

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Výživa okrasných rostlin makroprvky
Bakalářská práce**

**Viktorie Dobrovská
Zahradnictví**

doc. Ing. Martin Kulháněk, Ph.D.

© 2025 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Výživa okrasných rostli makroprvky" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

Dobrovská

V Praze dne 26.4.2025

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Martinovi Kulhánkovi, Ph.D. vedoucímu mé bakalářské práce za skvělé vedení, vstřícnost a podporu. Dále mé rodině a přátelům za to, že stáli při mně, když jsem to potřebovala nejvíce.

Výživa okrasných rostlin makroprvky

Souhrn

Okrasné rostliny jsou od nepaměti součástí našich každodenních životů. Dělalí nám společnost v našich domovech a zpřijemňují veřejné prostory ve městech, a to nejen jejich vzhledem ale i jejich přirozenou schopností čistit ovzduší a ochlazovat v letních měsících své okolí. Pestré květinové záhony dokážou upoutat naši pozornost na místa či objekty, které bychom jinak přešli bez povšimnutí. Řezané květiny jsou od nepaměti dar, který nikdy nezklame. Proto je nutné o okrasné rostliny náležitě pečovat, aby mohly nadále plnit takto důležité funkce.

Cílem této práce bylo shromáždit poznatky, vytvořit přehled okrasných rostlin a zaměřit se na jejich výživu makroprvky. V práci jsou představeny jednotlivé makroprvky, jejich úlohy v rostlině, jak se navzájem ovlivňují a jak se projevuje jejich případný nadbytek a nedostatek.

Kvůli enviromentálním dopadům těžby rašeliny, přestává být tento substrát ideální a je nutné hledat vhodné alternativy. Jako vhodné se ukazují nejrůznější směsi, díky kterým je potřebné množství rašeliny sníženo. Jako efektivní alternativa se ukazují i zpracované čistírenské kaly a jiné recyklované materiály. Hydroponie se ukazuje jako moderní a účinný způsob pěstování rostlin, ale je nutné počítat s její odbornou, technickou a ekonomickou náročností.

Okrasné rostliny byly pro přehlednost rozděleny do skupin podle způsobu jejich pěstování, délky kvetení a pobytu na stanovišti či výrazné morfologické odlišnosti. Skupina dřevin se ukázala jako nejméně náročná na výživu. Nejnáročnější skupinou jsou letničky, kvůli jejich dlouhému kvetení a tvorbě semen. Trvalky jsou velice širokou skupinou a je těžké pro ně definovat obecné nároky na živiny. Obecně pro všechny rostliny okrasné květem platí že makroprvky výrazně ovlivňují výšku rostliny, tvar, velikost, zbarvení a množství květů. Řada okrasných rostlin má vedle primární estetiké funkce řadu sekundárních funkcí, jako je obsah léčivých či aromatických látek. Pokud chceme tyto funkce využívat je nutné upravit i výživu rostlin která ovlivňuje tvorbu látek v rostlinách. S tím úzce souvisí i fakt, že výživa hraje významnou roli i v ochraně rostlin před chorobami a škůdci.

Dostupné informace o výživě rostlin a vlivu jednotlivých makroprvků byly shromážděny a přehledně uspořádány v této rešerši. Pro řadu druhů rostlin informace o jejich správné výživě chybí a je tak třeba pokračovat ve výzkumu.

Klíčová slova: Substráty; Výživa rostlin; Rostliny okrasné listem nebo květem; Pěstování venkovní nebo v místnosti

Nutrition of ornamental crops with macronutrients

Summary

Ornamental plants have been a part of our daily lives since time immemorial. They accompany us in our homes and enhance public spaces in cities, not only with their appearance but also with their natural ability to purify the air and cool their surroundings during the summer months. Colorful flowers can draw our attention to places or objects we might otherwise pass by unnoticed. Cut flowers have been a timeless gift that never disappoints. Therefore, it is essential to properly care for ornamental plants so that they can continue to fulfill these important functions.

The aim of this work was to gather knowledge, create an overview of ornamental plants, and focus on their nutrition with macroelements. The work presents individual macroelements, their roles in the plant, how they influence each other, as well as their influence on nutrients disorders.

Due to the environmental impact of peat mining, this substrate is no longer ideal, and it is necessary to seek suitable alternatives. Various mixtures have proven to be appropriate, reducing the required amount of peat. Processed sewage sludge and other recycled materials have also shown to be effective alternatives. Hydroponics has emerged as a modern and efficient method for growing plants, but it is important to consider its technical, specialist, and economic demands.

For clarity, ornamental plants have been categorized based on their growing methods, blooming duration, residence time at the site, or distinctive morphological characteristics. The group of woody plants proved to be the least demanding in terms of nutrition. The most demanding group are annuals due to their long blooming period and seed production. Perennials form a very broad group, therefore it is difficult to define general nutritional requirements.

In general, for all flowering ornamental plants, macroelements significantly influence the plant's height, shape, size, coloration, and the number of flowers. Many ornamental plants, have a number of secondary functions, such as medicinal or aromatic properties. If we wish to utilize these functions, it is necessary to adjust the plants' nutrition, which influences the formation of these substances in plants. This is closely related to the fact that nutrition also plays an important role in protecting plants from diseases and pests.

Available information about plant nutrition and the influence of individual macroelements has been gathered and systematically arranged in this review. However, for many plant species, the information regarding their nutrition has not yet been tested, and further research is needed to prevent the physiological, environmental, and economic problems caused by improper nutrition.

Keywords: Substrates; Plant nutrition; Ornamental plants with leaves or flowers; Outdoor or indoor cultivation

Obsah

1.	Úvod	1
2.	Cíl práce.....	2
3.	Literární rešerše	3
3.1.	Ekologický zákon minima	3
3.2.	Makroprvky	3
3.2.1.	Dusík	4
3.2.2.	Fosfor	5
3.2.3.	Draslík.....	5
3.2.4.	Hořčík	6
3.2.5.	Vápník.....	7
3.2.6.	Síra	8
3.3.	Substráty vhodné pro pěstování okrasných rostlin	9
3.3.1.	Hydroponie jako zvláštní způsob pěstování okrasných rostlin.....	11
3.4.	Okrasné rostliny a jejich výživa	11
3.4.1.	Rozdělení okrasných rostlin.....	12
3.4.2.	Okrasné dřeviny	12
3.4.3.	Okrasné jehličnaté stromy a keře	13
3.4.4.	Okrasné listnaté stromy a keře	14
3.4.5.	Růže	16
3.4.6.	Okrasné byliny	17
4.	Závěr	26
5.	Seznam literatury	27

1. Úvod

Odvětví výživy rostlin se převážně věnuje rostlinám produkčním a rostliny okrasné jsou často odstavené v tomto tématu na druhou kolej. Zatímco u plodin chceme dosáhnout cílů hodnotitelných číselně jako je objem produkce, kvalita plodin či množství obsahových látek, u okrasných rostlin chceme docílit estetických vlastností které se jen těžko dají zařadit do tabulky. Hnojení okrasných rostlin se tak stává obtížnější, neboť se často musíme řídit vzhledem rostliny a je tak nutné znát symptomy nedostatku jednotlivých živin abychom byli schopni rostlině poskytnout to, co skutečně potřebuje. I proto dnes existují na trhu hnojiva, jež jsou přesně určena pro konkrétní druhy okrasných rostlin a lidé neznalí přesných příznaků si nemusejí obávat, že by rostlině dali něco, co vůbec nepotřebuje.

V této práci se seznámíme se skupinou prvků, jež je pro rostlinu nepostradatelné, a to s makroprvky. Mezi makroprvky nebo také makroživiny patří dusík, fosfor, draslík, hořčík, vápník a síra. Zaměříme se na jejich význam v rostlině a na projevy jejich nedostatku. Dále si představíme pěstební substráty vhodné pro okrasné rostliny, jejich alternativy a okrajově se seznámíme se speciálním způsobem pěstování, kterým je hydroponie. Na to navazuje část zaměřená na okrasné rostliny, zaměřená na konkrétní příklady výživy podle jednotlivých skupin i rostlin.

2. Cíl práce

Vytvořit přehled významných skupin okrasných rostlin z hlediska jejich nároků na výživu makroprvky (N, P, K, Ca, Mg, a S).

Shrnout poznatky o běžně využívaných pěstebních substrátech pro okrasné rostliny, včetně jejich alternativ. To vše se zaměřením na výživu makroprvky.

3. Literární rešerše

3.1. Ekologický zákon minima

Pro správnou výživu rostlin ať už okrasných či produkčních je nutné mít na paměti ekologický zákon minima, jehož chápání je pro nás klíčové.

Ekologický zákon minima, pokud jde o makroprvky v rostlinné výživě, naznačuje, že růst rostlin je omezen nejvzácnější esenciální živinou. Výzkum ukazuje, že suchozemské rostliny vyžadují živiny v podobných proporcích, přičemž optimální poměry jsou definovány, když všechny živiny současně omezují růst (Knecht & Göransson, 2004). Faktor, který je označován jakožto limitující, je ten, který ve své minimální nebo maximální hodnotě omezuje funkce organismů (Šarapatka et al., 2010). Zákon optimálního množství, navržený jako jednotící koncept ve výživě rostlin, zahrnuje principy zákona minima, zákona klesajících výnosů a zákona maxima (Velayutham, 2017). Tento přístup umožňuje aplikaci živin na základě půdních testů pro cílené výnosy plodin. Historicky je zákon minima často připisován pracím Justuse von Liebiga z let 1840 a 1855. Nicméně důkazy naznačují, že Carl Sprengel publikoval podobné teorie dříve, včetně článku z roku 1828, který v podstatě obsahoval zákon minima. Aby byly uznány příspěvky obou vědců, navrhuje se přejmenovat tento zákon na Sprengel-Liebigův zákon minima (Ploeg et al., 1999).

3.2. Makroprvky

Makroprvky jsou pro rostlinu neodmyslitelné v otázce růstu, vývoje a metabolismu. Jsou vyžadovány ve velkém množství (>0.1% sušiny) (Maathuis, 2009). Hrají důležitou roli ve všech živých soustavách, a i v životním prostředí na které mají velký vliv (Vaněk et al., 2012). Mezi makroprvky patří vápník, hořčík, dusík, fosfor, draslík a síra, které jsou typicky vstřebávány kořeny ve formě iontů z půdního roztoku (Maathuis, 2009). Makroprvky slouží jako stavební prvky a redoxně citlivá činidla. Zároveň ovlivňují proces v rostlině jako fotosyntézu, respiraci, aktivitu enzymů, syntézu hormonů a fixaci dusíku (Johnson & Mirza, 2020; Monib et al., 2023). Hrají významnou roli ve všech fázích životního cyklu rostliny. Mají vliv na plodinu z hlediska výnosu, kvality a celkové odolnosti rostliny (Hassan et al., 2020; Monib et al., 2023). Nedávné výzkumy se soustředily na zkoumání dalších aspektů makroprvků a jejich potenciál v rámci rostlinného růstu a aklimatizace rostlin (Monib et al., 2023). Současný

výzkum cílí na maximalizaci rostlinné produkce a odolnosti prostřednictvím lepšího porozumění funkcím makroprvků a jejich transportu a regulačním mechanismům v rostlině (Maathuis, 2009; Monib et al., 2023).

3.2.1. Dusík

Dusík je nezbytnou makroživinou pro rostlinný růst, vývoj a odolnost vůči stresu (Kishorekumar et al., 2020). Na planetě Zemi je odhad celkového množství dusíku asi $2,17 \times 10^{17}$ tun. Nejvíce ho je obsaženo v litosféře, ale pro rostliny má největší význam ten, který se nachází v naší atmosféře kde tvoří 78,08 % objemu vzduchu hlavně ve formě N_2 (Vaněk et al., 2012). Rostliny mohou přijímat dusík v různých formách zahrnujících nitrátový a amonný iont, případně i močovinu (Crawford, 1995). Proces asimilace dusíku zahrnuje řadu klíčových enzymů jako jsou dusičnanová a dusitanová reduktáza, glutamin syntetáza a glutamát syntáza (Kishorekumar et al., 2020; Lam et al., 1996). Hlavní způsob fixace dusíku probíhá činností mikroorganismů, a to buď volně žijících nebo symbiotických, které jsou v symbióze s rostlinami z čeledi *Fabaceae* (Vaněk et al., 2012). Kořeny hrají významnou roli v příjmu a metabolismu dusíku, přičemž některé druhy rostlin jsou schopny syntetizovat organické sloučeniny dusíku ještě v kořenech, než jsou transportovány do nadzemních částí rostliny (Pate, 1973). Transport dusíku je prováděn převážně přes xylém spolu s různými sloučeninami bohatými na dusík sloužící jako nosiče (Pate, 1973). Asimilace dusíku do aminokyselin je regulována faktory vnějšího prostředí, metabolickou kontrolou a vývojovým stádiem rostliny s přispěním geneticky kódovaných izoenzymů (Lam et al., 1996).

Nedostatek dusíku se projevuje řadou různých příznaků napříč velkou škálou druhů. Mezi běžné příznaky patří zakrnělý růst, zmenšení velikosti a počtu květů, kratší stonky a změna zbarvení (Ruamrungsri et al., 2021; Williams, 2004). U lilí se nedostatek dusíku projevuje ve formě chloróz a nekróz spodních listů (Barnes et al., 2011). Včasná detekce deficitu dusíku je klíčová pro včasnou intervenci a Ramanova spektroskopie ukázala slibné výsledky při identifikaci nedostatku N ještě před objevením viditelných příznaků (Huang et al., 2020). Při nedostatku více živin se z chronologického hlediska deficit dusíku nejčastěji projevuje jako první (Williams, 2004). Pochopení specifických příznaků u jednotlivých druhů a kritických koncentrací živin v pletivech je zásadní pro efektivní řízení živin při pěstování okrasných rostlin (Barnes et al., 2011; Williams, 2004).

3.2.2. Fosfor

Fosfor je nepostradatelným prvkem pro růst, vývoj, metabolismus a rozmnožování rostlin (Day & Ludeke, 1993). Je důležitou součástí nukleových kyselin, ATP a mechanismu fotosyntézy u vodních i pozemních rostlin (Fogg, 1973). Fosforu je v půdě omezené množství a jeho celkový obsah kolísá mezi 0,01–0,15 %. Kyselina trihydrogenfosforečná je základem řady sloučenin, ze kterých je fosfor z půdy pro rostliny získatelný (Vaněk et al., 2012). Aby se rostliny vyrovnaly s deficitem fosforu, vyvinuly si adaptivní reakce, včetně vylučování kyselých fosfatáz (APáz) (Wang & Liu, 2018). Tyto APázy, indukované deficitem fosforu, hrají významnou roli při získávání fosforu z organických zdrojů v půdě (Wang & Liu, 2018). Sekrece APáz, indukovaných deficitem fosforu, je regulována na molekulární úrovni a porozumění těmto mechanismům je klíčové pro zlepšení výživy rostlin fosforem (Wang & Liu, 2018). Vzhledem ke klíčové roli fosforu může být jeho deficit hlavním limitujícím faktorem v rostlinném růstu hned za dusíkem (Day & Ludeke, 1993).

Nedostatek fosforu u okrasných rostlin se projevuje řadou příznaků. Rané příznaky zahrnují tmavě zelné listy, následované chlorózou a nekrózou spodních listů (Eaton, 1949). Některé studie však nepozorovaly chlorózu u listů s nedostatkem fosforu – ty zůstaly tmavě zelené (Cakmak, 1994). Nedostatek fosforu zpomaluje růst rostlin, zejména u stonků a listů, což vede k menším listům a kratším a tenčím stonkům (Eaton, 1949). Dále ovlivňuje činnost průduchů – snižuje spotřebu vody a zvyšuje teplotu listů (Wallace & Deutsch, 1968). U okrasných bylin mohou koncentrace fosforu pod 2,5 mg/L ve vodním roztoku způsobit příznaky nedostatku, zatímco optimální růst je dosažen s koncentrací 5-15 mg/L fosforu, v závislosti na druhu (Henry et al., 2017). Zajímavé je, že rostliny, zejména mladší, s nedostatkem fosforu mohou hromadit více sacharidů ve stoncích a vykazovat změnu distribuce dusíku (Eaton, 1949).

3.2.3. Draslík

Draslík (K) je důležitým prvkem pro růst a vývoj rostlin, hrajícím klíčovou roli v různých fyziologických procesech (Johnson et al., 2022; Hasanuzzaman et al., 2018). Jeho celkové množství v půdě je odhadováno na 0,5-3,2 % a vyskytuje se hlavně v anorganických sloučeninách. Nejlépe získatelný draslík pro rostliny je vodorozpustný v půdním roztoku (Vaněk et al., 2012). Reguluje funkci průduchů, fotosyntézu a příjem vody a aktivuje okolo šedesáti enzymů (Johnson et al., 2022). K^+ je nezbytný pro syntézu proteinů, metabolismus sacharidů a buněčnou signalizaci (Hasanuzzaman et al., 2018; Sardans & Peñuelas, 2021). Je

důležité, že draslík zvyšuje u rostlin toleranci vůči abiotickým stresům, jako je sucho, salinita a oxidační stres tím, že udržuje iontovou homeostázu, reguluje osmotickou rovnováhu a posiluje antioxidační obranu (Hasanuzzaman et al., 2018; Wang et al., 2013). Také hraje kritickou roli v obraně proti biotickému stresu jako jsou choroby a škůdci (Wang et al., 2013). Vysoké koncentrace kationtů draslíku (K^+) v aktivních rostlinných orgánech a jeho zapojení do různých fyziologických funkcí zdůrazňují jeho význam pro fungování ekosystémů a produkci rostlin (Sardans & Peñuelas, 2021).

Deficit draslíku se u okrasných rostlin, zejména palem a orchidejí rodu *Phalaenopsis*, projevuje řadou příznaků. U palem se počáteční příznaky projevují žlutými nebo oranžovými skvrnami a okrajovou nekrózou na starších listech, která se s přetrvávajícím nedostatkem přesouvá na mladší listy (Broschat, 1994; Broschat, 2011). U slunečnic se deficit projevuje zpočátku hlubším zeleným zbarvením, následovaným chlorózou a nekrózou na dolních listech, zpomaleným růstem a změnou morfologie rostliny (Eaton, 1952). U orchidejí *Phalaenopsis* vede nedostatek draslíku ke žloutnutí a nekróze dolních listů, počínaje od konce nebo okraje (Wang, 2007). Dostatečná výživa draslíkem je klíčová pro optimální růst a kvetení *Phalaenopsis*, přičemž pro nejlepší výsledky je doporučeno 300 mgK/L ve vodním roztoku (Wang, 2007). Odstranění listů s nedostatkem draslíku u palem může celou situaci zhoršit, protože tato akce vede k vyčerpání zásob draslíku mnohem rychleji (Broschat, 1994).

3.2.4. Hořčík

Hořčík (Mg) je pro rostlinu nepostradatelnou živinou a hraje významnou roli v řadě fyziologických a biochemických procesech (Chen et al., 2018; Ferreira et al., 2023; Ishfaq et al., 2022; Wilkinson et al., 1990). Má vliv na syntézu chlorofylu, aktivaci enzymů, syntézu proteinů a fotosyntézu (Chen et al., 2018; Ishfaq et al., 2022). Obsah hořčíku v půdách je ovlivněn stanovištěm, což znamená že zatímco v běžných půdách je jeho obsah asi 0,4-0,6 % tak na dolomitech jeho obsah dosahuje až 10 %, a naopak kyselé půdy s nízkým pH obsahují hořčíku velmi malé množství (Vaněk et al., 2012). Rostliny si vyvinuly efektivní systémy pro příjem, skladování a translokaci hořčíku pro udržení správné hladiny (Chen et al., 2018). Porozumění výživě hořčíkem a fyziologii rostlin je nezbytné pro zlepšení hospodaření s živinami, diagnózu stresu a rozmnožování rostlin (Chen et al., 2018; Wilkinson et al., 1990).

Nedostatek hořčíku vede u okrasných rostlin k řadě příznaků včetně fyziologických změn. Běžné vizuální příznaky zahrnují chlorózu, nekrotické skvrny a ohnuté listy (Kobayashi

& Tanoi, 2015; Branson et al., 1968). Na buněčné úrovni nedostatek hořčíku ovlivňuje funkci více než 300 enzymů a membránový potenciál (Kobayashi & Tanoi, 2015). Fyziologické reakce zahrnují sníženou transpirační aktivitu, akumulaci cukrů a škrobu v listech, změněné redoxní stavy, zvýšený oxidační stres a sníženou fotosyntetickou aktivitu (Kobayashi & Tanoi, 2015). Včasná detekce nedostatku hořčíku může být náročná, protože vizuální příznaky se nemusí objevit u mladých rostlin ani při silném nedostatku (Hariadi & Shabala, 2004). I když analýza pletiv listů zůstává nejpřesnějším ukazatelem, je nákladná a časově náročná (Hariadi & Shabala, 2004). Zajímavé je, že vysoké dávky draslíku mohou zhoršit nedostatek Mg, a snížení hnojení draslíkem může pomoci příznaky nedostatku Mg zmírnit (Branson et al., 1968).

3.2.5. Vápník

Vápník hraje klíčovou roli v rostlině jako důležitá živina i jako signalizační molekula (Thor, 2019; White & Broadley, 2003). Je důležitý pro stabilitu buněčné stěny a membrán a působí jako kompenzační iont ve vakuolách (White & Broadley, 2003). Jeho celkový obsah v půdě se pohybuje na škále od 0,15 % až do více než 10 % (Vaněk et al., 2012). Ionty vápníku (Ca^{2+}) fungují jako intracelulární poslové, koordinující odezvy na vývojové podněty a stres vnějšího prostředí, zahrnující biotické výzvy (Thor, 2019; Singh, 2020). Příjem a transport vápníku zahrnuje specifické mechanismy, které ovládají pohyb xylémem a míru transpirace která ovlivňuje transport v rostlině (Wdowiak et al., 2024). Udržování intracelulární homeostázy Ca^{2+} je klíčové pro generování vápníkových signálů, které jsou dekodovány různými buněčnými senzory, jako je kalmodulin a proteinkinázy závislé na Ca (White & Broadley, 2003; Singh, 2020). Porozumění metabolismu vápníku v rostlině je klíčové kvůli jeho důležitým a různorodým rolím v buněčné fyziologii, struktuře a odolnosti rostliny proti stresu (Wdowiak et al., 2024).

Nedostatek vápníku se projevuje řadou příznaků, jako je chloróza žilnatiny, nekróza a neschopnost listů se rozvinout (Hershey & Merritt, 1987). Mezi běžné poruchy patří černá jádra u celeru, spálení vrcholů u salátu a zelí a hniloba květních konců (pupků) u rajčat (Olle & Bender, 2009). Tyto problémy často vznikají kvůli špatné distribuci vápníku, ne kvůli nedostatečnému příjmu. Příznaky mohou postupně přecházet od vodou nasycených pletiv k rozkladu buněk, a nakonec k vysychání (Bangerth, 1979). Strategie prevence zahrnují optimalizaci pěstebního média, zajištění dostatečného objemu kořenů a správné rovnováhy živin (Olle & Bender, 2009). Environmentální faktory, jako je teplota, světlo a průtok vzduchu, hrají také klíčovou roli (Olle & Bender, 2009). Mimokořenová výživa Ca, mulče a výběr odolných odrůd mohou také pomoci zmírnit problémy s nedostatkem (Olle & Bender, 2009).

3.2.6. Síra

Síra hraje klíčovou roli v rostlinném růstu, metabolismu a fungování v základních procesech jako transport elektronů, struktura a regulace (Hell et al., 2010). Je nezbytná pro syntézu aminokyselin, vitamínů a enzymů, a podílí se na tvorbě chlorofylu (Danapriatna, 2008). Obsah síry se například v zemědělských půdách pohybuje v rozsahu od 50 až do 500 mg S/kg (Vaněk et al., 2012). Síra je primárně přijímána rostlinou ve formě sulfátů (SO_4^{2-}) z organické hmoty, půdních minerálů a hnojiv (Danapriatna, 2008). Její metabolismus je úzce spjatý s asimilací uhlíku a dusíku a je regulován zásobami, poptávkou a faktory vnějšího prostředí (Hell et al., 2010). Síra je mimořádně důležitá v obraně proti stresu, přičemž sloučeniny obsahující síru jako jsou glutathion, fytochelatiny a různé sekundární metabolity, hrají klíčovou roli v odolnosti proti biotickému a abiotickému stresu (Capaldi et al., 2015). Snížení atmosférických depozic S a rostoucí užívání hnojiv s vysokým obsahem jiných živin vedlo k nedostatku síry v mnoha zemědělských oblastech, což vyžaduje aplikaci hnojiv obsahujících síru k udržení optimálního růstu rostlin a tolerance vůči stresu (Danapriatna, 2008; Capaldi et al., 2015).

Nedostatek síry u okrasných rostlin se může projevat různými příznaky. U vánoční hvězdy jsou počátečními příznaky zčervenání řapíků a hlavních žilek nových listů, následované žloutnutím listů (Dale et al., 1990). Klíčící lípy vykazují žloutnutí listů, zpomalený růst a předčasné odumření vzrostného vrcholu (Ashby & Mika, 1959). Rajčata vykazují chlorózu, kdy nejprve žloutnou horní listy, dochází ke zvýšené tvorbě antokyanů, další listy rostou malé a tuhé a stonky jsou tenké (Eaton, 1951). Rostliny s nedostatkem síry obvykle mají nižší podíl sušiny a změněný poměr nadzemní a podzemní části rostliny (Ashby & Mika, 1959). Metabolické změny zahrnují zvýšení obsahu škrobu, sacharózy a rozpustného dusíku v stoncích, přičemž účinky na redukční cukry se liší (Eaton, 1951). Kritické úrovně síry v listových pletivech pro vánoční hvězdy jsou navrženy na 2300–3000 mg S/kg (Dale et al., 1990). Zajímavé je, že expozice oxidu siřičitému ve vzduchu může způsobit okrajovou a žilnatinovou nekrózu u různých okrasných rostlin, přičemž květy bývají často nejvíce náchylným orgánem (Howe & Woltz, 1981).

3.3. Substráty vhodné pro pěstování okrasných rostlin

Pěstební substráty hrají klíčovou roli v pěstování, růstu, kvetení a celkovém zdraví okrasných rostlin. Řada substrátů jako rašelina, písek, kompost, biouhel a vermikompost, mohou být použity samostatně nebo jako směs pro optimalizaci rostlinného růstu (Kaushal & Kumari, 2020). Tradičně preferovaným substrátem je rašelina, ale dopady její těžby na životní prostředí nás nutí k hledání vhodnějších alternativ (Zulfiqar et al., 2019). Biouhel a vermikompost se ukázaly jako slibné náhražky za rašelinu a v určitých kombinacích výrazně zlepšily růst a produkci květů u kakostů a petúnií (Alvarez et al., 2018). Volba správného substrátu může ovlivnit efektivnost zavlažování. Například, Pro-mix GSX (skleníkový substrát; 55 % až 65 % kanadského rašeliníku: 12 % až 25 % kompostované kůry z měkkého dřeva: 12 % až 25 % perlitu, vše objemově) se ukázal jako nejefektivnější pro podzemní kapkovou závlahu, zatímco pro rod palem Areka se osvědčilo zavlažování shora ve všech testovaných substrátech (Klock-Moore & Broschat, 2001). Tyto poznatky nám ukazují že výběr správného substrátu a zároveň vhodného zavlažovacího systému je klíčový pro správný růst a vývoj rostliny.

Výzkum alternativních substrátů pro pěstování okrasných stromů ukázal slibné výsledky. Náhradní materiály za borovou kůru, jako WholeTree a Clean Chip Residual (substráty jsou složeny z odpadních zbytků, vznikajících při zpracování dřeva, a zeminy), vykazují porovnatelný výkon v krajinné výsadbě s tradiční borovou kůrou u stromů jako je pukol indický, magnólie a dub (Marble et al., 2012). Odpadní organický materiál, zejména kůra dřeva smíchaná s pískem, se ukázaly jako účinné pro pěstování různých druhů okrasných stromů (Salaš, 2002). Skořápky lískových ořechů kombinované s biosolidem (pevné organické látky získané z procesu čištění odpadních vod a používané jako hnojivo) vykazovaly potenciál jako substrát pro pěstování okrasných palm v kontejnerech, přičemž vyšší obsah dusíku měl pozitivní vliv na růst rostlin (Dede et al., 2012). Různá pěstební média, včetně písku, rašeliny, perlitu, minerální vaty, pilin, kokosového vlákna a kompostu, použitá samostatně nebo v kombinaci, byla shledána za vhodná pro pěstování okrasných rostlin (Kaushal & Kumari, 2020). Tyto alternativní substráty nabízejí dobrou kapacitu pro zadržování vody, provzdušnění a příjem živin, což je činí optimálními pro odvětví okrasných rostlin, a zároveň poskytují příležitosti k recyklaci zemědělských a komunálních organických odpadů.

Nedávné studie zkoumaly alternativní substráty pro produkci okrasných rostlin, z důvodu řešení obav o udržitelnost a zlepšení příjmu živin. Přidání vermikompostu a biouhlu do rašelinových substrátů může snížit vyplavování živin, zejména dusíku, u okrasných rostlin

pěstovaných v kontejnerech (Alvarez et al., 2019). Odpadní dřevní vlákno, přidané v množství 10-20 % do rašelinových substrátů, udržuje kvalitu rostlin a zvyšuje obsah živin u různých druhů muškátů, zejména při dodatečné výživě dusíkem (Zawadzińska et al., 2021). Přidání biouhlu do rašelinových substrátů může regulovat fluktuace dusičnanů a sloužit jako zdroj fosforu pro okrasné rostliny (Altland & Locke, 2012). U *Euphorbia × lomi* směs 40 % rašeliny a 60 % biouhlu vedla k optimálnímu růstu, zvýšení obsahu chlorofylu v listech a zlepšení příjmu draslíku a vápníku (Dispenza et al., 2016). Tyto výsledky naznačují, že zapojení organických materiálů, jako je vermikompost, dřevní vlákno a biouhel, do pěstebních substrátů může zlepšit příjem makroelementů u okrasných rostlin a zároveň snížit environmentální dopady.

Výzkum pěstebních substrátů pro okrasné letničky ukazuje, že kombinace materiálů často přináší nejlepší výsledky. Směs kokosového vlákna, vermikulitu a perlitu (3:1:1) byla shledána jako optimální pro letničky vyseté na podzim, podporující lepší klíčení, růst a kvetení (Malik et al., 2024). Pro petúnie a okrasný tabák vedla směs 60 % kompostu, 30 % kyselé rašeliny a 10 % perlitu k nejvyšší intenzitě fotosyntézy a největšímu podílu listové plochy (Popescu & Popescu, 2015). Čistá štěpka ve směsi s rašelinou vykazovala potenciál jako alternativní substrát pro *Ageratum*, *Salvia* a *Impatiens*, přičemž vykazovala podobný výkon jako substráty na bázi borové kůry (Boyer et al., 2008).

Výzkum alternativních substrátů pro pěstování okrasných rostlin ve sklenících se zaměřoval na zredukování množství rašeliny z důvodů jejích negativních dopadů na životní prostředí. Vermikompost a biouhel ukázali výborné výsledky jako částečná náhrada rašeliny, a to ve směsi obsahující 10–30 % vermikompostu a 8–12 % biouhlu. Tato směs zlepšovala rostlinný růst, a u některých druhů okrasných rostlin i produkci květů (Alvarez et al., 2018). Kompost a vermikompost mohou nahradit až 30-35 % substrátů založených na rašelině (Alvarez et al., 2018). Tyto alternativní substráty mohou potenciálně sekvestrovat uhlík a redukovat emise skleníkových plynů v okrasném zahradnictví. Klíčové je řízení salinity u rostlin pěstovaných v substrátech, přičemž optimální hodnoty elektrické vodivosti se liší podle ročního období, typu pěstování a druhu rostlin (Sonneveld, 2000). Nedávné studie zkoumaly inovativní směsi substrátů, které obsahují odpadní materiály z chovu hmyzu a žížal, které prokázaly zlepšení růstu rostlin a zvýšení mikrobiální biomasy ve srovnání s tradičními směsmi rašelina-pemza (Prisa & Caro, 2023). Implementace těchto alternativ vyžaduje spolupráci mezi výzkumníky, výrobci kompostu a zahradnickými firmami.

3.3.1. Hydroponie jako zvláštní způsob pěstování okrasných rostlin

Hydroponie je metoda pěstování rostlin bez půdy, a to v živném roztoku, kdy jde o vodný roztok obohacený o živiny (Vaněk et al., 2012). Hydroponie byla shledána jako životaschopná metoda produkce nejen řady druhů zeleniny, ale také okrasných rostlin jako bylinky, frézie, růže a rostliny okrasné listem (Shrestha & Dunn, 2010). Hydroponické pěstování okrasných rostlin, zejména pro produkci řezaných květin, získalo na popularitě díky své efektivitě a kontrole nad dodávkou živin. Výzkumy ukázaly, že správné řízení makroživin je klíčové pro optimální růst a kvalitu rostlin. U chryzantém vedlo zásobování dusíkem podle odběrových křivek k lepší kvalitě řezaných květin ve srovnání s konstantně vysokými koncentracemi (Kageyama & Konishi, 1996). U růží byly zaznamenány sezónní fluktuace v příjmu živin, přičemž nižší absorpce byla pozorována v letních měsících (Takeda & Takahashi, 1998). U petúnií bylo zjištěno, že raná aplikace makroživin během rozmnožování je důležitá pro udržení úrovně živin v tkáních a pro podporu růstu (Santos et al., 2011). Různé techniky pěstování bez půdy byly úspěšně aplikovány na širokou škálu okrasných druhů, včetně řezaných květin, rostlin v nádobách, a dokonce i stromů (Karagöz et al., 2022). Tyto studie zdůrazňují důležitost přizpůsobení dodávky živin konkrétním rostlinným druhům, fázi růstu a environmentálním podmínkám v hydroponických systémech.

3.4. Okrasné rostliny a jejich výživa

Výživa a hnojení hrají klíčovou roli v růstu a kvalitě okrasných rostlin. Zatímco správná rovnováha živin ovlivňuje výšku rostliny, tvar a zbarvení (Neto et al., 2015), specifické výživové požadavky mnoha okrasných druhů zůstávají nejasné, což často vede k neefektivnímu používání hnojiv (Alvarez et al., 2014). Výzkumníci navrhli experimentální techniky pro určení poptávky po živinách, míry jejich využití a optimálních dávek výživy pro okrasné rostliny (Alvarez et al., 2014). Účinky hnojení na kvalitu rostlin a odolnost proti škůdcům jsou však složité. Studie ukázaly, že hnojení může snížit odolnost dřevin vůči různým škůdcům tím, sníží koncentrace sekundárních metabolitů sloužících rostlinám k obraně proti patogenům (Herms, 2002). Hypotéza rovnováhy růstu/diferenciace naznačuje kompromis mezi růstem a sekundárním metabolismem, přičemž účinky hnojení se liší v závislosti na počátečním výživovém stavu rostliny (Herms, 2002).

3.4.1. Rozdělení okrasných rostlin

Okrasné rostliny rozdělujeme na dřeviny a byliny. Dřeviny dále dělíme na stromy a keře a na jehličnany a listnaté, které můžeme ještě rozlišovat na opadavé a stálezelené. Okrasné byliny rozdělujeme podle způsobu pěstování a podle délky jejich pobytu na stanovišti. Dělíme je na letničky, které jsou na stanovišti jednu sezónu, dvouletky, které v prvním roce vytvoří listovou růžici a druhý rok kvetou, trvalky které vydrží na stanovišti po několik let, hlíznaté a cibulnaté rostliny, které se na zimu zatahují o podzemních hlíz a cibulí, vodní a bahenní rostliny, které jsou úzce vázané na vodu, pokojové nebo také interiérové rostliny, které pěstujeme ve vnitřních prostorech a jde většinou o tropické druhy, které by v našich venkovních podmínkách nepřežily, rostliny hrnkové, které jsou pěstovány v nádobách a během léta jsou umístěny venku a na zimu přemísťovány do vnitřních prostorů a k této skupině můžeme řadit i balkonové rostliny. Dále také můžeme zmínit rostliny pěstované k řezu a sušení (Vít et al., 1996).

3.4.2. Okrasné dřeviny

Makroživiny hrají klíčovou roli v růstu a kvalitě okrasných stromů a keřů. Zatímco dusík vykazuje pozitivní účinky na růst dřevitých okrasných rostlin, výsledky studií popisujících reakce na fosfor a draslík jsou méně konzistentní (Davidson, 1969). Správná rovnováha živin ovlivňuje vizuální vlastnosti, jako je výška rostliny, tvar a zbarvení u okrasných druhů (Neto et al., 2015). Studie o okrasných keřích pěstovaných v normálních a alkalických půdách zjistily, že koncentrace dusíku, fosforu, draslíku a vápníku v listech se obvykle nachází v dostatečném rozmezí, přičemž hladiny hořčíku mohou být vyšší než doporučené (Jain et al., 1981). Specifické nutriční požadavky pro mnoho okrasných druhů však zůstávají špatně pochopeny, což vede k neefektivnímu využívání hnojiv a možným problémům s kvalitou (Neto et al., 2015). Stanovení kvalitativních atributů pro dřevité okrasné rostliny v souvislosti s minerální výživou je výzvou, přičemž většina hodnocení se zaměřuje na vizuálně příjemné a tržní rostliny (Dirr, 1975).

Okrasné keře vyžadují vyváženou výživu makroživinami pro optimální růst a vizuální kvalitu (Jain et al., 1981). Nutriční požadavky okrasných druhů nejsou většinou dobře definovány, což vede k neefektivnímu využívání hnojiv a možným problémům s kvalitou (Neto et al., 2015). Sezónní variace v obsahu makroživin byly pozorovány u středomořských keřů, přičemž N, P, K a S dosahovaly vrcholu v dubnu až květnu, zatímco odběr Ca během tohoto období klesal (Gökkuş et al., 2011). Výživa draslíkem u dřevitých okrasných rostlin byla

předmětem omezeného výzkumu, přičemž většina studií se zaměřovala na aplikace dusíku a vykazovala malou reakci na draslík nebo fosfor (Davidson, 1969). Správná rovnováha živin je klíčová pro udržení výšky, tvaru a zbarvení rostlin u okrasných druhů (Neto et al., 2015).

3.4.3. Okrasné jehličnaté stromy a keře

Jehličnaté stromy mají specifické nutriční požadavky, které ovlivňují jejich růst a vývoj. Studie ukázaly, že poměr draslíku/vápníku a hořčíku je klíčový pro zlepšení příjmu kationtů ve výživě okrasných jehličnanů pěstovaných na rašelinových substrátech (Cadahía et al., 1995). Koncentrace esenciálních živin, jako je dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík a síra, se liší mezi různými druhy jehličnanů a může být ovlivněna podmínkami ve kterých jsou stromy pěstovány (Beaton et al., 1965). Příjem živin a jejich distribuce v jehličnatých stromech jsou druhově specifické, přičemž některé druhy vykazují lepší adaptaci na extrémní podmínky a efektivnější využívání živin (Chernyshenko et al., 2019). Výzkum jehličnatých sazenic ukázal, že relativní rychlosti růstu jsou úzce spojeny s rychlostí přidávání dusíku, přičemž maximální rychlosti růstu jsou nižší než u listnatých druhů. Kromě toho hrají významnou roli faktory jako rychlost příjmu živin, produktivita dusíku a rychlost růstu kořenů při určování charakteristik a hodnoty výběru jehličnanů (Ingestad & Kähr, 1985).

Hnojení může významně ovlivnit růst a produktivitu okrasných stromů a keřů z čeledi *Pinaceae*. Hnojení fosforem zvýšilo růst u *Pinus taeda*, zatímco dusík měl negativní účinky na některé druhy v důsledku změn vlastností vodního režimu (Faustino et al., 2013). U *Pinus patula* ukázaly hnojiva s řízeným uvolňováním slibné výsledky při podpoře růstu, zejména u horších genotypů (Velázquez-Castro et al., 2022). Hnojení při výsadbě přispělo k výrazným nárůstům objemu, průměru a výšky u *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, zatímco účinky byly méně výrazné u *Pinus elliottii*. Hnojení typu povrchové aplikace také ovlivnilo produkci pryskyřice v dospělých plantážích *P. elliottii* (Mayrinck et al., 2017). Tato zjištění zdůrazňují důležitost specifických strategií hnojení pro jednotlivé druhy, aby bylo dosaženo optimálního růstu a produktivity.

Výzkum hnojení a pěstování rostlin z čeledi *Cupressaceae* odhaluje různé reakce mezi druhy. Aplikace hnojiva na mateční rostliny výrazně ovlivnila míru zakořeňování řízků, přičemž výsledky se lišily mezi druhy *Cupressus* a *Chamaecyparis* (Spanos et al., 1999). Fertigační hnojení zlepšilo růstové parametry u dřevšálu a tůje, zatímco účinky na jalovec byly různé (Kleiber et al., 2018). U *Cupressus macrocarpa* poskytl růstový substrát složený z

kompostu, perlitového a rašelinového substrátu kombinovaného s hnojivem Kristalon optimální růst a chemické složení (Youssef, 2020). Evoluční studie naznačují, že suchu odolné *Cupressaceae* se vyvinuly z předků nesnášejících suchu, přičemž se přizpůsobily rostoucímu nedostatku vláhy v prostředí již od oligocénu (Pittermann et al., 2012). Tato adaptace zahrnovala kompenzace mezi odolností vůči suchu, výkonností xylému a fotosyntetickou kapacitou. Tato zjištění zdůrazňují důležitost specifických přístupů k hnojení a pěstování pro jednotlivé druhy *Cupressaceae*, s ohledem na jejich rozmanité fyziologické strategie a evoluční adaptace na měnící se klima.

3.4.4. Okrasné listnaté stromy a keře

Výzkum hnojení stromů z čeledi *Aceraceae* vykazuje rozdílné výsledky. Podzimní hnojení neovlivnilo výrazně mrazuvzdornost javoru červeného (*Acer rubrum*) a javoru Bürgerova (*Acer buergeranum*) (Smiley & Shirazi, 2003). Hnojení javoru červeného a lípy malolisté v doporučených dávkách navíc nepomohlo při zakládání ani neovlivnilo růst kmene, prodlužování výhonů nebo obsah dusíku v listech (Day & Harris, 2007). V porostu s javory, rostoucími v úzkém tvaru, hnojení snížilo růst průměru a zvýšilo úmrtnost potlačených stromů, přičemž stromy s nižším a středním vzrůstem vykázaly nevýraznou pozitivní odpověď na ošetření N a N+P (Stone, 1980). Pro optimální výsadby v parcích jsou doporučovány různé druhy javorů pro různé účely, jako jsou uliční výsadby, solitéry a živé ploty. Růstové stimulanty jako Krezacin a SAN, stejně jako hnojiva na bázi humátů, vykázaly pozitivní účinky na vývoj javorů (Taran & Kolganova, 2018). Tato zjištění naznačují, že praxe hnojení stromů z rodu *Aceraceae* by měla být pečlivě zvažována na základě specifických druhů a podmínek růstu.

Výživa hraje klíčovou roli v růstu a kvalitě okrasných dubů a buků. Studie se zaměřily na různé aspekty příjmu a rozdělení živin u těchto druhů. Nové organické substráty bez rašeliny a kapalná hnojiva vykazují slibné výsledky při zvyšování obsahu živin a biomasy sazenic dubů a buků (Rotowa et al., 2024). Vertikální rozložení kořenů a mykorhizních mycelií ovlivňuje získávání živin u dospělých stromů, přičemž byly pozorovány rozdíly mezi dubem, bukem a smrkem pichlavým (Göransson, 2006). Mykorhizní infekce je důležitá pro zakládání sazenic v půdách chudých na živiny (Newton & Pigott, 1991). I když kvalitativní vlastnosti dřevin nejsou dobře definovány, vizuálně atraktivní a prodejné rostliny jsou obecně považovány za vysoce kvalitní (Dirr, 1975). Tato zjištění zdůrazňují složitost dynamiky živin u okrasných dubů a buků a potenciál pro optimalizaci jejich růstu prostřednictvím přizpůsobených strategií jejich výživy.

Výživa hraje klíčovou roli v kvalitě a růstu okrasných rostlin, včetně dřevin, jako jsou lípy. Adekvátní rovnováha živin ovlivňuje výšku rostliny, tvar a zbarvení (Neto et al., 2015). U dřevin se nejdůležitější pozitivní reakce na růst prokázala u dusíku, zatímco účinky fosforu a draslíku byly méně výrazné (Davidson, 1969). Studie u *Tilia cordata* (lípa malolistá) ukázaly optimální růst při koncentracích dusíku mezi 210-420 mg/kg substrátu, přičemž nižší i vyšší koncentrace omezovaly vývoj (Barnett & Ormrod, 1985). Definování kvalitativních vlastností u dřevin ovlivněných minerální výživou je však stále výzvou, protože často závisí na subjektivních vizuálních hodnoceních vzhledu rostlin (Dirr, 1975). I přes důležitost správné výživy nejsou specifické požadavky pro mnoho okrasných druhů, včetně lip, dobře stanoveny, což vede k neefektivnímu použití hnojiv a potenciálním problémům s kvalitou (Neto et al., 2015).

Hnojení dusíkem hraje klíčovou roli v růstu a výživě okrasných třešní. Studie ukazují, že aplikace dusíku zlepšuje růst stromů, plochu listů a průřez kmenů (Rutkowski & Łysiak, 2023; Uçgun, 2018). Nadměrné hnojení dusíkem však může negativně ovlivnit kvalitu ovoce a rovnováhu živin. Optimální roční dávka pro výživu třešní činí dle Rutkowski & Łysiak (2023) 60 kg N/ha. Hnojení dusíkem také ovlivňuje obsah živin v půdě a listech: zvyšuje koncentraci dusíku a hořčíku, zatímco může snížit koncentraci draslíku a vápníku v listech (Pacholak et al., 2011). Vyvážené hnojení dusíkem, fosforem a draslíkem je důležité pro optimální růst ovocných dřevin, včetně velikosti, hmotnosti a kvality plodů (Guo et al., 2022). Účinky hnojení mohou záviset na věku stromů, podmínkách půdy a konkrétních kultivarech. Proto je nezbytné pečlivě zvážit dávky a kombinace hnojiv pro dosažení nejlepších výsledků v pěstování okrasných třešní.

Výzkum výživy a hnojení *forsythie* ukazuje, že postřiky dusičnanem vápenatým mohou zvýšit obsah vápníku, růst a mrazuvzdornost u různých kultivarů (Marosz & Nogowska, 2018). Umístění hnojiva s řízeným uvolňováním (CRF) a zavlažovací strategie ovlivňují růst a vyplavování živin, přičemž metoda lokální aplikace hnojiva je lepší než plošné zpracování nebo aplikace na povrch (Alam et al., 2009). Úrovně dusíku a fosforu mají omezený vliv na mrazovou aklimatizaci kořenů a stonků, ale mohou ovlivnit koncentrace živin v pletivech (Pellett, 1973). Studie využívající recyklované živiny v kompostové směsi ukázala, že *forsythie* a další školkové rostliny lze úspěšně pěstovat, i když koncentrace živin byly obecně nižší než u kontrolních substrátů (Chong et al., 2004). Tato zjištění zdůrazňují důležitost zvážení typu hnojiva, metody aplikace a zavlažovacích praktik pro optimalizaci růstu *forsythie* a minimalizaci vyluhování živin v systémech pěstování v nádobách.

Výzkum výživy a hnojení okrasných druhů kaliny ukazuje různé reakce na aplikaci dusíku (N). Zatímco některé studie zjistily omezenou reakci růstu na hnojení dusíkem u *Viburnum odoratissimum* pěstované ve venkovních podmínkách (Shober et al., 2013), jiné uvádějí optimální koncentrace dusíku pro *Viburnum tinus* v hydroponických kulturách (Martín et al., 2006). Strategie hnojení ovlivňuje příjem dusíku a vyplavování, přičemž hnojiva s řízeným uvolňováním mohou vést k vyšším ztrátám dusíku ve srovnání s kontinuální fertigací (Narváez et al., 2012). Časování aplikace živin ovlivňuje koncentrace živin v listech a mrazuvzdornost některých druhů kaliny, přičemž jarní aplikace vedou k vyššímu příjmu draslíku než aplikace na konci léta (Robinson & Hamilton, 1980). Udržení kvality rostlin může vyžadovat nízké až střední dávky hnojení dusíkem (97,6-195 kg/ha ročně) po založení (Shober et al., 2013). Tyto výsledky zdůrazňují složitost výživy kaliny a potřebu specifických strategií pro jednotlivé druhy, které zohledňují počasí, fázi růstu a požadované vlastnosti rostlin.

Výzkum výživy a hnojení rododendronů ukazuje, že dostupnost dusíku významně ovlivňuje příjem dalších nezbytných živin. Zvýšený příjem dusíku vede k lepší absorpci fosforu, draslíku, síry, hořčíku a vápníku jak u stálezelených, tak u opadavých rododendronů (Scagel et al., 2008). Nedostatek dusíku může vést k nedostatkům dalších živin, což zdůrazňuje důležitost vyváženého hnojení (Scagel et al., 2008). Příjem živin může pokračovat až do listopadu u rostlin hnojených dusíkem, přičemž zimní ztráty živin jsou spojeny s rozdělovacími vzory a exportem biomasy (Scagel et al., 2011). Mykorhizní inokulace zlepšuje výživový stav rododendronů, zejména pro dusík, fosfor a vápník (Jarosz et al., 2021). Metody hnojení, včetně hnojiv s řízeným uvolňováním a fertigace, ovlivňují příjem a využití živin (Jarosz et al., 2021). Porozumění poměrům živin, účinnosti příjmu a požadavkům může pomoci optimalizovat formulace hnojiv a manažerské praktiky pro pěstování rododendronů (Scagel et al., 2011).

3.4.5. Růže

Výzkum makroprvků ve výživě růží odhaluje jejich klíčovou roli v růstu a produkci květů. Byly pozorovány sezónní výkyvy v příjmu živin, přičemž nižší absorpce byla zaznamenána v létě a vyšší v zimě (Takeda & Takahashi, 1998). V prvním roce výsadby bychom neměli hnojit minerálními hnojivy ale pouze vyžralým kompostem. Pokud byly růže vysázeny dříve a jsou dobře zakořeněné použijeme kombinované hnojivo (např. Cererit popřípadě speciální hnojiva) (Sus et al., 2013). Optimální poměr makroprvků pro nejvyšší výnosy byl určen na 64 % N, 18 % S, 18 % P, 38 % K, 26 % Ca a 36 % Mg (procenta odpovídají

miliékivalentům kationtů a aniontů) (Gabriëls & Meneve, 1973). Vápník je důležitý nejen jako živina, ale vzhledem k tomu, že růže potřebují zásaditější půdní prostředí, je vhodný i na úpravu půdní reakce (Sus et al., 2013) Doplnková listová hnojiva, obsahující základní makroelementy, bychom měli aplikovat ve správnou denní dobu v období června a července, a to buď brzy ráno nebo večer. Hnojení dusíkem by mělo být do začátku srpna ukončeno kvůli správnému zdřevnatění, vybarvení květů a omezení výskytu chorob a škůdců (Sus et al., 2013). V uzavřených hydroponických systémech je udržování vyváženého minerálního stavu nezbytné pro zlepšení kvality a produktivity (Yeo et al., 2009). Aplikace huminových kyselin a putrescinu výrazně zvýšila obsah makroprvků v listech a trvanlivost růží ve váze, přičemž kombinace 400 mg/L huminové kyseliny a 4 mg/L putrescinu vykázala nejlepší výsledky (Dastyaran, 2015). Tato zjištění zdůrazňují důležitost porozumění sezónním vzorcům příjmu živin, udržování správných poměrů živin a použití růst podporujících látek pro optimalizaci výživy a produkce růží v různých pěstebních systémech.

3.4.6. Okrasné byliny

3.4.6.1. Letničky

Většina letniček je původem ze stepí a polopouští, a proto vyžadují dlouhý den a vyšší intenzitu světla. Letniček pocházejících z naší domoviny nebo z vlhkých a bažinatých stanovišť je velmi malé množství. Většině letniček vyhovuje půda hluboká, propustná a nezamokřená s výměnným pH 6,5. Pokud máme rostliny v lehčích půdách, je nutné je častěji hnojit. Používáme fosforečná a draselná hnojiva během podzimu a dusíkem hnojíme jednou třetinou před výsadbou a dvěma třetinami během vegetace dle potřeby (Vít et al., 1996).

Výzkum výživy a hnojení begónií odhaluje několik klíčových zjištění. Biomasa řasy *Spirulina*, zejména při hnojení půdy koncentrací 4000 mg/L, významně zlepšuje růst begónií, obsah živin a produkci květů (Jowkar et al., 2017). Hnojení dusíkem ovlivňuje rozvoj padlí u *Begonia × hiemalis*, přičemž optimální koncentrace je 120 mg N/L pro růst a kontrolu chorob (David et al., 2003). Ošetření *Trichoderma* spp. urychluje kvetení, stimuluje vývoj pupenů a květů a zvyšuje příjem mikroelementů u *Begonia × tuberhybrida* (Andrzejak et al., 2021). Tato zjištění ukazují, že správné hnojení a biologická ošetření mohou výrazně zlepšit růst begónií, kvetení a odolnost proti chorobám, čímž zdůrazňují důležitost optimalizovaného řízení výživy při pěstování begónií.

Výzkum výživy a hnojení chryzantém ukázal, že dusík a draslík mají významný vliv na růst a výnos květů. Aplikace 200 kg/ha dusíku a 150 kg/ha draslíku maximalizovala výšku

rostliny, větvení a produkci květů (Teja et al., 2017). Dávky dusíku 175-200 kg/ha v kombinaci s biohnojivy jako *Azospirillum* a *Azotobacter* zlepšily růst rostlin, dobu kvetení a výnos (Panchal et al., 2010). Fosfor také hraje roli v kvalitě a výnosu květů (Satar et al., 2012). Metody aplikace hnojiv ovlivňují vyplavování živin, přičemž hnojiva s řízeným uvolňováním mohou potenciálně snižovat vyplavování ve srovnání s hnojivy rozpustnými ve vodě (Catanzaro et al., 1998). Tato zjištění ukazují na důležitost vyvážené výživy při pěstování chryzantém, přičemž dusík je klíčovým prvkem pro růst a kvetení. Optimalizace typu hnojiva, dávky a metody aplikace může výrazně zlepšit produkci a kvalitu chryzantém.

Hnojení má významný vliv na růst, výnos a kvalitu květů u druhů *Tagetes*. Hnojení dusíkem a sírou zvyšuje výnos biomasy i esenciálních olejů a jejich složení u *Tagetes minuta* (Walia & Kumar, 2021). U *Tagetes erecta* a *Tagetes patula* zlepšuje hnojení NPK růstové parametry, charakteristiky kvetení a obsah xantofylů (Ahmad et al., 2011). Nadměrné hnojení může nicméně zpozdit kvetení a urychlit senescenci (Yahya, 1996). Organické hnojení v kombinaci s mikrobiálními biostimulanty se ukazuje jako slibná udržitelná alternativa k minerálním hnojivům, zlepšující okrasnou hodnotu *Tagetes patula* (Miceli et al., 2023). Optimální dávky hnojiv se liší podle druhu a kultivaru, přičemž *Tagetes erecta* dobře reaguje na 15 g/L hnojiva s řízeným uvolňováním (Yahya, 1996) a *Tagetes patula* těží z kombinace 50 % minerálního a 50 % organického hnojení (Miceli et al., 2023). Tato zjištění zdůrazňují důležitost přizpůsobených strategií hnojení pro maximalizaci produkce a kvality *Tagetes*.

3.4.6.2. Dvouletky

Makroprvky hrají klíčovou roli ve výživě a kvalitě okrasných rostlin, včetně dvouletých rostlin. Správná rovnováha živin ovlivňuje výšku, tvar a zbarvení rostlin (Neto et al., 2015). Sezónní změny ovlivňují obsah makroprvků v rostlinách, přičemž fosfor klesá a draslík roste během jarního a letního období (Kleiber et al., 2009). Akumulace makroživin u chryzantém následuje toto pořadí: K>N>Ca>Mg>P>S (Lima & Haag, 1987). *Trichoderma* spp. může zlepšit příjem makro – a mikroelementů u okrasných rostlin, což pozitivně ovlivňuje růst, kvetení a celkovou kvalitu (Andrzejak & Janowska, 2022), nicméně výživové požadavky u mnoha okrasných druhů nejsou správně stanoveny, což vede k neefektivnímu používání hnojiv (Neto et al., 2015). Porozumění specifickým potřebám živin a jejich sezónním změnám je nezbytné pro optimalizaci pěstování okrasných dvouletých rostlin a dosažení vysoké kvality.

Nedávné studie zkoumaly udržitelné metody hnojení pro okrasné rostliny, zejména pro *Viola x wittrockiana*. Živiny, jako je struvit a dusičnan amonný, mohou efektivně nahradit běžná minerální hnojiva pro růst violky (Robles-Aguilar et al., 2022). Různé formulace hnojiv a metody aplikace ovlivňují růst rostlin a vyluhování dusíku pro dvouleté rostliny, včetně macešek a karafiátů (Altland et al., 2003). Kapalná hnojiva s různými poměry NPK ovlivňují morfologické vlastnosti sazenic macešek, přičemž Magnihortal (NPK 10-5-5) vykazuje při stejných dávkách N lepší výsledky než Magnicvet (NPK 7-1-5) (Davitkovska et al., 2020). Zavlažování hnojivem s použitím upraveného výluhu z komunálních pevných odpadů může zlepšit hmotnost sušiny kořenů a výhonků, obsah vody a produkci květů u macešek, zatímco neupravené odpadní vody negativně ovlivňují růst rostlin kvůli vysokým koncentracím síranů (Plaza et al., 2021). Tato zjištění ukazují na potenciál udržitelného hnojení v okrasné zahradní kultuře, která využívá recyklované živiny a upravené odpadní vody.

3.4.6.3. Trvalky

Skupina trvalek je velmi široká, a proto neexistují jednotné podmínky které by vyhovovaly všem trvalkám. Při hledání stanoviště pro založení trvalkového záhonu proto vybíráme podmínky, které vyhovují nejvíce druhům z našeho sortimentu. Trvalky, které mají speciální požadavky pěstujeme jen určitých vhodných polohách, které jsou co nejvíce podobné původnímu stanovišti. Takovými trvalkami jsou například hořce, hlaváčky, třemdavy atd. Hnojíme při zakládání záhonu a volíme hnojiva bez dlouhodobých reziduálních účinků. Je vhodné vyhnojit záhon organickými hnojivy jako je kompost nebo chlévský hnůj, z nichž trvalky získají základní živiny. Trvalky jsou citlivější na dusík, a proto nesmí dojít přehnojení N během pěstování. U trvalek původem z hor je často třeba upravit půdní reakci (Vít et al., 1996). Trvalky prvních šest měsíců vegetace přijímají ve větší míře dusík a draslík a až poté se zvyšuje příjem fosforu (Vaněk et al., 2012). Trvalky můžeme rozdělit podle jejich požadavků na živiny na náročné a nenáročné. Do náročných patří například pivoňky, chryzantémy, floxy, kosatce atd. Do méně náročných patří například ostrožka, srdcovka, prvosenka, některé okrasné traviny, konvalinka, kapradiny atd. (Vaněk et al., 2012). Zvláštní skupinou trvalek jsou skalničky, které jsou vhodné do skalek, na zídky a obruby (Golkovin et al., 1986).

Výzkum levandule a dalších rostlin z čeledi *Lamiaceae* zdůrazňuje důležitost vyvážené výživy pro optimální růst a produkci sekundárních metabolitů. Hnojiva s řízeným uvolňováním, jako jsou Osmocote a Plantacote při vyšších dávkách (4,5 g/L) podpořila růst a kvetení

levandule, ale také zvýšila vyplavování dusičnanů (Matysiak & Nogowska, 2016). Hnojení dusíkem v dávce 100 kg N/ha se ukázalo jako optimální pro výnos levandule, přičemž vyšší dávky vedly ke snížení fenolických sloučenin v květech (Biesiada et al., 2008). Aplikace mikroživin na listy, zejména ve formě nano-částic, zlepšila biosyntézu sekundárních metabolitů u druhů *Lamiaceae* (Shahhat & Elsheikh, 2024). Kombinace hnojení NPK v 100% doporučené dávce (146; 33 a 48 kg/ha N, P a K) s aplikací L-tryptofanu (100 ppm) na listy výrazně zlepšila růstové parametry a složky výnosu levandule (Elshorbagy, 2020). Tato zjištění zdůrazňují potřebu pečlivého řízení živin při pěstování levandule, aby se dosáhlo vyváženosti mezi růstem, výnosem a environmentálním dopadem.

3.4.6.4. Hlíznaté a cibulnaté okrasné rostliny

Výživa makroprvky hraje klíčovou roli v růstu a vývoji cibulnatých okrasných rostlin. Studie na gerberách a kornoutovkách ukázaly, že poptávka po živinách se liší mezi odrůdami a růstovými fázemi, přičemž nejvyšší akumulace probíhá během období před kvetením (Ludwig et al., 2008; Carneiro et al., 2015). Pořadí příjmu makroživin u těchto rostlin je obvykle K>N>Ca>Mg>P>S, přičemž draslík a dusík jsou nejvíce požadované živiny (Carneiro et al., 2015). Správné hnojení, které zahrnuje jak makro-, tak mikroživiny, je nezbytné pro optimální růst a produkci cibulí. Například u hybridu *Lilia LA* kombinovaná aplikace mikroživin, jako je zinek a mangan, výrazně zlepšila růstové vlastnosti a charakteristiky cibulí (Nivya et al., 2024). Cibulovité rostliny, které zahrnují různé okrasné a jedlé druhy, mají specializované orgány pro ukládání živin, jako jsou hlízy a cibule (Ramawat & Mérillon, 2013). Porozumění výživovým požadavkům těchto rostlin je zásadní pro zlepšení jejich okrasné a ekonomické hodnoty.

Výzkum výživy makroprvky u hlíznatých okrasných rostlin odhaluje různé vzorce napříč druhy. U chryzantém se koncentrace živin ve stoncích a listech mění s růstem rostliny, přičemž K a N jsou nejvíce akumulovanými živinami (Lima & Haag, 1987). U odrůd gerbery se projevují rozdíly v poptávce po živinách, přičemž obecné pořadí absorpce je K>N>Ca>Mg>P>S (Ludwig et al., 2008). U petúnií přidání kompostu do zasolených půd výrazně zvyšuje koncentraci N a celkovou akumulaci makroživin v rostlinných pletivech (Gómez-Merino et al., 2011). U kornoutovky se v nadzemních částech akumulují makroživiny v pořadí K>N>P>Ca>S>Mg, přičemž nejvyšší akumulace nastává mezi 265-328 dny po výsadbě. Období před kvetením (prvních 210 dnů) je klíčové pro příjem živin, což naznačuje, že hnojení by mělo být soustředěno právě v tomto období (Carneiro et al., 2015). Tyto studie

zdůrazňují důležitost specifického řízení výživy podle druhu a růstové fáze pro optimální pěstování hlíznatých okrasných rostlin.

3.4.6.5. Pokojové rostliny

Makroprvky hrají klíčovou roli v růstu a kvalitě okrasných rostlin pěstovaných v interiérech. Studie na *Anthurium andraeanum* odhalily symptomy nedostatku živin v různých částech rostliny, přičemž dusík byl nejkritičtější prvkem (Nogueira et al., 1980). Vizuální kvalita okrasných rostlin, včetně výšky, tvaru a zbarvení, je přímo ovlivněna minerální výživou (Neto et al., 2015). Výzkum u několika druhů pěstovaných hydroponicky ukázal, že požadavky na živiny se liší mezi druhy, přičemž *Plectranthus* má nejvyšší poptávku a *Anthurium* nejnižší (Ievinsh et al., 2022). U odrůd gerbery byly obsah a akumulace makroživin ovlivněny úrovní fertigace, přičemž největší akumulace probíhala v poslední třetině produkčního cyklu. Pořadí absorpce živin bylo $K > N > Ca > Mg > P > S$ (Ludwig et al., 2008). Tato zjištění zdůrazňují důležitost přizpůsobeného řízení výživy pro optimální růst a kvalitu okrasných rostlin pěstovaných v interiérech.

Výzkumy ukázaly, že vyvážená minerální a organická výživa je pro pokojové rostliny nezbytná. Tekutá hnojiva s mikroelementy se ukázala jako účinná jak pro aplikaci ke kořenům, tak na listy, což vedlo k výrazným morfologickým změnám a zlepšení vzhledu rostlin (Kornilova et al., 2015). Hnojiva s pomalým uvolňováním, jako je Osmocote a Nutricote, jsou stejně účinná, pokud jsou zapracována do substrátu nebo aplikována na povrch (Poole & Conover, 1989). Potřeby živin se liší mezi druhy, přičemž rychleji rostoucí rostliny obvykle vyžadují více živin (Ievinsh et al., 2022). I když vyšší dávky hnojiv mohou mírně zlepšit růst, nejsou doporučovány kvůli vyšším nákladům a potenciálním negativním vlivům na životní prostředí (Poole & Conover, 1989). Pokojové rostliny se dobře přizpůsobují nízkým a středním hladinám hnojiv, aniž by to mělo negativní vliv na fotosyntetickou účinnost, což je činí vhodnými pro použití v botanických biofiltračních systémech (Ievinsh et al., 2022).

Výzkum hnojení okrasných pokojových rostlin ukazuje různé účinky v závislosti na druhu rostliny a metodách aplikace hnojiv. Hnojiva s řízeným uvolňováním mohou vést k vysoce kvalitním kvetoucím rostlinám, ale nadměrné dávky mohou snížit nasazení květů a zvýšit chlorózu listů (Harbaugh & Waters, 1982). Pro pokojové rostliny s listy jsou jak Osmocote, tak Nutricote účinné, přičemž vyšší dávky, než doporučené přinášejí jen mírné výhody (Poole & Conover, 1989). Optimální umístění hnojiva se liší mezi druhy, přičemž

vrstvení nebo hnojení na povrch často přináší lepší výsledky než zapracování do substrátu, a to hlavně u mnoha tropických okrasných rostlin (Broschat et al., 2001). Hnojení však může snížit odolnost pokojových dřevin proti škůdcům tím, že sníží produkci sekundárních metabolitů zajišťujících obranyschopnost rostlin (Herms, 2002). Hypotéza rovnováhy mezi růstem a diferenciací naznačuje kompromis mezi růstem a sekundárním metabolismem, přičemž účinky hnojení závisí na počátečním stavu živin. Celkově tyto studie ukazují, že pečlivé zvažování typu, dávky a umístění hnojiva je klíčové pro optimální růst okrasných rostlin a odolnost proti škůdcům.

3.4.6.6. Okrasné rostliny pěstované v nádobách

Okrasné rostliny v nádobách vyžadují pečlivé řízení dávkování živin pro optimální růst a kvalitu (Mahler, 2004). Dávky hnojiv a objem nádob mají významný vliv na růst rostlin, přičemž reakce závisí zejména na druhu rostliny (Keever & Cobb, 1987). Vizuální kvalita okrasných rostlin, včetně výšky, tvaru a zbarvení, je přímo ovlivněna minerální výživou (Neto et al., 2015). Rovněž různé kultivary mají různé nároky na živiny a koncentrace živných roztoků mohou výrazně ovlivnit obsah a akumulaci makroživin v rostlinách (Ludwig et al., 2008). Současné dávky hnojiv však často přesahují potřeby rostlin, což vede k odtoku a vyplavování živin, zejména dusíku a může způsobovat environmentální problémy (Chen et al., 2001). Pro minimalizaci ztráty živin a zlepšení kvality rostlin bychom se měli řídit osvědčenými postupy aplikace hnojiv na základě specifických potřeb druhů, použitím hnojiv s řízeným uvolňováním a zavedením efektivních zavlažovacích systémů (Chen et al., 2001).

Výzkum výživy *Pelargonium* ukazuje, že koncentrace dusíku významně ovlivňuje růst rostlin a produkci řízků. Optimální zásobování dusíkem se pohybuje mezi 100-200 mg N/L, přičemž pro mateční rostliny je doporučeno minimálně 100 mg N/L (Ganmore-Neumann & Hagiladi, 1992). Různé způsoby hnojení a složení substrátu ovlivňují kvetení, přičemž pH hraje klíčovou roli v dostupnosti živin (Tomos & Mărghitaş, 2013). Kombinace minerálního hnojiva NPK (1:1:1) (6-12 g/rostlinu) s aplikací kyseliny askorbové na listy (200-400 mg/L) zlepšuje vegetativní růst, charakteristiky kvetení a chemické složení listů u *Pelargonium zonale* (Gaber, 2019). U *Pelargonium graveolens* zvyšuje hnojivo s huminovou kyselinou (3-5 g/L obsah fosforu v listech, zatímco hnojivo NPK (1-2 g/L) zlepšuje výšku rostliny, počet listů, plochu listů a produkci květů (Al-Shallal & Al-Zahwan, 2021). Pelargonie jsou vhodné pro balkonové

použití díky jejich schopnosti snášet teplo a sucho, ale přílišné zamokření jim nesvědčí a musíme na to brát zřetel při výběru vhodné nádoby (Vaněk et al., 2012).

3.4.6.7. Vodní rostliny

Vodní a bahenní okrasné rostliny vykazují různé hodnoty akumulace živin v závislosti na druhu a části rostliny. Makroživiny jako N, P, K, Ca a Mg se obvykle koncentrují v listech, zatímco mikroelementy dominují v rhizomech (Parzych et al., 2015). Sedimenty slouží jako klíčový zdroj N a P pro zakořeněné akvatické makrofyty, zatímco K získávají převážně z vody (Barko & Smart, 1981). Podvodní rostliny mají tendenci mít vyšší koncentrace makroprvků a těžkých kovů ve srovnání s plovoucími a vzplývavými druhy (Pajević et al., 2002). Fytoplankton obecně vykazuje vyšší koncentrace N a P než makrofyty, což může odrážet větší omezení přísunu živin v přirozených populacích makrofytů (Duarte, 1992). Navzdory rozdílům ve stavbě, evoluci a prostředí vykazují akvatické rostliny podobné vzorce koncentrace živin, s výraznými lineárními vztahy mezi koncentracemi N a P napříč druhy (Duarte, 1992). Tento jednotný vzorec naznačuje základní charakteristiku výživy vodních rostlin.

Výzkum výživy leknínů ukazuje na důležitost vyváženého hnojení pro optimální růst a kvetení. Fosfor je pro lekníny klíčový, přičemž zvýšení dodávky fosforu podporuje produkci květů a velikost rostlin (Staines et al., 2022). U orientálních leknínů zlepšují vyšší potřebné úrovně hnojení kvalitu rostlin, výšku a vlastnosti květů (zejména hnojiva s řízeným uvolňováním) (Treder, 2004). Dusík má významný vliv na růst leknínů, přičemž optimální úroveň je kolem 300 mg/kg ve vodním roztoku, zatímco fosfor, draslík a vápník také hrají důležitou roli ve vývoji rostlin (Zhu, 2012). Lekníny a lotosy nejsou pouze okrasnými rostlinami, ale také potenciálními zdroji léčivých látek, což si žádá další výzkum jejich vlastností a využití (Abelti et al., 2023). Tyto studie zdůrazňují potřebu specifických hnojících strategií pro jednotlivé druhy, které maximalizují růst, kvetení a celkovou kvalitu rostlin u leknínů a příbuzných okrasných rostlin.

3.4.6.8. Nejvýznamnější čeledi rostlin napříč skupinami

Čeď *Asteraceae* zahrnuje mnoho okrasných rostlin s estetickým i léčivým potenciálem (Aghayeva et al., 2018; Sagar & Shivashankar, 2023). Tyto rostliny vykazují řadu morfologických vlastností a přizpůsobivost různým nadmořským výškám a půdním podmínkám (Aghayeva et al., 2018). Některé druhy, jako jsou měsíček (*Calendula*) a echinacea

(*Echinacea*), mají terapeutické vlastnosti a nutriční hodnotu pro člověka (Saini et al., 2020). Hnojení může ovlivnit biosyntézu sekundárních metabolitů u okrasných druhů *Asteraceae*. Hnojení vedlo například k poklesu produkce polyfenolů v květech *Rudbeckia hirta* a *Tagetes erecta* (Burlec et al., 2017). Tyto rostliny zůstávají nicméně bohatými zdroji fenolů a vykazují antioxidační aktivitu, zejména *Tagetes erecta* (Burlec et al., 2017). Pěstování a využívání okrasných druhů *Asteraceae* může přispět k místním ekonomikám a vytvářet pracovní příležitosti (Sagar & Shivashankar, 2023).

Čeleď *Lamiaceae* zahrnuje řadu okrasných a léčivých rostlin které, jsou ceněné pro své esenciální oleje a terapeutické vlastnosti (Çatak & Atalay, 2022; Mamadalieva et al., 2017). Hnojení hraje klíčovou roli v růstu a výnosu těchto rostlin, přičemž požadavky se liší podle druhu. Pro bazalku se doporučuje aplikace dusíku v rozmezí 104–200 kg/ha, přičemž někdy je potřeba i dodatečné přihnojení (Sharafzadeh & Alizadeh, 2011). Nadměrné hnojení však může mít negativní dopad na kvalitu rostlin a životní prostředí. Organicko-minerální hnojiva vykazují u rostlin *Lamiaceae* různé účinky, přičemž některé přípravky snižují obsah esenciálního oleje v majoránce a mátě peprné (Roslon et al., 2011). Zajímavé je, že biostimulanty jako PGPR (rhizobakterie podporující růst rostlin) a mykorrhizní houby mohou podpořit růst a příjem živin (Sharafzadeh & Alizadeh, 2011). Význam čeledi *Lamiaceae* přesahuje pouze okrasné využití, protože mnoho druhů je využíváno v tradiční medicíně, potravinářství a kosmetickém průmyslu díky své rozmanité chemické skladbě a biologickým aktivitám (Mamadalieva et al., 2017).

Okrasné trávy z čeledi *Poaceae* obvykle vykazují minimální reakci na doplňkové zavlažování a hnojení, což naznačuje jejich přizpůsobivost a nízké nároky na údržbu v krajinných úpravách (Thetford et al., 2011). Regulátory růstu rostlin však mohou ovlivnit jejich růstové charakteristiky. Aplikace benzyladeninu, trinexapac-ethylu a unikonazolu mohou potlačit výšku u některých druhů, přičemž trinexapac-ethyl účinně reguluje výšku trav *Poaceae* bez vlivu na počet odnoží (Padhye & Groninger, 2009). Dlouhodobé studie identifikovaly slibné druhy okrasných trav pro severní oblasti, klasifikované podle jejich rychlosti vývoje (Zainullina & Mikhovich, 2021). Tato zjištění zdůrazňují důležitost pečlivého managementu při pěstování okrasných trav z čeledi *Poaceae*, s vyvážením estetického vzhledu a environmentálních aspektů.

Luskoviny z čeledi *Fabaceae* mají široké využití, včetně okrasného použití a fytořemediace. Hnojení okrasných rostlin lze optimalizovat pomocí metody požadavek-nabídka, která určuje potřebu živin a míru jejich využití (Alvarez et al., 2014). U zemědělských

luskovin ukázala technologie efektivních mikroorganismů (TEM) slibné výsledky při podpoře růstu rostlin, tvorby hlízek a fixace dusíku (Belova & Protasova, 2021). Luskoviny jsou zvláště užitečné při fytořemediaci kontaminovaných půd díky své schopnosti fixovat dusík, což snižuje potřebu hnojení (González-Chávez, 2017). Kromě ekologických rolí mají luskoviny významný kulturní a ekonomický význam jako potraviny, léčivé rostliny a okrasné rostliny. Druhy jako *Cassia fistula* a *Hymenaea courbaril* byly tradičně využívány v různých oblastech, od dětských her až po průmyslové procesy (Santiago-Blay & Lambert, 2010). Tato zjištění zdůrazňují všestrannost a význam čeledi *Fabaceae* v zemědělství, zahradnictví a environmentálním managementu.

Výzkum hnojení okrasných rostlin z čeledi *Geraniaceae*, zejména pelargonii, ukazuje, že různé metody hnojení mohou podpořit jejich růst a estetické vlastnosti. Organická a anorganická hnojiva, jako je kravský hnůj a NPK, mohou zvýšit biomasu a výnos esenciálních olejů pelargónií, když jsou kombinována s plastovou mulčovací fólií (Silva et al., 2014). U mezidruhových hybridů pelargónií vedl substrát obsahující 20 % odpadového dřevního vlákna a dodatečné hnojení dusíkem k optimálnímu růstu a obsahu živin (Zawadzińska et al., 2021). Tradiční minerální hnojení vykázalo pozitivní účinky na morfologicko-dekorativní charakteristiky kultivarů *Pelargonium zonale*, přičemž výsledky se lišily v závislosti na kultivaru (Moldovan et al., 2023). Praxe hnojení pelargónií v některých oblastech, jako je Rumunsko, nemusí však být aktuální a vyžaduje další výzkum pro stanovení specifických nároků (Tomos & Mărghitaș 2013).

Čeď *Ranunculaceae* zahrnuje řadu okrasných rostlin s potenciálními léčivými vlastnostmi. Správná výživa je klíčová pro udržení vizuální kvality těchto rostlin, která ovlivňuje jejich výšku, tvar a zbarvení (Neto et al., 2015). Ošetření sacharózou může zlepšit trvanlivost ve váze a podpořit kvetení u některých květin z čeledi *Ranunculaceae*, jako jsou *Aquilegia vulgaris* a *Consolida ajacis*, přičemž účinnost tohoto ošetření se liší mezi druhy (Shahri et al., 2010). Mnoho okrasných rostlin, včetně těch z čeledi *Ranunculaceae*, má výživové a terapeutické vlastnosti, přičemž některé jsou bohaté na minerály a vitamíny (Yashaswini et al., 2011). Rostliny z čeledi *Ranunculaceae* obsahují různé fytometabolity s potenciálním účinkem proti rakovině, včetně alkaloidů, terpenoidů a saponinů. Thymoquinon a berberin jsou dvě významné protirakovinné molekuly, které se v rostlinách z této čeledi nacházejí (Hao et al., 2017).

4. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit přehled skupin okrasných rostlin a charakterizovat jejich nároky na výživu makroprvky, najít nejlepší substráty a alternativy pro pěstování, představit i alternativní způsoby pěstování jako je hydroponie a v neposlední řadě popsat i samotné makroprvky a projevy jejich nedostatku na rostlinách.

První část rešerše představuje jednotlivé makroprvky a obecné projevy jejich nedostatku v rostlinách. Druhá část se věnuje pěstebním substrátům pro okrasné rostliny a hydroponii. Zde je zdůrazněna důležitost rašeliny, ale i její úskalí a možné řešení jejího částečného či úplného nahrazení pomocí efektivních kombinací s jinými materiály od materiálů přírodního původu až po recyklované kaly a odpady. Dále je zde okrajově zmíněno i hydroponické pěstování, počínaje principem až po její efektivní využití v okrasném zahradnictví jako alternativy k běžným substrátům. Třetí a nejrozsáhlejší část se zabývá výživou konkrétních skupin okrasných rostlin. Okrasné rostliny jsou zde rozděleny na dřeviny a byliny, s tím že dřeviny jsou rozděleny pro jednoduchost na jehličnaté a listnaté. Byliny jsou rozděleny podle způsobu pěstování a jejich délky výskytu na stanovišti (letničky, dvouletky, trvalky, cibuloviny a hlíznaté rostliny, pokojové neboli interiérové rostliny, rostliny pěstované v nádobách a okrasné vodní a bahenní rostliny). Každá skupina je obecně popsána a nároky na živiny jsou uvedeny na konkrétnějších příkladech. Poslední kapitola třetí části tvoří přehled nejvýznamnějších čeledí napříč výše zmíněnými skupinami, neboť nároky rostlin v jednotlivých čeledích se ve většině případů tolik neliší.

Tato práce ukazuje že nároky na výživu jsou u okrasných rostlin velmi specifické. Na konkrétních příkladech je ukázán velmi dynamický vztah mezi jednotlivými prvky. To, že nadbytek či nedostatek jednoho prvku může výrazně ovlivnit příjem či distribuci jiného prvku, vyžaduje zvýšenou pozornost. Pokud jde o ochranu rostlin, je potřeba zmínit že i zde hraje výživa velkou roli a že jiné, než optimální množství určitých prvků může snížit odolnost rostlin vůči škůdcům a chorobám. Značná část okrasných rostlin nebyla bohužel z hlediska výživy dostatečně prozkoumána, a tak dochází k neefektivnímu hnojení, jenž může mít za následek nejen špatnou kvalitu rostliny ale i enviromentální problémy. Výživa okrasných rostlin by měla být nadále zkoumána, neboť správná znalost rostlin a jejich nároků může předcházet enviromentálním, fyziologickým i ekonomickým problémům při pěstování.

5. Seznam literary

1. Abelti, A. L., Teka, T. A., & Bultosa, G. (2023). Review on edible water lilies and lotus: Future food, nutrition and their health benefits. *Applied Food Research*, 3(1), 100264.
2. Aghayeva, P., Garakhani, P., Huseynova, A., Ali-zade, V. (2018). Wild ornamental plants of the family Asteraceae from the northeastern part of Azerbaijan. *Chornomorski Botanical Journal*, 14(3), 204-212.
3. Ahmad, I., Asif, M., Amjad, A., & Ahmad, S. (2011). Fertilization enhances growth, yield, and xanthophyll contents of marigold. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(6), 641-648.
4. Alam, M. Z., Chong, C., Llewellyn, J., & Lumis, G. P. (2009). Evaluating fertilization and water practices to minimize NO₃-N leachate from container-grown forsythia. *HortScience*, 44(7), 1833-1837.
5. Altland, J. E., Gilliam, C. H., Edwards, J. H., Keever, G. J., Fare, D. C., & Sibley, J. L. (2003). Fertilization methods affect growth, color and nitrogen leaching of winter annuals in landscape beds. *Journal of Environmental Horticulture*, 21(2), 99-107.
6. Altland, J. E., & Locke, J. C. (2012). Biochar affects macronutrient leaching from a soilless substrate. *HortScience*, 47(8), 1136-1140.
7. Alvarez V, V. H., Santos, A. F., Santos, G. L. A. A. D., & Matta, P. M. D. (2014). Fertilização de plantas ornamentais pelo método requerimento-suprimento: proposição de técnica experimental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 532-543.
8. Álvarez, J. M., Pasian, C., Lal, R., López Núñez, R., & Fernández Martínez, M. (2017). Vermicompost and biochar as substitutes of growing media in ornamental-plant production.
9. Alvarez, J. M., Pasian, C., Lal, R., Núñez, R. L., & Martínez, M. F. (2018). A biotic strategy to sequester carbon in the ornamental containerized bedding plant production: A review. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16(3), 4.
10. Alvarez, J. M., Pasian, C., Lal, R., López, R., & Fernández, M. (2019). Vermicompost and biochar substrates can reduce nutrients leachates on containerized ornamental plant production. *Horticultura Brasileira*, 37(1), 47-53.

11. Al-Shallal, S. R. T., & Al-Zahwan, T. A. (2021). The effect of organic and chemical fertilization on vegetative and floral characteristics of *Pelargonium graveolens* L. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 21(2), 144-149.
12. Andrzejak, R., & Janowska, B. (2022). *Trichoderma* spp. improves flowering, quality, and nutritional status of ornamental plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(24), 15662.
13. Ashby, W. C., & Mika, E. S. (1959). Sulfur deficiency in *Tilia americana*. *Botanical Gazette*, 121(1), 28-31.
14. Bangerth, F. (1979). Calcium-related physiological disorders of plants.
15. Barko, J. W., & Smart, R. M. (1981). Sediment-based nutrition of submersed macrophytes. *Aquatic Botany*, 10, 339-352.
16. Barnes, J., Whipker, B. E., McCall, I., & Frantz, J. (2010, August). Characterization of nutrient disorders of *Lilium longiflorum*'Nellie White'and *Lilium Hybrid*'Brunello'. In *II International Symposium on the Genus Lilium 900* (pp. 205-211).
17. Barnett, C. E., & Ormrod, D. P. (1985). Response of *Tilia cordata* and *Acer platanoides* in pots to nitrogen levels.
18. Beaton, J. D., Moss, A., MacRae, I., Konkin, J. W., McGhee, W. P. T., & Kosick, R. (1965). Observations on foliage nutrient content of several coniferous tree species in British Columbia. *The Forestry Chronicle*, 41(2), 222-236.
19. Belova, T. A., & Protasova, M. V. (2021, November). Technology of effective microorganisms for the growth of agricultural plants of the Fabaceae family. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 845, No. 1, p. 012050). IOP Publishing.
20. Biesiada, A., Sokół-Lętowska, A., & Kucharska, A. (2008). The effect of nitrogen fertilization on yielding and antioxidant activity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.). *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 7(2), 33-40.
21. Boyer, C.R., Fain, G.B., Gilliam, C.H., Gallagher, T.V., Torbert, H.A., & Sibley, J.L. (2008). Clean Chip Residual: A Substrate Component for Growing Annuals. *Horttechnology*, 18, 423-432.
22. Branson, R., Sciaroni, R., & Rible, J. (1968). Magnesium deficiency in cut-flower chrysanthemums. *California Agriculture*, 22(8), 13-14.
23. Broschat, T. K. (1994). Removing potassium-deficient leaves accelerates rate of decline in *Phoenix roebelenii* O'Brien.

24. Broschat, T. K. (2011). Potassium deficiency in Palms.
25. Burlec, A. F., Arsene, C., Gille, E., Hăncianu, M., & Cioancă, O. (2017). Ornamental Asteraceae species as new sources of secondary metabolites. *Indian J Pharma Educ Res*, 51, S425-S428.
26. Cadahía, C., Hassan, I., & Eymar, E. (1995). Incidence of the potassium/calcium plus magnesium ratio on the conifer fertigation for peat substrates. *Journal of plant nutrition*, 18(1), 1-23.
27. Cakmak, I. (1994). Activity of ascorbate-dependent H₂O₂-scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium-and potassium-deficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves. *Journal of Experimental Botany*, 45(9), 1259-1266.
28. Capaldi, F. R., Gratão, P. L., Reis, A. R., Lima, L. W., & Azevedo, R. A. (2015). Sulfur metabolism and stress defense responses in plants. *Tropical plant biology*, 8, 60-73.
29. Carneiro, D. N., Coelho, L. L., Paiva, P. D., Almeida, E. F., & Carneiro, L. F. (2015). Evaluation of macronutrient demand in calla lily ('Zantedeschia aethiopica'). *Australian Journal of Crop Science*, 9(8), 761-766.
30. Çatak, E., & Atalay, A. (2022). Lamiaceae (Labiatae)(Ballıbabagiller) Familyası'nın Ekonomik Ve Tibbi Değerleri. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 9(20), 150_157-150_157.
31. Catanzaro, C. J., Williams, K. A., & Sauve, R. J. (1998). Slow release versus water soluble fertilization affects nutrient leaching and growth of potted chrysanthemum. *Journal of Plant Nutrition*, 21(5), 1025-1036.
32. Crawford, N. M. (1995). Nitrate: nutrient and signal for plant growth. *The plant cell*, 7(7), 859.
33. Dale, M. E., Paparozzi, E. T., & Carr, J. D. (1990). Sulfur deficiency in poinsettia.
34. Danapriatna, N. (2008). Peranan sulfur bagi pertumbuhan tanaman. *Paradigma*, 9(1), 39-52.
35. Dastyaran, M. E. H. D. I. (2015). Effect of Humic Acid and exogenous Putrescine on vase life and leaf macro elements status of hydroponic cultured rose (Rosa hybrid cv.'Dolce Vita').
36. David, M., Swiader, J., Williams, K., & Eastburn, D. (2003). Nitrogen nutrition, but not potassium, affects powdery mildew development in Hiemalis begonia. *Journal of plant nutrition*, 26(1), 159-176.

37. Davidson, H. (1969). Potassium nutrition of woody ornamental plants. *HortScience*, 4(1), 44-46.
38. Davitkovska, M., Bogevska, Z., Dorbić, B., Tanaskovic, V., & Kabranova, R. (2020). The effect of two different fertilisers on the quality of *Viola x wittrockiana* Gams. seedlings. *Glasiło Future*, 3(5-6), 16-22.
39. Day, A. D., Ludeke, K. L., Day, A. D., & Ludeke, K. L. (1993). Phosphorus as a plant nutrient. *Plant nutrients in desert environments*, 45-48.
40. Day, S. D., & Harris, J. R. (2007). Fertilization of red maple (*Acer rubrum*) and littleleaf linden (*Tilia cordata*) trees at recommended rates does not aid tree establishment. *Arboriculture & Urban Forestry (AUF)*, 33(2), 113-121.
41. Dede, O. H., Dede, G., & Ozdemir, S. (2012). The use of hazelnut husk and biosolid in substrate preparation for ornamental plants. *African Journal of Agricultural Research*, 7(43), 5837-5841.
42. Dirr, M. A. (1975). Plant Nutrition and Woody Ornamental Growth and Quality1. *HortScience*, 10(1), 43-45.
43. Dispenza, V., De Pasquale, C., Fascella, G., Mammano, M. M., & Alonzo, G. (2016). Use of biochar as peat substitute for growing substrates of *Euphorbia* × *lomi* potted plants. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(4), e0908-e0908.
44. Duarte, C. M. (1992). Nutrient concentration of aquatic plants: patterns across species. *Limnology and Oceanography*, 37(4), 882-889.
45. Eaton, S. V. (1949). Effects of phosphorus deficiency on growth and metabolism of sunflower. *Botanical Gazette*, 110(3), 449-464.
46. Eaton, S. V. (1951). Effects of sulfur deficiency on growth and metabolism of tomato. *Botanical Gazette*, 112(3), 300-307.
47. Eaton, S. V. (1952). Effects of potassium deficiency on growth and metabolism of sunflower plants.
48. Elshorbagy, A. I. (2020). Effect of some amino acids concentration on growth and yield of lavender (*Lavandula officinalis*, CHAIX) plant under different NPK fertilization levels. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 47(4), 895-907.
49. Faustino, L. I., Bulfe, N. M., Pinazo, M. A., Monteoliva, S. E., & Graciano, C. (2013). Dry weight partitioning and hydraulic traits in young *Pinus taeda* trees fertilized with nitrogen and phosphorus in a subtropical area. *Tree physiology*, 33(3), 241-251.

50. Ferreira, L. S., de Souza Oliveira, V., de Paula Marchiori, J. J., Ferreira, T. C., Bernabé, A. C. B., Boone, G. T. F., ... & Carriço, E. (2023). The Nutrient Magnesium in Soil and Plant: A Review. *Int. J. Plant Soil Sci*, 35(8), 136-144.
51. Fogg, G. E. (1973). Phosphorus in primary aquatic plants. *Phosphorus in Fresh Water and the Marine Environment*, 77-91.
52. Gaber, K. M. (2019). Vegetative and flowering growth of geranium as affected by mineral fertilization and ascorbic acid foliar application. *Middle East J. Appl. Sci*, 9(1), 220-230.
53. Gabriëls, R., & Meneve, I. (1973). Nutritional requirements of roses grown in peat. *Scientia Horticulturae*, 1(4), 341-349.
54. Ganmore-Neumann, R., & Hagiladi, A. (1992). Plant growth and cutting production of container-grown Pelargonium stock plants as affected by N concentration and N form.
55. Gökkuş, A., Parlak, A. Ö., & Parlak, M. (2011). Change of mineral element content in the common shrubs of Mediterranean zone. I. Macronutrients. *Žemdirbystė (Agriculture)*, 98, 357-366.
56. Golkovin, B. N., Kliková, G., a kolektiv (1990) Trvalky: Rozkvetlá zahrada. 1. díl. Lidové nakladatelství Praha ISBN 80-7022-052-X.
57. Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., Velásquez-Hernández, M. D. L. Á., García-Albarado, J. C., & Ruiz-Bello, A. (2011). Macronutrientes en petunias crecidas con distintas proporciones de composta en sustrato. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(SPE3), 399-413.
58. González-Chávez, M. C. A. (2017). Uso de Leguminosas (*Fabaceae*) en Fitorremediación. *Agro Productividad*, 10(4).
59. Göransson, H. (2006). *The vertical distribution of roots, mycorrhizal mycelia and nutrient acquisition in mature forest trees*. Lund university.
60. Guo, K., Peng, L., Hong, Y., & Qiao, G. (2022). Optimizing Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Fertilization Rates for Fruit Performance of Chinese Cherry (*Prunus pseudocerasus* Lindl.). *International Journal of Fruit Science*, 22(1), 769-778.
61. Hao, D. C., He, C. N., Shen, J., & Xiao, P. G. (2017). Anticancer chemodiversity of Ranunculaceae medicinal plants: molecular mechanisms and functions. *Current genomics*, 18(1), 39-59.

62. Harbaugh, B. K., & Waters, W. E. (1982). Influence of controlled-release fertilizer on *Exacum affine* Balf. F.'Elfin'during production and subsequent simulated home conditions.
63. Hariadi, Y., & Shabala, S. (2004). Screening broad beans (*Vicia faba*) for magnesium deficiency. I. Growth characteristics, visual deficiency symptoms and plant nutritional status. *Functional Plant Biology*, 31(5), 529-537.
64. Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Nahar, K., Hossain, M. S., Mahmud, J. A., Hossen, M. S., ... & Fujita, M. (2018). Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*, 8(3), 31.
65. Hassan, S.M. *et al.* (2020) *Importance of nutrients on growth and development: A Review*, *Lahore Garrison University Journal of Life Sciences*. Available at: <https://lgujls.lgu.edu.pk/lgujls/article/view/30> (Accessed: 25 March 2025).
66. Hell, R., Khan, M. S., & Wirtz, M. (2010). Cellular biology of sulfur and its functions in plants. *Cell Biology of Metals and Nutrients*, 243-279.
67. Henry, J. B., McCall, I., Jackson, B., & Whipker, B. E. (2017). Growth response of herbaceous ornamentals to phosphorus fertilization. *HortScience*, 52(10), 1362-1367.
68. Herms, D. A. (2002). Effects of fertilization on insect resistance of woody ornamental plants: reassessing an entrenched paradigm. *Environmental Entomology*, 31(6), 923-933.
69. Hershey, D. R., & Merritt, R. H. (1987). Calcium deficiency symptoms of heartleaf philodendron.
70. Howe, T. K., & Woltz, S. S. (1981). Symptomology and relative susceptibility of various ornamental plants to acute airborne sulfur dioxide exposure.
71. Huang, C. H., Singh, G. P., Park, S. H., Chua, N. H., Ram, R. J., & Park, B. S. (2020). Early diagnosis and management of nitrogen deficiency in plants utilizing Raman spectroscopy. *Frontiers in plant science*, 11, 663
72. Chen, J., Huang, Y., & Caldwell, R. D. (2001). Best management practices for minimizing nitrate leaching from container-grown nurseries. *The Scientific World Journal*, 1(2), 96-102.
73. Chen, Z. C., Peng, W. T., Li, J., & Liao, H. (2018, February). Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. In *Seminars in cell & developmental biology* (Vol. 74, pp. 142-152). Academic Press.

74. Chernyshenko, O. V., & Vasilyev, S. B. (2019). Mineral nutrition specificity of coniferous trees on industrial waste discharge of Egorievsk phosphorite deposit. *Forestry Bulletin*, 23(5), 46-53.
75. Chong, C., Lumis, G., Purvis, P., & Dale, A. (2004). Growth and nutrient status of six species of nursery stock grown in a compost-based medium with recycled nutrients.
76. Ievinsh, G., Andersone-Ozola, U., & Sieriņa, A. (2022). Development and physiological performance of hydroponically-grown ornamental indoor plants in relation to their potential use in botanical biofilters: Effect of mineral nutrient availability. *Proc. Latv. Acad. Sci. B*, 76, 278-288.
77. Ingestad, T., & Kähr, M. (1985). Nutrition and growth of coniferous seedlings at varied relative nitrogen addition rate. *Physiologia Plantarum*, 65(2), 109-116.
78. Ishfaq, M., Wang, Y., Yan, M., Wang, Z., Wu, L., Li, C., & Li, X. (2022). Physiological essence of magnesium in plants and its widespread deficiency in the farming system of China. *Frontiers in plant science*, 13, 802274.
79. Jain, R. K., Garg, V. K., & Khanduja, S. D. (1981). Macronutrient element composition of leaves from some ornamental shrubs grown on normal and alkali soils. *Journal of Horticultural Science*, 56(2), 169-171.
80. Jarosz, Z., Michałojć, Z., Pitura, K., Dzida, K., & Koter, M. (2021). Influence of Fertilization and Mycorrhizae on the Nutritional Status of Rhododendron (Rhododendron hybridum) in a Nursery. *Agriculture*, 11(6), 538.
81. Johnson, R., Vishwakarma, K., Hossen, M. S., Kumar, V., Shackira, A. M., Puthur, J. T., ... & Hasanuzzaman, M. (2022). Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 172, 56-69.
82. Johnson, V. J., & Mirza, A. (2020). Role of Macro and Micronutrients in the Growth and Development of Plants. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 9, 576-587.
83. Jowkar, A., Bashiri, K., & Golmakani, M. T. (2017). The effect of soil fertilization and foliar spray of semperflorens begonia (Begonia semperflorens) by Spirulina cyanobacterium biomass. *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology*, 8(3), 65-74.
84. Kageyama, Y., & Konishi, K. (1996). Cut flower production of chrysanthemums by hydroponics using nitrogen application curve. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 64(4), 905-911.

85. Karagöz, F. P., Dursun, A., & Karaşal, M. (2022). A review: use of soilless culture techniques in ornamental plants. *Ornamental Horticulture*, 28(2), 172-180.
86. Kaushal, S., & Kumari, P. (2020). Growing media in floriculture crops. *Journal of Pharmacognosy and phytochemistry*, 9(2), 1056-1061.
87. Keever, G. J., & Cobb, G. S. (1987). Effects of container volume and fertility rate on growth of two woody ornamentals.
88. Kishorekumar, R., Bulle, M., Wany, A., & Gupta, K. J. (2020). An overview of important enzymes involved in nitrogen assimilation of plants. *Nitrogen metabolism in plants: methods and protocols*, 1-13.
89. Kleiber, T., Komosa, A., Krzyszkowska, J., & Moliński, K. (2009). Seasonal changes in the nutritional status and yielding of *Anthurium cultorum* Birdsey. Part I. Macroelements. *Folia Horticulturae*, 21(1), 81-93.
90. Kleiber, T. *et al.* (2018) 'Applicability of fertigation in cultivation of selected taxa of ornamental shrubs', *Journal of Elementology*, (1/2019), pp. 234–241. doi:10.5601/jelem.2018.23.1.1600.
91. Klock-Moore, K. A., & Broschat, T. K. (2001). Effect of four growing substrates on growth of ornamental plants in two irrigation systems. *HortTechnology*, 11(3), 456-460.
92. Knecht, M. F., & Göransson, A. (2004). Terrestrial plants require nutrients in similar proportions. *Tree physiology*, 24(4), 447-460.
93. Kobayashi, N. I., & Tanoi, K. (2015). Critical issues in the study of magnesium transport systems and magnesium deficiency symptoms in plants. *International journal of molecular sciences*, 16(9), 23076-23093.
94. Kornilova, N., Mineralov, O., Vagalyuk, L., Kolesnyk, N. (2015) 'Morphological characteristics of indoor ornamental plants under the influence of Liquid Organic Fertilizers', *Agroecological journal*, (4), pp. 80–84. doi:10.33730/2077-4893.4.2015.318275.
95. Lam, H. M., Coschigano, K. T., Oliveira, I. C., Melo-Oliveira, R., & Coruzzi, G. M. (1996). The molecular-genetics of nitrogen assimilation into amino acids in higher plants. *Annual review of plant biology*, 47(1), 569-593.
96. Lima, A. M. L. P., & Haag, H. P. (1987). Nutrição mineral de plantas ornamentais XIII: absorção de macronutrientes pelo crisântemo, cultivar Golden Polaris. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 44, 1283-1329.

97. Ludwig, F., Fernandes, D. M., Mota, P. R., & Bôas, R. L. V. (2008). Macronutrientes em cultivares de gébera sob dois níveis de fertirrigação. *Horticultura Brasileira*, 26, 68-73.
98. Maathuis, F. J. (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Current opinion in plant biology*, 12(3), 250-258.
99. Mahler, R. L. (2004). General overview of nutrition for field and container crops. *National Proceeding: Forest and Conservation Nursery Associations*. Riley, LE, Dumroese RK, Landis, TD Tech. Coords. June, 9-12.
100. Malik A, Dahiya DS, Godara AK, Sharma VK, Sehrawat SK, Raveena. (2024). Effect of substrates on germination, growth and flowering of different winter annuals. *International Journal of Plant & Soil Science* 36:92–98.
101. Mamadalieva, N.Z. *et al.* (2017) *Aromatic medicinal plants of the Lamiaceae family from Uzbekistan: Ethnopharmacology, essential oils composition, and biological activities*, MDPI. Available at: <https://www.mdpi.com/2305-6320/4/1/8> (Accessed: 27 March 2025).
102. Marble, S. C., Fain, G. B., Gilliam, C. H., Runion, G. B., Prior, S. A., Torbert, H. A., & Wells, D. E. (2012). Landscape establishment of woody ornamentals grown in alternative wood-based container substrates. *Journal of Environmental Horticulture*, 30(1), 13-16.
103. Marosz, A., & Nogowska, A. (2018). Effect of calcium nitrate foliar spray on the calcium content, growth and freezing tolerance of Forsythia× Intermedia cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 41(20), 2606-2614.
104. Martín, I., Alonso, N., López, M. C., Prieto, M., Cadahía, C., & Eymar, E. (2006). Nitrogen fertilization using hydroponic cultures to fertigate ornamental shrubs. *Journal of plant nutrition*, 29(1), 1-23.
105. Matysiak, B., & Nogowska, A. (2016). Impact of fertilization strategies on the growth of lavender and nitrates leaching to environment. *Horticultural Science*, 43(2), 76-83.
106. Mayrinck, R. C., Roque, V. G. R., Ferraz Filho, A. C., Ferreira, D., Castel’Branco, G. A., & de Andrade Furlan, R. (2017). The effect of fertilization at planting for Pinus elliottii and Pinus caribea var. hondurensis plantations and top dressing for Pinus elliottii plantations, in Guareí, SP, Brazil. *Advances in Forestry Science*, 4(4), 181-186.

107. Miceli, A., Moncada, A., Vetrano, F., & Esposito, A. (2023). Response of *Tagetes patula* L. and *Ageratum houstonianum* Mill. to Microbial Biostimulant Inoculation and Organic Fertilization. *Agronomy*, 13(10), 2522.
108. Moldovan, A. *et al.* (2023) 'The influence of fertilization on the morpho-decorative characteristics of geraniums (*pelargonium zonale*)', *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(2), p. 13173. doi:10.15835/nbha51213173.
109. Monib, A. W., Alimyar, O., Mohammad, M. U., Akhundzada, M. S., & Niazi, P. (2023). Macronutrients for plants growth and humans health. *Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 2(2), 268-279.
110. Narváez, L., Cáceres, R., & Marfà, O. (2012). Effects of climate and fertilization strategy on nitrogen balance in an outdoor potted crop of *Viburnum tinus* L. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(2), 471-481.
111. Neto, A. E. F., Boldrin, K. V. F., & Mattson, N. S. (2015). Nutrition and quality in ornamental plants. *Ornamental Horticulture*, 21(2), 139-150.
112. Newton, A. C., & Pigott, C. D. (1991). Mineral nutrition and mycorrhizal infection of seedling oak and birch: I. Nutrient uptake and the development of mycorrhizal infection during seedling establishment. *New Phytologist*, 117(1), 37-44.
113. Nivya, K. R., Singh, M. K., JAIN, R., PANDEY, R., & MEENA, M. (2024). Effect of micronutrients on growth and bulb production of LA hybrid liliium (*Lilium longiflorum*) cv. pavia.
114. Nogueira, S. S., Haag, H. P., & Mathes, L. A. F. (1980). Nutrição mineral de plantas ornamentais: X-nutrição de *Anthurium andraeanum*. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 37, 157-168.
115. Olle, M., & Bender, I. (2009). Causes and control of calcium deficiency disorders in vegetables: A review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(6), 577-584.
116. Padhye, S. R., & Groninger, J. K. (2009). Influence of benzyladenine, trinexapac-ethyl, or uniconazole applications on height and tillering of six ornamental grasses. *Horttechnology*, 19(4), 737-742.
117. Pacholak, E., Zydlik, Z., & Rutkowski, K. (2011). Effect of cherry nitrogen fertilization on the content of minerals in the leaves and soil. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 10(1), 105-112.

118. Pajevic, S., Vuckovic, M., Stankovic, Z., Krstic, B., Kevresan, Z., & Radulovic, S. (2002). The content of some macronutrients and heavy metals in aquatic macrophytes of three ecosystems connected to the Danube in Yugoslavia. *Archiv für Hydrobiologie. Supplementband. Large rivers*, 13(1-2), 73-83.
119. Panchal, R. V., Parekh, N. S., Parmar, A. B., & Patel, H. C. (2010). Effect of biofertilizers and nitrogenous fertilizer on growth, flowering and yield of annual white chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.) under middle Gujarat agroclimatic conditions.
120. Pate, J. S. (1973). Uptake, assimilation and transport of nitrogen compounds by plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 5(1), 109-119.
121. Parzych, A. E., Cymer, M., Jonczak, J., & Szymczyk, S. (2015). The ability of leaves and rhizomes of aquatic plants to accumulate macro- and micronutrients. *Journal of Ecological Engineering*, 16(3), 198-205.
122. Pellett, N. E. (1973). Influence of nitrogen and phosphorus fertility on cold acclimatation of roots and stems of two container-grown woody plant species.
123. Pittermann, J., Stuart, S. A., Dawson, T. E., & Moreau, A. (2012). Cenozoic climate change shaped the evolutionary ecophysiology of the Cupressaceae conifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(24), 9647-9652.
124. Plaza, B. M., Carmassi, G., Diara, C., Pardossi, A., Lao, M. T., & Jiménez-Becker, S. (2021). Effects of fertigation with untreated and treated leachates from municipal solid waste on the microelement status and biometric parameters of *Viola wittrockiana*. *Agronomy*, 11(1), 186.
125. van der Ploeg, R. R., Böhm, W., & Kirkham, M. B. (1999). On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. *Soil Science Society of America Journal*, 63(5), 1055-1062.
126. Poole, R. T., & Conover, C. A. (1989). Fertilization of four indoor foliage plants with Osmocote or Nutricote. *Journal of Environmental Horticulture*, 7(3), 102-108.
127. Popescu, G.C., & Popescu, M. (2015). Effects of different potting growing media for *Petunia grandiflora* and *Nicotiana alata* Link & Otto on photosynthetic capacity, leaf area, and flowering potential. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75, 21-26.
128. Prisa, D., & Caro, S. (2023). Alternative substrates in the cultivation of ornamental and vegetable plants. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 24(01), 209-220.

129. Ramawat, K. G., & Merillon, J. M. (Eds.). (2013). *Bulbous plants: biotechnology*. CRC Press.
130. Robinson, J. T., & Hamilton, D. F. (1980). Effects of time and rate of nutrient application on foliar nutrient concentration and cold hardiness in *Viburnum* species. *Scientia Horticulturae*, *13*(3), 271-281.
131. Robles-Aguilar, A. A., Grunert, O., Meers, E., & Jablonowski, N. D. (2022). Evaluating the fertilising potential of blended recovered nutrients in horticultural growing medium on *Viola x wittrockiana* L. *Agronomy*, *12*(1), 182.
132. Roslon, W., Osinska, E., Baczek, K., & Weglarz, Z. (2011). The influence of organic-mineral fertilizers on yield and raw materials quality of chosen plants of the Lamiaceae family from organic cultivation. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, *10*(1).
133. Rotowa, O. J., Małek, S., Jasik, M., & Staszczak, K. (2024). Effect of innovative peat-free organic growing media and fertilizer on nutrient allocation in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) seedlings. *New Forests*, *56*(1), 1-22.
134. Ruamrungsri, S., Panjama, K., Ohshima, T., & Inkham, C. (2021). Nitrogen in flowers. In *Nitrogen in Agriculture-Physiological, Agricultural and Ecological Aspects*. IntechOpen.
135. Rutkowski, K., & Łysiak, G. P. (2023). Effect of nitrogen fertilization on tree growth and nutrient content in soil and cherry leaves (*Prunus cerasus* L.). *Agriculture*, *13*(3), 578.
136. Sagar, K. and Shivashankar, P.N. (2023) 'Wild ornamental plants of Asteraceae of Karnataka', *Indian Forester*, *149*(8), p. 858. doi:10.36808/if/2023/v149i8/169427.
137. Saini, I., Chauhan, J., & Kaushik, P. (2020). Medicinal value of domiciliary ornamental plants of the Asteraceae family. *Journal of young pharmacists*, *12*(1), 3.
138. Salaš, P. (2002). New technologies and improvement of nursery stock quality. *Horticultural Science*, *29*(4), 153-160.
139. Santiago-Blay, J. A., & Lambert, J. B. (2010). Legumes and their exudates. *Bulletin of The Desert Legume Program of The Boyce Thompson Southwestern Arboretum and The University of Arizona*, *22*(1).
140. Santos, K. M., Fisher, P. R., Yeager, T., Simonne, E. H., Carter, H. S., & Argo, W. R. (2011). Timing of macronutrient supply during cutting propagation of *Petunia*. *HortScience*, *46*(3), 475-480.

141. Sardans, J., & Peñuelas, J. (2021). Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. *Plants*, *10*(2), 419.
142. Satar, V. P., Panchbhai, D. M., Seema Thakre, S. T., & Sushma Shivankar, S. S. (2012). Effect of nitrogen and phosphorus levels on flower yield and quality of annual chrysanthemum.
143. Scagel, C. F., Bi, G., Fuchigami, L. H., & Regan, R. P. (2008). Nitrogen availability alters mineral nutrient uptake and demand in container-grown deciduous and evergreen Rhododendron.
144. Scagel, C. F., Bi, G., Fuchigami, L. H., & Regan, R. P. (2011). Nutrient uptake and loss by container-grown deciduous and evergreen Rhododendron nursery plants. *HortScience*, *46*(2), 296-305.
145. Shahhat, I. M., & Elsheikh, S. Y. S. (2024). Accumulation of secondary metabolites in the family Lamiaceae as influenced by foliar micronutrients. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, *23*(6), 823-838.
146. Shahri, W., Tahir, I., Islam, S. T., & Ahmad, M. (2010). Response of some ornamental flowers of family Ranunculaceae to sucrose feeding. *Afr. J. Plant Sci*, *4*(9), 346-352.
147. Sharafzadeh, S., & Alizadeh, O. (2011). Nutrient supply and fertilization of basil. *Advances in Environmental Biology*, *5*(5), 956-960.
148. Shober, A. L., Moore, K. A., West, N. G., Wiese, C., Hasing, G., Denny, G., & Knox, G. W. (2013). Growth and quality response of woody shrubs to nitrogen fertilization rates during landscape establishment in Florida. *HortTechnology*, *23*(6), 898-904.
149. Shrestha, A, Dunn, B. (2010). (PDF) hydroponics. Available from https://www.researchgate.net/publication/280235408_Hydroponics (accessed March 5, 2025).
150. Silva, A. D. C., Blank, A. F., Santos, W. M. D., Prata, P. S., Alves, P. B., & Arrigoni-Blank, M. D. F. (2014). Fertilization and Colors of Plastic Mulch Affect Biomass and Essential Oil of Sweet-Scented Geranium. *The Scientific World Journal*, *2014*(1), 828259.
151. Singh, R. (2020). Calcium in plant biology: nutrient and second messenger. *International Journal of Biological Innovations*, *2*(1), 31-35
152. Smiley, E. T., & Shirazi, A. M. (2003). Fall fertilization and cold hardiness in landscape trees. *Journal of Arboriculture*, *29*(6), 342-346.

153. Sonneveld, C. (2000). *Effects of salinity on substrate grown vegetables and ornamentals in greenhouse horticulture*. Wageningen University and Research.
154. Spanos, K. A., Pirrie, A., & Woodward, S. (1999). The effect of fertiliser and shading treatments on rooting efficiency in cuttings of the Cupressaceae. *Silvae Genetica*, 48(5), 248-254.
155. Staines, M. V., Sassoon, K. L., & Lambers, H. (2022). Phosphorus and potassium nutrition of a tropical waterlily (*Nymphaea*) used for commercial flower production. *Plant and Soil*, 476(1), 181-199.
156. Stone, D. M. (1980). Fertilization of a pole-sized maple stand: 10-year results. *Canadian Journal of Forest Research*, 10(2), 158-163.
157. Sus, J., Žlebčík, J., Rod, J. (2013) Svět růží. 1. vyd. Olomouc: Agriprint ISBN 978-80-87091-45-6.
158. Šarapatka, B., a kolektiv (2010) Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut,o.p.s. Olomouc ISBN 978-80-87371-10-7.
159. Takeda, T., & Takahashi, K. (1998). Seasonal changes of macro element absorption in solution cultured roses. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 67(1), 116-122.
160. Taran, S., & Kolganova, I. (2018). Optimization of park plantings in the regions of Rostov-on-Don and Novocherkassk by introducing into gardening species of the genus ACER L. *World Ecology Journal*, 8(3), 56-70.
161. Teja, P. R., Bhaskar, V. V., Dorajeerao, A. V. D., & Subbaramamma, P. (2017). Effect of graded levels of nitrogen and potassium on growth and flower yield of annual chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L.).
162. Thetford, M., Knox, G. W., & Duke, E. R. (2011). Ornamental grasses show minimal response to cultural inputs. *HortTechnology*, 21(4), 443-450.
163. Thor, K. (2019). Calcium—nutrient and messenger. *Frontiers in plant science*, 10, 440.
164. Tomos, C., & Mărghitaș, M. Ä. (2013). Experimental Techniques Used in Research of Differential Fertilization and Nutritive Substrates Effect On the Flowering Degree of Geraniums. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 70(2), 467-468.
165. Treder, J. (2004, April). Growth and quality of oriental lilies at different fertilization levels. In *IX International Symposium on Flower Bulbs 673* (pp. 297-302).

166. Ucgun, K. (2019). Effects of nitrogen and potassium fertilization on nutrient content and quality attributes of sweet cherry fruits. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(1), 114-118.
167. Vaněk V, Balík J, Černý J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, Valtera J. (2012). *Výživa Zahradních Rostlin*. Academia, Praha. ISBN 978-80-200-2147-2.
168. Velayutham, M. (2017). The law of optimum-a unified concept in plant nutrition bridging the law of minimum and the law of the maximum. *Madras Agric J*, 104(10-12), 309-314.
169. Velázquez-Castro, I. J., Aldrete, A., López-Upton, J., López-López, M. Á., & Etchevers-Barra, J. D. (2022). Fertilization of two genetic groups of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham. in a four-year progeny trial. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 28(1), 21-36.
170. Vít, J., Nachlingerová, V., Tvrzník, Č., Volf, M., Votruba, R. (1996). *Květinářství*. Střední zahradnická škola v Mělníku, nakladatelství Českého zahrádkářského svazu. ISBN 80-85362-28-7.
171. Walia, S., & Kumar, R. (2021). Nitrogen and sulfur fertilization modulates the yield, essential oil and quality traits of wild marigold (*Tagetes minuta* L.) in the Western Himalaya. *Frontiers in plant science*, 11, 631154.
172. Wallace, A., & Deutsch, A. (1968). Phosphorus deficiency decreases stomatal activity and water use of plants.
173. Wang, L., & Liu, D. (2018). Functions and regulation of phosphate starvation-induced secreted acid phosphatases in higher plants. *Plant science*, 271, 108-116.
174. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International journal of molecular sciences*, 14(4), 7370-7390.
175. Wang, Y. T. (2007). Potassium nutrition affects *Phalaenopsis* growth and flowering. *HortScience*, 42(7), 1563-1567.
176. Wdowiak, A., Podgórska, A., & Szal, B. (2024). Calcium in plants: An important element of cell physiology and structure, signaling, and stress responses. *Acta Physiologiae Plantarum*, 46(12), 108.
177. White, P. J., & Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of botany*, 92(4), 487-511.

178. Wilkinson, S. R., Welch, R. M., Mayland, H. F., & Grunes, D. L. (1990). Magnesium in plants: uptake, distribution, function, and utilization by man and animals.
179. Williams, A. L. (2004). Foliar symptomology and tissue concentrations of five nutritionally deficient floriculture crops.
180. Yahya, A. (1996). Effects of fertilizer rate on leaf nutrient composition, growth, flowering and quality of marigold plants. *MARDI Research Journal*, 24, 13-18.
181. Yashaswini, S., Hegde, R. V., & Venugopal, C. K. (2011). Health and nutrition from ornamentals. *International Journal of Research in Ayurveda & Pharmacy*, 2(2), 375-382.
182. Yeo, K. H., Choi, E. Y., & Lee, Y. B. (2009). Nutrient uptake of single-stemmed roses under macro-and micro-element amendment in a closed aeroponic system. *원예과학기술지*, 27(4), 591-600.
183. Youssef, A. S. M. (2020). Effect of some rooting media and IBA treatments on rooting, growth and chemical composition of stem cuttings of *Ficus benjamina* Cv. Vivian. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 58(4), 999-1010.
184. Zainullina, K.S. and Mikhovich, Zh.E. (2021) ‘The Poaceae family species in the collection of the Botanical Garden of the Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, Ras’, *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences*, 1, pp. 5–14. doi:10.19110/1994-5655-2021-1-5-14.
185. Zawadzińska, A., Salachna, P., Nowak, J. S., & Kowalczyk, W. (2021). Response of interspecific geraniums to waste wood fiber substrates and additional fertilization. *Agriculture*, 11(2), 119.
186. Zhu, Q., Pan, Y. Z., & Zhao, L. (2012). The effects of N, P, K, and Ca on plant growth and nutrient content of lily leaves. *Acta Prataculturae Sinica*, 21(5), 274.
187. Zulfiqar, F., Younis, A., Asif, M., Abideen, Z., & Allaire, S. E. (2019). Evaluation of container substrates containing compost and biochar for ornamental plant. *Dracaena deremensis*. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(3).