



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra rostlinné výroby

Bakalářská práce

Uplatnění nových přístupů ve výživě brambor

Autor práce: Jan Růžička

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Bárta, Ph.D.

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Podpis

Abstrakt

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární přehled v oblasti hnojení a výživy rostliny bramboru a shromáždit a utřídit informace o nových přístupech používaných v pěstování brambor. V práci jsou popsány způsoby hnojení a výživy organickými hnojivy, anorganickými hnojivy (včetně základních prvků) a jejich vliv na růst a kvalitu brambor. Dále uvádím možnosti využití mikrobiálních a biochemických přístupů ke zlepšení výživy brambor a jejich výhody či nevýhody. Práce také prezentuje možnosti zlepšení využití hnojiv a minimalizaci negativních dopadů na životní prostředí s využitím nových technologií a inovativních postupů. Závěrem jsou uvedeny tři příklady z praxe u zemědělských podniků, které se zabývají pěstováním brambor.

Klíčová slova: výživa rostlin, hnojení, brambory, organická hnojiva, anorganická hnojiva, mikrobiální přístupy, biochemické přístupy, životní prostředí, nové technologie, inovativní postupy

Abstract

The main objective of the bachelor thesis was to conduct a literature review in the field of fertilization and nutrition of the potato plant and to collect and sort information on new approaches used in potato cultivation. The thesis describes the methods of fertilization and nutrition with organic fertilizers, inorganic fertilizers (including essential elements) and their effect on potato growth and quality. Furthermore, the possibilities of using microbial and biochemical approaches to improve potato nutrition and their advantages or disadvantages are presented. The paper also presents opportunities to improve fertilizer use and minimize negative environmental impacts using new technologies and innovative practices. Finally, three practical examples from potato farms are presented.

Keywords: plant nutrition, fertilization, potatoes, organic fertilizers, inorganic fertilizers, microbial approaches, biochemical approaches, environment, new technologies, innovative approaches

Poděkování

Velké poděkování patří vedoucímu práce doc. Ing. Janu Bártovi, Ph.D., za odborné vedení bakalářské práce. Dále děkuji Ing. Jindřichu Štyxovi, Michalu Zídkovi a Ing. Petrovi Martínkovi za poskytnutí informací o pěstování brambor v podnicích Agropodnik Košetice, ZD Čechtice a VOD Zdislavice.

Obsah

Úvod.....	9
1 Historie a vývoj produkce brambor.....	10
2 Biologická charakteristika brambor	12
2.1 Morfologie brambor	12
3 Technologie pěstování	15
3.1 Nároky na klimatické podmínky	15
3.2 Nároky na půdu	16
3.2.1 Využití techniky odkameňování	17
3.3 Nároky na zařazení do osevního sledu	20
4 Prvky podílející se na výživě brambor.....	22
4.1 Výživa a hnojení brambor dusíkem.....	23
4.1.1 Rostlinami přijatelné formy dusíku.....	23
4.1.2 Poruchy ve výživě – nadbytek	23
4.1.3 Poruchy ve výživě – nedostatek.....	24
4.2 Výživa a hnojení brambor fosforem.....	24
4.2.1 Rostlinami přijatelné formy fosforu.....	24
4.2.2 Poruchy ve výživě – nadbytek	25
4.2.3 Poruchy ve výživě – nedostatek.....	25
4.3 Výživa a hnojení brambor draslíkem	26
4.3.1 Rostlinami přijatelné formy draslíku	26
4.3.2 Poruchy ve výživě – nadbytek	27
4.3.3 Poruchy ve výživě – nedostatek.....	27
4.4 Vlivy ostatních prvků ve výživě brambor	28
5 Aktuální trendy spojené s výživou a hnojením porostu brambor	29
5.1 Statková hnojiva	29

5.1.1	Využití digestátu	29
5.1.2	Využití kompostu	33
5.2	Minerální hnojiva	35
5.2.1	Aplikace živin do půdního substrátu ke kořenům.....	36
5.2.2	Spotřeba dusíku ve výživě	36
5.2.3	Spotřeba fosforu ve výživě.....	40
5.2.4	Spotřeba draslíku ve výživě	41
5.3	Hnojení porostu brambor ve spojení s kapkovou závlahou	42
5.3.1	Moderní využívání údajů ke zjišťování potřeby vody	43
5.3.2	Aplikace hnojiv pomocí kapkové závlahy	43
5.3.3	Využití závlahového systému v České republice.....	44
5.3.4	Zavlažování brambor v Německu	44
5.4	Foliární hnojiva	45
5.4.1	Campofort	46
5.4.2	RETAFOS prim	47
5.5	Biostimulátory ve výživě brambor	47
5.5.1	Nevýhody využití biostimulantů ve výživě brambor.....	48
6	Diagnostika stavu živin v půdě a v rostlině	50
6.1	Analýza rostlin	50
6.1.1	Kolorimetrické metody	51
6.1.2	Využití N-senzoru	53
6.2	Analýza půdy.....	54
6.3	Metody využívající reflektance záření od listů	55
6.3.1	Monitorování stavu dusíku v rostlině dronem	55
6.3.2	Monitorování stavu dusíku v rostlině ručními přístroji	56
6.4	Výživové mapy porostů.....	57
7	Příklady z praxe.....	58

7.1	Agropodnik Košetice a.s.	58
7.2	ZD Čechtice.....	59
7.3	VOD Zdislavice.....	61
Závěr		64
Seznam použitých zdrojů		66
Seznam obrázků		80
Seznam tabulek		81
Seznam grafů.....		82

Úvod

Brambory jsou jednoleté byliny patřící do rodu lilek a čeledi lilkovitých, které mají široké využití v různých oblastech. Mimo jiné je možné jejich využití jako zlepšující plodiny v osevních sledech, suroviny pro potravinářský a škrobářenský průmysl a jsou také nevšední květinou na polích (Vokál et al., 2013).

Zároveň jsou brambory v zemědělské produkci významnou plodinou, která se pěstuje po celém světě a ročně se spotřebuje v České republice v průměru kolem 65 kilogramů na osobu (Český statistický úřad, 2022 – Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok)). Pro výrobu škrobu a líhu nachází využití brambory, které se nehodí ke přímé spotřebě (pro vyšší obsah sušiny v hlíze). Brambory různých velikostí, mechanicky poškozené, napadené chorobami, či nedozrálé nachází využití ve výživě zvířat. Tyto typy brambor, nevyužitelné pro průmyslové či přímé spotřeby se souhrnně nazývají „odpad“ (Rybáček et al., 1988).

Tato plodina je náročná na živiny s nejvyšší intenzitou příjmu živin v období růstu kolem stádia kvetení. Pro dosažení uspokojivého pěstitelského úspěchu je však třeba dbát na optimální výživu během celé vegetace. Nedostatek, či nadbytek prvků (zejména dusíku, fosforu a draslíku) může negativně ovlivnit hospodářský výnos a kvalitu hlíz. Při nedostatku dochází k celkovému slábnutí rostliny a tím pádem nižší rezistenci vůči chorobám a škůdcům. Rostlina je nižšího vzrůstu, světle zelené barvy s nižším obsahem chlorofylu. V opačném případě i sytá barva a vyšší vzrůst mohou skrývat symptomy negativních činitelů. Rostlina je náchylná k poléhání a také velmi špatně snáší chlad a sucho. Kvalitu výnosu a tvorbu nové biomasy ovlivňuje především dusík. Fosfor a draslík se pak podílí na kvalitě hlíz (Kasal, Čepl, 2010).

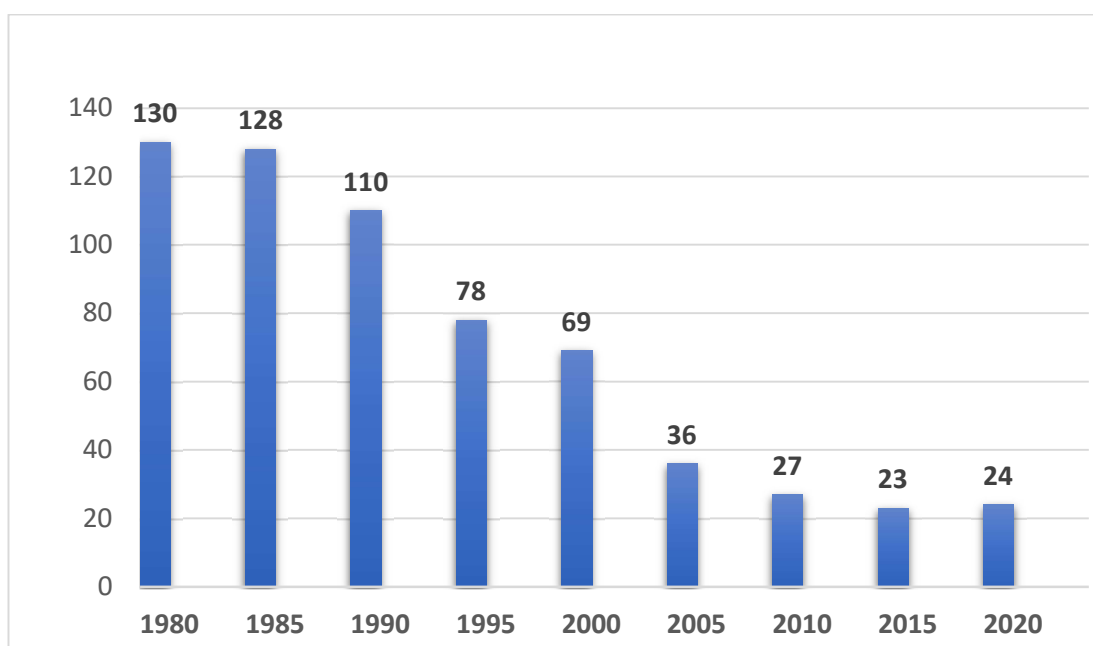
Výživa rostlin má zásadní vliv na kvalitu a výnos plodiny. Pro zajištění optimálního vývoje rostlin jsou potřebné živiny, které jsou přítomny v půdě nebo jsou dodávány pomocí hnojiv. Výběr správných druhů hnojiv a správné dávkování jsou klíčové faktory pro úspěšnou výživu brambor (Vaněk et al., 2016).

V posledních letech se objevují nové trendy v oblasti výživy brambor, jako například organická a ekologická hnojiva, mikrobiální hnojiva nebo specifické druhy hnojiv pro jednotlivé fáze růstu rostlin. Tyto nové přístupy mohou přinést výhody pro zemědělce a zároveň minimalizovat negativní dopad na životní prostředí (Kasal, 2015).

1 Historie a vývoj produkce brambor

Za pravlast brambor je považována Jižní Amerika, kde byly velmi ceněné jakožto hlavní plodina Indiánů. Již před 8000-5000 lety se na dnešním území Peru, Bolívie a střední Chile vyjímal bramborová pole. Pravděpodobně v 60. letech 16. století byly brambory přivezeny z Peru přes Španělsko do Evropy. Jako zemědělská plodina se začaly pěstovat v polovině 17. století v Anglii, konkrétně v Irsku (Jůzl, 2000).

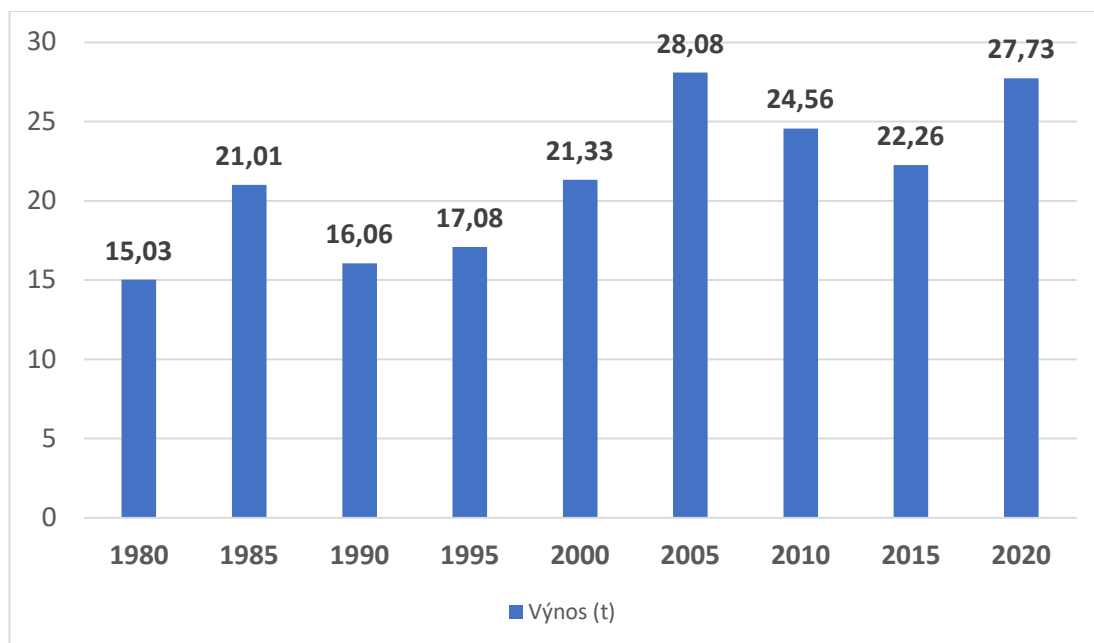
První záznamy polního pěstování brambor v České republice sahají do počátku 18. století, a to zejména do hornických měst (Jáchymovsko, Vlašimsko, Příbramsko). Neúroda a hladomor způsobil celkový úpadek a brambory se tak staly nouzovou plodinou. K rozšíření pěstování došlo až po sedmileté válce mezi Rakouskem a Pruskem v letech 1756-1763 (Rybáček et al., 1988).



Graf č. 1 - Sklizňová plocha (tis. ha) – okopaniny – brambory (ČSÚ) (Sálusová, 2018)

Z grafu č. 1 je patrné, že pěstební plocha brambor v České republice zaznamenala, především mezi lety 1985–2010, dramatický pokles. Ještě v roce 1980 zaujímaly brambory 3,9 % z celkové osevní plochy, v roce 2020 hodnoty klesly až na 0,96 % (Sálusová, 2018). Příčinou tohoto úpadku je především vyšší ekonomická náročnost pěstování, obtížnější skladování, nižší tržní ceny a celková nestabilita výroby ve srovnání s ostatními tržními plodinami. Důvodem může být pravděpodobně také nástup

výstavby bioplynových stanic, pro které došlo ke zvýšení osevních ploch kukuřice na úkor brambor. Přibližně od roku 2012 pak nastala celková stabilizace ploch na úrovni 23 000 hektarů.



Graf č. 2 – Hektarový výnos – okopaniny – brambory (ČSÚ) (Sálusová, 2018)

Graf produkce a výnosu ukazuje vzrůst výnosu z hektaru od roku 1980 po současnost. Zároveň jsou zaznamenány velké rozdíly mezi jednotlivými lety. K těmto rozdílům došlo pravděpodobně v důsledku nevhodných klimatických podmínek. Kolísání výnosů způsobuje problémy ve vztahu k odběratelům, zvyšuje odběr, objem dovozů a ovlivňuje vývoj tržních cen.

Vývoj výnosů brambor v ČR je vyjádřený relativně nízkou úrovní a zaostáváním za bramborářsky vyspělými zeměmi EU. Zatímco ve světě se hektarová úroda průměrně pohybuje kolem 40 tun, v ČR je to za posledních 40 let v průměru „pouhých“ 21,46 tun (Vokál, Čížek, 2013).

Mírný vzrůst výnosu v časovém horizontu mohla ovlivnit modernizace zemědělské techniky pro precizní výživu rostliny bramboru, či postupně rostoucí sortiment průmyslových hnojiv.

2 Biologická charakteristika brambor

Brambor (*Solanum tuberosum* L.) se řadí společně s paprikou, rajčaty, lilkem, petúnií a tabákem mezi vyšší dvouděložné rostliny čeledi lilkovitých (*Solanaceae*). Tvorbou hlíz je brambor unikátní, jako jediný mezi těmito plodinami (Domkářová et al., 2013a).

Tato jednoletá bylina je schopna množit se vegetativně hlízami, či generativně semeny. Zatímco generativní množení se využívá výhradně ve šlechtění, hojněji zastoupené vegetativní množení nachází uplatnění v zemědělské produkci (Vokál, 2000).

2.1 Morfologie brambor

Bramborový trs je tvořen ze dvou částí, a to z nadzemní a podzemní. Nadzemní část je tvořena stonkem, listy, květy, květenstvím a plody. Podzemní zahrnuje kořeny, stolony, hlízy a klíčky (Domkářová et al., 2013b).

Lodyha s listy do vysoké míry ovlivňuje charakter nadzemního prýtu rostliny. Jednotlivé trsy se od sebe odlišují počtem stonků, výškou, či postavením a větvením stonků. Dle olistění trsu je možné rozlišovat řídký stonkový typ s menšími a řídce rozloženými listy, stonkový typ, hustý stonkový typ, listový hustý typ s velkými listy kryjícími celou rostlinu, hustý listový typ a řídký listový typ s velkými listy nekryjící celou rostlinu. Tvar trsu poté zaujímá kuželovitý, zarovnaný a deštníkový tvar (Domkářová et al., 2013b).

Odrůdovým znakem **stonku** je výška a tloušťka, která se v průběhu růstu mění. V bezprostřední blízkosti hlízy je stoněk tenký a bez zbarvení. Nejvyšší tloušťku získává v oblasti pod prvními listy a směrem k vrcholu se zužuje. Charakteristickým zbarvením stonku je zelená barva (v odstínu od modrofialové po světle zelenou) s trichomy na povrchu (Rybáček et al., 1988).

Počet hlavních stonků, které vyrůstají přímo z matečné hlízy, se uvádí jako výnosotvorný prvek (Jůzl, 2014).

List bramboru je přetřhovaně lichozpeřený, kdy jeho středem probíhá vřeteno, které navazuje na řapík. Čepel je tvořena z párových lístků (jařma) a z jednoho vrcholového (konečného) lístku. Mezi párovými lístky mohou také vyrůstat na vřetenu

mezilístky. Barva je do jisté míry ovlivněna odrůdou, lokalitou, či výživou rostliny (především hnojením dusíkem). Proto listy mají barvu ve škále od hnědozelené po světlezelenou až žlutou. Velikost listů je odrůdovým znakem a pohybuje se v rozmezí od 30 do 70 milimetrů (Rybáček et al., 1988).

Květenstvím je dvojvijan umístěný na vrcholu rostliny. Květy jsou složeny z pěti kališních lístků, pěti korunních lístků, pěti tyčinek s krátkými nitkami a prašníky a pestíku. Množství květů na rostlině a jejich barva je odrůdovým znakem. Nejčastější je bílé zbarvení květů, může však mít odstín modré, fialové, červené nebo růžové. Některé odrůdy nekvetou vůbec (Jůzl, 2014).

Plodem je dvoupouzdrá bobule obsahující 50-100 drobných, zploštělých a bílých semen vejčitého tvaru o velikosti 1–2 mm. Tyto semena nacházejí využití pouze při generativním množení (Domkářová et al., 2013b).

Dle Weawera (1926) je **kořenový systém** charakterizován v porovnání s obilninami, luskovinami a cukrovkou jako mělčí. Pro dosažení kvalitního růstu a výnosu kořeny vyžadují dostatek pohotových živin a vody (Rybáček et al., 1988). U semenáčů se dělí na dvě části. Nejprve se ze zárodečného kořínku vytváří prvotní kulový kořen s bohatě rozvětvenými vedlejšími kořeny. Až později se ze stolónů a z podzemní části stonku tvoří druhotné kořeny. Rostliny množené hlízami mají bohatě větvenou kořenovou soustavu, skládající se z většího počtu rozvětvených kořenů o průměru 2-5 mm. Tyto typy kořenů vznikají ze stonků nebo ze stolónů. Kořínky do délky 20 cm rostou ve vertikálním a horizontálním směru. Delší (30-60 cm) pak rostou pouze vertikálně až do hloubky 60-80 cm. Četnost koncových kořínků je pak velká s mocnou absorpční schopností (Jůzl, 2000).

Plocha povrchu kořenového systému závisí na odrůdě, ale nejvíce se soustředí ve svrchní vrstvě ornice, a to do 20-30 cm. Nejvíce hmoty má pak rostlina v období před kvetením (Vokál, 2000).

Stolóny jsou vodnaté podzemní osy o tloušťce 2-5 mm. Rozložení hlíz pod trsem závisí na délce stolónů, která je podmíněna geneticky a fotoperiodou. Jejich délka klesá společně se zkracujícím se dnem a s klesající teplotou. Tyto křehké útvary bílé barvy rostou buď vodorovně nebo šikmo a jejich vrcholy se přeměňují v hlízy. Na rozdíl od kořenů se málo větví a jsou téměř stejné délky (Jůzl, 2000).

Přeměnou stonku pak vzniká hlíza, která pupkovou částí přímo navazuje na stolón. Protilehlá část se nazývá korunková, která má více vrcholových a postranních oček nežli část pupková. Tento hlavní zásobní orgán rostliny je vlastně velmi ztloustlý

stolon, ze kterého opadaly šupinové listy a zůstaly po nich jizvy. Je důležitou součástí vegetativního rozmnožování a hospodářsky nejcennější částí rostliny (Domkářová et al., 2013c).

3 Technologie pěstování

3.1 Nároky na klimatické podmínky

Brambory jsou obecně tolerantní vůči nedostatku vláhy, ale pro nejlepší kvalitu a výnos jsou potřebné pravidelné srážky. Mohou růst v oblastech s teplým a mírným podnebím, či v oblastech s chladnějším a mokřejším podnebím. Jejich pěstování je nejvíce rozšířené na územích s mírným podnebím, kde jsou teploty v létě obvykle v rozmezí od 20 do 25 °C a v zimě se pohybují kolem 0 až 10 °C. Tyto podmínky v České republice nastávají v nadmořské výšce 450-650 metrů nad mořem s úhrnem srážek 650-700 mm za rok (Vokál et al., 2013).

Při klíčení brambory vyžadují z vnějších ukazatelů pouze teplo a vzduch, díky svým dostatečným zásobám, včetně vody, pro tvorbu ostatních klíčků. Optimální teplota pro klíčení se uvádí 15-25 °C. V období růstu natě je třeba zajistit vhodné podmínky pro růst, zároveň s optimálními podmínkami pro fotosyntézu, která probíhá intenzivně s růstem natě. Nať začíná růst již při 5-6 °C, nejlepší růst byl zaznamenán mezi 20-25 °C. Mezní hranice je pak 30 °C, při kterých se růst zastavuje. Pro vytváření hlíz je třeba přihlédnout k podmínkám pro tvorbu a růst hlíz a syntézu a ukládání škrobu. V době vytváření hlíz rostlina potřebuje maximálně 20 °C, pro ideální růst denní teplotu okolo 20 °C a noční teplotu alespoň 14 °C. V období květu rostlina vyžaduje 16-18 °C. Při 6 °C hlízy přestávají růst (Rybáček et al., 1988).

Dle Kasala et al. (2010) má na sklizeň příznivý vliv nedostatek vláhy od doby sázení hlíz až do rašení brambor, kdy se vytvoří více kořenů a porost lépe hospodaří s vodou. V této fázi je potřeba vláhy nejmenší. Od fáze tvorby pupenů (přibližně v této době se začínají objevovat hlízy) do začátku fyziologické zralosti porostu (období intenzivního růstu hlíz) reagují všechny odrůdy velmi citlivě na nedostatek půdní vláhy. Existuje vysoká pozitivní závislost mezi intenzivním růstem hlíz a přenosem asimilace stonku do hlíz s deštěm a sklizní. Sucho a vysoká teplota v této fázi škodí a s ohledem na délku vegetačního období odrůdy je to jeden z hlavních důvodů nízkých výnosů, proto je půdní vlaha nejúčinnější v tomto období růstu rostlin (Vokál, 2000).

3.2 Nároky na půdu

Tato plodina je velmi tolerantní vůči různým půdním podmínkám a dobře snáší půdy s různou úrovní kyselosti. Je možné pěstovat na půdách s pH od 4,5 do 7,5. Brambory však rostou nejlépe na půdách s pH kolem 6,0 (Rybáček et al., 1988).

Důležitou složkou výživy rostlin je přítomnost živin v půdě, označovaná jako stará půdní síla. Tento faktor má vyšší vliv na výživu rostlin než pouhé používání organických nebo minerálních hnojiv. Správným střídáním plodin v osevním sledu a pravidelným hnojením se vytváří optimální podmínky pro udržení úrodnosti půdy, což je klíčové pro stálé výnosy a kvalitu plodin. Za předpokladu nedostatku živin, je nutné zvolit vhodné množství hnojiv, aby se poměr živin v půdě udržel nebo ještě zlepšil. Správná zemědělská praxe spojená s použitím organických a anorganických hnojiv napomáhá udržovat vysokou úrodnost půdy (Svobodová, 2022).

V půdách České republiky je průměrně obsaženo pouze 1,5 % organické hmoty, což je méně, než je optimální úroveň (2,5 %). Zhutnění půdy je problém na 30-40 % obdělávané půdy, některé půdy jsou přirozeně náchylnější ke zhutnění, jiné jsou způsobeny těžkou technikou. To má negativní dopad na rostliny, které potřebují organická hnojiva a vláhu, jako jsou brambory. U brambor to vede ke snížení výnosů, abnormálním velikostem a tvarům a následnému snížení prodejnosti (Král, Dvořák, 2021).

Kyprá a provzdušněná půda se stejnou strukturou prospívá k rovnoměrnému příjmu živin, vody a kyslíku, které potřebuje málo výkonný kořenový systém. Zlepšené úrodnosti a struktury půdy lze docílit organickým hnojením, díky kterému lépe poutá vodu (Rybáček, 1988). Dalším, velmi často využívaným způsobem docílení stejné struktury půdy, je odkameňování (neboli separace). Tato jarní pracovní operace (s až 60-90 % účinností) eliminuje mechanické poškození hlíz při sklizni a do jisté míry vznik eroze a napomáhá rovnoměrnému příjmu srážek a vypařování (Vokál, Kasal, 2013b).

Velmi výhodné se jeví pěstování brambor na humózní lehké hlinito-písčité a střední písčito-hlinité půdě (viz tabulka č. 1). Jedná se tedy o lehké až střední půdy, které obsahují 15-40 % jílu. Opakem, a tedy nevhodnými půdami pro pěstování brambor jsou půdy těžké (jílovité, jílovito-hlinité), které vzhledem k vysokému zadržování vody mohou způsobovat vznik plísně bramborové. Ani lehké půdy nejsou ideální, kvůli své malé vododržnosti a následnému nízkému přísunu vody k rostlině (Vokál, Kasal, 2013a).

V neposlední řadě je třeba zvolit vhodný pozemek, maximálně do sklonitosti 7°. Při vyšší svažitosti hrozí následné ztráty a degradace půdy způsobené převážně vodní erozí, a to zejména v období, kdy porost není plně zapojen. Za tohoto stavu lze také obtížněji využívat těžkou mechanizaci (Kasal et al., 2016a).

Tab. č. 1 – Vliv druhu půdy na výnos hlíz (Rybáček et al., 1988)

Druh půdy	Výnos celkem (%)	Vlhký rok a vlhká poloha	Suchý rok a suchá poloha
Lehká písčitá	99,2	102,7	96,9
Střední písčitá	121,4	125,4	115,1
Břidlicovitá	108,5	117,5	95,7
Šedá štěrkovitá	94,1	98,1	87,7
Střední hlinitá	109,4	109,8	109,1
Těžká jílovitá	92,1	91,1	92,9
Těžká vápenitá	88,8	85,7	89,7

3.2.1 Využití techniky odkameňování

V devadesátých letech byla technologie pěstování modifikována na tzv. metodu odkameňování půdy. I přes vysoké pořizovací náklady přináší velmi dobrý ekonomický efekt v podobě snížení mechanického poškození hlíz a zvýšení výnosu v důsledku rovnoměrnějšího příjmu živin a vody (Kasal, 2013).

Použití pěstební technologie záhonového odkameňování před výsadbou brambor v oblastech, kde se tato metoda využívá, má za následek rozptýlování hnojiva do většího objemu půdy. Tím dochází k úbytku živin v oblastech vzdálených od hlízy, kde jsou tyto živiny pro rostlinu nedostupné. Proto je dnes výhodné využívat ekonomicky výhodné hnojení podél řádků brambor nebo aplikaci hnojiva „pod patu“ (Svobodová, 2022).

V oblastech, kde se pěstují brambory, se nejčastěji používá technologie odkameňování, pro splnění požadavků na ochranu půdy a vodních zdrojů, jak je stanoveno v normách DZES (Dobrý zemědělský a enviromentální stav půdy). Nicméně, v rámci standardů DZES 5, je odkameňování zařazeno mezi specifické technologie ochrany

půdy pouze pod určitými podmínkami a je doporučeno doplnění této technologie dalšími opatřeními, jako je důlkování, hrážkování, apod.



Obr. č. 1 a 2 – Odkameňování půdy před výsadbou brambor dvouřádkovým separátorem GRIMME (VOD Zdislavice) (Růžička – 2022)

3.2.1.1 Využití zavedení vsakovacího žlábků

Jednou z nových možností, které lze využít při sázení brambor, je úprava tvaru hrůbků. Tento inovativní postup spočívá v upravení sázeče brambor tak, aby se zvětšila plocha hrůbků a zároveň se vymělčila středová brázda mezi nimi (Kasal et al., 2016a).

Brambory jsou často pěstovány v České republice v oblastech s vysokými požadavky na ochranu vodních zdrojů. V tradičních oblastech, kde se pěstují brambory na svažitých pozemcích, jsou rizika znečištění vodních zdrojů spojena s vodní erozí. V oblastech, kde se pěstují brambory v rámci rano-bramborářství, jsou hlavním problémem vyplavování a povrchový smyv nitrátů do spodních a povrchových vod (Růžek et al., 2017).

Tvar a povrch hrůbků vytvořených při sázení brambor může ovlivnit zadržení vody z dešťů nebo závlahy a její infiltraci do půdy. Pokud je na vrcholu hrůbku vytvořen souvislý nebo přerušovaný vsakovací žlábek, může dojít ke zlepšení pronikání srážkové vody do půdy, což bývá zejména v suchých letech s krátkými, ale silnými dešti, velmi přínosné. Důlkování a hrázkování je opatření, které může mít vysoký účinek na ochranu půdy, zejména od doby, kdy jsou brambory vysazeny až po vzcházení rostlin a v raných fázích růstu (Kasal, 2016).



Obr. č. 3 (vlevo) - Souvislý vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku

Obr. č. 4 (vpravo) - Přerušovaný vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku

(Kasal et al., 2016a)

3.3 Nároky na zařazení do osevního sledu

Velkou měrou k úrodnosti půdy přispívá také střídání plodin v rámci osevního sledu. Vokál (2000) uvádí, že pro pěstování brambor je standardní Anglický osevní postup zvaný Norfolk a jeho modifikace (jetelovina – ozim – okopanina – jařina s podsevem). Vzhledem ke zvýšení výkupních cen řepky a zároveň zvýšenému pěstování této hospodářské plodiny v posledních letech lze nahradit jařiny právě řepkou ozimou (Vokál, Kasal, 2013b).

Brambory lze do osevního sledu zařadit jako nenáročnou, zlepšující a odplevelující plodinu. Zároveň je třeba se vyvarovat opakovanému pěstování ve více letech po sobě. Hrozí tak výskyt karanténních škůdců (jako je háďátko bramborové, rakovina bramboru či bakteriální kroužkovitost), snížení výnosu nebo opakovaný výskyt velmi odolných plevelů (např. pcháč, pýr). Pro zamezení těchto negativních faktorů je vhodné pěstování v intervalu 4-5 let a omezení brambor v osevním postupu na maximální výskyt 25 % (Jůzl, 2014).

V tabulce č. 2 je zaznamenán pokles výnosu až o 50 %, daný vysokým zastoupením brambor v osevním postupu a nevhodně zvoleným osevním postupem. Zvýšení zaplevelenosti v důsledku vysokého zastoupení brambor v osevních sledech a nevhodným osevním postupem je uvedeno v tabulce č. 3.

Tab. č. 2 – Vliv osevních sledů a % zastoupení na výnos hlíz v pokusech VÚB (Vokál, Kasal, 2013b)

Osevní sled	Zastoupení brambor (%)	Velmi raná odrůda		Poloraná odrůda	
		výnos (t)	index	výnos (t)	index
Klasický norfolk	25	34,97	100	37,18	100
Brambory – pšenice oz. – ječmen j. – pšenice oz.	25	30,98	88,6	34,44	92,6
Brambory – ječmen j. – brambory – pšenice oz.	50	31,06	88,8	32,58	87,6
Brambory – pšenice oz. – brambory – brambory	75	16,96	48,5	16,67	44,8

Tab. č. 3 – Vliv osevních sledů a % zastoupení brambor na hmotnost plevelů v pokusech VÚB (Vokál, Kasal, 2013b)

Osevní sled	Zastoupení brambor (%)	Hmotnost plevelů před sklizní polorané odrůdy brambor (g/m ²)
Klasický norfolk	25	94
Brambory – pšenice oz. – ječmen j. – pšenice oz.	25	67
Brambory – ječmen j. – brambory – pšenice oz.	50	192
Brambory – pšenice oz. – brambory – brambory	75	821

Většinou se brambory v osevním postupu zařazují mezi dvě obiloviny. Nároky na předplodiny nemá, vhodné jsou však předplodiny, které zanechávají zralou a prokořeněnou ornici – jetel, vojtěška, víceleté trávy. Dalšími vhodnými předplodinami jsou luskoviny a organicky hnojené plodiny (silážní kukuřice, cukrová řepa, krmná řepa). Půda tak získá dostatečný a vyvážený obsah jednotlivých prvků. Vyšší přísun organické hmoty do půdy zajišťují strniskové meziploidy nebo předplodiny na zelené hnojení (Vokál, Kasal, 2013b).

4 Prvky podílející se na výživě brambor

Brambory, jakožto plodina velmi náročná na živiny vyžaduje pro pěstování optimální poměr a množství prvků. Mezi tyto prvky se řadí zejména dusík, fosfor a draslík, které jsou významné pro tvorbu výnosu. Živiny, které půda již obsahuje, se souhrnně nazývají stará půdní síla, která se na výživě rostliny podílí více než přímé dodání živin v hnojivech (Svobodová, 2022).

Proces příjmu živin samotnou rostlinou je podmíněn mnoha faktory. Mezi vnitřní faktory se zařazují především dědičné znaky rostliny. Do příjmu živin i jejich využití na tvorbu výnosu a kvalitu produkce významně zasahují faktory vnější. Jedná se o podmínky daného stanoviště, ovlivněné polohou, klimatickými a půdními podmínkami, jelikož správný výživný stav je přímo spjat se zdravotním stavem (Vaněk et al., 2016).

Stará půdní síla je tvořena pravidelným hnojením a správným střídáním plodin v osevním sledu. Pozemky s doporučeným množstvím živin jsou ideální pro pěstování brambor (viz. tab. č. 4).

Tab. č. 4 – Kritéria hodnocení obsahu jednotlivých živin v orné půdě (Mehlich III) (Kasal, Čepl, 2013)

Obsah	Fosfor (mg/kg)	Draslík (mg/kg)			Hořčík (mg/kg)		
		Půda			Půda		
		Lehká	Střední	Těžká	Lehká	Střední	Těžká
Nízký	do 50	do 100	do 105	do 170	do 80	do 105	do 120
Vyhovující	51-80	101-160	106-170	171-260	81-135	106-160	121-220
Dobrý	81-115	161-275	171-310	261-350	136-200	161-265	221-330
Vysoký	116-185	276-380	311-420	351-510	201-285	266-330	331-460
Velmi vysoký	nad 185	nad 380	nad 420	nad 510	nad 285	nad 330	nad 460

Nevyvážené dávky či nesprávný poměr prvků dodaných do půdy je ve výživě brambor nežádoucí. Nevyrovnanost živin se promítá do morfologických i fyziologických pochodů v rostlině. Ke změnám může však docházet i na vlastní hlíze. Těmto živinám je věnována následující část literárního přehledu (Boháč, Kintl, 2013).

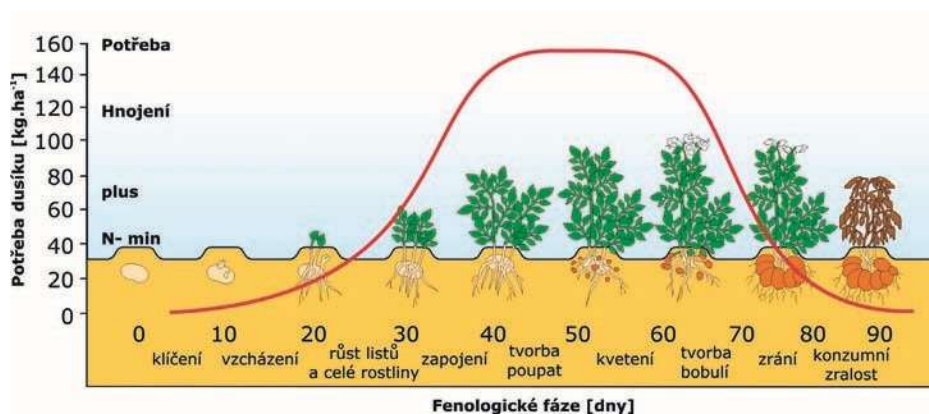
4.1 Výživa a hnojení brambor dusíkem

Dusík patří mezi rozhodující živiny, které přímo ovlivňují výnos brambor a kvalitu hlíz. Zároveň se řadí k základním stavebním prvkům, ze kterých se tvoří bílkoviny (Kasal, 2015). Obsah dusíku v orniční vrstvě se pohybuje kolem 0,1-0,2 %, z čehož je 95-98 % vázáno ve formě organické. Zbývajících 2-5 % je zastoupeno v minerální formě, což je forma přístupná rostlinám (Vaněk et al., 2016).

4.1.1 Rostlinami přijatelné formy dusíku

Rostliny mohou přijímat dusík zejména ve formě NH_4^+ , nebo NO_3^- , v menším množství pak močovinu a aminokyseliny. Kationt amonný (NH_4^+) a aniont nitrátový (NO_3^-) vznikají rozkladem dusíkatých organických látek, které v půdě mineralizují až do formy amoniaku (Vokál, 2000).

Průběh mineralizace přímo ovlivňuje poměr prvků C:P. Optimální je poměr 20:1, nižší nebo vyšší může negativně zpomalovat celý proces (Bohušová, 2019).



Obr. 5: Schéma příjmu dusíku rostlinami v průběhu vegetace (Mayer et al., 2009)

4.1.2 Poruchy ve výživě – nadbytek

U trsů trpících nadbytkem dusíku dochází k celkovému tmavnutí rostliny až po sytě zelenou či namodralou barvu. Tmavší zbarvení a bujný vzrůst zakrývá symptomy virových chorob (především mozaiky). Přehnojení dusíkem způsobuje v porostu také nežádoucí prodloužení vegetace, brambory tak později dozrávají a mají vyšší dispozici k mechanickému poškození (Vaněk et al., 2016).

4.1.3 Poruchy ve výživě – nedostatek

Rostlina s nedostatkem dusíku se zbarvuje do světle zelené až nažloutlé barvy s pomalým růstem a nižším vzrůstem. Trs či samotná hlíza pak není dostatečně rezistentní vůči chorobám a hlízy nedorůstají cílené velikosti. Nedostatek dusíku snášejí nejhůře spodní listy, které následně mohou opadávat (Rybáček et al., 1988).

4.2 Výživa a hnojení brambor fosforem

Řízení fosforečného hnojení je rozhodujícím makrobiogenním prvkem systémů pěstování brambor, protože brambory mají relativně vysoký požadavek na tento prvek, ale z půdy ho využívají neefektivně, jelikož půdní roztok obsahuje malé množství tohoto prvku. Fosfor podporuje rychlý růst natě, dělení buněk v kořenech, nasazení hlíz a syntézu škrobu. Adekvátní množství a doplnění je zásadní pro optimalizaci výnosu hlíz, obsah sušiny, nutriční hodnotu a rezistenci vůči některým chorobám (Rosen et al., 2014).

Výživa fosforem hraje zásadní roli v procesech fotosyntézy, respirace, syntézy nukleových kyselin a metabolismu sacharidů a bílkovin ve vývoji kořenů, plodů a květů. Celkové zastoupení tohoto prvku v půdním profilu se pohybuje mezi 0,01-0,15 % (Macháček, Kunzová, 2022). Vaněk (2016) uvádí závislost na typu půdy, respektive na množství organické hmoty v půdě. Tento obsah fosforu, jakožto součást půdní úrodnosti se zjišťuje agrochemickým zkoušením půd.

4.2.1 Rostlinami přijatelné formy fosforu

Přijatelnost fosforu rostlinou podmiňuje hlavně pH a nitrifikace. Jelikož je v dnešní době kladen důraz na snížení nákladů a ztrát, je potřebné vytvoření optimálních podmínek pro uskutečnění těchto cílů (Bohuněk, 2022).

Rostliny přijímají fosfor především ve formě trihydrogenfosforečných aniontů, jako jsou H_2PO_4^- a HPO_4^{2-} . Vzhledem k jeho nízkému obsahu v půdním roztoku je třeba po jeho odčerpání rychlého doplnění z pevné fáze půdy (Vaněk et al., 2016).

Pro zajištění dostatečného přísunu fosforu rostlinám je důležité, aby byl kořenový systém plně vyvinutý, půda dostatečně vlhká a vhodné pH (ideálně mezi hodnotami

5,5-7,0). Optimální množství fosforu v orné půdě by se mělo pohybovat mezi 50-110 mg/kg půdy (viz tab. č. 4). Fosfor se pak obvykle nejvíce koncentruje v plodech, kde se váže ve formě zásobní látky, fytinu (Vaněk et al., 2002).

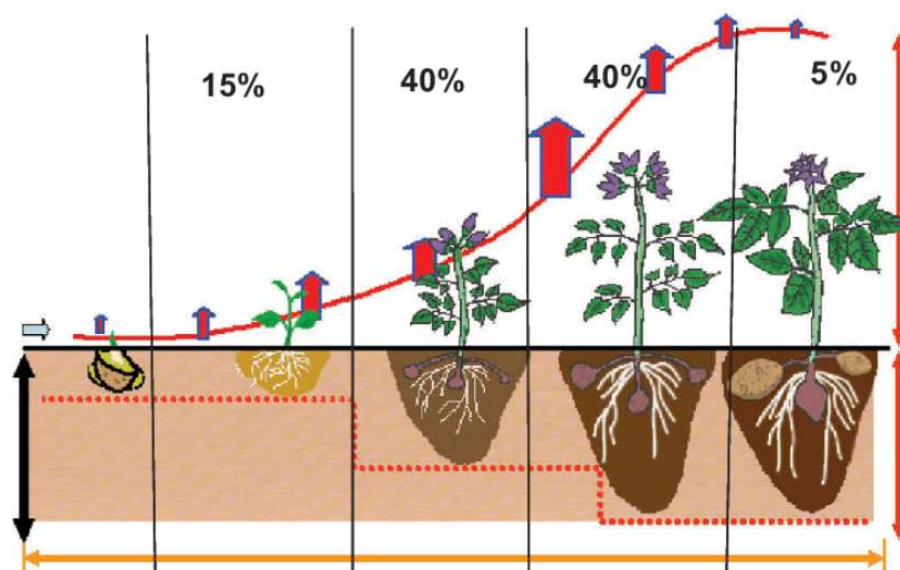
4.2.2 Poruchy ve výživě – nadbytek

Fosforu je v rostlinách bramboru málokdy výrazný nadbytek. Důvodem je dobrá absorpce fosforu v půdě a zdaleka nedosahuje kritických hodnot, kdy by mohl přecházet do půdního roztoku ve vysoké koncentraci (Vaněk et al., 2016). Vysoká dávka způsobuje nadměrný růst nadzemní části rostliny a krátkodobé snížení přijatelnosti některých kovů, jako jsou zinek a železo (Rybáček et al., 1988).

4.2.3 Poruchy ve výživě – nedostatek

Vysoký podíl z celkové zemědělské půdy ve světě zaujímá nedostatečné množství fosforu pro růst řady rostlin (včetně brambor). Výnos je často přímo omezený nedostatkem fosforu, což může mít značný vliv na příjem ostatních živin. V dřívějších studiích bylo zjištěno, že příjem fosforu přímo ovlivňuje a souvisí s příjmy dusíku, zinku, hořčíku a manganu. Současně snížená koncentrace a dostupnost fosforu v půdě zvyšuje koncentraci boru ve stoncích bramboru (Wang et al., 2018).

Při nedostatku sice nejsou patrné zřetelné fyziologické změny na rostlinách, ale nemohou probíhat všechny biochemické funkce v potřebné míře. Snížený příjem má rostlina hlavně v počátečních fázích růstu na začátku vegetace, kdy ještě nemá rozvinutý kořenový systém a není tak možný příjem prvku v plné míře (viz obr. č. 6). Nepříznivě mohou příjem prvku ovlivňovat také suché a chladné počasí (Vaněk et al., 2016). Délétrvající výrazný nedostatek fosforu způsobuje i vnější projevy na rostlině, jako jsou zakrnělý růst a tuhlost lístků. Jejich okraje mohou vadnout a spodní lístky opadávat (Rybáček et al., 1988).



Obr. č. 6 - Procento (%) příjmu živin v různých fázích růstu rostliny brambor (Jia et al., 2018)

Při nedostatku prvku, nebo pro vylepšení výživných poměrů pro rostlinu lze dodat fosfor buď v organické nebo minerální formě. Příjem probíhá ve velké míře kořeny rostliny nejlépe z půdního roztoku (Bajerová, 2020).

4.3 Výživa a hnojení brambor draslíkem

Draslík je v dnešní době vnímán jako třetí nejvýznamnější makroprvek ve výživě rostlin. Zatímco se v devadesátých letech dodávalo k bramborám přibližně 42 kg draslíku na hektar, aktuálně je třeba pro optimální produkci dodat více než dvojnásobek, tedy 90 kg K/ha (Vaněk et al., 2016).

U výživy brambor zaujímá významnou roli v příznivém ovlivňování základních funkcí rostliny, jako je transport látek, hospodaření s vodou, aktivita enzymů či kvalita samotných hlíz a škrobu v níž obsaženém (Kasal, Čepl, 2013).

4.3.1 Rostlinami přijatelné formy draslíku

Dle Vokála (2000) je draslík přijímán rostlinami jako kationt K^+ . Jeho vlastní příjem mohou ovlivňovat klimatické podmínky (vlhkost, teplota, proudění vzduchu a intenzita osvětlení). Nepříznivě na příjem působí nízká teplota a suché počasí (Vaněk et al., 2002).

Brambory jsou středně náročné na příjem draslíku, byť ho přijímají ve velké míře. Optimální hladina draslíku obsaženého ve staré půdní síle se pohybuje mezi 160-260 mg/kg půdy (podrobně znázorněno v tabulce č. 5).

Tab. č. 5 – Hodnocení obsahu přijatelného draslíku v orné půdě (metoda Mehlich III)
(Vaněk et al., 2016)

Obsah K v půdě			
	Lehká	Střední	Těžká
	Obsah K (mg K/kg půdy)		
Nízký	Do 100	Do 105	Do 170
Vyhovující	101-160	106-170	171-260
Dobrý	161-275	171-310	261-350
Vysoký	276-380	311-420	351-510
Velmi vysoký	Nad 380	Nad 420	Nad 510

4.3.2 Poruchy ve výživě – nadbytek

Nadbytek draslíku u rostlin či v půdě není příliš běžný a převážně vzniká pouze v případě nadměrného hnojení nebo použití na draslík velmi bohatých hnojiv bez potřeby rostliny (Kasal, Čepl, 2013).

Pokud dojde k tomuto ne příliš běžnému nadbytku, rostliny mají sytě zelenou barvu, bujný růst s pomaleji zasychajícími lístky (Vaněk et al., 2016).

4.3.3 Poruchy ve výživě – nedostatek

Nedostatečné zásobování draslíkem vede ke kratší dormanci a předčasnému klíčení hlíz. Tento prvek zlepšuje v buněčných stěnách stabilitu tkání. Buňky nedostatečně zásobené draslíkem mohou při intenzivním růstu hlíz praskat. Problémy s dostupností draslíku se projevují především na těžkých půdách (Gröschl, 2005).

Hlavním příznakem deficience je tmavnutí a lesknutí listů a jejich zbarvení okrajů od žluté až po hnědou barvu. Na spodní straně listů je zvýšený výskyt tmavohnědých skvrn, které po sloučení tvoří okrajové nekrózy. Rostliny se také vyznačují nižším vzrůstem a kratšími internodii (Rybáček et al., 1988).

4.4 Vlivy ostatních prvků ve výživě brambor

K výživě brambor lze použít hnojiva s obsahem **boru** a **hořčíku**. Především kombinace hořčíku a draslíku je využívána jako aktuální trend v hnojení (popsáno v následující kapitole). Vhodné dávkování závisí na konkrétních podmínkách, jako je typ půdy, druh brambor a další faktory. Vysoké dávky boru mohou být toxické pro rostliny a způsobit tak poškození kořenů, dále mohou ovlivnit příjem dalších živin a způsobit narušení rovnováhy mezi mikroprvky a stopovými prvky.

Odrůdy bramboru s vysokou výnosovou výkonností, které mají i vysokou potřebu živin, mají také zvláštní nároky na dostupnost stopových prvků. Nedostatek živin může negativně ovlivňovat kvalitu hlíz. Proto se doporučuje vyrovnávat deficit živin v půdě foliárními hnojivy (Rühlicke, 2013).

Prvek zvaný **hořčík** zaujímá velmi důležitou roli v podpoře růstu rostlin bramboru a tvorbě výnosu. Nedostatek se projevuje především nižší tvorbou kořenů a nižším transportem asimilátů. Tyto faktory jsou příčinou následných chloróz a nekróz listů. Nedostatek této živiny je zřejmý zejména u lehčích typů půd (písčité, sprašové) (Cakmak, 2016).

Vápník je odebírán především hlízami a stolony, k čemuž je potřebný vysoký obsah volného vápníku v půdě. Problém s obsahem volného vápníku v půdě může nastat na půdách s nízkým pH. Stejně jako bor, i vápník se podílí na stavbě buněčných stěn. Špatné zásobování vápníkem má za následek nižší stabilitu tkání a tím pádem vyšší citlivost k poškození (Gröschl, 2005).

Nedostatek **zinku** je častým problémem v rostlinách, zejména u pěstovaných na půdách s vysokým pH. Zinek je klíčovým mikroelementem, který pomáhá rostlinám syntetizovat sacharidy a bílkoviny a udržovat dobrý zdravotní stav. V roce 2015 bylo zjištěno, že 23 % natí brambor a 27 % vzorků půdy mělo nedostatečnou hladinu zinku. Tento nedostatek může způsobit výnosové ztráty a snížení kvality hlíz. Jako velice účinná se prokázala foliární aplikace hnojiva Vita Zintrac v dávce 1 l/ha (s dodáním 700g hořčíku), která zvýšila výnos hlíz o 0,29 až 2,26 t/ha (Reichert et al., 2016).

5 Aktuální trendy spojené s výživou a hnojením porostu brambor

S efektivitou využití živin úzce souvisí druh použitého hnojiva. Proto je zapotřebí správné zvolení vybrané metody výživy k danému směru pěstování. U konzumních brambor je klíčovým faktorem výše výnosu, proto je vhodné využití dusíkatých hnojiv. Je však třeba zvolit správnou dávku, aby nedocházelo k nežádoucímu nahromadění dusičnanů v hlízách. U sadbových brambor může zvýšená dávka způsobit negativní prodloužení vegetace nebo prodloužení období vzniku infekce virovými chorobami (Svobodová, 2022).

5.1 Statková hnojiva

Vzhledem k současné preferenci bezstelivových technologií v chovu zvířat a celkovému poklesu stavů je vhodné využívat alternativní zdroje jako je kompost, či v případě provozování bioplynové stanice, digestát. Především v oblasti Polabí dochází ke hnojení těmito způsoby, vzhledem k využití právě bezstelivových technologií.

Chlévský hnůj, kejda, zelená hnojiva a sláma jsou nejhojněji používanými statkovými hnojivy. Nicméně, v důsledku snahy o efektivní využití odpadů a snížení ekonomické zátěže, se stále více přechází k používání alternativních organických a organominerálních hnojiv, jako jsou digestát, komposty nebo kaly z čistíren odpadních vod. U brambor, které jsou náročné na příjem humusu, se nedostatek této látky projeví až po delší době, a to jako poškození půdní struktury a snížení výnosů (Vaněk et al., 2016).

5.1.1 Využití digestátu

Využívání tohoto alternativního zdroje živin se v dnešní době stává stále populárnějším způsobem hnojení. Hojnější využívání této metody je zapříčiněno především rozvojem bioplynových stanic od období 2008-2012 (Kasal et al., 2016b).

Digestát, neboli tekutý fermentační zbytek po anaerobní digestaci (biozplynování), vzniká jako odpad při výrobě plynu z bioplynových stanic. Vykazuje poměrně vysoký obsah vody, kterou můžeme považovat za část kapalnou, tedy fugát. Druhá

část (část pevná) nese souhrnný název separát (Vaněk et al., 2016). Tyto části digestátu i digestát samotný jsou obvykle využívány jako organická hnojiva. Vstupními surovinami pro výrobu bioplynu jsou zpravidla kejda prasat, chlévská mrva, močůvka, hnojuvka, travní senáž, netržní brambory, kukuřičné siláže a další (Badalíková, Novotná, 2016).

Nkoa (2014) uvádí, že pro vysoký obsah NH_4 mají digestáty a fugáty téměř stejné účinky jako minerální hnojiva a kejda. Organická hmota v půdě podléhá další mineralizaci, ovšem ne v takovém rozsahu jako u hnojení hnojem a kejdou, u kterých probíhá téměř 3x více v porovnání s digestátem, jelikož množství organických látek po proběhlé anaerobní digestaci je o 50-70 % nižší (2,5-5,9 %), než před (7,1-17 %) (Duffková, Mühlbachová, 2016).

Je to zdroj živin, který může průkazně ovlivnit výnos plodin, nemusí ho však ovlivnit vůbec. Stejně tak, může mít jeho aplikace za následek zlepšenou kvalitu potravin, vzhledem k vysokému množství mikroelementů, dobře dostupných pro rostliny (Korres, 2013).

Existuje několik důvodů, proč by měl být digestát dobrou náhradou tradičních hnojiv. Především ti, kteří provozují bioplynovou stanici tímto způsobem mohou omezit množství odpadu a mohou tak zvýšit jeho potenciální hodnotu pro zemědělské účely (Holubík, 2020).

Jedná se o hnojivo bohaté na živiny, jako jsou rychle uvolňující se dusík, fosfor a draslík, což jsou klíčové faktory pro růst brambor. Jsou předpokladem efektivního využívání živin se sníženými náklady na hnojení (Börjesson, Berglund, 2007). Organická hmota, v němž obsažená zlepšuje strukturu půdy a její vlastnosti jako je lepší udržetelnost vody a lepší retence živin. Na rozdíl od syntetických hnojiv může digestát snížit erozi a zlepšit ochranu životního prostředí. Syntetická hnojiva mnohdy obsahují pouze některé z živin obsažených v digestátu (Vaněk et al., 2016).

Tab. č. 6 – Srovnání průměrného rozmezí živin u kejdy a digestátu (Banerjee, 2016)

	Kejda (%)	Digestát (%)
OL	5,3 – 8,1	2,5 – 5,9
Dusík	0,5 - 1,5	2,0 - 4,0
Fosfor	0,2 - 0,5	1,0 - 2,0
Draslík	1,0 - 2,0	1,0 - 3,0
Vápník	0,5 - 1,5	1,0 - 3,0

Z tabulky č. 6 vyplývá, že digestát obsahuje v průměru více dusíku, fosforu, draslíku a vápníku než kejda. Obsahy prvků mohou hnojivo charakterizovat jako výhodnější, avšak rozhodující obsah organických látek může být až 2x nižší než u kejdy, a dokonce 3x nižší než u chlévského hnoje. Škodlivé látky, jako jsou těžké kovy nebo patogenní organismy ovlivňují také kvalitu hnojiva, proto je hnojivo potřebné aplikovat s opatrností a s ohledem na jeho složení (Banerjee, 2016).

Po proběhlé anaerobní fermentaci řada klíčových živin (K, Ca, P, Mg) včetně mikroživin a stopových prvků zůstává v digestátu. Dochází však k výraznému poklesu uhlíku (konkrétně o 20-95 %) a částečnému poklesu dusíku a vzrůstu amonné formy dusíku (v průměru 58-64 % z celkového dusíku) (Möller, 2015). Navzdory těmto stavům živin a využití jako odpadní složky je digestát považován jako výhodný při adekvátní aplikaci na půdu, kdy se odčerpané živiny vrací zpět do půdy (Vaněk et al., 2016). Společně se stavem živin se zvyšuje i obsah organické hmoty a mikrobiální aktivita v půdě v porovnání s minerálními hnojivy.

Amonný dusík obsažený v digestátu velmi snadno uniká do ovzduší. K zamezení úniku je třeba zapravit jej co nejdříve po aplikaci do půdního profilu, aplikace při poklesu venkovní teploty či omezit plošné využívání. Při plošné či lokální povrchové aplikaci je vhodné okamžité zapravení ideálně do 24 hodin (Kasal et al., 2016b).



Obr. č. 7 – Plošná aplikace kejdy/digestátu (cisterna) – VOD Zdislavice

(Růžička 2020)



Obr. č. 8 – Zapravení plošně aplikovaného digestátu (radličkový podmítač) – VOD Zdislavice (Růžička, 2020)

Nejvhodnější je aplikace diskovým aplikátorem, který digestát aplikuje a okamžitě zapravuje (viz. obr. č. 9 a 10). Další možností je zapravení kompaktozem. Porost při řádkové aplikaci hadicovými aplikátory musí být schopný živiny ihned využít.

Hnojení krátce po výsadbě může poškodit vzcházející rostliny bramboru. Po dodání organické hmoty do půdy dochází ke krátkodobému zvýšení obsahu některých přístupných živin (Kasal et al., 2016b).



Obr. č. 9 a Obr. č. 10 – Jarní aplikace digestátu před založením porostu brambor – VOD Zdislavice (Růžička, 2022)

Dávka digestátu aplikovaná k bramborám je přímo závislá na typu půdy, vlastnostech digestátu, typu a množství hnojiva aplikovaného k předplodinám nebo samotná předplodina. Dávkování a využití se do značné míry podobá aplikaci kejdy. V zásadě by měla být dávka digestátu využitá na hektaru půdy stanovena na základě obsahu dusíku v digestátu, který se obecně pohybuje mezi 1-5 %. Proto optimální dávka 20-40 tun/ha doplní do půdy 100-200 kilogramů dusíku (Kumar et al., 2019).

5.1.2 Využití kompostu

Komposty, jakožto významná složka koloběhu živin a látek v půdě, mají velký význam ve využití odpadů a vedlejších produktů rostlinné produkce (jako je nař, sláma, drcené odpadní dřevo a další...) v obnově půdní úrodnosti a jsou tak vhodným alternativním zdrojem a způsobem, jak udržet půdu v dobrém stavu a dodat jí

organickou hmotu. Ze živočišné produkce lze tímto způsobem využít kejdu a z potravinářského průmyslu pak například čistírenské kaly (Plíva et al., 2005).

Obsahují **organickou hmotu** (v podobě trávy, slámy, pilin, hnoje, močůvky atd.), která pomáhá ke zlepšení struktury půdy, zvýšení její zadržovací schopnosti a také zvýšení obsahu živin v půdě. Další částí, kterou kompost obsahuje je **minerální náplň**, což jsou ideálně zeminy s dobrou sorpční kapacitou, které zahrnují vysoké množství jílových částic a také je přínosný pro potřebnou půdní mikroflóru k rozkladu organické náplně. Mimo statkových hnojiv lze využívat i **přídavek hnojiv** organického původu (kostní, rohové a krevní moučky či obtížně rozkladné fosfáty) pro doplnění potřebných živin, zejména vápníku, draslíku, hořčíku, případně fosforu (Vaněk et al., 2016).

Použití statkových a průmyslových kompostů je možností, jak odstranit deficity v bilanci organické hmoty v půdě a vytvoření lepších podmínek pro udržení a zlepšení úrodnosti. Vzhledem k nedostatku konvenčních surovin v současnosti, jako je chlévský hnůj, rašelina, zemina a popřípadě jejich vysoké pořizovací ceně, je výhodné pro výrobu kompostů využívat odpadní suroviny (Badalíková, 2015).

Aplikované dávky kompostu se obvykle pohybují v rozmezí 20-80 tun na hektar s možným hlavním přínosem především ve využití jarní aplikace, a to ve zlepšení vláhových poměrů v půdě, a tím i zlepšení celkového výnosu (Král, Dvořák, 2021).

Tab. č. 7 – Porovnání živin v kvalitním a nekvalitním kompostu (% sušiny) při obsahu vody do 50 % (Vaněk et al., 2016)

	Dobrý kompost	Špatný kompost
Organické látky	50	< 30
Dusík	2,0	1,0
Fosfor	0,7	0,2
Draslík	1,2	0,4

Možnou nevýhodou samotného kompostování mohou být náklady spojené s technologickou přeměnou materiálu na samotný kompost. Z tohoto ohledu je dnes nejvýhodnější najmutí dodavatele pro celkovou přípravu vstupního materiálu. Nekvalitní kompost není vhodné aplikovat z důvodu možného nevyváženého množství prvků, huminových kyselin a možného způsobení organické či anorganické kontaminace půdy (Bonanomi et al., 2007).

Optimálním kompostováním lze navrátit také velké množství živin a organických látek zpět do půdní struktury. Další význam využití kompostu spočívá v šetření životního prostředí snížením množství odpadů. Mimo snižování množství odpadů má využití kompostů také význam ekologický. Výsledky práce naznačují, že během dvou sezón, které byly charakterizovány nedostatkem vláhy pro pěstování, aplikace kompostu pomohla vylepšit podmínky pro růst rostlin (Král, Dvořák, 2021).



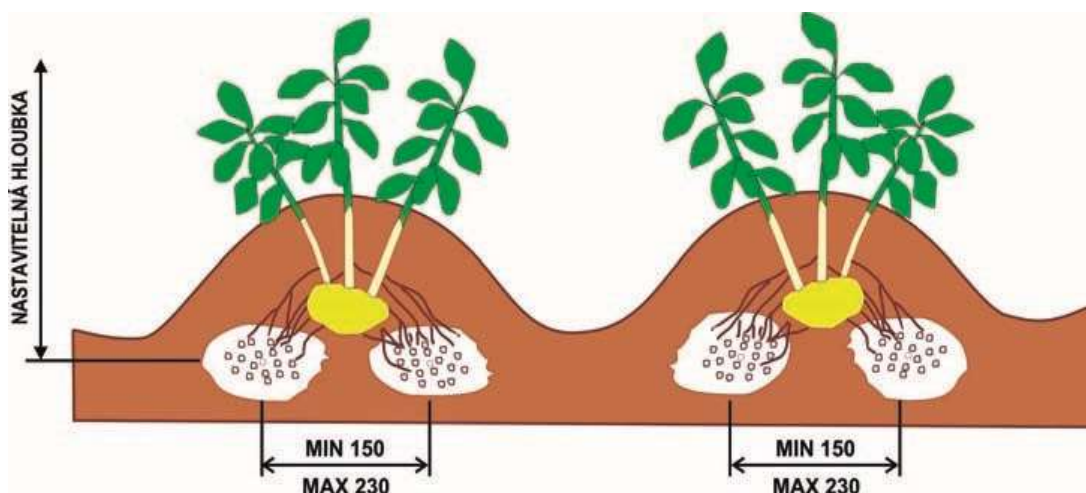
Obr. č. 11 – Foto kompostu (Růžička, 2022)

5.2 Minerální hnojiva

Spotřeba organo-minerálních hnojiv v České republice za posledních 10 let významně poklesla (o 78 %), a tudíž je dodání živin k bramborám nižší než množství odčerpávaných živin v půdě. Tento jev se souhrnně nazývá negativní bilance živin, kterou ovlivňuje řada faktorů (půdní druh, svažitost pozemku a další..). Hnojení minerálními hnojivy je předpokladem k zajištění optimálního stavu živin pro rostlinu a vytvoření dobrých podmínek pro tvorbu výnosu a zároveň udržení či zlepšení živinových poměrů v půdě. Tato hnojiva obsahují buď jednu základní živinu, nebo kombinaci více živin (Svobodová, Kasal, 2018).

5.2.1 Aplikace živin do půdního substrátu ke kořenům

S rozvojem technologií v oblasti pěstování brambor se mění i způsob, jakým se provádí jejich hnojení. Pro snížení nákladů na aplikaci hnojiv v průběhu vegetace brambor je důležité posuzovat stav jednotlivých rostlin a aplikovat hnojivo jen tam, kde je to potřeba (Mayer, 2015). Používání metody lokální aplikace minerálních hnojiv, zejména dusíkatých, pomáhá k omezení ztrát dusíku. Tento způsob umožňuje optimální uložení živin v kořenové zóně rostlin, což zajišťuje přísun živin k rostlině v době, kdy je potřebují nejvíce (viz. Schéma způsobu lokálního hnojení granulovaným minerálním hnojivem u brambor). Aplikátory pro lokální hnojení jsou umístěny přímo na sazeči brambor (Svobodová, 2017).



Obr. č. 12 - Schéma způsobu lokálního hnojení granulovaným minerálním hnojivem u brambor (Mayer et al., 2009)

5.2.2 Spotřeba dusíku ve výživě

Na vyprodukování 10 tun hlíz spotřebují brambory v průměru 40-50 kilogramů dusíku s vyšším příjmem nitrátového aniontu. Na aplikaci 1 kg N/ha připadá výnos hlíz asi 100-120 kg. Dávky nad 150 kg již negativně ovlivňují životní prostředí se společným znečišťováním spodních vod (Vokál, 2000).

Kasal (2015) uvádí, že dávky dusíku aplikované před výsadbou brambor v rozmezí 80-120 kg N/ha začínají brambory přijímat nejdříve za 4-6 týdnů. Brambory zároveň řadíme mezi plodiny, ke kterým je výhodné aplikovat organická hnojiva.

Dávka dusíku aplikovaného na 1 ha je přímo závislá na užitkovém směru pěstování, předplodině, obsahu živin v půdě, délce vegetační doby, nárocích dané odrůdy nebo na druhu a množství využitého organického hnojiva (Vokál, 1990).

Tab. č. 8 – Doporučené dávky dusíku v kg/ha u různých užitkových směrů pěstování brambor (Kasal, Čepl, 2013)

Dávka hnoje (t/ha) nebo ekvivalent- ního množ- ství statkového hnojiva	Délka vegetační doby odrůd	Dávka N (kg/ha)		
		Množitel- ské po- rosty	Brambory konzumní a pro potravi- nářské vý- robky	Brambory pro výrobu škrobu
Bez hnoje	Velmi rané a rané	110	120	120
	Polorané	90	110	110
	Polopozdní a pozdní	70	100	100
20	Velmi rané a rané	90	110	100
	Polorané	80	100	90
	Polopozdní a pozdní	70	90	80
40	Velmi rané a rané	80	100	90
	Polorané	70	90	80
	Polopozdní a pozdní	60	80	70
60	Velmi rané a rané	70	90	80
	Polorané	60	80	70
	Polopozdní a pozdní	60	70	60

Dle tabulky č. 8 lze konstatovat, že největší rozdíl v dávkách dusíku je v rámci užitkových směrů brambor, u kterých je třeba sledovat především rozdílnou délku vegetace a obsahy látek v hlíze.

V množitelských porostech má prvořadý význam výtěžnost hlíz, zdravotní stav, vitalita, skladovatelnost a celková biologická hodnota sadbových hlíz. Jsou tak kladeny nároky zejména na zdraví porostu a hlíz. Zvýšení dávky dusíku negativně prodlužuje vegetaci (spojené i s prodloužením období výskytu infekcí, virových onemocnění a plísní brambor) (Rybáček et al., 1988).

U brambor určených k výrobě škrobu je zásadním ukazatelem výnos škrobu z hektaru a škrobnatost. Minimální dávka dusíku u brambor určených pro výrobu škrobu je shodná s minimální dávkou sadbových brambor. V tomto případě je kladen nárok na škrobnatost a vyšší podíl sušiny v hlíze. Maximální dávka je téměř stejná jako vyšší dávka u brambor konzumních. Za tohoto stavu, kdy je porost hnojen vyšší dávkou, je sledován hlavně hektarový výnos škrobu a hlíz.

Dávka dusíku u konzumních brambor je přímo závislá na výnosu, obsahu sušiny a dusičnanů v hlíze, skladovatelnosti a nutriční hodnotě. Výrazný nepoměr dusíku a ostatních prvků pak negativně ovlivňuje již zmíněné ukazatele, zejména výnos a obsah dusičnanů v hlíze (Kasal et al., 2010).

5.2.2.1 Efektivní možnosti využívání dusíku

Významným celosvětovým problémem je v dnešní době nízká efektivnost dusíkatých hnojiv, která má za následek snížení celkové produkce spojené s ekonomickými ztrátami a ztrátami dusíku způsobené vyplavením nebo jeho únikem do atmosféry (Balík, Černý, 2020). Ke snížení množství vyplaveného dusíku a jeho úniku do atmosféry dochází k hojnějšímu využívání hnojiv obohacených o inhibitory ureázy či nitrifikace.

Inhibitory ureázy

Uplatnění kombinace inhibitorů ureázy a dusíkatých hnojiv aktuálně otevírá nové technologické možnosti v zemědělské praxi, které budou šetrnější k životnímu prostředí (Růžek, Pišánová, 2006).

Jedná se o látky se zvyšujícím účinkem pro močovinu a je vhodná jejich kombinace právě s močovinou nebo s hnojením dusíkatými hnojivy při výsadbě brambor k maximálnímu využití minerálního dusíku (Balík, Černý, 2020). Ovšem není

potřebná kombinace inhibitoru ureázy a močoviny v případě, kdy je močovina aplikována jako základní hnojení. Toto spojení má za výsledek snížených ztrát amoniaku a rostlina tak může lépe využít půdní dusík (Lošák et al., 2014). Dočasně se omezuje činnost enzymu ureázy, při jejíž aktivitě se uvolňuje NH_3 do ovzduší nebo do spodních vod. Časově má nižší účinnost než inhibitor nitrifikace s průměrnou dobou efektivního působení 10-14 dní se závislostí na teplotě, srážkách po aplikaci hnojiva a na půdních podmínkách, což může být považováno za její nevýhodu. Delší doby účinnosti lze docílit při aplikaci na začátku jarní vegetace rostlin, při které klesá aktivita enzymu ureázy (Kasal, Jůzl, 2015).

Hnojiva s obsahem amidického dusíku, jako je UREAstabil a Stabiluren, jsou v současnosti obohacovaná o inhibitory ureázy.

UREAstabil je prakticky pouze močovina se 46 % obsahem dusíku doplněná o inhibitor ureázy NBPT (N-butyl-thio-fosfor-triamid) a může být považována jako alternativa hnojiva LAV (ledek amonný s vápencem s 27 % N) (Kasal, Čepl, 2013). Tento inhibitor se řadí mezi vůbec nejpoužívanější a je platný zejména pro snížení hydrolýzy močoviny a ztrát amoniaku z půdy. Významný podíl má také na snížení toxických účinků amoniaku na klíčící semena (Lošák et al., 2014). UREAstabil je dobře rozpustné hnojivo a je možná jeho aplikace do bezprostřední blízkosti hlíz bez následných negativních působení (Mráz, 2007). K rozprostření dusíku v kořenové zóně dochází až tehdy, kdy nastává vláhová jistota, proto je toto hnojivo také spojováno s názvem „hnojivo, které počká na déšť“. Aplikace je výhodná nejlépe před nebo při výsadbě s nejpozdějším datem aplikace ve fázi 6. listu. Dávka se pohybuje mezi 150-400 kg/ha s dodáním 69-184 kg N/ha v závislosti na půdních a klimatických podmínkách. (Kasal et al., 2010).

Stabiluren se používá jako stabilizátor dusíku při lokální aplikaci DAM-390. Aplikaci je možné provést na dno brázdy při sázení pomocí rozprašovacích trysek (Kasal et al., 2010).

Inhibitory nitrifikace

Nitrifikace je biologický proces, při kterém dochází k přeměně amoniaku (NH_3) a amonných iontů (NH_4^+) na dusičnany (NO_3^-) pomocí specifických mikroorganismů nazývaných nitrifikační bakterie (Balík, Černý, 2020).

Celkově lze tedy říci, že proces nitrifikace je důležitým mechanismem, který umožňuje využití dusíku v půdě pro růst a vývoj rostlin. Avšak pokud dochází k nadměrnému vstupu dusíku do půdy (například v důsledku zvýšené aplikace dusíkatých hnojiv), může dojít k nadměrné akumulaci dusičnanů v půdě a k negativním dopadům na životní prostředí, jako je eutrofizace vodních ekosystémů nebo znečištění podzemní vody (Lošák et al., 2014).

Kombinace dusíkatých hnojiv a inhibitorů nitrifikace může být účinnou strategií pro zlepšení růstu a výnosů brambor, přičemž se zároveň snižuje negativní dopad dusičnanů na životní prostředí. Zásadní význam spočívá ve snížení ztrát vyplavování dusíku tím, že zpomalují průběh nitrifikace amonného dusíku (Eichenauer, 2018).

Aktuálně je možná, mimo využití inhibitorů nitrifikace ve statkových hnojivech, aplikace průmyslových hnojiv, které již obsahují zabudovaný inhibitor (Kasal, Čepl, 2013). Mezi taková hnojiva patří Alzon, který zaručuje poměrně vysokou flexibilitu v termínu hnojení pro svou vysokou účinnost jak při suchých, tak i vlhkých klimatických podmínkách. Z tohoto důvodu se jedná o hnojivo zaručující úsporu času a financí pro zemědělce. Aplikace je možná buď před výsadbou, nebo ideálně právě v době výsadby. V závislosti na lokálních podmínkách a výsledcích analýz rostlin a půdy lze stanovit přesnou dávku, která se pohybuje ve výši 190-340 kg/ha, tudíž 90-160 kg N/ha (AGROFERT, 2019).

5.2.3 Spotřeba fosforu ve výživě

Aktuální strategie v používání hnojiv jsou zaměřené zejména na efektivní využití prvků a živin z hnojiv. Především se jedná o snižování ztrát dusíku a fosforu. (Štěpánek, 2020) Oproti dřívějšímu hnojení brambor se v současnosti dávky fosforu mírně redukují a je kladen důraz na půdní úrodnost obsaženou ve staré půdní síle (Macháček, Kunzová, 2021).

Dostatečné dávky fosforu příznivě ovlivňují kvalitu hlíz, a tak je mnohdy vhodné aplikovat i mírně vyšší dávku. Dávky fosforu se v dnešní době pohybují kolem 30-50 kg P/ha v závislosti na druhu půdy, hodnotě organické hmoty a klimatických podmínkách (Vaněk et al., 2016).

5.2.4 Spotřeba draslíku ve výživě

Podobně jako u hnojení dusíkem a fosforem, i dávku draslíku ovlivňuje několik faktorů mezi které se řadí typ půdy, úroveň pH půdy, a množství draslíku v půdě. Optimální zastoupení v půdě se pohybuje mezi hodnotami 160-300 mg draslíku/kg půdy (více v tabulce č. 5. – Mehlich) (Vaněk et al., 2016).

Z výsledků experimentů provedených v polních podmínkách s různou úrovní dávky hnojiva a závlahy vyplývá, že výnos a biomasa výhonů reagovaly příznivě na aplikovaný draslík, i když byla výchozí dostupnost draslíku v půdě relativně nízká. Pouze tato reakce dosáhla maximální úrovně, při které další aplikace draslíku nevedla k dalšímu zvýšení výnosu nebo biomasy. Naopak, s rostoucí dávkou se zvyšoval příjem rostlinami, což ukazuje, že porosty brambor odebraly více draslíku, než bylo potřeba. Výsledky ukazují, že aplikace K na základě indexu není spolehlivá pro půdy s vysokým obsahem tohoto prvku. Proto je potřeba index přizpůsobit tak, aby bral v úvahu stávající hladinu draslíku v půdě. Alternativou může být aplikace draslíku na základě analýzy rostlin (Kang et al., 2014).

5.2.4.1 Efektivní možnosti využívání draslíku

Především u průmyslového užitkového směru pěstování brambor rostliny špatně snášejí dodávaný chlór, který zhoršuje především technologické vlastnosti. U jiných pěstebních směrů již toto působení není příliš významné a vzhledem k ekonomické náročnosti hnojiv bez obsahu chlóru je výhodnější aplikovat draselná hnojiva v kombinaci s chlórem (převážně se jedná o draselnou sůl (60 %)). Doporučená dávka, kterou lze aplikovat je v rozmezí 100-165 kg draslíku na hektar v závislosti na obsahu draslíku v půdě a dávce a typu organického hnojiva (Vaněk et al., 2016).

Výhodná může být také kombinace s hořčíkem, zejména na půdách, kde je hořčík méně přijatelný. V dlouhodobých obdobích s poměrně kolísajícími klimatickými podmínkami dochází u mělce kořenících rostlin (typickým příkladem jsou brambory) ke kolísání a výraznému poklesu výnosu produkce (Führs, Elfrich, 2012). Minerální aplikací draslíku a hořčíku lze docílit poměrně stabilních výnosů hlíz. Abiotický stres (suché a horké klimatické podmínky, sluneční záření, nadměrné množství vody a mrazu) může být příčinou až 50 % ztráty na výnosu. Draslík a hořčík mohou pomoci svých

mechanismů účinku abiotické stresy snížit. Pro plné využití potenciálu těchto živin je třeba dbát na index solí, obsah chloridu a poměr dusíku : hořčíku (3:1) (Elfrich, 2017).

Dalším faktorem, který ovlivňuje draselné hnojení v kombinaci s hořečnatým je efektivní využití vody, jelikož obě živiny umožňují produkci sacharidů při fotosyntéze a jejich následující distribuci v rostlině. S tímto je úzce spjatá funkce živin při regulaci vodního a plyného režimu zachováním osmotického gradientu mezi kořeny a jejich okolním prostředím (půdou) a řízení průduchů v listech. Dle studií zaměřených na vodní kapacitu v půdě uvádí, že zlepšené polní vodní kapacity, s níž spojenou lepší dostupností vody, lze docílit dlouhodobou výživou draslíkem (Führs, Elfrich, 2012).

5.3 Hnojení porostu brambor ve spojení s kapkovou závlahou

Zatímco v oblasti závlahových technologií došlo v posledních letech k pokroku, o cíleném řízení závlah se ví jen málo. Odborníci zabývající se problematikou zemědělského sucha se shodují, že krajina se na nedostatku vláhy podílí pouze z jedné třetiny (Král, Dvořák, 2021).

Brambory jsou plodiny, které vyžadují během hlavní růstové fáze, od počátku června až po srpen, mnoho vody, a během svého čtyřměsíčního růstu rostlina spotřebuje v průměru 430 mm vody. Proto je důležité zajistit jim rovnoměrné zásobování vodou, čímž lze docílit stabilizace zdraví půdy, lepší a rovnoměrnější mineralizace půdních živin, vyšší účinnost živin a jejich nižší vyplavování během období zavlažování (včetně dusičnanů), což napomáhá k lepšímu výnosu a kvalitě hlíz. Pro eliminaci negativních dopadů sucha se využívají závlahy (Kaspar, Müller, 2020).

Brambory mají kvůli relativně slabému kořenovému systému jen omezenou schopnost přijímat vodu, a proto jsou často odkázány na dodatečnou závlahu, a to i v lepších polohách. Při kapkovém zavlažování je voda přiváděna přímo ke kořenům, čímž se minimalizují ztráty vody. Za tímto účelem se na hrůbky, nebo mezi hrůbky umisťují jednorázové nebo opakované hadice (Müller et al., 2021). Pro svůj mělký a nijak zvlášť hustý kořenový systém se dostanou k vodě uložené v zemi jen do hloubky asi 40-50 cm. I na dobré půdě s vysokou schopností zadržovat vodu mohou brambory využít pouze část zásoby vody v půdě (Fricke, Riedel, 2019).

Kapkové zavlažování se liší od těžkých postřikovačů v řadě klíčových aspektů. Proces je zvláště efektivní s vodou, šetří energii, je kompatibilní s rostlinami bramboru

a zároveň chrání půdu (Müller et al., 2021). Z ekonomických efektů může mít pozitivní vliv zavlažování právě na lepší plánování sklizně a hnojení, či cílenější dávkování hnojiva dle potřeby (Kaspar, Müller, 2020). Tento způsob umožňuje dopravovat vodu kapkovacími hadicemi přímo k rostlinám, což minimalizuje ztráty vody výparem. Kapkovou závlahu je možné řídit automaticky, což umožňuje aplikovat menší závlahové dávky v kratších časových intervalech. Díky tomu nedochází ke ztrátám závlahové vody ani živin vyplavením a neovlhčuje se povrch listů rostlin, což snižuje riziko infekce plísní (Marti, Keiser, 2019).

Nevýhodou tohoto systému může být vyšší investice na pořízení závlahy a technologická náročnost při každoroční aplikaci hadic do půdy a jejich odstranění před sklizní. V současné době se kapková závlaha v ČR využívá především u trvalých kultur, jako jsou sady, vinice a chmelnice, a dále u zeleniny (Kasal, 2020).

5.3.1 Moderní využívání údajů ke zjišťování potřeby vody

Vyhodnocení údajů o počasí z předchozích let umožňuje uživatelům modelu půdní vody hodnotit nebo porovnávat lokality a systémy pěstování s ohledem na jejich potřeby zavlažování (Marti, Keiser, 2019).

V závislosti na uživatelském nastavení (umístění meteostanice, vlastnosti půdy, intenzita zavlažování) je možné určit, jak velká je dodatečná potřeba vody v jednotlivém roce (1955–2015) nebo v průměru za posledních 5, 10, 15 nebo 20 let. Tento přehled umožňuje vyvodit závěry o dalších potřebách vody, které lze očekávat v následujících letech (Müller et al., 2016).

5.3.2 Aplikace hnojiv pomocí kapkové závlahy

Moderní technologie závlahy pomocí hnojiv kombinuje hnojení a závlahu do jednoho komplexu. Tento komplex je nyní považován za nejúčinnější a nejefektivnější způsob, jak podpořit výživu zemědělské plodiny. Jeho výhody jsou nejvíce viditelné při použití kapkové závlahy (Klein, 2014).

Kromě peněžních výhod pro jednotlivé farmy a venkovské oblasti přináší závlaha další výhody. Používaná hnojiva, jak organická, tak minerální, se využívají mnohem efektivněji se stálým přísunem vody, protože každou použitou živinnou jednotkou se

vytváří vyšší výnos. Díky spolehlivému využívání živin se bilance živin požadované novou vyhláškou o hnojivech snadněji udržují a přebytek dusíku se přes zimu sníží (Fricke, Riedel, 2019).

5.3.3 Využití závlahového systému v České republice

V posledních letech se projeví výrazné až extrémní výkyvy počasí během vegetační sezóny a nevhodné rozložení srážek, což ovlivnilo růst brambor. Toto způsobilo potřebu rovnoměrného zásobování brambor vodou i v oblastech, kde byla dříve potřeba závlah zanedbatelná (Hausvater et al., 2018).

V ČR se brambory s využitím závlah pěstují omezeně, především v ranobrambořářských oblastech, jako jsou Polabí a jižní Morava, kde jsou využívány postřikové závlahy. Nicméně tyto způsoby závlahy jsou náročné na závlahovou vodu, což omezuje jejich použití v oblastech s nedostatkem vydatnějších zdrojů závlahové vody, jako je Vysočina (Venclová, 2019). V bramborářské oblasti Českomoravské vrchoviny je nedostatek vydatnějších zdrojů závlahové vody hlavním důvodem omezení používání závlah. Možností, jak tento problém řešit, je využití kapkové závlahy, která výrazně zvyšuje efektivitu využití vody rostlinami a snižuje spotřebu závlahové vody. Voda je přiváděna kapkovacími hadicemi přímo k rostlinám a aplikována na povrch půdy nebo přímo do půdy (Kasal, 2020).

5.3.4 Zavlažování brambor v Německu

S přibližně 250 000 hektary pěstitelské plochy brambor má Německo druhou největší pěstební plochu v EU hned po Polsku, kde se v roce 2018 pěstovalo celkem asi 1,75 milionu hektarů brambor. V Německu zaujímá největší podíl Dolní Sasko s cca 112 000 hektary bramborové plochy, což odpovídá 45 % celkové pěstitelské plochy v Německu. Na těchto plochách se často využívá kapková závlaha, protože přirozené srážky a nízká schopnost zadržovat vodu převážně písčitých půd v typických pěstitelských oblastech často nestačí k dobrému zásobení brambor vodou. Kvůli klimatickým změnám (zejména kvůli delším suchým obdobím a vyšším teplotám) bude závlaha v budoucnu nabývat na významu, především při pěstování brambor (Fricke, Riedel, 2019).

Z tohoto důvodu provádí Zemědělská komora Dolního Saska již více než 20 let závlahové pokusy pro zodpovězení otázky, jaký vliv má závlaha na výnos a kvalitu brambor. Aktuálně využívá zkušební místo v Hamerstorfu, kde jsou zkoušky prováděny již 13 let. Z výzkumu vyplývá, že optimální závlahou lze u konzumních brambor dosáhnout dodatečného výnosu v hodnotě téměř 30 %. V jednotlivých letech se doplňkové výnosy pohybovaly mezi 4 až 40 t/ha v závislosti na ročních klimatických podmínkách. Bylo jich dosaženo dodatečným zavlažováním mezi 62 mm (2014, mokrá rok) a 262 mm (2018, extrémně suchý rok). Kvalitní produkci brambor bylo možné v roce 2018 zajistit pouze intenzivním zavlažováním. Bez závlahy byla navíc kvalita konzumních brambor mimo jiné velmi špatná kvůli strupovitosti a předčasnému klíčení (Fricke, Riedel, 2019).

5.4 Foliární hnojiva

Dodatečná výživa představuje efektivní způsob, jak zlepšit růst a vývoj rostlin a ovlivnit jakost i množství produkce. U brambor a dalších plodin se často využívají listová minerální hnojiva, což přináší mnoho výhod. Tento typ hnojení se stále více prosazuje díky své účinnosti a efektivnosti (Kasal, 2005).

Foliární aplikace hnojiv na listy rostlin se stává stále populárnější díky rozvoji aplikace technologií. Tento způsob umožňuje efektivně dodávat základní živiny, mikroelementy a další podpůrné látky, jako je dusík a hořčík. Pro dodání makroelementů se obvykle používají roztoky močoviny, dusičnanu vápenatého nebo DAM 390 (Varga, 2013). Aby bylo dodání živin co nejúčinnější, je vhodné použít smáčedlo, které pomáhá zajistit kontakt mezi roztokem hnojiva a listem rostliny. Tento způsob aplikace je účinný zejména v případech, kdy kořenový systém rostliny není dostatečně vyvinutý nebo když v půdě chybí voda (Koprna, Petrásek, 2017). Kasal a Čepl (2013) zmiňují, že přihnojení během vegetačního období je nejúčinnější, pokud se provádí v době tvorby poupát. Rostliny přijímají močovinový dusík již za 1–2 hodiny po aplikaci.

Tento typ hnojení je velmi účinné opatření při pěstování brambor. Díky jeho účinkům lze zabránit přechodným nedostatkům živin v rostlinách způsobených klimatickými podmínkami. Foliární aplikace je pouze nástroj sloužící k přechodnému a bodovému dodání živin. Svobodová a Kasal (2017), stejně jako spousta autorů, však

upozorňují, že listové aplikace plnohodnotně nenahradí deficity v zásobování rostlin primárními živinami z půdy. Vždy je třeba využívat hnojiva takovým způsobem, aby nastal optimální poměr živin. Nadměrné hnojení může způsobit latentní nedostatek jiné živiny (Gröschl, 2016).

Využití hnojiva je možné i za nepříznivých povětrnostních podmínek či za napadení porostu chorobou/škůdcem. Pro maximální využití živiny rostlinou se dnes využívá metoda s rozdělením dávky na lokální aplikaci minerálního hnojiva do hrůbku při sázení a na zbývající část aplikovanou na list. Dochází tak k prevenci ztrát dusíku vyplavením zejména v době intenzivního příjmu živiny rostlinou (Svobodová, Kasal, 2017).

Existují různé ukazatele vývojového stavu brambor, jako je například barva listů a další. Především na základě porovnání barvy rostliny s barvou zdravého jedince je možné určit, kdy je potřeba aplikovat hnojivo (Mayer et al., 2015).

Při pěstování brambor lze využít široký sortiment listových hnojiv. Nejvyužívanějším typem hnojiva je roztok močoviny a hořké soli. Novinkou v této metodě hnojení je Campofort a RETAFOS prim. Společně s roztoky se aplikují také fungicidy.

5.4.1 Campofort

Využití Campofortu jako listového hnojiva u brambor může být účinné především v situacích, kdy jsou rostliny nedostatečně zásobené živinami nebo když dochází k narušení rostlinné výživy například kvůli suchu, nadměrnému dešti nebo znečištění půdy. Aplikace Campofortu pomáhá rostlinám získat potřebné živiny přímo listy, což může být rychlejší a efektivnější než aplikace hnojiv do půdy (Rojas et al., 2018).

Hnojivo obsahuje také další stopové prvky, jako jsou hořčík, mangan, měď, zinek a bor, které jsou důležité pro správný růst a vývoj rostlin. Tyto prvky jsou zvláště důležité pro brambory, protože mají nízkou toleranci vůči nedostatku živin (Čermák, 2014).

Ve výzkumné stanici ve Valečově byly provedeny pětileté testy hnojiv Campofort na hlinité půdě s neutrální půdní reakcí a dobrou zásobou živin. Při použití tohoto hnojiva bylo pozorováno zvýšení produkce brambor, s nejvýraznějším rozdílem v letech 2001 a 2003. Použití samotné močoviny nebo její kombinace s hořkou solí nepřineslo výrazné zvýšení výnosů. V roce 2004 byl zaznamenán nárůst výnosů o 11 % při použití hnojiva Campofort (Honsová, 2007).

5.4.2 RETAFOS prim

RETAFO prim je formulované listové hnojivo sloužící pro využití v raných fázích růstu rostlin. Obsahuje kompletně rozpuštěné živiny, jako je dusík, fosfor, draslík a bór, stejně jako aminokyseliny a humáty. Podporuje příjem živin, tvorbu energeticky bohatých látek a transport asimilátů. Souhrnně lze tedy říci, že napomáhá k rozvoji výnosotvorných prvků. Zastoupení živin v tomto hnojivu je 8 % dusíku, 17 % fosforu, 17 % draslíku a 0,35 % bóru. Díky polyfosfátové formě fosforu a draslíku, které jsou vázány organickou látkou, mohou tyto živiny rychle vstoupit do energetických procesů rostlin. Toto hnojivo slouží jako spouštěč základních metabolických pochodů podporujících příjem živin, tvorbu energeticky bohatých látek a transport asimilátů v rostlinách (Venclová, 2017).

5.5 Biostimulátory ve výživě brambor

V posledních 30 letech bylo navrženo několik technologických inovací, které mají za cíl snížení používání syntetických agrochemikálií v zemědělství a tím zvýšit udržitelnost zemědělských systémů. Jednou z těchto inovací je použití přírodních rostlinných pomocných látek. Tato technologie slibuje ekologický přístup k zemědělství a je široce studována jako potenciální alternativa k syntetickým agrochemikáliím (Colla et al., 2015).

Využití biostimulantů v zemědělství se stává stále populárnější, a to i v oblasti pěstování brambor. Vzhledem ke zvyšujícím se nárokům v používání některých přípravků na ochranu rostlin, mořidel a minerálních hnojiv je pravděpodobné, že popularita mikrobiálních přípravků ještě vzroste (Kulhánek, 2022).

Jsou definovány jako přípravky/mikroorganismy, které nelze souhrnně nazývat ani jako hnojiva (odlišnost vzhledem k obsahu žádné hlavní výživové komponenty), ale ani jako přípravky na ochranu rostlin, od kterých se liší tím, že posilují především rostlinu bez přímého vlivu na patogen (Dvořák, Král, 2022). Příznivě ovlivňují fyziologické procesy rostlin. Mezi tyto funkce se řadí zvýšení efektivnosti rostlinného metabolismu s dopadem na výnos a kvalitu produkce, zvýšení tolerance a zlepšení regenerace rostlin ve stresových podmínkách, usnadnění asimilace transportů a využití živin a metabolitů (Šindelková, 2020).

Jardin (2012) uvádí definici biostimulantů takto: „Rostlinné biostimulanty jsou látky nebo materiály, s výjimkou živin a pesticidů, které při aplikaci na rostliny nebo semena ve specifických formulacích, mají schopnost modifikovat fyziologické procesy v rostlinách způsobem, který poskytuje potenciální přínosy pro růst, vývoj nebo reakci na stres“.

Mezi tyto látky se zařazují různé prvky, sloučeniny a mikroorganismy, které se aplikují buď foliárně nebo do půdy pro zlepšení půdní úrodnosti především podporováním rozvoje společenstev půdních mikroorganismů a rozvoje rhizosféry. V neposlední řadě podporují efektivnost využívání vody (Šindelková, 2020). Vědecké studie Wierbowska (2015) a Cavagnaro (2008) potvrdily, že čtyři hlavní skupiny biostimulantů pozitivně ovlivňující růst kořenů a vstřebávání živin rostlinami zahrnují huminové látky, proteiny rozložené hydrolýzou a aminokyselinové formulace, extrakty z mořských řas a mikroorganismy. Tyto biostimulanty jsou studovány vědeckou komunitou jako možné alternativy k syntetickým agrochemikáliím, protože mohou přispět k udržitelnějšímu a ekologičtějšímu zemědělství.

Autoři Dvořák a Král (2022) uvádějí, že cílené využití vhodných biostimulantů má při pěstování brambor pozitivní efekt, kdy stimulace může pomoci k překlenutí sušších pěstitelských let či napomáhá k lepšímu průběhu a odolnosti vůči patogenům (v případě pěstování brambor především u výskytu plísně bramborové).

5.5.1 Nevýhody využití biostimulantů ve výživě brambor

Existuje mnoho druhů biostimulátorů a s lišícími se účinky na cukry v bramborových hlízách v závislosti na druhu přípravku a způsobu jeho aplikace. Biostimulátory mohou zvyšovat obsah cukrů v hlízách tím, že urychlují proces fotosyntézy a zvyšují produkci sacharidů v rostlině. To může vést k vyššímu obsahu cukrů v listech, stoncích a kořenech bramborové rostliny, což následně může zvýšit obsah cukrů v hlízách (Kastanek et al., 2019).

V jiných případech mohou biostimulátory naopak snižovat obsah cukrů v bramborových hlízách (Kausar et al., 2017). Například aplikace kyseliny salicylové, která je také často používána jako biostimulátor, je pravým příkladem, který snižuje obsah sacharidů v rostlinách (Khan et al., 2018).

Některé biostimulátory také obsahují látky, které podporují tvorbu a akumulaci škrobu v bramborových hlízách. Tyto látky mohou zlepšit procesy přeměny sacharidů

na škrob v hlízách a tím zvýšit celkový obsah škrobu v bramborách (Sadowski et al., 2018).

Jak již bylo zmíněno, zvyšování obsahu cukrů a škrobu v bramborách pomocí biostimulátorů může mít negativní dopad na kvalitu a trvanlivost brambor. Proto by měla být aplikace biostimulátorů na brambory prováděna s opatrností a v souladu s doporučením odborníků (Kastanek et al., 2019).

6 Diagnostika stavu živin v půdě a v rostlině

Systémy zemědělství, nezávisle na způsobu pěstování a hnojení potřebují informace o růstu plodiny v souvislosti s omezením dusíku pro optimalizaci výnosů brambor (Kuisma, 2008). Pro úsporu při aplikaci postřiků a hnojiv během pěstování brambor je důležité sledovat stav porostu a aplikovat výživovou nebo ochrannou látku pouze tam, kde je to nezbytné. Senzorickým rozpoznáním například barvy rostliny lze určit, zda je třeba aplikovat postřik nebo hnojení. Tato hypotéza může být využita pro vývoj nových technických řešení, jako je přesné cílení mikroaplikace kapalných přípravků na základě stavu porostu během vegetace, nebo stavu hlízy během naskladňování a třídění ve skladu. Toto by mohlo vést k úspoře chemických přípravků a snížení zatížení životního prostředí (Mayer et al., 2015).

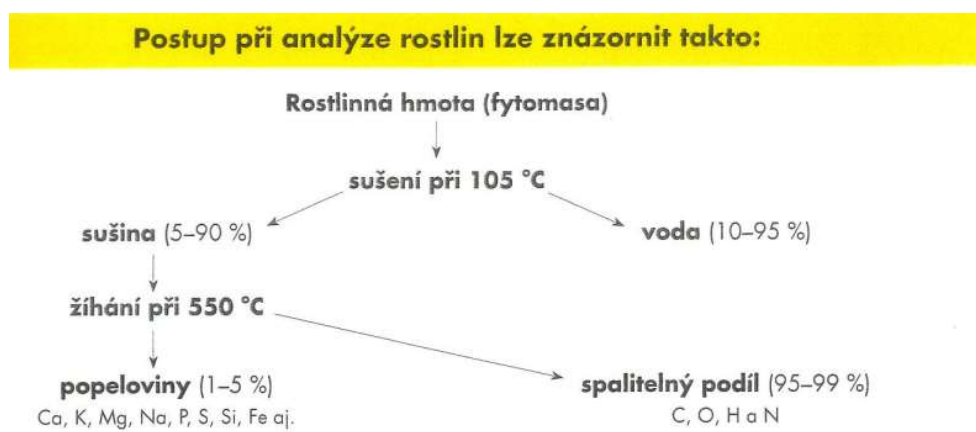
Koncepce využití diagnostických metod zahrnují rozbor půdy a prvků v níž obsažených (zejména minerálního dusíku, draslíku a fosforu) a analýzu listů, ze kterých se provádí rozbor a složení jednotlivých mikroživin a stopových prvků. Stav živin lze hodnotit také senzoricky, tedy posouzením barvy rostliny či vzorem na listech, nebo zhodnocením celkového růstu a vývinu rostliny (Vokál, 2003).

6.1 Analýza rostlin

Analýza rostlin je důležitou diagnostickou metodou, která se využívá k zjišťování výživového stavu brambor a dalších plodin. Tato metoda umožňuje získat informace o množství a poměru různých živin v rostlinách a tím posoudit, zda jsou rostliny v dostatečné výživě nebo zda trpí nedostatkem nebo nadbytkem určitých živin (Bochníček, Němec, 2019).

Tato diagnostika se provádí obvykle ve fázi vegetativního růstu a v době sklizně. Pro anorganický rozbor rostlin (destruktivní metoda) se obvykle používají listy, ale mohou se také použít jiné části rostliny, například kořeny nebo hlízy. Jedná se o metody laboratorní, kdy jsou vzorky nasbírané v dané lokalitě uchovávány v chladících boxech a za pomoci rozpouštědla (nejčastěji dimethylamidu kyseliny mravenčí) měřeny absorpce vlnových délek a následné stanovení absolutního obsahu chlorofylu (Mackerron, 2005). Důležitý je odběr vzorků rostlin v určité fázi růstu, která zaručuje dostatečnou vypovídající schopnost o výživném stavu plodiny. Při provádění průběžné

diagnostiky dochází k analýze vzorků rostliny bramboru. Vzorky jsou odebírány v po sobě navazujících fázích růstu, které jsou nejvýznamnější pro růst rostliny. Zjištěné hodnoty se porovnávají s obvyklými hodnotami v těchto částech vegetace. Po odebrání vzorků rostlin se tyto vzorky nejprve suší a poté se provede chemická analýza, která umožňuje stanovit množství různých živin v rostlinách. Tato metoda je poměrně zdlouhavá a nákladná, proto může být vhodnou alternativou využití metod založených na sledování spektrálních parametrů korespondujících s obsahem chlorofylu či celkovým obsahem dusíku v listech. (Sood et al., 2016).



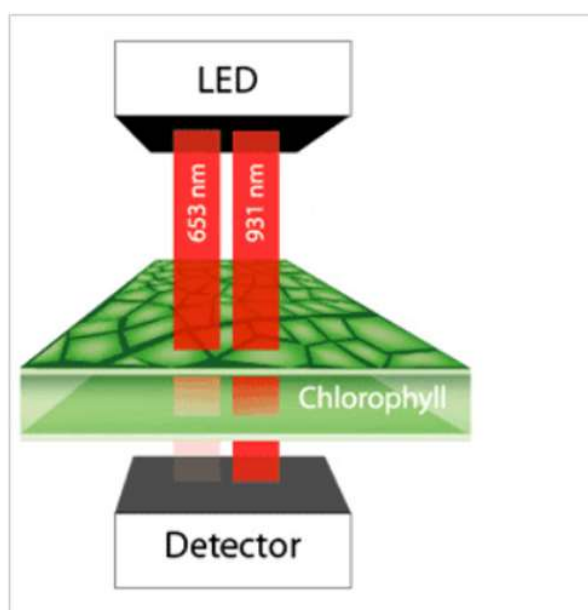
Obr. č. 13 – Schéma postupu při anorganické analýze rostlin (Vaněk et al., 2016)

Jedním z mnoha testování listů rostlin bramboru bylo provádění analýzy v Německu v roce 2013, během které byly provedeny analýzy obsahu několika prvků, jako jsou fosfor, draslík, síra, hořčík, vápník, mangan, měď, zinek, molybden a bor. Výsledky ukázaly, že u 76 % vzorků byl zjištěn nedostatek jedné nebo několika živin, přičemž nedostatek hlavních živin fosforu a vápníku, stejně jako mikroelementů zinku a boru, byl velmi častý. Z nedostatku ostatních živin byly nejvíce patrné nedostatky draslíku (u více než poloviny vzorků), zinku (u 36 % vzorků) a boru (u 15 % vzorků), zatímco nedostatek hořčíku, síry, vápníku, manganu a mědi byl zjištěn pouze u několika vzorků. Více než 40 % porostů mělo nedostatek fosfátů (Ortseifen, 2014).

6.1.1 Kolorimetrické metody

Tyto metody se používají k měření koncentrace různých látek a pigmentů v rostlinných tkáních. Jedním z nejčastějších použití kolorimetrických metod je stanovení

obsahu chlorofylu chlorofylmetrem nebo N-testerem. Měření probíhá umístěním listu (až do tloušťky 3 mm) do měřicího otvoru malého, přenosného, ručního přístroje, který lze využívat v terénu. Principem obou přístrojů je zjištění rozdílné propustnosti paprsků záření dvou vlnových délek. Jedná se o záření červeného světla (650 nm) a infračervené záření (940 nm). Chlorofyl je schopný absorbovat červené světlo, zatímco infračervené nikoliv. Na základě těchto dvou rozdílných korelací přístroj stanovuje hodnoty (Lukas, 2012).



Obr. č. 14 – Princip měření chlorofylmetrem (Lukas, 2012)

Bylo provedeno několik testů, které umožnily otestovat několik faktorů, které ovlivňují koncentraci chlorofylu a dusíku v listech (Lukas, 2012). Výzkum ukázal, že hustota stonků na jednotce plochy může být významným faktorem pro stanovení potřeby dusíku v porostu. Dávkování dusíku lze upravit v rámci stanoveného limitu na základě monitorování porostu pomocí chlorofylmetru, což může vést k aplikaci nízkých dávek dusíku (Mackerron, 2005).

Byl navržen nový postup pro určování úrovně výživy rostlin dusíkem v bramborových porostech, který využívá hodnot chlorofylmetru a celkové biomasy rostlin. Cílem bylo stanovit kritickou křivku hodnot chlorofylmetru, určit vztah mezi indexem výživy dusíkem a relativními výnosy hlíz a stanovit požadované množství dusíku pro bramborové porosty. Výsledky ukázaly, že chlorofylmetr může být použit jako

jednoduchý a rychlý nástroj pro předpověď potřeby dusíku v bramborových porostech v polních podmínkách během období vegetativního růstu (Giletto, Echeverria, 2013).

Chlorofylmetr SPAD (modifikovaný chlorofylmetr) se jeví jako slibný nástroj pro rychlou analýzu dusíkového stavu v porostech brambor na farmách. Celkové hodnoty obsahu dusíku v listech jsou měřeny během vegetačního období a klesají pak se stoupající růstovou fází (Shukla et al., 2007). Může být použit v rozhodovacích systémech pro optimalizaci dusíkatého hnojení v různých pěstitelských podmínkách a u různých odrůd. Funguje na principu určení obsahu chlorofylu v listech. Měření probíhá vložením listu mezi „kleštičky“ a přiložením jejich pólů k listu, stejně jako u klasického chlorofylmetru (Kuisma, 2008).

Pro další optimalizaci hnojení dusíkem se využívá **N-testeru**, kterým se měří výživa rostlin brambor dusíkem na určených místech pozemku. Průběh měření probíhá na stejném principu, jako u měření chlorofylmetrem. Výsledky a účely měření jsou však odlišné, kdy je výsledkem obsah chlorofylu a následně přístroj stanoví potřebnou dávku N (v kg/ha) k doplnění živin v závislosti na dané růstové fázi. Tento postup se osvědčil u francouzských, německých i českých zemědělců (Hanns, 2016).

6.1.2 Využití N-senzoru

V současné zemědělské praxi se běžně používá N-senzor (od společnosti YARA), což je optický měřicí systém, který slouží ke zjištění aktuální potřeby dusíku pro rostlinu brambor. Optická čidla upevněná na stroji (postřikovač, traktor) pasivně měří, tzn. bez umělého osvětlování, tudíž je přímo závislý na slunečním záření a postavení slunce, za jízdy intenzitu a spektrální složení světla odraženého od porostu a software senzoru následně na základě této informace vypočítá optimální dávku dusíku, kterou je poté přenesena přímo do aplikátoru hnojiv. Tento systém umožňuje aplikovat cíleně vyšší dávky hnojiv tam, kde jsou rostliny slabší, a naopak snížit dávky hnojiv na místech s vysokým odběrem dusíku, aby nedošlo k přehnojení (Lukas, 2012).



Obr. č. 15 – N-senzor – variabilní aplikace dusíku (YARA, 2023)

6.2 Analýza půdy

Diagnostika zabývající se především zjišťováním obsahu živin a jejich forem v půdě, které rostlina následně přijímá a využívá. V rostlinné výrobě je půda pravděpodobně nejvíce ovlivněnou částí zemědělské krajiny. Půda je prostředkem, pomocí něhož se provozuje zemědělství, a pokud je degradována, není schopna řádně plnit ani své mimoprodukční funkce (ekosystémové funkce). Proto je nutné stav půdy průběžně monitorovat. Běžně uváděnými indikátory degradace půdy v našem prostředí jsou snížený obsah organické hmoty a minerálního dusíku v půdě a nadměrné zhutnění jak v půdním profilu, tak v povrchových vrstvách. Tyto tři ukazatele úzce souvisejí s vodní kapacitou půdy, která umožňuje rychlé vsakování srážek, a navíc váže tuto vláhu tak, aby byla k dispozici rostlinám (Král, Dvořák, 2021).

V oblasti zkoumání půd v zemědělství se uplatňuje několik analýz půdních vzorků. **Fyzikální analýza** zahrnuje zjištění vlastností půdy jako je textura, hustota, zadržování vody a několik dalších parametrů. Texturu lze zjistit pomocí hydrometrických metod, kdy se směs půdy nechá usadit a po změření jednotlivých vrstev lze určit poměr mezi jílovitou, hlinitou a písčitou složkou půdy (Iqbal, 2005). Hustota půdy se určuje pomocí „Clod metody“, kdy se do kovového válce nasype zemina a pevně utuží. Po těchto úkonech už jen zbývá zvážení válce se zeminou a změření objemu zeminy ke zjištění hustoty. Měření zadržování vody lze provádět dle gravimetrického měření,

kdy je vzorek půdy pečlivě vysušen a zvážen. Následně, po přidání vody do vzorku a usazení je možné zjistit množství zadržené vody v půdě (Airori, 2022).

Ke zjištění chemického složení půdy se provádí **analýza chemická**, která poskytuje informace o potřebě živin pro rostliny. Měřením pH půdy, je možné zjistit dostupnost různých živin a je měřena pH metrem či indikátorovými papírky, které se namočí do roztoku vody s půdou a zbarvení následně ukáže výsledné pH (Jackson, 2005). Obsah organických látek v půdě lze změřit gravimetrickou metodou, kdy se vzorek spálí a výsledný rozdíl (nespálený – spálený) udává zastoupení organických látek. Množství makroživin lze spolehlivě zjistit pomocí chemických reakcí a metod, kterými jsou Kjehdalova metoda (pro zjištění obsahu dusíku v půdním vzorku) nebo Brayova metoda (pro určení obsahu fosforu v půdním vzorku). (Rayment., 2011)

V neposlední řadě je možné využití **biologických metod**, jako je stanovení mikrobiální masy (která se měří jako počet mikroorganismů v půdě), aktivity enzymů, mikrobiální diverzity či dusíkaté fixace (van Es, H.M., Karlen D.L., 2019).

Správná výživa brambor stopovými prvky má klíčový vliv na kvalitu sklizené produkce. Nedostatečné nebo přemírné aplikace stopových prvků mohou mít negativní dopad na výsledky. Analýza půdy může být užitečným nástrojem také pro zjištění dostupnosti stopových prvků. Nicméně, některé prvky mohou být fixovány v půdě a nejsou dostupné pro brambory (Gröschl, 2014).

6.3 Metody využívající reflektance záření od listů

Reflektance záření od listů může poskytnout především obsah chlorofylu a dusíku, ale i dalších důležitých pigmentů, které ovlivňují fotosyntézu, zdravotní stav a růst rostliny. Touto metodou je tedy snadno zjistitelný výživný stav rostliny a odhalení případných stresových situací. Na základě výsledků měření je možné analyzovat porost s následným doplněním živin v podobě foliárního hnojení.

6.3.1 Monitorování stavu dusíku v rostlině dronem

Ve výživě rostlin hraje významnou roli monitorování a snímkování porostu s následnou obrazovou analýzou. Tento druh monitoringu má několik výhod oproti tradičním metodám, jako je například vzorkování a laboratorní analýza. Drony mohou

snímat velké plochy pole rychle a s vysokou přesností, což umožňuje získat velké množství dat o zásobení dusíkem v krátkém čase a nenarušuje růst rostlin, takže není nutné rušit pole pro sběr vzorků. Dronové snímání může poskytnout velmi detailní informace o zásobení dusíkem v různých částech pole, což může být užitečné při plánování aplikace hnojiv a dalších agrotechnických opatření. Drony mohou být vybaveny různými senzory, které umožňují přesné měření intenzity světla a barevných spekter, což umožňuje vytvořit přesné mapy zásobení dusíkem (Sánchez-Romero et al., 2021).

Jedná se o velmi moderní a inovativní metodu monitoringu výživného stavu brambor. Optimalizace efektivního využití dusíku je důležitá pro zajištění vysokých výnosů, kvalitních plodin a minimalizaci ztrát dusíku do vody a atmosféry (Matese et al., 2017).

Ve Francii se již několik let využívá vzdálené snímkování pro monitorování dusíku v plodinách, ale u brambor to zatím nebylo běžné. Nicméně, v současné době existují společnosti, které nabízejí hodnocení reflektance pomocí dronů. Pokud jsou použité multispektrální kamery dostatečně přesné pro stanovení obsahu dusíku, mohou být drony vhodným nástrojem pro vzdálené snímkování u brambor. Projekt DRONE-N-PDT byl zahájen za účelem ověření této metody (Cohan et al., 2016).

V roce 2015 bylo na severu Francie provedeno 10 polních testů provedených na různých půdních typech s různými odrůdami brambor. Byla sledována dávka dusíku aplikovaná při výsadbě spolu s křivkou reakce na dusík. Měření reflektance bylo provedeno 30-60 dní po vzejití porostu multispektrální kamerou umístěnou na dronu. Výsledky ukázaly silný vztah mezi indexem chlorofylu a obsahem dusíku ve stejném stadiu růstu, před ničením natě a mezerou mezi aplikovanou dávkou dusíku a optimální dávkou dusíku. Tyto výsledky jsou perspektivní a představují první krok k využití dronů pro vzdálené snímkování obsahu dusíku u brambor (Cohan et al., 2016).

6.3.2 Monitorování stavu dusíku v rostlině ručními přístroji

Hlavní odlišností od získávání informací pomocí dronů je způsob měření. Zatímco drony poskytují celkový obrázek porostu (PolyPen RP 400 a 410, PlantPen a N-Pen) jsou přenosné, ruční spektrometry vybavené kompletním systémem pro měření spektrální odrazivosti od listů (PolyPen, 2016). Měření probíhá uzavřením části listu do „schránky“, kde ho ozařuje LED záření se specifickou délkou vlnových délek

se současným měřením odrazu záření. Měření probíhá tedy na podobné bázi, jako chlorofylmetr nebo N-tester a poskytují tak informace o snímkování rostlin, stresové reakce, pigmentové složení, obsah vody a dusíku v rostlině. U všech těchto přístrojů je důležité provést kalibraci přístroje před měřením buď stisknutím „kleštiček“, nebo uzavřením „schránky“ na prázdno (Lukas, 2012).

6.4 Výživové mapy porostů

Precizní zemědělství, tedy moderní přístupy hospodaření v rostlinné a živočišné výrobě, si klade za cíl zlepšit efektivitu využití zemědělských vstupů. V oblasti zemědělství existují systémy, které se snaží využít přírodní rozmanitosti prostředí a pracují s různými prvky krajiny, aby zvýšily účinnost využívání produktivních možností tohoto prostoru. Tyto systémy využívají jak konzervativní, tak progresivní prvky krajiny k dosažení lepších výsledků. K tomuto účelu se využívají variabilní agrotechnické postupy, které jsou založeny na informacích získaných z mapových podkladů. Tyto postupy zahrnují variabilní setí, variabilní zpracování půdy, variabilní aplikaci ochranných postřiků, a především variabilní aplikaci hnojiv. Cílem těchto technik je optimalizovat využití vstupů a dosáhnout co nejlepších výsledků v zemědělské produkci (Karásková, 2021).

Různé zemědělské postupy vyžadují různé typy vstupních dat. Při tvorbě aplikačních map pro variabilní hnojení se často používají výnosové mapy, které určují úrodnost pozemku na základě dosažených výnosů. Pro variabilní aplikaci zásobního hnojení a dusíkatého hnojení jsou vhodné mapy produkčních zón z družic. Při aplikaci dusíkatého hnojení během vegetace je však nutné mapy kombinovat s aktuální diagnostikou stavu porostů. Pro variabilní zpracování půdy lze využít produkční mapy i mapování struktury půdy. Při variabilní aplikaci ochranných postřiků se spíše doporučuje využití aktuální diagnostiky stavu porostů a monitorování povětrnostních podmínek (Karásková, 2021).

7 Příklady z praxe

Pro doplnění tématu zde uvádím 3 příklady z praxe v oblasti řešení otázky pěstování brambor. Jedná se o zemědělské podniky ze středních Čech a Vysočiny, které se zaměřují na výrobu brambor (průměrně z 5-10 % z plochy pěstovaných plodin). Z příkladů vyplývá, že každý podnik přizpůsobuje výživu svým podmínkám a zkušenostem.

7.1 Agropodnik Košetice a.s.

Zemědělský podnik hospodařící na 2 710 ha zemědělské půdy, z čehož orná půda zaujímá přibližně 83 %, tedy 2 240 ha.

Brambory jsou v tomto podniku pěstovány na 220 hektarech ve 3 výrobních odvětvích: sadba (40 ha), konzumní brambory (150 ha) z čehož slouží 40 hektarů na výrobu lupínků (INTERSNACK Choustník) a brambory pro výrobu škrobu (30 ha).

Do podzimní technologie přípravy půdy patří aplikace chlévského hnoje v dávce 40-50 tun se zapravením. Podnik také využívá možnosti zeleného hnojení pro lepší strukturu půdy a lepší poměry živin v půdě. Jarní příprava zahrnuje naorání, odkameňování a sázení s lokálním hnojením. Ke hnojení pod patu je využívána kombinace hnojiv Ledku (27 % N) a DAP (18 % N, 46 % P) při celkovém zastoupení v těchto hnojivech (26 % N, 14 % P). Aplikuje se tedy 52 kg N/ha a 28 kg P/ha při celkové dávce 200 kg/ha u sadbových brambor. U brambor konzumních a škrobových je aplikovaná dávka vyšší, tedy 78 kg N/ha a 42 kg P/ha při celkové dávce 300 kg/ha.

Vzhledem k dnešní ekonomické situaci, tedy zvýšení cen hnojiv využívá tyto dávky oproti předešlým pěstitelským rokům, kdy byly dávky přibližně o 33-55 % vyšší.

Aplikace hnojiva na list během vegetace patří k běžným postupům. Aplikuje se rozpuštěná močovina, v dávce 10 kg/ha a doplněním 4,6 kg N/ha. Má za následek vysušování rostliny, proto je využívána především v letech s vyššími srážkami.

Podnik se dopracoval také k pokusu zjišťování účinků biostimulátorů na škrobových bramborách. Konkrétně byl využit v roce 2019 biostimulátor GALLEKO universal, který byl aplikován ve třech dávkách, v kombinaci s fungicidy. Cílem využití

tohoto přípravku byla podpora kořenové soustavy a zvýšení odolnosti vůči stresům a patogenům. Výsledkem byl vzrůst výnosu o 8 %.

Tab. č. 9 – Biostimulátor UNIVERSAL (období aplikace, aplikační dávka)

	Období	Dávka
1. dávka	Začátek růstu natě	0,8 l/ha
2. dávka	O 14 dní později	0,8 l/ha
3. dávka	O 28 dní později	0,8 l/ha

V roce 2021 byl aplikován biostimulátor GALLEKO list v kombinaci s fungicidy, a to u konzumních brambor. Cílem využití tohoto přípravku bylo lepší zakořenění a zároveň navýšení výnosu, který se ve výsledku zvýšil o 4 %.

Tab. č. 10 – Biostimulátor GALLEKO list (období aplikace, aplikační dávka)

	Období	Dávka
1. dávka	Začátek růstu natě	0,5 l/ha
2. dávka	O 14 dní později	0,7 l/ha
3. dávka	O 28 dní později	0,7 l/ha

(Agronom Agropodniku Košetice a.s. Ing. Jindřich Štyx)

7.2 ZD Čechtice

Zemědělský podnik hospodařící na 2 170 hektarech zemědělské půdy, z čehož tvoří 1 820 hektarů půda orná. Brambory zaujímají 100 hektarů z čehož mají zastoupení brambory sadbové (15 ha), konzumní brambory (10 ha), brambory pro výrobu škrobu (10 ha) a brambory pro výrobu lupínků (INTERSNACK Choustník) (65 ha).

Na podzim se aplikuje hnůj v dávce 30-40 tun/ha s následným zapravením. Při nedostatku hnoje dochází k využití digestátu, který není příliš významný s pozitivním efektem u brambor. Uplatnění nachází především u pěstování kukuřice. V případě možnosti pěstování meziploidy – využití Pelušky jarní, kterou lze do půdy doplnit 40-50 kg N/ha a současně může být reakcí na ekonomicky náročná hnojiva.

Na jaře se provádí podrývání do hloubky 40-50 cm, naorání hrůbků nahrubo, separace kamene a sázení se současným přihnojením (ledek + draselná sůl + amofos) v dávce 300 kg/ha a dodání 12,5 % N, 19 % P₂O₅, 20 % K a 1,2 % Mg. V této kombinaci a dávce se dodá k rostlině 37,5 N/ha, 57 kg P₂O₅/ha, 60 kg K/ha a 3,6 kg Mg/ha.



Obr. č. 16 a 17 - Separace kamene a následná výsadba brambor společně s hnojením
– ZD Čechtice (Růžička, 2018)

Listová hnojiva tento podnik nevyužívá vůbec, jelikož zvyšují obsah škrobu, tím pádem i obsah cukru a dochází tak k nežádoucímu nahromadění v hlíze, než je žádoucí (nad 10 mg/g hlízy).

(Agronom ZD Čechtice Michal Zídek)

7.3 VOD Zdislavice

Jedná se o družstvo hospodařící na 1963,82 hektarech zemědělské půdy, z čehož zaujímá orná půda 1679,5 hektarů. Brambory jsou pěstovány celkově na 135 hektarech. Sadba zaujímá nejvyšší podíl z celkového pěstování brambor, a to 100 hektarů. Na zbylých 35 hektarech jsou pěstovány brambory konzumní.

Technologie výroby:

Podzimní příprava – aplikace 40 tun chlévského hnoje na hektar s následnou orbou.

Jarní příprava – příprava kompaktorem nebo radličkovým podmítačem

- plošné hnojení síranem amonným na široko (300 kg/ha), kterým bylo dodáno do půdy 61,5 kg N/ha a 72 kg S/ha
- naorání hrůbků a separace kamene
- sázení s aplikací hnojiva NPK (200 kg/ha), kterým se dodalo 30 kg/ha jak dusíku, tak i fosforu a draslíku.

Konzumní brambory jsou během vegetace hnojeny listovými hnojivy RETAFOS prim (5 l/ha) a dodáním 625g N, 1250g P₂O₅, 1250g K₂O na hektar. Dále dochází k využívání rozpuštěné granulované močoviny (11 kg/ha) s dodáním 5 kg N/ha.

(Agronom VOD Zdislavice Ing. Petr Martínek)



Obr. č. 18 a 19 - Podzimní aplikace hnoje – VOD Zdislavice

(Růžička, 2018)



Obr. č. 20 - Naorávání hrubé brázdy – VOD Zdislavice

(Růžička, 2022)



Obr. č. 21 - Separace kamene před výsadbou brambor – VOD Zdislavice

(Růžička, 2022)



Obr. č. 22 - Výsadba brambor s aplikací hnojiva NPK – VOD Zdislavice

(Růžička, 2022)

Závěr

Závěrem této bakalářské práce lze konstatovat, že výživa porostů brambor je velmi důležitým faktorem ovlivňujícím jejich růst, vývoj a výnos. V práci byly zhodnoceny různé přístupy k výživě brambor a jejich účinnost.

Ve své práci jsem se zabýval působením důležitých prvků na růst a vývoj rostliny bramboru a její výživou před sázením, v době sázení či přihnojováním v době vegetace. S postupnou modernizací a inovací diagnostických metod lze v případě deficiencie nějakého z prvků zjistit a doplnit velmi rychle. Jako velmi účelná se v současnosti jeví technologie odkameňování v kombinaci s lokální aplikací hnojiva současně při sázení brambor. Rostlina má tak možnost vyrovnaného růstu, rovnoměrného příjmu srážkové vody a také možnosti plnohodnotně přijímat živiny obsažené v hnojivu, které bylo aplikováno právě „pod patu“. Jednou z možností snížení nákladů na dnešní velmi nákladná minerální hnojiva je docílení maximálního příjmu živiny rostlinou.

Současně je kladen velký důraz na ochranu životního prostředí a ochranu vod. Z tohoto důvodu je ideální aplikace hnojiv s inhibitory nitrifikace a ureázy, kdy dusík dodaný do půdy neuniká do ovzduší nebo do spodních vod a zároveň omezení minerálních hnojiv s možnou náhradou hnojivy organickými (např. digestátem, kejdou...) či doplnění základních živin pomocí plodin v osevním sledu. Ovšem tato organická hnojiva nelze považovat jako plnohodnotnou náhradu hnojiv minerálních.

V neposlední řadě nabírá na popularitě ne příliš známá kapková závlaha, která má pro české poměry omezení v podobě dostupnosti a kvality vody pro zavlažování. Vysoce nákladné technologie pro zavlažování jsou také jedním z důvodů nižší popularity v České republice. Ve sledovaných lokalitách na pomezí Českomoravské vrchoviny se využití kapkové závlahy jeví jako ekonomicky nevýhodné vzhledem ke klimatickým faktorům, složení pěstovaných plodin a požadavkům na zdroje vody. Daleko vhodnější podmínky se nabízí v lokalitách s četnějším pěstováním zeleniny, s více příznivými půdními a teplotními podmínkami, stejně tak i zdroji vody a připraveností pro zavlažování, jako je oblast Polabí.

Tento důležitý typ výživy rostlin bramboru vodou je znám a testován především na území Německa (Dolní Sasko), zkoumá se však již i v České republice s pozvolným využíváním v praxi.

Ne všechny zde uvedené přístupy však musí nutně zlepšovat produkci a průběh vegetace. V kombinaci s klimatickými činiteli mohou působit i negativně. Při použití biostimulantů či listových hnojiv může docházet ke kolísání cukrů a škrobu v bramborových hlízách či využití kapkové závlahy může podporovat rozvoj plísňě bramborové. Proto je potřebné využití těchto možností vždy zvážit a aplikovat v doporučených dávkách.

Uvedené přístupy jsou stále více využívány v praxi a ukazují se jako účinný způsob, jak zlepšit kvalitu a výnosy plodin a současně snížit negativní dopad zemědělství na životní prostředí.

Seznam použitých zdrojů

Citace literárních zdrojů

ABDALLAH, F.B., OLIVIER, M., GOFFART, J.-P. (2016). Establishing the nitrogen dilution curve for potato cultivar Bintje in Belgium. *Potato Research*, 59: 241-258.

AIRORI, Aldi J.; BAKER, T. J.; TURK, J. K. (2022). The impact of sampling methodology on soil bulk density measurement by the clod method. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 317-326.

BADALÍKOVÁ, B., NOVOTNÁ, J. (2016). Sledování půdních vlastností při protierozní ochraně půdy a při aplikaci digestátu: uplatněná certifikovaná metodika. Troubsko: Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Metodika (Zemědělský výzkum). ISBN 978-80-88000-11-2.

BADALÍKOVÁ, B., NOVOTNÁ, J., VYMYSLICKÝ, T., KNOTOVÁ, D., HŮRKA, M. (2015). Využití kompostu ze zbytků po zpracování hroznů a ovoce pro zlepšení půdních vlastností. Troubsko: Výzkumný ústav pícninářský, spol. ISBN 978-80-86908-33-5.

BAJEROVÁ, E., (2022). Fosfor v půdě. Agromanuál. Výzkumný ústav rostlinné výroby v. v. i., Praha – Ruzyně. ISSN 1801-4895.

BALÍK, J., ČERNÝ, J. (2020). Perspektivy využití inhibitorů ureázy a inhibitorů nitrifikace. *Úroda. ProfiPress*, 68: 88-92. ISSN 0139-6013.

BANERJEE, R. et al. (2016). Bioconversion of food waste to energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57: 73-82. ISSN 1364-0321.

BEN ABDALLAH, F.-GOFFART, J.-P. (2014). Evaluation of potato crop nitrogen status based on leaf chlorophyll and leaf flavonoids contents assessed by handheld fluorimeters Dualex and Multiplex. In: Abstracts Book: Proceedings of the 19th Triennial Conference of the European Potato Association for Potato Research 6 to 11. Abstract 131.

BOHÁČ, J., KINTL, A. (2013). Efekt aplikace mikrobiálních preparátů na kvalitu hlíz bramboru. Listy cukrov. řepař. cukrovar, 129: 156-159.

BOHUNĚK, M. (2022). Maximální přijatelnost dusíku a fosforu z půdy a minerálních hnojiv: Maximální přijatelnost dusíku a fosforu z půdy. Agromanuál. ISSN 1801-4895.

BOHUNĚK, M. (2023). Zemědělství budoucnosti: Inovace mění produkci potravin. Agromanuál. ISSN 1801-4895.

BOHUŠOVÁ, I. (2019). Vliv organických hnojiv na vývoj hlíz brambor. In: Proceedings of the International Scientific Conference Hruby Jeseník Mountains. 77-83. ISBN 978-80-7435-769-8.

BOCHNÍČEK, O., NĚMEC, P. (2019). Vliv aplikace dusíku na výnos a jakost hlíz bramboru. Listy cukrové řepy. 135: 313-317.

BONANOMI G., ANTIGNANI V., PANE C., SCALA F. (2007). Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. Journal of Plant Pathology 89: 311-324.

BÖRJESSON, P., BERGLUND, M. (2007). Environmental systems analysis of biogas systems—Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. Biomass and Bioenergy. 326-344.

ÇAKMAK, İ. (2016). Magnesium-Versorgung von Kartoffeln nicht unterschätzen. Kartoffelbau 67: 36-39.

CAVAGNARO, T. R. (2008). The role of arbuscular mycorrhizas in improving plant zinc nutrition under low soil zinc concentrations: a review. *Plant and Soil*, 315-325.

COHAN, J. P., DE SOLAN, B., HANNON, C., et al. (2016). Toward a nitrogen status remote sensing tool using UAV on potato. In: Programme and Abstracts 3rd Meeting of the Section of Agronomy and Physiology of EAPR, Riga, Latvia, September 26-29. Priekuli: Institute of Agricultural Resources and Economics. 33.

COLLA, G., et al. (2015). Biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 1-134.

ČÍŽEK, M. (2013). *Ekonomika pěstování brambor. 2., aktualiz. vyd.* Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský, Poradenský svaz Bramborářský kroužek. Praktické informace. ISBN 978-80-86940.

DOMKÁŘOVÁ, J., BÁRTA, J., BÁRTOVÁ, V., HORÁČKOVÁ, V., ZÁMEČNÍK, J. (2013). Biologická charakteristika. In: VOKÁL, Bohumil. *Brambory*. ProfiPress, str. 20. a). ISBN 978-80-86726-54-0.

DOMKÁŘOVÁ, J., BÁRTA, J., BÁRTOVÁ, V., HORÁČKOVÁ, V., ZÁMEČNÍK, J. (2013). Nadzemní vegetativní orgány. In: VOKÁL, Bohumil. *Brambory*. ProfiPress, str. 21-23. b). ISBN 978-80-86726-54-0.

DOMKÁŘOVÁ, J., BÁRTA, J., BÁRTOVÁ, V., HORÁČKOVÁ, V., ZÁMEČNÍK, J. (2013). Podzemní část. In: VOKÁL, Bohumil. *Brambory*. ProfiPress, 23-24. c). ISBN 978-80-86726-54-0.

Du JARDIN, P. (2012). The Science of Plant Biostimulants—A bibliographic analysis, Ad hoc study report.

DUFFKOVÁ, R., MÜHLBACHOVÁ, G. (2016). Metodický postup pro efektivní užití digestátu ze zemědělských bioplynových stanic. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN 978-80-7427-227-1.

EICHENAUER, J., et al. (2018). Effect of Nitrogen Fertilizers and Nitrification Inhibitors on Potato Production and Nitrogen Use Efficiency. *Agronomy*, 8: 247. ISSN: 2073-4395.

ELFRICH, R. (2017). Kalium mindert Ertragsschwankungen: Zielgerichtete Pflanzenernährung verbessert Ertragssicherheit. *Kartoffelbau* 68: 30-33.

FERNANDES, A.M., SORATTO, R.P. (2016). Phosphorus fertilizer rate for fresh market potato cultivars grown in tropical soil with low phosphorus availability. *American Journal of Potato Research*, 4: 404-414.

FRICKE, E., RIEDEL, A. (2019). Wirtschaftlichkeit der Beregnung Heute und in Zukunft. *Kartoffelbau*. 4: 8-10. ISSN 0022-9156.

FÜHRS, H., ELFRICH, R. (2012). Ausgewogene Düngung für gute Erträge: Kalium und Magnesium verbessern die Wasserausnutzung in trockenen Jahren." *Kartoffelbau* 63: 25-28.

GILETTO, C.M., ECHEVERRIA, H.E. (2013). Chlorophyll meter for the evaluation of potato N status. *American Journal of Potato Research*, 90: 313-323.

GRÖSCHL, K. (2005). Düngung und Qualität von Speisekartoffeln (Hnojení a kvalita konzumních brambor)." *Kartoffelbau* 56: 144-147.

GRÖSCHL, K. (2016). Blattdüngung gezielt anwenden. *Kartoffelbau*, 67: 16-20.

HANNS, B. (2016). Sensortechnik im Kartoffelanbau: Breites Einsatzspektrum bei Düngung und Pflanzenschutz wirkt sich positiv auf Ertrag und Qualität aus. *Kartoffelbau*, 41-44.

HONSOVÁ, H. (2007). Mimokořenová výživa brambor: Campoforty zvyšují výnos. *Zemědělský týdeník*. 10: 9. ISSN 1212-2246.

IQBAL, Javed, et al. (2005). Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. Soil Science Society of America Journal, 1338-1350.

JACKSON, Marion LeRoy. (2005). Soil chemical analysis: advanced course. UW-Madison Libraries parallel press.

JIA, L., et al. (2018). Fertigation improves potato production in Inner Mongolia (China). Journal of Crop Improvement, 648-656.

JŮZL, M., ELZNER, P. (2014). Pěstování okopanin. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-196-3.

JŮZL, M., DIVIŠ, J., PULKRÁBEK, J. (2000). Rostlinná výroba. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-446-5.

KANG, W., FAN, M., MA, Z. (2014). Luxury absorption of potassium by potato plants. American Journal of Potato Research, 573-578.

KARÁSKOVÁ, M. (2021). Precizní zemědělství a variabilní zásahy. Mechanizace zemědělství. ProfiPress. ISSN 0373-6776.

KASAL, P., ČEPL, J. (2013). Výživa a hnojení. In: VOKÁL, Bohumil. Brambory. ProfiPress, 63-67. ISBN 978-80-86726-54-0.

KASAL, P., JŮZL, M. (2015). Ověření možnosti použití hnojiva s inhibitorem ureázy při hnojení brambor. Bramborářství. INTERES Havlíčkův Brod, 23: 3-5. ISSN 1211-2429.

KASAL, P. (2005). Výhody aplikace listových hnojiv. Zemědělec. 13: 13. ISSN 1211-3816.

KASAL, P. (2013). Zpracování půdy. In: VOKÁL, Bohumil. Brambory. ProfiPress, 62-63. ISBN 978-80-86726-54-0.

KASAL, P. (2016). Nová půdoochranná opatření při pěstování brambor. Agromanuál. ISSN 1801-4895.

KASAL, P. (2018). Efektivní postupy hnojení brambor. Zemědělec. ProfiPress, 26: 16-17. ISSN 1211-3816.

KASAL, P. (2020). Využití kapkové závlahy u brambor v bramborářské oblasti ČR. Farmář. ProfiPress.

KASAL, P., ČEPL, J., VOKÁL, B. (2010). Hnojení brambor. 2. vyd., aktualiz. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský. Praktické informace. ISBN 978-80-86940-24-3.

KASAL, P. (2015). Nové trendy v hnojení brambor dusíkatými hnojivy. Úroda, 97-99. ISSN 0139-6013.

KASPAR, M., MÜLLER, M. (2020). Bewässerung von Kartoffeln - gut für Qualität und Umwelt, Kartoffelbau, 5: 44-45. ISSN: 0022-9156.

KASTANEK, P., OTCENASOVA, Z., KULHAVY, P. (2019). The effect of biostimulants on potato yield and quality parameters. Plant, Soil and Environment, 282-288. DOI: 10.17221/150/2019-PSE.

KAUSAR, N., SHAHZAD, A., RABBANI, F., MURTAZA, G., ATHAR, H. U. R., & NAEEM, M. A. (2017). Foliar application of salicylic acid enhances growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) under salt stress. Soil Science and Plant Nutrition, 63: 287-296.

KHAN, M. A., ASLAM, M., KHAN, M. A., MUBEEN, M., GULZAR, M. A., ASAD, S. A., ULLAH, R. (2018). Foliar application of salicylic acid improves growth and yield of potato under saline conditions. Journal of Plant Nutrition, 41: 1212-1222.

KOPRNA, R., PETRÁSEK, J. (2017). Význam listové výživy, stimulace a chelátové vazby mikroprvků. Úroda. ProfiPress, 86-89. ISSN 0139-6013.

KORRES, N. E., O'KIELY, P., A. H. BENZIE, J., WEST, J. (2013). Bioenergy production by anaerobic digestion: using agricultural biomass and organic wastes. New York, NY: Earthscan from Routledge/Taylor & Francis Group. ISBN 9780203137697.

KRÁL, M., DVOŘÁK, P. (2021). Jarní aplikace kompostu a zlepšení vláhových podmínek u brambor. Úroda. ProfiPress. ISSN 0139-6013.

KRÁL, M.. (2022). Biostimulační látky a výnosová odpověď u brambor. Úroda. ProfiPress. ISSN 0139-6013.

KUISMA, P. (2008). Use of SPAD chlorophyll measurements on optimization of nitrogen fertilization on potato. In: Potato for a Changing World: Abstracts of Papers and Posters of 17th Triennial Conference of the EAPR. Brasov: Transilvania University of Brasov, 260-261.

KULHÁNEK, M. (2022). Mikrobiální biostimulanty a výživa rostlin? Agromanuál. Kurent. ISSN 1801–4895.

LOŠÁK, T., et al. (2014). Uplatnění dusíku a hnojiva s inhibitorem ureázy při hnojení brambor: certifikovaná metodika. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský. Praktické informace. ISBN 978-80-86940-62-5.

LUKAS, V. (2012). Stanovení a optimalizace diferencovaných dávek dusíkatých hnojiv v precizním zemědělství: metodika pro praxi. Brno: Mendelova univerzita v Brně. Metodika pro praxi (Mendelova univerzita v Brně). ISBN 978-80-7375-686-4.

M., KUMAR, A., THAKUR, A. K., SHARMA, R. K. (2019). Impact of Integrated Nutrient Management on Soil Nutrient Availability, Uptake by Plants, and Yield of Potato (*Solanum tuberosum*) under Rainfed Conditions. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 50: 2137-2153. ISSN: 0010-3624.

MACKERRON, D.K.L. (2005). A method to achieve the optimum rate of N-fertilizer. In: Abstracts of Papers and Posters. 16th Triennial Conference of the EAPR, July 17 to 22, 2005, Bilbao, Spain. Bilbao: European Association for Potato Research, 346-349.

MACHÁČEK, V., KUNZOVÁ, V. (2021). Historický přehled vývoje metodik pro hnojení orných půd fosforem vypracovaných VÚRV (II.) - Snížené hnojení. Agromanuál. Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISSN 1801- 4895.

MACHÁČEK, V., KUNZOVÁ, V. (2022). Program pro výpočet možné nejvyšší dávky P-hnojiva pro zajištění půdní úrodnosti. Agromanuál. Výzkumný ústav rostlinné výroby v. v. i., Praha – Ruzyně. ISSN 1801-4895.

MACHÁČEK, V. (2020). Historický přehled vývoje metodik pro hnojení orných půd fosforem vypracovaných VÚRV (I.): Intenzivní hnojení. Agromanuál. Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISSN 1801-4895.

MARTI, A., KEISER, A. (2019). Gezieltere Bewässerung mit öffentlich zugänglichen Messdaten. Kartoffelbau. 04: 14-16. ISSN 0022-9156.

MATESE, A., TOSCANO, P., Di GENNARO, S. F., GENESIO, L., VACCARI, F. P., PRIMICERIO, J, ZALDEJ, A. (2017). Intercomparison of UAV, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision agriculture. Remote Sensing, 9: 148.

MAYER, V. (2009). Technologie lokální aplikace minerálních hnojiv a přípravků při pěstování brambor: metodická příručka. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. ISBN 978-80-86884-48-6.

MAYER, V., VEJCHAR, D., KUBÍN, K., PASTORKOVÁ, L. (2015). Nové technické prvky a inovace zařízení pro postřik a přihnojování brambor. Bramborářství. 23: 5-6. ISSN 1211-2429.

KASAL, P., RŮŽEK, P., KUSÁ, H., KOBZOVÁ, D., SVOBODOVÁ, A. (2016). Metodické postupy k půdoochranným technologiím při pěstování brambor: certifikovaná metodika. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod. Praktické informace. ISBN 978-80-86940-66-3.

HAUSVATER, E., DOLEŽAL, P., BAŠTOVÁ, P. (2018). Metodika integrované ochrany brambor proti škodlivým činitelům při kapkové závlaze: certifikovaná metodika. Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod. Praktické informace. ISBN 978-80-86940-81-6.

MÖLLER, K. (2015). Effects of anaerobic digestion on soil carbon and nitrogen turnover, N emissions, and soil biological activity. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 1021–1041.

MRÁZ, J. (2007). Urea stabil – efektivní zdroj dusíku pro polní plodiny, 121–122. Sborník z konference: Prosperující olejniny, Česká zemědělská univerzita, Praha, 148 str.

MÜLLER, M., DEMMEL, M., BRANDHUBER, R., KELLERMANN, A. (2016). Tropfbewässern mit System. *Kartoffelbau*, 5: 34-35. ISSN: 0022-9156.

MÜLLER, M., DEMMEL, M., EBERTSEDER, F., KELLERMANN, A. (2021). Tropfbewässerung - auf die Strategie kommt es an. *Kartoffelbau*. 4: 26-29. ISSN 0022-9156.

ORTSEIFEN, U. (2013). Deutliche Nährstoff-Defizite in Kartoffeln. Die Pflanzen – oder Blattanalyse deckt Mängel auf. *Kartoffelbau*, 65: 40-41.

PLÍVA, P. (2005). Technika pro kompostování v pásových hromadách. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. ISBN 80-86884-02-3.

RAYMENT, George E. (2011). LYONS, David J. Soil chemical methods: Australasia. CSIRO publishing.

REICHERT, U.-ENGELS, C.-BONIERBALE, M.-et al. (2016). Mikronährstoffgehalte bei unterschiedlichen Sorten und Umwelten. Kartoffelbau, 62: 53-56.

ROJAS, A.L., HERNANDEZ, H.L., TORRES, L.G. (2018). Effects of foliar fertilization with Campofort® on potato (*Solanum tuberosum* L.) production in Valle del Cauca, Colombia. Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias, 16: 123-133.

RÜHLICKE, G. (2013). Leistungsspritze mit Spurennährstoffen. Kartoffelbau 64: 34-37.

RŮŽEK, P., PIŠANOVÁ, J., et al. (2006). Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv: sborník vědeckých a odborných prací z konference: 25. října 2006 Praha, 26. října 2006 Brno. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 80-86555-96-8.

RŮŽEK, P., KASAL, P., KUSÁ, H. (2017). Inovace pěstební technologie u brambor s ohledem na ochranu vod. Agromanuál. Kurent, 12: 122-123. ISSN 1801-7673.

RYBÁČEK, V., et al. (1988). Brambory. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 360 str.

SADOWSKI, J., DOMAGALA-SWIADEK, J., ZAGAJEWSKA-WEDEL, Z., ZALEWSKA-KORONA, D., FILIPIAK-FLORKIEWICZ, A. (2018). Influence of Biostimulators on the Chemical Composition of Potato Tubers. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus. 6: 3-13. DOI: 10.24326/asphc.2018.6.1.

SÁLUSOVÁ, D. (2018). České zemědělství očima statistiky: 1918-2017. Praha: Český statistický úřad. Životní prostředí, zemědělství. ISBN 978-80-250-2841-4.

SÁNCHEZ-ROMERO, M., ANDÚJAR, D., FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C., & DORADO, J. (2021). Detecting nitrogen fertilization rates in potato crops from multispectral UAV imagery. Precision Agriculture, 22: 914-929.

SHUKLA, A.K.-KHAN, M.A.-UPADHAYAY, N.C. (2007). Chlorophyll meter: a tool for assessing dynamic nitrogen supply in potato crop under organic vis-a-vis inorganic nutrient management options. *Potato Journal*, 34: 95-96.

SOOD, A., BASSI, M., JINDAL, S.K. (2016). Plant tissue analysis: an overview. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5: 816-824.

SVOBODOVÁ, A., KASAL, P. (2017). Hnojení brambor během vegetace. *Zemědělec. ProfiPress*, 25: 22-24. ISSN 1211-3816.

SVOBODOVÁ, A., KASAL, P. (2018). Současné trendy v hnojení brambor. *Úroda. ProfiPress*. ISSN: 0139-6013.

SVOBODOVÁ, A. (2022). Současné postupy ve výživě brambor. *Zemědělec: Odborný a stavovský týdeník. ProfiPress*. 30: 16. ISSN 1211-3816.

ŠINDELKOVÁ, I. (2020). Zlepšení managementu půdní vláhy prostřednictvím půdních biostimulací: uplatněná certifikovaná metodika. Troubsko: Zemědělský výzkum, spol. s r.o. Metodika (Zemědělský výzkum). ISBN 978-80-88000-31-0.

ŠTĚPÁNEK, P. (2020). Nová strategie výroby a používání minerálních hnojiv. *Agromanuál. Výzkumný ústav rostlinné výroby*. ISSN 1801-4895.

KASAL, P., SVOBODOVÁ, A., VACEK, J., ČÍŽEK, M. (2016). Užití digestátu zemědělských bioplynových stanic ke hnojení brambor: certifikovaná metodika, b). Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod. Praktické informace. ISBN 978-80-86940-67-0.

VAN ES, H.M., KARLEN, D.L. (2019), Reanalysis Validates Soil Health Indicator Sensitivity and Correlation with Long-term Crop Yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 83: 721-732.

VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍK, M., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. (2016). Výživa a hnojení polních plodin. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-79-3.

VARGA, L. (2013). Význam a využití listové výživy při pěstování plodin. Úroda. ProfiPress, 45-48. ISSN 0139-6013.

VENCLOVÁ, B. (2019). Kapková závlaha u brambor: Zkušenosti z pokusů na Vysočině. Úroda. ISSN 0139–6013.

VENCLOVÁ, B. (2017). Stabilní partner českých zemědělců. Úroda. ProfiPress. ISSN 0139-6013.

VOKÁL, B., ČÍŽEK, M. (2013). Vývoj a současná produkce brambor v ČR. In: VOKÁL, Bohumil. Brambory. ProfiPress, 16-18. ISBN 978-80-86726-54-0.

VOKÁL, B., KASAL, P. (2013). Půdní druh. In: VOKÁL, Bohumil. Brambory. ProfiPress, 61. a). ISBN 978-80-86726-54-0.

VOKÁL, B., KASAL, P. (2013). Zařazení brambor do osevních sledů. In: VOKÁL, Bohumil. Brambory. ProfiPress, 61-62. b). ISBN 978-80-86726-54-0.

VOKÁL, B. (2000). Brambory. Těšnov 17, 117 05 Praha 1: Ing. František Savov – AGROSPoj.

VOKÁL, B. (2003). Pěstujeme brambory. Praha: Grada. Česká zahrada. ISBN 80-247-0567-2.

VOKÁL, B. (2013). Brambory: šlechtění, pěstování, užití, ekonomika. Praha: ProfiPress. ISBN 978-80-86726-54-0.

WANG, Y., CLARKE, N., OGAARD, A. F. (2018). Low phosphorus availability increases shoot boron concentration in canola and potato but not in wheat. Plant, Soil and Environment, 64: 564-570.

WIERZBOWSKA, J., et al. (2015). Effect of biostimulators on yield and selected chemical properties of potato tubers. *Journal of Elementology*, 20: 757-768.

ZEBARTH, B.-TAI, H. (2017). Gene expression-based diagnostics: a new way to optimize crop fertilizer nitrogen management?: 20th Triennial Conference, Versailles. Keynote Lectures and Abstracts. Paris: ARVALIS, 87-88.

Citace webových zdrojů

ALZON neo-N: The all-weather fertiliser [online], 2019. AGROFERT [cit. 2023-03-04]. Dostupné z: <https://www.alzon-neo-n.de/en/#home>

How the MC-100 works [online], 2023. Apogee Instruments. [cit. 2023-04-16]. Dostupné z: <https://www.apogeeinstruments.com/how-the-mc-100-works/>

Čermák, M. (2014). Vliv hnojiv na sklizeň brambor. [online] [Citováno 1. 4. 2023] Dostupné z: <https://www.agroserver.cz/clanky/vliv-hnojiv-na-sklizen-brambor/>

N-Sensor - to variably apply nitrogen, 2023. YARA: Knowledge grows [online]. 2023 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/farmers-toolbox/n-sensor/>

PolyPen, 2016. Photon Systems Instruments [online]. Photon Systems Instruments spol. s r.o., 2016 [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://handheld.psi.cz/products/polypen/>

Soupis ploch osevů - k 31.5.2022: Vývoj ploch osevů vybraných zemědělských plodin v letech 1980 až 2022, 2022. : Vývoj ploch osevů vybraných zemědělských plodin v letech 1980 až 2022 [online]. 4.7.2022 [cit. 2022-10-31]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-k-31-5-2022>

Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok): 4. pokračování. Český statistický úřad [online]. 12.10.2022 [cit. 2022-11-20]. Dostupné z : <https://www.czso.cz/documents/10180/143060175/2701392101.pdf/2ce49a95-08ea-47c0-92b2-e5db7c812165?version=1.1>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Odkameňování půdy (Růžička, 2022)	18
Obrázek 2: Odkameňování půdy (Růžička, 2022)	18
Obrázek 3: Souvislý vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku (Kasal et al., 2016.....)	19
Obrázek 4: Přerušovaný vsakovací žlábek na vrcholu hrůbku (Kasal et al., 2016)....	19
Obrázek 5: Schéma příjmu dusíku rostlinami v průběhu vegetace (Mayer et al. 2009)	23
Obrázek 6: Procento (%) příjmu živin v různých fázích růstu rostliny brambor (Jia et al, 2018)	26
Obrázek 7: Plošná aplikace kejdy/digestátu (cisterna) (Růžička, 2020)	32
Obrázek 8: Zapravení plošně aplikovaného digestátu/kejdy (radličkový podmítač) (Růžička, 2020)	32
Obrázek 9: Jarní aplikace digestátu před založením porostu brambor (Růžička, 2022).....	33
Obrázek 10: Jarní aplikace digestátu před založením porostu brambor (Růžička, 2022).....	33
Obrázek 11: Foto kompostu (Růžička, 2022).....	35
Obrázek 12: Schéma způsobu lokálního hnojení granulovaným minerálním hnojivem u brambor (Mayer et al., 2009)	36
Obrázek 13: Schéma postupu při anorganické analýze rostlin (Vaněk et al., 2016)....	51
Obrázek 14: Princip měření chlorofylmetrem (Lukas, 2012).....	52
Obrázek 15: N-senzor – variabilní aplikace dusíku (YARA, 2023).....	54
Obrázek 16: Separace kamene (Růžička,2018)	60
Obrázek 17: Výsadba brambor společně s hnojením (Růžička, 2018)	60
Obrázek 18: Podzimní aplikace hnoje – rozmetání (Růžička, 2018)	62
Obrázek 19: Podzimní aplikace hnoje – nakládání (Růžička, 2018).....	62
Obrázek 20: Naorávání hrubé brázdy (Růžička, 2022).....	62
Obrázek 21: Separace kamene před výsadbou brambor (Růžička, 2022).....	62
Obrázek 22: Výsadba brambor s aplikací hnojiva NPK (Růžička, 2022).....	63

Seznam tabulek

Tab. 1 – Vliv druhu půdy na výnos hlíz (Rybáček et al., 1988)	17
Tab. 2 – Vliv osevních sledů a % zastoupení na výnos hlíz v pokusech VÚB (Vokál, Kasal, 2013b)	20
Tab. 3 – Vliv osevních sledů a % zastoupení brambor na hmotnost plevelů v pokusech VÚB (Vokál, Kasal, 2013b)	21
Tab. 4 – Kritéria hodnocení obsahu jednotlivých živin v orné půdě (Mehlich III) (Kasal, Čepl, 2013b).....	22
Tab. 5 – Hodnocení obsahu přijatelného draslíku v orné půdě (Mehlich III) (Vaněk et al., 2016).....	27
Tab. 6 – Srovnání průměrného rozmezí živin u kejdy a digestátu (Banerjee, 2016)...	31
Tab. 7 - Porovnání živin v kvalitním a nekvalitním kompostu (% sušiny) při obsahu vody do 50 % (Vaněk et al., 2016).....	34
Tab. 8 – Doporučené dávky dusíku v kg/ha u různých užitkových směrů pěstování brambor (Kasal, Čepl, 2013).....	37
Tab. 9 - Biostimulátor UNIVERSAL (období aplikace, aplikační dávka).....	59
Tab. 10 - Biostimulátor GALLEKO list (období aplikace, aplikační dávka).....	59

Seznam grafů

Graf 1 - Sklizňová plocha – okopaniny – brambory (ČSÚ) (Sálusová, 2018)	10
Graf 2 – Hektarový výnos – okopaniny – brambory (ČSÚ) (Sálusová, 2018)	11