. 2002. Compost Tea: Principles and Prospects for Plant Disease Control. *Compost Science & Utilization* **10**:313–383.
- Seddigh S, Kiani L. 2018. Evaluation of Different Types of Compost Tea to Control Rose Powdery Mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*). *International Journal of Pest Management* **64**:178–184.
- Segarra G, Reis M, Casanova E, Trillas MI. 2009. Control of Powdery Mildew (*Erysiphe polygoni*) in Tomato by Foliar Applications of Compost Tea. *Journal of Plant Pathology* **91**:683-689.
- Sinkevičienė A, Jodaugienė D, Pupalienė R, Urbonienė M. 2009. The Influence of Organic Mulches on Soil Properties and Crop Yield. *Agronomy Research* **7**:485-491.
- Sun X, Ye Y, Liao J, Soromotin A V., Smirnov P V., Kuzyakov Y. 2022. Organic Mulching Increases Microbial Activity in Urban Forest Soil. *Forests* **13**. DOI: 10.3390/f13091352.
- Taha M, Salama A, EL-Seedy M, EL-Akhdar I, Sohikul Islam M, Barutcular C, Sabagh EL. 2016. Potential Impact of Compost Tea on Soil Microbial Properties and Performance of Radish Plant under Sandy Soil conditions-Greenhouse Experiments. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* **10**:158-165.
- Valcheva E, Popov V. 2013. Role of the Allelopathy in Mixed Vegetable Crops in the Organic Farming. *Scientific Papers Series-A-Agronomy* **56**:422-425.
- Wang Y, Peng S, Hua Q, Qiu C, Wu P, Liu X, Lin X. 2021. The Long-Term Effects of Using Phosphate-Solubilizing Bacteria and Photosynthetic Bacteria as Biofertilizers on Peanut Yield and Soil Bacteria Community. *Frontiers in Microbiology* **12**. DOI: 10.3389/fmicb.2021.693535.
- Weinrichová CH. *Kombinování rostlin: Smíšená kultura v praxi*. 2023. Euromedia Group. Praha.
- Zaccardelli M, Pane C, Vilecco D, Maria A, Celano G. 2018. Compost Tea Spraying Increases Yield Performance of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Grown in Greenhouse Under Organic Farming System. *Italian Journal of Agronomy* **13**:229–234.

