



Netradiční využití vlněných odpadů

Bakalářská práce

Studijní program:

B3107 Textil

Studijní obor:

Textilní marketing

Autor práce:

Kristýna Matějková

Vedoucí práce:

Ing. Marie Kašparová, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství





Zadání bakalářské práce

Netradiční využití vlněných odpadů

Jméno a příjmení: **Kristýna Matějková**
Osobní číslo: T17000181
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní marketing
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte rešerši na téma využití vlny, vlněného odpadu a složení hnojiva použitelného pro zajištění růstu rostlin.
2. Na základě informací získaných z rešerše připravte hnojivo z odpadní vlny.
3. Provedte analýzu připraveného hnojiva.
4. Ověřte funkčnost připraveného hnojiva za modelových hydroponických podmínek.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

30 – 40 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

1. RAJABINEJAD, Hossein, Maier, Sergiu, STELIAN a Ingrid Ioana BUCISCANU. *Current Approaches For Raw Wool Waste Management And Unconventional*. Environmental Engineering and Management Journal. [Online] Romania, 2019. vol.18, No.7, 1439-1456. [Citace: 16-11-2020]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/324866415_Current_Approaches_For_Raw_Wool_Waste_Management_And_Unconventional_ValORIZATION_A_Review.
2. HLADÍK, Vladimír, Tomáš KOZEL a Zdeněk MIKLAS. *Textilní materiály*. 2. vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984. ISBN 04-811-84.
3. VANĚK, Václav. a kol. *Výživa zahradních rostlin*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. ISBN 978-80-200-2147-2.

Vedoucí práce:

Ing. Marie Kašparová, Ph.D.
Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání práce:

22. října 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

30. srpna 2021

L.S.

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

Ing. Roman Knížek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

24. srpna 2021

Kristýna Matějková

Poděkování

Chtěla bych poděkovat především Ing. Marii Kašparové, Ph.D. za veškerou pomoc, rady a ochotu při vedení mé bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat prof. Ing. Jakubu Wienerovi, Ph.D. za konzultace a rady při experimentu. Dále děkuji Ing. Janě Grabmüllerové za vytvoření snímků na elektronovém mikroskopu, Ing. Lence Lacinové, Ph.D. a Haně Pohlreichové za provedenou prvkovou analýzu. Rovněž bych ráda poděkovala doc. Ing. Maroši Tunákovi, Ph.D. za konzultaci při analýze dat.

Nakonec bych chtěla poděkovat mé rodině a příteli, kteří mi pomáhali a byli mi po celou dobu studia velkou oporou.

Anotace

Tato práce je zaměřena na využití odpadních vlněných vláken. Cílem této bakalářské práce je vytvoření hnojiva z ovčí vlny a následně ověření hypotézy, zda nově vytvořené hnojivo je účinnější než běžně dostupné hnojivo v hydroponickém prostředí.

Klíčová slova:

- chov ovcí
- ovčí vlna
- produkce vlny
- hydroponie
- ovčí hydrolyzát
- čočka jedlá

Annotation

This work is focused on the use of waste wool fibers. The aim of this bachelor's thesis is to create a fertilizer from sheep's wool and then verify the hypothesis whether the newly created fertilizer is more effective than the commonly available fertilizer in a hydroponic environment.

Key words:

- breeding sheeps
- sheeps wool
- wool production
- hydroponic
- sheep hydrolyzate
- edible lentils

Obsah

Úvod	6
1. Chov ovčí.....	7
1.1. Historie a současnost chovu na území ČR	7
1.2. Plemena	8
2. Vlna	11
2.1. Třídění vlny	12
2.2. Chemické složení a morfologie vlákna	13
2.3. Vlastnosti vlněného vlákna.....	14
2.3.1. Fyzikální a mechanické vlastnosti	14
2.4. Reakce ovčí vlny na přirozené vlivy a chemikálie	16
3. Celosvětová produkce ovčí vlny	17
3.1. Faktory ovlivňující produkci ovčí vlny	19
3.2. Využití ovčí vlny v ČR	20
3.3. Aktuální nakládání s vlněným odpadem.....	20
4. Hydroponie	23
4.1. Substráty	25
4.2. Výživa v hydroponii	25
5. Čočka jedlá	28
5.1. Požadavky pro pěstování.....	28
6. Experiment	29
6.1. Výběr vhodného substrátu a hydroponického systému.....	29
6.2. Vstupní materiál.....	34
6.3. Příprava hydrolyzátu vlny	36
6.3.1. Možné způsoby rozkladu ovčí vlny.....	36
6.3.2. Rozklad ovčí vlny	42
6.4. Chemická analýza prvků obsažených v hydrolyzátu vlny	44
6.5. Aplikace hydrolyzátu v hydroponickém prostředí	45
6.6. Vyhodnocení výsledků experimentu.....	47
6.6.1. Analýza dat	49
Závěr	52

Seznam použité literatury.....	54
Seznam obrázků	57
Seznam tabulek a příloh	58
Přílohy.....	59

Seznam použitých zkratek

př. n. l – před našim letopočtem

tzv. – tak zvaný

KU – kontrola užítkovosti

ČR – Česká republika

ks – kusy

tzn. – to znamená

tj. – to je

např. – například

Obr. č. - Obrázek číslo

apod. - a podobně

aj. – a jiné

atd. – a tak dále

NFT – Nutrient film technique

Úvod

Ovčí vlna patří mezi nejcennější přírodní vlákno nejen u nás ale i ve světě. Využití najde v mnoha odvětvích. V textilním průmyslu, kde se využívá přibližně 80 % produkce, zbylých 20 % produkce putuje do ostatních odvětví, jako je třeba stavebnictví nebo medicína. Textilní průmysl je zaměřen na výrobu oblečení a obuvi. V medicíně se vlněná vlákna využívají například na výrobu zdravotních pomůcek nebo keratinových doplňků stravy.

Vlněný odpad vzniká nejen při zpracování vlny. Současné přístupy k nakládání s tímto odpadem jsou velmi složité a nákladné. Dnešní farmáři nemají proto příliš na výběr a musejí ho buď složitě skladovat, vyhazovat nebo spalovat.

Práce se zabývá jedním z aktuálních přístupů pro využití ovčí vlny. Cílem této práce je vytvoření hnojiva z ovčí vlny a následně ověření hypotézy, zda nově vytvořené hnojivo je účinnější než běžně dostupné hnojivo v hydroponickém prostředí.

Teoretická část jako první pojednává o historii chovu ovcí na našem území. Jsou zde popsána plemena ovcí, ze kterých pochází vstupní materiál pro experimentální část. Další obsáhlou částí je popis ovčí vlny z hlediska třídění, chemického složení, morfologie a vlastnostmi vlákna. Následně je uvedena celosvětová produkce ovčí vlny a rozebrány aktuální přístupy o nakládání s vlněným odpadem. Je mnoho možností, jak využít odpad z ovčí vlny, například jako tepelně a zvukově izolační materiál v zelených budovách, vyztužení vláken z polymerních vlákenných kompozit, jako sorbent pro čištění ropných skvrn, výrobu biologických hnojiv do zemědělství, vlněné sorbenty pro úpravu vody znečištěnou těžkými kovy atd. Dále je charakterizováno hydroponické pěstování rostlin. Zde je popsána výživa v hydroponii, nejčastěji používané substráty a druhy hydroponických systémů. V závěru teoretické části je popsána čočka jedlé a její požadavky na pěstování, která byla po předchozích pokusech vybrána jako vhodná modelová rostlina pro hydroponické pěstování.

V experimentální části jsou jako první zaznamenány jednotlivé pokusy na výběr vhodného substrátu a hydroponického systému. Následně je uveden původ vstupního materiálu a samotná příprava jednotlivých vzorků. Jednotlivé vzorky vlněného hydrolyzátu byly následně poslány na chemickou analýzu prvků, kde se určilo množství jednotlivých prvků obsažené v hydrolyzátu. V poslední části mé práce je popsáno použití vytvořeného hnojiva na modelových rostlinách čočky jedlé v hydroponickém prostředí. Získané hodnoty jsou následně statisticky porovnány. Hodnoty dosažené v experimentu jsou zaznamenány přehledně v tabulkách a grafech.

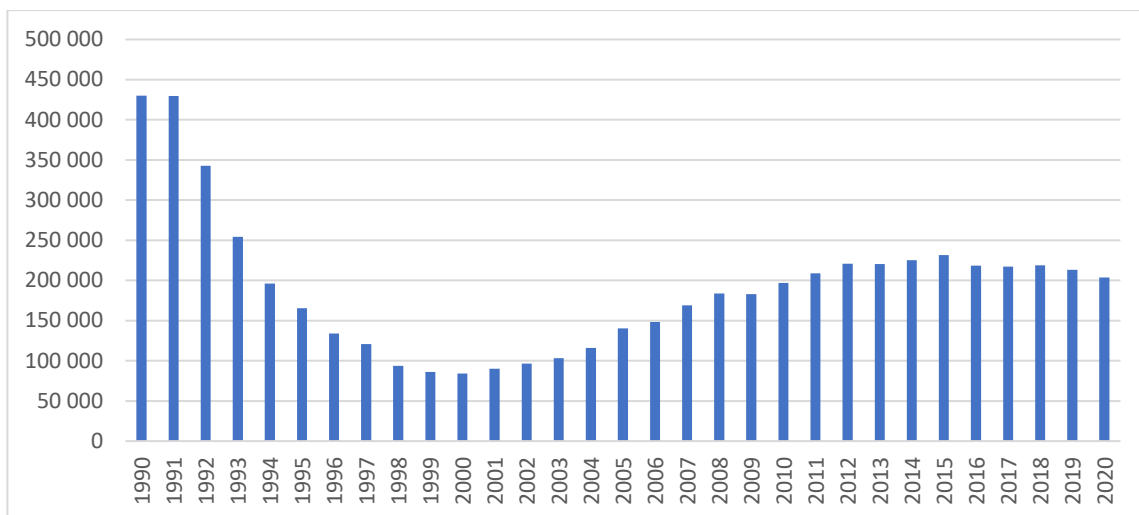
1. Chov ovcí

Chování ovcí na našem území má již dlouholetou tradici. Ovce společně s kozou domácí patří mezi první domestikovaná zvířata. Přestože se dnešní farmáři více věnují chovu skotu a prasat, má chov ovcí stále velký význam, především pak na pastvinách a v horských oblastech, kam se hůře dostává zemědělská technika.

1.1. Historie a současnost chovu na území ČR

První zmínku o chovu ovcí najdeme už u slovanských kmenů. Chov hospodářských zvířat byl v té době zaměřen převážně na chov skotu (52 %), prasat (29 %), ovcí a koz (9 %) a koní (7 %). Stádový chov se začal objevovat na konci 15. století, kde se ovce chovaly hlavně kvůli vlně merino. Tato vlna byla expedována do manufaktur, kde vznikl základ pro textilní průmysl. V roce 1837 bylo na území ČR chováno téměř 2 miliony ovcí, což odpovídá dvojnásobku dnešního stavu. Od 18. století se podmínky pro chov ovcí začaly zhoršovat. Docházelo k rozprodávání pastvin pro jiné účely. V období od roku 1918 do roku 1989 se snížila cena výkupu ovčích produktů, což mělo za následek redukování velkých stád. Dalším důvodem pro snižování stavu chovaných ovcí byl levný dovoz vlny z Austrálie, který představoval pro tuzemský trh velkou konkurenci. Tamní vlna byla považována za podřadnou surovinu a bylo nutné ji ihned zpracovávat. V období po 2. světové válce byly ovce jediná hospodářská zvířata, která představovala jistý zdroj příjmu. V době okupace se uskutečnil dovoz mnoha plemen z Německa. Došlo také k zavedení kontroly užitkovosti (KU), do té doby byly kontroly prováděny pouze dobrovolně. Od roku 1990 procházel chov ovcí na našem území velkými změnami. Počty chovných ovcí se radikálně snížily. Jako hlavní důvod, proč tomu tak bylo lze označit změny v odvětví zemědělství, kde docházelo ke změnám odbytových možností. K jednomu z dalších možných důvodů patřila i cena vlny, která opět klesla na nižší hodnotu. Díky kvalitní a levné vlně, která byla dovážena z Austrálie, zanikl chov jednostranných plemen, a to s vlnářskou užitkovostí. Chovy od té doby byly spíše orientovány na produkci ovčího masa a mléka. Plemenná struktura se tedy změnila na masnou, kombinovanou a plodnou, okrajově i na mléčnou. Změny dostalo i složení chovatelů, zatímco v roce 1990 byla větší část z drobných chovatelů (66 %) tak v roce 1999 tvořili hlavní část soukromí chovatelé (95,5 %), dále pak družstva (3,7 %) a státní sektor (0,4 %). Vývoj početních stavů od roku 1990 až dodnes je zaznamenán v Obr. č. 1. [1] [2]

V roce 2000 se stavy ovcí v ČR začaly opět zvyšovat. Dále už počty ks výrazně neklesaly ani nestoupaly. V předchozím roce 2020 se počet kusů zastavil na hodnotě 203 612, což bylo téměř o polovinu méně než v roce 1990 a 1991. [3]



Obrázek 1 Početní stavy ovcí na území ČR od roku 1990 [3]

1.2. Plemena

Plemena ovcí lze rozdělit podle různých aspektů. Z informací, které jsou dostupné můžeme říct, že nejčastější dělení je podle: zoologie, podle ušlechtilosti, podle užitkového typu a podle jemnosti produkované vlny. V této práci bude dále rozebráno dělení dle jakosti produkované vlny a užitkovosti. [4] [5]

Rozdělení dle jemnosti produkované vlny

- **Merino ovce** – Ovce tohoto plemene se chovají převážně k produkci vlny. Jejich vlna je kratší, ale velmi jemná a kvalitní. Původně se chovaly jen ve Španělsku, odkud se rozšířily do Evropy, Austrálie aj. [5]
- **Kříženecké ovce** – Jejich počátek chovu se datuje do období krize obchodu s vlnou. Vznikly křížením ovcí merino s druhy anglických ovcí. Tím se získal druh, který produkuje větší množství vlny s přijatelnou jemností. [6] [5]
- **Anglické ovce** – Tento druh vznikl zušlechtěním ovcí nížinných za dobrých klimatických podmínek v Anglii. Produkovaná vlna je specifická velkým množstvím pesíků bez podsady a mírně zvlněnou strukturou. [5]
- **Nížinné ovce** – Poskytují vlny smíšenou. Obsahuje jak podsadu, tak pesíky. Vlna je velmi hrubá a málo zkadeřená. Jejich chov je zaměřen převážně na produkci masa a mléka v oblastech, kde se příliš nedaří jemnovlnným ovčím. [5] [6]

Rozdělení dle užitkovosti

V literatuře, která je k tomuto tématu dostupná se klasifikace podle užitkovosti poměrně liší. Nejčastěji však najdeme dělení podle typu konečného produktu, kvůli kterému je ovce dělena na kombinovaná, masná, mléčná, plodná a zájmová a ostatní plemena. [1]

Tabulka 1 Plemena ovčí [1]

Kombinovaná užitkovost	
Alpská bílá (AL)	Romney (K)
Bergschaf (BG)	Původní valaška (V)
Cigája (C)	Zušlechtěná valaška (ZV)
Lein (L)	Šumavská (Š)
Merino (M)	Swifter (SW)
Merinolandschaf (ML)	Zwartbles (ZW)
Německá dlouhovlnná (ND)	Žírné merino (ŽM)
Masná plemena	
Berrichon du cher (BE)	Texel (T)
Clun forest (CF)	Suffolk (SF)
Hampshire (H)	Oxford down (OD)
Charollais (CH)	Německá černohlavá (NC)
Mléčná užitkovost	
Lacaune (LA)	Východofříská (VF)
Plodná užitkovost	
Olkuská (O)	Romanovská (R)
Zájmová a ostatní plemena	
Jacob (J)	Jurská (JR)
Kamerunská (KA)	Kerry hill (KH)
Vřesová (V)	Ouessant (OU)
Shetland (SH)	Skudde (SD)

Na území České republiky v roce 1990 převládala stáda, která byla zaměřena na produkci vlny. Od roku 1996 se však samostatná vlnářská užitkovost neuváděla. V letech 1990, 2000, 2010 se na prvním místě umístilo kombinované plemeno a hned za ním plemeno masné. V tomto období se na posledních příčkách umístila plodná a dojná plemena, která představovala pouze malou část chovů. [1]

Tabulka 2 Struktura plemen ovčí na území ČR [1]

Typ plemene	Rok (%)		
	1990	2000	2010
Vlnářský	62,9	0	0
Kombinovaný	36,4	61,2	52
Masný	0,6	34,3	38
Plodný a dojný	0,1	4,5	10

Alpská bílá

Jedná se o plemeno původem ze Švýcarska. Dovoz do České republiky se poprvé uskutečnil v roce 2003. Alpská bílá ovce je plemeno polo jemnovlnné až středně rané s kombinovanou užitkovostí – vlnářskou a masnou. Vlna má jemnost 28-36 μm . Rouno je polouzavřené a stříž se provádí 2krát ročně. Udávaná roční produkce potní vlny u bahnic je 3,5 -4,5 kg a u beranů 4,5 – 5 kg. [7] [1]

Suffolk

Původ tohoto plemene s masnou užitkovostí pochází z Anglie. Suffolk ovce mají vlnu polo jemnou, krátkou. Barva je převážně bílá nebo mírně žlutá. Jemnost vláken se pohybuje mezi 25–33 μm . Obvyklá délka vlny činí 7-9 cm a výtěžnost vlny je od 50–55 %. Suffolk ovce jsou velmi oblíbené a rozšířené. Plemeno je vhodné i do horských oblastí, kde panují horší klimatické podmínky. Najdeme je v různých typech s rozdílným zbarvením. Roční stříž u bahnic se pohybuje okolo 3,5 – 4,5 kg a u beranů od 4,5 – 5,5 kg. V roce 2012 bylo toto plemeno jedno z nejrozšířenějších plemen u nás. [7] [1]

Texel

Jedná se o velmi významné masné plemeno, které poprvé objevilo v roce 1909 v Nizozemsku. První dovoz do České republiky se uskutečnil až v roce 1947 za účelem zušlechtění kombinovaných plemen. Vlnu mají bílou o jemnosti 29–35 μm . Rouno tohoto typu plemene je polouzavřené. Stříž potní vlny se u bahnic pohybuje od 3,5 -4,5 kg a u beranů pak 4,5 – 6 kg, získaná vlna je 12-15 cm dlouhá a výtěžnost se pohybuje od 60 do 65 %. [7] [1]

Východofříská

Toto plemeno je svým původem z Německa a má výbornou mléčnou užitkovost. Jedná se o plemeno s polo jemnou vlnou. Vlna je smíšená, polo splývavého lesklého charakteru. Jednotlivá vlákna mají pravidelnou obloučkovitou strukturu a jejich jemnost vlny je v rozmezí 27–35 μm . Roční stříže u bahnic se pohybují od 4-5 kg a u beranů 5,5 – 6,5 kg, délka získané vlny je 10–12 cm a výtěžnost od 60 do 65 %. Dodnes je toho plemeno řazeno mezi nejvíce užitkové. [1]

Romanovská

Jedná se o plemeno, které bylo vyšlechtěno v 17. století v Rusku. Potní vlna tohoto plemene má jemnost vláken 29–55 μm a je smíšená, polohrubá a tvoří na celém povrchu těla zvířete prstencové závitky. Podsada v rounu je dlouhá 5 až 6 cm s jemností 18-24 μm . Poměr pesíků, které jsou dlouhé 2-4 cm s jemností 60-90 μm , je 1:4 až 1:10. Tento poměr má značný vliv na kvalitu kožešiny. Stříž romanovské ovce se provádí 2krát ročně. U bahnic se hmotnost stříže pohybuje od 2 -2,5 kg a u beranů pak od 3 – 3,5 kg. Výtěžnost vlny je 60–65 %. [1]

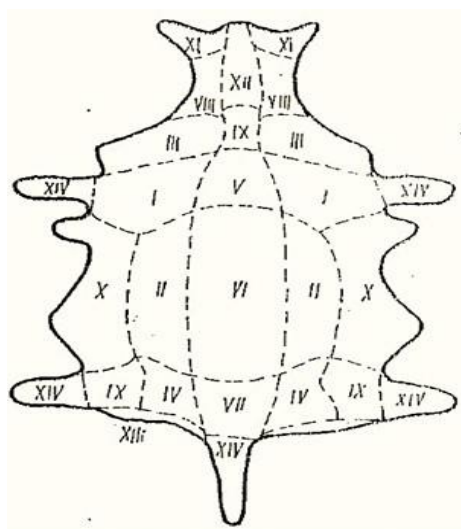
Ouessantská

Toto plemeno je oproti ostatním velmi malého vzrůstu. Produkováná vlna je polohrubá, jednotně barevná, nejčastěji pak černá. Ouessantská ovce je na území ČR velmi populární v ekologických chovech. [1] [7]

2. Vlna

Ovčí vlna patří mezi nejčistější přírodní vlákno ze srsti obratlovců. Vyznačuje se svou dlouhou životností a vynikajícími termo-izolačními vlastnostmi. Uplatnění vlny nenajdeme jen v textilním průmyslu, ale například ve stavebnictví, kde se používá jako izolační materiál nebo v biomedicině.

Vlna, která se získává střížím, tvoří souvislé rouno. Jednotlivá vlněná vlákna jsou spojena vlasovým tukem a potem. Hmotnost rouna se udává v rozmezí od 3 kg až do 6 kg. Balíky s rouny, které se prodávají na trhu váží v rozmezí od 95 až 450 kg. Stříž se provádí u jemnovlnných ovcí jednou ročně u ostatních dvakrát. Části, které při střížím odpadají, se nachází na ocasu, nohách a hlavě a označují se jako odpadní nebo také kusová vlna. Nejvyšší kvalita vlny se nachází na bocích a lopatkách – označeno na Obr. č. 2 čísly I, II. [6]



Obrázek 2 ovčí rouno [6]

Získaná potní vlna obsahuje nejen samotné vlněné vlákno, ale také jisté procento nečistot a vlhkosti, které jsou uvedeny v tabulce č. 3. Nečistoty můžeme rozdělit do dvou skupin, a to na organické a neorganické. Mezi organické řadíme ovčí exkrementy, pot, tuk a různé zbytky rostlin. Do druhé skupiny patří prach, písek, kamení apod. Podle obsahu nečistot se dá rouno rozdělit do čtyř skupin: [6]

- 1) Část z lopatek, předních nohou, boku a hřbetu – nejméně nečistot
- 2) Krk – nečistoty z krmiva
- 3) Břicho a lopatky zadních nohou – exkrementy zvířete
- 4) Kusy a odpady z nohou – nečistoty různého původu [5]

Množství vlny po odstranění všech nečistot, tj. po praní, případně karbonizaci se nazývá výtěžnost vlny (rendement), která se udává v procentech. Vlny jemné mají výtěžnost menší udávanou v rozmezí od 20–50 % než hrubé vlny 60–80 %. [6] [5]

Tabulka 3 Průměrný obsah nečistot v potní vlně [6]

	Pot a tuk	Neorganické nečistoty	Rostlinné látky	Rendement	Vlhkost
Jemná vlna	20–50 %	5–40 %	0,5–2 %	20–50 %	8–12 %
Kříženecká vlna	15–30 %	5–20 %	1–5 %	40–60 %	8–12 %
Hrubá vlna	5–15 %	5–10 %	1–5 %	60–80 %	8–12 %

2.1. Třídění vlny

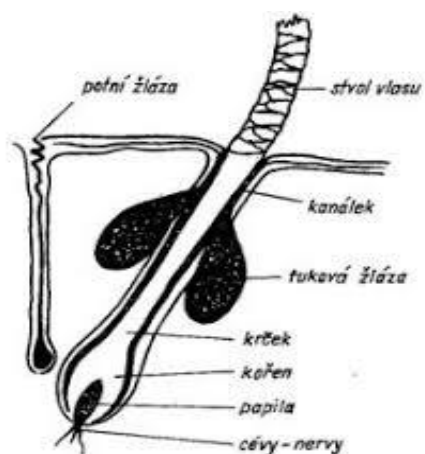
Ovcí vlnu lze rozdělit do šesti skupin a to podle:

- a) Původu
 - Zámorské (australské, kapské, novozélandské, ...)
 - Evropské (maďarské, anglické, francouzské, ...)
- b) Způsobu získávání rouna
 - Střížní – získáváno stříhem z živé ovce
 - Jatečná – jinak nazývaná kožní, získána stříhem z mrtvé ovce – méně kvalitní
 - Jirchářská – získání v koželužnách jako vedlejší produkt – nejméně kvalitní
- c) Stáří a pohlaví dané ovce
 - Jehněčí – jedná se o vlnu první stříže po 6 až 9 měsících jehněte – jemná, ale nepravidelná
 - Samčí – vlna získána z beranů je těžší, pevnější a hrubší
 - Samičí – běžně dostupná vlna na dnešním trhu
 - Roční – druhá stříž ovce
 - Plnostřížní – získána stříží jednou ročně
 - Dvoustřížní – získána dvojí stříží ročně
- d) Stavů zpracování vlny
 - Potní vlna – surová vlna získána přímo stříhem z ovce
 - Vlna praná – je vlna již vypraná a zbavena nečistot (prach, pot, tuk)
 - Karbonizovaná – je praná vlna z níž byly odstraněny i zbytky rostlinných nečistot – proces karbonizace
 - Čechraná – též praná vlna a čištěná vlna na čechracích strojích
- e) Jemnosti
 - Bradfordská stupnice
 - Německá stupnice
- f) Účelu použití
 - Vlna soukenická – jemná, kratší vlna – určena pro výrobky z mykané příze
 - Vlna česaná – delší vlna, méně zkadeřená – určena převážně na výrobu česaných přízí
 - Vlna cheviotová – anglická vlna – vhodná na použití při výrobě výrobků z česané příze
 - Vlna kobercová – hrubá vlna – používá se při výrobě koberců a hrubších plstí [6]

2.2. Chemické složení a morfologie vlákna

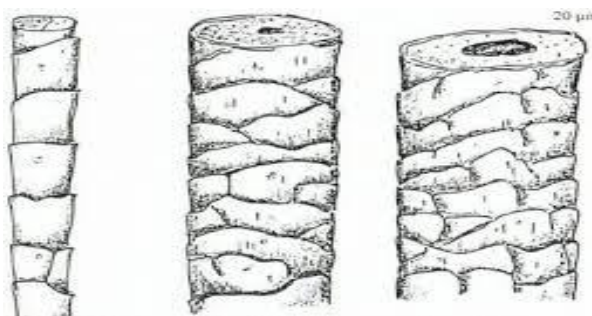
Vynikající vlastnosti vlněného vlákna závisí na jeho chemickém složení a morfologické charakteristice. Vyčištěné vlákno ovčí vlny obsahuje: 50 % uhlíku, 7 % vodíku, 21–24 % kyslíku, 15–21 % dusíku a 3–4 % síry. Hlavní složkou vlákna je keratin. Jedná se o látku, která patří k proteinům (bílkovinám). Stavební kámen keratinu tvoří makromolekulární látka, která je tvořena z nejméně 18 různých aminokyselin. Dvě aminokyseliny jsou navzájem spojeny peptidickými vazbami, které vytváří polypeptidické řetězce. V ovčí vlně jsou jednotlivé řetězce spojeny pohromadě a stabilizovány kovalentními a nekovalentními vazbami a interakcemi. Polypeptidické řetězce mohou mít dvě formy ve vlákně – α -keratin a β -keratin. Tyto dvě struktury mají největší vliv na mechanické vlastnosti jako je pevnost, tažnost aj. Řetězce jsou poskládané do tvaru šroubovice. V α -keratinu představují vlnu v nenapnutém stavu, napínáním se vlákno protahuje a vzniká β -keratin. Hlavním důvodem je narušení iontových vazeb. V kůži ovce najdeme vlasové váčky, ze kterých roste vlas vlny. Vlas je vyživován cévami přes papilu. Kořen vlasu vlny se zužuje v krček, který přechází na povrch kůže, kde se mění v samotný vlas. [6] [5]

Každý vlas má však jinou kvalitu, kterou můžeme rozdělit do jednotlivých skupin.



Obrázek 3 Schéma kořene vlasu [6]

- 1) **Podsada** – nejjemnější vlna, která je velmi měkká, více či méně zkadeřená a tvoří na rounu jednotlivé chomáčky vláken
- 2) **Pesíky** – rovná vlákna větší délky a střední až hrubé jemnosti, vlákna jsou lesklá a vyrůstají jednotlivě
- 3) **Krycí srst** – rovná poměrně krátká vlákna, která vyrůstají tam, kde neroste podsada ani pesíky tedy na ocase, nohách a hlavě zvířete [6]



Obrázek 4 Vlákno podsadové přechodové a pesíkové [28]

Složení vlněného vlasu

Vlněný vlas se skládá ze tří hlavních částí. Těmi jsou: pokožka, kůra a dřev.

- **Pokožka (Kutikula)** – Vrchní vrstva vlasu, která má charakteristickou šupinatou strukturu a je průhledná. Jednotlivé šupiny nejsou totožné, liší se svým tvarem a velikostí. Pokožka u zdravého vlasu slouží jako „schránka“, která má za hlavní úkol ochranu jádra před vnějšími vlivy. Šupinková vrstva vlákna se rozděluje na další tři vrstvy:
 - 1) Vnější jemná pokožka (epikutikula)
 - 2) Vnější vrstva pokožky (exokutikula)
 - 3) Vnitřní vrstva pokožky (endokutikula)
- **Kůra (Kortex)** – je také jinak označována jako jádro vlasu, tvoří jeho největší část. Jedná se o hlavního držitele mechanických vlastností vlny – pevnost, tažnost a pružnost. Barva vlny závisí na barevném pigmentu, který je uložen právě v jádru vlasu. Vlněné vlákno je bilaterální, tj. skládá se ze dvou základních modifikací kortexu – orto a para. Tato bilaterální struktura je příčinou kadeřavosti vlny.
- **Dřev (Medula)** – vnitřní část vlněného vlasu. Jemné vlákna vlny tuto část nemají, nachází se jen u vln hrubších, kde tvoří buď souvislou, nebo přerušovanou tkáň. Na mikroskopickém pohledu je dřev tmavší než kůra. Při příliš silné dřevě je vlněné vlákno málo pružné a velmi křehké. [6] [8]

2.3. Vlastnosti vlněného vlákna

U vlněného vlákna určujeme řadu vlastností, díky kterým se ovčí vlna řadí mezi velmi žádané textilní materiály. Mezi základní fyzikální a geometrické vlastnosti řadíme délku, jemnost a její klasifikace, zkadeření a lesk vlákna. Další skupinou vlastností jsou vlastnosti mechanické. Do této skupiny patří vlastnosti pevnost, tažnost, hygroskopičnost, bobtnavost a plstivost.

2.3.1. Fyzikální a mechanické vlastnosti

Délka vlněného vlasu

Existují dvě skupiny délek. Přirozená délka vlasu (tzn. měřená bez napětí zkadeřené vlny) nebo skutečná délka, kdy se zkadeření vyrovná napětím. Přirozenou délku 40–55 mm a skutečnou 65–70 mm mají jemné vlny. Hrubé pak mají přirozenou délku 120–240 mm a skutečnou 140–250 mm. Z toho vyplývá, že jemná vlna je více zkadeřená než vlna hrubá. [6]

Jemnost

Jemnost vlněného vlákna lze udávat více způsoby. Jako jeden ze způsobů lze uvést rozměrem průměru vlákna, tedy za předpokladu, že má vlákno kruhový průřez. Dále pak lze jemnost vlněného vlákna udávat v texech nebo militech, německou stupnici (značí se velkými písmeny od AAAA – nejjemnější až do F – nejhrubší), nebo také dle čísla příze, která z ní lze vypřádat – Bradfordská stupnice. V této stupnici se jemnost vlny označuje 50 °s znamená to, že z této vlny můžeme vypřádat příze až do Čm 50, tj. 11,8

tex. Obecně platí, že čím je vlákno jemnější, tím je i jeho průměr menší. Naopak hrubší vlákna jsou tlustší, tedy jejich průměr je větší. [9] [6]

- 1) Jemná vlákna – max. průměr ($\emptyset$) = 22,04 μm
- 2) Střední vlákna – max. průměr ($\emptyset$) = 22,05 – 30,99 μm
- 3) Hrubá vlákna – max. průměr ($\emptyset$) = 31 – 36,19 μm
- 4) Velmi hrubá vlákna – max. průměr ($\emptyset$) = nad 36,2 μm [9]

Zkadeření (obloučkovitost)

Tvar vlněného vlákna není vždy rovný, vždy je více či méně zkadeřený. Na míru zkadeření může mít vliv mnoho faktorů. Zkadeření úzce souvisí s jemností vlny. Jemnější vlna na určitou délku má více obloučků než vlna hrubší. Díky této skutečnosti lze konstatovat, že zkadeření je podstatnou vlastností vlny merino. Vlna ovce kříženecké je jen mírně zvlněná a u ovcí nížinných chybí i toto mírné zvlnění. Udávaná hodnota zkadeření u jemné vlny je 120 obloučků/cm, střední jemnosti mají 80 obloučků/cm, málo zkadeřená vlna má pouze 2-5 obloučků/cm. [8] [10]

Lesk

Tato vlastnost je odvíjena od stavby pokožky vlasu. Jemné vlny, které mají hustě šupinkovou strukturu pokožky mají lesk hedvábný až stříbrný. Hrubší vlny s většími šupinami na povrchu vlákna mají lesk více výrazný až sklovitý. Chlupy a pesíkové vlasy mají nežádoucí mastný vzhled. [8]

Pevnost

Patří mezi jednu z nejdůležitějších vlastností u textilních vláken. V praxi se pevnost posuzuje podle toho, jaký odpor klade vlněné vlákno uchopené na koncích na natahování až do úplného přetrhnutí. U vlněných vláken stejně jako u ostatních živočišných vláken ze srstí obratlovců, je pevnost poměrně malá. Obvykle se pohybuje mezi 0,9 – 1,8 N/dtex za sucha, za mokra je pak pevnost vlny ještě o 10-20% nižší. [6] [8]

Tažnost

Jedná se o vyjádření míry natažení vlákna, aniž by se přetrhnulo. Vlněné vlákno má udávanou tažnost za sucha mezi 20 až 35 %, za mokra se hodnota vyšplhá až na hodnotu 25 až 50 %. Ve zbobtnalém stavu vlákna může být vlákno potaženo o 70 až 80 %. Po uvolnění se však vrátí do původního stavu bez viditelných změn. [6]

Hygroskopičnost

Řadí se mezi nejčennější vlastnosti vlny, a to proto, že má velký vliv na její pružnost, tažnost, tvárnost, omak a hřejivost. Definovat hygroskopičnost lze jako schopnost vlněného vlákna přijmout vlhkost vzduchu. [8]

Bobtnavost

Vlněné vlákno ve vlhkém prostředí bobtná. Po delším čase v tomto prostředí změní svoji tloušťku až o 32 %. Na délce vlákna však najdeme jen nepatrný rozdíl. Při zvýšení tloušťky o 18 % se vlákno prodlouží jen o 1 %. Díky velké bobtnavosti je vlna schopna pojmout velké množství tekutiny (např. vody) bez toho, aby byla na omak vlhká. [8]

Plstivost

Plstění vlny je zapříčiněno vzájemným pohybem vláken. Vlákná se vzájemně zachycují a vytvářejí souvislou plst. Tuto vlastnost mají ovšem jen vlákna s šupinkovou strukturou. Dále tato vlastnost závisí na tvárnosti a tažnosti vlny při užití poměrně malé síly. Vlna jemná má plstivost vyšší než vlna hrubá. [6] [5]

2.4. Reakce ovčí vlny na přirozené vlivy a chemikálie

Působení vody a vodní páry na vlnu

Mimo světla přijde vlna do styku nejčastěji s vodou. Povrch surové vlny je hydrofobní a špatně se smáčí, jelikož je vlákno pokryto tukem. Samotné vlněné vlákno je však hydrofilní, dobře přijímá vodu. Ve vlhkém prostředí vlna může přijmout až o 30 % i více vody a na omak se nebude zdát vlhká. Ovšem vlna dána do vodného prostředí může přijmout i více jak 100 % vody. Přijetí takového % vody znamená bobtnání vlákna a tím zvětšení jeho průměru. Za standartních klimatických podmínek (tj. 20 °C a 65 % vlhkost vzduchu) má již praná vlna 13–17 % vlhkost. Vodní páry mají na vlnu téměř stejný vliv jako voda. Jaký vliv bude mít pára na vlnu, závisí na teplotě páry a době působení. [6] [8]

Vliv tepla na vlnu

Během zpracování je vlna podrobena suchému horku často. Téměř v každém v procesu je vlna sušena. Sušení se provádí horkým vzduchem. Vlna snáší mnohem lépe suché teplo než vroucí vodu. Při dlouhodobém působení 120 °C si suchá vlna ponechává všechny své původní vlastnosti. K destrukci za sucha dochází při teplotách nad 140 °C. Vlivem vlhkého horka ztrácí vlna pevnost a stává se tvárnou. [8]

Působení světla

Přímé sluneční paprsky ovčí vlnu poškozují již po několika hodinách. Snižují pevnost i pružnost vláken. V literatuře někteří autoři uvádějí, že po 400 hodinách působení slunečního záření ztrácí vlna až 80 % pevnosti. Vlna bílé barvy na světle žloutne. [6]

Působení kyselin

Vlna dobře odolává působení kyselin organických a anorganických, nicméně to neznamená, že kyselinám vzdoruje za každých podmínek. Při působení některých zředěných kyselin nastává bobtnání vlny, sorpce kyseliny a hydrolýza polypeptidických vazeb keratinu. V 80 % H_2SO_4 se vlna nerozpustí,

avšak absorbovaná kyselina již nejde odstranit praním, lze jí pouze zneutralizovat přidáním zásady do prací vody. Při varu v 20 % HCl se vlna úplně rozloží na jednotlivé aminokyseliny. [6] [10]

Působení alkálií

Ovčí vlna je na působení alkálií mnohem citlivější než na kyseliny. Při styku se zásadou dochází k porušení vlněného vlákna, neboť mu odnímají síru a činí je lámavým. Koncentrované roztoky alkálií NaOH, KOH apod. za vyšších teplot vlnu rychle rozpouštějí. V 5 % hydroxidu sodném se vlna rozpustí za běžných teplot již za pár minut. Nejmenší destrukci vláken působí vlněnému vlákně uhličitan amonný, jinak nazývaný amonná sůl nebo také zředěný čpavek. [6] [10]

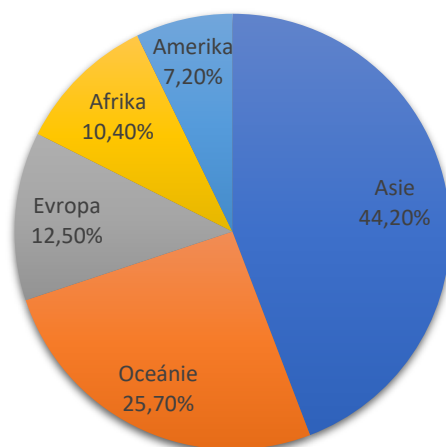
Keratin má vysoký obsah síry, a proto jsou vlněná vlákna mechanicky a chemicky velmi odolná. Vysoký obsah síry má také za následek obtížné zpracování ovčí vlny. Všechny druhy zásad porušují vlněné vlákno, neboť mu odnímají síru a činí jej lámavým. Při alkalické hydrolyze dochází k rozkladu aminokyselin (cystin, arginin, histidin a serin), přerušení vazeb a odštěpení síry. [6] [10]

Oxidační a redukční činidla

Působením oxidačních činidel se vlna znehodnocuje. Ztrácí svoji pevnost a zvyšuje se rozpustnost v alkáliích. Některé zředěné roztoky oxidačních činidel (například H_2O_2 a KMnO_4) se dají použít k bělení vlny, aniž by vlnu poškodily. Koncentrovanější roztoky ovšem vlnu poškozují. Redukční činidla působení převážně na kovalentní vazbu, kterou štěpí. [6] [10]

3. Celosvětová produkce ovčí vlny

Pro své výborné vlastnosti je vlna řazena mezi nejžádanější textilní surovinu. I přes velký zájem o tuto surovinu však produkce ovčí vlny nijak dramaticky nestoupá. Naopak v některých státech produkce výrazně klesá. Z celosvětové produkce všech vláken představuje produkce vlny pouze 3,51 %.

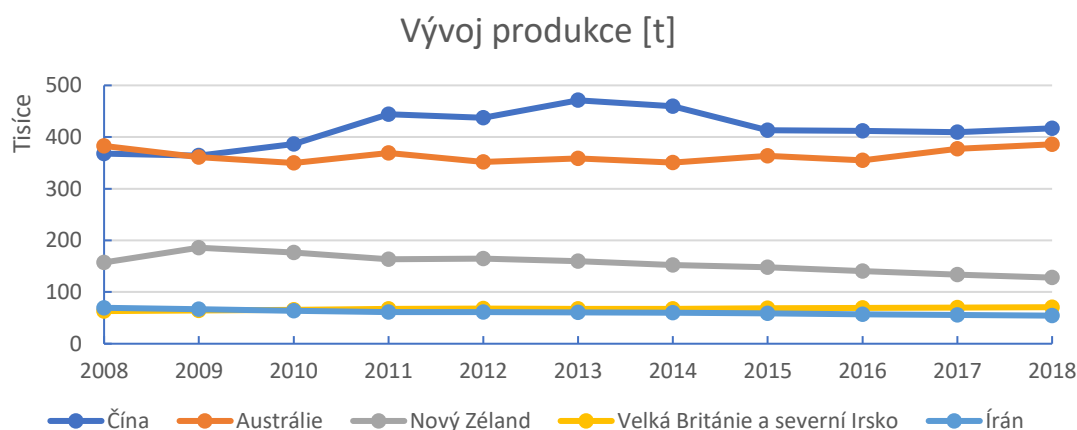


Obrázek 5 Procentuální produkce ovčí vlny [11]

Tabulka č.4 ukazuje součet hodnot produkcí za jednotlivé roky od roku 2008 do roku 2018. Tabulka je seřazená od největších po nejmenší producenty. Následně je na Obr. č. 6 vytvořen graf, který ukazuje vývoj produkce. Vybráno bylo prvních pět producentů ze sestaveného žebříčku. [11]

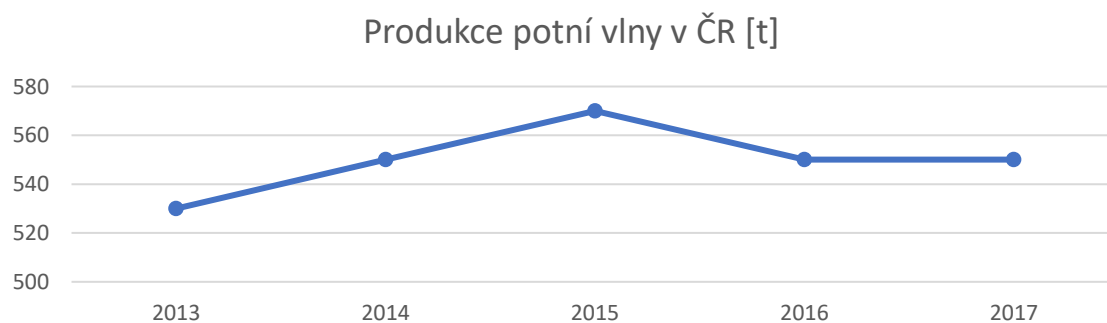
Tabulka 4 Žebříček největších producentů [11]

Název regionu	Součet produkcí od roku 2008–2018
Čína	4 581 185 tun
Austrálie	4 005 472 tun
Nový Zéland	1 710 235 tun
Velká Británie a Severní Irsko	742 065 tun
Írán	669 160 tun
Maroko	632 633 tun
Ruská federace	604 412 tun
Turecko	587 565 tun
Argentina	535 784 tun
Indie	494 223 tun



Obrázek 6 Vývoj produkce [11]

Produkce ovčí vlny v ČR



Obrázek 7 Produkce potní vlny v ČR [29]

Na Obr. č. 7 je patrné, že produkce ovčí vlny v České republice se od roku 2013 zvýšila o 20 tun. Největší produkci jsme zaznamenali v roce 2015.

3.1. Faktory ovlivňující produkci ovčí vlny

Hlavními faktory, které ovlivňují produkci a kvalitu vlny jsou typ plemene, výživa, zdravotní stav, pohlaví a věk zvířete. Za vedlejší faktory se považují hustota vlny a genetika dané ovce. [12]

- **Plemeno**

Největší produkci nejkvalitnější ovčí vlny mají ovce typu merino. Naopak nejmenší produkce je pak dokázána u plemen rustikálních. Další faktor, který ovlivňuje produkci vlny, kromě již zmiňovaného plemene, je i šlechtění ovcí. Například u křížení ovcí typu suffolk a Texel dochází o zvýšení produkce o 17 % než u čistokrevných plemen. [12]

- **Výživa**

Výživa jednotlivých chlupů, která je zajištěna pomocí folikulů mohou mít jistý vliv na míru produkce a charakteristiku rouna. Dostatečný obsah bílkovin v krmivu má za následek pozitivní vliv na délku, hustotu, pružnost, tažnost, lesk a kvalitu vyprodukované vlny. Rychlost růstu vln a množství závisí na obsahu aminokyselin cystinu přijatého z krmiva zvířete. Aminokyseliny, které se podílejí na stavbě keratinu se nazývají cystin, cystein a metionin. Vyjmenované aminokyseliny mají vliv na obsah síry ve vlněném vlasu. Z dostupných výzkumů je známo, že přechodem z krmiv s nízkým obsahem bílkovin na vyšší obsah bílkovin bylo dosaženo zvýšení čisté produkce vlny o 33 %, průměr vlákna se zvýšil o 8 % a rychlost růstu vláken o 26 %. [12]

- **Zdravotní stav a pohlaví**

Jen zdravá zvířata mohou přijatou potravu přeměnit pomocí fyziologicky – chemických procesů při trávení na vlnu. Nemocné ovce produkují vlnu mnohem pomaleji, jejich vlna je jemnější a na některých částech těla odpadává. Obecně se uvádí, že větší produkci vlny dosahují samci, a to až o 20–30 %. [12]

- **Věk**

Zde platí, že čím je ovce starší, tím větší produkce vln dosahuje. Vrchol produkce o ovcí nastává v rozmezí od 3 do 5 let věku zvířete. [12]

- **Hustota vlny a genetika**

Zvíře, které má větší plochu těla bude mít větší produkci vlny. Avšak v případě záhybů dochází k problémům s kvalitou vlny, především pak z pohledu délky a jemnosti. Hustota vlny má značný vliv na kompaktnost a uzavřenost rouna, a tím i na produkci vlny, kde obecně platí, že čím je hustota vlny větší, tím je i produkce vyšší. Výtěžnost vlny je též ovlivněna hustotou, kdy platí, že čím je hustota vyšší, tím je také výtěžnost vlny vyšší. Genetika ovce ovlivňuje produkci a kvalitu vlny, a to především

pigmentaci, kvalitu vlny a keratinové proteiny. Proteiny jsou důležité pro morfologii vlněného vlasu. [12]

3.2. Využití ovčí vlny v ČR

Ovčí vlna patří mezi nejcennější a nejstarší přírodní vlákno na trhu. Oproti ostatním přírodním vláknům má výborné termoizolační vlastnosti a schopnost dobře odvádět vlhko od těla. Vlna je schopna pohltit vodu až do 35 % vlastní hmotnosti. Ovčí vlna obsahuje vysoký podíl lanolinu a díky tomu je samočisticí. Vlněná vlákna tvořena především keratinem zabraňují množení virů a bakterií, a proto jsou vhodná i pro alergiky. Vlněné výrobky v mrazivých dnech dobře zahřejí, v létě ale naopak příjemně chladí. Mezi nejčastější výrobky tvořené z ovčí vlny na území ČR patří především obuv a oblečení (pantofle, bačkory, papuče, baleríny, sandály, kabáty, vesty, mikiny, župany atd...) a zdravotní pomůcky (pásky a bandáže, zdravotní obuv, zdravotní ponožky nebo lůžkoviny, ortézy z vlny merino a opěrky). [13] [14] Nejen u nás ale i ve světě je přibližně 80 % produkce ovčí vlny používáno v textilním průmyslu. Zbývajících 20 % je využito v ostatních odvětvích jako je například stavebnictví a medicína. [12]

3.3. Aktuální nakládání s vlněným odpadem

Vlněný odpad

V celém dodavatelském řetězci najdeme vlněný odpad v mnoha podobách, jako surovou vlnu z ovčích farem, zbytky vláken a látek z procesu výroby textilu nebo třeba obnošené oblečení od spotřebitelů. Největší zátěž představuje první zmíněná surová vlna. Jedná se o vlnu, která je ostříhaná z ovcí na farmách. Celosvětová produkce největšího producenta surové vlny je uvedena výše a dosahovala za období od roku 2008 do roku 2018 hodnoty 4 581 185 tun. Celá tato produkce není vhodná k zpracování v textilním průmyslu. Jak už bylo v této práci uvedeno, každý vlas vlněného vlákna má jiné vlastnosti a jinou kvalitu, proto pouze malá část vyhovuje a vstupuje na trh na další zpracování. [9]

Ve Velké Británii je velká část chovu ovcí na farmách zaměřena především na maso a vlna je brána pouze jako vedlejší produkt. Ve většině případů tvoří jen 4 % pravidelného příjmu z farmy. Na Novém Zélandě se chovají ovce jak pro maso, tak pro vlnu, která tvoří až 25 % příjmů. Ovšem také tady je větší příjem z masa. Termín odpadní vlna je vyhrazen pro surovou vlnu, která již nenajde žádné jiné využití a musí s ní být nakládáno v souladu s nakládáním s odpady. [9]

Při výtěžnosti, která je uvedena v tabulce č. 3, je patrné, že z celkového součtu produkce bude velké množství odpadu. Při třídění a čištění vlny je to 10 až 15 % odpadu a při zpracování pak 12 až 15 %. Farmáři v dnešní době nemají mnohdy na výběr. Předpisy v oblasti životního prostředí jim ukládají povinnost ošetřit odpad z vlny a v krátké době zajistit jeho skladování nebo úplnou likvidaci. [15]

1) Vlna jako tepelný a zvukově izolační materiál pro zelené budovy

Zelená nebo jinak označována udržitelná budova je prvotní reakcí na obavy společnosti ze stopy v životním prostředí v souvislosti s odpady ze stavebních materiálů. Právě ve stavebnictví se za posledních pár let hledají možnosti využití obnovitelných zdrojů. Ve stavebnictví se vlna využívá například jako přírodní izolátor. Jednou z nevýhod při použití vlny jako izolátoru, je použití

konzervačních látek, které zabraňují napadnutí vlny hlodavci a moly. Další nevýhodou je snížení izolačních schopností při zvýšené vlhkosti (při zvýšení vlhkosti z 0 % na 30 % představuje pokles tepelné vodivosti o 28 %). Za hlavní výhodou lze naopak označit fakt, že oproti jiným izolátorům ovčí vlna sama o sobě nepředstavuje žádné zdravotní riziko. Použití vlny pro přírodní izolátor je stále novinkou na trhu, pořízení je tedy pro velké plochy velmi finančně náročné. Můžeme však říct, že je v tom jistá budoucnost. [9] [16]

2) Vlna jako vyztužení vláken z polymerních vlákenných kompozit

Vyztužené polymerní kompozity vlněnými vlákny patří mezi třídu technických materiálů vhodných pro spotřební zboží. Dále jsou vhodné pro použití v jednorázových obalech, automobilové a civilní infrastruktury. Účinnou, ale drahou alternativou jsou uhlíková nebo skleněná vlákna. Přírodní vlákna rostlinného nebo živočišného původu jsou jednak levná, a především patří do skupiny obnovitelných zdrojů. Tyto kompozity mohou dodat další vlastnosti jako je biologická rozložitelnost, nízká hustota a dobré tepelně – izolační vlastnosti. [9]

3) Vlna jako sorbent pro čištění ropných skvrn

Úniky ropy jsou předním problémem s ohledem na znečištění sladké a mořské vody, které následně potřebují rychlá, a hlavně účinná řešení. Hlavním cílem výroby tohoto sorbentu je snížení dopadu na životní prostředí a ekonomiku. Současně dostupné a používané syntetické oleje a adsorbenty se vyznačují jejich špatnou biologickou rozložitelností a problémy s jejich likvidací. Naproti tomu přírodní vlákna jsou v tomto ohledu na životní prostředí mnohem šetrnější. Šupinatý a nepravidelně drsný povrch společně s voskovitou hmotou působí na adsorpci oleje. Vědci vyvinuli z recyklované vlny netkané rohože vyrobené z 78 % vlny a 22 % použitého polyesteru. Jejich použití je však v současné době možné spíše na malé úniky ropy. [9]

4) Vlněné sorbenty pro úpravu vody znečištěnou těžkými kovy

Znečištění odpadních vod těžkými kovy je v dnešní době velmi probírané téma. Přítomnost těžkých kovů v odpadních vodách z různých průmyslových odvětví, je považováno za prioritní znečištění, kvůli jejich toxicitě a karcinogenitě, a to i v menším množství, než jsou povolené limity. Zachycení těžkých látek adsorpcí je dobře zavedenou technikou a vzrůstá tak o ní zájem. Materiály na bázi keratinu jako jsou vlny a perly vykazují výbornou sorpční kapacitu pro těžké kovy. Díky této vlastnosti se dá předpokládat, že ovčí vlna je dobrým kandidátem na levný bio sorbent pro čištění odpadních vod. Vlněné vlákno za surového stavu není snadno náchylné na sorpci, a to kvůli hydrofobitě kutikuly a pevně zabalené kůry vlákna. Adsorpční kapacitu lze zlepšit fyzikální nebo chemickým způsobem a tím zvýšit jejich účinnost. [9]

5) Vlněné prášky a jejich aplikace

Ekologické zpracování vlny v jiných odvětvích, než v oděvním průmyslu je mechanické zpracování vlněných vláken. Prášek se získává řezáním a namletím vláken. Pro tuto operaci je potřeba velké množství elektrické energie. Ovčí vlákna mají vysokou pevnost v tahu a prodloužení vláken. Proto se

před jejich zpracováním provádí chemické předúpravy na podporu křehkosti vláken. Pro vlněné prášky a jejich aplikaci se používají jemné vlny typu merino. [9]

6) Pokročilé uhlíkaté materiály z vlny

Aktivované uhlíky (AC) se dlouho získávají z dřevěného uhlí. Jejich použití se dá označit za univerzální absorbenty pro různé organické druhy. Vlákná, které obsahují aktivní uhlí (ACF) mají oproti klasickým AC řadu výhod: vyšší povrchovou plochu a adsorpční kapacitu vlákna. Za poslední roky byla vyvinuta výroba aktivovaných uhlíků z levnějších obnovitelných zdrojů. Čistý organický uhlík tvoří 50 % hmotnosti vlny. [9]

7) Biokonverze odpadu z vlny

V biokonverzi je hlavním cílem produkce ekologického hnojiva a doplňků krmiv pro zvířata. Základem je najít využití pro surovou ovčí vlnu, která má mnoho důležitých živin pro růst rostlin – obsahuje vysoký podíl dusíku, síry a uhlíku. Vlna přidána k organickým složkám v substrátu mění jejich chemické a fyzikální vlastnosti. Při alkalické hydrolýze dochází k tvoření keratinových materiálů, které jsou snadno dostupným zdrojem živin a lze je pak použít pro výrobu hnojiv v zemědělství. [17] [9]

Při výzkumu v roce 2005–2009 byl proveden pokus ve Výzkumném ústavu rostlinné zeleniny v Polsku. Cílem tohoto výzkumu bylo zjistit, zda a jaký bude mít vliv na růst a výtěžnost přidání vyprané ovčí vlny k rašelinovému substrátu. Pokus byl prováděn na třech různých plodinách – rajčatech, lilku a pepři rostoucích v nevytápěných sklenicích. Výsledky prokazatelně ukazují, že přidání vlny k substrátu vedlo k výrazně většímu výnosu hlavně pak u rajčat. V případě lilku nebylo prokázáno zvýšení výnosu nýbrž nevýznamně byl zvýšen počet plodů na rostlinách, a to o 14 %. V případě pepře byl zjištěn větší výnos o 30 % a počet plodů se zvýšil o 16 %. Po vegetačním období (9 měsíců) vykazovala vlna stále velké množství minerálních sloučenin a organických nerozložitelných částic, což poukazovalo na bohatý zdroj živin i v dalším vegetačním období. Úprava substrátu vlnou způsobila také změnu chemického složení pěstebního média, a to zvýšenou slanost, obsah dusíku a snížený obsah P, K, Mg a Ca. Výsledky výzkumu potvrdily, že ovčí vlny může sloužit jako cenné a ekologické hnojivo v zemědělství. [17]

8) Bio materiály z vlněných keratinů a jejich aplikace v regenerativní medicíně

Keratin obsažen ve vlněném vlákne je univerzální biopolymer, který se stal pro tyto aplikace velmi atraktivní. Proces, při kterém vzniká keratin v buňkách, ale i větších strukturách bohatých na keratin nazýváme keratinizace neboli rohovatění. Při tomto procesu vzniká na kůži vrstva, která slouží jako ochrana před mechanickým poškozením. U kosmetických přípravků se slovo keratin objevuje hodně často. V tomto případě se jedná o hydrolyzovaný keratin, který se získává z hydrolýzy ovčí vlny. Nejčastěji najde využití v produktech pro péči o vlasy či pleť (masky, šampóny a kondicionéry). Tyto produkty mají hydratační, vyhlazující a zjemňující účinky. [9] [18]

4. Hydroponie

Jedná se o způsob pěstování rostlin bez běžné zeminy. Běžná zemina, ve které jsou pěstovány rostliny obsahují řadu prvků, které potřebují k růstu. Substráty používané v hydroponii tyto prvky nemají. Náhradou za živiny uložené v půdě je živný roztok, kde jsou veškeré potřebné složky, které rostliny potřebují ke svému růstu. Jeho dodání ke kořenovému systému rostlin je pomocí různých systémů. Existuje více variant, jak lze tyto hydroponické systémy rozdělovat. Označení hydroponie pochází z řeckých slov „hydro“ – voda a „ponos“ – práce. Tento způsob pěstování nejen rostlin, ale i zeleniny a ovoce je u nás znám velmi krátce. Pěstování bez zeminy má jak pozitivní, tak negativní stránku. Za tu pozitivní můžeme označit čisté rostliny bez zbytků zeminy (např. hlíny) nebo rychlost pěstování, a to až o 50 %. [19]

V současné době se hydroponie nejvíce využívá ve dvou oblastech [20]:

- 1) Ve velkých provozovnách při pěstování květin a některých zelenin ve sklenících, kde je využita moderní technologie k dosažení vysoké a kvalitní produkce. Současně se hydroponie používá při pěstování květin v interiérech společenských, jako jsou kanceláře nebo obchodní prostory, ale také v domácnostech.
- 2) Vědecké laboratoře a pokusné stanice jsou druhá oblast, kde je hydroponie v dnešní době hojně využívána.

Výhody hydroponického pěstování [20]

- Lze pěstovat monokultury – na jednom místě je pěstován výhradně jeden druh rostlin
- Snadnější dávkování živin – dle požadavků rostlin
- Pěstování není závislé na zemině a jejích vlastnostech
- Lze dosáhnout větší a kvalitnější produkce
- Vyšší produktivita práce

Nevýhody hydroponie [20]

- Investiční náklady jsou vysoké
- Vyžaduje moderní technologie a kvalifikaci pracovníků
- Vyšší riziko pěstování – poruchy, choroby, ...

Stejně jako moderní technologie se vyvíjejí i různé hydroponické systémy, které lze rozdělit do dvou skupin [20]:

1. Způsob pěstování
 - Bez substrátový – v živném roztoku
 - Substrátový – živný roztok je dodáván do média (substrátu)
2. Podle oběhu živného roztoku
 - Uzavřený oběh živného roztoku
 - Otevřený oběh živného roztoku

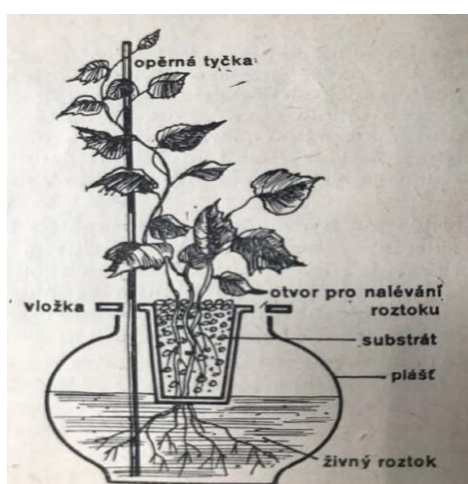
Bez substrátový systém hydroponického pěstování rostlin je pouze v živném roztoku. Vyžaduje uzavřený oběh živného roztoku. Jeho největší výhody spočívají v úspornosti (nižší pořizovací náklady, levný provoz) a je šetrný k životnímu prostředí. V tomto systému mohou nastat jisté komplikace spojené s aerací (provzdušňováním), proto je nutné instalovat provzdušňovače. Jedním z příkladů tohoto systému je NFT systém, kde se živný roztok rozstříkuje, respektive rozprašuje (aeroponnie) do prostředí. [20]

Substrátový systém hydroponie vyžaduje určitý druh pěstebního média, jako podporu pro kořenový systém rostlin. Původně sloužil jako jediný použitelný substrát písek – pískové kultury. Postupem času se vyzkoušely i další materiály jako je keramzit, perlit, pemza, kokosová vlákna a minerální vata. Druhy hydroponických systémů jsou již popsány níže. Dle oběhu živného roztoku může být tento systém:

- Uzavřený: živný roztok se dává ve stabilní hladině (nejčastěji pak 3 cm) a podle potřeby se doplňuje vodou. Zde se jako nejčastější systém uvádějí speciálně upravené stoly, které v určitém intervalu snižují a zvyšují hladinu živného roztoku a tím i dodávají potřebný kyslík pro kořenový systém rostlin.
- Otevřený: živný roztok je dávkován k rostlinám postupně pomocí kapkové závlahy. Touto závlahou je možné dodávat k rostlině potřebné množství živin i vody. [20]

Popis základního vybavení pro hydroponii

- 1) **Substrát** – slouží k upevnění rostliny a zajišťuje přívod vzduchu a vody
- 2) **Vnitřní nádoba** – do této nádoby je vložena rostlina společně se substrátem
- 3) **Živný roztok** – vodný roztok obohacen o živiny
- 4) **Vnější obal (plášť)** – dekorační nádoba, do které je vložena vnitřní nádoba s rostlinou
- 5) **Opěrná tyčka** – slouží k zapření rostliny, místo opěrné tyčky bývá s některých sestavách měřič stavu vody [21]



Obrázek 8 Schéma pasivní hydroponie [22]

4.1. Substráty

Výběr správného substrátu je první klíč k úspěchu v hydroponickém pěstování. Zemina, ve které pěstujeme rostliny, má mnoho jiných vlastností než substrát používaný v hydroponii. Hlavní podmínkou pro tyto substráty je nulové ovlivňování chemického složení živného roztoku, tedy aby substrát nebyl chemicky upravován. Velmi důležité je také vysoká tolerance vlhkosti. V minulosti se používaly substráty výhradně přírodního původu, jako byl štěrk, různé drtě nebo organický rašeliník. Mocný vývoj stavebního průmyslu přinesl další hmoty, které jsou dodnes určeny převážně k tepelné izolaci – perlit nebo také pemza, keramzit. Největší předností těchto substrátů je jejich nízká hmotnost, cena a velká dostupnost. Postupem času lidé zkoušeli další substráty, které jsou přírodního původu. Nejlepší výsledky se pak ukázaly s keramzitem, perlitem, kokosovým vláknem a minerální vatou odborně nazvanou rockwool. [22]

Keramzit

Na první pohled se jedná velmi lehké, vzdušné kuličky páleného jílu. Mezi jeho přednosti patří dlouhodobá živostnost a cenová dostupnost. [23]

Rozdělení keramzitu

- **2–4 mm** – Jemná zrnitost se používá pro rozmnožování rostlin, kořeny v této zrnitosti rychleji zakoření. U této zrnitosti se však musí udržovat nízký stav vody ve vnitřní nádobě jinak dochází k přemokření.
- **4–8 mm** – Tato zrnitost se nejčastěji používá pro mladé rostliny, které zasazujeme do menších nádob vysokých maximálně 9 cm.
- **8–16 mm** – Tento granulát je nejvhodnější pro nádoby vyšší než 9 cm. Poskytuje kořenům nejlepší přístup vzduchu a vody. [19]

Perlit a pemza

Oba tyto substráty jsou vulkanického původu hornin. Používají se buď samostatně, nebo smícháním s dalšími substráty, nejčastěji pak s kokosovým vláknem. [23]

Kokosové vlákno

Jako jediný ze všech substrátů se nejvíce podobá zemině. Jde o drcená kokosová vlákna, která mají výborné vedení vody. Obsahují v sobě bakterii zvanou trichoderma, která podporuje proces růstu kořenového systému rostlin. [23]

4.2. Výživa v hydroponii

Běžná zemina obsahuje velké množství organických a anorganických látek, díky kterým rostlina zvládne růst i bez většího přísunu hnojiv. Médium, které se používá v hydroponických systémech je přírodní, a proto je bez všech těchto látek. Proto je důležité doplňovat všechny tyto živiny jiným způsobem. Abychom mohli určit, jak správně vyživovat a pečovat o naše rostliny, měli bychom vědět, z čeho jsou složeny. Organická hmota rostlin je tvořena čtyřmi prvky: N (dusík), O (kyslík), H (vodík) a C (uhlík).

Všechny tyto prvky tvoří až 90 % celé hmotnosti rostliny. Když víme, z čeho je organická hmota rostliny složena je důležité si uvědomit, co z vnějšího prostředí potřebují k životu. Aby nám rostlina dobře prospívala, je potřeba zajistit pět věcí z vnějšího prostředí, a to světlo, oxid uhličitý, kyslík, vodu a živiny, které se rozdělují na makro a mikro živiny. [24]

- **Světlo** – důležitá složka k provedení procesu fotosyntézy
- **Oxid uhličitý** – stejně jako kyslík ho rostliny potřebují, aby mohly dýchat
- **Voda** – funguje jako transportní médium
- **Živiny** [24]

Rostlinné živiny a jejich rozdělení

Živiny můžeme definovat jako látky, které organismus přijímá a vyžaduje je k projevu všech svých životních funkcích. Všechny živiny můžeme rozdělit do tří skupin podle obsahu prvků v rostlině a jejich výskytu na:

- **Makroprvky** (makroživiny) – v rostlinách se vyskytují od několika desetin do desítek procent. Patří sem: C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S.
- **Mikro prvky** (mikroživiny) – jejich obsah je zpravidla nižší než 0,05 %. Řadí se sem: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl, Ni, Co.
- **Prvky užitečné** – pro tyto prvky je charakteristické, že nepotřebují všechny rostlinné druhy a jejich obsah může dosahovat vysokých hodnot. Patří sem např. Na, Al, Si aj. [20]

Význam hlavních makro prvků

Dusík – N

Dusík patří mezi nejzákladnější stavební prvky sloučenin živé hmoty – bílkovin. Jeho nepostradatelnou funkci potřebují nejen rostliny ale všechny organismy, včetně půdních mikroorganismů. Jedním ze zdrojů dusíku jsou rostlinné nečistoty. **Nedostatek** dusíku se od počátku vegetace projevuje omezením tvorby bílkovin, což má za následek omezení růstu rostlin a tvorby listů, stébel atd. Při nedostatku N jsou rostliny slabší a nižší, často mají světlejší barvu a jsou nevyrovnané. **Nadbytek** dusíku není zas až tak častým jevem. Když už tato situace nastane, projevuje se většinou skrytě. Působení příliš velkého množství dusíku je rozdílné podle druhu rostlin. Velmi citlivé na nadbytek N jsou (květák, zelí, salát aj.) [25] [20]

Fosfor – P

Správné množství fosforu podporuje plodnost rostlin a urychluje jejich vývoj. Působí opačně než nadbytek dusíku. První projevy **nedostatku** fosforu lze pozorovat již v nejmladších stádiích vývoje rostlin. U starších rostlin začnou špičky listů hnědnout, zasychat a rychle odpadávají. **Nadbytek** fosforu se projevuje stejným způsobem jako nadbytek draslíku. [25] [20]

Draslík – K

Přítomnost draslíku v rostlinách je důležitá především pro tvorbu cukrů a škrobu. Při dostatku draslíku jsou rostliny odolné proti mrazu a polehávání. Většina rostlin má dostatek zásoby draslíku uložených v semeni, tudíž **nedostatek** K se projeví až po vyčerpání zásob. Jako první se začnou listy od okrajů

kroutit a hnědnout. Kořeny rostlin při nedostatku draslíku jsou žluté a málo rozvětvené. Hlavním problémem při **nadbytku** draslíku je porucha příjmu vápníku a hořčíku. Na listech se tvoří bledé skvrny, které později zhnědnou. Následně hnědé části listů vypadnou a listy jsou proděravěné, uschlé a odpadávají. [25] [20]

Vápník – Ca

Význam vápníku spočívá v tom, že na sebe váže jako báze nadbytek kyselin, které rostlina tvoří při výměně látkové. Každá rostlina má nároky na vápník rozdílné. Některé vápník vyžadují více, říká se jim vápnomilné. Druhou skupinu tvoří rostliny, které se nazývají vápnobojné. První příznaky **nedostatku** vápníku můžeme pozorovat na kořenech, které jsou krátké, ale velmi rozvětvené, nitkovité. Mladé listy jsou žluté. Výhonky rostlin jsou hnědé a často brzy hynou. [25] [20]

Hořčík – Mg

Hořčík patří mezi prvky, které jsou nepostradatelnou složkou zeleně listové, chlorofylu. V semenech listů bývá více hořčíku než vápníku, a to proto aby už tvorba zeleně nebyla zbržděna již v mládí rostlin. Projevy **nedostatku** hořčíku se objevují převážně jako poruchy zeleně listové. Listy hromadí místem více zeleně a mezi těmito místy vyniká bělavě žlutá barva, kdežto žebra listů drží dosud nezměněnou zelenou barvu. **Nadbytek** hořčíku porušuje příjem fosforu. Kořeny rostlin nadměrně rostou, naopak květy a plody nikoliv. Listy jsou tmavé, kroutí se a při větším množství slunečních paprsků schnou a odpadají. [25] [20]

Železo – Fe

Rostliny železo potřebují pro činnost zeleně listové, a to i přestože není součástí tohoto pigmentu. Znakem **nedostatku** železa je bledost rostlin. Rostliny vypadají podobně, jako by měly nedostatek světla. Projevy **nadbytku** železa jsou mírné. Ve většině případů zastavení tvorby kořenového systému má za následek uhynutí rostliny. [25] [20]

5. Čočka jedlá

Čočka jedlá je jednoletá popínavá rostlina, která patří do čeledi bobovitých. Tato luštěnina se řadí mezi nejstarší kulturní plodiny. Výška rostliny dosahuje výšky až 0,2 – 2,6 m, a stonek je mírně poléhavý. Listy jsou mírně chlupaté a složené ze 3-6 dvojic podlouhlých lístků. Semena se ukrývají v lusku. V jednom lusku můžou být až dvě semena o průměru cca 2-9 mm. V současné době najdeme na trhu mnoho odrůd. Liší se hlavně barvou semen. Nejčastěji pak se používá čočka zelená a žlutá. Podle velikosti můžeme čočku rozdělit do dvou skupin:

- Velkozrnná – průměr semen 5-8 mm
- Drobnozrnná – průměr semen 2-5 mm

Čočka se skládá převážně z bílkovin (26 %). Dále pak semena obsahují vysoký podíl vitamínu skupiny B, fosfor, hořčík a vápník, zinek, železo, měď, síru, zinek aj. Mezi další prvky patří například kyselina listová a lecitin. [26]

5.1. Požadavky pro pěstování

K správnému pěstování čočky je potřeba lehčí, písčitohlinité půdy. Zároveň by měla být půda dobře propustná pro vzduch a vodu. Důležitým faktorem pro správný růst je dobrá zásoba vápníku, dále pak hnojení draslíkem a fosforem. Naopak hnojení dusíkem není potřebné. Klíčení semen probíhá nejlépe při teplotě 4-5°C. Pro pěstování lze použít běžně prodávanou čočku, která není loupaná ani nijak upravená. Vyhovující půda pro čočku by měla být zásaditá, což odpovídá pH – nad 7. [26]

6. Experiment

Cílem experimentální části bylo využít odpadní vlněná vlákna jako hnojivo pro rostliny a ověřit, zda nově vytvořené hnojivo je účinnější než běžně dostupné hnojivo za modelových hydroponických podmínek.

Prvním krokem ke správnému pěstování v hydroponických systémech je především výběr vhodného substrátu tak, aby vyhovoval rostlinám a dodával jim dostatečnou oporu při růstu. Pro experiment byly vybrány tři substráty – keramzit, kokos smíchaný s perlitem a filtrační písek.

Druhým krokem je výběr druhu hydroponického systému, kde byl zvolen pasivní hydroponický systém se substrátem.

Tento systém byl vybrán především díky jeho jednoduchosti a dostupnosti. Potřebujeme zde pouze základní hydroponické vybavení – substrát, nádobu, živný roztok a opěrnou tyčku.

Na začátku byly provedeny dva pokusy. Z těchto pokusů byl vybrán nejvhodnější substrát a nádoba, ze které byl vytvořen hydroponický systém.

6.1. Výběr vhodného substrátu a hydroponického systému

Výběr vhodného substrátu a hydroponického systému byl rozdělen na dva pokusy. V každém byly vyzkoušeny jiné nádoby a jiné médium na pěstování.

1. Pokus

Výroba hydroponického systému

Pro první pokus byl vybrán běžně dostupný sadbovač. Do vnitřních černých nádob byly přidělány díry tak, aby se kořenový systém rostliny jednoduše dostal k živnému roztoku, což je dobře vidět na Obr. č. 9. Vnitřní nádoby se musely podepřít špejlemi, aby neseděly přímo na vnější nádobě a kořeny rostlin tak měly dostatek prostoru k růstu.



Obrázek 9 Sadbovač

Použitá semena a jejich klíčení

Pro tento pokus byla zvolena semena čočky jedlé, ředkvičky a salátu. Semena čočky jako jediný z vybraných semen musela klíčit mimo hydroponický substrát. Čočka byla namočená na 12 h do vody,

aby nabobtnala a rychleji vyklíčila. Po 12 h ve vodě byla čočka rozložena na vatu. Druhý den se čočka mohla přesadit do připravených hydroponických nádob. Ředkvička a salát proces klíčení absolvovaly již v hydroponických nádobách naplněných keramzitem. Semena ředkvičky i salátu byla vyklíčena po čtyřech dnech. Již vyklíčené rostliny jsou zobrazeny na Obr. č. 10.

Použitý substrát



Obrázek 10 Vyklíčená semena v hydroponických nádobách

Jako první substrát byl vyzkoušen keramzit. Jak už je výše v teoretické části práce uvedeno, jedná se kulíčky páleného jílu. Zrnitost byla vybrána 4–8 mm, která se používá v nízkých nádobách. Do vnější nádoby byla nalita destilovaná voda, která sloužila jako živný roztok. Vnitřní nádoba byla naplněna do poloviny keramzitem.

Proces růstu a hodnocení pokusu

Do vnější nádoby byla dolévána voda tak, aby byly kořeny rostlin ponořené ve vodě. Rostliny byly sledovány po dobu 30 dní. Postupně jak rostliny rostly, byl doplňován keramzit, aby byl dostatečnou oporou pro rostliny. Po 15 dnech byly ředkvičky rozděleny tak, aby měly mezi sebou alespoň 2 cm místa.

Sadbovač nebyl vhodně zvolený druh nádoby na hydroponii. Pro rostliny byl příliš nízký a vnitřní nádoby neměly dostatečné otvory pro kořenový systém rostlin. Kořeny zůstaly v nádobách a postupně uhnívaly. Zvolený druh substrátu nebyl téměř žádnou oporou pro rostliny. Rostlinky po dosažení určité výšky se začaly kácet a jejich růst se zastavil. Následně začaly jako první neprospívat ředkvičky, kterým po dosažení 3-4 listů a výšky v rozmezí od 7-10 cm začaly vadnout listy a došlo k uhynutí rostlin. Rostliny salátu prospívaly do výšky 5 cm. Následně i rostliny salátu uhynuly. Čočka na tom byla o poznání lépe. Při dosažení 6 cm byla podepřena opěrnou tyčkou – v tomto případě byla použita špejle. Výška čočky dosáhla 10-15 cm. Avšak rostliny čočky neprospívaly, což bylo znát na jejich listech. Listy se kroutily a po nastudování zkušeností jiných pěstitelů bylo zjištěno, že samotný keramzit po určité době mění hodnotu pH vody, což čočce jedlé nevyhovuje.

2. Pokus

Výroba hydroponického systému

Jak už je uvedeno, v prvním pokusu bylo zjištěno, že byla zvolena špatná nádoba na hydroponický systém. Sadbovač, který byl příliš nízký, byl pro druhý pokus nahrazen průhledným boxem o rozměrech 33,5 x 19 x 12 cm. Box byl obalen alobalem, aby se zamezilo vzniku zelené řasy od slunečních paprsků. Podobu hydroponického boxu můžeme vidět na Obr. č. 13. Pokus byl prováděn opět na třech rostlinách – čočky jedlé, ředkvičky a salátu. Proces klíčení byl zvolen na vatě v přikryté misce. Miska byla umístěna na světlo, aby byl urychlen proces klíčení. Semena byla každý den rosena vodou. Po 4 dnech byly rostliny připraveny na přesazení do hydroponických nádob. Velikost rostlin, které byly připravené na přesazení můžeme vidět na Obr. č. 12. Nádoba byla naplněna substrátem do 5 cm. Sledování výšky hladiny vody v nádobě bylo vyřešeno injekční stříkačkou, která byla upravena tak, aby mohly být využity měrné hodnoty. Umístěna byla do rohu boxu. Box byl umístěn na okenní parapet a vyvážen do rovnováhy.



Obrázek 11 Proces klíčení semen



Obrázek 12 Vykličené rostliny

Použitý substrát

V tomto pokusu byl použit již jiný substrát. Keramzit byl nahrazen kokosovým vláknem smíchaným s perlitem v poměru 80:20. Kokosové vlákno bylo vybráno díky jeho vlastnostem podobné zemině a trichodermě, která podporuje růst kořenů. Smícháním těchto dvou substrátů bylo docíleno lepší prostupnosti vzduchu.

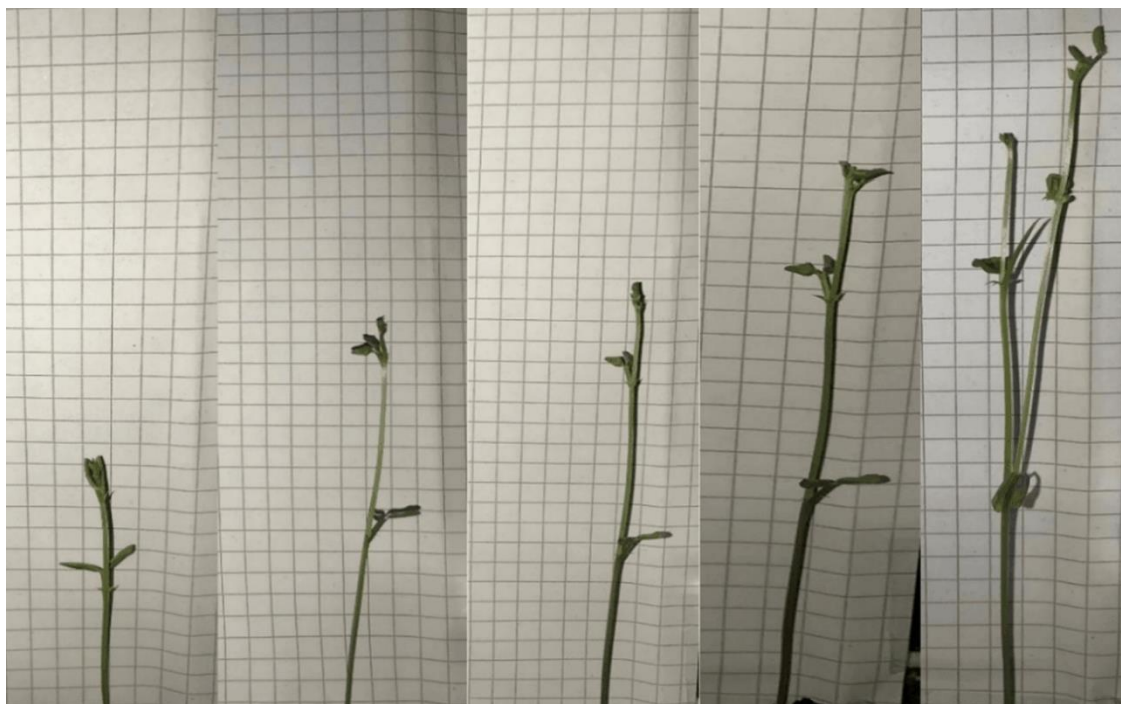


Obrázek 13 Hydroponie pokus č.2

Proces růstu a hodnocení pokusu

Vyklíčené rostliny byly přesazeny do hydroponie tak, aby měly okolo sebe dostatek místa. Do jednoho boxu bylo vloženo po třech rostlinách od čočky, ředkvičky i salátu. Pro sledování výšky jednotlivých rostlin bylo vytvořeno pozadí ze čtverečkováného papíru. Na tomto pozadí šlo přesně určit, o kolik rostlina vyrostla díky čtverečkům, kde dva nad sebou představovaly 1 cm. Fotky byly pořizovány po dobu 30 dnů každý druhý den. Z pořízených fotografií byla pak vytvořena jedna fotka, která sloužila jako průkazný materiál k porovnání výšky rostlin. Na Obr. č. 14 je dobře vidět, jaký progres v růstu za dobu sledování čočka jedlá dosáhla. Fotografie ukazuje výšku rostlin po 1 týdnu. Rostliny ředkvičky ani salátu nedosáhly výšky, která by šla dobře hodnotit. Z tohoto důvodu v posledním prováděném pokusu již bude použita pouze čočka jedlá pro dosažení co nejlepších výsledků na porovnání vytvořeného hydrolyzátu vlny s komerčním hnojivem.

Vytvořený hydroponický systém v tomto pokusu vykazoval lepší výsledky než v pokusu prvním. Fotky, které byly pořízeny, šly dobře zpracovat, avšak podmínky, za kterých byly foceny nebyly každý den konstantní. Proto byly vysledovány podmínky, za nichž byly fotky následně pořizovány. Použité médium (kokosové vlákno s perlitem) sice vykazovalo lepší výsledky než keramzit, avšak než rostliny dosáhly dostatečné výšky, médium chytlo plíseň a rostlinám se tak nadále tolik nedařilo. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že jako médium bude použit filtrační písek, který bude propláchnut a zbaven nečistot.



Obrázek 14 Proces růstu čočky jedlé

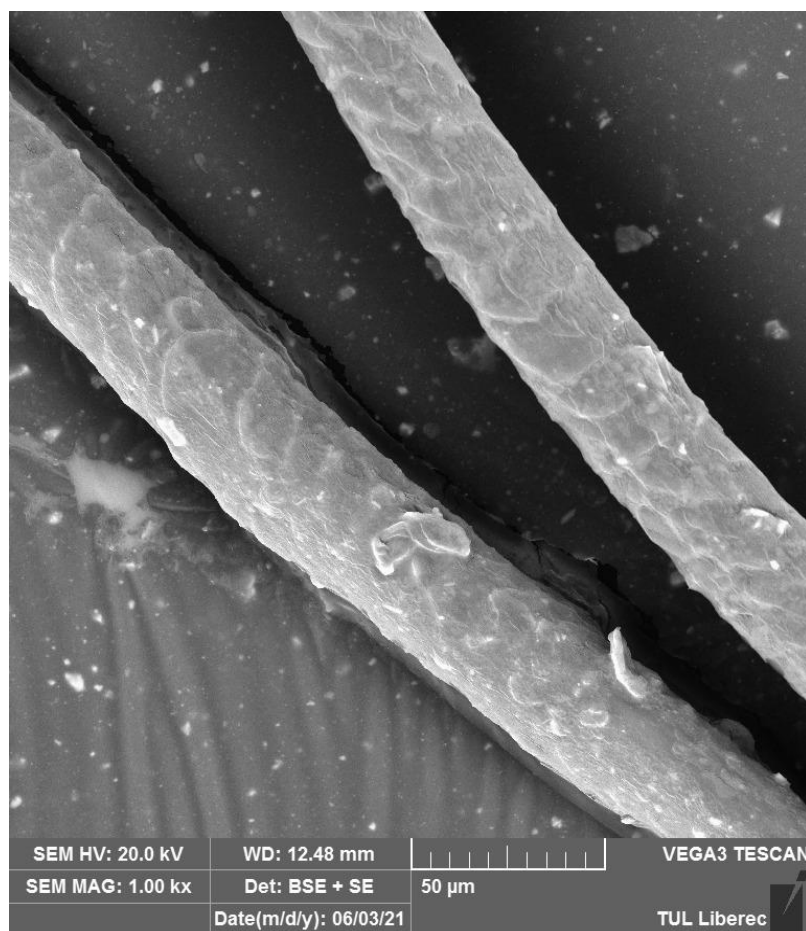
6.2. Vstupní materiál

Pro vstupní materiál byla použita ovčí vlna od pěti různých plemen ovcí. Struktura surové potní vlny těchto plemen je popsána v teoretické části práce.

U všech druhů vln byla provedena elektronová mikroskopie pro zjištění průměru vlněných vláken v mikrometrech. Jemnosti nejtestovanější vlny Texel byla 25 μm . Snímek z elektronové mikroskopie vidíme na Obr. č. 15. Snímky ostatních potních vln jsou k nahlédnutí v příloze č. 1.

Tabulka 5 Jemnost potních vln

Typ vlny	Jemnost
Texel	25 μm
Východofříská	50 μm
Alpská bílá	30 μm
Suffolk křížená s romanovskou ovčí	30 μm
Ouessantská	50 μm



Obrázek 15 Vlna Texel

Tabulka 6 Popis původu vstupního materiálu

 Východofríská vlna pochází z kozí farmy Pěnčín u Jablonce nad Nisou, která se specializuje na výrobu bio ovčích a kozích produktů.	 Vlna plemen Suffolk křížená s románskou ovčí pochází z Mírové pod Kozákovem z malé rodinné farmy. Tato farma je zaměřena na chov výhradně plemene Suffolk již od roku 2002 [27]
 Alpská bílá vlna pochází od soukromého zemědělce z Koberov v Jizerských horách.	 Vlna Texel má původ na ekofarmě Rytířova Lhota, která se nachází nedaleko Jičína.
 Jediná vlna černé barvy pochází z Ouessantská ovce od soukromého chovatele v Hrubém Lesnově nedaleko Liberce.	

6.3. Příprava hydrolyzátu vlny

6.3.1. Možné způsoby rozkladu ovčí vlny

Pro experimentální část bylo získáno pět druhů potních vln. Připravené vzorky potní vlny na rozklad byly o hmotnosti 10 g. Dohromady bylo vyzkoušeno pět rozkladů na optimalizaci postupu alkalické hydrolýzy.



Obrázek 16 Laboratorní váha

1. Rozklad

Při úvodní zkoušce byly provedeny tři rozklady. První dva proběhly pomocí hydroxidu draselného a jeden s kyselinou fosforečnou.

Tabulka 7 Použité chemikálie a jejich koncentrace

Pokus	Chemikálie	Koncentrace
1.	KOH	40 g.l ⁻¹
2.	KOH	40 g.l ⁻¹
3.	H ₃ PO ₄	100 g.l ⁻¹

Jako první byly naváženy vzorky potní vlny. Byla vybrána vlna od plemene Texel, od kterého bylo získáno nejvíce vlny. Následně byly připravené roztoky hydroxidu draselného o objemu 50 ml a koncentraci uvedené v tabulce č. 7.

První pokus byl prováděn na varné desce v nerezové baňce. Do nerezové baňky byl vložen vzorek navážené potní vlny. Následně byl vzorek vlny zalit připraveným roztokem a umístěn na připravenou varnou desku. Pomocí teploměru byla sledována teplota, která se po dobu rozkladu držela na max. 90 °C. Doba rozkladu v tomto pokusu byla 20 minut. Vzorek byl po tuto dobu za občasného míchání sledován, a při odpaření vody byla dolévána destilovaná voda. Po dvaceti minutách byla potní vlna zcela rozložena. Pomocí lakmusového papírku bylo zjištěno pH, které bylo na hodnotě 12. Taková hodnota

pH není vhodná pro pěstování rostlin, a proto musel být vzorek neutralizován. Na neutralizaci vzorku byla použita kyselina fosforečná o koncentraci 100 g.l^{-1} . Pro dosažení optimální pH – 10, bylo použito 6 ml kyseliny fosforečné. V druhém pokusu byl tedy vyzkoušen rozdíl mezi rozkladem přímo na varné desce a ve vodní lázni.

2. Rozklad

Druhý pokus byl tedy prováděn paralelně přímo na varné desce v nerezové baňce a ve vodní lázni, která je vyobrazena na Obr. č. 17. Na vodní lázeň byl použit hrnec s vodou, do něhož byla vložena nerezová baňka. I v tomto pokusu byl použit hydroxid draselný o stejné koncentraci a množství jako v případě prvního rozkladu. U pokusů ve vodní lázni se dala lépe udržovat teplota a rozklad byl vždy v rozmezí od 20–30 minut. Vzorky byly opět zneutralizovány kyselinou fosforečnou (H_3PO_4). Oba vzorky byly zneutralizovány 8 ml, aby hodnota pH dosahovala optimální hodnoty pro růst rostlin, a to – pH 9. Vytvořená vodní lázeň byla v dalších rozkladech nahrazena vícemístnou odpařovací lázní.



Obrázek 17 Vodní lázeň s nerezovou baňkou

3. Rozklad

Pro tento pokus byla vybrána kyselina fosforečná, kterou se vzorky po rozkladu neutralizovaly. Koncentrace kyseliny je uvedena v tabulce č. 7. Potní vlna byla vložena do nerezové baňky a zalita 50 ml připraveného roztoku. Baňka byla vložena do vodní lázně. Vzorek byl pravidelně sledován. Při odpaření roztoku byla dolévána destilovaná voda. Po 20 minutách na vzorku nebyla zaznamenána žádná změna. Ani po dalších 30 minutách nejevila ovčí vlna žádné známky rozkladu. Stav po 50 minutách je vidět na Obr. č. 18. Na obrázku je patrné, že rozklad v kyselině fosforečné byl neúspěšný.



Obrázek 18 Potní vlna v kyselině fosforečné po hodině rozkladu

V následujících pokusech byla kvůli bezpečnosti nahrazena vytvořená vodní lázeň za odpařovací lázeň vícemístnou, kde bylo rozkládáno více vzorků najednou. Díky této lázni se při pokusech dala lépe kontrolovat a udržovat teplota, v které byly vzorky rozkládány. Po dobu rozkladu se lázeň udržovala na teplotě 90 °C.



Obrázek 19 Odpařovací lázeň vícemístná



Obrázek 20 Nerezový kelímek do odpařovací lázně

4. Rozklad

V této fázi experimentu se optimalizoval postup alkalické hydrolýzy, který se vyzkoušel na předchozích pokusech.

Rozklad byl prováděn již pouze ve vícemístné odpařovací lázni. Bylo vybráno více druhů vln, a to vlna Texel, Ouessantská a Suffolk křížená s Romanovskou ovčí. Od všech druhů bylo naváženo sedm vzorků po 10 g potní vlny.

Výsledky všech provedených pokusů ve vícemístné odpařovací lázni byly shrnuty do tabulky č.8, kde jsou zaznamenány časy do úplného rozložení vlny, množství použitého roztoku KOH a zjištěné pH před a po neutralizaci.

Z dosažených výsledků je patrné, že při 30 ml roztoku KOH se rozklady vůbec nedařily. Některé vzorky ani po 60 minutách v roztoku KOH při teplotě 90 °C nebyly zcela rozloženy. Nejlepší výsledky byly dosaženy při 40 a 50 ml roztoku KOH (koncentrace 40 g.l⁻¹). Při této koncentraci KOH se dosáhlo nejlepších výsledků.

Tabulka 8 Rozklady v odpařovací vícemístné lázni

Druh vlny	Koncentrace roztoku KOH	Objem lázně	Čas do úplného rozkladu	pH před neutralizací	Neutralizace H ₃ PO ₄	Výsledné pH
Ouessantská	40 g.l ⁻¹	40 ml	15 minut	pH 12	12 ml	pH 9
	40 g.l ⁻¹	30 ml	30 minut	pH 12	8 ml	pH 5
	30 g.l ⁻¹	40 ml	35 minut	pH 12	8 ml	pH 7
	30 g.l ⁻¹	30 ml	x	x	x	x
Suffolk křížená s romanovskou ovčí	40 g.l ⁻¹	40 ml	30 minut	pH 11	6 ml	pH 9
	40 g.l ⁻¹	30 ml	x	x	x	x
	30 g.l ⁻¹	40 ml	x	x	x	x
	30 g.l ⁻¹	30 ml	x	x	x	x
Texel	40 g.l ⁻¹	50 ml	25 minut	pH 11	11 ml	pH 9
	40 g.l ⁻¹	40 ml	35 minut	pH 12	8 ml	pH 8
	40 g.l ⁻¹	30 ml	x	x	x	x
	30 g.l ⁻¹	50 ml	30 minut	pH 11	8 ml	pH 9
	30 g.l ⁻¹	40 ml	35 minut	pH 10/11	5 ml	pH 8
	30 g.l ⁻¹	30 ml	x	x	x	x

5. Rozklad ovčí vlny v sušárně

U všech druhů vln bylo naváženo 7 vzorků. Jeden z nich byl vždy použit na rozklad v sušárně. Připravených 10 g potní vlny bylo namočeno v 50 ml ($100 \text{ g.l}^{-1}\text{KOH}$), vymačkáno na 20 g, rozloženo na petriho misku a vloženo to připravené sušárny rozehráté na 110°C . Po 30 minutách byl vzorek vyndán ze sušárny. Avšak na potní vlny nebyly vidět známky žádného rozkladu. Vlna byla na omak vysušená.

U druhého pokusu byly vzorky v sušárně 90 minut. Výsledek byl však stejný.



Obrázek 21 Sušárna



Obrázek 22 Potní vlna ze sušárny

6.3.2. Rozklad ovčí vlny

Rozklad vlny

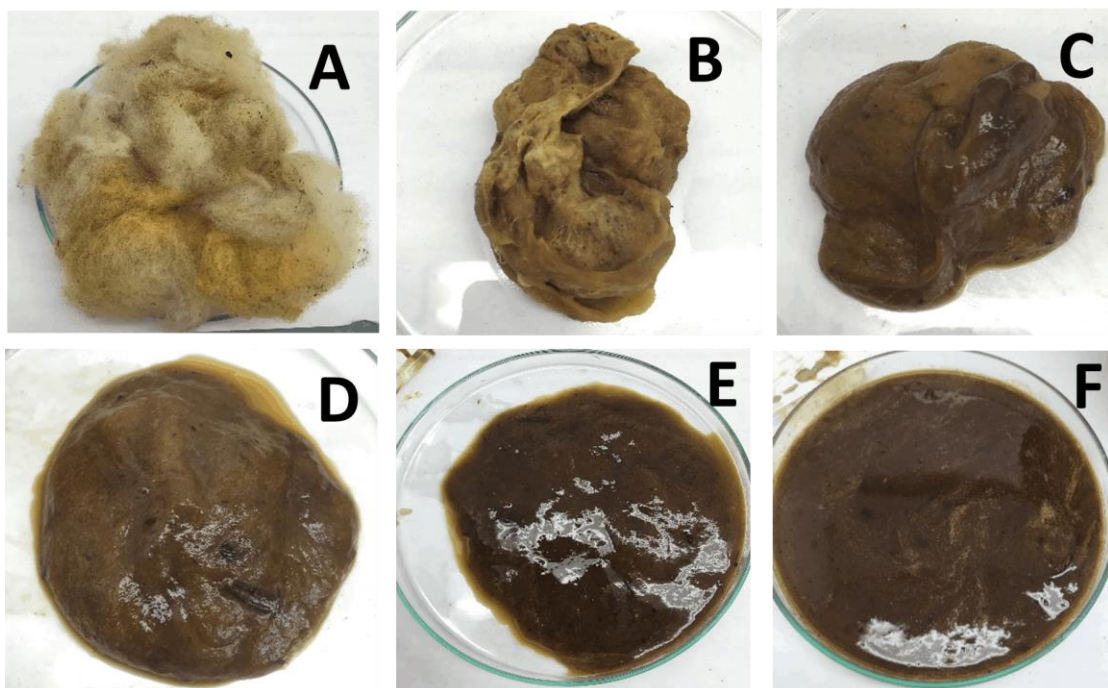
Poslední pokus, který byl dělán pro kontrolu funkčnosti vybraného postupu byl rozklad č.4. Od všech druhů byly naváženy dva vzorky po 10 g. Koncentrace lázně KOH byla použita 40 g.l⁻¹ o objemu 40 a 50 ml. U každé vlny byly oba vzorky rozkládány paralelně. Výsledky rozkladu můžeme vidět v příložené tabulce č. 9.

Neutralizace vzorků a příprava na stanovení chemického složení

Následovala kontrola pH pomocí lakmusových papírků, kde u všech vzorků byla hodnota vyšší než 14. Všechny vzorky se tedy musely zneutralizovat. Použita byla kyselina fosforečná H₃PO₄ o koncentraci 100 g.l⁻¹. Z rozpuštěných vzorků byl od každého druhu vlny vybrán jeden, který byl následně podroben prvkové analýze na zjištění zastoupení jednotlivých prvků. Dle příložené tabulky můžeme vidět, že u každého pokusu byly nejúspěšnější vždy první vzorky, které byly rozpouštěny v 50 ml roztoku KOH o koncentraci 40 g.l⁻¹. Po zneutralizování vzorku následovalo rozředění vzorku. Pro prvkovou analýzu bylo třeba hydrolyzát rozředit 1:10 (1 ml vytvořeného vzorku do 10 ml destilované vody). Rozředěné vzorky se následně přefiltrovaly, aby se odstranily zbytky nečistot a byly poslány na prvkovou analýzu do laboratoře CXI na naší univerzitě.

Tabulka 9 Rozklad ovčích vln

Druh potní vlny	Objem lázně	Čas rozkladu	Označení vzorku	Neutralizace H ₃ PO ₄	pH po neutralizaci
Východofriská	50 ml	16 minut	1 V	6 ml	9
	40 ml	30 minut	2 V		
OUESSANTSKÁ	50 ml	15 minut	1 OU	4 ml	9/10
	40 ml	25 minut	2 OU		
Suffolk křížená s románskou ovčí	50 ml	25 minut	1 S	6 ml	9
	40 ml	40 minut	2 S		
Alpská bílá	50 ml	25 minut	1 AL	5 ml	9/10
	40 ml	32 minut	2 AL		
Texel	50 ml	32 minut	1 T	6 ml	9
	40 ml	35 minut	2 T		



Obrázek 23 Rozklad potní vlny – Texel

- A – Surová potní vlna před ponořením do roztoku KOH
- B – Vlna po 5 minutách rozkladu – začíná projevovat nepatrné známky rozkladu
- C – Po 15 minutách začíná mít vlna gelovou strukturu, vazba vlny je na pohled narušena
- D – Po 25 minutách se začíná táhnout
- E – Potní vlna po 30 minutách těsně před úplným rozkladem
- F – Během 32 minutách je vlna zcela rozložena

6.4. Chemická analýza prvků obsažených v hydrolyzátu vlny

Připravené vzorky byly poslány na chemickou analýzu prvků do analytické laboratoře Technické univerzity v Liberci na fakultu ústavu pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace, která je akreditována podle směrnice EN/ISO/IEC 17025 po číslem 1611. Použitý spektrometr můžeme vidět na Obr. č. 24. Analýza byla provedena pomocí optického spektrometru s indukčně vázanou plazmou (ICP-OES). Výsledky analýzy byly zaznamenány do tabulky č. 10.



Obrázek 24 ICP-OES OPTIMA 2100 DV [30]

Tabulka 10 Výsledky analýzy prvků

mg/l	Označení vlny				
	AL	OV	S	T	V
Mg	2,50	3,50	3,61	2,68	3,98
Ca	13,1	22,1	12,6	12,3	17,3
Na	25,8	22,8	24,2	28,6	36,1
K	1486	1507	1462	1536	1575
Fe	0,80	0,90	2,69	0,77	0,33
Mn	<0, 005	0,079	0,092	0,059	<0,005
Al	0,65	0,67	2,48	0,49	<0,02
P	140	125	143	159	155
C	2910	2220	3140	2750	3070
N	991	977	1270	962	985

Z dostupných dat z provedené analýzy je patrné, že se jednotlivé druhy potních vln od sebe příliš nelišily. Pro aplikaci hydrolyzátu v hydroponickém prostředí byla tedy vybrána jedna vlna, a to vlna Texel. U tohoto druhu bylo provedeno nejvíce pokusů a doba rozkladu se od sebe výrazně nelišila.

6.5. Aplikace hydrolyzátu v hydroponickém prostředí

Na začátku experimentu byla vybrána nádoba, substrát a modelová rostlina, na které bude hydrolyzát testován. Aplikace byla proto provedena na čočce jedlé. Bylo připraveno celkem pět hydroponických nádob.

1. Komerční hnojivo
2. Destilovaná voda
3. 50 % hydrolyzát vlny
4. 100 % hydrolyzát vlny
5. 200 % hydrolyzát vlny

Pro srovnání bylo vybráno komerční organické kapalné hnojivo. Toto hnojivo je běžně dostupné jako vysoce kvalitní přírodní hnojivo pro zahradu.

V dostupné literatuře bylo vyhledáno optimální množství hnojiva pro hydroponické podmínky (dále popisováno jako „standartní roztok“). Prvky byly porovnány s vytvořeným vlněným hydrolyzátem.

Tabulka 11 Obsah živin [20]

mg/l	N	P	K	Ca	Mg	Fe
Hoagland – standartní roztok	211	31	92	200	24	~ 1
Hydrolyzát potní vlny	962	159	1536	12,3	2,68	0,77

Po provedené analýze bylo zjištěno, že množství Ca a Mg je velmi nízké oproti standartnímu roztoku. Bylo zjištěno složení dolomitu, které je Ca – 21,73 % a Mg – 13,18 %. Proto bylo třeba tyto prvky doplnit, a to přidávkem 1 g.l⁻¹ dolomitu a 2 g.l⁻¹ uhličitanu vápenatého. Pro snadnější určení ředění vzorku byl určen poměr NPK prvků jak u standartního vzorku, tak u vytvořeného hydrolyzátu. Komerční hnojivo ho mělo již určené.

Tabulka 12 Poměry NPK prvků

Název	Poměry N–P–K
Hoagland – standartní roztok	7–1–3
Vytvořený hydrolyzát	6–1–10
Komerční hnojivo	6,4 - 1,7 - 9

Do připravených vzorků (ředěných 1:10) bylo přidáno 1 g.l⁻¹ dolomitu a 2 g.l⁻¹ uhličitanu vápenatého. Takto připravený hydrolyzát se následně ředil 1:4, tím byl získán 100% živný roztok. Byly připraveny tři živné roztoky o jiných koncentracích hydrolyzátu - 100 % živný roztok, který byl v poměru 1:4 (tj. 1 ml hydrolyzátu na 4 ml destilované vody), 50 % - 1:2 a 200 % - 1:8. U každé koncentrace bylo vytvořeno 1 l živného roztoku.

Roztok komerčního hnojiva by připraven dle návodu od výrobce, a to 15 ml na 1 l vody. Dávkování bylo přizpůsobeno vytvořeným hydrolyzátům tak, aby měly všechny hydroponické nádoby stejné podmínky hnojení, tj., do každé nádoby bylo přidáno hnojivo přidáno na začátku experimentu.

Vybrané nádoby byly naplněny filtračním pískem, který byl propláchnutý a zbavený nečistot. Do každé z nádob byla umístěna upravená injekční stříkačka pro sledování hladiny živného roztoku. Čočka jedlá byla naklíčena a následně vložena po čtyřech rostlinách do připravených nádob tak, aby měla každá z rostlin dostatek místa pro růst. Dohromady bylo zasazeno 20 modelových rostlin. Nádoby byly umístěny na okenní parapet.



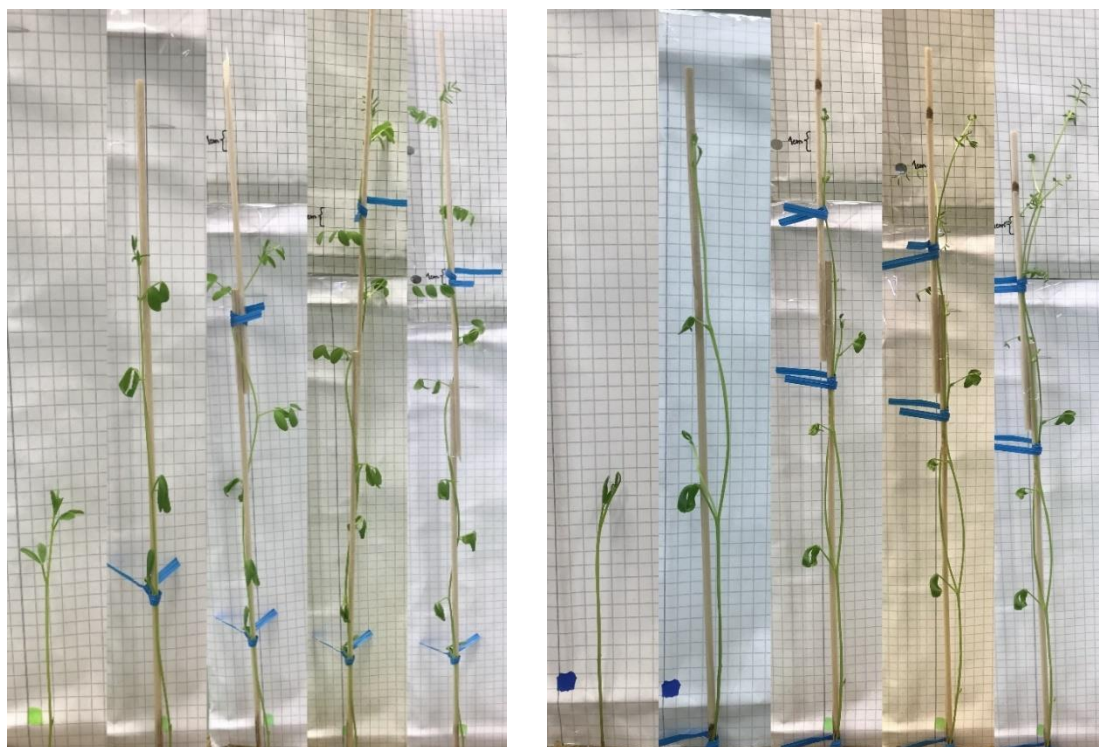
Obrázek 25 Klíčení čočky jedlé



Obrázek 26 Modelové rostliny na okenním parapetu 14. den

Modelové rostliny čočky byly sledovány po dobu 30 dní. Sledována byla výška rostliny a počet listů. Během růstu byly rostliny podepřeny špejlí. Úvodní den experimentu bylo do každé z nádob aplikováno hnojivo. V průběhu experimentu se již doplňovala pouze destilovaná voda tak, aby se udržovala stála hladina roztoku v nádobách.

Vývoj růstu rostlin v 100 % vlněném hydrolyzátu a komerčním hnojivu můžeme vidět na Obr. č. 27. Obrázky ostatních nádob jsou k nahlédnutí v příloze č. 2.



Obrázek 27 100% vlněný hydrolyzát, komerční hnojivo

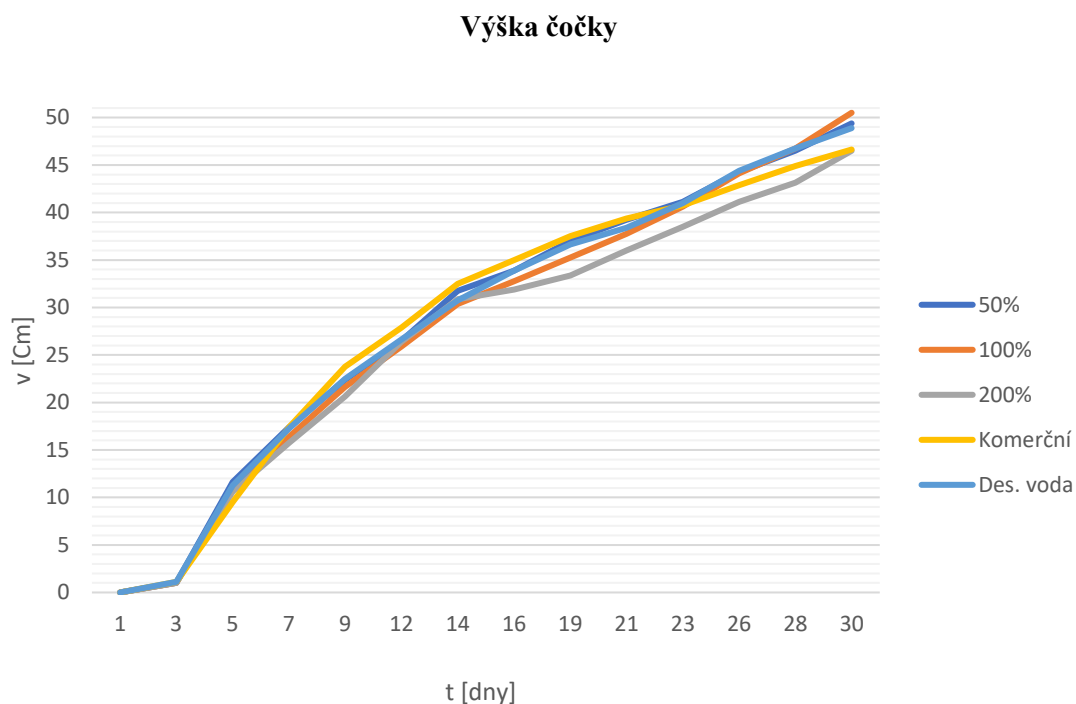
Po ukončení experimentu byl zkoumán stav kořenového systému vždy jedné rostliny v každé nádobě. Na Obr. č. 28 je patrné, že nejdelší a nejrozvětvenější kořeny měla rostlina z nádoby, kde byl 50% hydrolyzát. Postupné odumírání kořenů bylo zjištěno u rostliny z nádoby s komerčním hnojivem.



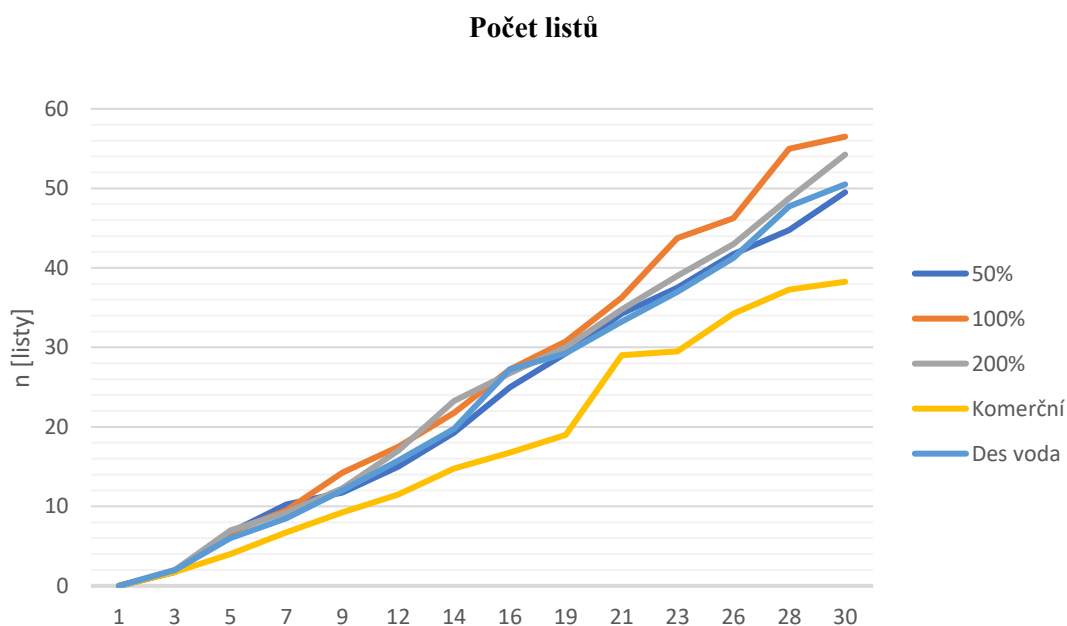
Obrázek 28 Kořenový systém rostlin

6.6. Vyhodnocení výsledků experimentu

Růst čočky jedlé byl sledován po dobu 30 dní. V každé nádobě byly paralelně sledovány 4 rostlinky. Průběžně byly měřeny a kontrolovány nárůsty výšky a počty listů. Všechna data byla přehledně zpracována do přehledných tabulek, která jsou k nahlédnutí v příloze č. 3 a 4. Dále jsou výsledky shrnuty do grafů (Obr. č. 29 a 30).



Obrázek 29 Závislost výšky rostlin na době od výsadby



Obrázek 30 Závislost počtu listů na době od výsadby

Z těchto grafů je patrné, že výška a počet listů u rostlin byly měřitelné již třetí den od počátku experimentu. Všechny modelové rostliny čočky rostly dle předpokladu. Rozdíl lze vidět pouze u komerčního hnojiva, kde oproti ostatním měly rostliny méně listů a jejich vývoj byl pomalejší.

U nádoby s komerčním hnojivem bylo patrné, že hnojivo nemělo optimální složení pro růst čočky jedlé. Listy byly zkroucené a uzavřené. U komerčního hnojiva bylo zjištěno více fosforu. Nadbytek fosforu má za příčinu poruchu příjmu vápníku a hořčíku. Nedostatek vápníku se dále projevuje na kořenech,

kde u komerčního hnojiva můžeme pozorovat krátké rozvětvené kořeny. Nedostatek hořčíku můžeme přisuzovat zkrouceným listům.

6.6.1. Analýza dat

Nejprve byly z naměřených dat vypočteny základní statistické údaje. Aritmetický průměr $\bar{x}$, maximum, minimum, směrodatná odchylka s a rozptyl s^2 .

Aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2)$$

Rozptyl:

$$s_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$

Variační koeficient:

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100[\%] \quad (4)$$

Tabulka 13 Statistické údaje výšek rostlin

	Průměr	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
100% hydrolyzát	50,5 cm	22,84 cm ²	4,78	9,47 %
200% hydrolyzát	46,5 cm	3 cm ²	1,73	3,72 %
50 % hydrolyzát	49,38 cm	14,57 cm ²	3,82	7,74 %
Destilovaná voda	48,88 cm	5,73 cm ²	2,39	4,89 %
Komerční hnojivo	46,63 cm	11,23 cm ²	3,35	7,18 %

Tabulka 14 Statistické údaje počtu listů rostlin

	Průměr	Rozptyl	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
100% hydrolyzát	55	8,67	2,94	5,35 %
200% hydrolyzát	54,25	11,59	3,4	6,27 %
50 % hydrolyzát	49,5	27	5,2	10,51 %
Destilovaná voda	50,5	9,67	3,11	6,16 %
Komerční hnojivo	38,25	6,92	2,63	6,88 %

Jednofaktorová ANOVA

Na analýzu dat byla vybrána jednofaktorová ANOVA. Jedná se o nejjednodušší případ analýzy rozptylů.

Výška modelových rostlin čočky

Stanovená hypotéza

Nulová hypotéza říká, že střední hodnoty výběrů se rovnají, tj. průměrná výška rostlin je stejná a druh hnojiva nemá vliv na výšku rostlin.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Alternativní hypotéza říká, alespoň jedna ze středních hodnot se liší, tj. průměrná výška rostlin není stejná a druh hnojiva má vliv na výšku rostlin.

$$H_A: \text{non } H_0$$

Kde latinské slovo „non“ značí obecně negaci neboli opak.

Tabulka 15 Jednofaktorová ANOVA – výška rostlin

ANOVA						
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	49,375	4	12,34375	1,076099	0,402856189	3,055568
Všechny výběry	172,0625	15	11,47083			
Celkem	221,4375	19				

Hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Hodnota $P = 0,4$.

Jelikož vyšla p – hodnota vyšší než hladina významnosti ($0,4 > 0,05$), přijímáme na 5 % hladině významnosti nulovou hypotézu.

U výšky rostlin se nulová hypotéza potvrdila a byla teda přijata. Všechny střední hodnoty se rovnají a druh hnojiva nemá vliv na výšku rostlin.

Počet listů

Stanovená hypotéza

Nulová hypotéza říká, že střední hodnoty výběrů se rovnají, tj. počet listů je stejný a druh hnojiva nemá vliv na počet listů.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

Alternativní hypotéza naopak říká, že alespoň jedna ze středních hodnot se liší, tj. průměrný počet listů není stejný a druh hnojiva má vliv na počet listů.

$$H_A: \text{non } H_0$$

Kde latinské slovo „non“ značí obecně negaci neboli opak.

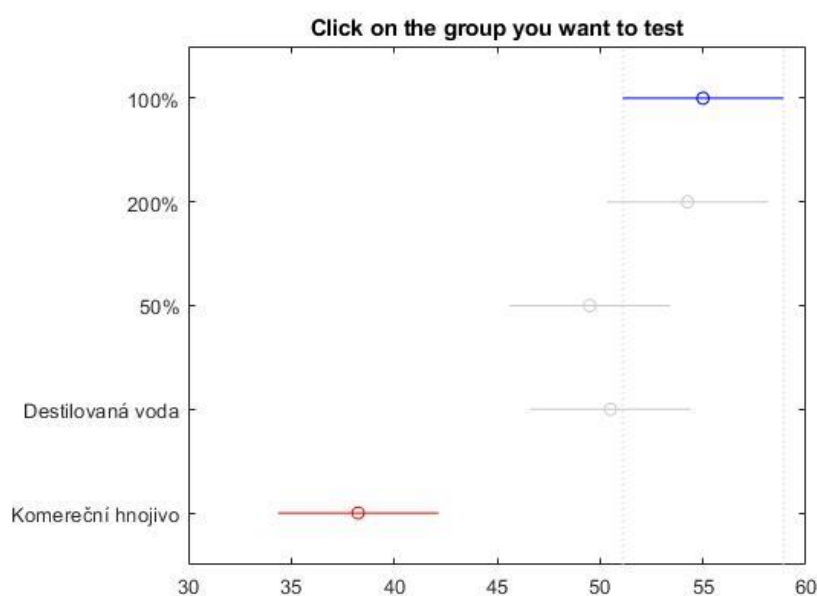
Tabulka 16 Jednofaktorová ANOVA – počet listů

ANOVA						
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	721,5	4	180,375	14,12859008	5,66596E-05	3,055568
Všechny výběry	191,5	15	12,76666667			
Celkem	913	19				

Hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Hodnota $P = 5,66596E-05$.

Protože vyšla p – hodnota menší než hladina významnosti ($0,0000566596 < 0,05$) bylo prokázáno, že střední hodnoty výběrů se liší. Nulová hypotéze se nepotvrdila a byla tedy zamítnuta.

Při zamítnutí H_0 bylo přistoupeno k mnohonásobnému porovnání pomocí programovacího jazyku MATLAB.



Obrázek 31 Výsledek mnohonásobného porovnání

Výsledek mnohonásobného porovnání středních hodnot ukazuje, že střední hodnota výběru, která se lišila byla nádoba s komerčním hnojivem. Vytvořený graf mnohonásobného porovnání můžeme vidět na Obr. č. 31.

Výšky rostlin dosáhly téměř stejných hodnot, naopak u počtu listů je patrné, že u nádoby s komerčním hnojivem bylo listů méně.

Z výsledků je patrné, že vlněný hydrolyzát je úspěšné hnojivo a dodává rostlinám výživu, kterou komerční hnojivo dodat nedokáže. Velmi zajímavým faktorem je, že destilovaná voda poskytuje stejně dobrou výživu rostlinám jako u vytvořeného hydrolyzátu ve všech koncentracích.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření hnojiva z ovčí vlny a následně ověření hypotézy, zda nově vytvořené hnojivo je účinnější než běžně dostupné komerční hnojivo v hydroponickém prostředí. Ovčí vlna najde své využití v textilním průmyslu, avšak produkce ovčí vlny je mnohem větší, a proto jsou hledány další způsoby pro její zpracování.

Teoretická část pojednává o historii chovu ovcí a rozdělení plemen ovcí. Dále práce obsahuje popis ovčí vlny z hlediska její chemické struktury, vlastností a chemických reakcí na přirozené vlivy a chemikálie. Další část této kapitoly je zaměřena na produkci ovčí vlny jak ve světě, tak i v České republice. V závěru této kapitoly je popsáno využití ovčí vlny a zachyceny aktuální přístupy nakládání s vlněným odpadem. Konec teoretické části je věnován hydroponickému pěstování rostlin, kde se práce stručně zabývá výživou a substráty, které se používají.

Na počátku experimentu byla navržena a optimalizována vhodná nádoba a substrát na vytvoření modelových hydroponických podmínek. Zde proběhly dva pokusy. V každém pokusu byl vyzkoušen jiný substrát a nádoba. Modelové rostliny byly v obou případech stejné. Z dosažených výsledků byl vybrán substrát – filtrační písek, nádoba – průhledný box a modelová rostlina – čochka jedlá. Pro experiment bylo získáno pět druhů odlišných ovčích vln (Východofříská, Suffolk křížená s Romanovskou ovcí, Texel, Alpská Bílá a Ouessanská). Pomocí elektronové mikroskopie byl zjištěn průměr vlněných vláken. Byl předpoklad pro rychlejší rozklad vlněného vlákna s menším průměrem. Zde bylo zjištěno, že průměr vláken se od sebe příliš neliší. Pouze vlna typu Východofříská a Ouessanská mají větší průměry než ostatní typy ovčích vln. Předpoklad rychlého rozkladu ovčí vlny s menším průměrem se nepotvrdil.

Rozklad ovčí vlny probíhal pomocí alkalické hydrolýzy. Rozklady byly rozděleny na více pokusů. Vždy byly připraveny vzorky o 10 g ovčí vlny, se kterými se dále pracovalo. Teplota se u všech rozkladů udržovala na 90 °C. V průběhu rozkladu byla dolévána destilovaná voda. Po úplném rozložení vlny bylo vždy potřeba vzorky zneutralizovat na potřebné pH 8-10. K tomu byla použita kyselina fosforečná o koncentraci 100 g.l⁻¹. Na začátku byla použita varná deska a vytvořená vodní lázeň, která byla později nahrazena vícemístnou odpařovací lázní. Na rozklad ovčí vlny byl vybrán hydroxid draselný (KOH) o objemu lázně 50 ml a koncentraci 40 g.l⁻¹. Dále byl vyzkoušen rozklad kyselinou fosforečnou a rozklad v sušárně. Oba rozklady byly neúspěšné. Z provedených rozkladů byl vybrán postup, jenž se nadále optimalizoval ve vícemístné odpařovací lázni u ostatních druhů vln. Použit byl hydroxid draselný o různých koncentracích a objemu lázně. Postup, který vykazoval nejlepší výsledky byl následně použit pro rozklad všech druhů ovčích vln, které byly pro experiment k dispozici. Získané vzorky byly upraveny tak, aby bylo možné provést prvkovou analýzu. Vzorky byly naředěny 1:10, přefiltrovány a poslány do laboratoře CXI na naší univerzitě. Výsledky z chemické analýzy prvků ukázaly, že všechny druhy ovčích vln měly podobné složení. Díky prvkové analýze mohl být vybrán pouze jeden vzorek, s nímž se dále pracovalo.

Za zástupce komerčního hnojiva, se kterým se vlněný hydrolyzát srovnával bylo vybráno organické kapalné hnojivo. Pro aplikaci vlněného hydrolyzátu v hydroponickém prostředí bylo třeba zjistit optimální složení hnojiva do hydroponie. Toto složení bylo popsáno v doporučené literatuře a navrhnul

ho Hoagland. Při určení poměrů NPK prvků, bylo zjištěno, že navržené složení „standartního hnojiva“ a vytvořeného vlněného hydrolyzátu neměly mezi sebou významný rozdíl, avšak bylo třeba doplnit makro a mikro prvky (Ca, Mg). Do připravených vzorků byl tedy přidán dolomit a uhličitan vápenatý (1 g.l^{-1} dolomitu a 2 g.l^{-1} uhličitanu vápenatého). Z takto upraveného vzorku byly připraveny tři koncentrace hnojiv.

Pro hydroponii bylo připraveno pět nádob. Tři koncentrace hnojiv, komerční hnojivo a destilovaná voda. Nádoby byly naplněny filtračním pískem. Do každé nádoby byly připraveny čtyři modelové rostliny. V den založení hydroponie bylo přidáno hnojivo a v průběhu experimentu bylo již zaléváno pouze destilovanou vodou. Všechny nádoby byly umístěny na okenní parapet tak, aby měly stejné podmínky. Experiment trval 30 dní, během kterého byla sbírána data o výšce rostlin a počtu jejich listů.

Poslední kapitola je věnována vyhodnocení výsledků experimentu. Z dosažených výsledků lze říct, že největší výšky dosáhly rostliny v nádobě s 100 % a 50 % vlněným hydrolyzátem. U počtu listů to bylo podobné, avšak u komerčního hnojiva se listy kroutily a bylo jich podstatně méně. Na analýzu sesbíraných dat byla použita jednofaktorová ANOVA o analýze rozptylů. Po provedení této analýzy bylo zjištěno, že s ohledem na výšku rostlin byly všechny střední hodnoty stejné, tj. průměrná výška rostlin je stejná a druh hnojiva nemá vliv na výšku rostlin. Při provedení analýzy u počtu listů bylo zjištěno, že alespoň jedna ze středních hodnot se liší, tj. průměrný počet listů není stejný a druh hnojiva má vliv počet listů. Zde bylo přistoupeno na mnohonásobné porovnání. Výsledkem porovnání středních hodnot bylo, že nádoba s komerčním hnojivem se počtem listů lišila od ostatních výběrů.

Složení komerčního hnojiva ukázalo, že více fosforu mělo za následek poruchu příjmu vápníku a hořčíku, a proto není vhodné na pěstování čočky jedlé v modelových hydroponických podmínkách. Nedostatek vápníku se projevil na kořenovém systému rostlin a nedostatek hořčíku na zkroucených listech. Vytvořený vlněný hydrolyzát dodával rostlinám veškerou výživu, a proto byl účinnější než komerční hnojivo. Tento způsob zpracování vlněného odpadu je velmi perspektivní a dokáže plně nahradit komerční hnojiva.

Seznam použité literatury

- [1] HORÁK, František. a kol. *Chováme ovce*. Praha: Nakladatelství Brázda, 2012 ISBN 978-80-209-0390-7.
- [2] KOVAŘÍK, Petr. *Produkce, výkup a zpracování ovčí vlny (Jihočeský kraj)*. České Budějovice, 2015. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta ekonomická. Vedoucí bakalářské práce Ing. Hana Doležalová, Ph.D.
- [3] *Stavy hospodářských zvířat* [Online] Český statistický úřad. [Citace: 06.01.2021] Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM06A&z=T&f=TABULKA&skupId=2746&katalog=30840&pvo=ZEM06A&evo=v937_!_ZEM06A-19892018_1#w=
- [4] RÁDLOVÁ, Lucie. *Chov ovcí a koz v ČR – historie, současnost a environmentální aspekty chovu*. Brno, 2011. Diplomová práce. Masarykova univerzita v Brně, Fakulta sociálních studií. Vedoucí diplomové práce Ing. Zbyněk Ulčák, Ph.D.
- [5] STANĚK, Jaroslav, Jana HYNČICOVÁ a Vladimír KOVAČIČ. *Nauka o textilních materiálech. díl. 1., část 2., Struktura, získávání a výroba vláken*. 1. vydání. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1986. ISBN 55-814-86.
- [6] HLADÍK, Vladimír, Tomáš KOZEL a Zdeněk MIKLAS. *Textilní materiály*. 2. vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984. ISBN 04-811-84.
- [7] SCHOK, Svaz chovatelů ovcí a koz z.s. [Online] 2020. [Citace: 01-12-2020] Dostupné z: <https://www.schok.cz/ovce/plemena/>
- [8] FUČÍK, František. *Technologická encyklopedie textilní: encyklopedie textilních hmot, ovčí vlna, srsti chlupy a přídava příbuzná. Sv. II., díl. I*. Praha: Práce, 1948.
- [9] RAJABINEJAD, Hossein, Maier, Sergiu, STELIAN a Ingrid Ioana BUCISCANU. *Current Approaches For Raw Wool Waste Management And Unconventional*. Environmental Engineering and Management Journal. [Online] Romania, 2019. vol.18, No.7, 1439-1456. [Citace: 16-11-2020]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/324866415_Current_Approaches_For_Raw_Wool_Waste_Management_And_Unconventional_ValORIZATION_A_Review
- [10] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. 2. vydání. V Liberec: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [11] FAOSTAT, *Livestock Primary*. [Online] [Citace: 16-11-2020] Dostupné z: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL/visualize>
- [12] MARTINKOVÁ, Petra. *Využití ovčí vlny v současných podmínkách*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Vedoucí práce prof. Dr. Ing. Jan Kuchník.

- [13] *Proč ovčí vlna.* [Online] Ovečkárna. [Citace: 19-02-2021]. Dostupné z: https://www.oveckarna.cz/proc-ovci-vlna_p9.html
- [14] *Ovčí věci.* [Online] [Citace: 19-02-2021]. Dostupné z: <https://www.ovci-veci.cz/>
- [15] SHAMA, S. C., SAHOO, A. a CHAND, Roop. *Potential use of waste wool in agriculture: an overview.* Indian Journal of Small Ruminants. [Online] Rajasthan, 2019. [Citace: 22-01-2021]. Dostupné z: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193202406>
- [16] *Výrobky z ovčí vlny.* [Online] Original Kateřina. [Citace: 19-02-2021]. Dostupné z: <https://www.originalkaterina.cz/ovci-vlna/>
- [17] GÓRECKI, Ryszard S., Marcin T. GÓRECKI. *Utilization of Waste Wool as Substrate: Amendment in Pot Cultivation of Tomato, Sweet Pepper, and Eggplant.* Polish Journal of Environmental Studies. [Online] Poland, 2010. Vol. 19, No. 51083-1087. [Citace: 15-01-2021]. Dostupné z: <http://www.pjoes.com/Utilization-of-Waste-Wool-as-Substrate-r-nAmendment-in-Pot-Cultivation-of-Tomato,88486,0,2.html>
- [18] *Keratin.* [online] Medaprex. [Citace: 19-02-2021]. Dostupné z: <https://www.medaprex.cz/slovník-pojmu/keratin-a2013>
- [19] OPITZ, Karl – Heinz, Václav VĚTVIČKA, Jürgen SOTRUK a György JANKOVICS. *Hydroponie – snadný způsob pěstování rostlin: nádherné pokojové rostliny pěstované bez půdy: rady pro výběr rostlin a nádob.* České vyd. 1. Praha: Jan Vašut, 2001, 63s. Jak na to.
- [20] VANĚK, Václav. a kol. *Výživa zahradních rostlin.* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. ISBN 978-80-200-2147-2.
- [21] *Hydroponie a jak na ní.* [Online] Hajany. [Citace: 19-11-2020]. Dostupné z: https://www.hajany.com/clanky/zahrada_-flora/hydroponie-a-jak-na-ni.html
- [22] PŘIBYL, Jan. *Hydroponie pro každého.* Praha: SZeN, 1977. 245s. Rostlinná výroba.
- [23] *Hydroponický substrát – vlastnosti a dělení.* [Online] Growlight. [Citace: 20-11-2020]. Dostupné z: <https://growlight.cz/hydroponicky-substrat-vlastnosti-a-deleni/>
- [24] *Hydroponie pro začátečníky.* [Online] Pestik. [Citace: 19-10-2020]. Dostupné z: <https://www.pestik.cz/module/csblog/post/72-14-hydroponie-pro-zacatecniky-.html#gref>
- [25] DUCHOŇ, František a KYNČL, Jaroslav. *Pěstování rostlin bez půdy.* Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1960.
- [26] *Alternativní, maloobjemové, potravinářské plodiny.* [Online] [Citace: 15-06-2021]. Dostupné z: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/2/index.html>
- [27] *Také Suffolk se dá chovat extenzivně.* [Online] Náš chov. [Citace: 08-02-2021]. Dostupné z: <https://www.naschov.cz/take-suffolk-se-da-chovat-extenzivne/>

- [28] STANĚK, Jaroslav. *Textilní zbožížnalství: vláknenné suroviny, příze, nitě*. 2. vyd. Liberec: Technická univerzita, 2006. ISBN 80-7372-147-3.
- [29] [12] BUCEK, Pavel, MILERSKI, Michal, MAREŠ, Vít, KONRÁD, Richard, ROUBALOVÁ Markéta, ŠKARYD, Vít, RUCKI a Jaroslav, HAKL, Pavel. Ročenka chovu ovčí a koz v České republice za rok 2018. Praha: Svaz chovatelů a koz z.s. Září, 2019.
- [30] *Laboratoř chemických sanačních procesů* [Online] [Citace: 24-07-2021]. Dostupné z: <https://cxi.tul.cz/nanomaterialy/oddeleni-technologie-zivotniho-prostredi/oddeleni-technologie-zivotniho-prostredi>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Početní stavy ovcí na území ČR od roku 1990 [3]	8
Obrázek 2 ovčí rouno [6]	11
Obrázek 3 Schéma kořene vlasu [6].....	13
Obrázek 4 Vlákno podsadové přechodové a pesíkové [28]	13
Obrázek 5 Procentuální produkce ovčí vlny [11].....	17
Obrázek 6 Vývoj produkce [11].....	18
Obrázek 7 Produkce potní vlny v ČR [29].....	18
Obrázek 8 Schéma pasivní hydroponie [22]	24
Obrázek 9 Sadbovač.....	29
Obrázek 10 Vyklíčená semena v hydroponických nádobách.....	30
Obrázek 11 Proces klíčení semen	31
Obrázek 12 Vyklíčené rostliny.....	31
Obrázek 13 Hydroponie pokus č.2.....	32
Obrázek 14 Proces růstu čočky jedlé	33
Obrázek 15 Vlna Texel	34
Obrázek 16 Laboratorní váha.....	36
Obrázek 17 Vodní lázeň s nerezovou baňkou.....	37
Obrázek 18 Potní vlna v kyselině fosforečné po hodině rozkladu	38
Obrázek 19 Odpařovací lázeň vícemístná.....	38
Obrázek 20 Nerezový kelímek do odpařovací lázně.....	39
Obrázek 21 Sušárna	41
Obrázek 22 Potní vlna ze sušárny	41
Obrázek 23 Rozklad potní vlny – Texel	43
Obrázek 24 ICP-OES OPTIMA 2100 DV [30]	44
Obrázek 25 Klíčení čočky jedlé	46
Obrázek 26 Modelové rostliny na okenním parapetu 14. den.....	46
Obrázek 27 100% vlněný hydrolyzát, komerční hnojivo.....	47
Obrázek 28 Kořenový systém rostlin.....	47
Obrázek 29 Závislost výšky rostlin na době od výsadby	48
Obrázek 30 Závislost počtu listů na době od výsadby	48
Obrázek 31 Výsledek mnohonásobného porovnání.....	51

Seznam tabulek a příloh

Tabulka 1 Plemena ovčí [1]	9
Tabulka 2 Struktura plemen ovčí na území ČR [1].....	9
Tabulka 3 Průměrný obsah nečistot v potní vlně [6]	12
Tabulka 4 Žebříček největších producentů [11].....	18
Tabulka 5 Jemnost potních vln	34
Tabulka 6 Popis původu vstupního materiálu	35
Tabulka 7 Použité chemikálie a jejich koncentrace	36
Tabulka 8 Rozklady v odpařovací vícemístné lázni.....	40
Tabulka 9 Rozklad ovčích vln.....	42
Tabulka 10 Výsledky analýzy prvků.....	44
Tabulka 11 Obsah živin [20].....	45
Tabulka 12 Poměry NPK prvků.....	45
Tabulka 13 Statistické údaje výšek rostlin.....	49
Tabulka 14 Statistické údaje počtu listů rostlin	49
Tabulka 15 Jednofaktorová ANOVA – výška rostlin	50
Tabulka 16 Jednofaktorová ANOVA – počet listů	51

Příloha č.1: Doplnující fotografie potní vlny vyhotovené pomocí elektronového mikroskopu Tescan Vega3.

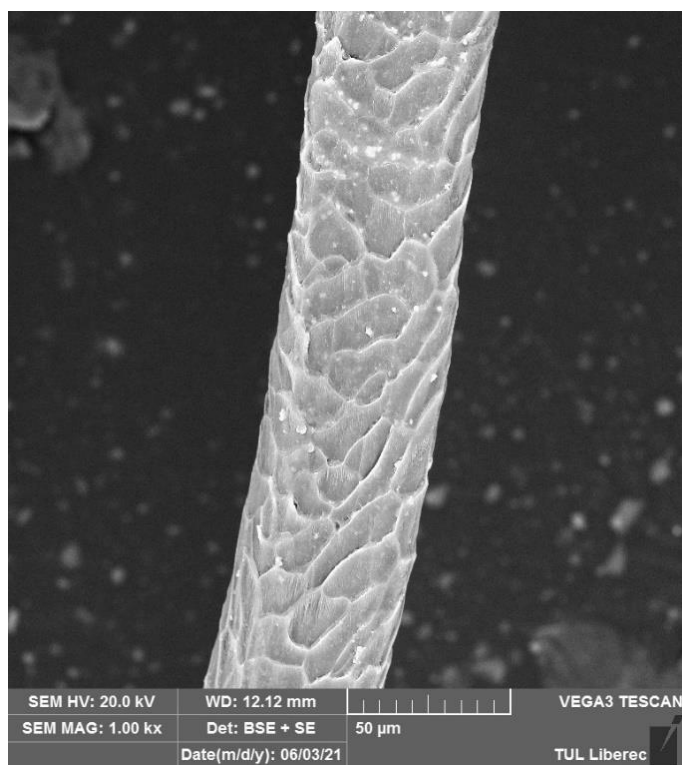
Příloha č. 2: Doplnující fotografie vývoje růstu rostlin

Příloha č. 3: Výsledky měření výšky čočky jedlé

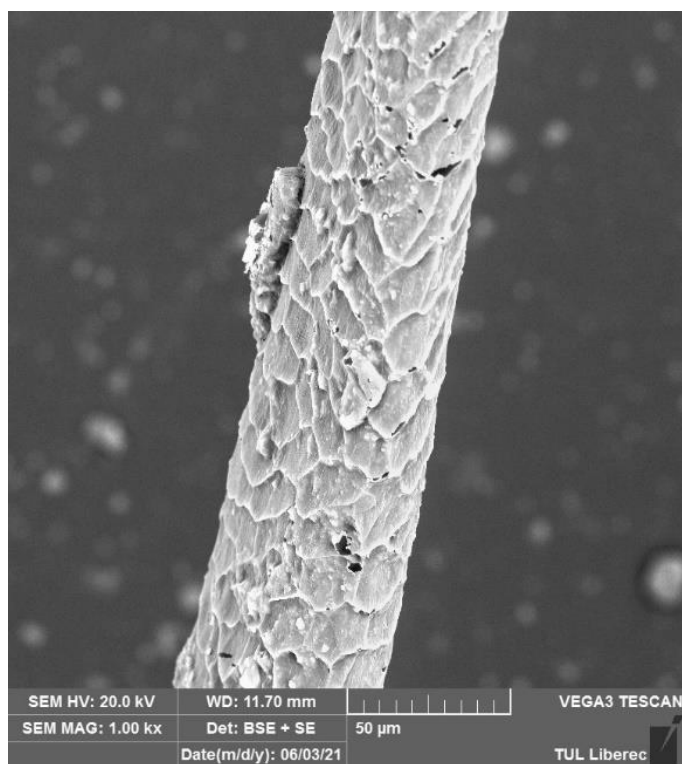
Příloha č. 4: Výsledky měření počtu listů

Přílohy

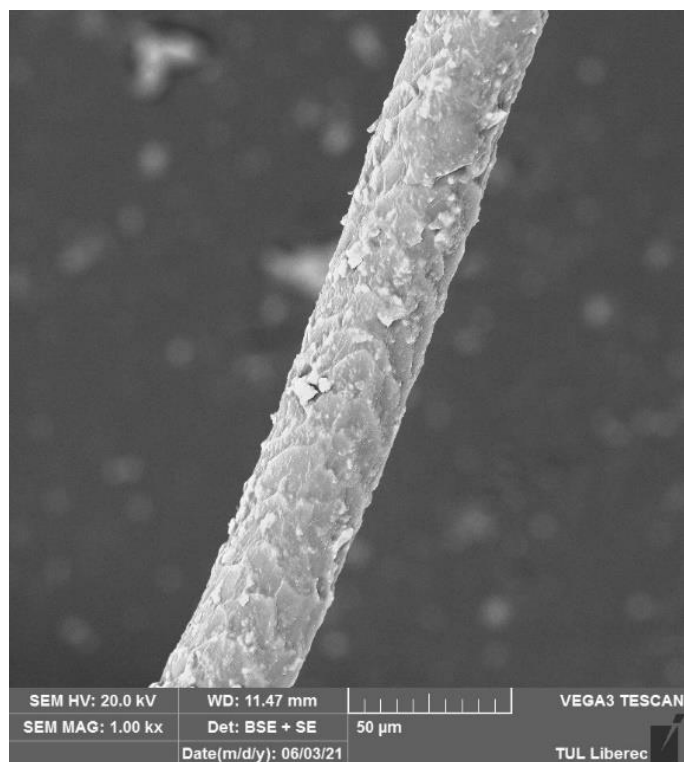
Příloha č.1: Doplnující fotografie potní vlny vyhotovené pomocí elektronového mikroskopu Tescan Vega3, při zvětšení 1000 x.



Fotografie vlny Východofriská



Fotografie vlny Oussenatská



Fotografie vlny Suffolk



Fotografie vlny Alpská Bílá

Příloha č. 2: Vývoj růstu čočky jedlé



50% vlněný hydrolyzát



200% vlněný hydrolyzát



Destilovaná voda

Příloha č.3: Výsledky měření výšky čočky

Výška čočky

100% hydrolyzát

Doba růstu (dny)	Výška čočky v (cm)				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	1	1,5	1	0,5	1
5	10,5	11,5	12	10,5	11,13
7	16,5	16,5	18	14,5	16,38
9	21	21	24	20,5	21,63
12	24,5	25	30	24	25,88
14	28,5	29	34	30	30,38
16	30	31,5	37	32,5	32,75
19	32,5	34,5	40	34	35,25
21	35	37	42,5	36,5	37,75
23	38	39,5	45,5	39,5	40,63
26	41,5	43	49,5	42,5	44,13
28	43	46	53,5	44,5	46,75
30	47	49,5	57,5	48	50,5

200% hydrolyzát

Doba růstu (dny)	Výška čočky v (cm)				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	1,5	1	0,5	1	1
5	11,5	10,5	9,5	11	10,63
7	16,5	15	14,5	17	15,75
9	22	19	19	22,5	20,63
12	25,5	27	26	27	26,38
14	29,5	31,5	30,5	32	30,88
16	31	32	31,5	33	31,88
19	32,5	33	33,5	34,5	33,38
21	35	35,5	36	37,5	36
23	37,5	38	38,5	40	38,5
26	40,5	39,5	41	43,5	41,13
28	42,5	42	43	45	43,13
30	46	45	46	49	46,5

50% hydrolyzát

Doba růstu (dny)	Výška čochy v (cm)				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	1	0,5	1,5	1	1
5	11,5	11	13	11	11,63
7	18	16	19	16,5	17,38
9	23	19,5	24,5	22,5	22,38
12	27,5	24	28,5	26	26,5
14	34,5	28	32,5	32	31,75
16	36	30	35,5	34	33,88
19	38,5	33	38	38,5	37
21	41	35,5	39,5	41	39,25
23	43,5	37	40,5	43,5	41,13
26	46	40,5	43	47,5	44,25
28	49	42	45	50	46,5
30	51	46,5	46	54	49,38

Komerční hnojivo

Doba růstu (dny)	Výška čochy v (cm)				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	1,5	1,5	1	0,5	1,13
5	10	10	9,5	8,5	9,5
7	17,5	19	17,5	15,5	17,38
9	24	26	23,5	21,5	23,75
12	28	30,5	28	25	27,88
14	32	35	33	30	32,5
16	33,5	37	35	34,5	35
19	35	40	38	37	37,5
21	35,5	42	40,5	39,5	39,38
23	35,5	43,5	42,5	41,5	40,75
26	38	46	43,5	44	42,88
28	40,5	48,5	45,5	45	44,88
30	42	50	47	47,5	46,63

Destilovaná voda

Doba růstu (dny)	Výška čochy v (cm)				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	1	1,5	1	1	1,13
5	11	12	11,5	10,5	11,25
7	16,5	18	18	16,5	17,25
9	22	23	23,5	21,5	22,5
12	26,5	27	28	25	26,63
14	31	30	32	30	30,75
16	34	33	35	33,5	33,88
19	36	37	38	35,5	36,63
21	38	39,5	39	37	38,38
23	42,5	41,5	42	38	41
26	44	45,5	46	42	44,38
28	47,5	48	47	44,5	46,75
30	49	51	50	45,5	48,88

Příloha č. 4: Výsledky měření počtu listů

Počet listů

100% hydrolyzát

Doba růstu (dny)	Počet listů				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	1	1	3	2	1,75
5	7	6	8	6	6,75
7	8	10	12	8	9,5
9	15	13	16	13	14,25
12	20	15	21	14	17,5
14	24	18	26	19	21,75
16	28	25	33	23	27,25
19	31	29	37	26	30,75
21	35	34	42	34	36,25
23	45	40	50	40	43,75
26	46	44	52	43	46,25
28	52	53	58	57	55
30	54	54	60	58	56,5

200% hydrolyzát

Doba růstu (dny)	Počet listů				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	2	1	2	3	2
5	7	7	6	8	7
7	10	8	8	11	9,25
9	12	11	11	15	12,25
12	15	16	19	18	17
14	20	21	28	24	23,25
16	25	23	30	29	26,75
19	29	26	34	31	30
21	34	33	35	37	34,75
23	38	37	40	41	39
26	42	43	41	46	43
28	44	46	50	55	48,75
30	53	54	51	59	54,25

50% hydrolyzát

Doba růstu (dny)	Počet listů				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	2	3	1	1	1,75
5	7	8	6	6	6,75
7	11	10	10	10	10,25
9	12	11	12	12	11,75
12	16	14	15	15	15
14	23	17	18	19	19,25
16	28	25	24	23	25
19	32	30	28	27	29,25
21	36	31	37	33	34,25
23	38	38	39	35	37,5
26	44	42	40	41	41,75
28	48	47	41	43	44,75
30	55	52	43	48	49,5

Komerční hnojivo

Doba růstu (dny)	Počet listů				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	2	1	2	2	1,75
5	4	3	4	5	4
7	5	6	8	8	6,75
9	6	10	11	10	9,25
12	7	12	14	13	11,5
14	10	15	18	16	14,75
16	11	16	22	18	16,75
19	13	18	25	20	19
21	25	30	35	26	29
23	25	30	35	28	29,5
26	32	35	37	33	34,25
28	36	38	41	34	37,25
30	37	38	42	36	38,25

Destilovaná voda

Doba růstu (dny)	Počet listů				
	A	B	C	D	Průměr
1	0	0	0	0	0
3	2	3	2	1	2
5	6	7	6	5	6
7	10	8	10	6	8,5
9	12	13	13	10	12
12	16	17	16	14	15,75
14	20	21	20	18	19,75
16	24	27	35	23	27,25
19	29	33	30	25	29,25
21	34	33	35	31	33,25
23	36	40	38	34	37
26	44	42	43	36	41,25
28	46	50	53	42	47,75
30	52	51	53	46	50,5