

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**  
**Katedra rostlinné výroby**



**Využití sběrového papíru pro výrobu mulčovacích rohoží a  
jejich využití při polní produkci**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jitka Klibániová**  
**Vedoucí práce: Ing. Petr Dvořák, Ph.D.**

© 2015 ČZU v Praze

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Využití sběrového papíru pro výrobu mulčovacích rohoží a jejich využití při polní produkci“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne:

Podpis:

## Poděkování

Velmi děkuji Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D., vedoucímu své diplomové práce, za obětavou pomoc, podporu, rady, věcné připomínky a trpělivost. Dále děkuji za podporu své rodině a blízkým.

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| 1. Úvod.....  | 1  |
| 2. Cíl práce.....                                     | 2  |
| 3. Literární rešerše.....                             | 3  |
| 3.1. System nakládání s odpady.....                   | 3  |
| 3.1.1. Druhy odpadu.....                              | 3  |
| 3.1.2. Toky odpadů v ČR.....                          | 4  |
| 3.1.3. Sběr a recyklace papíru.....                   | 5  |
| 3.1.4. Environmentální dopady recyklace.....          | 8  |
| 3.2. Materiály využitelné k mulčování půdy.....       | 8  |
| 3.2.1. Biodegradabilní plasty.....                    | 8  |
| 3.2.2. Rostlinný mulč.....                            | 10 |
| 3.2.3. Mulčovací rohože.....                          | 12 |
| 3.2.4. Vliv mulčování na růst plevelů.....            | 12 |
| 3.2.5. Vliv mulčování na mikroklima.....              | 14 |
| 3.2.6. Vliv mulčování výskyt škůdců a chorob.....     | 18 |
| 3.2.7. Vliv mulčování na výživný stav porostu.....    | 19 |
| 3.2.8. Vliv mulčování na výnos.....                   | 20 |
| 4. Metodika.....                                      | 22 |
| 4.1. Charakteristika stanoviště.....                  | 22 |
| 4.2. Metodika polních pokusů.....                     | 22 |
| 4.3. Statistické hodnocení.....                       | 25 |
| 5. Výsledky.....                                      | 26 |
| 5.1. Obsah chlorofylu.....                            | 26 |
| 5.2. Biomasa plevelů.....                             | 27 |
| 5.3. Teplota půdy.....                                | 28 |
| 5.4. Vlhkost půdy.....                                | 29 |
| 5.5. Mandelinka bramborová.....                       | 30 |
| 5.6. Velikost a výnos hlíz.....                       | 30 |
| 5.7. Perforace (degradace) mulčovacích materiálů..... | 32 |
| 6. Diskuze.....                                       | 33 |
| 6.1. Obsah chlorofylu.....                            | 33 |

|      |                                |    |
|------|--------------------------------|----|
| 6.2. | Biomasa plevelů.....           | 33 |
| 6.3. | Teplota půdy.....              | 34 |
| 6.4. | Vlhkost půdy.....              | 34 |
| 6.5. | Mandelinka bramborová.....     | 35 |
| 6.6. | Výnos a velikost hlíz.....     | 35 |
| 6.7. | Perforace .....                | 36 |
| 7.   | Závěr.....                     | 37 |
| 8.   | Seznam použité literatury..... | 39 |

## SOUHRN

Náplní této práce je na základě literárních podkladů i výsledků polních pokusů zhodnotit potenciál mulčovacích rohoží z recyklovaného papíru na půdní klimatické podmínky a možnost využití v polní produkci, například k redukci mandelinky bramborové. Ty byly porovnávány s dalšími materiály jako biodegradabilní fólií a slámou a podobně u nich byl zhodnocen výnos konzumních hlíz.

V literární části práce je řešena problematika odpadového hospodářství, především s ohledem na snižování podílu skládkovaného komunálního odpadu, jehož významnou biologicky rozložitelnou složkou je papír. Otázka zvýšené potřeby recyklace je tak více než aktuální. Využitelnost papíru je zároveň i v ochraně půdy před erozí neboť mulčování je uznávaný způsob protierozní ochrany. Spojení těchto aspektů v jeden záměr je velmi praktické.

Při posouzení zatížení životního prostředí primárním výrobkem či výrobkem z recyklovaného materiálu jednoznačně vyšel výhodněji výrobek z recyklovaného materiálu. Využití recyklovaného papíru v zemědělství, který může do půdy přinést i další živiny je z teoretického hlediska výhodné.

Poznatky z vlastního využití mulčovacích rohoží jsou shromážděny ve výsledkové části a následně konfrontovány s vlastní praxí. Tyto pokusy probíhaly na ploše Výzkumné stanice Praha – Uhřetěves. Byl zde sledován jejich vliv na teplotu a vlhkost půdy, na výživný stav porostu či výskyt mandelinky bramborové. Zhodnocen byl i vliv slaměného mulče, biodegradabilní folie a nemulčované kontroly na výnos hlíz brambor. Bylo potvrzeno, že papírová rohož ovlivňuje půdně klimatické podmínky. Snižuje teplotu a vlhkost půdy. Výživný stav porostu se jejich použitím neměnil. Dále nepatrně zvýšila výskyt dospělců mandelinky bramborové, ale počet nakladených hnízd a larev zredukovala. Také výsledný výnos konzumních hlíz byl u krátkodobé mulčovací papírové rohože o 5,2 t/ha vyšší než u kontroly. Slaměný mulč naopak výnos hlíz snižoval (o 7,9 t/ha).

**Klíčová slova:** sběrový papír, mulčovací rohož, sláma, brambory, mandelinka bramborová

## SUMMARY

The aim of this work is based on literature data and the results of field trials to evaluate the potential of the mulch mats from recycled paper on soil and climatic conditions possible use in field production, for example, to reduce the Colorado potato beetle. I also examined the effect of biodegradable mulches (straw, biodegradable foil, paper mat) on the yield of potatoes.

In this work, the issues of waste management, particularly with regard to the reduction of the share of landfilled municipal waste, whose major component is a biodegradable paper. The question of the increased need for recycling is more actual than ever. Protecting the soil from erosion is also important for our country. The combination of these aspects in one's intention is very practical.

When assessing the environmental impact primary product or products made of recycled material clearly came out preferably product made of recycled material. The use of recycled paper in agriculture, which can bring the soil and other nutrients is preferred from a theoretical perspective.

The collected evidence were confronted with a private practice, in area of research station Praha - Uhřetěves. The influence of temperature and soil moisture on the nutritional status of the crop and late blight, which in a given year but entirely absent. Were also assessed the influence of straw mulch, biodegradable paper mats on the yield of potato tubers. The results were statistically evaluated. It was confirmed that the paper mat affects soil and climatic conditions. Reduces soil temperature and moisture. Nutritional status of vegetation didn't change. Furthermore, increased incidence of adult Colorado potato beetle, but the number of nests laid by a larvae reduced. Straw mulch decreased yield (7,9 t/ha) and paper mulch mat yield (5,2 t/ha) increased.

**Key words:** waste paper, mulch mat, straw, potatoes, Colorado potato beetle

# 1. ÚVOD

Přítomnost odpadů doprovází lidstvo od pradávna. Např. odpadní jámy byly známé již v prehistorii. Po dlouhou dobu nepředstavoval odpad žádnou hrozbu, příroda ho uklidila sama a surovin pro nové produkty byl dostatek.

Změna nastala s rozvojem industrializace, výroba rosta a s ní množství přebytků a zbytků, které jsou přirozenou součástí každé lidské činnosti. Rozkvět společnosti, neustálá potřeba nových produktů a výrobků a fakt, že výrobci výrazně snižují životnost zboží, ovlivňuje rostoucí vývoj produktivity naší společnosti. Tudíž se problematika odstraňování odpadu stává každým dnem palčivějším tématem. Na věc je nutno pohlížet jak z ekologického, tak ekonomického a bezpečnostního hlediska. Stává se významnou součástí politických a hospodářských problémů celého světa.

Otázka odpadového hospodářství, jeho systematické řízení a plánování se v ČR začala intenzivně řešit až v 90. letech minulého století, kdy nabyl účinnosti zákon o odpadech. Ve srovnání s vyspělými státy EU však představoval méně ideální legislativní předpis. Až v roce 2002 byl vydaný nový Zákon č. 185/2001 Sb., který je již s evropskou legislativou srovnatelný a přizpůsobený jejím směrnicím.

Patří-li půda mezi životně důležité a těžko obnovitelné přírodní zdroje, je třeba se o ní tak starat. Půda je vystavována rostoucímu antropogennímu zatížení, proto je nutné prohlubovat systém její ochrany.

Celosvětově je známo, že každým rokem ubývá organická hmota v půdě. V roce 1991 činil v ČR roční schodek mezi potřebnou a dodanou organickou hmotou do půdy o 28 %. Za dalších deset let se tento schodek podařilo snížit o 7 %. Je proto nutné snažit se o vyrovnaní bilance přesměrováním bioodpadu ze skládek, kde dělá problémy, do půdy, kde je ho potřeba. Toho lze docílit například pomocí vyrobeného kompostu ze separovaného biologicky rozložitelného odpadu.



## 2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je zhodnotit dopady a využitelnost mulčovacích rohoží ze sběrového papíru a dalších biodegradabilních materiálů při polní produkci. Zhodnotit tak přínosy a negativa těchto materiálů v porostech brambor (na výživný stav porostů, na regulaci mikroklimatu, na výskyt mandelinky bramborové a na výnos hlíz).

Hypotéza 1: Papírové mulčovací rohože budou měnit pěstitelské podmínky (teplotu a vlhkost půdy, výživný stav porostů, výskyt mandelinky bramborové a napadení hlíz plísni bramboru).

Hypotéza 2: Použití různých biodegradabilních mulčovacích materiálů (papírových rohoží, biodegradabilních folií a slámy) bude ovlivňovat výnos hlíz a celkově výnosovou úroveň konzumních hlíz.

## 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1. Systém nakládání s odpady

Ve strategických dokumentech Státní správy životního prostředí (SZŽP) ČR a Plánu odpadového hospodářství (POH) se obecně zaměřuje na nakládání s odpady v souladu s hierarchií nakládání s odpady a předcházení vzniku odpadů. Sféra komunálních odpadů je v těchto dokumentech pak řešena především v souvislosti se zvyšováním podílu materiálově a energeticky využitých odpadů (Hřebíček a kol, 2009).



Obr. 1- Hierarchie nakládání s odpady

#### 3.1.1. Druhy odpadu

V návaznosti na **směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 1999/31/ES o skládkách odpadů** je stanoven cíl snížit maximální množství **biologicky rozložitelných komunálních odpadů** (BRKO) ukládaných na skládky (na 75% do r. 2010, 50% do r. 2013, 35% nejpozději do roku 2020 z celkového množství BRKO vzniklého v roce 1995).

Dalším záměrem Směrnice je recyklovat do roku 2020 až 50% hmotnosti odpadu z domácnosti, případně podobným odpadům z domácnosti (komunální odpady a odpady podobné KO), zejména papír, kov, plasty, sklo atd. ([www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)).

**Komunální odpad** (KO) ve smyslu Katalogu odpadů je **směsný komunální odpad** (SKO), odděleně sbírané složky (papír, plast, sklo, nápojové kartony), objemný odpad, odpad ze zahrad a parků atd. Do kategorie SKO je zařazen odpad katalogového čísla 20 03 01. Jedná se o nevytříděný odpad, pocházející z domácností, ale i z firem, kde vzniká při nevýrobní činnosti (Hřebíček, 2009).

**Živnostenský odpad** nemá pevně stanovenou definici ani v zákoně, ani ve směrnici. Pro tuto práci je neopomenutelný, budu tedy vycházet z výzkumného projektu Identifikace prevenčního potenciálu živnostenských odpadů v ČR a jeho uplatnění v praxi. V rámci

výzkumu byl živnostenský odpad pojímán jako odpad ze služeb.(Černík a Kotoulová, 2009). Ve venkovské zástavbě představuje 20-30% a v městské zástavbě dokonce 50-60% podílu KO (Kotoulová, 2007).

Tab. č. 1 Druhy odpadu dle Katalogu odpadu tvořící BRKO

| Katalogové číslo | Název druhu   | Podíl biologicky rozložitelné složky (% hm.) |
|------------------|---|--|
| 20 01 01         | Papír a/nebo lepenka                                | 100  |
| 20 01 07         | Objemný odpad                                       | 30   |
| 20 01 08         | Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven | 100  |
| 20 01 10         | Oděv  | 75   |
| 20 01 11         | Textilní materiál                                   | 75   |
| 20 02 01         | Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven | 100  |
| 20 03 01         | Směsný komunální odpad                              | 48   |
| 20 03 02         | Odpad z tržišť                                      | 75   |
| 20 01 38         | Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37                 | 100  |

### 3.1.2. Toky odpadů v ČR

Podle ISOH vzniklo v r. 1995 na území České republiky 3,4 mil. tun tuhých komunálních odpadů. Podíl BRO na celkové produkci tuhých komunálních odpadů byl v r. 1995 stanoven na 41% hmotnosti. V roce 2013 byla evidována produkce 5,16 mil. tun tuhých komunálních odpadů. Plní se předpoklad, že podíl BRO stouplo na 63% hmotnosti, jak je tomu v ostatních státech EU, celková produkce BRO v r. 2013 činila tedy 3.54 mil. tun. Na skládky je v nynější době možno uložit jen cca 0,7 mil. t BRO a využít je nutno zbylých cca 2, 84 mil. tun BRO (dohromady 50 % úrovně roku 1995).

Vzhledem k faktu, že komunální odpad je úzce spojen s činností fyzických osob, je významným ukazatelem jeho vývoj v přepočtu na obyvatele. V období 2009 – 2013 odpovídala průměrná produkce KO hodnotě 503,3 kg/ osobu. V roce 2013 tento indikátor dosahoval hodnoty 491,7 kg a od roku 2009 tak došlo k snížení o 15,8 kg, tyto hodnoty poskytuje ISOH.

V roce 2008 stoupl podíl skládkovaných komunálních odpadů na 89,9 %, v přepočtu na množství bylo skládkováno 3,43 mil. tun komunálních odpadů. V roce 2009 bylo na skládkách uloženo 3, 41 mil. tun komunálních odpadů. Poprvé od roku 2002 tedy meziročně pokleslo množství KO odstraněných skládkováním. Tento trend pokračoval i v roce 2010, kdy

došlo k dalšímu poklesu množství skládkovaných KO na 3,19 mil. tun. Meziročně se množství skládkovaných komunálních odpadů snížilo o 6,5 %, což odpovídá nejen nárůstu energetického využití odpadů díky obnovení provozu ve zrekonstruované spalovně SAKO Brno, ale také zvýšení materiálového využití komunálních odpadů.

### 3.1.3. Sběr a recyklace papíru

V roce 2008 občané vytrídili v průměru 53 kg/osobu využitelných složek (papír, nápojový karton, plast, sklo, kovy), dále EKO-KOM publikuje množství zbylého nevytríděného SKO – 230 kg/osobu, což se značně rozchází s hodnotami MŽP (cca o 200 kg/osobu). Může to být zapříčiněno různými metodami sběru dat.

Tab. č. 2 - Výskyt komodity v rámci systému obcí v ČR (Balner, 2011)

|               | Výskyt SKO(kg/osoba/rok) | Vytříděné množství (kg/osoba/rok) | Celkem (kg/osoba/rok) | výskyt |
|---------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------|
| Papír/lepenka | 25,6                     | 18,4                              | 44                    |        |
| Plast         | 21                       | 9,5                               | 30,5                  |        |
| Sklo          | 14,5                     | 11,2                              | 25,7                  |        |
| Kov           | 9,1                      | 9                                 | 18,1                  |        |
| Celkem        | 70,2                     | 48,1                              | 118,3                 |        |

#### Typy recyklace

- Skutečná recyklace - materiál je navrácen do původní výroby (roztavení kovů)
  - snižuje se spotřeba energie a surovin
  - snižuje množství odpadu
- Sestupná recyklace - materiál se přepracuje na kvalitativně nižší úroveň podobného typu výrobku (sklo a papír), z velké části se předpokládají podobné přínosy jako u skutečné recyklace.
- Recyklace materiálu na zcela odlišnou formu produktu – např. drcení plastů na zahradní lavičky. Je zde riziko např. s převážením materiálu na delší vzdálenost, podrobněji tento fakt rozeberu v kapitole o environmentálním dopadu recyklace (Hewitt, 1999).

Asociace českého papírenského průmyslu uveřejnila v roce 2010 zprávu, že se v ČR nedostávají dostatečné kapacity na využití sběrového papíru. Za rok 2008 se shromáždilo 733 tis. tun sběrového papíru, ale jen cca 420 tis. tun bylo využito. Zbývající množství bylo

exportováno do zahraničí. Tato asociace tlačí na orgány státní a veřejné správy, aby napomohly ke schválení a vybudování nové papírny, která by využívala domácí podíl vytríděné složky papíru (Baťa et Kadlecová, 2011).

Nejznámější metodou úspory odpadu z papíru je recyklace a u kartonových obalů znovupoužití. Pokud sběrový papír není vhodný k recyklaci, je možné jej spalovat. Ovšem vzhledem k tomu, že papír a lepenka spolu se dřevem a kompostovatelnými odpady patří mezi biologicky rozložitelné komunální odpady, lze jej také upravit biologickou metodou, jakou je kompostování nebo anaerobní digesce nebo mechanicko-biologickým zpracováním (Vlčková et al., 2006)

Současné vědecké výzkumy naznačují i další zajímavé možnosti nakládání s odpadním papírem, kde tato surovina představuje významný vstup pro chemický i elektrotechnický průmysl. Uhlík získaný z tohoto papíru může sloužit jako materiál pro výrobu ultrakondenzátorů, odpadní papír může být využíván i jako materiál obsahující využitelná množství vzácných kovů, které z něj lze získat, energeticky jej lze využít i pro výrobu kapalných uhlovodíkových paliv, jako je benzín a nafta (Baťa et Kadlecová, 2011).

### 3.1.4. Environmentální dopady recyklace

Recyklace přináší všeobecně známou otázku, zda je z ekonomického a ekologického hlediska výhodné. Jedním důvodem proč recyklovat je přesvědčení, že recyklací lze zamezit plýtvání určitými surovinami, přičemž se nezhledňuje skutečnost, že při menší spotřebě jedné suroviny je zapotřebí použít více ostatních surovin (Čámrová, 2007).

Rovněž se uvádí pochybnosti o tom, že tříděný sběr, podporovaný v mnoha zemích má potřebu použití většího množství automobilů na svoz stejného množství odpadu (Baťa, 2011).

Zcela jasnou odpověď nalezneme v tabulkách 3 a 4. V tabulce č. 3 je srovnáván systém sběru a třídění obalového odpadu (včetně svozu, nádob, třídění, zpracování, atp.) a systém těžby a zpracování primární suroviny.

Pro výpočet kategorií dopadů byly výsledky inventarizační analýzy převedeny na společné jednotky (ekvivalenty kategorie dopadu) a seskupeny uvnitř kategorií dopadu. Tímto způsobem byly provedeny výpočty indikátorů kategorií dopadů globální oteplování (GWP), poškození ozonové vrstvy (ODP), acidifikace (AP), eutrofizace (EP) a tvorba fotooxidantů (POCP). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 4.

Tab. č. 3 Spotřeba paliva a skrytá energie materiálu (Tichá et Černík, 2011)

| Palivo & skrytá energie materiálu | Sklo     |          | Plast   |          | Papír   |          |
|-----------------------------------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|
|                                   | Obce     | Živnosti | Obce    | Živnosti | Obce    | Živnosti |
|                                   | (kg/ FJ) |          |         |          |         |          |
| Ropa                              | -19,58   | -23,4    | -659,91 | -639,57  | -123,92 | -46,57   |
| Zemní plyn                        | -101,53  | -93,71   | -333,41 | -425,15  | -178,12 | -107,59  |
| Uhlí                              | -31,28   | -32,56   | -100,36 | 154,117  | 69,29   | -5,76    |
| Metalurgické uhlí                 | -1,9     | -2,3     | 3,1     | 2        | 2,01    | 1,26     |
| Dřevo                             | -2,11    | -2,22    | 0,28    | 0        | -1766,9 | -2449,94 |

Tab. č. 4 Výsledky indikátorů kategorií dopadů podle metodiky LCIA CML 2007 (Tichá et Černík, 2011)

| Výsledek indikátoru kategorie              | Sklo      |           | Plast     |           | Papír     |           |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|  | Obec      | Živnost   | Obec      | Živnost   | Obec      | Živnost   |
| GWP kg CO <sub>2</sub> ekv.                | -5,66E+02 | -5,50E+02 | -1,96E+03 | -6,56E+02 | -1,07E+03 | -1,53E+03 |
| ODP kg CFC11ekv.                           | -9,59E-08 | -2,80E-07 | -3,49E-04 | -8,01E-04 | -8,54E-05 | -1,93E-03 |
| AP kg SO <sub>2</sub> ekv.                 | -4,46E+00 | 4,35E+00  | -2,40E+01 | 1,77E-01  | -8,05E+00 | -9,87E+00 |
| POCP kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ekv. | -3,35E-01 | -3,61E-01 | -1,58E+00 | -1,14E+00 | -6,59E-01 | -5,09E-01 |
| EP kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ekv.   | -3,41E-01 | -3,56E-01 | -1,08E+00 | -2,72E-02 | -4,88E-01 | -5,32E-01 |

Tab. 3 dokazuje, že při recyklaci dochází k významným úsporám energie (záporné hodnoty), nebyly potvrzené zásadní rozdíly mezi komunálním odpadem z obcí a živnostenským odpadem až na plasty. Zatímco v separovaných plastech z obcí převažují PET obaly, v odpadech ze služeb dominují polyetylenové fólie. Roli hraje i ta skutečnost, že odpady pocházející ze živností jsou většinou jakostnější, zatímco nádoby na separované plasty obsahují mnoho nečistot, které jsou dále hůře materiálově využitelné (Baťa, 2011).

V rámci systému EKO-KOM bylo v roce 2010 díky recyklaci (papír, sklo, kov, nápojový karton) uspořeno 23,3 mil. GJ energie, která nemusela být vyrobena. Toto číslo reprezentuje více než 1% celkové spotřeby primárních energetických zdrojů v ČR. V přepočtu na běžnou domácnost se jedná o roční úsporu energie v cca 260 tis. domácnostech. V oblasti globálního oteplování přispěl EKO-KOM ke snížení emisí o

necelé 1% (0,96 mil. tun CO<sub>2</sub> ekvivalent). Pokud tuto hodnotu přepočteme na emise produkované ročním provozem auta, dojdeme k hodnotě 150 tis. aut za rok svého provozu (Černík et Tichá, 2011).

Z čistě ekonomického hlediska, spalování přináší vyšší příjem než recyklace, to se týká především vyříděné frakce s vysokou výhřevností, jako je plast a papír. Ve studii pořázené pro Komisi EU ale dále uvádí, že pokud do “nákladů“ zahrneme vliv na životní prostředí, recyklace přichází s nejšetrnějšími dopady a to i pro tyto dvě frakce. Výsledky jsou dostatečně jasné pro rozhodování o obecném nakládání s odpady (Weidema, 2006).

## **3.2. Materiály využitelné k mulčování půdy**

Správná aplikace mulče může významně snížit poškozování životního prostředí, působí protierozivně, snižuje poptávku po anorganických hnojivech. Obvyklý důvod, proč použít mulč je založen na schopnosti dosáhnout lepších výsledků při srovnání s nezakrytou půdou bez mulče. Ta navíc může vyžadovat regulaci plevelu a intenzivní zavlažovací zdroje (Thurston, 2007).

Jako zemědělský mulč jsou používány různé druhy materiálů. Do mulčovacích materiálů můžeme zařadit kůru, piliny, slámu, různě barevnou plastovou fólii, netkanou textilii a různé rostlinné mulče (Hartley et Rahman, 1994).

Tyto materiály se velmi liší ve vlastnostech, jako jsou náklady, vliv na půdní vlhkost a teplotu, imobilizace látek, zvyšování půdní organické hmoty, likvidace či vliv na sklizeň (Carter et Hohanson, 1988).

Mezi běžné mulčovací materiály patří i plastové fólie, jsou výhodné díky své nízké ceně, vysoké schopnosti regulaci plevelu, zvyšování půdní vlhkosti. Nicméně při používání plastových fólií se zhoršuje schopnost distribuce závlahové vody. Dále je třeba na konci vegetačního období fólii z porostů odstranit a posléze s ní naložit, jako s odpadem (Morgan, 2000).

V posledních letech se na trhu objevují i papírové mulčovací rohože z recyklovaného papíru.

### **3.2.1. Biodegradabilní plasty**

Primárním důvodem při uplatňování biodegradabilních plastů je snižování produkce skleníkových plynů, vznikajících při spalování plastů vyrobených z fosilních zdrojů. Proto se při výrobě bioplastů využívá organický materiál rostlinného původu. Produkce biomasy na

Zemi se odhaduje celkově asi na 170 mld. tun, z čehož se využívá jen velmi malý podíl, asi 4% (Kama, 2011).

Vývoj biologicky rozložitelného polymerního materiálu začal v roce 1980 napopud globálního problému s plastovým odpadem (Scott, 1999; Selke 1996).

Biodegradabilní plasty jsou polymery, které v daném časovém úseku (určeném normou) podléhají rozkladu pomocí enzymů. Výslednými štěpnými látkami je biomasa, CO<sub>2</sub> a voda (aerobní podmínky) a nebo CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> a biomasu (anaerobní podmínky). Degradace zahrnuje fázi desintegrace (rozpad) a mineralizace. Desintegrace je zahájena ztrátou mechanických vlastností materiálu tzn. křehnutí, fragmentace nebo změna zbarvení. Během druhé fáze dojde k úplné konverzi fragmentů materiálu a následně přechází na CO<sub>2</sub>, biomasu a vodu (Kyrikou et al., 2007).

Zvláště rostlinný materiál vyprodukovaný z obnovitelných zdrojů, z vedlejší produkce nebo z průmyslového zpracování biologických odpadů (jablka, cukrová třtina a pomeranče) je výborným zdrojem pro produkci (Chiellini, 2001).

Sacharidy jako důležitá součást rostlinné tkáně (především celuloza a škrob). Jak v nativní podobě, tak i po vhodné chemické modifikaci, nacházejí uplatnění jako suroviny pro výrobu bioplastů – jako plniva či komponenty kompozitních fólií. Ze zemědělských surovin se vyrábějí i alifatické polyestery, např. polymer kyseliny mléčné (PLA) a polyhydroxyalkanoáty (PHA). Zvláštní skupinou rozložitelných plastů jsou polymery, umožňující řízené uvolňování hnojiv a pesticidů (Chiellini et Solaro, 2003).

Pokud se jako vstupní surovina využije sacharóza, výrobním produktem se stane kyselina L- mléčná a její polymerace na poly - L - mléčnan, což je látka, ze které se mohou vyrábět obaly na potraviny. Pokud je polymléčnan použit pro kopolymerizaci, výsledným produktem zemědělské a zahradnické fólie (Bubník et al., 2009).

Roční světová produkce biodegradabilních plastů je asi 1 000 tis. tun, tedy méně než 0,5 % celkové výroby plastů. V současnosti však dochází k vysokému nárůstu produkce, a to o 30 % za rok, 40 % těchto materiálů využívá škrob (Kotek, 2011).

Jedním typem biologicky rozložitelných plastů mohou být fotodegradovatelné:

- U některých hrozí předčasná degradace (Greer et Dole, 2003; Halley et al., 2001).
- Mohou být vyrobeny s přísadami na bázi ropy a jejich rezidua mohou být toxická (Zhang et al., 2008).
- Jejich problémem může být neúplná degradace v půdě za nepřístupu světla (Halley, 2001).



- Byly vyvinuty i takové, které obsahují škrob a dobře se rozkládají i v půdě (Wang et al., 2004).
- Další komplikace může nastat, pokud rostliny zakrývají velkou část fólie nebo v oblasti není dostatek slunečního záření (Greer et Dole, 2003).

Škrob mají rostliny jako hlavní zásobní polysacharid. V ČR se vyrábějí dva druhy škrobu – asi 20tis. t. kukuřičného a 35tis. t. bramborového. Největší podíl světové produkce je škrob kukuřičný (Šárka, 2009).

Transformace škrobového materiálu do biodegradabilního plastu může být provedena dvojitým způsobem – ve formě plniva (lze zachovat i strukturu škrobového zrna) nebo je škrob začleněn přímo do matrice kompozitu, kdy hovoříme o tzv. termoplastickém škrobu. Kompozitem může být poly-( $\epsilon$ -kapolaktonu) (PCL) nebo kopolymeru ethylen vinylacetátu (EVA). Polymer Eva není na rozdíl od PCL rozložitelný (Šárka et al., 2011)

Rozklad PCL trvá přibližně 2 měsíce, u případu s kompozitem EVA trvá rozklad déle a hmotnostní úbytek se zvyšoval s vyšším poměrem škrobu (plnidla). Fólie zůstává po dobu vegetace celistvá. Plniva v polymerních materiálech ovlivňují vlastnosti jako např. pevnost, elektrickou či tepelnou vodivost, cenu materiálu, a v našem případě navíc umožňují nebo zlepšují mikrobiální rozklad biodegradabilních plastů v půdě (Šárka et al., 2011).

V České republice se výzkum zaměřuje i na využití sacharózy z cukrovky. Přínosem bude zvýšená kapacita již stávajících cukrovarů a dojde k průmyslovému využití plodiny bohaté na sacharidy, která podléhá kvótování Evropské unie (Bubník et al., 2009).

Při pokusech na výnosech papriky (Olsen et Gouder, 2011) se ukázalo, že polyethylenová fólie zajistí vyšší teplotu oproti biodegradabilnímu plastu, ale výsledné hodnoty výtěžku byly shodné. Hlavní nevýhodou je jeho cena – 3-4krát dražší než plastová fólie.

### 3.2.2. Rostlinná biomasa jako mulč

Význam rostlinného mulče spočívá mimo jiné v ochraně půdy:

- v podpoře infiltrace vody do půdy
- v ochraně půdy před dopadajícími kapkami (kapky stmelí půdní povrch, po vyschnutí se vytvoří z disperzní vrstvy krusta)
- ve zlepšování soudržnosti a struktury půdy
- v omezování smyvu půdy (unášejících sil vody stékajících po povrchu) (Hůla et al., 2010).

Výsledky studií v Arizoně a Tusconu ukazují, že rostlinný mulč zabraňuje odpařování vody a má zásadní význam pro vsak do půdy. V oblastech s nízkým podílem srážek je maximální ochrana půdy nezbytná. Při zvýšení vlhkosti o 20% se může produkce píce zvýšit až o 50% (Anderson et Beutner, 1943).

Bussière et Cellierb (1994) také dokázali, že rostlinný mulč snižuje teplotu půdy a odpařování (průměr i amplitudu). Tento fakt se snížením půdy se dá využít v teplých oblastech, ale naopak pro naše klima je značnou nevýhodou. V podobném případě v pokusu s kukuřicí mulčovanou plastovou folií a slámou, se ukázalo, že nejvyšší účinnost využití vody má sice plastová fólie, ale výnosy se zvýšily u obou případů mulčování stejně.

Oproti tomu výzkum z Číny porovnával opět dopady slaměného mulče (SM) a plastové fólie (PM) u kukuřice, ale výsledky byly odlišné. PM zvýšil vlhkost půdy, ale jen v povrchové vrstvě, u SM prostoupila vlhkost až do hlubokých vrstev. Teplota půdy ve vegetačním období se zvýšila u PM, naopak SM oproti kontrole bez mulče teplotu snížil, v zimním období tomu bylo naopak. SM také zvýší celkový podíl všech mikroorganismů (Yushan et al., 2006).

Použití slámy při potlačování plevelů není dostačující, především při nedostatečné výšce mulče. Döring (2005) při 3- letem pokusu sledoval vliv slaměného mulče na zaplevelení, výnos a dynamiku půdních dusičnanů u brambor na místech v mírném klimatu (635- 709 mm srážek/rok, 8, 1 °C průměrná roční denní teplota). Vliv na počet, pokrytí a množství biomasy plevelu nebylo zjištěno oproti nemulčované kontrole, totéž se týkalo výnosu. Je to přisuzováno nedostatečnému množství slámy (2,5 -5 t./ha). Ale eroze půdy při sklonu 8% byla eliminována o 97 %. Vliv vyluhování dusičnanů byl taktéž snížen vlivem imobilizace. Tuto skutečnost ale vyvrací pokus z Uhřiněvsi (Dvořák et al., 2008), který prokázal vliv mulče na zvýšený výnos konzumních brambor (o 9,3 t/ha). Je možné, že vliv může mít taktéž načasování aplikace mulče. V tomto případě to však dokázané nebylo.

Další variantou rostlinného mulče může být posečená tráva. Touto cestou se dá do půdy zapravit velké množství živin, pěstitelům se doporučuje střídat pole produkující mulč (tedy úhor) a pole přijímající mulč (pole pěstební), aby nedošlo k nerovnoměrnému rozložení živin. Během rozkladu totiž dochází ke ztrátám amoniaku. V celkovém hodnocení, které zahrnuje i příjem dusíku následnou plodinou, se jeho ztráty při aplikaci mulče nevykazují vyšší hodnoty než při jiných ekologických metodách (Loes et al., 2006).

Tráva by se neměla aplikovat čerstvá, ale zavadlá. Mohlo by dojít k hnilobným procesům (Šarapatka et al., 2006).

Je třeba se i zmínit, že rozkladem a odbouráním rostlinného materiálu mohou vznikat látky, jejich vyšší koncentrace může působit inhibičně na rostliny. U polních plodin pěstovaných u nás byly zjištěné alelopatické účinky u obilnin působením rostlin z čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*) (Hůla et al., 2010). Některé práce také popisují inhibiční vliv látek vznikajících při rozkladu slámy, především z ječmene (Ashrafi et al., 2009).

### 3.2.3. Papírový mulč

Staré noviny či použité papírové krabice jsou vhodnými materiály pro potlačování plevelů. Papír je efektivní, nepropouští světlo, brání fotosyntéze plevelů. Pod papírem se udržuje vlhkost, daří se i půdním mikroorganismům (Flowerder et Fuková, 2011).

K dostání jsou i speciálně vyráběné mulčovací rohože z recyklovaného papíru. Společnost VUC Services spol. s.r.o. v roce 2008 začala s výrobou ekologických mulčovacích rohoží EkoCover z recyklovaného papíru i v ČR. Původně byly patentovány na Novém Zélandu. Papír je samozřejmě organického původu. Rohož aplikovaná na půdu se postupem času rozkládají a obohacují půdu o živiny. Společnost nabízí několik typů rohoží, ty mohou být obohaceny i o hnojivo, další se dají používat i při rekultivacích či na strmých svazích a jsou vyztužené jutou. Rohože se připevňují kolíky, které jsou vyráběné z kukuřičného škrobu a jsou spolu s používaným lepidlem také biodegradovatelné (EkoCover, 2015).

### 3.2.4. Vliv mulčování na růst plevelů

V ekologickém zemědělství není plevel považován jen negativního činitele. Zvyšuje biodiverzitu v agroekosystému, mohou fungovat jako mezipřistětelé pro predátory škůdců, fungují jako živý mulč a následně jako kompost a tím přispívají ke koloběhu živin. Kořenová síť a trvalý pokryv půdy plevelnými rostlinami snižují vodní a větrnou erozi (Kohout, 1996). Samozřejmě nelze opomenout jejich negativní vliv, jako je konkurence při příjmu živin, vody a světla. Plevelé komplikují i sklizeň a následné zpracování plodiny (Moudrý, 2008). Je tedy nutné udržovat množství plevelů pod hranicí škodlivosti.

U brambor při nižší až středním zaplevelení se snižuje výnos o 20 % až 30 %, při vysoké podíl zaplevelení eliminuje výnos až o 85 % (Čepl et al., 2009).

Nejspolehlivější variantou proti plevelům bývá černá fólie (ideálně biodegradabilní). Fólie nezabrání vzejití plevelů, ale plevel kvůli nedostatku světla pod ní

hyne. Úspěšně působí i na vytrvalé plevele jako je pýr plazivý (*Elytrigia repens*) či bršlice kozí noha (*Aegopodium podagraria*). Podmínkou ale je, aby se nedostaly ke světlu ani nově se tvořící výběžky (Duffek et Dolejší, 1988). Tuto skutečnost potvrzuje i Dvořák (2009), při použití černé mulčovací textilie u brambor pokles výskyt plevelů o 89 % oproti nemulčovaným mechanicky ošetřeným plochám.

Velmi dobrých výsledků při potlačení plevele dosáhli i Harrington et Bedford (2004) při použití papírových rohoží EcoCover. Pro srovnání výsledků založili parcelky pokryté mulčovací rohoží EcoCover, černou polyethylenovou fólií a nemulčovanou plochu. Nejužitečnější pro redukci výskytu plevele byly skutečně mulčovací rohože EcoCover. Hmotnost i počet plevelů byly nižší i v porovnání s variantou polyethylenové fólie. Tuto skutečnost přisuzují lepšímu přizpůsobení rohože terénu a plevelu nebylo umožněno prorůstat otvory pro plodinu jako u fólie.

Teasdale et Mohler (2000) tvrdí, že mulčování potlačuje zaplevelení, ale že nejsou známy žádné kvalitativní vztahy mezi omezením růstu plevele a vlastnostmi mulčování. Je představen jen teoretický rámec mezi mulčovací hmotou, indexem plochy, výškou mulče, hmotností mulče na plochu, intenzitou pronikajícího světla a vznikem plevelů. Během jejich výzkumu zjistili, které plevele jsou citlivé na mulčování a které méně. Zde je jejich pořadí: laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*), merlík bílý (*Chenopodium album*), bér ohnutý (*Setaria faberi*), mračňák Theophrastův (*Abutilon theophrasti*) – seřazeno od nejcitlivějšího.

Při norském pokusu byl kombajnem nasekán porost trávy a jetele (5 cm dlouhé části), vzniklý materiál byl aplikován na pole s červenou řepou a bílým zelím. V případě bez mulče bylo množství plevele 119 g/m<sup>2</sup> SH (suché hmoty) u červené řepy a 81 g/m<sup>2</sup> SH u zelí. Vliv aplikace mulče snížil tyto hodnoty na 43 g/m<sup>2</sup> SH u řepy a 13 g/m<sup>2</sup> SH u zelí (Loes et al., 2006).

Důležitým faktorem při regulaci plevelů je termín aplikace mulče. Položení mulče před vzejitím plevele je účinnější než pozdější aplikace (Johnson et al., 2004). Speciální případ byl u dvouletého pokus Dvořáka (2009), kdy použil mulčovací textilii (MT) a rostlinný mulč (RM) u brambor. RM byl aplikován ve dvou variantách - ihned po výsadbě (RM1) a po druhé proorávce (RM2). Rozdíl v hmotnosti plevelů mezi RM1 a RM2 nebyl významný, cca 2 g na parcelu v průměru let a odrůd. Značný rozdíl byl ve variantě MT (10,6 g) a RM1 a RM2 (237,2 g a 235,4 g). Kontrolní parcela (K) s mechanickou kultivací zaznamenala nejvyšší výskyt plevele – 277,6 g čerstvé hmoty (tab. č. 5). Na výsledku zaplevelení se významnou měrou u všech pokusných variant podílelo pozdní zaplevelení po časném

odumření natě, kde u kontrolní varianty (K) již nic nebránilo v růstu plevelů (u varianty s MT bránila růstu plevelů textilie, u varianty RM1 a RM2 suchá vrstva rostlinného mulče).

Tab. č. 5 Výskyt plevelů (hmotnost biomasy plevelů v g na parcelku) před sklizní na pokusných parcelkách v letech 2008 a 2009 (v průměru odrůd) (Dvořák, 2013)

| Pokusná varianta | 2008     | 2009    | Průměr let |
|------------------|----------|---------|------------|
| K                | 477,5 ab | 77,6 ab | 277,6      |
| MT               | 20,8a    | 0,4a    | 10,6       |
| RM1              | 321,5ab  | 152,9b  | 237,2      |
| RM2              | 320,0ab  | 150,7b  | 235,4      |

Pozn.: průměry s různými písmeny jsou statisticky průkazné na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$

Rozklad rostlinného mulče může zapříčinit prorůstání plevele. Aplikace rostlinného mulče před vzejitím porostů snižuje zaplevelení bez nutnosti jeho doplnění. Na průkazné snížení plevelů má vliv pouze použití mulčovací textilie, která je zatím z důvodu některých nedořešených otázek (v případě mechanizované pokládky, sklizně a odstraňování) a vyšší ceny vhodná pro menší plochy a plodiny, kde se náklady vrátí v podobě vyšší realizační ceny (Dvořák, 2013).

Při potlačování plevele je možné použít i papírové noviny. Omezení zde vyplývá z povětrnostních podmínek, tento materiál je nutno zatížit nebo použít ve sklenících. V pokusu byl porovnáván vliv listů novin, skartovaných kousků novin a slámy na výnos a zaplevelení okurek. Zaplevelení bylo nejnižší u varianty se skartovaným papírem. Výnos neovlivnilo žádné mulčování. Rychlost degradace byla nejrychlejší u listů novin, sláma se rozkládala nejpomaleji.

### 3.2.5. Vliv mulčování na mikroklima

Umět ovlivnit mikroklima při pěstování rostlin vytvořením ideálních podmínek pro růst a vývoj rostlin, tím dosáhnout maximálního kvalitního výnosu, je snem všech pěstitelů (Kožnarová et Klabzuba, 2005). Fólie chrání půdu před výparem a porost před poškozením mrazem. Mulčování zvyšuje teplotu půdy pod fólií. Tím urychlují sklizeň a zvyšují výnos. Neprůhledné fólie zadržovaly v pokusech o 54 % více vody (2 dny po závlaze), než

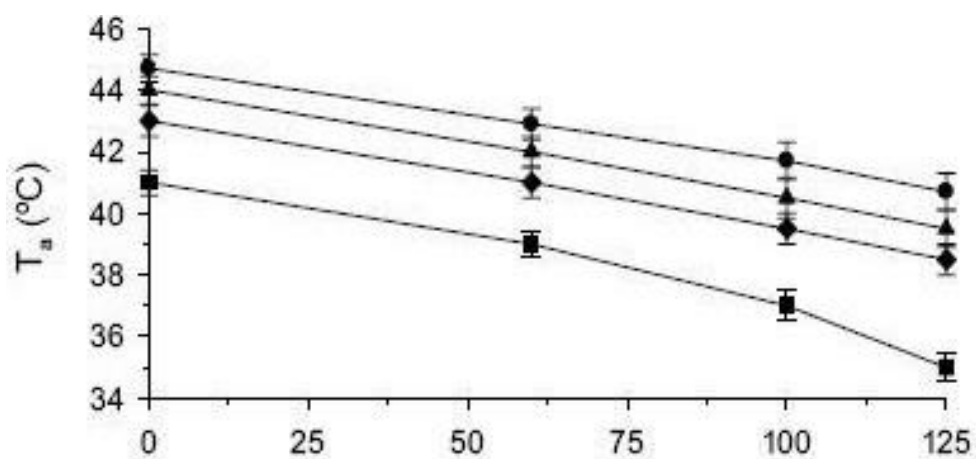
nemulčovaná varianta. Průhledné fólie zadržely o 10,4 % vody méně oproti neprůhledné variantě.

Tříletý výzkum byla kukuřice pěstována na plochách ošetřených pšeničnou slámou (3 t/ha). Během vegetačního období v hloubce 4 palce (10,2 cm) byla oproti nemulčované kontrole nižší. Nižší teplota zabrzdí počáteční růst, na konci června růst naopak zrychlí díky vyšší vlhkosti u mulčované varianty, v tuto dobu má rostlina vysoké požadavky na vlhkost (Moody, 1963).

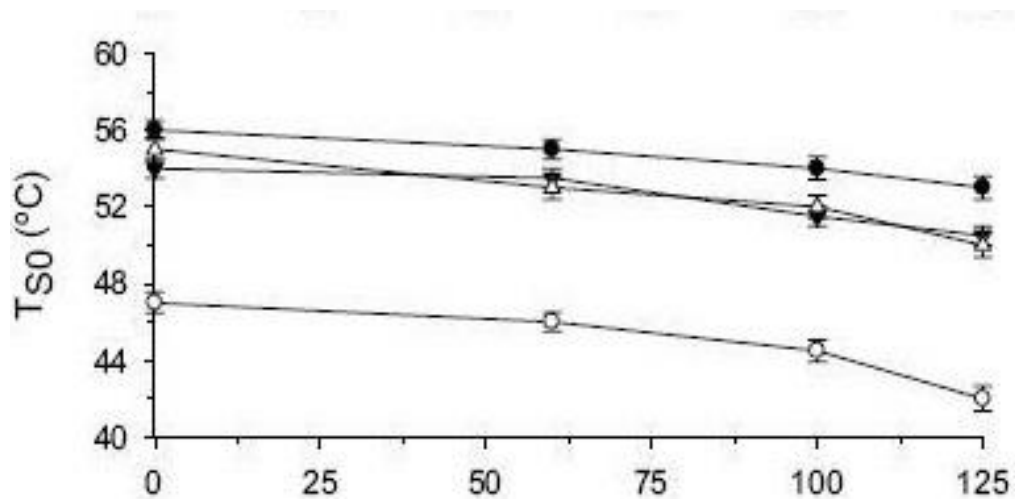
V tropických listnatých lesích byl zkoumán vliv bílé polyethylenové fólie, lesní hrabanky a slámy z vojtešky. Nově vysazené stromky na holé půdě vykazovaly nejvyšší úhyn. Plocha s polyethylenovou fólií zaregistrovala nejnižší teplotu vzduchu (graf č. 1), sláma z vojtešky a lesní hrabanka byly teplotně podobné. Nejvyšší teplota byla zaznamenána na holé půdě. U teploty na povrchu půdy (graf č. 2) byl významný rozdíl mezi polyethylenovou fólií a holou půdou, o 8,3 °C více u holé půdy. Lesní hrabanka a vojteška prezentovaly střední hodnoty. Teplota půdy v hloubce 10 cm (graf č. 3) byla opět nejrozdílnější u polyethylenu a holé půdy, o 8 °C. Hodnoty u vojtešky byly podobné jako u polyethylenu. Gravimetrický obsah vody byl nejvyšší u polyethylenu, následovala lesní hrabanka a vojteška, holá půda měla nejnižší hodnoty (Barajas-Guzmán et Barradas, 2011).

Rostliny, které rostly na ploše pokryté polyethylenovou fólií, dokázaly zvýšit vodivost průduchů oproti rostlinám na holé půdě a pokryté vojteškou. Holá půda vykazovala nejvyšší hodnoty čisté radiace. Polyethylen (bílá barva) odrážel nejvíce čisté radiace, lesní hrabanka méně (tmavě hnědá barva) a nejméně sláma z vojtešky (žlutá barva) (Barajas-Guzmán et Barradas, 2011).

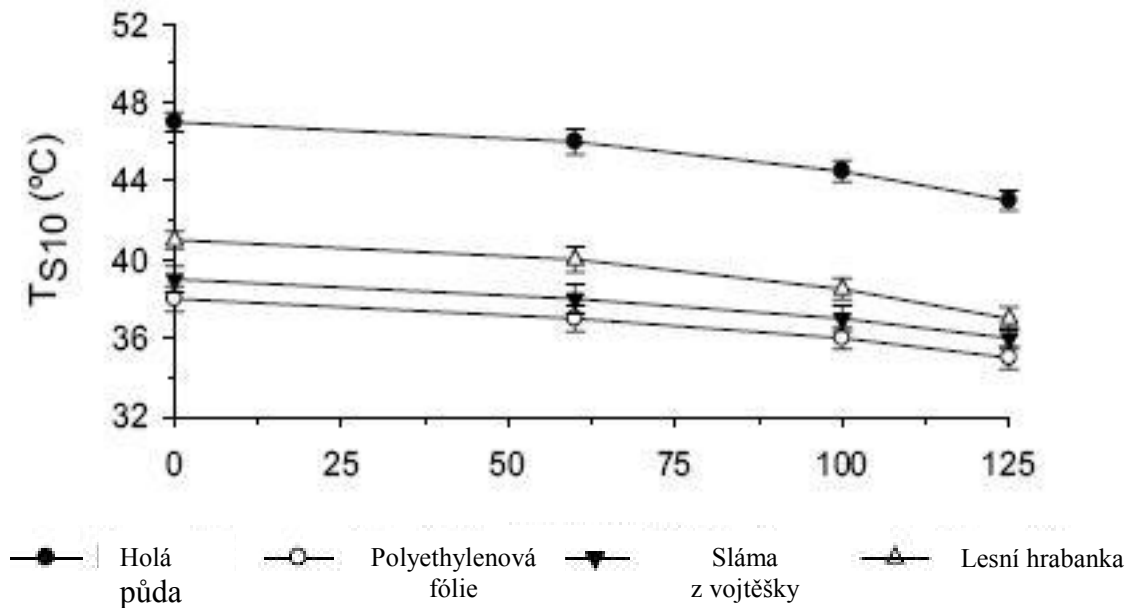
Zvýšená absorpce čisté radiace černou netkanou textilií může být v našich klimatických podmínkách vhodná v jarních měsících. Za anticyklonálních situací během května a června může však vést i k přehřívání povrch (Kožnarová et al., 2008).



Graf č. 1 Teplota vzduchu po ošetření mulčovacími materiály v období tropický dešťů



Graf č. 2 Teplota na povrchu půdy pod mulčovacími materiály v období tropických dešťů



Graf č. 3 Teplota půdy v hloubce 10 cm pod mulčovacími materiály v období tropických dešťů

Aktivní povrch, který je v případě porostů zelených rostlin rozšířen o složité interakce navazující na vodní režim rostlin (včetně výparu a kondenzačních jevů) a předávání tepla do přilehlé vrstvy vzduchu. Významnou složku energetické bilance porostu představuje i ohřívání, resp. ochlazování půdy, úzce související s řadou fyziologických a agronomických důsledků. Studium radičních poměrů porostů zemědělských plodin proto považujeme za jeden ze stěžejních úkolů zemědělského a agrometeorologického výzkumu pro nejbližší období i do vzdálené budoucnosti (Kožnarová et Klabzuba, 2008).

Při polních pokusech Dvořáka (2013) byly zjištěny rozdílnosti v teplotách a sacím tlaku půdy při užití mulčovací textilie a travního mulče. Zatímco travní mulč plnil funkci izolantu a teplotu půdy snižoval, ve srovnání s nemulčovanou kontrolou o 0, 8 °C, mulčovací textilie naopak teplotu půdy zvyšovala v průměru o 0,2 °C (tab. č. 6). Nejnížší sací tlaky (tj. nevyšší vlhkost půdy) byly naměřeny u mulčovací textilie. Vlhkostní podmínky travního mulče s nemulčovanou kontrolou byly srovnatelné, ovšem s výraznými ročníkovými výkyvy (tab. č. 7).



Tab. č. 6 Průměrné hodnoty teploty půdy (v hloubce 100 mm od vrcholu hrůbku) u jednotlivých variant (Dvořák, 2013)

| Varianta               | Teplota půdy (°C) |      |      |      |            |
|------------------------|-------------------|------|------|------|------------|
|                        | 2009              | 2010 | 2011 | 2012 | Průměr let |
| Kontrola bez mulče     | 12,8              | 15,1 | 14,3 | 14,9 | 14,3       |
| Travní mulč od výsadby | 12,3              | 14,4 | 13,4 | 13,7 | 13,5       |
| Mulčovací textilie     | 13,2              | 14,8 | 15,2 | 15,2 | 14,5       |

Tab. č. 7 Průměrné hodnoty sacích tlaků půdy (v hloubce 240 mm od vrcholu hrůbku) u jednotlivých variant (Dvořák, 2013)

| Varianta               | Sací tlaky půdy(kPa) |      |      |      |            |
|------------------------|----------------------|------|------|------|------------|
|                        | 2009                 | 2010 | 2011 | 2012 | Průměr let |
| Kontrola bez mulče     | 36,9                 | 34,3 | 47,7 | 43,2 | 40,4       |
| Travní mulč od výsadby | 45                   | 37,1 | 28,8 | 44,9 | 39         |
| Mulčovací textilie     | 21,5                 | 25,8 | 44,4 | 44,9 | 34,2       |

### 3.2.6. Vliv mulčování na výskyt škůdců a chorob

Mandelinka bramborová patří mezi žravý hmyz, který poškozují rostliny okusem listů. Tím se snižuje asimilační plocha rostlin a dokonce i výnos, při přemnožení mandelinky může dojít i k úplnému zničení porostu (holožíru). Výskyt mandelinky bramborové poznáme poměrně snadno. Jako první vylézají po zimě dospělci z půdy. Na spodní straně listů se objeví oranžová vajíčka ve shlucích asi 10-30 kusů, z nich se vyvinou červenooranžové larvy s černou hlavou o velikosti 10 mm, později se opět zvýší podíl dospělých jedinců se žlutočernými pruhy na těle (Hradil, 2008).

Vhodnou ochranou proti některým škůdcům je mulčovací textilie. Nutno je brát ohledy na velikost otvorů v textili. Termínu položení netkané textilie před začátkem vzcházení může omezit výskyt mandelinky bramborové v porostu brambor (Duffek, 1998).

Při aplikaci slámy na plochu s brambory bylo zjištěno, že výskyt škůdců (podikříška zemákového (*Empoasca pteridis*) a mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*)) se nelišil mezi variantou aplikovanou hned po výsadbě a aplikací 4 týdny po výsadbě. Termín aplikace ovlivnil pouze výskyt plevelů (dřívější aplikace byla úspěšnější). Ve srovnání s nemulčovanou variantou měl slámový mulč nižší výskyt podikříška (i menší poškození rostlin), ale více dospělců mandelinky. Nicméně vajíček a larev bylo méně z důvodu vyššího počtu jejich predátorů (Johnson, 2004), kterým se v rostlinném mulči daří.

V obdobném případě při použití travnatého mulče nebyl prokazatelný vliv na dospělce mandelinky bramborové, nicméně počet druhého, třetí i čtvrtého instaru byl nižší díky zvýšenému počtu půdních predátorů. Nemulčované plochy trpěly 2,5 krát vyšší defoliací (Brust, 1994).

Dvořák (2013) uvádí, že aplikace rostlinných materiálů na povrchu hrůbků podstatně snižuje výskyt larev mandelinky bramborové, a to především v oblastech s vyšším tlakem tohoto škůdce. Naopak použití mulčovacího textilií v teplejší oblasti způsobuje spíše zvýšení populace tohoto jarního brouka. V některých letech tak byla u mandelinky zjištěna jasná preference porostů s mulčovací textilií, což ve výsledku vedlo až k holožiru a ke snížení výnosů hlíz. Domnívá se, že především vyšší teplota půdy pod textilií byla hlavním impulzem pro vyšší výskyt tohoto škůdce, vyšší aktivitu kladení a větší množství larev.

Během tří let byl zkoumán vliv slaměného mulče na redukci PVY viru. Slaměný mulč výrazně snížil PVY infekci u 3 ze 17 pokusných variant. Pokud byl porost zasažen vysokou mírou infekce, byl u varianty slaměného mulče zaznamenán konzistentní pokles. V roce, kdy infekce byla slabá, mulčování infekci výrazně neovlivnilo (Döring et al., 2006).

Dalšími patogeny, jež jsou zodpovědní za předčasný úhyn kulturních rostlin, jsou houba *Verticillium dahliae* nebo hlístice *Pratylenchus penetrans*. Před výsadbou brambor byly parcelky fumigovány a následně infikovány těmito chorobami. Plochy brambor, které byly záměrně infikovány a zároveň ošetřeny slaměným mulčem, měly nižší křivku stárnutí než napadené plochy bez mulče.

### 3.2.7. Vliv mulčování na výživný stav porostu

Pinamonti (1988) testoval na vinici dva komposty jako mulčovací materiál – jeden z čistírenských kalů s nízkým obsahem těžkých kovů, druhý byl z tuhých komunálních odpadů (KO) s vyšším obsahem těžkých kovů, další mulčovací materiál byla kůra. Oba komposty i kůra zvýšily obsah organické hmoty, fosforu i výměnného draslíku, zvýšila se propustnost a retenční schopnost půdy, také byli ovlivněny některé živiny ve vzorcích listů. Údaje ukázaly, že příjem živin byl ovlivněn fyzickým stavem půdy (teplota, vlhkost), nikoliv obsahem živin v půdě. Kompost z KO vedl k pozoruhodné kumulaci těžkých kovů v půdě, vegetaci i v moštu, čistírenské kaly a kůra nezpůsobily prokazatelný nárůst.

Použití plastové fólie v Číně v pěstebním systému rýže – pšenice mělo za následek 12% navýšení výnosu rýže. Mulčování pšeničnou slámou výnos snížil o 14 %. Mulčování fólií nemá vliv na nadcházející výnos pšenice, mulčování slámou má za následek stejný výnos

pšenice, ale při nižší dávce N ( $60 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). Mulčování folií vedlo k celkovému snížení bilance NPK v důsledku vyššího čerpání živin rýží (Liu et al., 2003).

Obsah chlorofylu je ideálním ukazatelem výživného stavu porostu, zároveň kvalitativně prokazuje koncentraci N v listech (Denuit et al., 2002). V tomto směru bylo pro několik plodin, včetně brambor prokázáno, že koncentrace N a chlorofylu v listech silně korespondují (Vos et Born, 1993).

Při rozkládání travního mulče se zvyšuje vlhkost půdy a dostupnost N v půdě, rostliny tak mají vyšší obsah chlorofylu a i N. Užitím slámy jako mulče naopak snižuje podíl N v půdě, což se projevuje na zhoršeném výživném stavu porostu (Dvořák, 2013).

V semiaridních tropech při pěstování podzemnice olejné zjistili, že při mulčování slámou mají rostliny v počáteční fázi (až 60 dní po výsevu) nedostatek N, ale celkový výnos to neovlivnilo. Později se dokonce zvýšila dostupnost makro i stopových prvků (díky rozkladu mulče) a zvýšil se obsah chlorofylu v listech. Sláma zvýšila i podíl natě o 16 %, což je ideální jako nutričně výživná píce (Ghosh, 2006).

### 3.2.8. Vliv mulčování na výnos

Vliv rostlinného mulče na výnos se může lišit v rámci různých klimatických podmínek (Dvořák, 2009). V sub humidních oblastech je zavlažování finančně náročná záležitost, proto někteří zemědělci dávají příležitost nativním způsobům zvyšování půdní vlhkosti. Po dvou letech aplikace slaměného mulče na pole s jahodami zvýšil výnos o 56% (vlhkost se zvýšila o 16,5 % oproti nemulčované kontrole) a 60 % při pokrytí plochy černou polyethylenovou folií (vlhkost vzrostla o 18 %) (Miseckaite et Taparauskiene, 2014).

Obdobou je případ z Ohia, rok 1925 byl teplotně nadprůměrný a srážek bylo pod normálem. Výnos brambor na ploše mulčované slámou vzrostl o 111,5 %, jak je patrné z tab. č. 8.

Na tomtéž území, v roce 1926 byl výtěžek ale odlišný. Pravděpodobně to způsobily silné deště v září a říjnu, protože sláma zabránila evaporaci a odtoku vody. Nejvyšší výnosy zaznamenali na nemulčovaných plochách. U ploch se slaměným mulčem byl výnos vždy nižší, ale vzrůstal s hmotností aplikované slámy (Bushnell et Wellton, 1931).

Tab. č. 8 Vliv použití slaměného mulče na výnos odrůdy Russet Rural ve Woosteru, Ohio, 1925 (Bushnell et Welton, 1931)

| Parcelka | Varianta          | Množství slámy na akr (t) | Výnos na akr (buši) |
|----------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| 1        | slaměný mulč      | 4                         | 277                 |
| 2        | obdělávaná plocha | 0                         | 131                 |
| 3        | slaměný mulč      | 6                         | 274                 |
| 4        | obdělávaná plocha | 0                         | 141                 |

Tab. č. 9 Vliv použití slaměného mulče na výnos odrůdy Russet Rural ve Woosteru, Ohio, 1926 (Bushnell et Welton, 1931).

| Parcelka | Varianta          | Množství slámy na akr (t) | Výnos na akr (buši) |
|----------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| 1        | slaměný mulč      | 4                         | 163                 |
| 2        | obdělávaná plocha | 0                         | 200                 |
| 3        | slaměný mulč      | 6                         | 187                 |
| 4        | obdělávaná plocha | 0                         | 221                 |
| 5        | slaměný mulč      | 8                         | 201                 |
| 6        | slaměný mulč      | 10                        | 206                 |

## 4. METODIKA

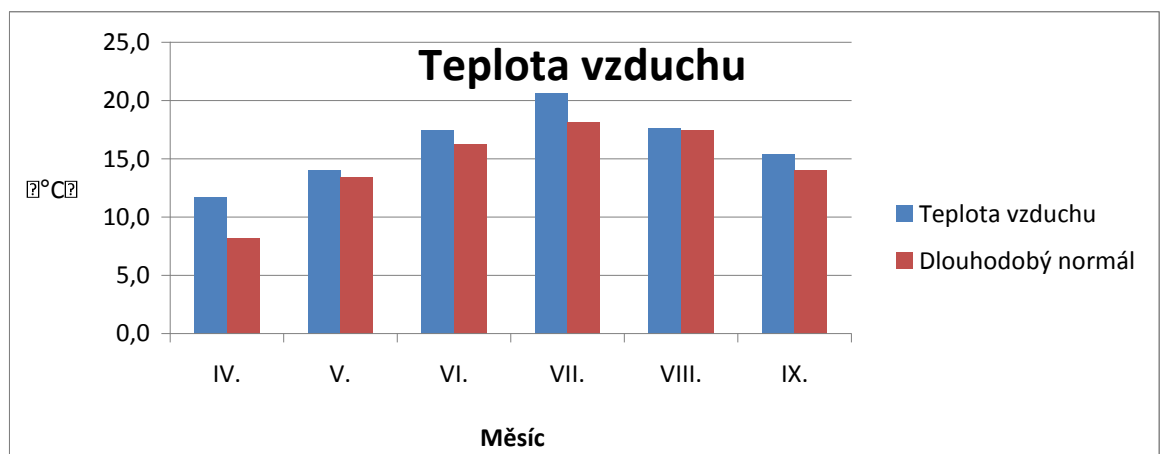
### 4.1. Charakteristika stanoviště

Přesné polní pokusy probíhaly na ekologicky certifikované ploše Výzkumné stanice katedry rostlinné výroby FAPPZ ČZU v Praze, která slouží pro výzkumné i pedagogické účely. Výzkumná činnost je zaměřena na tři tématické okruhy - odrůdové předzkoušky, technologické pokusy a ekologické zemědělství. Uznaná ekologická plocha spolu s plochami v přechodném období pro ekologické zemědělství zaujímá zhruba pět hektarů.

Pozemky v okolí stanice jsou řazeny do řepařského výrobního typu a řepařsko – pšeničného subtypu. Z půd převládá hnědozem, s hloubkou ornice do 32 cm, s obsahem humusu 1,74 – 2,12 %. Humusový horizont dosahuje do hloubky 700 mm a ornice má neutrální reakci pH. Průměrná nadmořská výška činí 295 metrů. Průměrná denní teplota vzduchu dosahuje 8,3 °C a průměrná teplota ve vegetačním období je 14,6 °C. Nejteplejším měsícem je červenec s průměrnou teplotou vzduchu 18,2 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 575 mm, z toho na vegetačním období duben - září připadá celkové množství srážek 380 mm. Podle Langrova dešťového faktoru patří pokusné místo do semihumidní oblasti.

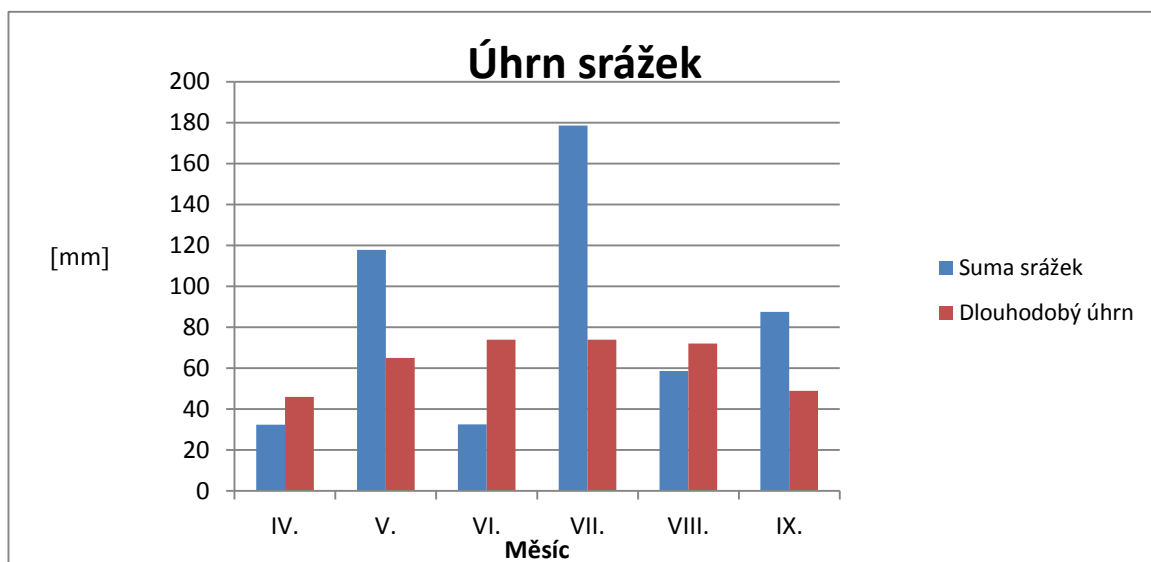
### 4.2. Metodika polních pokusů

Cílem pokusu bylo sledovat a zhodnotit vliv biodegradabilních mulčovacích materiálů – papírové rohože EkoCover (krátkodobé a střednědobé), biodegradabilní fólie a slaměného mulče. Pokus probíhal v roce 2014.



Graf č. 4 Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C) na stanovišti Uhřetěves v roce 2014

Rok 2014 se teplotně choval spíše nadprůměrně, jak je patrné z grafu. Úhrn srážek se pro tento rok pohyboval v počátku vegetačního období lehce pod normálem, květen byl naopak vysoce nadprůměrný, jak je vidět v grafu, u dalších měsíců jsou opět patrné střídavé výkyvy jak v nadbytku srážek, tak v jejich nedostatku.



Graf č. 5 Suma srážek (mm) na stanovišti Uhřetěves v roce 2014

Při pokusu byla použita odrůda Adéla, sadba byla před výsadbou naklíčena. Výsadba proběhla 24.4.2014. U papírové rohože krátkodobé i střednědobé a biodegradabilní folie byl nejprve na vytvořené hrůbky aplikován příslušný typ mulčovacího materiálu. Následně okraje rohože a folie byly přihrnuty zeminou pro ukotvení materiálu a vyřezány otvory v požadovaném sponu (0,8 x 0,33 m) ve tvaru kříže. Teprve poté byla provedena ruční výsadba hlíz pomocí ručního automatického sazeče na cibuloviny. U varianty se slaměným mulčem byl mulč aplikován až po klasické výsadbě na povrch hrůbků v dávce 10 t/ha. Kontrolní varianta bez mulče byla mechanicky kultivována (před vzejitím 15.5 a dvakrát po vzejití 26.6 a 1.7 ručně, pomocí motyčky, hrabiček a plečky). Pokusnou parcelu tvořil vždy dvouřádek. Plocha pokusné parcely byla 7,2 m<sup>2</sup>. Každá pokusná varianta byla založena ve třech opakováních. Během vegetace byl pro regulaci plísně bramboru aplikován přípravek Flowbrix (26. 6. 2014 a 21. 7. 2014). Jiné zásahy nebyly v průběhu vegetace prováděny.

Sklizeň proběhla 19.8.2014 ručním sběrem (117 dnů od výsadbě). Hlízy byly poté rozříděny na 4 frakce (méně než 40mm, 40-55 mm, 56-60 mm a nad 60mm). U každé pokusné varianty byl zjišťován vliv mulčovacího materiálu na výnos.

Pokusné varianty byly následující:

SD – papírová mulčovací rohož střednědobá

KD – papírová mulčovací rohož krátkodobá

SLVÝ - slaměnný mulč od výsadby

F – biodegradabilní fólie

K – kontrola bez mulče

Sledované či hodnocené ukazatele:

- Obsah chlorofylu
- Biomasa plevelu
- Teplota půdy
- Vlhkost půdy
- Výskyt mandelinky bramborové (brouků, hnízd s vajíčky a larev)
- Počet a hmotnost hlíz napadených plísní bramboru
- Počet, hmotnost a velikostní zastoupení hlíz pod trsem
- + Penetrace materiálu u mulčovacích rohoží a biodegradabilní fólie

Obsah chlorofylu byl měřen v průběhu vegetace v 5 termínech (6.6., 13.6., 23.6., 7.7., 6.8.) nedestruktivní metodou. Použit byl ruční chlorofylmetr SPAD-502 firmy Minolta. Údaje byly vždy zjišťovány u listů druhého patra každého trsu brambor. Přístroj vyhodnocuje výsledky na základě propustnosti listů dvou vlnových délek.

Biomasa plevelu byla zjišťována ve třech termínech (13.6., 1.7., 19.8.). Zjišťován byl počet a čerstvá hmotnost plevelné biomasy odebráním celých rostlin plevelu. Poslední odběr 19.8 proběhl těsně před sklizní.

U mandelinky bramborové se hodnotil výskyt škůdce u všech variant v průběhu vegetace (od prvního výskytu brouka). Hodnotil se vždy počet dospělých brouků na 10 rostlin, počet larev na 10 rostlin a počet hnízd vajíček na 10 rostlin.

Plíseň bramboru na hlízách (tj. počet a hmotnost napadených hlíz) byla hodnocena ve dvou termínech. První hodnocení při samotné sklizni a druhé při vlastním třídění hlíz po sklizni (cca za týden).

Hmotnost, počet a velikost hlíz - po sklizni proběhlo třídění brambor na čtvercových sítích na jednotlivé velikostní frakce (méně než 40mm, 40-55mm, 56-60 mm, nad 60mm). U jednotlivých frakcí byla zjištěna celková hmotnost a počet hlíz na trs. Následně byl z hlíz konzumní velikosti dopočítán výnos konzumních hlíz v t/ha.

Perforace materiálu byla vizuálně sledována po celou dobu vegetace u mulčovacích papírových rohoží EkoCover a u biodegradabilní fólie (jako plocha mulče již rozložená v %).

Adéla – je raná konzumní odrůda, má vysokou odolnost vůči virovým chorobám a plísni bramboru. Dosahuje vysokého výnosu, hlízy jsou odolné vůči mechanickému poškození a obecné strupovitosti, varný typ A/B. Dobře využívá vyšší hladinu živin.

### **4.3. Statistické hodnocení**

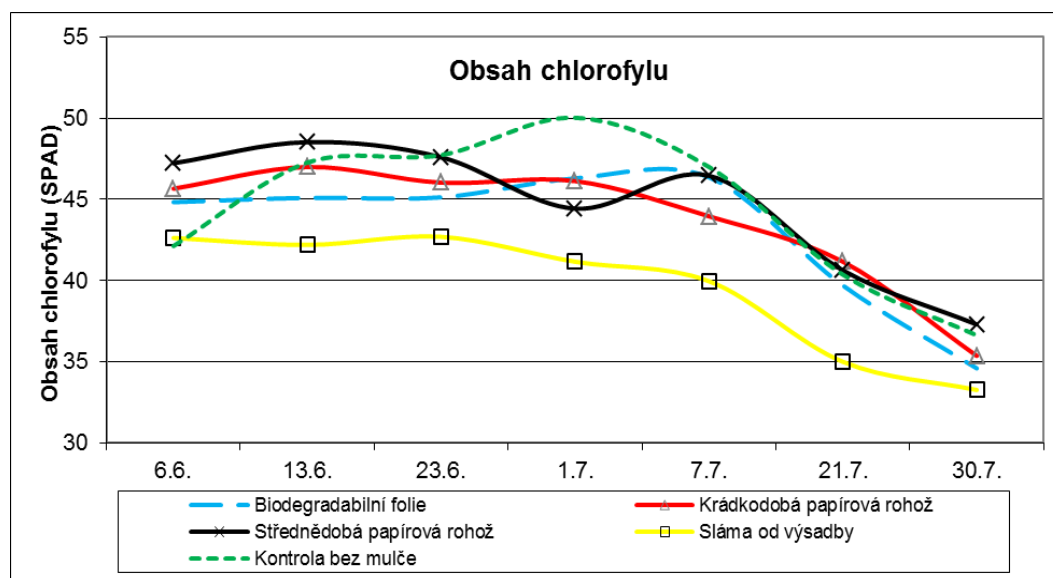
Pro vyhodnocení získaných výsledků a dat byla použita analýza rozptylu ANOVA, ve kterém byla data testována a ověřována, zda zjištěné průměry u jednotlivých pokusných variant mají statistický vliv a jsou statisticky průkazné. Použit byl statistický program STATGRAFICS Plus verze 5.1.



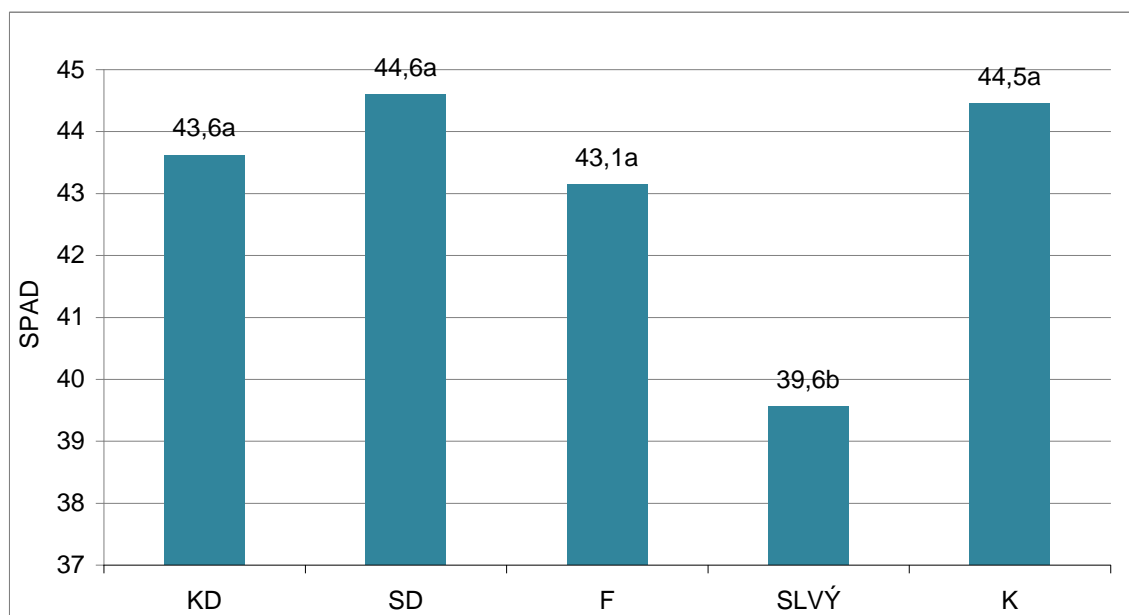
## 5. VÝSLEDKY

### 5.1. Obsah chlorofylu

Z grafu je zřejmý nižší obsah chlorofylu u slámy od výsadby v porovnání s ostatními variantami po celou dobu vegetace, i v průměrném obsahu měla sláma nejnižší naměřenou hodnotu 39,6 SPAD (Graf č. 6).



Graf č. 5 Průběh obsahu chlorofylu u pokusných variant



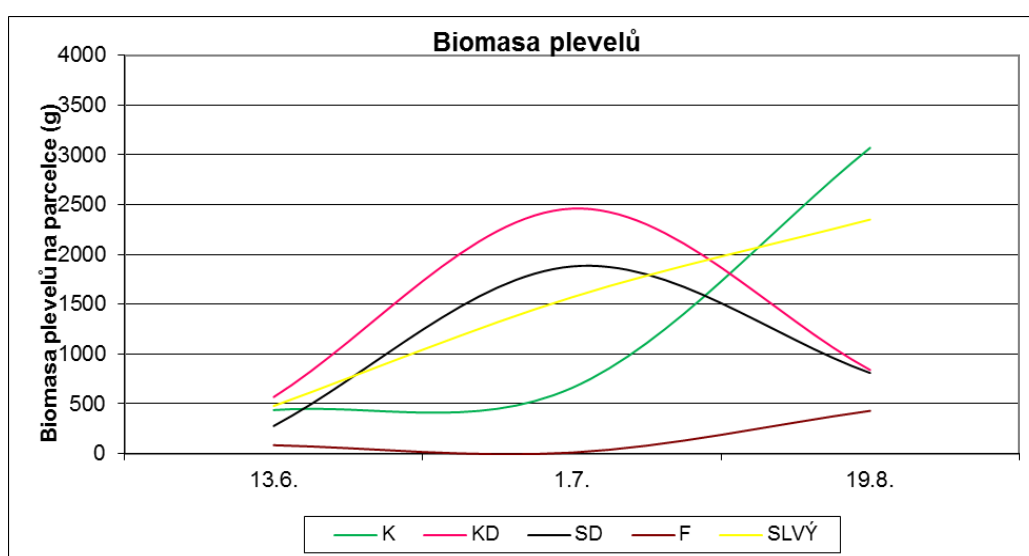
Graf č. 6 Průměrné hodnoty obsahu chlorofylu za sledované období (6.6. až 30.7.)

Pozn.: průměry se stejným písmenem nejsou statisticky průkazné na hladině významnosti 95 %, minimální průkazná difference pro obsah chlorofylu  $HSD_{0,05}=1,99$

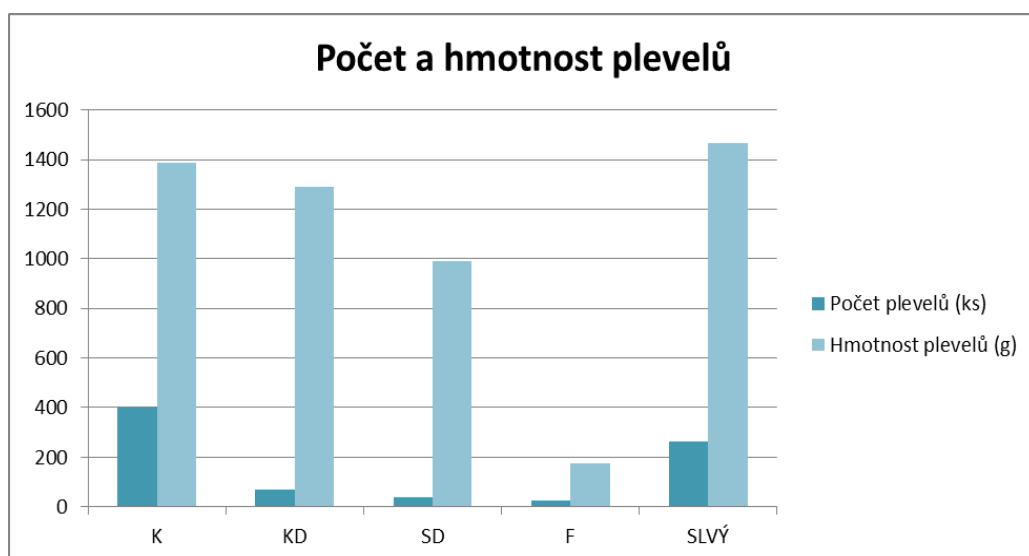
U zbylých variant není zjištěn prokazatelný vliv na obsah chlorofylu v listech. U kontroly bez mulče je vidět rostoucí trend, od 1.7. se jasně obsah chlorofylu snižuje. U ostatních variant se obsah chlorofylu klesá až od 7.7. Nejvyšší průměrných hodnot dosáhla kontrola 44,6 SPAD, pak střednědobá papírová rohož 44,5 SPAD.

## 5.2. Biomasa plevelů

Prokazatelný vliv na redukci počtu plevelů měla biodegradabilní fólie (F) a papírová rohož (KD a SD).



Graf č. 7 Průběh hmotnosti biomasy plevelů u pokusných variant



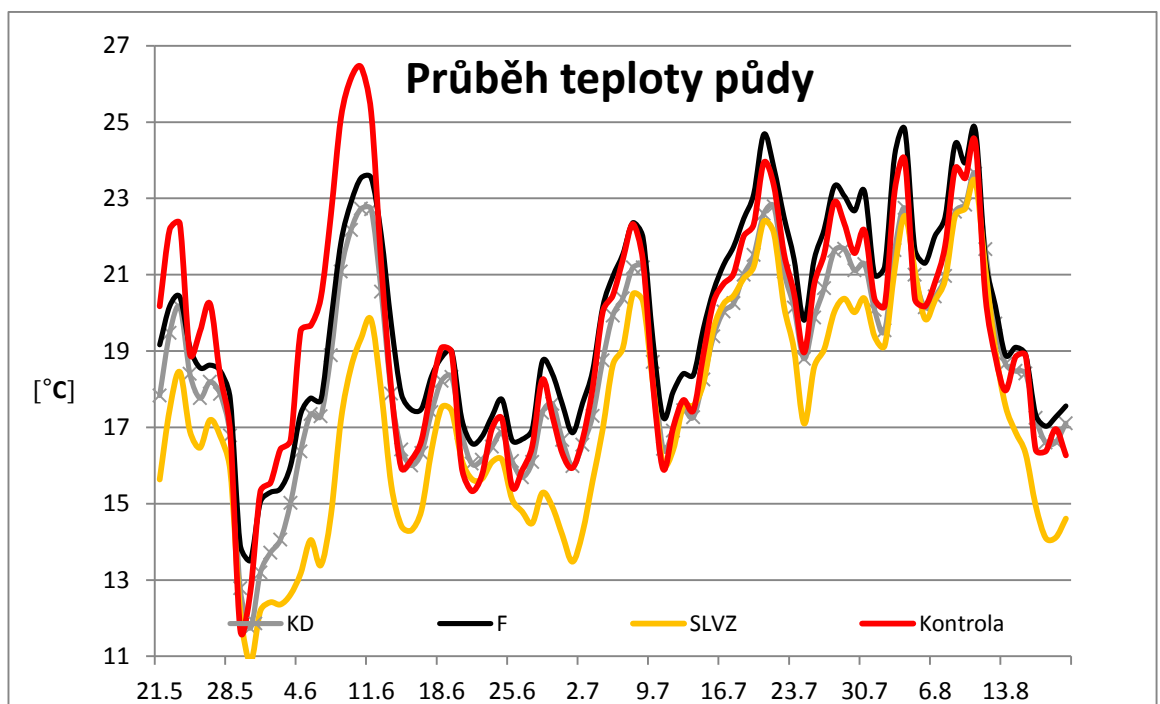
Graf č. 8 Celkový počet a hmotnost biomasy plevelů u pokusných variant

U slaměného mulče se počet plevelů statisticky průkazně nelišil od kontroly. Hmotnost resp. čerstvá biomasa plevelů nebyla statisticky průkazná. Trend nižší biomasy plevelů byl u F (o 87,4 % a těsně pod hranicí minimální průkazné difference) a u papírové rohože (o 28,8 % SD a 7,2 % KD).

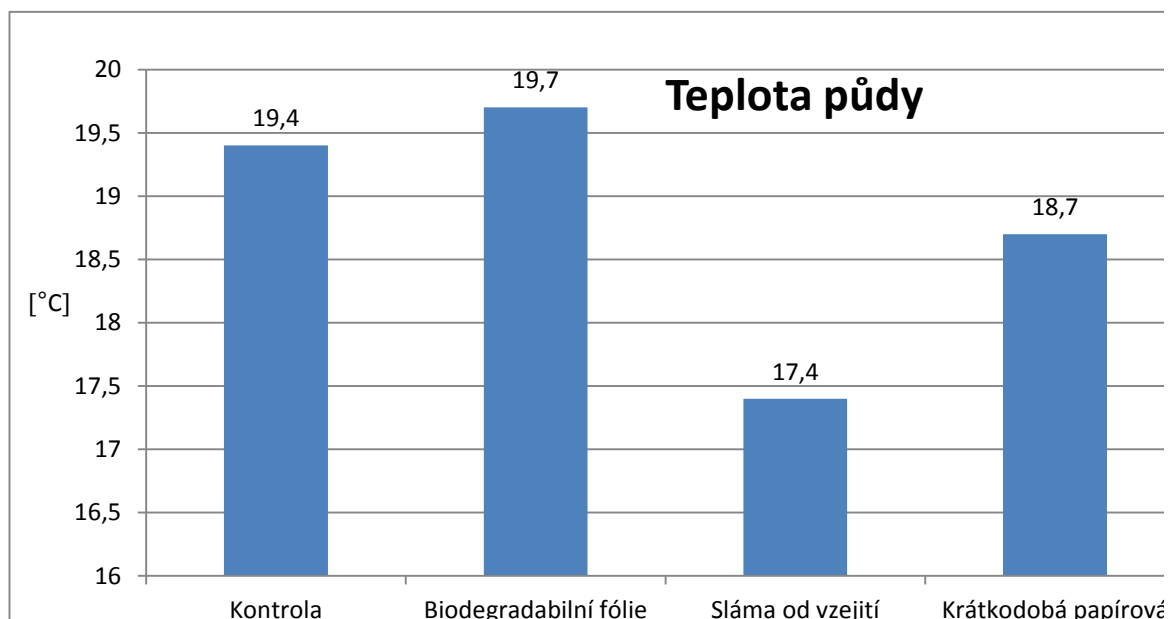
Zaplevelení se měnilo v závislosti na provedeném termínu. Počet plevelných rostlin rostl lineárně, ale přírůstek hmotnosti biomasy plevelů (graf č. 7) byl nejvyšší při druhém termínu (zejména u KD, SD a SLVÝ).

### 5.3. Teplota půdy

Na základě provedených měření bylo zjištěno, že mulčování má vliv na teplotu půdy. V průměru za sledované období (21.5. až 19.8.) byla vyšší teplota půdy u folie (F) o 0,3 °C. U ostatních materiálů došlo ke snížení teploty (u KD o 0,7 °C a u SLVÝ o 2,0 °C). V průběhu vegetace však byly zjištěny i vyšší či nižší rozdíly. To je patrné z následujícího grafu č. 9. V některých dnech se průměrná denní teplota pod slaměným mulčem lišila až o 7 °C (8.6., 9.6.) v porovnání s kontrolou.



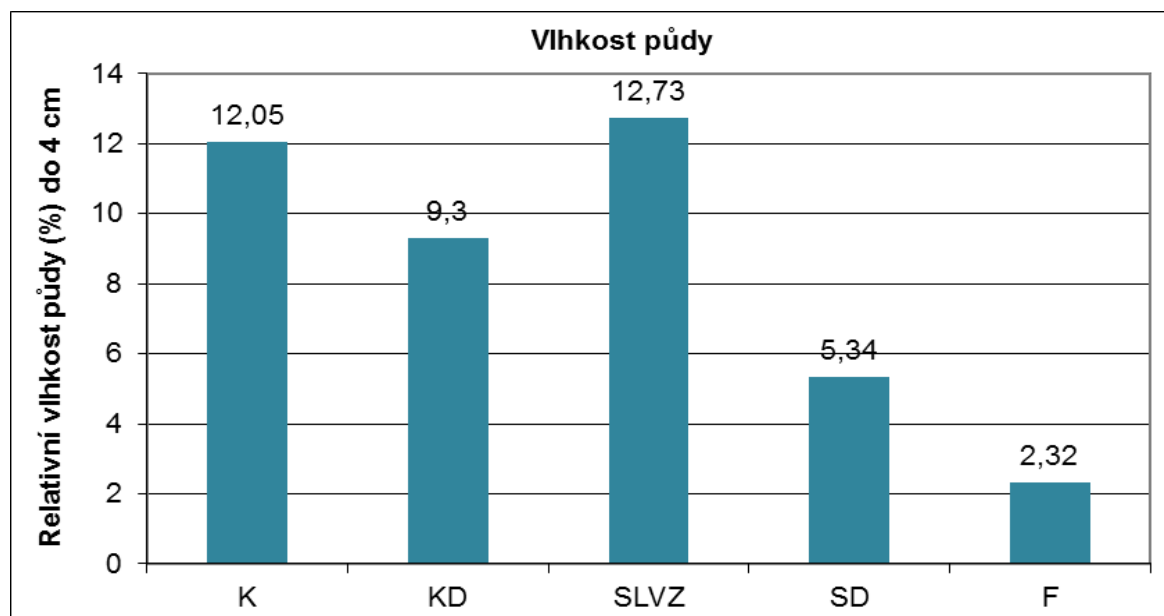
Graf č. 9 Průběh teploty půdy za sledované období (21.5. až 13.8.)



Graf č. 10 Průměrná teplota půdy u sledovaných variant

#### 5.4. Vlhkost půdy

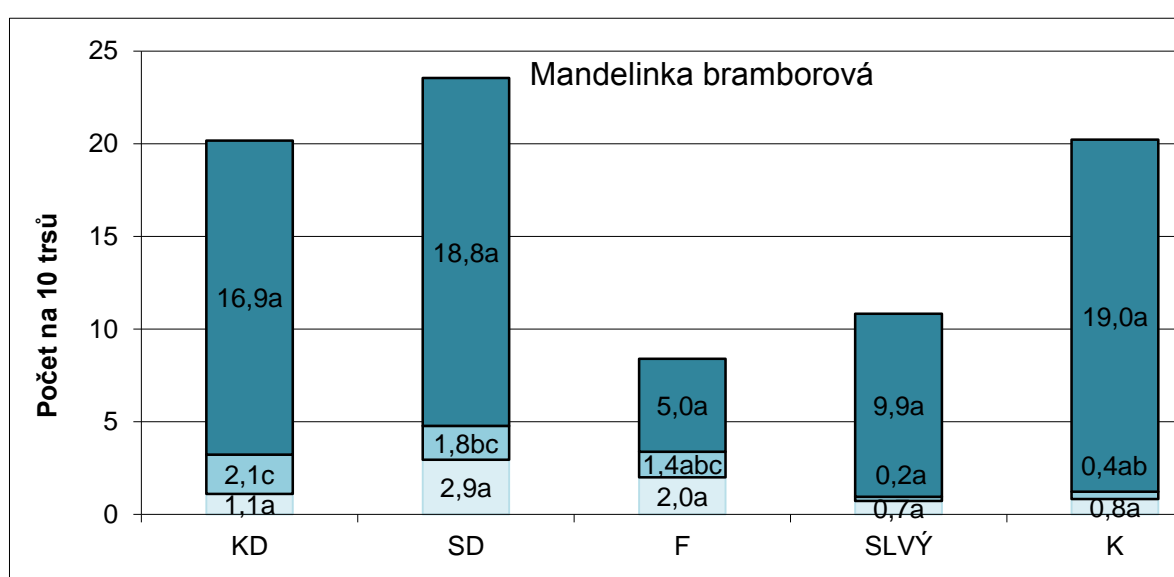
Vlhkost půdy (v povrchové vrstvě do 4 cm) byla mulčováním KD, SD a F spíše snižována jak je patrné z grafu, jen SLVÝ vlhkost nepatrně zvyšovala. Zejména biodegradabilní fólie (F) výrazně snižovala vlhkost půdy.



Graf č. 11 Relativní vlhkost půdy u sledovaných variant (hodnoceno 31.7.)

## 5.5. Mandelinka bramborová

Výskyt mandelinky byl ovlivněn použitým mulčovacím materiálem. Průkazný vliv byl zjištěn pouze u počtu nakladených hnízd (graf č. 11). U brouků byl trend nižšího výskytu u SLVÝ. Naopak trend vyššího výskytu brouků byl zjištěn na papírových rohožích (KD a SD) ve srovnání s kontrolou. I přes výrazné rozdíly u počtu larev u jednotlivých variant nebyl tento výsledek statisticky průkazný. Biodegradabilní fólie (F) zredukovala celkový počet mandelinky bramborové o 73,6 %, SLVÝ o 47,9 % v porovnání s kontrolou. Nepatrně nižší výskyt byl také u papírové rohože EkoCover (KD a SD).



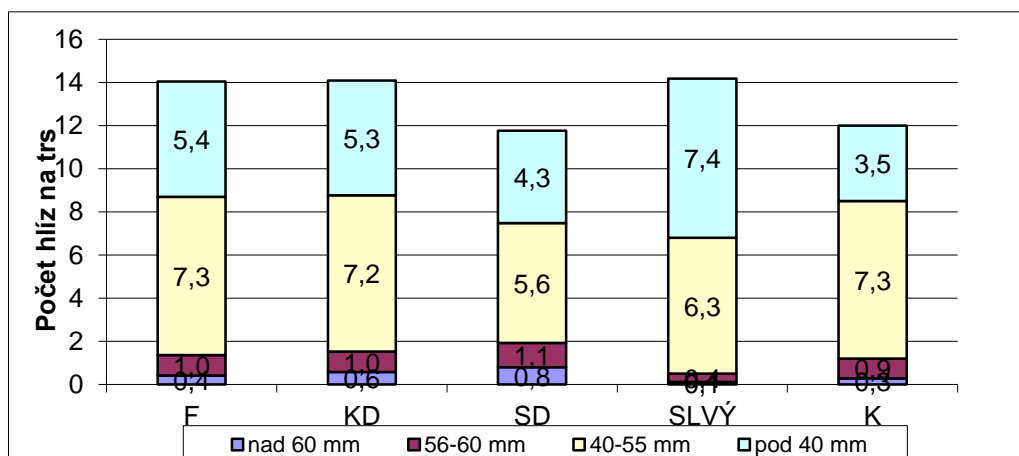
Graf č. 12 Průměrný výskyt brouků, hnízd s vajíčky a larev u jednotlivých mulčovacích materiálů

*Pozn.: průměry se stejným písmeny nejsou statisticky průkazné na hladině významnosti 95 %, minimální průkazná diference pro brouky  $HSD_{0,05}=3,31$ , pro hnízda  $HSD_{0,05}=1,52$ , pro larvy  $HSD_{0,05}=18,11$*

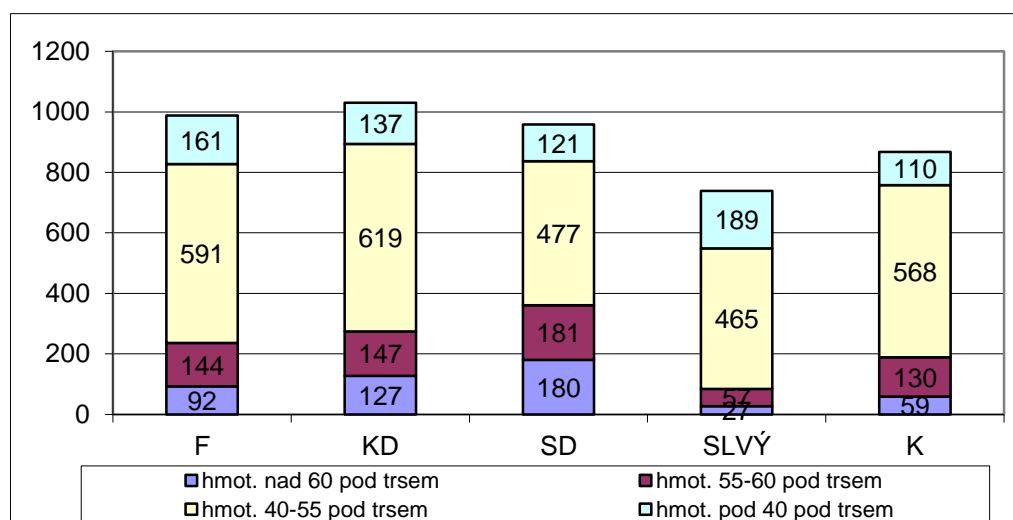
## 5.6 Velikost hlíz a výnos

Počet ani hmotnost hlíz celkem se pod trsem statisticky průkazně nelišily od kontroly. Trend vyššího nasazení hlíz (vyšší počet hlíz) pod trsem byl u SLVÝ, u KD a F v porovnání s kontrolou.

U Varianty SD stojí za povšimnutí vyšší počet větších hlíz (56-60 mm a nad 60 mm). Naopak vysoký počet drobných hlíz byl u SLVÝ. Mulčování mělo menší vliv na velikostní třídu 40-55 mm, která tvořila největší část pod trsem (graf č. 15).



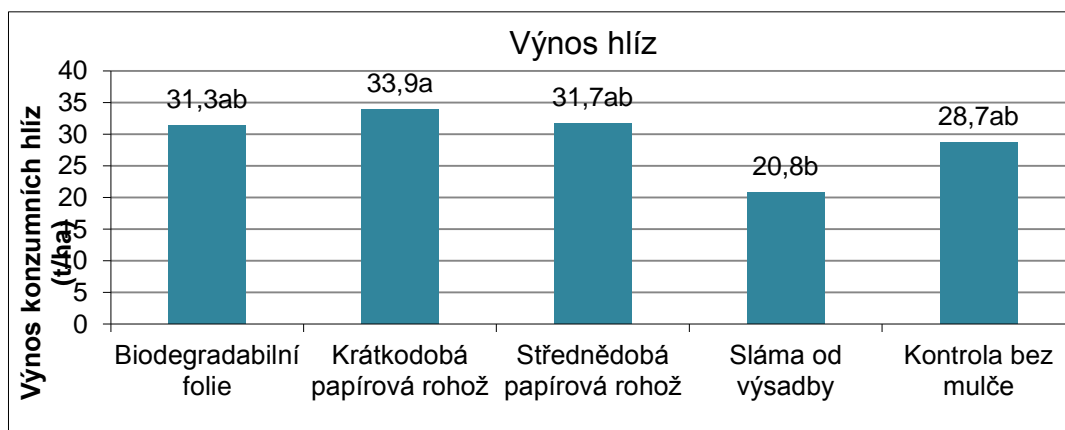
Graf č. 13 Početní zastoupení hlíz pod trsem u jednotlivých variant



Graf č. 14 Početní zastoupení jednotlivých velikostních frakcí pod trsem

Graf č. 14 uvádí, jaká velikostní frakce se u jednotlivých variant mulčování podílela na konečném výnosu hlíz.

Výnos konzumních hlíz byl použitým mulčem statisticky průkazně ovlivněn (graf č. 16) nikoli však v porovnání s kontrolou. Statisticky průkazně se lišil pouze výnos SLVÝ a KD. V porovnání s kontrolou byl trend vyšších výnosů u KD (o 18 %), SD (o 10,5 %) a F (o 9,1 %).

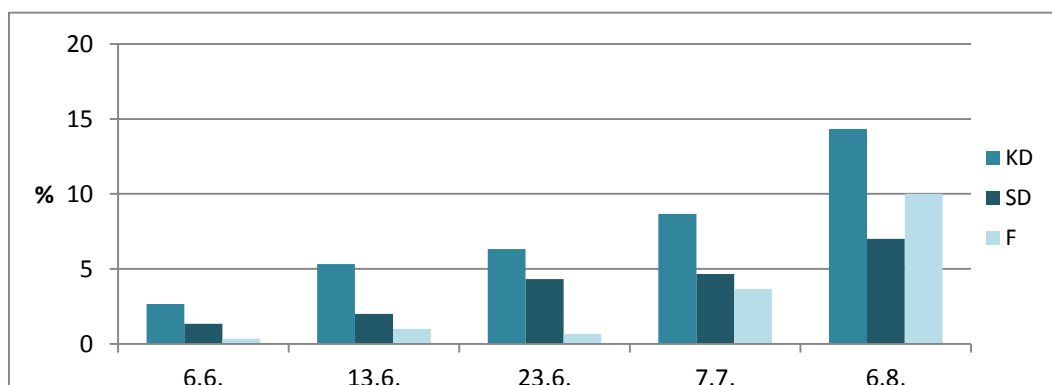


Graf č. 15 Celkový výnos brambor u jednotlivých variant

Pozn.: průměry se stejným písmeny nejsou statisticky průkazné na hladině významnosti 95 %, minimální průkazná diference  $HSD_{0,05}=11,11$

## 5.7. Perforace (degradace) mulčovacích materiálů

Biodegradabilní fólie (F) vykazovala zpočátku vysokou stabilitu materiálu vůči povětrnostním podmínkám. V posledním termínu měření (6.8.) dosahovala u biodegradabilní fólie (F) perforace 10 %. Krátkodobá mulčovací rohož EkoCover (KD) měla nejmenší odolnost materiálu, poškození se projevilo v posledním měření na 15% plochy. Střednědobá papírová rohož EkoCover (SD) se jevila jako nejodolnější materiál.



Graf č. 16 Perforace mulčovacích materiálů

## 6. DISKUZE

### 6.1. Obsah chlorofylu

Velmi dobrým ukazatelem výživného stavu porostu je obsah chlorofylu v listech. Dusík je součástí molekuly chlorofylu a rostliny na jeho nedostatek reagují pomalým růstem, zakrňováním listů a světle zelenou barvou listů (Trehan et al., 2001). Díky nedostatku N a chlorofylu brambory nedokáží efektivně využít sluneční záření jako zdroj energie pro základní funkce, jako je ukládání sacharidů (Busato et al., 2010). Z této skutečnosti je zřejmé, že obsah chlorofylu má vliv na výnos. Vliv použití SD, KD a F nemá průkazný vliv na obsah chlorofylu v listech (SPAD se pohyboval od 43,1 do 44,6 a K měl 44,5 SPAD). Slaměný mulč ale obsah chlorofylu snížil o 12 % v porovnání s kontrolou.

### 6.2. Biomasa plevelů

Provedené pokusy zakrývání půdy mulčovacím materiálem signalizují pozitivní vliv na eliminaci zaplevelení. U brambor při nižším až středním zaplevelení se snižuje výnos o 20 % až 30 %, při vysokém podílu zaplevelení až o 85 % (Čepl et al., 2009).

V pokusu se nejvyšší redukce plevelů projevila u černé biodegradabilní fólie (F). Ve srovnání s kontrolou (K) byla celková hmotnost biomasy plevelů 8krát nižší. Jak uvádí Anzalone (2010), je biodegradabilní fólie a papírový mulč ideální potencionální náhražka herbicidů a plastové fólie. Je zajímavé, že v prvních dvou měření byla celková hmotnost plevelů vyšší u varianty střednědobé a krátkodobé papírové rohože EkoCover (SD, KD). Teplota i vlhkost byly oproti kontrole nižší, porost brambor byl v porovnání s kontrolou také nižší a mohlo to být faktorem, který zapříčinil, že brambory nebyly pro plevel dostatečnou konkurencí. Slaměný mulč (SLVÝ) neměl dostačující vliv na eliminaci plevelů, mírně dokonce celkovou biomasu plevelů zvýšil. Je otázkou, zda nakrytí mulčem (tj. slámou v dávce 10 t/ha) bylo dostačující. K podobné spekulaci došel i Döring et al. (2005), který ale použil menší množství mulče (2,5 -5 t/ha). Ve slámě mohly být také obsaženy semena dalších plevelů a tím podpořit jejich celkové množství. Díky vyšší vlhkosti půdy v povrchové vrstvě (graf č. 11) do vzejití porostu mohla být sláma již rozkládána. Mohlo dojít ke snížení pokrývnost (zastínění) půdy slámou a tím ke klíčení a růstu plevelů. Zároveň díky širokému poměru C/N u slámy byl při jejím rozkladu do jisté míry spotřebován i dusík z půdy, který mohly postrádat rostliny bramboru. V rámci pokusu byl zaznamenán jen ojedinělý výskyt plevele v místě perforace papírové rohože.



Nejčastěji se mezi plevely vyskytovala hluchavka nachová (*Lamium purpureum*), penízek rolní (*Thlaspi arvense*), hořčice bílá (*Sinapis alba*), merlík bílý (*Chenopodium album*), pýr plazivý (*Elytrigia repens*), bažanka roční (*Mercurialis annua*) a ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli*).

### 6.3. Teplota půdy

Na základě provedených měření bylo zjištěno, že pokrytí půdy krátkodobou papírovou rohoží EkoCover (KD) a slaměným mulčem (SLVZ) snižovalo teplotu půdy ve srovnání s kontrolní variantou (K). Biodegradabilní fólie (F) teplotu půdy lehce zvýšila (o 0,3 °C), je to dané i černou barvou fólie, která pohlcuje sluneční záření. Vliv slaměného mulče na snížení teploty půdy byl prokázán u více autorů. Unger (1978) dokázal, že čím vyšší aplikační dávka slaměného mulče na plochu, tím více se teplota snižuje. Moody (1963) a Dahiya (2007) použitím slámy na kukuřici dokázal, že teplota půdy se výrazně sníží v porovnání s nezakrytou půdou. Při tříletém pokusu na ploše s aplikovanou kukuřičnou slámou také potvrdili snížení teploty v jarních měsících o 0,42 – 0,65 °C, to posunulo růstovou periodu. Vlivem nižší teploty se výnos pšenice snížil o 4,1 – 10,4 % (Suying et al., 2005). Všeobecnou výhodou mulčování je také nepochybně fakt, že dokáže snižovat rozdíl mezi denní a noční teplotou půdy. Přes den ve většině případů teplotu půdy snižuje a v noci je tomu naopak (Suing et al., 2005; Suing et al., 2004)

### 6.4. Vlhkost půdy

V tomto případě se použitím mulčovacích materiálů prokázalo negativní ovlivnění na vlhkost půdy v povrchové vrstvě (do 4 cm), výjimkou byl slaměný mulč aplikovaný 14 dní po výsadbě (SLVÝ). Relativní vlhkost půdy (%) se u slaměného mulče zvýšila o 0,68 %. Při aplikaci slaměného mulče v Číně na kukuřičné pole se podařilo zjistit, že mulč snižuje výpar o 58% oproti nemulčované kontrole především v počáteční fázi růstu (Su-ing, 2004). Dahiya (2007) došel k výsledkům, že slaměný mulč snižuje ztráty vody o 0,12 mm vody za den. Tímto stoupne dostupnost vody pro rostliny, čím urychlí jejich počáteční růst a je zároveň dosaženo dřívější sklizně. Krátkodobá mulčovací rohož EkoCover prokázala o 2,75 % nižší relativní vlhkost půdy, střednědobá rohož dokonce o 6,71 %. Mohlo to být způsobeno nedostatečnou propustností materiálu pro vodu (srážky). Díky tvarů hrůbků a hladkému povrchu mulčovací rohože mohlo dojít ke stečení vody do brázdy. Biodegradabilní fólie (F) dosáhla v pokusu s relativní vlhkostí půdy nejhorších výsledků.

V porovnání s nemulčovanou plochou klesla relativní vlhkost o 9,73 %, dosáhla tedy relativní vlhkosti půdy jen 2,32 %. Zde opět mohlo dojít k neprosáknutí srážek díky materiálu. Touto problematikou se zabývaly i Kožnarová a Voborníková (2001), které došly k závěru, že mulčovací textilie propouští slabé srážky jen velmi málo, či vůbec. Problém mohl nastat tehdy, pokud byl srážkový úhrn rozdělen do více srážkových procesů s malou intenzitou. To se srážky nemusí vůbec dostat do půdy. Případný deficit vody bude spjat se schopností pěstovaných rostlin čerpat vodu ze spodních vrstev, která je závislá na hloubce kořenového systému rostliny. Problém může nastat u mělce kořenících druhů rostlin.

## **6.5. Mandelinka bramborová**

Po shrnutí výsledků lze konstatovat, že ani papírové rohože (SD a KD), ani biodegradabilní fólie (F) nemají prokazatelný vliv na nálet mandelinky bramborové. Průkazný vliv byl zjištěn pouze u počtu nakladených hnízd (graf č. 12). Papírové rohože (KD a SD) a biodegradabilní fólie (F) naopak zapříčinily trend vyššího výskytu dospělců ve srovnání s kontrolou. Slaměný mulč měl ve všech sledovaných stádiích pozitivní vliv na redukci výskytu mandelinky. Johson (2004) došel k závěru, že slaměný mulč neomezuje výskyt dospělců, ale výskyt larev a nakladených hnízd ano. Slaměný mulč je vhodným prostředím pro přirozené predátory tohoto škůdce. Také Zehnder a Hough-Goldstein (1990) dokládají, že slaměný mulč výrazně sníží populaci mandelinky bramborové, dokonce i dospělců. I výnos hlíz v jejich pokusu byl výrazně vyšší ve variantě se slaměným mulčem, což v našem pokusu naopak vyvracíme. Biodegradabilní fólie (F) svým působením snížila výskyt mandelinky bramborové, i přes příznivější klimatické podmínky (zvýšená teplota půdy) pro jejich výskyt. Dvořák (2010) došel k opačnému výsledku, kdy při nakrývání hrůbků u brambor mulčovací textilií se populace mandelinky ve srovnání s nemulčovanou kontrolou zvýšila.

## **6.6. Výnos a velikost hlíz**

Mulčovací materiály měly rozdílný vliv na výnos a početní zastoupení hlíz u brambor. Na nasazení počtu hlíz pod trsem se pozitivně se projevila biodegradabilní fólie (F), slaměný mulč (SLVÝ) a střednědobá papírová rohož EkoCover (SD). Výrazné je

početní zastoupení největších hlíz nad 60 mm u SD. Statisticky průkazný vliv na výnos byl pouze mezi krátkodobou rohoží (KD) a slaměným mulčem (SLVÝ). Nejvyššího výnosu brambor dosáhla krátkodobá papírová rohož EkoCover (33,9 t/ha), dále biodegradabilní fólie (33,4 t/ha) a střednědobá papírová rohož EkoCover (33,7 t/ha) se ve výnosu pohybovaly ve velmi podobných hodnotách. Tyto mulčovací materiály vyšly také nejlépe v obsahu chlorofylu v listech, slaměný mulč naopak nejhůře jak v obsahu chlorofylu, tak i ve výnosu. Naopak slaměný mulč zvýšil výnos jako o 56 %, hlavně díky zvýšené vlhkosti půdy v sub humidních podmínkách (Miseckaite et Taparauskiene, 2014). Při srovnávání mulčovacích papírových rohoží a černé platové fólie vyšly výnosové výsledky shodné (Harrington et Bedford, 2004).

## **6.7. Perforace**

U papírové mulčovací rohože se z počátku jeví rychléjší degradační procesy ve srovnání s biodegradabilní fólií. Při vlhkém stavu byly rohože velmi citlivé na perforaci (protržení např. od zvěře). Již podle názvu krátkodobá rohož Ekocover (KD) byla náchylnější k degradaci materiálu než střednědobá (SD). Ale ani v místě porušení papíru nedošlo k hojnému zaplevelení. Při testování rohoží EkoCover na Novém Zélandu se zjistilo, že až po 7 měsících byl plevel schopen prorůst poškozenými místy (Harrington et Bedford). Biodegradabilní fólie na konci pokusu dosáhla 15% perforace, její odolnost byla v průběhu vegetace dostačující.

## 7. ZÁVĚR

### Odpověď na výzkumné hypotézy

Hypotéza 1: Papírové mulčovací rohože budou měnit pěstitelské podmínky (teplotu a vlhkost půdy, výživný stav porostů, výskyt mandelinky bramborové a napadení hlíz plísní bramboru).

Hypotéza 1 potvrzena.

- Papírová rohož snižovala teplotu půdy v porovnání s kontrolou. V povrchové vrstvě půdy (do 4 cm) spíše snižovala relativní vlhkost půdy.
- Obsah chlorofylu v listech nebyl papírovou rohoží průkazně ovlivněn. Papírové rohože neměnily výživný stav porostu.
- Papírová rohož zvýšila výskyt dospělců mandelinky bramborové v porovnání s kontrolou. Výskyt nakladených hnízd a larev mírně redukovala.
- V roce, kdy byl pokus prováděn, se nevyskytovalo žádné napadení hlíz plísní bramborovou.

Hypotéza 2: Použití různých biodegradabilních mulčovacích materiálů (papírových rohoží, biodegradabilních folií a slámy) bude ovlivňovat výnos hlíz a celkově výnosovou úroveň konzumních hlíz.

Hypotéza 2 potvrzena.

- Aplikace biodegradabilních mulčovacích materiálů má rozdílný vliv na výnos.
- Trend vyššího počtu hlíz byl zaznamenán u krátkodobé mulčovací rohože, biodegradabilní fólie i slaměného mulče.
- Výnos konzumních hlíz v porovnání s kontrolou vzrostl u biodegradabilní fólie, papírové mulčovací rohože, ale nebyl statisticky průkazný.
- Krátkodobá papírová rohož zvýšila výnos o 5,2 t/ha ve srovnání s kontrolou.
- Slaměný mulč zredukoval výnosový stav, i díky vysokému počtu drobných hlíz. Výnos konzumních hlíz u slámy klesl ve srovnání s kontrolou o 7,9 t/ha.

### Doporučení pro praxi

- Z praktického hlediska je mulčování biodegradabilními materiály velmi přínosné pro eliminaci zaplevelení, především papírovou rohoží a biodegradabilní fólií.

- Šetří použití herbicidů a v ekologickém zemědělství manuální práci či eliminuje zhutnění půdy při mechanickém odstraňování plevelů.
- Mulčování je prospěšné pro strukturu půdy, nevytváří se pod ním povrchové škraloupy či drobtovité struktury.
- Použitím papírové rohože či biodegradabilní fólie lze zvýšit a stabilizovat výnos.
- Měli bychom brát v úvahu, že snížení teploty půdy i půdní vlhkosti (díky nedostatečné propustnosti materiálu pro vodu), může být spojeno s nižší růstovou aktivitou kořenů rostlin a snížením příjmu živin.
- Nedoporučila bych tyto materiály aplikovat u mělce kořenících rostlin (u citlivých plodin případně pod rohože instalovat kapkovou závlahou).

## 8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Agricultural and Forest Meteorology, Volume 68, Issues 1–2. March Pages 1–28
- Aiqin, Z., Zizhong, L., Yuanshi, G. 2005. Effects of biodegradable mulch film on corn growth and its degradation in field. *Journal of China Agricultural University*. no.5.
- Anderson, D., Beutner, E. L., 1943. Effect of surface mulches on water conservation and forage production in some semidesert grassland soils. *Journal of the American Society of Agronomy*. vol. 35. no. 5. pp. 393-400
- Ashrafi, Z. Y., Sadeghi, S., Mashhadi, H. R., 2009. Inhibitive effects of barely (*Hordeum Vulgare*) on germination and growth of seedlings quack grass (*Agropyrum Repens*). *Icelandic Agricultural Science*. no. 22. pp. 37-43.
- Balner, P. Skladba komunálních odpadů s ohledem na možnosti jejich následného využití. *Odpady a obce*. 2011. pp. 23-26.
- Barajas-Guzmán, M. G., Barradas, V. L., 2011. Microclimate and sapling survival under organic and polyethylene mulch in a tropical dry deciduous forest. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. vol. 88. pp. 27-34
- Bařa, R., Kadlecová, P., Modelování ekonomicko-environmentálních dopadů energetického využití papíru. *E+ M Ekonomické a Management/E&M Economics and Management*. no. 2. pp. 90-98.
- Brust G. E., 1994. Natural enemies in straw-mulch reduce Colorado potato beetle populations and damage in potato. *Biological Control*. no. 4. pp. 163-169
- Bubník, Z., Čurda, L., Kadlec, P., Moravcová, J., Melzoch, K., Šárka, E. 2009. Zaměření výzkumu pro využití sacharosy k nepotravinářským účelům v ČR. *Listy cukrovarnické a řepařské*. 125. s. 28-33.

- Busato, C., Fontes, P.C.R., Braun, H., Cecon, P.R., 2010. Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. *Journal of Plant Nutrition*. vol. 33. pp. 2148–2156.
- Bushnell, J., Welton, F. A., 1931. Some effects of straw mulch on yield of potatoes. *Journal of Agricultural Research*. vol. 43. no. 9. pp. 837-845.
- Bussière, F., Cellier, P., 1944. Modification of the soil temperature and water content regimes by a crop residue mulch: experiment and modelling. *Agricultural and Forest Meteorology*. vol. 68. n. 1-2.
- Čamrová, L. 2007. *Ekonomie a životní prostředí – nepřátelé. či spojenci?*. Praha. Alfa Publishing a Liberální institut. ISBN: 978-80-86851-69-3.
- Čepl, J., Čížek, M., Doležal, P., Domkářová, J., Hamouz, K., Hausvater, E., Kasal, P., Lachman, J., Rasacha, U., Urbancová, M., Vokál, B. 2009. *Konzumní brambory na poli, zahradě a v kuchyni*. Výzkumný ústav Bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o. ISBN 978-80-86940-23-0.
- Černík, B., Kotoulová, I., 2009. Živnostenský a objemný odpad. *Odpadové fórum*. no. 5. pp. 12- 14. ISSN: 1212- 7779.
- Černík, B., Tichá, M., 2011. Posouzení systému sběru a recyklace odpadů včetně jejich obalové složky na životní prostředí. *Odpady a obce*. Hospodaření s komunálními odpady.
- Dahiya, R., Ingwersen, J., Streck, T., 2007. The effect of mulching and tillage on the water and temperature regimes of a loess soil: Experimental findings and modeling. *Soil and Tillage Research*. vol.96. no. 1–2. pp. 52–63.
- Denuit, J. P., Olivier, M., Goffaux, M. J., Herman, J. L., Goffart, J. P., Destain, J. P., Frankinet, M. 2002. Management of nitrogen fertilization of winter wheat and potato crops using the chlorophyll meter for crop nitrogen status assessment. *Agronomie*. vol. 22. pp. 847–853.

- Döring T., Heimbach U., Thierne T., Saucke H., 2006. Aspect of straw mulching in organic potatoes – II. Effect on Potato Virus Y. *Leptinotarsa decemlineata* (Say) and tuber yield. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* vol. 58. pp. 93-97
- Döring, T. F., Brandt, M., Heßc, J., Finckha, M., Sauckea, H., 2005. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics. weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes. *Field Crops Research.* vol. 94. no. 2–3. pp. 238–249.
- Dufek, J., Dolejší, J. 1998. *Zelinařství : Obecná část.* Česká zemědělská univerzita v Praze. 1. vyd. 112 s. ISBN 80-213-0436-7.
- Dvořák, P. 2013. Povrchové mulčování u brambor. *Zemědělec.* vol. 28, p.28.
- Dvořák, P., Hamouz, K., Kuchtová, P., Tomášek, J., 2009. Černá netkaná textilie při pěstování brambor. *Úroda.* pp. 151-158
- Dvořák, P., Hamouz, K., Kuchtová, P., Tomášek, J., 2009. Vliv povrchového mulčování na velikost a výnos brambor v ekologickém zemědělství. *Úroda: časopis pro rostlinnou produkci.* 12. s. 315-318
- Flohrová, A., 1992. Využití folií při pěstování polní zeleniny (Mulčování a nakrývání). Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Praha. s. 38. ISSN 0862- 3562.
- Ghosh, P.K., Dayal, D., Bandyopadhyay K.K., Mohanty M., 2006. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. *Field Crops Research.* vol.99. pp.76–86 .
- Greer L., Dole. J.M. 2003. Aluminum foil, aluminum-painted, plastic, and degradable mulches increase insect-vectored viral diseases of vegetables. *HortTechnol* 13:276–284
- Halley, P., Rutgers, R., Coombs, S., Kettels, J., Gralton, J., Christie, G., Jenkins, M., Beh, H., Griffin, K. Jayasekara, R., Lonergan, G. 2001. Developing biodegradable mulch films from starch-based polymers. vol. 53. pp. 362–367.
- Harrington, K. C., Bedford, T. A., 2004. Control of weeds by paper mulch in vegetables and trees. *New Zealand Plant Protection.* vol. 57. pp. 37-40.



- Hewitt, N. 1999. Odpadové hospodářství v oblasti komunálního odpadu. ICLEI. Děčín. s. 37.
- Hradil, R. 2007. Jak ekologicky vypěstovat kvalitní brambory. Bioinstitut. Olomouc. 1. vyd. 23 s. ISBN: 9788087080108.
- Hůla, J. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí. Výzkumný ústav zemědělské techniky. v.v.i.. p. 58. ISBN: 978-80-86884-53-0
- Chiellini, E., Solaro, R. 2003. Polymeric materials for agriculture Applications. Biodegradable polymers and plastics. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. s.185–210.
- Johnson, J. M., Hough-Goldstein, J. A., Vangessel M. J., 2004. Effects of straw mulch on pest insects, predators, and weeds in watermelons and potatoes, Environmental entomology. vol. 33. no. 6. pp. 1632-1643.
- Kama, A. D. A. 2001. Sustainable growth, renewable resources and pollution. Journal of Economic and Dynamic Control. 25. vol.12. pp. 1911–1918.
- Klabzuba, J., Kožnarová, V. 2008. Nová metoda studia radiační bilance v porostu. Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině. Mikulov. ISBN 978-80-86690-55-1.
- Kotoulová, I. 2007. Může nakládání s živnostenskými odpady ovlivnit využití komunálních odpadů? Odpadové fórum. no. 4. pp. 16- 18. ISSN: 1212- 7779.
- Kožnarová, V., Klabzuba, J. 2005. Vlastnosti nastýlaných netkaných textilií z agrometeorologického hlediska. Bioklimatologie současnosti a budoucnosti. ISBN 80-86 690–31-08.
- Kožnarová, V., Oborníková, J. 2001. The contribution for study of microclimate under polypropylen non-woven fabrics. Sborník – Výzkumné trendy v agrotechnice a meteorologii. Česká zemědělská univerzita. Praha. 24-26 s. ISBN: 8021308567
- Kožnarová, V., Potop, V., Klabzuba, J., Türkott, L. 2008. Příspěvek ke studiu teplotních podmínek v půdě. Katedra agroekologie a biometeorologie. Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-86690-55-1.

- Kyrikou, I., Briassoulis, D., Biodegradation of Agricultural Plastic Films: A critical
- LaMondia, J. A., Gent, M. P. N., Ferrandino, F. J., Elmer, W. H., Stoner, K. A. 1999. Effect of compost amendment or straw mulch on potato early dying disease. *The American Phytopathological Society*. vol. 83. no. 4. pp. 361-366.
- Liu, X. J., Wang, J. C., Lua, S. H., Zhang, F. S., Zeng, X. Z., Aia, Y. W., Peng, S. B., Christie, P. 2003. Effects of non-flooded mulching cultivation on crop yield, nutrient uptake and nutrient balance in rice–wheat cropping systems. *Field Crops Research*. vol. 10. no. 3. Pages 297–311.
- Loes, A. K., Riley, H., Brandsaeter, L. O. Povrchové mulčování směsí trávy a jetele. pro výživu ekologicky pěstované zeleniny a potlačení plevelů. 6. Evropská letní akademie ekologického zemědělství. Sborník abstraktů. p. 31.
- Moody, J. E., Jones, J. N., Lillard, J. H, 1963. Influence of Straw Mulch on Soil Moisture, Soil Temperature and the Growth of Corn. *Soil Science Society of America Journal*. vol. 27. no. 6. p. 700-703.
- Morgan, A. W., 2000. Biodegradable mulch mat,
- Olsen J. K., Gounder R. K. 2001. Alternatives to polyethylene mulch film: a field assessment of transported materials in capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 41. s.93–103.
- Sánchez E., Lamont W. J., Orzolek M. D. 2008. Newspaper mulches for suppressing weeds for organic high-tunnel cucumber production. *HortTechnology*. vol. 18. no. 1. pp. 154-157.
- Stránky Ministerstva životního prostředí. Poslední revize 2015. [on-line] [cit 2015-15-01]. Dostupné z <<http://www.mzp.cz>>
- Stránky Resortu životního prostředí. Poslední revize 2015. [on-line] [cit 2015-19-02]. Dostupné z <<http://www.cenia.cz/www/odpady/isoh.cz>>
- Stránky společnosti EKOKOM. Poslední revize 2015. [on-line] [cit 2015-13-01]. Dostupné z <<http://www.ekokom.cz>>

- Stránky společnosti VUC. Poslední revize 2015. [on-line] [cit 2015-23-03]. Dostupné z <<http://www.ekocover.cz>>
- Su-ying, Ch., Xi-ying, Z., Dong, P., Hong-yong, S. 2004, Soil evaporation and soil temperature in maize field mulched with wheat straw, *Journal of Irrigation and Drainage*, no. 4
- Suying, Ch., Xiyang, Z., Dong, P., Hongyong, S. 2005. Effects of corn straw mulching on soil temperature and soil evaporation of winter wheat field. *Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering*. no. 10.
- Šárka, E. 2009, Technologie škrobu a výrobků ze škrobu. In Kadlec. P. et al.: Co byste měli vědět o výrobě potravin? *Technologie potravin*. Ostrava: KEY Publishing. s. 495–509.
- Šárka, E., Kruliš, Z., Kotek, J., Růžek, L., Koláček, J., Hrušková, K. 2011. Biodegradabilní kompozitní materiály na bázi pšeničného B-škrobu s upotřebením v zemědělství. *Listy cukrovarnické a řepářské*. č. 12.
- Taparauskiene, L., Miseckaite, O. 2014. Effect of mulch on soil moisture depletion and strawberry yield in sub-humid area. *Polish Journal of Environmental Studies*. vol. 23. no.2. pp. 475-482.
- Taparauskiene, L., Miseckaite, O. 2014. Effect on mulch on moisture depletion and strawberry yield in sub-humid areas. *Polish Journal of Environmental Studies*. vol. 23. no. 2. pp. 475-482.
- Teasdale, J. R., Mohler, Ch., L. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science*. vol. 48. no. 3. pp. 385-392.
- Thurston, H. D. 1997. *Slash/mulch systems: sustainable methods for tropical agriculture*. p. 206. ISBN : 0-8133-8820-1.
- Tichá, M., Černík, B. 2011. Posouzení systému sběru a recyklace obalových odpadů metodou LCA. *Acta environmentalica universitatis comenianae*. Bratislava. vol. 19. s. 361–365.
- Trehan, S. P., Roy, S. K., Sharma., R.C. 2001 Potato variety differences in nutrient deficiency symptoms and responses to NPK. *Better Crops International*. vol. 15. pp. 18–21.

- Unger, P.W. 1978. Straw Mulch Effects on Soil Temperatures and Sorghum Germination and Growth. vol. 70. no. 5. p. 858-86.
- Wang Y. Z., Yang K. K., Wang X. L., Zhou Q., Zheng C. Y., Chen Z. F. 2004. Agricultural application and environmental degradation of photobiodegradable polyethylenemulching films. *Journal Polymer Environment*. vol. 12. no. 7.
- Weidema, B. P., Wesnæs, M., Christiansen, K. 2006. Life Cycle Based Cost-Benefit Assessment of Waste Management Options. Presentation for ISWA Annual Congress. Institute for Environment and Sustainability.
- Xiaofei, L., Jingsheng, S., Zugu, L. 1992. Effects of mulching on plant growth and yield of summer maize under sprinkler irrigation. *Yumi kexue*. vol. 19. no. 3.
- Yu-shan, B., Guo-yuan, M., Nai-jian, Z., Hai-lin, Z., Jian-cheng, W. 2006. Analysis and Comparison of the Effects of Plastic Film Mulching and Straw Mulching on Soil Fertility. *Scientia Agricultura Sinica*. n. 5.
- Zehnder, G. W., Hough-Goldstein J. 1990. Colorado potato beetle (coleoptera: chrysomelidae) population development and effects on yield of potatoes with and without straw mulc. *Journal of Economic Entomology*. vol. 83. no.5.
- Zhang, Y., Han, J.H., Kim, G.N. 2008. Biodegradable mulch film made of starch-coated paper and its effectiveness on temperature and moisture content of soil. *Communications in Soil Science and Plant*. vol. 39. pp.1026–1040