

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA PEDAGOGICKÁ  
KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

**VYUŽITÍ HYDROGELU V KONTEXTU PĚSTITELSKÝCH PRACÍ**  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Kateřina Zábranská DiS.**

*Technická výchova se zaměřením na vzdělávání*

Vedoucí práce: Mgr. Jan Fadrhonc

**Plzeň 2021**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně  
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 30. dubna 2021

.....  
vlastnoruční podpis

Ráda bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Janu Fadrhoncovi, za bystré nápady, cenné rady, smysluplné připomínky a konstantní podporu při psaní práce. Mockrát děkuji i svým nejlepším spolužákům ze ZČU a mé skvělé rodině.

## OBSAH

Úvod .....	2
1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI HYDROGELU .....	3
1.1 HYDROGEL JEMNÝ .....	5
1.2 HYDROGEL HRUBÝ .....	5
1.3 HYDROGEL – KULIČKY .....	6
1.4 HYDROGEL – PLENKA .....	7
1.5 BOZP PŘI PRÁCI S HYDROGELEM .....	8
2 POZOROVÁNÍ RŮZNÝCH HYDROGELŮ .....	9
2.1 ZÍSKÁNÍ HYDROGELU Z DĚTSKÉ JEDNORÁZOVÉ PLENKY .....	9
2.2 NASÁKAVOST HYDROGELU V ZÁVISLOSTI NA ČASE .....	11
2.3 NASÁKAVOST HYDROGELU V ZÁVISLOSTI NA OBJEMU .....	12
2.4 NASÁKAVOST HYDROGELU V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ VODY .....	15
2.5 VYPAŘOVÁNÍ VODY Z HYDROGELU .....	16
2.6 PROMÍSENÍ HYDROGELU S PŮDOU V SUCHÉM A NASÁKNUTÉM STAVU .....	19
2.7 POZOROVÁNÍ HYDROGELU SE ŽÁKY – GLOBÁLNÍ EXPERIMENT .....	20
3 MOŽNOSTI PĚSTOVÁNÍ POMOCÍ HYDROGELU .....	22
3.1 ROSTLINY VHODNÉ PRO PĚSTOVÁNÍ ZA POMOCI HYDROGELU .....	22
3.2 HYDROGEL PŘI ZAKLÁDÁNÍ LESNÍCH POROSTŮ .....	23
3.3 SOLID RAIN – MEXIKO .....	23
3.4 PŘIDÁNÍ HYDROGELU PO SÁZENÍ .....	24
4 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ VYUŽITÍ HYDROGELU .....	25
4.1 EXPERIMENT 1 .....	25
4.2 EXPERIMENT 2 .....	29
4.3 EXPERIMENT 3 .....	34
4.4 EXPERIMENT 4 .....	36
4.4.1 Bazalka .....	36
4.4.2 Pažitka .....	37
4.4.3 Paprika .....	37
4.4.4 Řeřicha .....	39
4.5 EXPERIMENT 5 .....	40
4.6 EXPERIMENT 6 .....	48
4.7 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ HYDROGELU SE ŽÁKY – NÁMĚTY NA EXPERIMENTY .....	50
4.7.1 Pěstování rajčat .....	50
4.7.2 Pěstování ředkviček .....	51
4.7.3 Pěstování bazalky .....	51
4.7.4 Naklíčení osiva .....	51
ZÁVĚR .....	53
RESUMÉ .....	55
SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ .....	56
SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ .....	58
SEZNAM PŘÍLOH .....	I

## Úvod

V posledních letech se potýkáme se stále intenzivnějšími obdobími sucha, při kterých rostliny trpí nedostatkem vody a záhy na to přichází změna počasí. Dlouhé horké dny poté často vystřídají prudké záplavové deště. Střídání takovýchto extrémů bohužel ovlivňuje celou populaci, nejen zemědělce a zahrádkáře spolu s jejich úrodou. Snažíme se střídajícím podmínkám co nejlépe přizpůsobit, a proto často hledáme způsob, jak rostlinám zajistit pravidelný přísun vody pro udržení uspokojivé kvality i kvantity úrody. Vhodným řešením by mohl být například hydrogel, který je na trhu již několik desítek let, ale výhody jeho použití se zatím dostatečně nerozšířily do povědomí veřejnosti.

V hodinách pěstitelství se žáci mají seznámit s životním cyklem rostlin od semene až po květ či plod. Žákům bude při hodinách vysvětleno, jak důležité jsou pro rostlinu světlo, teplo, vzduch, voda a živiny. Jelikož je voda jednou ze základních potřeb rostliny, můžeme žákům při této příležitosti představit hydrogel. Hydrogel je tekutinou nasávkavý polymer schopný zvětšit svůj objem až třístokrát a primárně slouží k uchování vlhkého prostředí v blízkosti kořenového systému rostliny, kterým rostlina živiny a vodu přijímá.

Hydrogel lze použít k rostlinám a plodinám pěstovaným v nádobách i ve volné půdě. Výhodou jeho použití je zvýšení časové prodlevy mezi zálivkami a v případě aplikace do volné půdy můžeme i snížit množství použité vody při zalévání. V období dešťů hydrogel dokáže přebytečnou vodu nasáknout a uložit pro její pozdější využití při následujícím období sucha, které by mohlo rostlinu bez přidání další zálivky nenávratně poškodit.

Cílem práce je zjistit, jaké jsou možnosti využití hydrogelu v hodinách pěstitelských prací.

První kapitola popisující základní vlastnosti hydrogelu čtenáře seznámí s běžnými druhy hydrogelu, které se používají při pěstování nebo péči o rostliny. Dozví se informace o jejich vlastnostech, struktuře, použití a bezpečnosti práce při manipulaci s nimi. Ve druhé kapitole se můžeme pomocí pokusů blíže zadívat na pozorování hydrogelů a jejich chování za různých podmínek, které lze zopakovat i při vyučování. Dalším krokem pro získání představy, jaké máme možnosti při pěstování s přidáním hydrogelu je obsah třetí kapitoly zahrnující příklady a rady, jak se hydrogel používá nebo může používat v praxi. Poslední kapitola se věnuje vlastním pokusům s hydrogelem a námětům na experimenty, které mohou být uskutečněny se žáky v rámci hodin pěstitelských prací.

## 1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI HYDROGELU

Hydrogel se řadí mezi uměle vyrobené hydroabsorbenty (přírodními jsou: rašelina, celulóza, kůra a další), které jsou užívány pro zadržení vláhy v půdě. (1) Hydrogel je příčně zesíťovaný polymer tvořený polyakrylátem draselným (potašem), který je silně hydrofilní, a pyšní se schopností pojmout velké množství vody. (2) S hydrogelem se můžeme setkat v různých odvětvích, jako je třeba lékařství, ve kterém probíhají výzkumy ohledně využití hydrogelu pro např. rychlejší hojení ran nebo optika, kde se z hydrogelu vyrábí oční čočky. Rovněž se uplatňuje i při výrobě jednorázových plen. (3) Hydrogel má všestranné využití, ale vzhledem k zaměření práce se zajímáme hlavně o jeho použití v pěstitelství.

Mezi jeho základní vlastnosti patří schopnost zadržet 250–300násobek vody, čímž snižuje četnost zavlažování a při pravidelném rozpínání a smršťování provzdušňuje půdu. Typicky se v zemědělství vyskytuje ve dvou základních podobách, jako jemný a hrubý substrát ve formě prášku a krystalů transparentní až bílé barvy, které po zalití vodou nabobtnají a vytvoří gel (v případě jemného hydrogelu) nebo transparentní krystaly podobné struktuře želé (v případě hydrogelu hrubého). (4) Další podobou hydrogelu je tvar kuliček, které jsou k dostání v různých velikostech a barvách, od transparentní až po černou. Hydrogelové kuličky jsou nejčastěji používány v průhledných vázách s řezanými květinami, pro vytvoření zajímavé dekorace. (5)

Hydrogel, pro pěstování rostlin, byl vytvořen německými inženýry v 70. letech 20. století, pro použití hlavně v zemědělství, kde je jeho využití univerzální (ve smyslu použití u různých rostlin a plodin). Jedná se o ekologický, biodegradabilní a netoxický produkt s neutrálním pH, který lze použít k jakýmkoliv rostlinám a plodinám. Nemá negativní vliv na vodu, rostliny, živočichy ani člověka. Hydrogel lze využívat v zahradnictví, zemědělství, lesnictví, městské zeleni, na sportovištích a vhodný je i pro použití v truhlících či květináčích. (4)

Po výrobě produktu ve formě prášku nebo krystalů podléhá hydrogel expirační době trvající 4 roky. Přestože je hydrogel při výrobě uzavřen do plastového obalu, je stále schopen nasávat tzv. vzdušnou vlhkost a tím se zkracuje jeho životnost. Po uplynutí expirační doby postupně ztrácí svou schopnost opakovaného nasáknutí vody. V půdě dodává hydrogel rostlinám vodu až po dobu 5 let a do 7-8 let se v půdě bezzbytku rozloží. Spolu s vodou hydrogel zadržuje i živiny, které si rostlina může čerpat podle potřeby. (4)

Hydrogel prokazatelně zlepšuje vlastnosti půdy. Půda je kvalitnější v důsledku vyšší vlhkosti a větší vzdušnosti. Díky hydrogelem zadržované vodě se v tak vlhké půdě daří život různým mikroorganismům. Po jejich odumření se vytvoří větší množství vzácného humusu, který rovněž přispívá ke kvalitnějšímu životu rostliny. (4)

*„Hydrogel je již více než 10 let schválen českými úřady i Evropskou unií jako půdní kondicionér. Kondicionér je látka zlepšující kvalitu půdy, plnící navíc potřebné ekologické požadavky.“* (4)

Použití hydrogelu v půdě také omezuje její erozi, při použití u venkovních rostlin, obecně snižuje četnost zavlažování a také propouští méně vody s potřebnými živinami pryč od kořenů rostlin. Více vláhy se tak udrží na polích, v lesích i zahrádkách a úroda tak díky hydrogelu přežije i delší období sucha.

Hydrogel je v zahraničí, mezi zahrádkáři a zemědělci, známý pod různými názvy. Nejčastěji je tento absorbující hydrofilní polymer pojmenován přímo názvem společnosti, která vyrábí právě své unikátní složení polymeru, pro různé účely. Příklady dalších polymerů fungujících na podobném principu, u nás známých obecně pod pojmem *Hydrogel*, jsou na internetu k nalezení pod názvy: SAP (Super Absorbent Polymer), Water gel, Aquagrunt (6), Water beads (Vodní perly), Deco beads, Aqua soil, Moisture crystals, Flora Gel, Orbeez a další. Všechny zde vypsány názvy odkazují na produkty s podobným složením vodou nasávkavého polymeru, který se dá využívat v pěstitelství a zemědělství.

Spotřeba hydrogelu závisí na velikosti plochy, na které chceme hydrogel využít a míře jeho použití. Doporučený poměr pro běžné sázení je: 3 g hydrogelu, na 1 l zeminy. Hydrogel je možné běžně zakoupit ve větším obchodě se zahradnickými potřebami nebo přes internet. Standardní balení, které lze zakoupit v kamenném obchodě, o objemu 200 gramů se dá smíchat až s 67 litry zeminy a pojme přibližně 50 litrů vody. Výrobce uváděný poměr nasávkavosti hydrogelu odpovídá zadržení 250 litrů vody při použití 1 kila hydrogelu. (4)

Při cenové kalkulaci se více vyplatí zakoupení kilového balení, které se pohybuje okolo 500 Kč. Běžné dvousetgramové balení zakoupíme od 150 Kč. Přidání tří gramů hydrogelu do litru zeminy tak průměrně vychází na méně než 2 Kč a počáteční investici můžeme díky jeho životnosti rozpočítat až na 5 let<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Přibližný cenový rozpočet byl vyhotoven k roku 2021.

### 1.1 HYDROGEL JEMNÝ

Hydrogel je ve formě jemného krystalického prášku s velikostí zrn 0,2 - 0,8 mm, které jsou konzistencí podobné cukru krystal. Barva je v suchém stavu bílá a po nasáknutí vodou spíše transparentní. Nabobtnalý hydrogel vytvoří jemnou homogenní krupicovitou strukturu, a proto je jeho použití doporučeno hlavně do truhlíků a květináčů. Po nasáknutí vodou nezpůsobí nadměrné nabobtnání půdy v omezeném prostoru a semínkům, sazeničkám ani rostlinám nehrozí vypadnutí z nádoby, do které jsme jemný hydrogel přimíchali. (4)



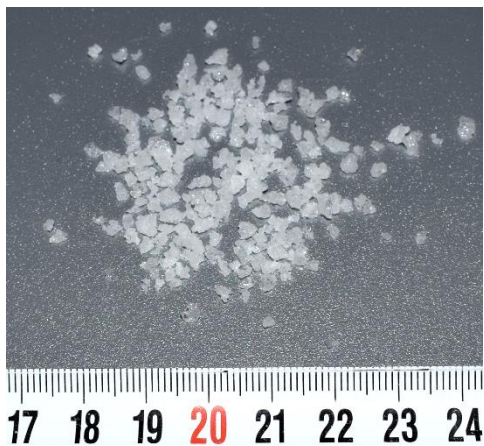
Obrázek 1: Hydrogel jemný, suchý stav  
(Zdroj: vlastní)



Obrázek 2: Hydrogel jemný, nasáklý vodou  
(Zdroj: vlastní)

### 1.2 HYDROGEL HRUBÝ

Hydrogel je ve formě drobných nepravidelných krystalů o velikosti přibližně 0,8 - 2 mm. Dávkování je doporučeno v různých poměrech, závisících na typu aplikace. Hrubý hydrogel je ideální k použití pro větší plochy – trávníky, pole a zahrady, kde lépe provzdušňuje půdu. Nasákavost tekutiny je o něco pomalejší než u jeho jemnější verze. Hydrogel hrubý je cenný díky postupnému uvolňování tekutiny a míře jejího množství, které je jeden krystal schopen pojmout. (4)



Obrázek 3: Hydrogel hrubý, suchý stav  
(Zdroj: vlastní)



Obrázek 4: Hydrogel hrubý, nasáklý vodou  
(Zdroj: vlastní)

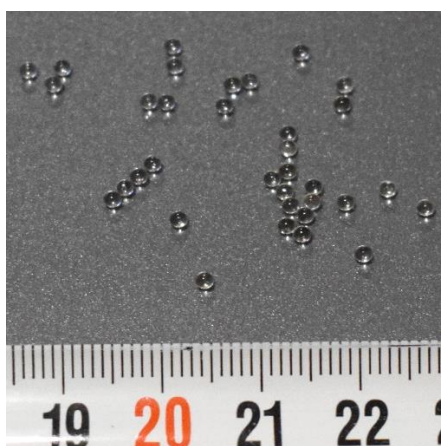


### 1.3 HYDROGEL – KULIČKY

Velikost hydrogelových kuliček je v suchém stavu, před nasáknutím tekutiny, okolo 2 mm. Používají se díky pestrosti barev pro své dekorativní účely do skleněných váz, ke kořenům orchidejí nebo jako zdroj vláhy pro řezané květiny. Transparentní kuličky jsou při zalití čistou vodou, v nádobě prakticky neviditelné. Své využití našly i jako prostředek k provonění prostoru, kdy jsou kuličky namočené do vonného roztoku a postupným vysycháním uvolňují vůni do okolí. Pro nasáknutí vodou smícháme v poměru 1 : 100 a po 8 hodinách přebytečnou vodu vylijeme. Po vyjmutí z tekutiny se hydrogelové kuličky začínají okamžitě zmenšovat a trvá přibližně 30 dní, než se smrští do původních rozměrů. Jejich životnost je oproti hrubému hydrogelu značně omezená, odhadují se přibližně 2 roky. Po každém použití kuliček k dekoraci, se doporučuje kuličky omýt před jejich vysušením, abychom tak zabránili případnému množení organismů a následnému výskytu plísně. Skladování v suchém stavu je výhodnější hlavně z důvodu úspory místa. (5)

Pro zaručenou dezinfekci kuliček před dalším použitím, můžeme použít odvar z dubové kůry, který je užíván pro zbavení se počínajících plísní u klíčících semínek. (7)

Pokud se již kuličky nechystáme dále využít, neekologičtější způsob jejich likvidace spočívá v podobě přidání těchto nabobtnalých kuliček do půdy, kde mohou s velkým omezením (nenasávají vodu tak rychle jako hydrogel, který je určen pro zemědělství a zahradnictví) plnit svoji funkci po dobu několika měsíců. Kuličky není vhodné v suchém ani nabobtnalém stavu vhadzovat do odpadu nebo vylévat do kanalizace, jelikož tím můžeme způsobit jeho ucpání a ve vodních čističkách by pak mohly napáchat nemalé škody.



Obrázek 5: Hydrogel – kuličky, suchý stav (Zdroj: vlastní)



Obrázek 6: Hydrogel – kuličky, nasáklý vodou (Zdroj: vlastní)

## 1.4 HYDROGEL – PLENKA

Hydrogel používaný při výrobě jednorázových plenek, je jedním ze čtyř hlavních hydrogelů, které provázejí celou práci a mohlo by se zdát, že se jistým způsobem jedná o bonusový druh hydrogelu. Avšak o tom, jak je to s jeho historií a důvodem výskytu v různých odvětvích našeho života pojednává úryvek z citovaného článku o superabsorbentech.

*„Začátkem šedesátých let minulého století vědci v USA pátrali v rámci projektu ministerstva zemědělství po novém materiálu schopném opakovaně zadržovat a uvolňovat v půdě velká množství vody. Výsledkem jejich výzkumu byl materiál nazývaný Super Slurper („Super Srkač“) schopný zadržet množství vody až čtyřsetnásobně převyšující jeho váhu.*

*Ministerstvo následně poskytlo tento koncept několika komerčním firmám k dalšímu vývoji a první komerční výstupy na sebe nenechaly dlouho čekat. Různé druhy superabsorbentů založených především na bázi polyakrylátu našly již počátkem sedmdesátých let použití v dětských plenkách i hygienických vložkách pro ženy, odkud se v následujících desetiletích rozšířily prakticky do všech průmyslových odvětví.*

*Dnes nám tak například pomáhají pohlcovat vytékající šťávu u baleného masa, zachytávat vysráženou vodu v nádržích automobilů, chránit elektrické kabely před korozi, efektivně hasit požáry nebo hydroponicky pěstovat rostliny ve sklenících. Jejich schopnost bezpečně pohltit překvapivě velká množství produktů dětského metabolismu dokonce inspirovala NASA na konci 80. let k vytvoření oblečení nazývaného „Maximum Absorbency Garment (MAG)“. Tyto důmyslné plenky pro dospělé se tak staly díky své schopnosti zadržet až 2 litry moči nezbytnou pomůckou astronautů během mnohahodinových výstupů do vesmíru.“ (8)*

Úkolem hydrogelu používaného v plenkách je rychlé nasátí a zadržení tekutiny ze svého okolí, aby byla pokožka miminka v suchu a tekutina zůstala v jádru plenky. Důkazem, že hydrogel v tomto případě funguje tak, jak se od něj očekává, je přiložení ubrousku na tekutinou nasáklou plenku, přičemž ubrousek zůstává naprosto suchý, protože hydrogel nasáklou tekutinu jen tak nepustí zpět.

Krystalky hydrogelu v plence jsou velice jemné a pokud se setkají s kapkou vody, téměř okamžitě ji vsáknou a nabobtnají viz Obrázek 8 na další straně. V místech, kde je hydrogel spíše transparentní, bylo přidáno více tekutiny a hydrogel ji stále zpracovává a nabývá

na objemu. Naopak oblasti s převážně bílou barvou naznačují, že už jsou krystalky připraveny pojmout další tekutinu a přidanou vlhkost okamžitě vsáknout.



Obrázek 7: Hydrogel – plenka, suchý stav (Zdroj: vlastní)



Obrázek 8: Hydrogel – plenka, nasáklý vodou (Zdroj: vlastní)

Obrázek 9 znázorňuje výsledek pokusu o získání co nejčistšího hydrogelu, který jsme se snažili v suchém stavu opatrně vytřást z plenky. Obrázek 10 zobrazuje celý obsah jedné plenky nasycený 1350 ml vody. Do čisté plenky byla nejdříve nalita tekutina, kterou plenka bez poškození a větších problémů pojmula a poté byl její obsah vysypán do mísy. Bílá barva hydrogelu naznačuje, že by byl obsah mísy schopný ještě jednou pojmout přibližně stejné množství vody, jako bylo předtím nalito do plenky.



Obrázek 9: Hydrogel – plenka, obsah celé plenky v suchém stavu (Zdroj: vlastní)



Obrázek 10: Hydrogel – plenka, obsah celé plenky nasáklý vodou (Zdroj: vlastní)

### 1.5 BOZP PŘI PRÁCI S HYDROGELEM

Při manipulaci s hydrogelem může vzniknout mikroskopický prach obsahující hořlavé výpary, a proto je nezbytné používat masku nebo respirátor. Dále je doporučeno zajistit výměnu vzduchu např. větráním a také používat ochranné brýle. Před pracovní přestávkou a po skončení práce je nutné důkladné umytí rukou vodou a mýdlem. Dáváme si pozor na hydrogel v přítomnosti vody, jelikož je po jejím nasáknutí vlhký a vytváří extrémně kluzký povrch. Samozřejmostí je při práci s hydrogelem nejíst, nepít a nekouřit. (9)

## 2 POZOROVÁNÍ RŮZNÝCH HYDROGELŮ

Kapitola je věnována pokusům, zrealizovaným v domácích podmínkách, se třemi snadno dostupnými druhy hydrogelu. V průběhu pozorování se snažíme o získání informací ohledně nasákavosti materiálu, odpařování tekutiny, jeho reakci na různou teplotu i měkkost vody a další.

Hydrogel hrubý, který je předmětem této bakalářské práce vyrábí společnost Floria, hydrogelové kuličky jsou bez konkrétní známé firmy (vyrobeno v Číně) a plenky, ze kterých byl čerpán hydrogel jsou značky Clever výrobce Drylock Technologies s.r.o. (velikost 5 junior 15-25 kg).

### 2.1 ZÍSKÁNÍ HYDROGELU Z DĚTSKÉ JEDNORÁZOVÉ PLENKY

Výrobce není povinen udávat, zda plenka využívá k nasákavosti hydrogel či nikoliv. Nejčastěji se na obalu nachází pouze zmínka o super absorpčním jádru nebo extra savém 3D jádru. Při pozorování bylo zjištěno, že využívané plenky značky Clever hydrogel obsahují, a nachází se zde v podobě velice jemných symetrických krystalků. Množství hydrogelu v jedné plence je přibližně 7 gramů. Ověřený způsob nejjednoduššího získání čistého hydrogelu z plenky má následující postup.

Z plenky odstraníme přebytečný obal, gumičky a zapínání, čímž nám zůstane pouze oválný tvar pleny obsahující směs buničiny, vaty a krystalků hydrogelu. Je dobré si na stůl připravit podložku například v podobě pečícího papíru, který při další manipulaci s plenkou snadno zachytí zbloudilé krystalky hydrogelu. Plenu následně rozstříháme na 3 části, a její konce opatrně rozevřeme tak, aby měla každá část plenky dva volné prostory pro únik hydrogelu. Všechny části nastříhané plenky vložíme do uzavíratelného boxu spolu s kovovou lžičkou a jemně krabičkou třeseeme. Tímto způsobem se z plenky uvolní převážně jen krystalky hydrogelu, přičemž převážná část buničiny zůstane uvnitř plenky. (8)

Pokud chceme získaný hydrogel po nějaký čas skladovat, uložíme ho do uzavíratelného sáčku nebo jiného nepropustného obalu, abychom zabránili nadměrnému vstřebávání vzdušné vlhkosti. Zbylou vatu můžeme využít na jiné pokusy v pěstitelství, například na naklíčení semínek řeřichy nebo zjištění vitality semínek před zasazením.

Podobná metoda získání hydrogelu z plenky spočívá v otevření jádra plenky a vysypání celého jejího obsahu v suchém stavu do sáčku. Sáček následně uzavřeme tak,

aby byl nafouklý vzduchem a třese se, dokud se těžší krystalky hydrogelu neusadí na dně. Lehčí části jádra plenky vytvoří chuchvalec, který se dá poté jednoduše odstranit a v sáčku nám zůstane jen čistý hydrogel. Využití tohoto způsobu znamená manipulaci s celým obsahem plenky, přičemž se hojně uvolňují mikroskopické částičky vatové buničiny, které se usazují v širokém okolí a zvyšují tak jeho prašnost.

Dalším způsobem, jak z plenky získat hydrogel, je využití jeho vlastnosti nasákavosti tekutin. Plenku vložíme do mísy, rozevřeme tak, abychom mohli její jádro pomalu zalévat vodou, dokud ji bude plenka sát a plně vstřebávat. Během pokusu o získání povědomí o přibližném množství tekutiny, kterou je plenka schopna bez poškození pojmout, bylo dosaženo výsledku 1350 ml vody. Po vysypání nasáklého obsahu plenky do mísy, je však možné bez problémů přidat minimálně ještě dalších 1000 ml vody. Hydrogel je tekutinu stále schopen navázat do polymerového řetězce a zvětšit tak svůj objem. Její schopnost pohlcení vysokého množství vody můžeme žákům zřetelně ukázat s použitím obarvené vody, nejlépe potravinářským barvivem či ovocným nebo černým čajem. Nasákavost hydrogelu, hlavně její rychlost, tak bude pro žáky lépe viditelná. Navíc s žáky můžeme porovnat množství hydrogelu, které plenka obsahuje a rozdíly v nasákavosti plenky u různých značek. Žáci mohou také odhadnout, zda se množství hydrogelu a nasáklé tekutiny změní při použití plenek pro několikaměsíční miminka a juniory.

Získaný hydrogel je často smíchaný s buničinou plenky, ale i přesto je možné jeho použití na zahradě. Hydrogel z plenky nasaje tekutinu za mnohem kratší čas než hydrogel hrubý. Zbylý materiál, který plenka obsahuje se během několika měsíců rozloží, a půdě nijak zásadně neuškodí. Jeho vlastnosti jsou však od zahradnického hydrogelu rozdílné, jelikož byl vyroben hlavně za účelem okamžitého vsáknutí tekutiny, nikoliv jejího postupného uvolňování dle potřeby rostliny.

Vzhledem k vyšší náročnosti získání čistého hydrogelu z plenky, pro dosažení srovnatelných podmínek při sledování chování různých druhů hydrogelu, se hydrogel získaný z dětské plenky vyskytuje jen ve vybraných pozorováních a experimentech.

Cenová kalkulace<sup>2</sup> s předpokladem získání sedmi gramů čistého hydrogelu z jedné plenky (přičemž gramáž byla zjištěna pokusem) vychází u použitého balení značky Clever

---

<sup>2</sup> Vzhledem k roku 2021.

(12 ks/59,90 Kč) na zaokrouhlené 4 Kč. Částka byla vypočtena při předpokladu využití tří gramů hydrogelu na jeden litr zeminy (poměr doporučený u hydrogelu značky Floria).

Vzhledem ke složitosti a náročnosti výroby jednorázových plenek, je získání hydrogelu z plenky za účelem jeho použití v pěstitelství naprosto neekologické. Pokud bychom na druhou stranu chtěli snížit množství odpadu, který použité plenky vytváří, a přitom využít hydrogelu jenž obsahují, můžeme na zahradě použít plenky, které byly počůrané.

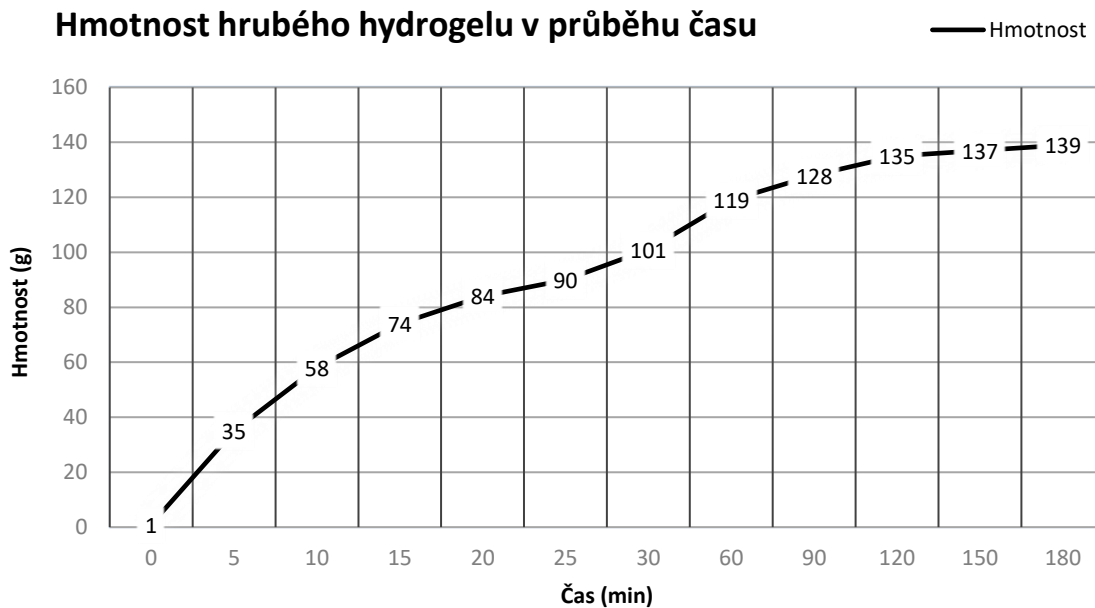
Pouze počůranou plenku, kterou bychom jinak vyhodili, můžeme použít při pěstování, a to následujícím způsobem. Plenku zalijeme vodou tak, aby byla plně nasáklá. Následně ji rozřízneme uprostřed a nasáklý obsah vysypeme do nádoby s připravenou zeminou. Smíchanou půdu s hydrogelem a celým obsahem plenky můžeme použít u rostlin, které vyžadují větší množství závlivky. Dopad kyseliny močové, která je obsažená v použité plence se zalitím čistou vodou a smícháním se zeminou téměř eliminuje a rostlině by neměla ublížit. Jiným způsobem zašpiněné plenky pro podobné využití vhodné nejsou.

Je nutné zmínit rozdílnost mezi hydrogely, které jsou určeny k různým účelům. Hydrogel použitý v plenkách po setkání s tekutinou reaguje silně hydrofilně a téměř okamžitě vsakuje tekutinu. Po nasátí tekutiny velice rychle nabobtná a v průběhu procesu mění barvu z bílé na transparentní, v závislosti na objemu přidané tekutiny. Zahradnický hydrogel má ovšem rozdílnou reakci vzhledem k jeho primárnímu účelu, kterýmž je postupné uvolňování nasáklé tekutiny a živin, které si poté rostlina čerpá podle potřeby. Při setkání s tekutinou je hydrogel, určený pro zemědělství, po nějakou chvíli hydrofobní, než jeho krystalky vodu nasáknou a promění se v gel.

## 2.2 NASÁKAVOST HYDROGELU V ZÁVISLOSTI NA ČASE

Po jaké době přestane hydrogel zvětšovat svůj objem lze zjistit jednoduchým pokusem. Pozorování začalo smícháním 1 gramu hrubého hydrogelu a 500 ml vody. Po dobu prvních 30 minut, byla z nádoby každých 5 minut vylévána přebytečná tekutina a nasáklý hydrogel byl průběžně vážen. Experiment po prvních 30 minutách pokračoval vážením nasáklého hydrogelu v časovém odstupu 30 minut a byl ukončen po 3 hodinách. Zbývající pitná voda byla po každém zvážení vrácena zpět do nádoby s hydrogelem, aby mohl pokračovat v nabývání na objemu.

Průběh experimentu je zaznamenán pomocí Grafu 1. V grafu je na ose x znázorněna časová osa (v minutách) a na ose y je zapsána hmotnost nasáklého hydrogelu (v gramech).



Graf 1: Hmotnost hrubého hydrogelu v průběhu času (Zdroj: vlastní)

Graf názorně ukazuje časovou linku nárůstu hmoty u pozorovaného vzorku. Prvních 30 minut ve styku s tekutinou znamenají pro hydrogel nárůst až o 100 %. Pro optimální aktivaci hydrogelu v půdě, bychom na základě pozorování doporučili zalévat půdu s hydrogelem v odstavu alespoň 10 minut po minimálně 3 dávkách. Množství zálivky závisí na objemu půdy použité v nádobě a množství hydrogelu, který obsahuje. Abychom zabránili přelití rostliny, je nutné si vypočítat, kolik zálivky je půda s hydrogelem schopna pojmout. V případě použití květníku s odtokovými kanály hydrogel nebude schopný ihned zachytit celé množství zálivky, a proto je pro něj zalévání po menších dávkách vhodnější.

Pozorování bylo rozšířeno o experiment, při kterém byla simulována situace dešťových přeháněk trvajících po krátký čas několika minut, s použitím čisté zeminy a půdy doplněné hydrogelem hrubým, jemným a z pleny. Experiment 6 je popsán ve čtvrté kapitole.

### 2.3 NASÁKAVOST HYDROGELU V ZÁVISLOSTI NA OBJEMU

S jakou vodou hydrogel reaguje nejlépe? Hojně množství zahrádkářů je závislých na vodě srážkové nebo mají možnost zahradu zalévat vodou z vlastní studny či blízkého vodního toku. Pozorování bylo zaměřeno na získání povědomí o reakci hydrogelu na různé tekutiny v čisté formě a s přidáním hnojiv. Nejedná se o pozorování spojené s popisem pH vody nebo rozborem obsahu živin a minerálů ve vodě, jedná se pouze o ilustrativní ukázkou nasákavosti

hydrogelu. Pro pozorování jsme vyzkoušeli různou vodu (pitnou, dešťovou, z potoka<sup>3</sup> a s přidáním hnojiv). V následující tabulce jsou zaznamenány výsledky nasákavosti zahradního hydrogelu hrubého v reakci na spojení s rozdílnou tekutinou

Do každého vzorku bylo použito stejné množství hydrogelu (1 g) a tekutiny (0,5 l), hydrogel byl ponechán v tekutině po dobu 8 hodin pro získání co neoptimálnějších výsledků.

Zkratka H.H. vyjadřuje přidání hydroponického hnojiva a zkratka O.H. znamená přidání organického hnojiva.

Tabulka 1: Nasákavost hydrogelu v závislosti na objemu (Zdroj: vlastní)

<i><b>Použitá voda</b></i>	<i><b>Nasákavost v ml</b></i>	<i><b>Hmotná část hydrogelu (g)</b></i>
<b><i>VODA ČISTÁ</i></b>		
Pitná voda	170	160
Dešťová voda	200	<b>190</b>
Voda z potoka	60	60
<b><i>VODA S HYDROPONICKÝM HNOJIVEM</i></b>		
Pitná voda + H.H.	45	44
Dešťová voda + H.H.	52	<b>42</b>
Voda z potoka + H.H.	61	52
<b><i>VODA S ORGANICKÝM HNOJIVEM</i></b>		
Pitná voda + O.H.	70	63
Dešťová voda + O.H.	100	91
Voda z potoka + O.H.	69	59

Pro vyhodnocení tabulky je důležité zdůraznit nejlepší výsledek nasákavosti hydrogelu v závislosti na nejvyšší gramáži hmotné části (190 g), kterého dosáhl hydrogel s čistou dešťovou vodou a zároveň stejným způsobem zvýrazněný nejhorší výsledek, který má opět dešťová voda, ale s přidáním hydroponického hnojiva (42 g). Navážená hmotná část zhruba odpovídá nasáklé tekutině ( $\pm 10$  ml). Vzniklá odchylka je nejspíš způsobena lidským faktorem. Srovnání stejných tekutin v čisté podobě a s přidáním hnojiv ukázalo, že voda čistá (bez přidání hnojiv) měla vždy nejvyšší gramáž hmotné části hydrogelu.

Z tabulky lze také vyčíst, nejnižší nasákavost hydrogelu ve spojení s hydroponickým hnojivem. Bylo použito kombinované koncentrované hnojivo obsahující stopové prvky potřebných živin zajišťující komplexní výživu hydroponicky pěstovaných rostlin značky HYDROPONEX. Technický list hydrogelu (nejedná se o značku Floria, která byla

<sup>3</sup> Použita byla konkrétně voda z Vejprnického potoka. Vzhledem k cíli pozorování však tato informace nemá žádný vliv a je doplněna pouze pro zajímavost.



použita) uvádí, že čím je voda měkčí, tím vyšší je nasákavost hydrogelu. Proběhlé pozorování informaci potvrzuje i u tohoto hydrogelu. (10)

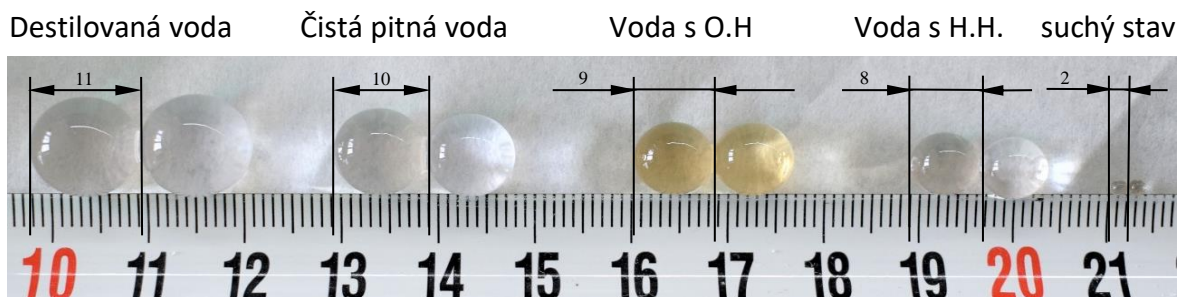
Snížená schopnost nárůstu objemu hydrogelu může být způsobena vyšším obsahem nečistot a minerálů ve vodě, hlubší příčiny však nebyly cílem pozorování.



Obrázek 11: Nasákavost hydrogelu v závislosti na objemu, dešťová voda s porovnáním (Zdroj: vlastní)

Vzhledem k výsledkům, byl později stejným způsobem proveden test s destilovanou vodou, které hydrogel nasákl bezkompromisně nejvyšší množství. Hmotná část hydrogelu odpovídala 345 gramům z původního 1 gramu použitého suchého hydrogelu. Rozšíření pozorování s použitím destilované vody bylo pouze pro zajímavost a stojí mimo tabulku, jelikož destilovanou vodou rostliny nezaléváme.

Pokus byl v menším měřítku zopakován s použitím hydrogelu v podobě kuliček a výsledek byl zaznamenán pouze formou porovnání jejich velikosti. Hydrogelové kuličky byly ponechány po dobu osmi hodin v destilované vodě, pitné vodě čisté, pitné vodě smíchané s organickým hnojivem (O.H.) a s hydroponickým hnojivem (H.H.).



Obrázek 12: Nasákavost hydrogelových kuliček v závislosti na objemu (Zdroj: vlastní)

Použití kuliček v tomto pozorování přispělo k závěru, že hydrogel nejlépe reaguje s destilovanou vodou a nejhůře s vodou smíchanou s hydroponickým hnojivem.

V průběhu vyhledávání zdrojů, jsme se neseťkali s žádnou informací ohledně reakce hydrogelu při styku s hnojivem, a proto je toto zjištění získané díky proběhlému pozorování velice přínosné. Hydrogel má být dle dostupných zdrojů schopen zadržovat spolu s vodou i důležité živiny, avšak přímý kontakt s hnojivem, která používáme, abychom podpořili růst rostliny, zhoršuje jeho schopnost nasakovat tekutinu.

#### 2.4 NASÁKAVOST HYDROGELU V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ VODY

Pozorování bylo zaměřeno na zjištění, zda teplota vody nějakým způsobem ovlivňuje nasákavost hydrogelu v závislosti na objemu a čase.

Jednotlivé vzorky obsahující stejné množství hydrogelu (1 g) v identických nádobách, byly zality shodným množstvím pitné vody (250 ml) o teplotách 0, 22, 40, 70 a 100 °C.



Obrázek 13: Vzorky hydrogelu po zalití vodou o 0, 22, 40 a 70 °C (Zdroj: vlastní)

Různé teploty vody neměly žádný vliv na rychlost nasáknutí hydrogelu ani změnu jeho objemu, jediný znatelný rozdíl byl zaznamenán v průhlednosti jednotlivých vzorků. Vzorky zalité vodou o teplotách 0, 22 a 40 °C mají podobně zamlženou strukturu plnou malinkatých bublinek, zatímco vzorek zalitý vodou o teplotě 70 °C ukazuje jejich velmi řídký výskyt. Významný rozdíl ve struktuře hydrogelu zaznamenal vzorek zalitý vroucí vodou. Vzorek je naprosto čirý, průhledný a bez bublin. Výsledná struktura hydrogelu hrubého po zalití vodou vroucí, je srovnatelná se zalitím hydrogelových kuliček vodou pokojové teploty. Díky absenci bublinek, může být i tento hydrogel využit pro dekorativní účely, podobně jako hydrogelové kuličky.

Na základě pozorování bylo zjištěno, že teplota vody znatelně ovlivňuje vzhled nasáklého hydrogelu. Jak je na tom jeho účinnost, opakované nasycení a smrštění či schopnost zadržet živiny, dále součástí pozorování nebylo.

## 2.5 VYPAŘOVÁNÍ VODY Z HYDROGELU

Dle výrobce má hydrogel snížit četnost zalévání a v půdě tekutinu po několik dní bez problémů udržet. Půda má v tomto případě funkci ochrany hydrogelu před přílišným vysycháním a hydrogel tak může zadrženou vlhkost uvolňovat pouze v závislosti na potřebě rostliny. K pozorování bylo využito stejného množství zeminy vložené do dvou identických nádob, kde pouze jedna z nich obsahovala navíc i hrubý hydrogel (v suchém stavu). Obě nádoby byly nejprve zality shodným množstvím vody, ale vzhledem k nutnosti aktivace hydrogelu, byl vzorek s hydrogelem zalit 2x více než vzorek samotné půdy. S ohledem na časovou náročnost nasákavosti hydrogelu, je nejlepším způsobem půdu s hydrogelem zalévat po částech. Přidávanou vláhu rozdělíme a poté co se jedna dávka vsákne, můžeme půdu znovu zalít.



Obrázek 14: Vzorok po prvém zalití, vlevo vzorek samotné půdy, vpravo vzorek s hydrogelem (Zdroj: vlastní)



Obrázek 15: Vzorok po druhém zalití, vlevo vzorek samotné půdy, vpravo vzorek s hydrogelem (Zdroj: vlastní)

Obrázky 14 a 15 ukazují, jaká změna nastává při zalití samotné suché půdy, která nebyla příliš udusaná a půdy která byla obohacena hydrogelem. Samotná půda byla v suchém stavu v nádobě načechraná a její hladina po zalití přirozeně klesla. Zatímco vzorek s půdou, do které byl přidán hrubý hydrogel, po druhém zalití zřetelně nabobtnal.

Pro adekvátní zaznamenání hodnot, vypařování vody z hydrogelu smíchaného s půdou, byl použit vlhkoměr. Vlhkoměr je nástroj pro změření například počtu luxů v blízkosti rostliny (kolik má rostlina světla), hodnoty pH půdy a také její vlhkosti. Vlhkoměr nelze použít pro hydroponii, ani pro zjištění vlhkosti samotného hydrogelu, jelikož bude při setkání s vodou, kterou obsahuje, vždy ukazovat hodnotu 10. Vlhkoměr lze využít pouze pro zaznamenání vlhkosti půdy.

Při nastavení vlhkoměru na zaznamenání hodnot vlhkosti půdy, sledujeme stupnici s hodnotami 0 až 10 odpovídající třem úrovním DRY, MOIST a WET. Vlhkoměr ukazuje naměřené hodnoty ihned po setkání s půdou, kam se má zanořit do hloubky, ve které se nacházejí kořeny rostliny.

Hodnoty na stupnici od 0 do 3 ukazují, že je půda DRY (suchá), hodnoty od 4 do 7 znamenají, že je půda MOIST (vlhká) a hodnoty od 8 do 10 značí, že je půda WET (mokrá), tudíž dobře zalitá. Oba pozorované vzorky měly na vlhkoměru po zalití hodnotu 10. Vzorky byly ponechány ve stejném prostředí a nebyly zalévány po dobu devíti dnů. Poté byly pomocí vlhkoměru naměřeny hodnoty vlhkosti půdy. Vzorek obsahující samotnou půdu (Obrázek 16) byl na stupnici mezi 1-2 což značí, že bez hydrogelu byla půda suchá. Vzorek obohacený o hydrogel (Obrázek 17) měl výsledek na stupnici odpovídající hodnotě 5, tento vzorek byl stále vlhký.



Obrázek 16: Kontrola vlhkosti vzorku bez hydrogelu (Zdroj: vlastní)



Obrázek 17: Kontrola vlhkosti vzorku s hydrogelem (Zdroj: vlastní)

Pozorování pokračovalo za účelem zjištění, jak dlouho bude trvat, než se půda s hydrogelem dostane na hranici mezi DRY a MOIST bez dalšího zalití. Naměření požadované hodnoty představovalo čekání po další 4 dny.

Bylo vypořádáno, že rostliny pěstované v půdě obohacené o hydrogel je v tomto případě možné bez újmy nezalévat až po dobu 13 dní. Doba odstupu mezi zálvkami však závisí na náročnosti konkrétní rostliny. V potaz musíme brát spotřebu vody samotné rostliny, velikost květníku (množství použitého hydrogelu), umístění rostliny (stín, polostín, slunné místo) a teplotu okolí, ve kterém se rostlina nachází. Pokud bychom chtěli hydrogel při svém pěstování zařadit za účelem prodloužení intervalu zalévání pokojových rostlin, doporučujeme nejprve tímto způsobem (pomocí vlhkoměru) vypořádat, jak dlouho se jednotlivým rostlinám daří udržet vlhké prostředí bez přidání další zálvky.

Rozšířením pozorování se stalo původně neplánované opuštění rostlin, po dobu 4 týdnů. Vzorky byly zalaty maximálním množstvím vody, které byly schopny jednotlivě pojmout a po čtyřech týdnech bylo výsledkem nulové péče uhynutí většiny klíčících semen v obou vzorcích a téměř úplná ztráta již rostoucích hrášků. Překvapením se však stal úspěšný růst fazole, zasazené v půdě obohacené o hydrogel viz Obrázek 18.



Obrázek 18: Vzorky zalité po 4 týdnech, vlevo vzorek samotné půdy, vpravo vzorek s hydrogelem (Zdroj: vlastní)

## 2.6 PROMÍSENÍ HYDROGELU S PŮDOU V SUCHÉM A NASÁKNUTÉM STAVU

Pozorování bylo zaměřeno na zjištění výhod a nevýhod smíchání hydrogelu v suchém a již nasáknutém stavu, v závislosti na změnách při spojení s půdou.

Podle dostupných informací se má hydrogel, při běžném sázení rostlin, smíchat s půdou v poměru 3 gramy hydrogelu na 1 litr zeminy. S hydrogelem se doporučuje pracovat v suchém stavu, hlavně z důvodu jednoduchosti přípravy a snadné manipulaci při snaze o rovnoměrné rozprostření hydrogelových krystalů v zemině.

Smíchání půdy s hydrogelem v suchém stavu znamená, že se hladina půdy po zalití a aktivaci hydrogelu zvýší a v případě nedodržení doporučeného poměru hydrogelu ku zemině, se můžou zasazená semínka dostat ven z květníku. Jednoduše řečeno, půda se suchým hydrogelem po jeho aktivaci nabobtná a překypí z nádoby viz Obrázek 15 (strana 16). Z tohoto důvodu se doporučuje používat při sázení do nádob hydrogel jemný, jehož krystaly po nasáknutí nabývají menších rozměrů než u hydrogelu hrubého, jehož jeden krystal může nasáknout až do velikosti přesahující 1 cm.

Pokud má půda tímto způsobem nabobtnat, proč nevyužít při sázení rostliny již nasáklý hydrogel? S použitím nasáklého hydrogelu bychom se vyhnuli úniku půdy nebo i semínek ven z nádoby, je to pravda?

Po smíchání půdy s nasáklým hydrogelem hrubým získáme na omak krásně nadýchanou a vlhkou zeminu, která se zdá být vhodnou k zasazení rostliny. Problém s použitím této směsi se však projeví hned na začátku. Pokud jsme si totiž připravili 1 litr zeminy a smíchali jej s nasáklými 3 gramy hydrogelu, nejsme schopni vzniklý objem směsi natlačit do připraveného prostoru, do kterého by se jinak stejný objem zeminy a suchého hydrogelu bez problémů vešel. Nasáklý hydrogel totiž znatelně zvýší objem směsi. V takto připravené směsi se mimo jiné začne postupem času smršťovat, hladina půdy díky tomu rapidně klesne a její původní množství se celkově objemově zmenší. Navíc se na povrchu půdy vytvoří díry, způsobené smrštěním hydrogelových krystalů, které se ani po opětovné aktivaci hydrogelu zalitím, nijak nezaplňují. Nejlepším řešením je v tomto případě použití takto namíchané půdy pouze na dolní polovinu květníku nebo vyhloubené díry, v nejužší blízkosti kořenového systému rostliny. Tento způsob aplikace přinejmenším zajistí eliminaci umístění krystalů na povrchu, a tak se vyhneme alespoň výskytu děr. Zbytek prostoru dosypeme čistou

zeminou, kterou budeme s nejvyšší pravděpodobností muset v průběhu času ještě několikrát doplňovat, než se hladina v nádobě ustálí. Použití nasáklého hydrogelu znamená horší manipulaci při potřebě smíchání s větším množstvím zeminy a složitější péči o zasazenou rostlinu (doplňování zeminy), takže nám nepřináší žádné prokazatelné výhody. Promísení hydrogelu s půdou v suchém stavu je doporučený a po proběhlém pokusu ověřeně nejlepší způsob aplikace hydrogelu při sázení.

## 2.7 POZOROVÁNÍ HYDROGELU SE ŽÁKY – GLOBÁLNÍ EXPERIMENT

Pozorování, která jsou součástí druhé kapitoly, mohou být zopakována se žáky za účelem rozšíření povědomí ohledně chování a významu hydroabsorbentů v zemědělství. Výsledky pozorování se mohou stát také dalším podkladem k níže popsanému projektu.

Královská chemická společnost (Royal Society of Chemistry) vytvořila v roce 2015 globální experiment, týkající se pozorování hydrogelu prostřednictvím jednoduchých pokusů, na kterých můžeme žákům zajímavým způsobem ukázat základní vlastnosti hydrogelů. Experiment je nazván Water – A global experiment with hydrogels (Voda – globální experiment s hydrogely) a je doprovázen několika dokumenty, které jsou volně dostupné ke stažení ve formátu PDF. K experimentu bylo také natočeno video vysvětlující průběh experimentů. (11) Dokument obsahující instrukce ohledně průběhu experimentů zahrnuje krátkou kapitolu o koloběhu vody, ve které je vysvětleno, že použití hydrogelu neznamená nevratné vysátí vody hydrogelem, ale pouze změnu způsobu jejího uložení. Voda, kterou hydrogel pojme je stále součástí koloběhu, pouze jsme ji díky hydrogelu mohli v zemi udržet po delší čas.

První experiment se zabývá zjištěním nasákavosti hydrogelu v závislosti na objemu. Provádí se zde porovnání mezi hydrogelem jakožto superabsorpčním materiálem a běžným savým materiálem (např. bavlněný ručník). Žáci mohou nejprve postupným přiléváním vody do vzorku s ručníkem nebo utěrkou zjistit, kolik vody je kus tkaniny o rozměrech 10 x 10 centimetrů, schopen nasáknout. Poté následuje totožný postup s použitým stejně velkým kusu plenky. Žáci mohou nejdříve odhadnout a následně pokusem ověřit, zda je nasákavost materiálu obsahující hydrogel stejná, nižší nebo vyšší a proč.

V druhém experimentu je popsána nasákavost hydrogelu v závislosti na čase. Do plastové lahve vložíme hydrogel, který zalijeme vodou v poměru, který můžeme sami odhadnout nebo postupovat dle instrukcí v dokumentu. Lahví párkrát potřese, aby se krystaly hydrogelu přestaly chovat vůči vodě hydrofobně a mohly vodu rychleji nasáknout. Po delším čase (alespoň 30 minutách v případě použití hydrogelu určeného pro zemědělství) můžeme vylít přebytečnou vodu přes sítko a tím zjistíme kolik vody byl hydrogel schopen za určitý časový úsek nasáknout.

Více otevřený a závislý hlavně na kreativitě a nápaditosti žáků je třetí experiment, zabývající se získáním vody z nasáklého hydrogelu. Můžeme se pokusit přijít na způsob, kterým lze získat nasáklou vodu zpět, například využitím chemické reakce pomocí smíchání hydrogelu s běžně dostupnými surovinami jako jsou cukr, sůl, ocet nebo jedlá soda. Navázáním na experiment by mohlo být zjištění, zda jsou hydrogely, ze kterých byla voda získána zpět, schopny opět nasáknout čistou tekutinu a plnit svůj účel u zasazených rostlin.

Veškeré další informace, dokumenty a doprovodné video týkající se popsaného globálního experimentu jsou k nalezení pod odkazem, který je součástí zdroje. (11)



### 3 MOŽNOSTI PĚSTOVÁNÍ POMOCÍ HYDROGELU

Kapitola se zabývá popisem zajímavých pokusů, experimentů, zjištěných poznatků ostatních zahrádkářů a dalších možností pěstování s použitím hydroabsorbentů, v čele s hydrogelem.

#### 3.1 ROSTLINY VHODNÉ PRO PĚSTOVÁNÍ ZA POMOCI HYDROGELU

Každá rostlina má jinou náročnost a požadavky na pěstování. Některé mají rády sušší půdu, některé vlhčí, jiné mohou být pěstovány ve vodě (hydroponie), nebo dokonce i bez ní (aeroponie). Mohlo by se zdát, že k sobě mají hydrogel a hydroponie velice blízko, ale účelem použití hydrogelu je udržení vlhkosti v půdě, zatímco hydroponie stojí na základu pěstování rostlin bez půdy. V hydroponickém pěstování máme zpravidla vodní roztok obohacený živinami a nějaké nosné médium např. kamenné vlny, perlit, kokosová vlákna či rašelinu. Rostliny, které se dají pěstovat hydroponicky, je zpravidla možné pěstovat i v půdě, a tak se může v tomto případě místo živného roztoku použít pro udržení vlhkosti hydrogel, který zároveň zadržuje i živiny. (12) Pokud je rostlina schopna žít pouze ve vodě s přidáním živného roztoku, není zde důvod přidávat navíc hydrogelové krystaly. Použití hydrogelu pro pěstování podobnému hydroponii je sice možné, ale ekonomicky nevýhodné.

Pro pěstování v půdě smíchané s hydrogelem jsou vhodné rostliny, které jsou méně náročné, jako jsou například Břečťan, Fíkus, Palma horská a různé druhy Bromélií (rostliny vhodné i pro hydro-kulturu).

Hydrogel však důrazně není doporučován k rostlinám, které nemají přirozeně rády vlhké prostředí jako jsou například sukulenty a kaktusy. (10)

Nejen pro své dekorativní účely můžeme k pěstování použít samotný hydrogel ve formě kuliček. V hydrogelových kuličkách bez problémů rostou zelené rostliny jako je Dračinec pruhovaný, Šplhavnice zlatá, Filodendron nebo Toulcovka. Kuličky se dají z nádoby jednoduše vyndat, v případě potřeby omýt, nechat znovu nasáknout vodou (po dobu alespoň 4 hodin) a vrátit zpět do nádoby. Jednou z velkých výhod použití hydrogelových kuliček je relativně čisté prostředí (v porovnání s půdou) a také znemožnění samovolného poklesu rostliny na dno nádoby. V hydroponii je pro zamezení poklesu rostliny navíc použito právě nosné médium, které může být i v podobě plastového košíčku s otvory pro kořeny.

### 3.2 HYDROGEL PŘI ZAKLÁDÁNÍ LESNÍCH POROSTŮ

Česká republika se už delší dobu potýká s nedostatkem srážek a příliš suchou půdou, která je zásadní pro klíčení semen a růst rostlin. Zakládání nových lesů je náročné nejen z důvodu nepříjemných hmyzích škůdců, ale i nedostatku potřebné vody. Po zasazení sazenic na určené místo za účelem založení nového lesa, se často potýkáme s vysokým procentem úhynu stromků z důvodu chybějící vlhkosti. Jednou z možností, jak rostlině dodat potřebnou vláhu, je použití hydrogelu.

Hydrogel prokazatelně chrání kořenový systém před suchem a podporuje optimální příjem vody podle potřeby rostliny, což zkvalitňuje její kořenový systém a zvyšuje procento úrodnosti lesních kultur. Používání hydroabsorbentů v zemědělství ještě stále není nijak běžné, ale to se může v budoucnu změnit. V reakci na příznivé výsledky při jejich použití a zhoršující se podnební podmínky, nedostatku sněhu, dešťových srážek a obecně řečeno vody, která je pro úspěšný růst klíčová, by se použití hydrogelu v zemědělství mohlo v blízké době rozšířit.

*„Vědecké studie uvádí, že při použití hydrogelu při obnově lesa v oblastech s nedostatkem srážek dochází ke zvýšení ujmavosti sazenic o 20–40 % v závislosti na extrémnosti stanoviště. Podobných výsledků se dosáhlo i při obnově a zakládání porostů v polopouštních oblastech.“ (2)*

### 3.3 SOLID RAIN – MEXIKO

V návaznosti na americký výrobek z roku 1970 zvaný „Super slurper“, který byl zprvu používán převážně pro své absorpční schopnosti do jednorázových plen, se mexický inženýr S. R. Velasco rozhodl vytvořit vlastní formuli tohoto super absorpčního polymeru, jenž měla za cíl pomoci zemědělství v Mexiku, které má převážně suché podnebí. Společnost, vyrábějící jím vyvinutý absorbent, nazval Solid Rain (stejně se nazývá i daný výrobek) a jejich produkt pomáhá zemědělcům získat až o 50 % vyšší úrodu. Jedná se o přírodní hydroabsorbent nijak nepoškozující půdu, který je vyroben z bio aryl amidu, který se postupem času rozloží a promění v humus. Firma uvádí, že 10 gramů výrobku zadrží až 1 litr vody a v půdě bude plnit funkci po dobu 8 až 10 let.

Zemědělci, kteří Solid Rain používají si produkt chválí, avšak vyskytují se zde i logické otázky pokládané kritiky produktu. Jak se hydrogel chová poté co vyschne a dlouho nepřijdou

žádné deště? Zůstane neaktivní po celou dobu nebo začne agresivně vysávat jakoukoliv vodu z okolí, například tedy i z kořenového systému rostliny, a rostlinu začne naopak vysušovat? Dotazy zatím nebyly zodpovězeny, ale vzhledem k jeho pozitivním výsledkům v oblasti zvýšení produkce rostlin se mezi zemědělci místo hledání odpovědí na tyto otázky, šíří pouze dobré zkušenosti s použitím produktu Solid Rain. (13)

#### 3.4 PŘIDÁNÍ HYDROGELU PO SÁZENÍ

Informace ohledně přidání hydrogelu, k již zasazené rostlině se radikálně liší. Dle oficiálních zdrojů od výrobců, lze hydrogel použít pouze při výsadbě či přesazení rostliny, a hydrogel nelze přidat k již zasazené rostlině, ať už se jedná o rostlinu zasazenou volně v zemi nebo v květníku.

Zkušenosti zahrádkářů ale říkají opak. Podle nich k již zasazené rostlině hydrogel přidat lze, a to nejlépe v suchém stavu, kdy do blízkého prostoru rostliny (přibližně 3 cm od prvotního kořene) vytvoříme krouživým pohybem tunýlek, pomocí dlouhého nástroje (rukojet vařečky) do hloubky, ve které se nachází kořenový systém rostliny. Počet těchto otvorů závisí na velikosti květníku nebo určíme odhadem, v případě, že se jedná o rostlinu pěstovanou mimo nádobu. Otvory slouží pro snadnou cestu hydrogelu ke kořenovému systému rostliny, jelikož právě kořenový systém slouží rostlině k získávání vláhy a živin. (14) Rostlina není schopná získat živiny ze suché půdy, a proto do vytvořených otvorů vsypeme doporučené množství suchého hydrogelu podle návodu. (15)

Rostlinu po přidání hydrogelu vydatně zalijeme, a to nejlépe třikrát za sebou s časovým odstupem alespoň 10 minut. První zalití půdu dostatečně zavlaží, při druhém se zaktivuje hydrogel a nabobtnáním odebere přebytečnou vodu, kterou už dříve zalitá půda není schopna zadržet. Třetí zalití zajistí plné nasáknutí hydrogelových krystalů, které potřebují strávit ve vlhkém prostředí delší dobu.

Přidání hydrogelu k rostlině by mělo prodloužit intervaly zalévání a déle tak udržet půdu vlhkou. U vnitřních rostlin je vhodné tento interval vypořádat podle chování konkrétní rostliny (vadnutí, změna barvy listů, na omak suchá půda) nebo pomocí vlhkoměru. (15)

Použití většího množství hydrogelu není vhodné, jelikož může vést k plísním či deformaci kořenového systému rostliny a poškození jejího růstu v závislosti na nadbytečném přísunu vody, případně i živin.

## 4 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ VYUŽITÍ HYDROGELU

Experimenty jsou popsány tak, jak byly postupně prováděny, a to hlavně z důvodu navazujících poznatků a zjištění, které poskytl každý z nich. Pro schopnost určit, jaké jsou možnosti využití hydrogelu v hodinách pěstitelských prací, byla u všech experimentů vždy snaha o zlepšení výsledků následujícího experimentu, na základě definování co nejvíce přínosných informací z proběhlého pokusu. Cílem bylo také zjištění, zda se dá použít i samotný hydrogel coby náhrada za zeminu. Pro všechny experimenty byla používána čistá pitná voda z kohoutku, s případným přidáním hnojiva jakožto zdroje výživy.

### 4.1 EXPERIMENT 1

*Pomůcky:* plastový znovuuzavíratelný sáček, plexisklo, izolepa, papírová lepicí páska, fix

*Použitý hydrogel:* hydrogel hrubý

*Semínka:* fazole určené ke konzumaci, Roketa (Rukola setá), Pelargonie páskatá (Muškát)

Pro první experiment, ve kterém bylo cílem zjistit, zda se dá hydrogel využívat jako půda pro klíčení semínek a růst rostlin, byla použita semínka rukoly, pelargonie a fazole, která byla po dobu 8 dnů pozorována za účelem zjištění charakteristického chování hydrogelu při setkání s osivem.

Základem experimentu byl hydrogel hrubý aktivizovaný odhadnutým množstvím čisté pitné vody pokojové teploty. Hydrogel byl vložen do průhledných plastických sáčků upevněných na plexisklo pro získání co nejlepšího zviditelnění růstu případného kořenového systému. Do některých vzorků bylo přidáno univerzální tuhé tyčinkové hnojivo pro zajištění výživných látek podporujících růst rostlin.

Na Obrázku 19, na následující straně, je vidět první den experimentu po aplikaci semínek a hnojiva do hydrogelu s označením jednotlivých vzorků. Neoznačené vzorky obsahují čistý hydrogel bez osiva.



Obrázek 19: Experiment 1, aplikace semínek do hydrogelu den 1. (Zdroj: vlastní)

Pátý den (Obrázek 20), je viditelná změna zabarvení vzorků s tyčinkovým hnojivem, která nijak zvlášť neovlivňuje průhlednost vzorku. Hnojivo má ovšem výrazný vliv na tvar krystalů hydrogelu.



Obrázek 20: Experiment 1, aplikace semínek do hydrogelu den 5. (Zdroj: vlastní)

Struktura hydrogelu ve vzorku při pouhém pohledu připomíná spíše vodu. Až po bližším prozkoumání zjistíme, že jsou hydrogelové krystaly stále přítomny, ale jsou menší a uvolnily se z nich část původně nasáklé vody. Po rozhovoru s odborníkem bylo nabídnuto vysvětlení, že se jedná o reakci hydrogelu na sůl v hnojivu, která hydrogel jistým způsobem rozpouští a on se tak zbavuje tekutiny. Doporučením v tomto případě bylo využití organických hnojiv nebo hnojiv pro hydroponii, která by struktuře hydrogelu neměla příliš vadit z důvodu nižšího obsahu soli. Krátké vyjádření k poznatkům týkajícím se vlastností navržených hnojiv.

Hydroponické hnojivo má po smíchání s tekutinou lehký zákal, ale barvu hydrogelu nijak zvlášť neovlivní, zatímco organické hnojivo má díky obsahu melasy sytě hnědou barvu a hydrogel se tak díky němu zbarví do karamelově hnědé.

Další zásadní změnou bylo samovolné přemístění semen ve vzorku. Vzhledem ke změně struktury hydrogelu s přidáním hnojivem (snížení jeho hustoty), klesla všechna semena ke dnu a jejich růst dále nepokračoval z důvodu nedostatku vzduchu.

U fazolí s hnojivem se stejně jako u fazolí bez hnojiva, vytvořila plíseň (Obrázek 21).



Obrázek 21: Experiment 1, zobrazení plísně u semínek fazole vlevo bez hnojiva, vpravo s hnojivem (Zdroj: vlastní)

Vzorek s fazlemi bez přidání hnojiva obsahoval jednu klíčící fazoli. Zabarvení hydrogelu u vzorků neobsahující hnojivo, bylo způsobeno pouze kvůli tmavé barvě vnější slupky konkrétní odrůdy fazole.

Pozitivní výsledky zaznamenala semínka pelargonie. U obou semínek ve vzorku bez přidaného hnojiva, který byl překryt fólií, se objevil klíček viz Obrázek 22.



Obrázek 22: Experiment 1, klíčící semínka Pelargonie (Zdroj: vlastní)

Osmý den zaznamenal zásadní změnu pouze vzorek pelargonie, který viditelně povyrostl, avšak experiment byl tímto dnem ukončen z důvodu neúspěchu všech ostatních vzorků.



Obrázek 23: Experiment 1, semínka Pelargonie den 8. (Zdroj: vlastní)

Pelargonie, jejíž semena jsou zaznamenána na obrázku výše, byla díky pokročilé fázi růstu ponechána ve stejných podmínkách a byla pozorována ještě po několik dní. Její růst se však zastavil, dále nepokračoval a postupem času klíček pomalu uhynul. Vzorky nezakrytého muškátu a rukoly (oba vzorky byly bez přidání hnojiva) zůstaly beze změny, a to po celou dobu trvání experimentu.

Proběhlý experiment odhalil několik zásadních problémů a důležitých poznatků pro další práci s hydrogelem. Zdá se, že samotný hydrogel není schopen semínkům posloužit podobným způsobem jako zemina, jelikož by se podobných (ne-li lepších) výsledků, kterých bylo dosaženo v tomto experimentu, mohlo snadno docílit s použitím vlhčené bavlněné vaty.

Použitý hydrogel, zaktivizovaný bez odměření pouze odhadem, byl pro experiment nejspíš již od začátku příliš řídký. Řešením by bylo vylít přebytečnou vodu po nasáknutí krystalů. Univerzální tuhé hnojivo na základě experimentu rozhodně není vhodné pro kombinaci s hydrogelem. Navíc bylo jeho použité množství, vzhledem k objemu vzorků, přehnané.

Pro další práci doporučuji dodržovat poměry vody a hydrogelu dle návodu nebo hydrogel vytvořit spíše hustší, a vyzkoušet jeho reakci s navrženými hnojivy.

## 4.2 EXPERIMENT 2

*Pomůcky:* plastové misky, samolepicí papírky, fix, bavlněné odličovací tampony

*Použitý hydrogel:* hydrogel hrubý, hydrogel z plenky

*Semínka:* fazole určená ke konzumaci, hrách určený ke konzumaci

Vzorky jsou označeny číselně spolu s počátečním písmenem semínka, o která se jedná (hrách H a fazole F). Průběh experimentu byl pro lepší přehlednost zaznamenáván pomocí tabulek s informacemi o aktuálním dni záznamu, označení vzorku, vlhkosti (humiditě) půdy, přidané vodě a individuálních poznámek k jednotlivým vzorkům podle potřeby.

Půda je v tomto případě myšlena ve významu různého druhu použitého hydrogelu.

V tabulce jsou zaznamenány počáteční stavy jednotlivých vzorků. Zkratky HH vyjadřují hydrogel hrubý a zkratka HJ vyjadřuje hydrogel jemný. Vzorky s číselným označením 1 až 4 obsahovaly vždy 10 kusů semen podle písemného rozlišení. Vzorek 5, obsahoval semínka hrášku a fazole v obou případech po 5 kusech. Ilustrativní obrázky jsou vloženy v textu a podrobná fotodokumentace je k nahlédnutí v elektronické příloze.

Tabulka 2: Experiment 2, den 1. (Zdroj: vlastní)

DEN 1. Vzorek	Použitá půda	Přidání vody	Poznámky
1.H a 1.F	Odličovací tampony	24 ml	Voda pokojové teploty.
2.H a 2.F	HJ 10 g	50 ml	Voda pokojové teploty. Vzorek 2.F promíchán, vzorek 2.H nemíchán.
3.H a 3.F	HH 10 g	100 ml	Voda o teplotě 70 °C.
4.H a 4.F	HH 10 g	50 ml	Voda pokojové teploty.
5.H+F	Hydrogel z plenky 7 g	50 ml	Voda pokojové teploty.

Po přidání čisté pitné vody o různých teplotách v den první, byla následně ke všem vzorkům při každém dalším doplnění vody, přilévána čistá pitná voda pokojové teploty.





Obrázek 24: Experiment 2, den 1. (Zdroj: vlastní)

Tabulka 3: Experiment 2, den 3. (Zdroj: vlastní)

DEN 3. Vzorek	<i>Humidita půdy</i>	<i>Přidání vody</i>	<i>Poznámky</i>
1.H a 1.F	suché	24 ml	—
2.H a 2.F	spíše suché	24 ml	Povrch je lepkavý, voda byla absorbována do 40 sekund, u vzorku 2.F způsobilo přidání vody homogenitu předtím viditelně popraskaného povrchu.
3.H a 3.F	vlhké	—	—
4.H a 4.F	spíše suché	24 ml	Povrch je lepkavý.
5.H+F	suché	24 ml	—

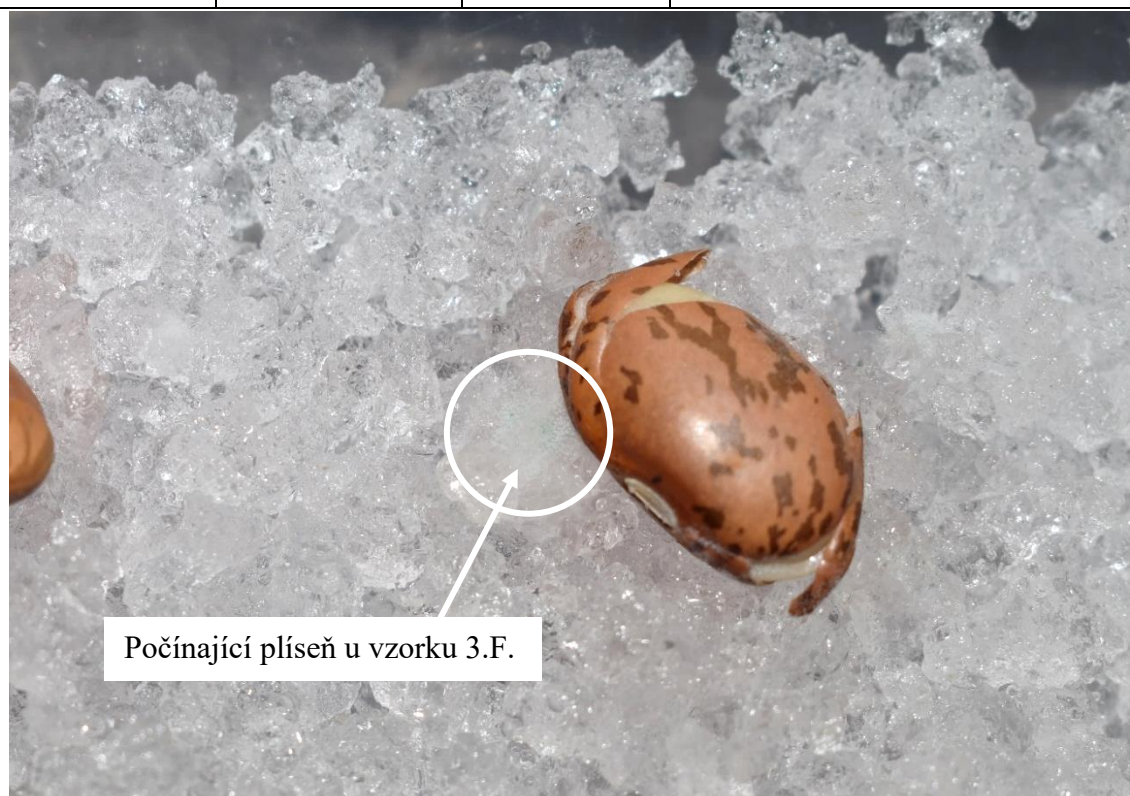
Tabulka 4: Experiment 2, den 5. (Zdroj: vlastní)

DEN 5. Vzorek	<i>Humidita půdy</i>	<i>Přidání vody</i>	<i>Poznámky</i>
1.H a 1.F	spíše suché	15 ml	—
2.H a 2.F	mírně vlhké	—	—
3.H a 3.F	vlhké	—	—
4.H a 4.F	vlhké	—	—
5.H+F	spíše suché	48 ml	Okamžité nasáknutí vody, po přidání vody je vzorek srovnatelný s humiditou 2.H a 2.F (mírně vlhký).

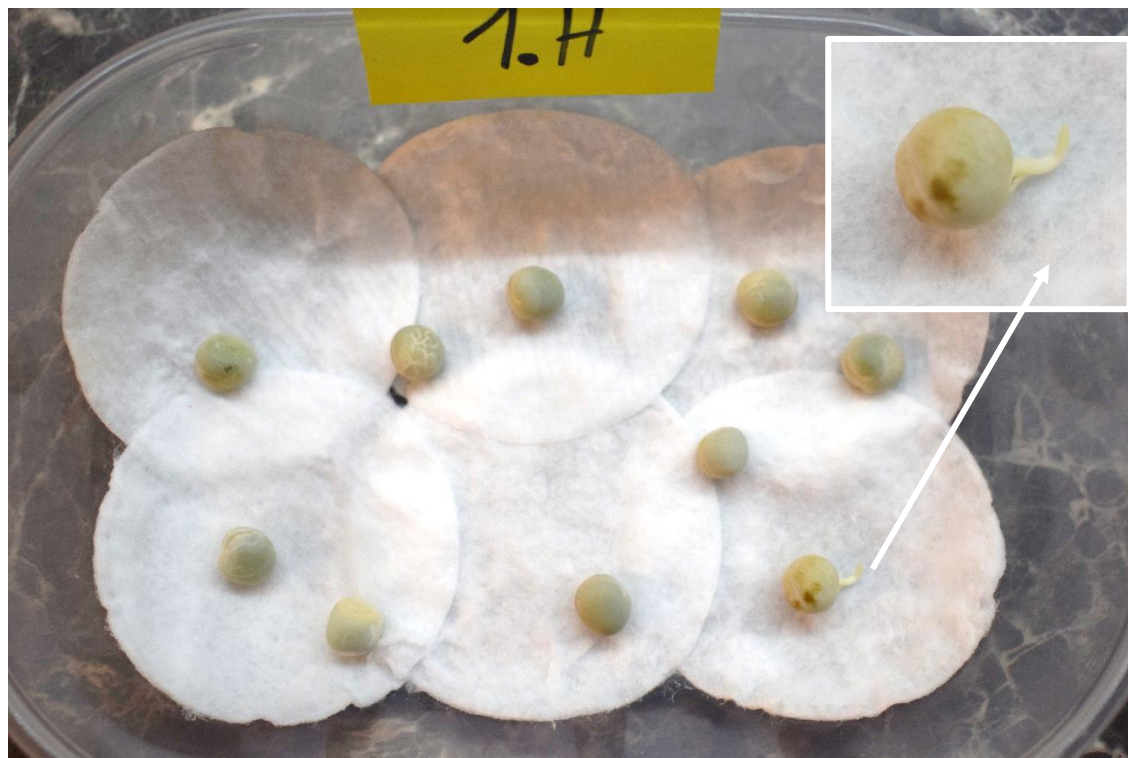
Šestý den byly mističky se vzorky zakryty víčky pro vytvoření skleníkového efektu, podpoře růstu a uchování vyšší humidity půdy. Po přibližně 15 hodinách byl u vzorků viditelný počátek růstu plísně, ale i klíčení semínek. Po nafocení byly vzorky opět zakryty víčkem.

Tabulka 5: Experiment 2, den 6. (Zdroj: vlastní)

DEN 6. Vzorek	Humidita půdy	Přidání vody	Poznámky
1.H a 1.F	vlhké	—	1.H klíčí jeden hrášek, 1.F má dvě otevřené fazole a počínající chomáček bílé plísně na jedné z fazolí.
2.H a 2.F	vlhké	—	2.H počínající plíseň, 2.F jedna otevřená fazole.
3.H a 3.F	vlhké	—	3.H dva hrášky s plísní, 3.F tři otevřené fazole a dvě plísně.
4.H a 4.F	vlhké	—	4.H plíseň u hrášku s pigmentací, 4.F bílá plíseň na jedné fazoli.
5.H+F	vlhké	—	4 klíčící hrášky a počínající chomáček bílé plísně na jedné fazoli.



Obrázek 25: Experiment 2, vzorek 3.F den 6. (Zdroj: vlastní)



Obrázek 26: Experiment 2, vzorek 1.H den 7. (Zdroj: vlastní)

Skleníkový efekt výrazně napomohl k inkubaci plísňe, která se rozšířila v oblasti dřívějšího výskytu popsaného v den šestý. Experiment byl sedmým dnem ukončen a všechny klíčící hrášky byly zasazeny do zahradnického substrátu bez použití hydrogelu.

Tabulka 6: Experiment 2, den 7. (Zdroj: vlastní)

DEN 7. Vzorek	Humidita půdy	Spotřeba vody za 7 dní (ml)	Poznámky	Umístění na základě počtu klíčících semen
1.H a 1.F	spíše vlhké	63	2 klíčící hrášky	3.
2.H a 2.F	spíše vlhké	74	—	—
3.H a 3.F	vlhké	100	3 klíčící hrášky	2.
4.H a 4.F	spíše vlhké	74	—	—
5.H+F	mírně vlhké	122	8 klíčících hrášků	<b>1.</b>

### 4.3 EXPERIMENT 3

*Pomůcky:* plastové misky, samolepicí papírky, fix

*Použitý hydrogel:* hydrogel hrubý, hydrogel z plenky (čistý bez buničiny), hydrogel kuličky

*Semínka:* fazole určená ke konzumaci, Hrách setý dřevový

Hydrogel je připraven s použitím nižšího množství vody a jeho struktura připomíná hustší gel. Experiment probíhal po dobu šesti dnů a po jeho ukončení byla vyklíčená semena dále zasazena do stejných nádob s identickým množstvím půdy, avšak jeden vzorek byl obohacen o 2 gramy hrubého hydrogelu v suchém stavu. Průběh jeho růstu je součástí podkapitoly 2.5 *Vypařování vody z hydrogelu*. Na následující straně se můžeme podívat na ilustrativní obrázky začátku a konce experimentu.

Po celou dobu trvání experimentu nebyla k žádnému hydrogelu přilita voda a od jeho začátku byly misky z důvodu eliminace přílišného odpařování vody zakryty. Vzorky byly označeny písmeny K (hydrogel kuličky), P (hydrogel plenka) a H (hydrogel hrubý) vyjadřující použitý hydrogel a také spojením písmen F (fazole) + H (hrášek). Pro snadnější čtení fotodokumentace, byly na papírek také zapisovány uběhlé dny experimentu.

Experiment probíhal velice hladce, semínka díky hydrogelu uspokojivě vyklíčila a jejich úspěšnost je zaznamenána v tabulce.

Tabulka 7: Experiment 3, vyhodnocení (Zdroj: vlastní)

<i>Vzorek F+ H</i>	<i>Vyklíčené fazole</i>	<i>Vyklíčené hrášky</i>	<i>Úspěšnost vzorku</i>
Hydrogel hrubý	4	3	<b>1.</b>
Hydrogel z plenky	1	3	3.
Hydrogel kuličky	1	5	2.

S plísní jsme se u fazolí setkali už u prvního experimentu, a tak nás její výskyt ani v tomto případě nepřekvapuje. Nejhorší napadení plísní měly fazole u vzorku s hydrogelovými kuličkami, kde byla plíseň u čtyřech fazolí velice rozsáhlá. Na dvou fazolích byla znatelná i u vzorku s hydrogelem z plenky.

Dalším velkým rozdílem mezi prvním a šestým dnem experimentu bylo znatelné zmenšení hydrogelových kuliček, které by musely být v případě pokračování experimentu znovu ponořeny do vody, pro opětovné nasáknutí do plného objemu.



Obrázek 27: Experiment 3, den 1. (Zdroj: vlastní)



Obrázek 28: Experiment 3, den 6. (Zdroj: vlastní)

Doplňující fotodokumentace se nachází v elektronické příloze.

## 4.4 EXPERIMENT 4

Vzhledem k předchozím zkušenostem a jistému úspěchu s kombinací hydrogelu a zahradnického substrátu následuje experiment, který záměrně využil zbylý materiál z pozorování ve druhé kapitole. Jednotlivé druhy rostlin, spolu s pracovním postupem, budou pro lepší přehlednost popsány samostatně.

### 4.4.1 BAZALKA

Do zahradnického substrátu byl přimíchán hrubý hydrogel nasáklý vodou s organickým hnojivem (stejná směs byla použita i u pažitky, popsané na následující straně). Semínka byla zasetá podle návodu a až do doby, než povyroستly první děložní lístky, byla bazalka zakryta fólií pro udržení stabilnějšího prostředí, příjemnějšího pro růst bylinky. Díky přikrývání a přidanému hydrogelu, měl vzorek po dobu 23 dní stále hodnotu odpovídající úrovni MOIST (vlhký) a až 25. den bylo nutné bylinku znovu zalít. Bazalka patří mezi méně náročné bylinky a je schopna růst i hydroponicky. Přínosným poznatkem v tomto experimentu je, že se bazalka dá pěstovat v kombinaci zeminy a hydrogelu, čímž se znatelně prodlužuje časový interval mezi zaléváním. V případě zasazení bazalky do samotné zeminy nás čeká denní nebo obdenní zalévání a hydroponické pěstování této bylinky zase vyžaduje pravidelnou výměnu vody a vymývání nádoby, ve které ji pěstujeme. Použití směsi hydrogelu a zeminy má tedy bezesporu hned několik výhod.



Obrázek 29: Experiment 4, Bazalka stáří 49 dní (Zdroj: vlastní)

#### 4.4.2 PAŽITKA

Semínka pažitky byla zaseta do stejné směsi substrátu s přidaným hydrogelem, jako tomu bylo u bazalky. I tato bylinka byla udržována ve stabilnějším prostředí pomocí potravinové fólie, kterou byla zakryta. Četnost zavlažování byla stejná jako tomu bylo u bazalky (na jedno zalití vydržela ve vlhkém prostředí po dobu 23 dní). Bohužel však byly u této bylinky zaznamenány problémy s růstem viz Obrázek 30.

Bylinky patří právě mezi ty rostliny s rozdílnou náročností a požadavky na pěstování, a i když se použití hydrogelu u bazalky vyplatilo, pažitka nepatří k bylinkám, které jdou pěstovat hydroponicky, a proto nás výsledek příliš nepřekvapuje. Někdy je však dobré své předpoklady ověřit pokusem. Použití hydrogelu v tomto případě nepřináší žádné výhody.



Obrázek 30: Experiment 4, Pažitka stáří 49 dní (Zdroj: vlastní)

#### 4.4.3 PAPRIKA

Experimentování se semínky papriky zakoupené v obchodě, se skládá ze dvou pokusů.

Při prvním pokusu byla semínka papriky zasazena do kombinace hydrogelu a keramzitu, samotného hydrogelu a kuliček. Po týdnu začala paprika v hydrogelových kuličkách klíčit (Obrázek 31), ale bohužel po dalších dvou týdnech všechny vzorky zplesnivěly.

Přibližně po 14 dnech kdy paprika úspěšně klíčila, by ji nejspíš zachránilo přesunutí do zeminy tak, jak bylo následně dokázáno v popisu druhého pokusu s použitím kombinace zeminy a hydrogelu.





Obrázek 31: Experiment 4, klíčící semínka papriky, stáří přibližně 14 dní (Zdroj: vlastní)

Druhý pokus se semínky papriky získanými ze zakoupené zeleniny měl následující postup. Do plastového kelímku o objemu 250 ml byl přibližně do jeho poloviny nasypán univerzální zahradnický substrát. Substrát byl obohacen hrubým hydrogelem v suchém stavu o váze 1 gram. Hydrogel byl zakryt další vrstvou substrátu, a poté byl obsah kelímku v rozmezí pár hodin několikrát zalit vodou.



Krystaly hydrogelu

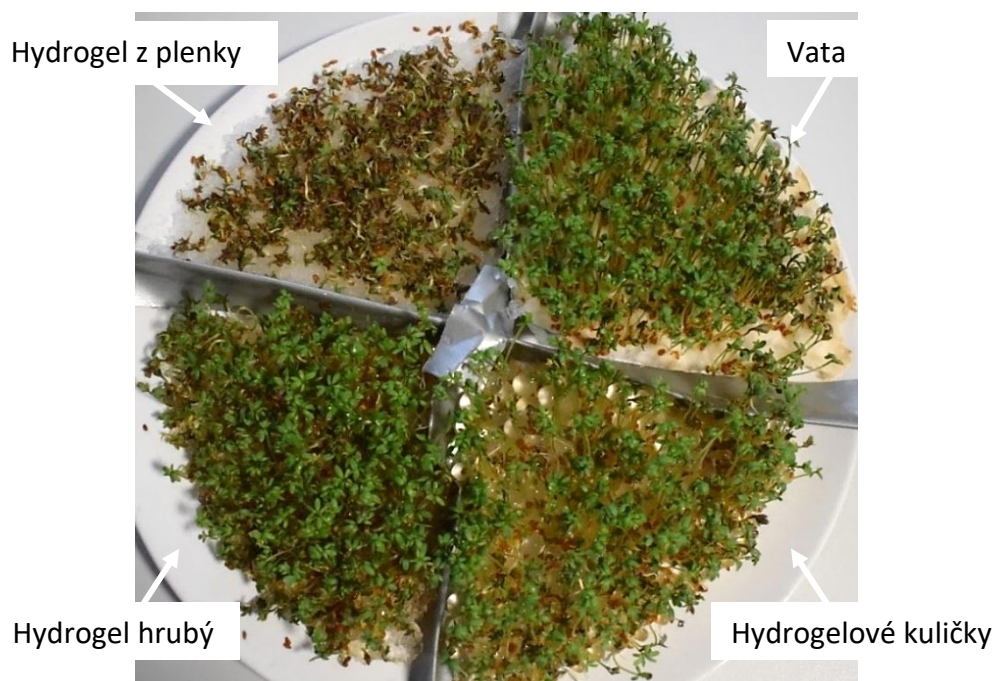
Obrázek 32: Experiment 4, paprika rostoucí v kombinaci půdy a hydrogelu před přesazením (Zdroj: vlastní)

I v tomto případě byl zaznamenán vzrůst hladiny půdy, do které byla poté vyseta semínka vyjmutá z vnitřku papriky. Semínka byla zasazena do hloubky 1 cm a za několik dní se začaly na povrchu ukazovat první lístečky. Paprika byla zalita až po přesazení, jinak byla ponechána po celou dobu bez další zálivky, jelikož stačila vláha, která byla půdě s hydrogelem dodána před zasazením semínek. Při vyjmutí vyklíčených semínek papriky bylo vidět, jak si jemné kořínky našly cestu hydrogelem a udržely si je v těsné blízkosti pro konstantní přísun vody viz Obrázek 32 na předchozí straně.

#### 4.4.4 ŘEŘIČKA

Vyklíčení řeřichy je velice jednoduché. Stačí nám vata a dostatek vody po celou dobu klíčení semínek. Pokud je hydrogel schopen zadržet vodu, uchovat ji po nějaký čas a uvolňovat podle potřeby, bude to pro klíčení řeřichy lepší než neustálé vlhčení vaty? Pro tento experiment jsme zvolili rozdělení talíře na 4 pole a v každém z nich jsme použili jiný podklad. Vata představovala kontrolní vzorek a dále byl použit hydrogel z pleny, hydrogel hrubý a hydrogelové kuličky. Pro zachování vlhkého prostředí byl talíř překrýván plastickým sáčkem s perforovaným povrchem. Po šesti dnech klíčení bylo možné sepsat vyhodnocení experimentu.

Naklíčená řeřicha nejkvalitnějšího a nejvyššího vzrůstu byla na poli s vatou, dále pak bylo pořadí hydrogel hrubý, hydrogelové kuličky a hydrogel z pleny. Použití hydrogelu pro tento způsob naklíčení se zdá být uskutečnitelný, ale nijak zvlášť výhodný.



Obrázek 33: Experiment 4, naklíčená řeřicha po 6 dnech (Zdroj: vlastní)



Obrázek 34: Experiment 4, srovnání výšky naklíčené Řeřichy (Zdroj: vlastní)

#### 4.5 EXPERIMENT 5

Dosavadní experimenty zahrnující pěstování pouze pomocí hydrogelu povětšinou nepřinesly kýžené výsledky, a tak když se naskytlá příležitost použít pro experiment výhonky zelence, bylo rozhodnuto jej využít pro porovnání jeho růstu ve styku s různými půdami. Jaké kombinace byly použity je zaznamenáno v Tabulce 8 na straně 44.

Zeleneček neboli *Chlorophytum comosum*, je převislá pokojová rostlina, kterou je možné rozmnožovat pouze dělením a pomocí výhonků. (16) Rostlina je velice nenáročná na pěstování a je odolná vůči suchu, které navíc podporuje tvorbu květu a nových výhonků, ale zároveň jí prospívá i vyšší vlhkost na polostinném stanovišti. (17)

*Pomůcky:* plastové kelímky o objemu 0,5 l, izolepa, papír, fix

*Materiál:* zahradnický substrát (Prima Flora), organické hnojivo pro celou zahradu (Natura), hydroponické hnojivo (Hydroponex), hydrogel hrubý (Floria), hydrogel z pleny (Clever)

*Použitá rostlina:* výhonky zelence

Pro experiment bylo rozděleno 22 vzorků zelence, se snahou o srovnatelnou velikost rostliny a s použitím různého materiálu představující půdu. Vzorky byly nafoceny při zasazení (den 1.), po přibližně dvou týdnech (den 16.), více než po měsíci růstu (den 36.) a po téměř dvou měsících (den 57.).

Následují ilustrativní fotografie pořízené při zasazení zelence a jeho stavu po ukončení experimentu. Podrobná fotodokumentace je k nahlédnutí v elektronické příloze.



Obrázek 35: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (1 až 5) před zasazením (Zdroj: vlastní)



Obrázek 36: Experiment 5, vzorky zelence (1 až 5) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní)



Obrázek 37: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (6 až 10) před zasazením (Zdroj: vlastní)



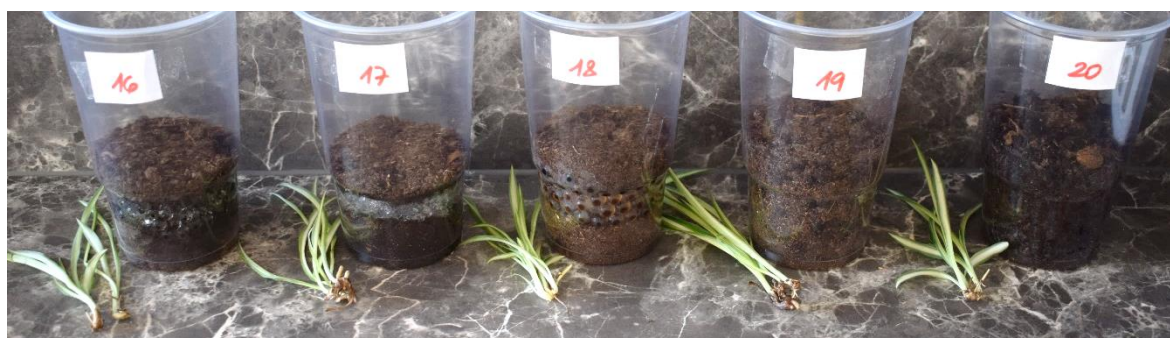
Obrázek 38: Experiment 5, vzorky zelence (6 až 10) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní)



Obrázek 39: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (11 až 15) před zasazením (Zdroj: vlastní)



Obrázek 40: Experiment 5, vzorky zelence (11 až 15) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní)



Obrázek 41: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (16 až 20) před zasazením (Zdroj: vlastní)



Obrázek 42: Experiment 5, vzorky zelence (16 až 20) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní)



Obrázek 43: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (21 a 22) před zasazením (Zdroj: vlastní)



Obrázek 44: Experiment 5, vzorky zelence (21 a 22) po ukončení experiment (Zdroj: vlastní)

Tabulka 8: Experiment 5, Obsah jednotlivých vzorků se zelencem (Zdroj: vlastní)

<b>Vzorek číslo</b>	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>Hydroponické hnojivo</b>	<b>Organické hnojivo</b>	<b>Použitý hydrogel</b>	<b>Poznámky</b>
1	✓	—	—	—	—
2		✓	—	—	—
3		—	—	HH	—
4		—	—	HH	keramzit nahoře
5		—	—	HK	—
6		—	—	HH	rozmixovaný
7		—	—	HP	rozmixovaný
8		—	—	HK	rozmixovaný
9		✓	—	HH	—
10		✓	—	HH	keramzit nahoře
11		✓	—	HK	—
12		—	✓	HK	—
13		—	—	HH	vrstveno s půdou
14		—	—	HK	vrstveno s půdou
15		—	—	HP	rozmixovaný, vrstvený s půdou
16		✓	—	HK	vrstveno s půdou
17		✓	—	HH	vrstveno s půdou
18		—	✓	HK	vrstveno s půdou
19		—	✓	HK	smícháno s půdou
20		—	—	HH	rozmixovaný, smíchaný s půdou
21		✓	—	HK	keramzit nahoře
22		—	—	HK	keramzit nahoře

Následuje vysvětlení použitých zkratk a poznámek v tabulce. Zkratka HH vyjadřuje použití hydrogelu hrubého, HK hydrogelových kuliček a HP hydrogelu z pleny. Termín *rozmixovaný* vyjadřuje rozmixování daného hydrogelu v již nasáklém stavu, *vrstveno s půdou* znamená vrstvení zemina-hydrogel-zemina a *smícháno s půdou* značí spojení půdy a hydrogelu v nasáklém stavu před zasazením rostliny.

První den, kdy byly rostliny zasazeny, ukazoval vlhkoměr u všech vzorků s půdou hodnotu 10 WET (mokrý). Veškerý použitý hydrogel byl nasáklý tekutinou do maximálního možného objemu a roztoky hnojiv byly rozmíchány v přesném poměru podle návodu od výrobce.

Rostliny byly po zasazení pravidelně sledovány a podle individuální potřeby zalévány. Experiment byl ukončen 57. den. Dále následují získané poznatky spolu s výsledkem experimentu.

Nejpokročilejší růst kořenového systému měl po 36 dnech vzorek číslo 1 pěstovaný pouze ve vodě. Dobré výsledky měly v tento den ještě vzorky, které jsou zaznamenány v následující Tabulce 9.

Tabulka 9: Experiment 5, nejpokročilejší růst zelence den 36. (Zdroj: vlastní)

<b>Vzorek číslo</b>	<b>Kombinace půdy:</b>
<b>5</b>	Hydrogelové kuličky.
<b>6</b>	Rozmíxovaný hydrogel hrubý.
<b>8</b>	Rozmíxované hydrogelové kuličky.
<b>13</b>	Hydrogel hrubý vrstvený s půdou.
<b>14</b>	Hydrogelové kuličky vrstvené s půdou.
<b>15</b>	Rozmíxovaný hydrogel z pleny vrstvený s půdou.
<b>16</b>	Hydrogelové kuličky s hydroponickým hnojivem vrstvené s půdou.
<b>17</b>	Hydrogel hrubý s hydroponickým hnojivem vrstvený s půdou.
<b>18</b>	Hydrogelové kuličky s organickým hnojivem vrstvené s půdou.
<b>19</b>	Hydrogelové kuličky s organickým hnojivem smíchané s půdou.
<b>20</b>	Rozmíxovaný hydrogel hrubý smíchaný s půdou.
<b>22</b>	Hydrogelové kuličky s keramzitem nahoře.



Vzhledem k záznamům v Tabulce 9 experiment ukázal, že byl zelenec schopný uspokojivě zakořenit ve vzorcích, které převážně obsahovaly kombinaci půdy a hydrogelu. Díky přítomnosti půdy bylo snadné zjistit, kdy je potřeba vzorek zalít a do jaké míry. Úspěch zaznamenaly také čtyři vzorky, které obsahovaly pouze hydrogel v různých formách, ale v tomto případě je nutné zmínit složitost doplňování vody do jednotlivých vzorků.

Při použití samotných hydrogelových kuliček musíme přibližně jednou za 20 dní kuličky vyjmout z nádoby a nechat je znovu nasáknout ve vodě do plné velikosti, a to po dobu přibližně čtyř hodin. Přebytkovou tekutinu můžeme vylít a kuličky vrátit zpět k rostlině.

Jistým pomocníkem je v tomto případě keramzit. Při překrytí kuliček keramzitem jsme vytvořili jistou zábranu, která kuličky chrání před přílišným vysycháním. I kombinace kuliček a keramzitu však musí být zhruba po měsíci zalita vodou, aby mohly kuličky po dobu minimálně čtyř hodin doplňovat odpařenou tekutinu. Keramzit je vhodné před zalitím kuliček vyjmout z nádoby a kuličky nejprve omýt, jelikož bychom jinak ztratili čistotu vzorku a průhlednost hydrogelové půdy, která je jednou z jeho předností.

V rozmixovaném hydrogelu hrubém i kuličkách, se zelenci dařilo velice dobře (o něco lépe v rozmixovaných hydrogelových kuličkách). K hydrogelu se v tomto případě musí opatrně přidávat voda, a to nejlépe po částech, jelikož nevidíme přesné rozměry jednotlivých krystalů a nevíme, zda nasácky tekutinu do plného objemu či nikoliv. (Dobrym indikátorem byl v tomto případě pokles hladiny vzorku, jelikož víme, do jaké výšky rozmixovaný hydrogel dosahoval při sázení.) Po přidání vody je také vhodné rozmixovaný hydrogel několikrát promíchat, jelikož má voda problém najít si cestu ke všem krystalkům. Vzorek však nesmíme přelít, jelikož díky jemné struktuře není možné vylít přebytkovou tekutinu a museli bychom tak počkat, až se přirozeně vypaří. Tento typ hydrogelové půdy tvoří esteticky čisté prostředí. Při použití rozmixovaných hydrogelových kuliček není potřeba rostlinu nijak zvlášť zajistit před přílišným zanořením, jelikož je vzorek velice hustý a rostlina zůstává na zasazeném místě.

Rozmixovaný hydrogel hrubý rostlinu díky gravitaci a nízké hustotě vzorku pustí až na dno, takže je nutné zajistit rostlině oporu.

Vzorky číslo 2 (voda s hydroponickým hnojivem) a 12 (hydrogelové kuličky ve spojení s organickým hnojivem) byly 36. den vyřazeny z experimentu z důvodu úhynu rostliny. Příčinou jejich úhynu byl nejspíš nadměrný přísun živin. Přestože vypadal vzorek číslo 11 (hydrogelové kuličky ve spojení s hydroponickým hnojivem) ještě 36. den v pořádku, 57. den experimentu byl zaznamenán stejný výsledek jako u předchozích dvou vzorků.

Při kombinaci půdy a hydrogelu, nebyly u růstu kořenového systému zaznamenány žádné markantní rozdíly. Odlišnost mezi vrstvením půdy a smícháním s půdou byla zřetelná hlavně ve způsobu vsakování vody. V případě vrstvení je vidět kolik vody se dostane do spodní části půdy, jelikož hydrogelová vrstva slouží jako bariéra držící vodu ve svých krystalech a propouští méně vody skrz. Zatímco při smíchání hydrogelu s půdou se přilítá voda jistým způsobem více rozprostře a je vidět, že je celý vzorek provlhčený.

Při ukončení experimentu v 57. den, byly zaznamenány velké změny ve vzhledu rostlin.

Vzorky číslo 9 (hydrogel hrubý s hydroponickým hnojivem) a 21 (hydrogelové kuličky s hydroponickým hnojivem a keramzitem nahoře) vykazovaly celkové vysušení rostliny. U vzorku číslo 9 se nabízí otázka, zda se nejedná o problém, který naznačili kritici produktu Solid Rain. Je možné, že hydrogel, do kterého byla rostlina zanořena při nedostatečném přidání tekutiny vysával vláhu z jediného dostupného zdroje, kterým byla právě zasazená rostlina. Bohužel se jedná pouze o domněnku, která již nebude v této práci nijak ověřena. Vzhledem k podobnému stavu rostliny u vzorku číslo 21 se spíše nabízí odpověď ve formě špatné reakce zelence na hydroponické hnojivo. Tuto domněnku navíc podporuje více důkazů, jelikož u vzorků obohacených hydroponickým hnojivem bez přidání zeminy (konkrétně se jedná o vzorky číslo 2 ,9 ,10 ,11 a 21) rostlina uhynula, částečně nebo úplně uschla či neprojevila žádné známky růstu v kořenové ani nadzemní části rostliny.

Další zásadní změnou bylo viditelné zhnědnutí špiček listů zelence, které může být způsobeno například nedostatkem nebo nadbytkem vody. Změna byla zaznamenána u všech vzorků, které byly zakryty keramzitem. Jedná se o vzorky číslo 4 (hydrogel hrubý s keramzitem nahoře), 10 (hydrogel hrubý s hydroponickým hnojivem a keramzitem nahoře) a 22 (hydrogelové kuličky s keramzitem nahoře). U vzorku číslo 21, který také obsahoval keramzit, došlo k celkovému seschnutí rostliny s náznakem zhnědnutí listů. Keramzit byl použit z důvodu zamezení přílišného odpařování vody z hydrogelu a je proto možné že došlo k jejímu nadbytku, tedy neúmyslnému přelití rostliny.

Velice nepatrný růst kořenového systému byl vidět u vzorků číslo 3 (hydrogel hrubý), 6 (rozmixovaný hydrogel hrubý) a 7 (rozmixovaný hydrogel z plenky). K žádnému z nich nebylo přidáno hnojivo.

U vzorků obsahující kombinaci hydrogelu a půdy nebyly zaznamenány žádné markantní rozdíly v růstu kořenového systému. Jedinou zajímavostí je u těchto vzorků pouze růst spíše širších kořenů, a to v nízkém počtu. Pro zvýšení časového odstavu mezi zálivkami patří mezi nejlepší kombinace hydrogelu a zeminy hydrogel hrubý (v základní formě i rozmixovaný), hydrogel z plenky a rozmixované hydrogelové kuličky. Celé hydrogelové kuličky po zalití nasáknou vodu pouze v případě přidání vyššího množství vody, než je zemina schopna pojmout a kuličky se v ní tak mohou po delší dobu namáčet a nabývat na objemu. Tento způsob je však riskantní, a proto na základě pokusu, nedoporučujeme využívat popsanou kombinaci. Většinou si hydrogelové kuličky v zemině udržují konstantní rozměry, odpovídající polovině jejich maximální velikosti.

Závěrem experimentu je zjištění, že zelenec lze uspokojivě pěstovat v samotném hydrogelu pouze ve formě kuliček, ať už v původním nebo rozmixovaném stavu. Růst kořenového systému je pomalejší než při smíchání hydrogelu s půdou. V rozmixovaných hydrogelových kuličkách je růst kořenového systému vidět lépe než v kuličkách celých, ale v obou případech jsou kořenové systémy srovnatelně velké. Hydrogelová půda tvoří krásnou dekoraci a na základě experimentu je dokázáno, že při pěstování zelence není potřeba používat zeminu.

#### 4.6 EXPERIMENT 6

Hydrogel určený pro zahradnictví a zemědělství, by měl mít co nejkratší nezbytnou dobu k nasáknutí tekutiny do maximálního možného objemu. Usuzujeme tak čistě z praktického hlediska. Je zřejmé, že potřebujeme, aby bylo použití hydrogelu v půdě co nejefektivnější a hydrogel tak byl schopen zachytit i krátké, ale prudké deště. Podobná vize platí i pro hydrogel použitý v dětských plenkách, a proto i jej použijeme pro pozorování. Hrubý hydrogel by však mohl mít velkou nevýhodu z důvodu rozdílné velikosti krystalů (krystaly hydrogelu z plenky jsou velice drobné), a proto je pro pokus použitý i třetí vzorek obsahující stejný, ale rozmixovaný hydrogel od značky Floria, který je strukturou shodný s velikostí krystalů hydrogelu jemného.

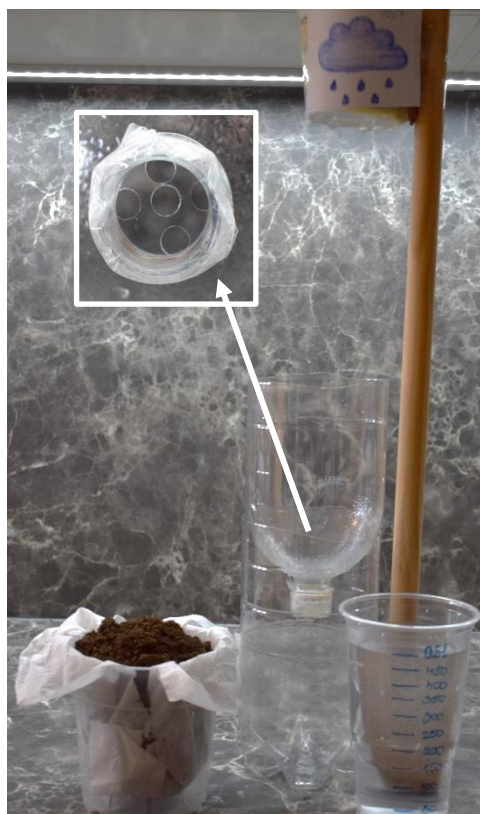
Pro ukázkou jsou součástí elektronické přílohy doprovodné fotografie, na kterých je pro lepší čitelnost alespoň hrubě naznačen objem vyteklé vody a připravený materiál použitý pro jednotlivé pokusy.

*Pomůcky:* plastový kelímek, plastová lahev, izolepa, děrovačka, průhledná fólie, špendlík, zapalovač, odměrka, dřevěná tyč, nádoba na smíchání zeminy s hydrogelem

*Materiál:* zahradnický substrát, hydrogel hrubý, hydrogel jemný, hydrogel z pleny

Pro ověření funkčnosti zhotoveného prototypu simulující dešťové přeháňky, proběhla zkouška s použitím čtvrt litru zeminy, který byl zalit půl litrem vody. Samotnou půdou proteklo 300 mililitrů vody. Samotná zemina nasákla 200 mililitrů tekutiny.

Každý experiment měl, po ověření technického vybavení, stejný základ. Bylo použito 0,5 litru zeminy a 750 ml vody. Dle druhu experimentu byl přidán 1 gram hydrogelu. Zemina byla vložena do připravené plastové lahve a do kelímku nad ní (ve výšce přibližně 20 cm nad okrajem lahve) byl umístěn kelímek s perforovaným dnem, do kterého byla postupně nalévána připravená voda. Kvůli nedostatku tlaku na vytvořené otvory v kelímku, který simuloval déšť, zbylo po každém pokusu 50 ml vody (takže každý experiment byl ve výsledku zalit pouze 700 ml vody).



Obrázek 45: Experiment 6, ukázkou technického vybavení pro experiment, (Zdroj: vlastní)

Voda protékala u každého experimentu po přibližně stejný čas, trvajících 3 až 3,5 minuty. Do spodní části lahve se postupně dostávala voda, která byla po skončení simulovaných dešťových přeháněk přelita do odměrky, kde byl zaznamenán její objem. Přesné záznamy o výsledku experimentu jsou zapsány v následující tabulce.

Tabulka 10: Experiment 6, nasákavost vody kombinací hydrogelu se zeminou (Zdroj: vlastní)

<i>Zemina (l)</i>	<i>Přidaná voda (ml)</i>	<i>Použitý hydrogel</i>	<i>Vytekla voda (ml)</i>	<i>Nasáklá voda (ml)</i>	<i>Celkové umístění</i>
0,500	700	HH	450	250	3.
0,500	700	HJ	375	325	2.
0,500	700	HP	350	350	<b>1.</b>
0,500	700	—	450	250	3.

Předpoklad o nejlepší nasákavosti, při spojení půdy a hydrogelu z pleny, byl dle výsledků v tabulce potvrzen, jelikož tento vzorek propustil nejmenší množství vody. Na druhém místě se umístil hydrogel jemný, který byl právě pro podobnou velikost krystalů s hydrogelem z pleny použit pro srovnání a o třetí místo se dělí kombinace hrubého hydrogelu se zeminou a čistý substrát. Hydrogel hrubý v tomto experimentu neobstál kvůli velikosti krystalů, které jsou náročnější na nasákavosti tekutiny v závislosti na čase. Doba, po které jsou vidět větší změny, trvá (jak už bylo zjištěno v pozorování) přibližně 30 minut. Proto na něj přehánky, které trvaly méně než 4 minuty, neměly téměř žádný vliv.

#### 4.7 PRAKTICKÉ VYUŽITÍ HYDROGELU SE ŽÁKY – NÁMĚTY NA EXPERIMENTY

Proběhlé experimenty ukázaly, na co si dávat při práci s hydrogelem pozor a jakým směrem se vydat v případě jejich pokračování. V hodinách pěstitelství můžeme se žáky vyzkoušet některá pozorování a ověřit vlastnosti hydrogelu pomocí popisovaného globálního projektu (*Voda – globální experiment s hydrogely*). Materiál, který při pokusech použijeme, můžeme dále využít v některém z následujících námětů na experimenty se žáky.

##### 4.7.1 PĚSTOVÁNÍ RAJČAT

Jedná se o zeleninu, která po celou dobu růstu potřebuje dostatek vody pro vytvoření kvalitních a šťavnatých plodů. Keříčková rajčata je doporučováno zasadit do humózní půdy, v průběhu růstu rostlině uštipovat boční lístky a pravidelně přivazovat k opoře v podobě

drátu či kůlu. Rajčata vyséváme do volné půdy v březnu a sklízet můžeme během srpna až do poloviny září. (18) V roce 2017 proběhl test na rajčatech, spočívající v zasazení dvou od sebe oddělených řad rajčat v otevřeném prostoru, která byla po celou dobu zalévána stejným množstvím vody. Výsledkem pokusu bylo potvrzení přínosnosti hydrogelu v půdě, v podobě větší úrody rajčat a prokazatelně bohatší nadzemní části rostliny. (19)

#### 4.7.2 PĚSTOVÁNÍ ŘEDKVIČEK

Řadí se mezi kořenovou zeleninu, která má stejně jako rajčata ráda humózní a vlhkou půdu. Dostatek vody, který hydrogel zadrží v blízkosti kořenové části rostliny, může ovlivnit chuť ředkvičky, která je v případě sucha spíše pálivá, ale při dostatečném zalévání může být její chuť vodová až nasládlá. Ředkvičky mají relativně krátkou dobu vegetace a sklizeň můžeme očekávat už po 30 až 40 dnech od výsevu. Koření velice mělce a sázet můžeme do půdy o teplotě nad 5 °C. V případě očekávání studenějšího počasí, by úrodu mohla zachránit vrstva bublinkové nebo netkané fólie, kterou se můžou semínka napřímo zakrýt, a tak lépe udržet teplotu půdy. Použití hydrogelu v podobném testu, jaký proběhl u rajčat, by mohlo v tomto případě přinést zajímavé výsledky. Předpokladem je větší velikost ředkviček v půdě obohacené o hydrogel, jiná chuť oproti ředkvičkám bez hydrogelu a nejspíš i větší a zelenější nadzemní část rostliny, která je vhodná například do salátů. (20)

#### 4.7.3 PĚSTOVÁNÍ BAZALKY

Jedná se o velice nenáročnou bylinku, kterou je možné pěstovat hydroponicky i v půdě, a to uvnitř i venku v květináči nebo volně. Jelikož byla bazalka součástí čtvrtého experimentu a použití hydrogelu v tomto případě ukázalo úspěšný růst rostliny, stojí za to tento experiment zopakovat se žáky. V případě hydroponického pěstování vyžaduje bylinka denní výměnu vody a pokud by se jednalo o pěstování v čisté půdě, čeká nás pravidelné denní nebo obdenní zalévání. Využití hydrogelu při pěstování bazalky je v tomto případě velice výhodné v mnoha směrech. Hydrogel plní svoji funkci, prokypřuje půdu, snižuje četnost zálivek a pokud se rostlině dostává navíc i dostatek světla, bazalka velice dobře roste. Svůj pěstitelský úspěch si žáci mohou v případě zasazení do vlastní nádoby přinést i domů, a už po méně než měsíci s ním zpestřit jídelní tabuli.

#### 4.7.4 NAKLÍČENÍ OSIVA

K velikonočnímu období nezbytně patří kuřátka, vajíčka, Narcisy a také velikonoční osivo. Pokud bychom se nechtěli pouštět do složitějších projektů sázení na pozemcích a hledáme

při hodině pěstitelství pouze jednoduchou aktivitu dovnitř, ale i přesto s využitím hydrogelu, můžeme zbylý materiál z pokusů ve druhé kapitole, použít pro vyklíčení velikonočního osiva.

Do mělké nádoby dáme vrstvu nasáklého hydrogelu, kterou zakryjeme hustou vrstvou osiva, a to celé překryjeme ještě jednou vrstvou hydrogelu. Pokud se nám zdá, že mají semínka málo vlhkosti, můžeme osivo ještě opatrně zavlažit rozprašovačem. V závislosti na zakoupeném osivu, můžeme očekávat výsledky po 5 až 10 dnech. (8)

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zjistit jakým způsobem se může hydrogel zařadit do vyučování pěstitelských prací. V práci jsme se zabývali čtyřmi druhy snadno dostupných hydrogelů, u kterých byly popsány základní vlastnosti a způsob použití. Hydrogel je určen pro kombinaci s půdou, ve které je schopen zadržet 250–300násobek vody. Díky nasákavosti hydrogelu zůstane půda po delší čas vlhká a zasazené rostliny a plodiny vydrží delší dobu bez zalití.

Zadržení tekutiny hydrogelem, by mohlo pomoci se zbavením se nutnosti denního či obdenního zalévání rostlin a plodin, které pěstujeme ve třídě nebo na školních pozemcích. Díky této vlastnosti by bylo možné ponechat veškerou péči o rostliny pěstované uvnitř i venku čistě na žácích, kteří mají výuku pěstitelských prací nejčastěji jednou za týden nebo 14 dní. Použití hydrogelu by mohlo zlepšit růst jednotlivých rostlin a zvýšit úrodu.

Důležitou součástí práce bylo pozorování hydrogelu za účelem pořízení vlastních informací ohledně jeho reakce na různé podmínky. Při proběhlém pozorování bylo zjištěno, že při smíchání s hnojivem, hydrogel nasákne do menšího objemu, než při smíchání s čistou vodou a jeho nasákavost závisí na zdroji použité vody. Porovnání nejčastěji používaných zdrojů vody na zalévání ukázalo, že byla pozorována nejvyšší nasákavost hydrogelu ve spojení s dešťovou vodou. Při sledování nasákavosti hydrogelu pitnou vodou bylo zjištěno, že se objem hydrogelu po uplynutí 30 minut stokrát zvýší. Na základě výsledku je námi doporučeno, zalévat směs zeminy a hydrogelu po částech, v minimálně třech dávkách s odstupem 10 minut. Po smíchání hydrogelu s vroucí vodou bylo docíleno způsobu, jakým lze získat „bezublinkovou“ a zcela průhlednou strukturu nasáklého hydrogelu pro lepší viditelnost případného kořenového systému rostliny.

V práci byl stručně popsán existující globální experiment, jenž můžeme využít pro jednoduché pokusy s hydrogelem, na nějž bylo navázáno popisem vhodných námětů na experimenty při sázení rostlin a klíčení semen. Hydrogel, který bude při realizaci pokusů v rámci globálního experimentu použit, je pak možné využít pro popsání námětů na pěstování zeleniny, bylinek a naklíčení osiva. Navrhnuté náměty na experimenty s hydrogelem a následný úspěch po jejich vyzkoušení, by mohly žáky zaujmout natolik,



aby se jim práce líbila a pěstovali s chutí. Zároveň se tak může rozšířit informace ohledně existence a výhod použití hydrogelu při pěstování.

Třetí kapitola obsahuje popis rostlin, pro které je pěstování pomocí hydrogelu vhodné a již proběhlé experimenty u nás i ve světě, při kterých byl použit hydrogel. Navíc bylo ze zkušenosti ostatních pěstitelů zjištěno, že je možné použít hydrogel k již zasazeným rostlinám, a nejen při jejich sázení.

Závěrečná část práce obsahuje vlastní experimenty s hydrogelem, ze kterých vznikly přínosné výsledky a poznatky. Hydrogel může být použit pro naklíčení semen fazole, hrachu, řeřichy a muškátu. Uvedená semínka dále nelze pěstovat pomocí čistého hydrogelu. Kombinací hydrogelu s půdou bylo možné zajistit příjemné prostředí pro růst bazalky, papriky, fazole a zelence. Stejným způsobem není možné pěstovat pažitku, pro kterou směs hydrogelu a zeminy není vhodná. Bylo zjištěno, že zelenec je schopen růst i v čistém hydrogelu ve formě rozmixovaných nebo celých kuliček, a to jedině bez přidání hnojiva.

Bakalářská práce by dále mohla být rozšířena o praktické vyzkoušení námětů na experimenty, s využitím hydrogelu pro ověření předpokládaného kvalitnějšího růstu rostliny a zvýšení úrody. Zajímavým zpestřením by také bylo vytvoření seznamu nejčastěji pěstovaných rostlin a plodin, v hodinách pěstitelských prací, a vyzkoušení, zda je možné jejich pěstování pomocí samotného hydrogelu. Seznam by také mohl zahrnovat jiné rostliny a plodiny, s ohledem na jejich sázení a dobu květu či sklizně. Zhotovený seznam by tak mohl být vodítkem pro učitele, kteří by chtěli, aby se jejich žáci mohli těšit z výsledků své práce v podobě květu či plodu, který by vyrostl ještě v průběhu školního roku.

## RESUMÉ

Bakalářská práce se zabývá využitím hydrogelu v kontextu pěstitelských prací. Hydrogel prokazatelně zlepšuje vlastnosti půdy. Díky hydrogelu lze zalévat méně často a s nižším množstvím vody. Práce obsahuje náměty na experimenty s použitím hydrogelu, uskutečnitelné uvnitř i venku. Následující závěry byly výsledkem vlastních pozorování a experimentů. Po smíchání s vodou nasákne stonásobek své váhy během 30 minut. Při zalévání má hydrogel nejlepší výsledky ve spojení s dešťovou vodou. Reakcí na smíchání s hnojivou je menší nárůst krystalů či kuliček. Eliminaci vzduchových bublinek v hydrogelu zajistíme smícháním s horkou vodou. Hydrogel můžeme použít při pěstování rostlin vhodných pro hydroponii. Pro pěstování *Chlorophytum comosum* lze využít samotných hydrogelových kuliček. Ve směsi hydrogelu a půdy může bez problémů růst paprika, bazalka, fazole i zelenec.

The bachelor thesis deals with the use of hydrogel in the context of cultivation work. The hydrogel has been shown to improve soil properties. Thanks to the hydrogel, it is possible to water less often and with a lower amount of water. The work contains ideas for experiments with the use of hydrogel, feasible indoors and outdoors. The following conclusions were the result of our own observations and experiments. After mixing hydrogel with water, it absorbs a hundred times its weight in 30 minutes. When watering, the hydrogel has the best results in combination with rainwater. The reaction to mixing with fertilizers is a smaller increase in crystals or beads. Elimination of air bubbles in the hydrogel is ensured by mixing with hot water. The hydrogel can be used in growing plants suitable for hydroponics. Hydrogel beads alone can be used to grow *Chlorophytum comosum*. Peppers, basil, beans and *Chlorophytum* can grow in a mixture of hydrogel and soil without any problems.

## SEZNAM LITERATURY A ZDROJŮ

1. SALAŠ, doc. Dr. Ing. Petr. Eliminace stresů při kontejnerové produkci dřevin: *Využití hydroabsorbentů při školkařské produkci i výsadbě dřevin* [online]. In: . 11. 1. 2018, s. 39 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.svaz-skolkaru.cz/wp-content/uploads/1-2018-skalsky-dvur-salas.pdf>.
2. MACKŮ, Ing. Jan a Ph.D., Ing. Václav ŠTÍCHA, PH.D. *Využití hydrofilních polymerů při obnově a zakládání lesních porostů* [online]. 18. 7. 2018 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/vyuziti-hydrofilnich-polymeru-pri-obnove-a-zakladani-lesnich-porostu>.
3. Archiv: *Léčivý polymerní gel a hydrogel ve zdravotnictví*. Technickyportal.cz [online]. 1. 8. 2014 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-medicinska-technika/lecivy-polymerni-gel-a-hydrogel-ve-zdravotnictvi\\_26028.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv-medicinska-technika/lecivy-polymerni-gel-a-hydrogel-ve-zdravotnictvi_26028.html)
4. Hydrogel.cz (Ing. Tomáš Prokop): *Hydrogel šetří vodu* [online]. Praha, 2010 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://hydrogel.cz/>.
5. *Hydrogelové kuličky - dekorace i pomocník při udržování vláh*. Xdomacnost.cz [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.xdomacnost.cz/hydrogelove-kulicky-dekorace-pomocnik-pri-udrzovani-vlahy.html>.
6. Hnojiva: *Aquagrunt: návod k použití, popis, výhody a nevýhody*. Mustikaherbal.com [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://cz.mustikaherbal.com/rastenija-v-akvagrunte.html>.
7. KLIKOVÁ, Gabriela. *Biozahrada*. Praha: Brázda, 1992. ISBN 80-209-0210-4.
8. MAFRA, A. S. *Věda: To, co mají děti v plenkách, dokáže zázraky. Vyzkoušejte superabsorbent*. IDNES.cz/MAGAZÍNY [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/technet/veda/superabsorbent-detske-pleny.A160323\\_090015\\_veda\\_kuz](https://www.idnes.cz/technet/veda/superabsorbent-detske-pleny.A160323_090015_veda_kuz).
9. *Hydrogel pomocná půdní látka: Hydrogel\_Degusa AG Krefeld Německo\_ AGRO CS Říkov\_6571* [online]. In: . s. 1 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa\\_16979.pdf?id=16979](http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_16979.pdf?id=16979).
10. *Technický list: HYDROGEL* [online]. In: . s. 3 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: [http://akvarostliny.snadno.eu/HYDROGEL/TL-\\_HYDROGEL.pdf](http://akvarostliny.snadno.eu/HYDROGEL/TL-_HYDROGEL.pdf).
11. Resources: *Global experiment: water and hydrogels*. Royal Society of Chemistry: Education Inspiring your teaching and learning [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://edu.rsc.org/resources/water-and-hydrogels/1703.article>.
12. OPITZ, Karl-Heinz, VĚTVIČKA, Václav, ed. *Hydroponie: snadný způsob pěstování rostlin : nádherné pokojové rostliny pěstované bez půdy : rady pro výběr rostlin a nádob*. Praha: Jan Vašut, 2001. Jak na to (Jan Vašut). ISBN 80-7236-169-4.
13. POKORNÁ, Yvonne. *Mexičtí farmáři bojují se suchem pomocí "tuhého deště." Podívejte se, jak to funguje*. ExtraStory.cz [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.extrastory.cz/mexicti-farmari-bojuji-se-suchem>.
14. GARDEN TIPS. *USE THIS HACK TO WATER YOUR PLANTS ONCE A WEEK | SAP EXPERIMENT* In: *YouTube*[video]. 5. 5. 2018 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=U9O\\_2X3JoZU&t=2s&ab\\_channel=GARDENTIPS](https://www.youtube.com/watch?v=U9O_2X3JoZU&t=2s&ab_channel=GARDENTIPS)

- 15.** HODGE, Geoff. *Praktická botanika pro milovníky rostlin: více než 3000 botanických termínů : objevujte a pozorujte*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5249-5.
- 16.** JANTRA, Helmut. *Rozmnožujeme rostliny*. Vyd. 2. Praha: Granit, 2000. ISBN 80-85805-92-8.
- 17.** Více: *Chlorofytum, Zelenec | Chlorophytum comosum*. ČESKÉSTAVBY.CZ [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/rostliny/zelenec-chlorophytum-comosum.html>.
- 18.** DYTRTOVÁ, Radmila. *Pěstitelství: pro 6.-9. ročník základních škol*. Třetí, upravené vydání. Praha: Fortuna, 2017. Praktické činnosti. ISBN 978-80-7373-135-9.
- 19.** *Případové studie*. Hydrogel.cz (Ing. Tomáš Prokop) [online]. [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://hydrogel.cz/hydrogel-pripadove-studie.html>.
- 20.** Zahrada: Pěstování ředkviček: Sklízet můžete už do měsíce po zasetí. *iReceptar.cz* [online]. VLTAVA LABE MEDIA, 9. 3. 2018 [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://www.ireceptar.cz/zahrada/pestovani-redkvicek-sklizet-muzete-uz-do-mesice-po-zaseti.html>

## SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek 1: Hydrogel jemný, suchý stav (Zdroj: vlastní) .....	5
Obrázek 2: Hydrogel jemný, nasáklý vodou (Zdroj: vlastní).....	5
Obrázek 3: Hydrogel hrubý, suchý stav (Zdroj: vlastní).....	5
Obrázek 4: Hydrogel hrubý, nasáklý vodou (Zdroj: vlastní) .....	5
Obrázek 5: Hydrogel – kuličky, suchý stav (Zdroj: vlastní) .....	6
Obrázek 6: Hydrogel – kuličky, nasáklý vodou (Zdroj: vlastní).....	6
Obrázek 7: Hydrogel – plenka, suchý stav (Zdroj: vlastní).....	8
Obrázek 8: Hydrogel – plenka, nasáklý vodou (Zdroj: vlastní) .....	8
Obrázek 9: Hydrogel – plenka, obsah celé plenky v suchém stavu (Zdroj: vlastní).....	8
Obrázek 10: Hydrogel – plenka, obsah celé plenky nasáklý vodou (Zdroj: vlastní).....	8
Obrázek 11: Nasákavost hydrogelu v závislosti na objemu, dešťová voda s porovnáním (Zdroj: vlastní) .....	14
Obrázek 12: Nasákavost hydrogelových kuliček v závislosti na objemu (Zdroj: vlastní) ..	14
Obrázek 13: Vzorky hydrogelu po zalití vodou o 0, 22, 40 a 70 °C (Zdroj: vlastní).....	15
Obrázek 14: Vzorky po prvním zalití, vlevo vzorek samotné půdy, vpravo vzorek s hydrogelem (Zdroj: vlastní) .....	16
Obrázek 15: Vzorky po druhém zalití, vlevo vzorek samotné půdy, vpravo vzorek s hydrogelem (Zdroj: vlastní) .....	16
Obrázek 16: Kontrola vlhkosti vzorku bez hydrogelu (Zdroj: vlastní) .....	17
Obrázek 17: Kontrola vlhkosti vzorku s hydrogelem (Zdroj: vlastní) .....	17
Obrázek 18: Vzorky zalité po 4 týdnech, vlevo vzorek samotné půdy, vpravo vzorek s hydrogelem (Zdroj: vlastní) .....	18
Obrázek 19: Experiment 1, aplikace semínek do hydrogelu den 1. (Zdroj: vlastní).....	26
Obrázek 20: Experiment 1, aplikace semínek do hydrogelu den 5. (Zdroj: vlastní).....	26
Obrázek 21: Experiment 1, zobrazení plísně u semínek fazole vlevo bez hnojiva, vpravo s hnojivem (Zdroj: vlastní) .....	27
Obrázek 22: Experiment 1, klíčící semínka Pelargonie (Zdroj: vlastní) .....	27
Obrázek 23: Experiment 1, semínka Pelargonie den 8. (Zdroj: vlastní) .....	28
Obrázek 24: Experiment 2, den 1. (Zdroj: vlastní).....	30
Obrázek 25: Experiment 2, vzorek 3.F den 6. (Zdroj: vlastní).....	32
Obrázek 26: Experiment 2, vzorek 1.H den 7.(Zdroj: vlastní).....	33
Obrázek 27: Experiment 3, den 1. (Zdroj: vlastní).....	35
Obrázek 28: Experiment 3, den 6. (Zdroj: vlastní).....	35
Obrázek 29: Experiment 4, Bazalka stáří 49 dní (Zdroj: vlastní).....	36
Obrázek 30: Experiment 4, Pažitka stáří 49 dní (Zdroj: vlastní).....	37
Obrázek 31: Experiment 4, klíčící semínka papriky, stáří přibližně 14 dní (Zdroj: vlastní).....	38
Obrázek 32: Experiment 4, paprika rostoucí v kombinaci půdy a hydrogelu před přesazením (Zdroj: vlastní).....	38
Obrázek 33: Experiment 4, naklíčená Řeřicha po 6 dnech (Zdroj: vlastní) .....	39
Obrázek 34: Experiment 4, srovnání výšky naklíčené Řeřichy (Zdroj: vlastní) .....	40
Obrázek 35: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (1 až 5) před zasazením (Zdroj: vlastní) .....	41
Obrázek 36: Experiment 5, vzorky zelence (1 až 5) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní) .....	41

Obrázek 37: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (6 až 10) před zasazením (Zdroj: vlastní) .....	41
Obrázek 38: Experiment 5, vzorky zelence (6 až 10) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní) .....	41
Obrázek 39: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (11 až 15) před zasazením (Zdroj: vlastní) .....	42
Obrázek 40: Experiment 5, vzorky zelence (11 až 15) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní) .....	42
Obrázek 41: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (16 až 20) před zasazením (Zdroj: vlastní) .....	42
Obrázek 42: Experiment 5, vzorky zelence (16 až 20) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní) .....	42
Obrázek 43: Experiment 5, ukázka vzorků zelence (21 a 22) před zasazením (Zdroj: vlastní) .....	43
Obrázek 44: Experiment 5, vzorky zelence (21 a 22) po ukončení experimentu (Zdroj: vlastní) .....	43
Obrázek 45: Experiment 6, ukázka technického vybavení pro experiment (Zdroj: vlastní)	49
Tabulka 1: Nasákavost hydrogelu v závislosti na objemu (Zdroj: vlastní) .....	13
Tabulka 2: Experiment 2, den 1. (Zdroj: vlastní) .....	29
Tabulka 3: Experiment 2, den 3. (Zdroj: vlastní) .....	31
Tabulka 4: Experiment 2, den 5. (Zdroj: vlastní) .....	31
Tabulka 5: Experiment 2, den 6. (Zdroj: vlastní) .....	32
Tabulka 6: Experiment 2, den 7. (Zdroj: vlastní) .....	33
Tabulka 7: Experiment 3, vyhodnocení (Zdroj: vlastní) .....	34
Tabulka 8: Experiment 5, Obsah jednotlivých vzorků se zelencem (Zdroj: vlastní) .....	44
Tabulka 9: Experiment 5, nejpokročilejší růst zelence den 36. (Zdroj: vlastní) .....	45
Tabulka 10: Experiment 6, nasákavost vody kombinací hydrogelu se zeminou (Zdroj: vlastní) .....	50
Graf 1: Hmotnost hrubého hydrogelu v průběhu času (Zdroj: vlastní) .....	12

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha DVD:

Vlastní text kvalifikační práce – Dokument Word,

Vlastní text kvalifikační práce – Formát PDF,

Elektronická příloha k bakalářské práci – Formát PDF.