

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Vliv kapkové závlahy a foliární aplikace N hnojiva na tvorbu výnosu brambor

Bakalářská práce

Autor práce: Martin Venc

Obor studia: Pěstování rostlin (ATZR)

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Pazderů, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „**Vliv kapkové závlahy a foliární aplikace N hnojiva na tvorbu výnosu brambor**“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne: 16. dubna 2019

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval původnímu vedoucímu této bakalářské práce panu prof. Ing. Karlu Hamouzovi, CSc. a paní Ing. Kateřině Pazderů, Ph.D. za odborné vedení při zpracovávání mé práce, za důležité rady, trpělivost a zájem o moji práci. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Pavlu Kasalovi, Ph.D. za pomoc a poskytnutí výsledků z polního pokusu.

Nakonec bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu a povzbuzení v průběhu celého studia, a také při psaní této práce.

Vliv kapkové závlahy a foliární aplikace N hnojiva na tvorbu výnosu brambor

Souhrn

V bakalářské práci byl sledován a hodnocen vliv kapkové závlahy při různé vlhkosti půdy a vliv přihnojování dusíkem v závlahové vodě na výnosové prvky brambor a na celkový a tržní výnos hlíz. Problematika byla řešena formou přesného polního pokusu na výzkumné stanici Valečov VÚB Havlíčkův Brod, kterého jsem se účastnil a jeho výsledky hodnotil. Po sklizni byly u jednotlivých variant stanoveny hmotnosti hlíz a následně vypočítán výnos a výtěžnost tržních hlíz. Dále bylo u jednotlivých variant provedeno porovnání obsahu a výnosu škrobu.

V práci bylo sledováno 5 variant pokusu: **1.** bez závlahy, 120 kg N/ha před výsadbou (kontrola); **2.** závlaha při vlhkosti půdy 60 % využitelné vodní kapacity (VVK), vždy 10 mm, 120 kg N/ha před výsadbou; **3.** závlaha při vlhkosti půdy 70 % VVK, 120 kg N/ha před výsadbou; **4.** závlaha při vlhkosti půdy 60 % VVK, 60 kg N/ha před výsadbou + 60 kg N/ha v závlahové vodě; **5.** závlaha při vlhkosti půdy 70 % VVK, 60 kg N/ha před výsadbou + 60 kg N/ha v závlahové vodě. V pokusu byly použity dvě odrůdy – Monika a Jolana. Na základě výsledků je patrné, že u zavlažovaných variant došlo oproti kontrole k výraznému zvýšení celkového výnosu, výnosu tržních hlíz i výnosu škrobu z hektaru. V porovnání s kontrolou došlo u odrůdy Monika ke zvýšení výnosu o 49 % a u odrůdy Jolana o 47,5 %. Při sledování způsobu hnojení nebyl mezi jednotlivými variantami zjištěn skoro žádný nebo pouze nepatrný rozdíl.

Podle mého názoru, by v praxi mohla být kapková závlaha využita především v oblastech s menší dostupností vody pro závlahu. Její hlavní výhodou v porovnání s klasickými druhy závlah je především nižší množství aplikované vody. Dalšími výhodami jsou skoro žádný odtok, výpar a průsak a s tím spojené i nižší ztráty dusíkatých hnojiv vymýváním z půdy.

Klíčová slova: brambory, kapková závlaha, dusíkaté hnojení, struktura výnosu

Influence of drip irrigation and foliar application of N fertilizer on the yield formation of potatoes

Summary

In the bachelor thesis was monitored and evaluated the influence of drip irrigation at different soil moisture and the influence of nitrogen fertilization in irrigation water on potato yield elements and on total and market yield of tubers. The issue was solved in the form of an accurate field trial at the research station Valečov VÚB Havlíčkův Brod, which I participated in and evaluated its results. After harvest, weights of tubers were determined for each variant and were calculated the yield and yield of market tubers. Furthermore, the starch content and yield were compared for each variant.

In this thesis were investigated five variants of the experiment: 1. without irrigation, 120 kg N/ha before planting (control); 2. irrigation at soil moisture 60% of field capacity (FC), always 10 mm, 120 kg N/ha before planting; 3. irrigation at soil moisture 70% FC, 120 kg N/ha before planting; 4. irrigation at a soil moisture of 60% FC, 60 kg N / ha before planting + 60 kg N/ha in irrigation water; 5. irrigation at soil moisture 70% FC, 60 kg N/ha before planting + 60 kg N/ha in irrigation water. In the experiment were used two varieties - Monika and Jolana. Based on the results, the total yield, market tuber yield and starch yield per hectare were significantly increased compared to the control. In the Monika variety, the yield increased by 49% and in the Jolana variety by 47.5% compared to the control. When monitoring the method of fertilization was between the variants found almost no or only slight difference.

In my opinion, in practice, drip irrigation could be used mainly in areas with less water available for irrigation. Its main advantage compared to conventional types of irrigation is mainly lower amount of applied water. Other advantages include virtually no drainage, vapor and leakage, and consequently lower losses of nitrogen fertilizers from the soil.

Keywords: potatoes, drip irrigation, nitrogen fertilization, yield structure

Obsah

1. Úvod	8
2. Cíl práce	9
3. Literární přehled	10
3.1. Zásady tvorby výnosu u brambor	10
3.1.1. Výnosové prvky brambor	10
3.1.2. Faktory ovlivňující výnos u brambor	11
3.2. Závlahy	12
3.2.1. Voda a její význam pro rostliny	12
3.2.2. Vliv sucha na rostliny	12
3.2.3. Význam závlah pro brambory	12
3.2.4. Druhy závlah	13
3.2.5. Zásady stanovení velikosti a frekvence závlahových dávek	16
3.2.6. Využití závlah u brambor v současnosti a možné perspektivy	20
3.2.7. Výsledky pokusů se závlahami u brambor v ČR i ve světě	21
3.3. Dusíkaté hnojení	22
3.3.1. Význam dusíku pro rostliny	22
3.3.2. Vliv N hnojení na tvorbu výnosu u brambor	22
3.3.3. Principy hnojení brambor	22
3.3.4. Hlavní používaná N hnojiva	24
3.3.5. Doba aplikace	25
3.3.6. Způsoby aplikace	25
3.3.7. Fertigace	27
4. Materiál a metody	28
4.1. Charakteristika pokusného stanoviště	29
4.2. Charakteristika použitých odrůd	29
4.3. Agrotechnické zásahy	30
4.4. Ošetření porostu	31
4.5. Klimatické podmínky roku 2016	31
5. Výsledky	33
5.1. Vliv pokusných variant na výnosové a kvalitativní ukazatele	33
5.1.1. Výnos hlíz	33
5.1.2. Výtěžnost tržních hlíz	34
5.1.3. Obsah a výnos škrobu	35
5.1.4. Průměrná hmotnost hlíz	36

6. Diskuze	37
6.1. Vliv jednotlivých variant na výnosové prvky brambor.....	37
6.2. Vliv jednotlivých variant na hmotnost hlíz a na obsah a výnos škrobu	38
7. Závěr.....	39
8. Seznam použitých zdrojů	40
8.1. Literární zdroje.....	40
8.2. Obrázkové zdroje	43
8.3. Tabulkové zdroje.....	44
9.. Seznam příloh.....	45

1. Úvod

Brambory patří mezi jedny z nejvýznamnějších plodin, jejichž pěstování má v České republice dlouhou tradici. Zároveň se řadí mezi velmi náročné rostliny, pro jejichž správný růst a vývoj, je důležité pravidelné zásobení vodou a potřebnými živinami. V současnosti jsou, ale se stále klesající plochou orné půdy osázené bramborami, kladeny mnohem vyšší požadavky na vysoký výnos, který byl především v posledních letech nepříznivě ovlivněn výkyvy počasí.

Tab. 1 – Plocha osázená bramborami (ČSÚ 2018)

	1980	1990	2000	2005	2010	2015	2018
Brambory (ha)	130 043	109 664	69 236	36 072	27 079	22 681	22 889

Z dlouhodobého hlediska se sice výrazně nezměnilo množství srážek, ale změnilo se rozložení srážek v průběhu roku. V několika posledních letech se oproti průměru objevují periody sucha (přísušky), které se vyznačují úplnou absencí srážek. Většina z těchto srážek následně spadne ve formě prudkých dešťů, které se nestačí vsáknout do půdy a nastalý povrchový odtok znemožňuje využití vody rostlinami. S tím souvisí i následně vzniklá eroze a degradace půdy, ale také vyplavování snadno pohyblivých dusíkatých hnojiv (především nitrátů) z půdy. Vyplavením nitrátů se znehodnotí nejen investice vložené do hnojiv, ale i vodní plochy, které vysoká koncentrace dusičnanů znečišťuje. S vyskytujícími se obdobími přísušků se na druhou stranu setkáváme s nedostatkem vláhy, čímž jsou rostliny vystaveny stresu suchem a stávají náchylnější k chorobám, škůdcům a vadám vznikajících na hlízách i rostlině. To se ve výsledku projevuje i nižším výnosem hlíz z hektaru.

Tyto negativní projevy nedostatku vody by mohlo být možné omezit, nebo jim i zabránit např. závlahou v obdobích s nedostatkem vody. Degradaci hnojiv bylo možné omezit především rozložením celkové dávky na více částí aplikovaných postupně v průběhu vegetace.

Z těchto důvodů jsem se ve své práci zaměřil na vliv kapkové závlahy a vliv přihnojení dusíkem v závlahové vodě na zvýšení výnosu hlíz brambor. Tento způsob pěstování brambor by mohl výrazně zvýšit výnos i velikost hlíz, a zároveň snížit množství aplikovaných hnojiv do půdy a zvýšit efektivitu jejich aplikace.

2. Cíl práce

Na základě poznatků z odborné a vědecké literatury bude zpracována literární rešerše charakterizující různé druhy závlahy, dusíkaté hnojení a zásady tvorby výnosu u brambor. V experimentální části práce budou zhodnoceny výsledky přesného polního pokusu Výzkumného ústavu bramborářského Havlíčkův Brod ve Valečově na téma: vliv kapkové závlahy a vliv přihnojení porostů dusíkem v závlahové vodě na výnos brambor a jeho strukturu.

3. Literární přehled

3.1. Zásady tvorby výnosu u brambor

3.1.1. Výnosové prvky brambor

Zásadním výnosotvorným prvkem u brambor je **počet rostlin** na jednotku plochy. Počet rostlin vychází ze sponu sázení, který je dán především velikostí a hodnotou sadby a účelem pěstování. (Hruška & Zrůst 1980). Při sázení bývá dodržován pravidelný rozstup řádků asi 750 mm. Dále záleží na vzdálenosti hlíz v řádku, která se mění v závislosti na technologii pěstování. Například v technologii záhonového odkameňování je větší vzdálenost mezi jednotlivými odkameněnými záhony (1050 mm), a proto se musí zvýšit počet hlíz v řádku, tak aby byl dodržen daný počet od 40 do 65 tisíc rostlin na 1 ha. (Vokál et al. 2013)

Dalším výnosotvorným prvkem je **počet stonků** na rostlinu. Rybáček et al. (1988) udávají, že se jedná o velmi variabilní odrůdově ovlivňovaný prvek, který je závislý na počtu oček na hlíze. Optimální počet je podle Hamouze a Pulkrábka (2002) 3-8 stonků na 1 rostlinu.

Počet hlíz pod trsem je podle Hrušky a Zrůsta (1980) velice důležitým prvkem pro tvorbu hospodářského výnosu, který může být ovlivněn genetikou odrůdy, počtem stonků, počasím v období nasazování hlíz a množstvím chorob a škůdců. Jůzl et al. (2000) udávají průměrný počet 10-14 hlíz na jednu rostlinu. Hamouz a Pulkrábek (2002) tento počet rozšiřují na 9 až 20 hlíz na trs.

Průměrná hmotnost hlíz patří k nejdůležitějším prvkům při určování výnosu brambor (Zrůst et al. 1999). Hmotnost hlíz vychází z doby jejich růstu od nasazení, která je rozhodující pro celkový výnos a je závislá na hustotě porostu (Hruška & Zrůst 1980). S tím se shoduje i Susnoschi (1982), který zjistil, že výnos vysoce výnosných odrůd v Izraeli je ve vztahu s vysokým počtem stonků na rostlinu a plochu. V porostech s řídkou výsadbou je vyšší tendence k přerůstání hlíz, a naopak v hustším porostu se nachází více hlíz o menší hmotnosti (Rybáček et al. 1988). Průměrná hmotnost hlízy se pohybuje mezi 40 a 90 g (Hamouz & Pulkrábek 2002).

Hamouz s Pulkrábkem (2002) dále popisují ideální rostlinu bramboru, tak že by měla mít větší počet stonků (5-7), nižší počet hlíz (12-14) na rostlinu s vyšší průměrnou hmotností hlíz (70 g), která poskytuje výnosy 25 i více t/ha.

3.1.1 Faktory ovlivňující výnos u brambor

Teplota je velmi důležitým faktorem pro růst a vývoj rostlin brambor. Ideální teplota pro růst natě je v rozmezí 20-21 °C. Nejnižší teplota pro růst natě je 5-6 °C a růst se zastavuje při teplotách nad 30 °C. Teploty pod bodem mrazu jsou pro natě fatální. Pro růst hlíz je ideální teplota 17 °C, při teplotách nad 30 °C se hlízy již netvoří. Pokud teploty klesnou pod 3 °C hlízy sládnou a při -1 až -2 °C mrznou (Hruška & Zrůst 1980). Podle Hamouze a Pulkrábka (2002) je teplota hlavním faktorem ovlivňujícím klíčení hlíz. Jako optimální teplotu pro klíčení a růst natě udávají 15-20 °C a pro růst hlíz je podle nich ideální teplota ve dne 20 °C a v noci 14-15 °C.

Voda je klíčovým faktorem pro celkový výnos brambor. Pro maximální výnos je optimální na lehkých půdách 75-80 % využitelné vodní kapacity (VVK), na středních 70 % VVK na těžkých 40-50 % VVK (Hruška & Zrůst 1980). Podle Vokála et al. (2013) je pro rostliny brambor důležitější rozdělení srážek v průběhu vegetace než množství vody. Hruška a Zrůst (1980) popisují, že na růst natě mají vliv srážky v první polovině vegetace, na počet hlíz v červnu a červenci a na hmotnost hlíz v druhé polovině vegetace. Hamouz a Pulkrábek (2002) uvádí, že brambory jsou vlhkomilnou plodinou a nejstabilnějších výnosů je dosahováno v oblastech s ročním úhrnem srážek 650-800 mm. Wright a Stark (1990) zjistili, že celkové sezónní množství vláhy pro brambory se pohybuje v rozsahu od 450 do 700 mm.

Fotoperioda výrazně ovlivňuje růst brambor. Z hlediska kvetení jsou brambory dlouhodobní rostlinou, ale z hlediska tvorby hlíz jsou krátkodenní. Při dlouhých dnech brambory brzdí dlouhivý růst klíčků, podporují růst vzešlých stonků, podporují začátek kvetení a opožděje nasazování hlíz, které jsou ale větší a vyrovnanější. Krátký den zpomaluje růst natě a počátek kvetení. Naopak rostliny dříve nasazují hlízy (Hruška & Zrůst 1980).

Půdní druh ovlivňuje výnos především v nepříznivých letech, kdy je především ve velmi vlhkých letech omezen výnos na těžkých a nepropustných půdách. Pro brambory je ideální půdní reakce mezi 5,5-6,5 pH (Hruška & Zrůst 1980). Vokál et al. (2013) udává, že bramborám se nejvíce daří na lehkých hlinitopísčících a středních písčitohlinitých, na kterých ale mohou v suchých letech trpět nedostatkem vody.

Živiny-brambory jsou na živiny náročnou plodinou, u které je pro pěstitelský úspěch důležité zajistit jim jejich ideální množství. Na 10 tun hlíz rostliny spotřebují v průměru 45 kg N, 8,8 kg P, 70 kg K, 22 kg Ca a 8,4 kg Mg (Vokál et al. 2013).

3.2. Závlahy

3.2.1 Voda a její význam pro rostlinu

Voda je pro růst a vývoj rostlin životně důležitým faktorem. Její deficit trvale nebo dočasně negativně ovlivňuje přirozenou vegetaci rostlin. Nedostatek vody v půdě je na prvním místě ze všech různých abiotických faktorů, které ovlivňují růst a produkci rostlin (Kůdela et al. 2013). Penka et al. (1973) uvádí, že pro rostliny je nejdůležitější množství vody v půdě, pro které je půda prostředím, odkud jsou čerpány živiny rozpuštěné v půdním roztoku. Voda se v půdě nachází v pevném, plynném i kapalném skupenství, avšak pro rostliny má největší význam právě v kapalném stavu. Podle Kůdely et al. (2013) má voda na rozdíl ostatních živin v ekosystému velmi rychlý koloběh a její zásoba v prostředí vystačí na poměrně krátkou dobu. Její doplňování je závislé na srážkách, které bývají nepravidelné a náhodné. Proto se mohou během vegetace vyskytovat dlouhé a nepředvídatelné periody sucha.

3.2.2. Vliv sucha na rostliny

Sucho je nahodilý jev, který se vyskytuje nepravidelně v období nedostatku srážek, které mohou trvat od několika dní až po několik měsíců. Srážkový deficit je v podmínkách České republiky bez výjimky primární příčinou vzniku sucha. Sucho bývá doprovázeno vyššími teplotami vzduchu, nižší relativní vlhkostí vzduchu, sníženou oblačností a větším počtem hodin slunečního svitu. Následkem těchto faktorů se zvyšuje výpar a tím i další prohlubování nedostatku vody. ČHMÚ rozlišuje tři typy sucha – klimatické, půdní a hydrologické. Rostliny nejvíce ovlivňuje sucho půdní, které je definováno jako nedostatek vody v kořenové vrstvě půdního profilu, způsobující poruchy ve vodním režimu zemědělských plodin i volně rostoucích rostlin. Následky půdního sucha se projevují u jednotlivých druhů rostlin různě, a navíc závisí na vývojové fázi rostliny, nárocích na vodu v různých obdobích vývoje, na stáří rostliny apod. (ČHMÚ 2018)

3.2.3. Význam závlah pro brambory

Kvůli řídkému a mělkému kořenovému systému jsou rostliny brambor citlivé ke stresu suchem, což může být limitující faktor pro dosažení ekonomicky efektivního výnosu. Proto je efektivní a udržitelná závlaha potřebná pro zajištění vysokých výnosů a kvality produkce (Badr et al. 2012). Klein (2006) udává, že brambory mají obecně vzato velmi vysoké nároky na vláhu. Tu je nutné v klimatických podmínkách ČR kvůli nedostatečným srážkám doplnit závlahou o 130-150 mm vody. Podle Kasala (2017) je voda klíčovým faktorem pro efektivní

pěstování brambor a jejím rovnoměrným zásobováním během vegetace je možné přímo ovlivnit výnos i kvalita hlíz. Dále udává, že ačkoliv se úhrny srážek v posledních letech výrazně neliší od jejich průměrných hodnot, mění se jejich rozložení v průběhu roku. Toto rozložení srážek je charakterizováno tak, že většina vody spadne v několika prudkých srážkách. Při takto velkém množství vody se nestačí všechna vsáknout do půdy a následně dochází k výraznému povrchovému odtoku, čímž se tato část vody stává pro rostliny nevyužitelnou. Dále se stále častěji vyskytují přísušky, jenž se vyskytují v lokální i plošné podobě. Během těchto nepříznivých klimatických situací dochází ke stavům vedoucím ke snížení výnosu a jeho kvality. Těmto stavům je možné čelit s využitím závlahových systémů. Firma Netafim (2002) ve svých materiálech udává, že tyto systémy udržují půdu v optimální vlhkosti, při které rostliny nepodléhají stresu z nedostatku vody. To se pozitivně projevuje na růstu rostlin, stejnoměrné velikosti a tvaru hlíz a jejich vynikající kvalitě. Dále závlahové systémy umožňují rostlinám dokonale využít aplikovaná hnojiva. Podle Zavadila a Spitze (2010) jsou nejúčinnějším opatřením proti agronomickému suchu závlahy, které pomáhají stabilizovat výnosy plodin i při nedostatku srážek.

3.2.4. Druhy závlah

Zavodňování – je nejjednodušším druhem závlahy. Nejčastěji využívaným typem zavodňování je brázdový podmok, kdy se voda čerpá (často ani není čerpadlo potřeba) do řady brázd o hloubce asi 25 cm, které jsou potom z poloviny zaplaveny. Při této technologii je vyžadován svahovitý terén, na kterém je vodě umožněno samovolně protékat z jedné strany brázdy na druhou. Při výsadbě brambor ve dvou řádcích na lůžko slouží jedna brázda pro dvě řady, kdy se každá řada nachází na jedné straně brázdy. Brázdový podmok vyžaduje velké množství závlahové vody a jeho účinnost je efektivní z pouze 50 %. Většina vody se nedostane až ke kořenům rostlin, a proto nemůže být využita. Tento typ závlahy je proto používán především pro pracovně náročné plodiny, jako jsou např. brambory, v ekonomických podmínkách, ve kterých je půda vzácná, ale vody je dostatek. (Haverkort 2018). Dalšími typy zavodňovacích závlah jsou výtop a přeron. Pro přeron musí být zavlažovaný povrch rovný. Přes pozemek protéká tenká vrstva vody, která se cestou vsakuje a tím půdu zavlažuje. Tento typ je vhodný pro zavlažování trvalých travních pozemků, u kterých protékající voda nezpůsobuje erozi půdy, tak jako v případě použití na orné půdě. Výtop je nejčastěji používán při pěstování rýže. Pozemky musí být upraveny vybudováním zádržných hrází, aby byla zajištěna vrstva vody vysoká okolo 20 cm (Jůva et al. 1981).

Postřík – je v současnosti nejvíce rozšířený druh závlahy používaný v ČR i ve světě (Andráš 1994). Jedná se o univerzální způsob zavlažování, jelikož ji lze použít pro většinu plodin, a i pro různě členitý terén (Králová 2005). Pro správné fungování musí být u postříkovačů zajištěn čerpadlem minimální průtok a tlak vody. Největší postříkovače tzv. dešťová děla mají dosah až 70 m a rozstříkují přes 100 m³ vody za hodinu. Postříkovače se rozdělují na stabilní a mobilní. Stabilní postříkovače mají mnoho podob od nejjednodušších obyčejných trysek po složitější otočné postříkové hlavy. Protože jsou tyto postříkovače celoročně upevněné na stejném místě v zemi a pro rovnoměrné rozdělení závlahové vody k rostlinám by muselo být použito velké množství postříkovačů, tak se nevyužívají na rozlehlých zavlažovaných plochách, ale spíše ve sklenících a na trávnících rekreačních zařízení. Ideální typ pro použití na rekreačních trávnících jsou vysouvací (tzv. pop-up) postříkovače, které se působením tlaku vysouvají nad zem do pracovní polohy. Pokud nejsou v provozu jsou uloženy v zemi. Mobilní postříkovače jsou připojeny k pohyblivému zařízení, pomocí něhož je jedna soustava schopna zavlažit až několik set metrů pozemku. Mezi mobilní postříkovače se řadí pivotové a pásové zavlažovače (Grundfos 2013). Pivotová soustava je pevně ukotvena k betonovému bloku, který se nachází uprostřed pozemku a obsahuje zdroj vody (hydrant). Pivotové zavlažovače jsou okolo 400 m dlouhé a mohou zavlažovat až 60 ha pozemku, který nesmí obsahovat žádné překážky (stožáry, stromy apod.) Pásový zavlažovač se skládá pouze z jednoho pohyblivého postříkovače, ke kterému je připojena dlouhá (až 600 m) hadice, která je odvíjena pohybem postříkovače. (Králová 2005). Při aplikaci závlahové vody postříkem je nutné počítat s až 30 % ztrátami vody odtokem a výparem, což je významnou nevýhodou při porovnání s úspornými závlahami, kde jsou ztráty vody minimální (Klein 2006).

Mikrozávlaha. Jedná se o nový druh závlah, který vyniká především velikou úsporou závlahové vody (Andráš 1994). Je považována jako perspektivní způsob zavlažování zemědělských plodin. Mezi tyto závlahy se řadí bodová závlaha, kapková závlaha a mikropostřík. Mikrozávlahy mají oproti jiným druhům závlah mnoho výhod, ale také i nějaké nevýhody. Hlavními výhodami jsou značná úspora závlahové vody, úspora energie, přesné dávkování vody podle potřeb rostlin, možnost přihnojování minerálními hnojivy (tzv. fertigace) a u mikropostříku i ochrana proti mrazu. Dále snížení rizika vzniku vodní eroze, automatizace provozu a při využití kapkové závlahy snížení výskytu houbových chorob. Nevýhodami jsou především nároky na kvalitní závlahovou vodu a pořizovací náklady (Hamouz et al. 2007).

Kapková závlaha je druh závlahy, který pomalu uvolňuje kapky vody při nízkém tlaku do půdy přes perforované plastové trubky s kapkovači v pravidelných vzdálenostech přímo k rostlinám (Haverkort 2018). Pro svoje úsporné vlastnosti se používá především v lokalitách s nedostatkem vodních zdrojů a pro plodiny vysévané a vysazované ve větších sponech, např.: ovocné stromy, vinná réva, chmel atd. Jejím dalším účelem je aplikace hnojiv přímo závlahovou vodou. Délka řádku pro jednu sekci záleží na druhu hadice, vzdálenosti rostlin v řádku a terénu pozemku a může dosahovat až 900 m (Netafim 2002). Vlastní aplikace vody je prováděna kapkovací hadicí, která je vyráběna z PE, nebo PVC. Kapkovací hadice je možné uložit buď nad povrch, na povrch, nebo pod povrch řádků plodin a po ukončení vegetace ji je možné smotat speciálními navijáky. Hadice jsou zevnitř anebo zvenčí opatřeny kapkovači, které následně dávkují dané množství vody o velice nízké intenzitě v rozmezí 1 až 10 l/hod. k jednotlivým rostlinám (Králová 2005). Takto malého množství vody se docílí redukcí dopravního tlaku v kapkovači, který je přibližně 0,5 až 4,0 barů, na hodnotu atmosférického tlaku na výtoku z kapkovače. Redukce tlaku je nejčastěji dosaženo přímo v kapkovači. Podle této schopnosti regulovat tlak se kapkovače dělí na samoregulační (kompenzační) a bez regulace (nekompenzační). Kompenzační kapkovače jsou schopné pomocí membrány zabezpečit v rozmezí provozních tlaků, přibližně stejné množství vody vytékající z jednotlivých kapkovačů. Nekompenzační kapkovače nedokážou zajistit stejné množství vody na začátku a na konci závlahové linky, a proto musí být u nekompenzačních kapkovačů stanovena délka hadic tak, aby byl rozdíl výtokového množství vody na začátku a konci hadic na únosné výši. Dále se kapkovače se rozlišují podle umístění na hadici. Existují dvě varianty. První variantou jsou kapkovače uchycené přímo v potrubí. Rozteč těchto tzv. in-line kapkovačů je daná z výroby, podle sponu pěstované plodiny. Pro nepravidelné nebo méně používané spony se používá druhá varianta, tzv. on-line kapkovače. Tyto kapkovače se upevňují do hadice dodatečně podle potřebné vzdálenosti (Netafim 2002).

Bodová závlaha

Při bodové závlaze proudí voda v plastovém potrubí opatřeném otvory s krytkou. Tyto otvory se nacházejí v potřebných roztečích a voda z těchto otvorů vytéká buď přímo na povrch půdy, nebo přímo ke kořenům (Hamouz et al. 2007). Pro její správné fungování je vyžadován sklon pozemku do 5 %. Pro bodovou závlahu nejsou vhodné extrémně lehké (písčité) a těžké (jílovité) půdy. Protože průměr výtokových otvorů je větší než u kapkové závlahy (1-3 mm), má na rozdíl od kapkové závlahy nižší nároky na jakost vody (Králová 2005).

Mikropostřik

Mikropostřik je závlaha pomocí mikropostřikovačů. Mikropostřikovače pracují při nízkých provozních tlacích od 100 do 350 kPa. Podle konstrukčního provedení se dělí mikropostřikovače na minipostřikovače a rozstřikovače. Minipostřikovače mají dostřik 3-10 m a intenzitu okolo 10 mm/hod. Rozstřikovače vodu na rozdíl od minipostřikovačů, které jsou otočné, rozstřikují současně do kruhu a mají dostřik do 5 m o intenzitě až 30 mm/hod (Hamouz et al. 2007).

3.2.5. Zásady stanovení velikosti a frekvence závlahových dávek

Jelikož nároky plodin na vodu nejsou vždy dostatečně přírodně uspokojeny, je nutné doplnit deficit vláhy přístupné pro rostliny ve formě doplňkové závlahy. Z tohoto důvodu je nutné udržovat tzv. optimální půdní vlhkost v rozmezí mezi minimální a maximální půdní vlhkostí (Kuklík & Křovák 1988). Jak tvrdí Shock a Pereira (2006) pro zavlažování plodin citlivých na vodní stres jako jsou brambory je nutné systematické plánování zavlažování. Spitz a Zavadil (2010) uvádějí metody, kterých je využíváno při řízení závlahových režimů. Nejčastěji se využívá hydrologických metod, ale mohou se použít i meteorologické metody, které jsou založeny na sledování teploty vzduchu a množství srážek, nebo fyziologické metody, které závisí na měření nějakého fyziologického parametru rostliny. Hydrologické metody spočívají v určení vlhkosti půdy, která se zjistí měřením určité fyzikální veličiny závislé na vlhkosti půdy. Vlhkost je potom udávána přístroji buď jako sací tlak půdní vody v kPa, nebo určí vlhkost půdy přímo v objemových procentech (čidla jako např. Virrib, ThetaProbe, nebo CS616). Pro užití těchto metod je však nutné určit níže charakterizované hydrolimity.

Optimální půdní vlhkost ($\Theta_{opt.}$) je nejideálnější obsah vody v půdě přístupné pro rostliny. Její hodnoty se liší pro jednotlivé druhy půd, protože závisí na hydrofyzikálních vlastnostech půd. Pro určení její hodnoty se zjistí její hraniční hodnoty, mezi kterými se následně snažíme udržet vlhkost půdy. Tyto hraniční hodnoty jsou závislé na druhu půdy, růstové fázi plodiny nebo agrotechnice. Horní hranice optimální vlhkosti se označuje jako **maximální půdní vlhkost ($\Theta_{max.}$) = polní vodní kapacita ($\Theta_{PK.}$)** a dolní hranice jako **minimální půdní vlhkost ($\Theta_{min.}$)** (Kuklík & Křovák 1988).

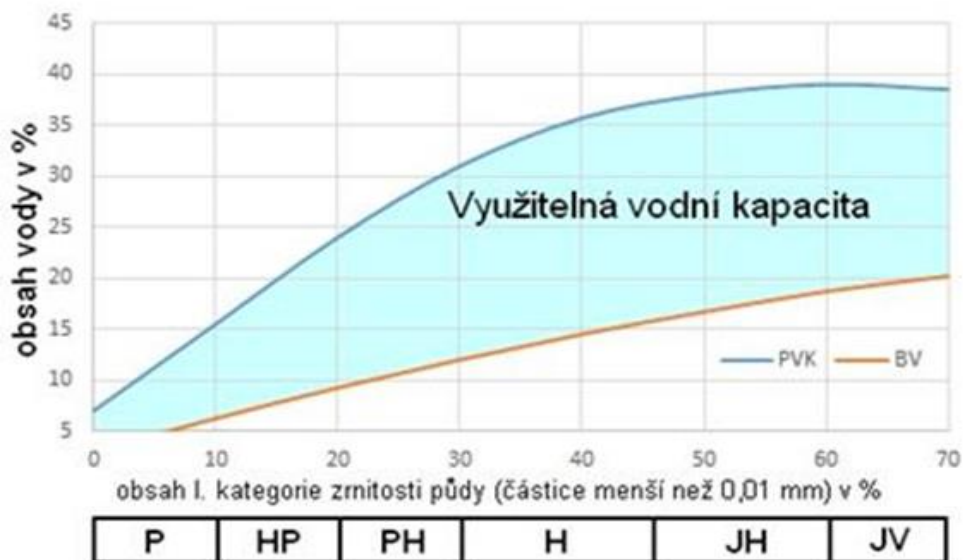
$\Theta_{PK.}$ je hodnota udávající množství vody, které je půda schopna po dodání vody závlahou udržet vlastními silami v téměř rovnoměrném stavu proti působení gravitační síly. Určuje hranici mezi kapilární a gravitační vodou (Kuklík & Křovák 1988). Spitz et al. (2011)

udávají, že tento stav nastává obvykle po vydatných srážkách, při zavlažování anebo po jarním tání sněhu.

Minimální zásoba půdní vody ($Z_{v \min}$) je hodnota, která označuje spodní hranice vodního režimu půdy a udává minimální množství vody, při které rostliny ještě netrpí nedostatkem vláhy (Kuklík & Křovák 1988). Podle Spitze et al. (2011) se vyjadřuje v % množství rostlinou fyziologicky využitelné kapilární vody v půdním profilu. Dále tuto hodnotu označuje za podklad pro tvorbu a stanovení závlahového režimu a dávky.

Dalším důležitým hydrolimitem je **bod vadnutí** (Θ_v). Je to kritická hodnota půdní vlhkosti, při které sací síly rostlin nedokážou překonat síly, kterými je poutána voda v půdě. Tím se voda stává pro rostliny nepřístupnou a ty následně vadnou (Kuklík & Křovák 1988). Tato hodnota je pro jednotlivé plodiny různá, a i u stejného druhu se odlišuje v závislosti na vývojovém stádiu nebo meteorologických podmínkách. Proto se všeobecně považuje jako bod vadnutí vlhkost při sacím tlaku 1,5 MPa (Spitz et al. 2011).

Množství vláhy, která je využitelná rostlinami se označuje jako **využitelná vodní kapacita** (Θ_p). Ta se stanovuje rozdílem mezi Θ_{PK} a Θ_v (Kuklík & Křovák 1988). Hodnota VVK se výrazně liší podle zrnitostního složení půdy, viz obr. 3 (Haberle et al. 2015).



Obr. 1 - Závislost VVK na půdním druhu (Haberle et al. 2015)

Závlahová dávka (M_a) je udávána v m^3 nebo mm množství vody dodané jednou souvislou závlahou plodině na jednotku plochy, pro zajištění ideálního vlhkostního stavu půdy. Její velikost je nutné redukovat tak, aby u půdy nedocházelo k jejímu přetěžování a

k ztrátám vody průsakem, výparem nebo povrchovým a podpovrchovým odtokem (Králová 2005). Určení velikosti těchto dávek je nejdůležitější hodnotou pro stanovení závlahového režimu. Stanovení závlahových dávek je možné na základě hloubky zavlažovaného profilu a mezních hodnot zásoby půdní vody. Z těchto informací jsme schopni určit jak velikost, tak i termín závlahové dávky. Termín dávky je dán momentem, kdy zásoby půdní vláhly poklesnou ke stavu minimální zásoby půdní vláhly (Kuklík & Křovák 1988).

Při navrhování provozního závlahového režimu se jako velikost závlahové dávky pro danou hloubku závlahy považuje rozdíl mezi Θ_{PK} a $Z_{v\ min}$ v této hloubce. Pro výpočet M_d platí vztah:

$$M_d = 100 \cdot k_1 \cdot (\Theta_{PK} - Z_{v\ min}) \cdot h_u; [m^3 \cdot ha^{-1}],$$

kde: k_1 – ztrátový součinitel, který vyjadřuje ztráty vzniklé během procesu zavlažování, např.: pro postřik $k_1 = 1,1$

Θ_{PK} – polní vodní kapacita vyjádřena v procentech objemu půdy

$Z_{v\ min}$ – minimální zásoba půdní vody [% objemu půdy]

h_u – účinná hloubka zakořenění plodiny [m].

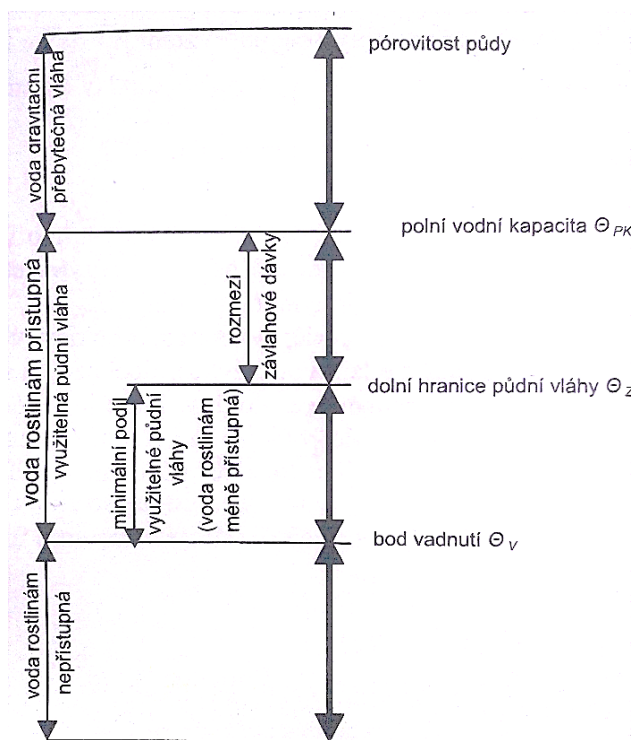
Uvedený způsob stanovení závlahové dávky vychází z průměrných hodnot využitých hydrolimitů v celé hloubce zavlažovaného profilu a odpovídá pouze tam, kde v dané hloubce půdního profilu nejsou podstatné rozdíly v půdních vlastnostech. Pro stanovení závlahové dávky v průběhu závlahového provozu se využívá vztahu, kdy je velikost závlahové dávky pro stanovenou hloubku zavlažovaného půdního profilu vyjádřena rozdílem mezi Θ_{PK} a momentální vlhkostí Θ_m v této hloubce:

$$M_d = 100 \cdot k_1 \cdot (\Theta_{PK} - \Theta_m) \cdot h; [m^3 \cdot ha^{-1}],$$

kde: Θ_m – skutečná (momentální) vlhkost půdy [% objemu půdy],

h – potřebná hloubka zavlažení [m].

Pro zajištění termínu závlahy je nutné soustavné sledování zásoby půdní vláhly (vlhkosti půdy) ve stanovené hloubce zavlažování. Termín závlahy je dán okamžikem poklesu vlhkosti půdy k hodnotě minimální zásoby půdní vody, kdy se Θ_m blíží hodnotě $Z_{v\ min}$ ve stanovené hloubce zavlažování (Kuklík & Křovák 1988).



Obr. 2 - Schematické znázornění druhů půdní vody a hydrolimitů (Spitz et al. 2011)

Pro správné a přesné určení termínu i velikosti závlahy se nesmí zapomenout na ztráty vzniklé v průběhu zavlažování. Tyto ztráty se označují jako součinitel ztrát závlahové vody (k_z) a vyjadřují průměrný podíl všech ztrát závlahové vody na zavlažované ploše mimo ztrát vzniklých v přivaděči (Králová 2005). Proto je pro dodání dostatečného množství závlahové vody nutné zvýšit velikost závlahové dávky o ztráty vzniklé na zavlažované ploše, v přívodovém a rozvodovém potrubí. Ztráty na zavlažované ploše představují průsak vody do nižších vrstev, povrchový odtok, výpar z povrchu půdy a rostlin, ztráty netěsností ve spojích potrubí a při zavlažování postřikem také výpar vzniklý pohybem vodních kapek vzduchem během cesty od postřikovače k povrchu půdy a rostlin (Kuklík & Křovák 1998). Králová (2005) dodává, že jeho hodnoty závisí především na druhu použité závlahy (viz tabulka č. 2).

Tab. 2 – Hodnoty součinitelů pro různé druhy závlahy (Kuklík & Křovák 1998).

Způsob závlahy	k_z
Postřik	1,15 - 1,25
Podmok	1,25 - 1,45
Výtop	1,65 - 2,50
Přeron	1,45 - 1,65
Podpovrchová	1,05 - 1,20

3.2.6. Využití závlah u brambor v současnosti a možné perspektivy

Závlahy v ČR byly budovány především na plochách s největším srážkovým deficitem. Výměra zemědělské půdy, na které byly vybudovány závlahy se pohybuje okolo 155 tis. ha, což představuje necelá 4 % zemědělské půdy. Z této výměry se 81 tis. ha nachází v Čechách-Mělnické, Litoměřické a Žatecké oblasti a 74 tis. ha na Moravě-na Znojemsku, Břeclavsku, Brněnsku a Hodonínsku. Avšak nejen že tyto plochy nejsou plně využívány, ale jejich využití od roku 1989, kdy využití bylo 75-80 %, postupně klesalo až na současných 25-30 % z celkové plochy vybudovaných závlah. Závlahy jsou u nás využívány především pro plodiny, které bez zavlažování nelze vypěstovat, nebo u nich lze závlahou zvýšit jejich hodnotu jako např. u zeleniny, speciálních kultur (sady, vinice, chmelnice), nebo u raných brambor (Benda 2010). U brambor je závlaha v ČR v současnosti využívána především pro rané brambory, pro které představuje zásadní podmínku pro časnou sklizeň a stabilitu vysoké úrovně výnosů. U raných brambor je závlaha využívána především pro doplnění srážkového deficitu (Vokál et al. 2013). Hamouz et al. (2007) dodává, že při použití mikropostřiku lze závlahu do jisté míry použít i jako ochranu proti mrazu. Jako perspektivní se pro rané brambory podle Vokála et al. (2013) jeví mikrozávlahy, které jsou výhodné především úsporou vody a energie. Podle Kasala (2017) má používání závlah pozitivní vliv i na pozdní brambory. Protože ale v hlavních pěstitelských oblastech pěstování pozdních brambor, jako je např. Českomoravská vrchovina, není vybudované žádné technické zázemí pro závlahy, znamenalo by to výrazné finanční výdaje vynaložené na výstavbu tohoto zázemí. Dále udává, že jako perspektivní pro pozdní brambory se s ohledem na spotřebu vody jeví kapková závlaha, která se oproti plošným závlahám u raných brambor (postřik) vyznačuje svojí úsporností. Při použití těchto systémů se využívá mnohem menší množství vody, která je přiváděna přímo ke kořenům, čímž se eliminuje výpar vody z povrchu půdy i rostlin a zároveň nedochází k nechtěnému vyplavování živin (nitrátů) a také k ovlhčování listů, což se projevuje menší náchylností k rozvoji plísní. S Kasalem se v tomto shoduje Zavadil (2000), který udává jako perspektivní využívání kapkové závlahy a mikropostřiku, které jsou z hlediska spotřeby vody mnohem šetrnější než zbylé druhy závlah. Dále udává výhody těchto druhů závlah, mezi které řadí schopnost dodání závlahové vody v termínech dle potřeby rostlin, jejich menší náročnost na obsluhu a možnost jejich provozu snadno automatizovat. Reinbold (2006), který popisuje význam kapkové závlahy z hlediska ekologie a ekonomiky jako neustále rostoucí, uvádí i některé nevýhody, které v současnosti limitují používání těchto závlah. Těmito nevýhodami jsou především korelace mezi vzdáleností kapkovačů a délkou pozemku, vysoké investiční

náklady, vysoké nároky na jakost vody a pracovní nároky na instalaci a odstranění závlahového systému.

Podle Zavadila a Spitze (2010) je v současnosti nejrozšířenějším způsobem závlahy raných brambor v ČR postřik, který je náročný na potřebu závlahové vody a energie. Závlahové režimy jsou navíc v ČR až na malé výjimky řízeny neodborně, což má za následek plýtvání závlahovou vodou a energií, zvyšování nákladů na závlahu a zvýšení rizika vyplavování dusičnanů a různých cizorodých látek do podzemních vod. Jelikož je již v některých oblastech ČR nedostatek vody pro závlahu a s postupným růstem cen vody a energie se jeví jako perspektivní kapková závlaha, která má oproti postřiku až o 40-50 % nižší spotřebu vody. Spitz et al. (2011) a Zavadil (2006) se shodují, že důležitost úsporných závlah může významně stoupnout v důsledku probíhajících klimatických změn.

3.2.7. Výsledky pokusů se závlahou u brambor v ČR i ve světě

Z výsledků pokusu, který byl založen v letech 2016 a 2017 v lokalitě jižní Moravy a sledoval vliv závlahy na výnos brambor, lze vyčíst, že výnos se zvýšil nejen v suchém a teplém roce, ale i v teplotně i srážkově průměrném roce 2016. V tomto průměrném roce došlo ke zvýšení výnosu o více než 70 % oproti nezavlažovaným variantám. V roce 2017 došlo ke zvýšení výnosů dokonce o 150-300 %. Z výsledků je dále patrné, že na optimální hodnoty půdní vlhkosti reagují použité odrůdy pozitivně, avšak u některých je zvýšení výnosu vyšší a u jiných menší (Litschmann et al. 2018). S těmito výsledky se shoduje většina autorů, kteří se touto problematikou zabývali. Např. Temocigo et al. (2006) ve svých pokusech dosáhli zvýšení hektarového výnosu o skoro 140 %. Doležal et al. (2007) udávají, že v pokusech ve VS Valečov došlo v letech 2002 a 2003 ke zvýšení výnosů u zavlažované varianty o 120 %, respektive o 150 % oproti nezavlažované variantě. Essah et al. (2012) ve svých pokusech porovnávali závlahu postřikem, povrchovou a podpovrchovou kapkovou závlahou. Z výsledků tohoto pokusu vyplývá, že kapkovou závlahou je možné ušetřit až 30 % závlahové vody oproti závlaze postřikem. Dále zjistili, že při použití podpovrchové kapkové závlahy je výnos nižší v porovnání s povrchovou kapkovou závlahou. Na druhou stranu u podpovrchové kapkové závlahy došlo k výrazným úsporám závlahové vody a výnosy byly srovnatelné s variantou, která byla zavlažovaná postřikem.

3.3. Dusíkaté hnojení brambor

3.3.1. Význam dusíku pro rostliny

Dusík se společně s uhlíkem řadí mezi nejdůležitější prvky v koloběhu živin v přírodě s nenahraditelným postavením ve všech živých organismech. Dusík je rostlinami přijímán v iontové formě, buď jako amonný kationt (NH_4^+) anebo dusičnanový aniont (NO_3^-). O tom, v jaké formě bude rostlina dusík přijímat, rozhodují především vnější podmínky. Největší vliv na příjem iontů má pH prostředí. Příjem NO_3^- převažuje při kyseljším pH prostředí a při neutrálním a alkalickém pH začíná převažovat příjem NH_4^+ . Dalším výrazným faktorem pro příjem jednotlivých iontů má teplota, kdy s klesající teplotou klesá příjem a využití NO_3^- . Rostliny využívají přijatý dusík pro tvorbu organických sloučenin (především aminokyselin). NO_3^- na rozdíl od NH_4^+ , který může být použitý přímo pro syntézu aminokyselin, musí být nejprve redukován na amonný dusík (Vaněk et al. 2013).

3.3.2. Vliv N hnojení na tvorbu výnosu u brambor

Dusík je nejvýznamnější živinou, která se podílí na tvorbě výnosu brambor. Má přímý vliv jak na výnos, tak na kvalitu hlíz (Vokál et al. 2013). S tímto se shoduje i Vaněk et al. (2013), který udává, že dávka dusíku má výrazný vliv na tvorbu nadzemní biomasy, s čímž je spojená i výše výnosu hlíz. Dále udává, že větší dávky dusíku zvyšují úrodu, ale od určitého množství se snižuje kvalita hlíz a také je z důvodu prodloužení vegetační doby, vyšší pravděpodobnost napadení rostlin plísní bramborovou. Vokál et al. (2013) dále zjistili, že se zvyšující se dávkou dusíku klesá jeho účinnost. To znamená, že při nízkých dávkách N (asi 50 kg N/ha) připadá na 1 kg dusíku přírůstek výnosu okolo 100-120 kg hlíz, ale při dávce nad 120 kg N/ha je již přírůstek pouhých 20-30 kg hlíz. Při extrémně vysokých dávkách (nad 150 kg N/ha) dochází k negativnímu ovlivnění životního prostředí, kdy může docházet ke kontaminaci podzemních vod možným vyplavováním dusičnanů.

3.3.3. Principy hnojení brambor

Statková hnojiva

Statková hnojiva jsou považována za univerzální hnojiva, která působí dlouhodobě a pozvolna (Vaněk et al. 2013). Organická hnojiva přispívají při pravidelné aplikaci ke zlepšení půdní úrodnosti a dále vylepšují fyzikální vlastnosti půdy jako např.: schopnost zadržet živiny a vodu v půdě, odolnost k výkyvům pH apod. (Vokál et al. 2013).

Brambory jsou plodinou patřící mezi rostliny pěstované tzv. v první trati. To znamená, že k nim jsou aplikována organická hnojiva, jejichž vlastností využívají plodiny celého osevního postupu (Vokál et al. 2013). Podle Hamouze (2007) je nejvhodnějším organickým hnojivem pro brambory kompost následovaný hnojem a zeleným hnojením.

Statková hnojiva – jsou základem úspěšného pěstování brambor. Mezi statková hnojiva patří hnůj, močůvka, kejda, zelené hnojení a také sláma. Pro brambory je standardem hnojení vyzrálým chlévským hnojem o dávce okolo 30 t/ha (Vokál et al. 2013). Hamouz et al. (2007) udává, že hnůj o obvyklé dávce 30–40 t/ha se rozmetává a ihned po rozmetání i zaorává v období od žní do konce října. Vaněk et al. (2013) dodává, že hnůj lze zaorávat na jaře, ale pouze ve vlhkých oblastech. Podle Kasala et al. (2010) je dalším velmi kvalitním statkovým hnojivem kejda skotu a prasat, která je vzhledem k dusíku obsaženému především ve čpavkové formě považována za velmi účinné dusíkaté hnojivo. Proto se aplikuje až na jaře v dávkách 45-60 t/ha pro kejdu skotu a 30-35 t/ha pro kejdu prasat.

Zelené hnojení je prozatím málo využívaným druhem organického hnojení. V dnešních podmínkách totiž často nelze splnit požadavek na pravidelné vyhnojení orné půdy v optimální dávce organickými hnojivy (Vokál et al. 2013). Podle Hamouze et al. (2007) je zelené hnojení pro brambory velmi vhodné a je také vhodným doplňkem pro ostatní organická hnojiva. Vhodné plodiny na zelené hnojení jsou z podsevoových plodin jetel bílý a jílek mnohokvětý a z meziplodin hořčice bílá, svazenka vratičolistá, řepice, ředkev olejná, bob, vikev anebo peluška.

Zaorávku slámy je možné použít především při nedostatku jiných statkových hnojiv. Bez použití ostatních statkových hnojiv je nutné pro vylepšení poměru C:N dodat na tunu slámy 6 kg dusíku v amonné formě. Pro dokonalé rozložení slámy je důležitá kvalita rozdrčení slámy, rovnoměrné rozprostření slámy a kvalitní zapravení slámy do půdního profilu (Vokál et al. 2013).

Organická a organominerální hnojiva

Mezi tato hnojiva patří především průmyslově vyráběné komposty a substráty, ale také digestát z bioplynových stanic a čistírenské kaly. Tato hnojiva jsou používána převážně v podmínkách absence živočišné výroby, nebo při nedostatcích statkových hnojiv. Používání čistírenských kalů je omezeno hlavně přítomností toxických prvků, rizikových látek a patogenních organismů. Dávku kalů je nutné stanovit s ohledem na konkrétním množství

živin. Při používání digestátu je dávkování podobné dávkování kejdy, ale s ohledem na celkový obsah živin (Vokál et al. 2013).

Minerální (průmyslová) hnojiva

Používání minerálních hnojiv má za cíl dodání rostlinám ideální množství všech živin potřebných pro tvorbu výnosu a zároveň zvýšit nebo alespoň udržet půdní úrodnost. Oproti organickým hnojivům mají vyšší obsah živin. Tato hnojiva se dělí podle počtu obsažených živin na jednosložková a vícesložková hnojiva. Nejdůležitějšími průmyslovými hnojivy pro pěstování a tvorbu výnosu u brambor jsou dusíkatá minerální hnojiva (Vokál et al. 2013).

3.3.4. Hlavní používaná N hnojiva

Pevná dusíkatá hnojiva:

Ledek vápenatý (LV) je jedním ze základních pevných dusíkatých hnojiv, jehož účinnou složkou je dusičnan vápenatý $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Obsahovat by měl 15,5 % N (z toho 14 % v nitrátové formě a 1,5 % ve formě amonné) a 20 % Ca. Snadno se rozpouští, a proto je vhodný i na přihnojování v kapalné formě (Vaněk et al. 2013).

Ledek amonný s vápencem (LAV) je u nás nejvíce používaným hnojivem. Vyrábí se z dusičnanu amonného a mletého vápence ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$). Obsahuje 27,5 % N (nitrátová forma je ve stejném poměru k amonné formě) a 8 % Ca (Vaněk et al. 2013).

Síran amonný (SA) obsahuje 21 % N (pouze v amonné formě) a 24 % S. Z důvodu nižší pohyblivosti dusíku je vhodný pro použití u brambor a kukuřice, a také se snižuje riziko vyplavení. Má vysoce okyselující charakter, a proto je jeho dlouhodobé používání nutno doplnit neutralizujícím vápněním (Vaněk et al. 2013).

Močovina (MO) je z chemického hlediska amid kyseliny uhličité s obsahem 46 % N. Je vhodná jak pro základní předset'ové hnojení všech druhů plodin, tak pro aplikaci v roztoku během vegetace. Pro správnou účinnost je důležité její včasné zapravení do půdy, aby se zamezilo její částečné vyprchání. Pro snížení ztrát po aplikaci se používají tzv. inhibitory nitrifikace, které zpomalují proces nitrifikace tzn. přeměny amonné formy dusíku na nitrátovou, která je vysoce pohyblivá v půdním profilu, a tím umožňují aplikaci vyšší jednorázové dávky (Vaněk et al. 2013).

Ledek (dusičnan) amonný (LA) je hnojivo s obsahem 34 % N se stejným poměrem obou jeho forem. Pro jeho hořlavost a výbušnost pro něj platí přísné bezpečnostní předpisy, a proto je jeho používání značně omezené. V současnosti je používán především jako surovina pro

výrobu ledku amonného s přidavkem jiné živiny – nejvíce vápence, hořčíku a síry (LAV, LAD, LAS) (Vaněk et al. 2013).

Kapalná dusíkatá hnojiva:

DAM 390 obsahuje 39 objemových % N (ve 100 l hnojiva je obsaženo 39 kg dusíku). Z hlediska chemického složení je to roztok dusičnanu amonného a močoviny. Má velmi korozivní vliv především na barevné kovy. Účinností je srovnatelný s ostatními dusíkatými hnojivy a často je dokáže i překonat. Jeho velkou výhodou je možná kombinace s pesticidy, čímž se sníží aplikační náklady i celková dávka pesticidů. Nevýhodou u něj je možnost popálení rostlin při přihnojování na list (Vaněk et al. 2013).

3.3.5. Doba aplikace

Aplikace hnojiv **před sázením** je využívána především pro statková hnojiva, která se zapravují do půdy již na podzim nebo brzy na jaře. Tato hnojiva však nedokáží nahradit všechny chybějící živiny, a proto je nutné tyto živiny dodat v podobě minerálních hnojiv. Pro tento termín aplikace se příliš nepoužívají dusíkatá minerální hnojiva, která by se znehodnotila např. vyplavením nebo denitrifikací. Z minerálních hnojiv aplikovaných před sázením se používají především fosforečná a draselná hnojiva. Tato hnojiva lze aplikovat již na podzim před orbou (Kasal et al. 2010).

Aplikace minerálních hnojiv přímo **při sázení, tzv. pod patu**, zvýší koncentraci živin v zóně nejintenzivnějšího prokořenění. Hnojení pod patu je velice účinný způsob přihnojování, kterým lze snížit dávku celkového dusíku až na 80 %. Pro aplikaci se využívají adaptéry uchycené na předních ramenech hydrauliky traktoru, nebo adaptéry umístěné na zadních ramenech hydrauliky mezi sazečem a traktorem. Tyto adaptéry ukládají granule hnojiva z obou stran zasazených hlíz (Vokál et al. 2013).

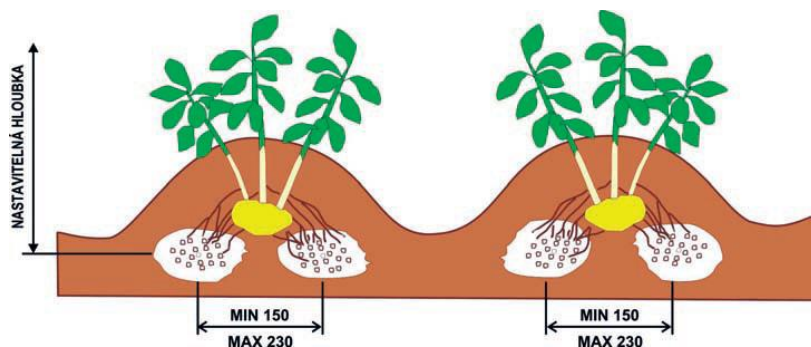
Aplikace **na list** je způsob výživy, při kterém se živiny dodávají rostlinám v průběhu vegetace ve vodném roztoku přímo přes plochu listů (Baier & Baierová 1985). Dodáním živin přes list je možné zredukovat aktuální nedostatek živin během vegetace. Výhodou tohoto způsobu aplikace hnojiv je možná kombinace s postřikem proti plísni bramborové, ale také možnost dodat deficitní mikroelementy plodinám (Vokál et al. 2013).

3.3.6. Způsoby aplikace

Pevná minerální hnojiva jsou aplikována především pomocí rozmetadel na celou plochu pozemku, tzv. **na široko**. Kapalná hnojiva se na široko aplikují širokozáběrovými

postřikovači, které zajišťují rovnoměrnou aplikaci po celé ploše. U tohoto způsobu aplikace se především při používání nekvalitních rozmetadel a při aplikaci méně kvalitních hnojiv objevuje tzv. pruhovitost pozemku. Ta vzniká nedokonalou aplikací pevných minerálních hnojiv a projevuje se střídáním světlezelených (nedohnojené) a tmavězelených (přehnojené) pruhů v porostu. Nedokonalé rozmetání se negativně projevuje především nestejným dozríváním plodin (Vokál et al. 2013).

U brambor je z důvodu odkameňovací technologie aplikace minerálních hnojiv na široko neúčelná a neekonomická, protože by se následnou separací část živin dostala mimo dosah kořenů brambor a tím se stala nedostupnou. Z toho důvodu se u brambor používá tzv. **lokální aplikace** minerálních hnojiv. Při tomto způsobu aplikace se hnojiva zapravují přímo při sázení, kdy jsou granule hnojiva umísťovány v blízkosti zasazených hlíz viz obr.3. (Vokál et al. 2013)



Obr. 3 – Způsob lokální aplikace minerálních hnojiv u brambor (Mayer et al. 2009)

a) Lokální aplikace tuhých hnojiv

V ČR je pro lokální aplikaci tuhých hnojiv využíváno adaptérů, které jsou umístěné buď na předních ramenech traktoru nebo na zadních ramenech před sazečem. Granulované hnojivo je ukládáno po obou stranách řádku v blízkosti zasazených hlíz. Výhodou je malá vzdálenost mezi aplikátorem hnojiv a sazečem, což umožňuje lépe dodržet vzdálenost mezi hnojivem a hlízou. Hlavní nevýhodou tohoto způsobu aplikace je vysoké zatížení ramen traktoru, což vyžaduje používání výkonnějších a těžších traktorů (Mayer et al. 2009)

b) Lokální aplikace kapalných hnojiv

Adaptéry pro aplikaci kapalných hnojiv jsou vybaveny nádrží, která je umístěna na předních ramenech traktoru. Z této nádrže je hnojivo čerpadlem dopravováno až do aplikačních krojidel, která aplikují hnojivo v blízkosti vysazených hlíz. Při aplikaci kapalných hnojiv lokálním způsobem dochází v porovnání s tuhými hnojivy k úsporám až 25 % a ke

zvýšení výnosu o 10-20 %. Další výhodou je vyšší dostupnost pro rostliny (Mayer et al. 2009).

3.3.7. Fertigace

Fertigací se rozumí aplikování kapalných nebo vodou rozpustných hnojiv kapkovou závlahou. Tento způsob hnojení umožňuje přísun živin v množství a složení, které odpovídá vývojovému stádiu porostu. Jejimi přednostmi jsou především rovnoměrné rozdělení hnojiva a vody, nezávislost aplikace živin na povětrnostních podmínkách a vyšší efektivita využití hnojiv, která spočívá v aplikaci menšího množství hnojiv přímo do kořenové zóny. Dalšími výhodami jsou nižší ztráty živin a nižší utužení půdy (Köhling 2007). Cimpa (2003) dodává mezi výhody nižší náklady na hnojení a možnou automatizaci provozu. Podle Patela a Patela (2001) je možné fertigací ušetřit až 40 % dusíku použitého při konvenčním hnojení, aniž by byl ovlivněn výnos hlíz. Jako hlavní nevýhodu uvádí firma Netafim (2004) vysokou cenu používaných hnojiv. Standartní používaná hnojiva určena pro aplikaci v závlahové vodě, která jsou až třikrát dražší než běžná granulovaná hnojiva, je možné částečně nahradit běžně používanými vodorozpustnými nebo kapalnými hnojivy jako např. močovinou, DAM a ledek amonný. Nahradit lze především při hnojení dusíkatými hnojivy.

Pro využití závlahového systému k aplikaci hnojiv, musí tento systém splňovat určité požadavky týkající se hygieny, konstrukce a materiálu, ze kterého bude vyroben. Podle hygienických předpisů musí být závlahový systém oddělen od zdrojů pitné vody tak, aby nedošlo k její kontaminaci. Konstrukční předpisy vyžadují vybavit systém odpovídajícím dávkovacím zařízením a musí být navržen tak, aby umožnil rovnoměrné rozložení hnojiv po celé ploše. Materiál, ze kterého je systém vyroben, by neměl při kontaktu s hnojivy podléhat korozi. Jako nejlepší materiály jsou uvedeny PVC, PE, nebo PP. (Netafim 2003). Dávkovací zařízení pro aplikaci hnojiv do závlahových systémů se dělí na několik druhů z hlediska způsobu činnosti. Pro menší plochy (několik ha) se využívá **jednoduchých injektorů**, které pracují na principu Venturiho trubice. Injektory jsou schopny aplikovat do 150 l/hod roztoku hnojiva. Výhodou je nízká pořizovací cena a jednoduchost konstrukce. Nevýhodou je ztráta tlaku (1–2 bary), který je nutný pro funkci Venturiho trubice. Pro větší plochy se používají **dávkovací čerpadla**, která mohou být poháněna tlakovou vodou, nebo elektromotorem a mohou dodat i několik tisíc litrů roztoku hnojiva. Ve sklenících se používají **proporcionální čerpadla**, která dávkují hnojiva na základě jeho koncentrace v závlahové vodě (Netafim 2004).

4. Materiál a metody

Po vypracování literární rešerše na zadané téma jsem následně zpracovával experimentální část práce, ve které hodnotím výsledky polního pokusu. K práci jsem využil výsledky projektu Výzkumného ústavu bramborářského v Havlíčkově Brodě, na kterém jsem se podílel. Konkrétně se jednalo o pokus, který zkoumá optimalizaci dávky a frekvence kapkové závlahy konzumních brambor v suchých oblastech v kombinaci s foliární aplikací dusíkatých hnojiv. Tento pokus byl založen na pozemcích VÚB Havlíčkův Brod ve výzkumné stanici Valečov.

V přesném polním pokusu založeném ve VS Valečov byly použity dvě odrůdy s různou délkou vegetace – raná odrůda Monika a poloraná odrůda Jolana. Vlhkost půdy byla měřena u každé varianty pokusu samostatně čidlem VIRRIB. Konkrétní vlhkost, při které došlo k automatickému spuštění závlahy, byla spočítána z hodnot polní vodní kapacity a bodu vadnutí na základě stanovení půdních hydrolimitů na dané lokalitě. Závlahová dávka byla stanovena jednotně na 10 mm. Hnojení N v průběhu vegetace přes závlahu bylo zajištěno použitím hnojiva YaraLiva Calcinit ve čtyřech závlahových dávkách v období prodlužovacího růstu porostu. Hnojivo bylo aplikováno pomocí zařízení Dosatron D3, které přimíchává roztok hnojiva k závlahové vodě dle nastavené koncentrace. Sklizeň byla provedena maloparcelkovým sklizečem z parcel o rozměru 20,9 m². U sklizených hlíz byl proveden rozbor výnosotvorných a kvalitativních ukazatelů (počet a hmotnost hlíz podle jednotlivých velikostních kategorií, celkový výnos hlíz, obsah a výnos škrobu). Z uvedeného pokusu o více variantách jsem ve své bakalářské práci hodnotil následujících pět variant uvedených v tabulce 2. Celkové množství vody dodané závlahou je patrné z tabulky 3.

Tab. 3 - Varianty pokusu a jejich označení v práci

	Pokusná varianta		Zkrácené označení
	Závlaha	Hnojení	
1.	Ne	120 kg N před sázením	Z0, N120
2.	Při 15 % půdní vlhkosti	120 kg N před sázením	Z15, N120
3.	Při 25 % půdní vlhkosti	120 kg N před sázením	Z25, N120
4.	Při 15 % půdní vlhkosti	60 kg N před sázením + 60 kg fertigací	Z15, N60+60
5.	Při 25 % půdní vlhkosti	60 kg N před sázením + 60 kg fertigací	Z25, N60+60

Tab. 4 - Množství dodané závlahové vody (mm)

Varianta	Množství vody (mm)
Z0, N120	0
Z15, N120	55
Z25, N120	163
Z15, N60+60	55
Z25, N60+60	163

4.1. Charakteristika pokusné lokality

- Lokalita: kraj Vysočina, okres Havlíčkův Brod
- Pokusné stanoviště: VÚB Havlíčkův Brod, s.r.o. - Výzkumná stanice Valečov
- Název honu: Před dvorem
- Nadmořská výška: 460 m n. m.
- Průměrná roční teplota vzduchu: 7,0 °C
- Průměrná teplota vzduchu za vegetační období: 13,2 °C
- Průměrná roční suma srážek: 652 mm
- Průměrná suma srážek za vegetační období: 426 mm
- Sklonitost: rovina
- Půdní druh: hlinitopísčité až jílovitohlinité
- Půdní typ: kambizem
- Hloubka ornice: 25 cm
- Půdní analýza provedena 18. 04. 2016 (před založením pokusu) -
pH: 6,5 Ca: 2710 mg/kg P₂O₅: 201 mg/kg K₂O: 180 Mg/kg MgO: 112,0 mg/kg

4.2. Charakteristika použitých odrůd

Monika

Byla vyšlechtěna ve šlechtitelské stanici Vesa Velhartice a.s. v roce 2007. Odrůda je vysoce odolná vůči virovým chorobám a háďátku bramborovému a středně odolná plísní bramborové. Hlízy jsou dlouze oválné, s mělkými očky, žlutou dužninou a žlutou, hladkou slupkou. Jedná se o ranou odrůdu brambor. Dosahuje vysokého, v prvních termínech sklizně

dokonce velmi vysokého výnosu velkých hlíz. Hlízy jsou odolné k mechanickému poškození a po oloupání netmavnou. Je vhodná pro přímý konzum, varný typ B. Hlízy jsou velmi dobře skladovatelné.

Jolana

Byla vyšlechtěna v Sativě Keřkov a.s. v roce 2010. Jedná se o poloranou odrůdu, která vyniká svou vyšší odolností proti napadení virovými chorobami. Dále je rezistentní vůči rakovině brambor a středně odolná plísní bramborové. Hlízy jsou krátce oválné a středně velké se žlutou slupkou i dužninou. Je to výnosná konzumní odrůda polopevné konzistence, která je vhodná pro přímý konzum, dlouhodobé skladování i pro zpracování na lupínky a hranolky. Jedná se o varný typ B.

4.3. Agrotechnické zásahy

Podzim-2015

4.8. - sklizeň předplodiny

12.8. - podmínka

26.10. - organické hnojení (hnůj v dávce 48,98 t/ha)

27.10. - podzimní orba na hloubku 23-25 cm

Jaro-2016

21.3. - smykování (3x místem)

18.4. – AZZP před založením pokusu (Envirex s.r.o. Chotěboř)

19.4. – minerální hnojení (celoplošně rozmetadlem) – Patentkali 0,4 t/ha; K₂O 120, MgO 40

22.4. - N hnojení-ručně podle variant

- rotavátorování a shonkování

26.4. – ruční výsadba

20.5. – pokládání zavlažovacích hadic

24.5. – preemergentní aplikace herbicidu Plateen 2,5 kg/ha

26.9. – ukončení vegetace (rozbíječ natě)

21.10. – sklizeň pokusu (jednořádkovým vyorávačem SAMRO)

4.4. Ošetření porostu

22.6. – I. postřik proti plísni bramborové – RIDOMIL GOLD MZ PEPITE (2,5 kg/ha)

29.6. – ošetření proti mandelince bramborové – BISCAYA (0,2 l/ha)

4.7. – II. postřik proti plísni bramborové – RIDOMIL GOLD MZ PEPITE (2,5 kg/ha)

18.7.- III. postřik proti plísni bramborové – REVUS TOP (0,6 l/ha)

2.8. – IV. postřik proti plísni bramborové – REVUS TOP (0,6 l/ha)

11.8. – V. postřik proti plísni bramborové – REVUS TOP (0,6 l/ha)

22.8. – VI. postřik proti plísni bramborové – RANMAN TOP (0,5 l/ha)

8.9. – VII. postřik proti plísni bramborové – RANMAN TOP (0,5 l/ha)

4.5. Povětrnostní podmínky roku 2016

Počasí roku 2016 započalo teplotně průměrným a srážkově podprůměrným lednem. V třetí dekádě měsíce došlo k výraznému oteplení a maximální denní teploty se vyšplhaly až nad 10 °C. Srážky ke konci měsíce byly převážně smíšené a poslední dny pouze dešťové. Únor byl teplotně i srážkově nadprůměrný. Srážky byly převážně dešťové nebo smíšené a rozdělené rovnoměrně během celého měsíce. V měsíci březnu bylo v první dekádě počasí proměnlivé s průměrnými teplotami kolem 3 °C a převážně smíšenými srážkami. V průběhu druhé a třetí dekády došlo k výraznému oteplení, kdy 31. března bylo naměřeno denní maximum 20 °C. Srážkově byl měsíc březen mírně podprůměrný. V dubnu, který byl teplotně průměrný a srážkově mírně podprůměrný, spadlo 76 % dlouhodobého průměru. První dekáda dubna byla suchá a teplá. Počasí se změnilo, až ke konci druhé dekády, kdy po dvou výraznějších bouřkách nastalo chladnější období. K nejvýraznějším výkyvům teplot došlo v průběhu třetí dekády, kdy teploty kolísaly od 1,8 do 10,5 °C v rámci denního průměru. První dekáda května byla na začátku chladnější a deštivější, spadlo celkem 18,1 mm dešťových srážek. Po krátkém ochlazení však přišlo teplé a slunečné počasí a denní maxima se pohybovaly kolem 20 °C. Stejný trend teplého počasí pokračoval až do konce měsíce, kdy teploty dosahovaly až 26 °C což mělo za následek větší četnost bouřek a přívalového deště. Celkově byl měsíc květen teplotně silně nadprůměrný a srážkově podprůměrný (62 % dlouhodobého průměru srážek). Během června, který byl s ohledem na srážky oproti květnu mírně vydatnější, napršelo celkem 80 % dlouhodobého průměru. Teplotně byl červen výrazně nadprůměrný, a to v rámci

celého měsíce. Měsíc červenec započal vysokými teplotami vzduchu. Tyto vysoké teploty panovaly celý měsíc, kromě začátku druhé dekády, kdy teploty vlivem dešťových přeháněk klesly na 15 °C denního maxima. Srážkově byl červenec silně nadprůměrný a spadlo 125 % dlouhodobého průměru. Srpen byl v první i druhé dekádě teplotně průměrný s jedním tropickým dnem. Poslední srpnová dekáda se projevila výraznějším nárůstem teplot, což mělo za následek výskyt bouřkových jevů. Srážkově byl ovšem srpen hluboko pod dlouhodobým průměrem, konkrétně 30,5 % dlouhodobého průměru. Srážky byly nerovnoměrně rozděleny a byl zde zaznamenán zvýšený výskyt intenzivních dešťů. Měsíc září začal příjemným teplým a slunečným počasím, kdy se denní maximální teploty pohybovaly od 20 do 30 °C. K mírnému ochlazení došlo až ve třetí dekádě měsíce září, ovšem dále pokračovalo slunečné počasí bez výraznějších srážek. Srážkově bylo září velmi suché a napršelo pouze 14,3 % dlouhodobého průměru.

Tab. 5 - Povětrnostní podmínky v roce 2016 v porovnání s dlouhodobým průměrem,

Měsíc	Teplota vzduchu (°C) ¹⁾			Měsíční úhrn srážek (mm)		
	Dlouhodobý průměr	2016	Odhylka roku 2016 od DP	Dlouhodobý průměr	2016	Odhylka roku 2016 od DP
I	-3,3	-1,3	2,0	35,3	29,1	-6,2
II	-1,9	3,3	1,4	33,2	48,3	15,1
III	1,5	3,2	1,7	40,4	35,7	-4,7
IV	7,3	7,6	0,3	42,0	31,9	-10,1
V	11,7	13,6	1,9	76,5	49,8	-26,7
VI	15,3	17,4	2,1	89,4	71,4	-18,0
VII	16,6	18,8	2,2	83,9	105,0	21,1
VIII	16,5	17,1	0,6	89,4	27,3	-62,1
IX	12,3	15,8	3,5	83,9	12,0	-71,9

1) průměrná měsíční teplota vzduchu

5. Výsledky

5.1. Vliv pokusných variant na výnosové a kvalitativní ukazatele

Tab. 6 - Vliv variant na výnos hlíz a škrobu

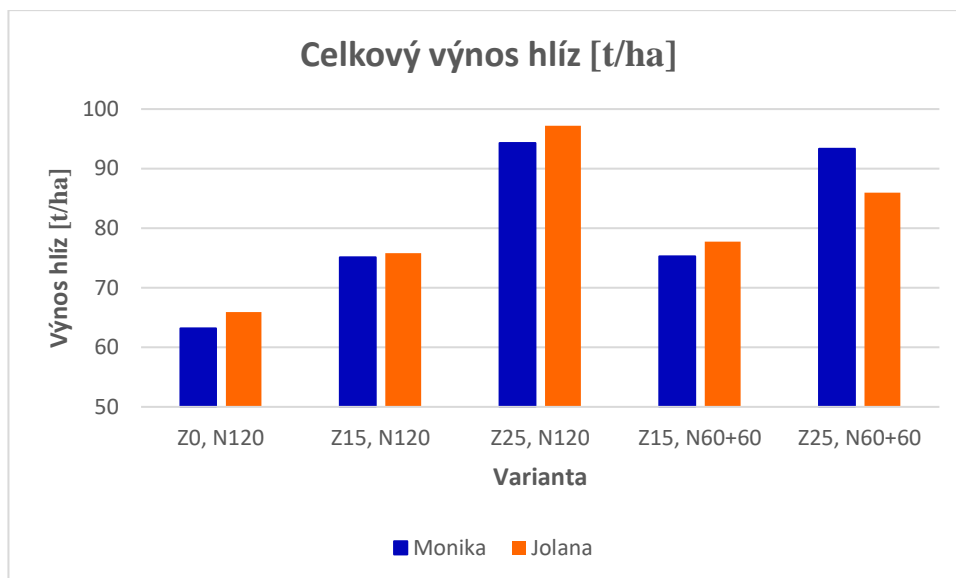
Varianta		Monika			Jolana		
		Výnos hlíz t/ha	Obsah škrobu %	Výnos škrobu t/ha	Výnos hlíz t/ha	Obsah škrobu %	Výnos škrobu t/ha
1	K (Z0, N120)	63,2	15,7	9,75	65,9	21,7	14,29
2	Z15, N120	75,1	14,3	10,64	75,8	21,7	16,44
3	Z25, N120	94,3	14,5	13,42	97,2	18,7	18,16
4	Z15, N60+60	75,3	14	10,54	77,8	21,1	16,41
5	Z25, N60+60	93,4	13,9	13,24	86	19,3	16,56

Tab. 7 - Vliv varianty na výnos hlíz a škrobu v porovnání s kontrolou

Varianta		Monika			Jolana		
		Porovnání s kontrolou (%)			Porovnání s kontrolou (%)		
		Výnos hlíz	Škrobnatost	Výnos škrobu	Výnos hlíz	Škrobnatost	Výnos škrobu
1	K (Z0, N120)	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2	Z15, N120	118,8%	91,0%	109,1%	115,0%	100%	115,1%
3	Z25, N120	149,0%	92,4%	137,6%	147,5%	86,2%	128,1%
4	Z15, N60+60	118,8%	89,2%	108,1%	118,1%	97,2%	114,8%
5	Z25, N60+60	147,8%	88,5%	135,8%	130,5%	88,9%	115,9%

5.1.1. Výnos hlíz

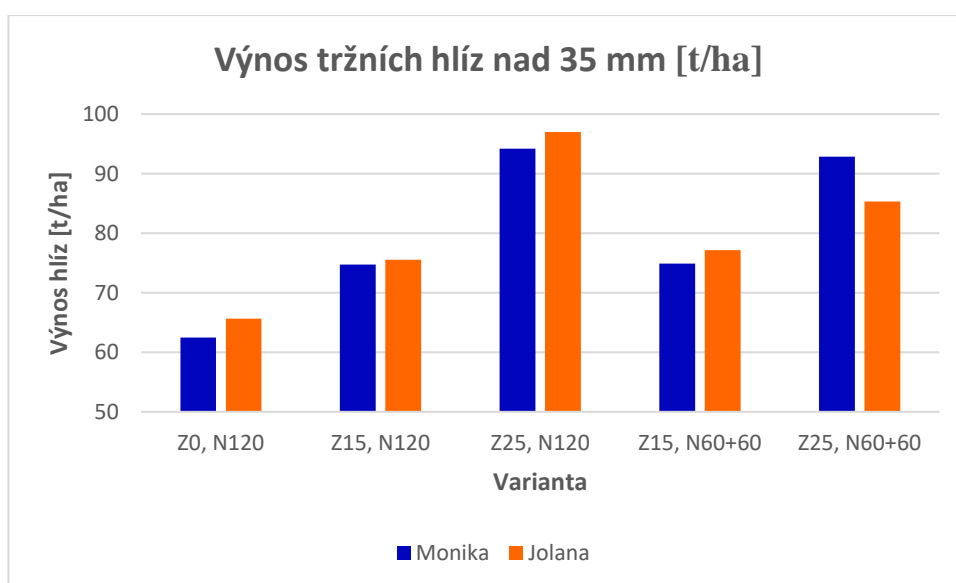
Výnos hlíz byl v roce 2016 v průměru všech variant pokusu 78,47 t/ha u odrůdy Monika a 77,98 t/ha u odrůdy Jolana. U obou odrůd se výnos výrazně zvyšoval s rostoucím množstvím závlahové vody (tab. 4, graf 1). Nejvyšších hodnot výnosu hlíz bylo dosaženo u varianty se závlahou při 25 % vlhkosti půdy a u hnojení pouze před sázením (Z25, N120 – 94,3 t/ha u Moniky a 97,2 t/ha u Jolany). Nejnižšího výnosu hlíz bylo dosaženo u kontrolní varianty bez závlahy (Z0, N120 – 63,2 t/ha u Moniky i Jolany. Nárůst výnosu pokusných variant se závlahou se oproti nezavlažované kontrole pohyboval od 18,8 % do 49 % u odrůdy Monika a od 15 % do 47,5 % u odrůdy Jolana (tab. 5). Hnojení před výsadbou se v porovnání s hnojením v průběhu vegetace závlahovou vodou neprojevovalo výraznějším rozdílem mezi výnosem hlíz jednotlivých variant, což je zřejmé z porovnání variant 2 a 4 i z porovnání variant 3 a 5 (tab. 4, tab. 5, graf 1)



Graf 1 - Vliv variant na výnos hlíz

5.1.2. Výnos tržních hlíz

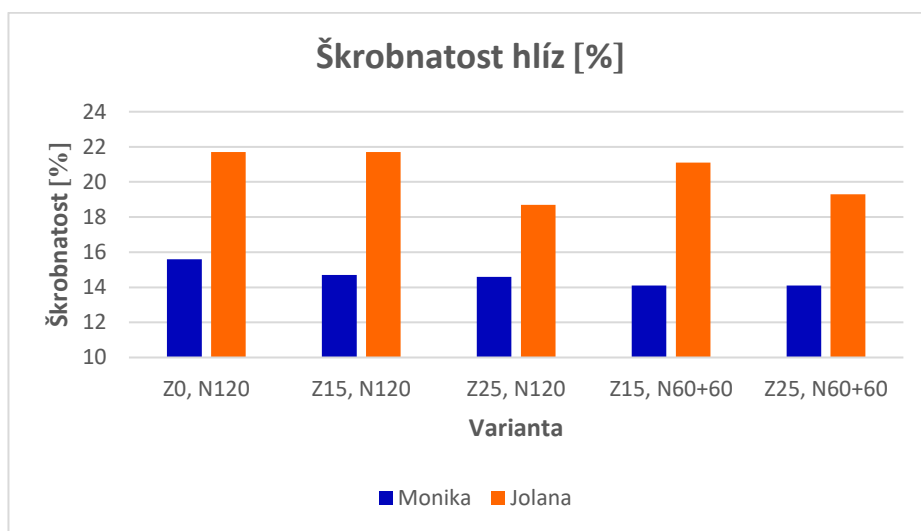
Výnos tržních hlíz se u obou odrůd zvýšil při využití závlahy (graf 2). U většiny variant se výnos hlíz nad 35 mm zvýšil s rostoucím množstvím závlahové vody. Nejvyššího výnosu tržních hlíz nad 35 mm bylo dosaženo pro obě odrůdy u variant se závlahou při poklesu vlhkosti půdy pod 25 %, a to o 31,7 t/ha oproti kontrole u odrůdy Monika a o 31,4 t/ha u odrůdy Jolana. Nejnižšího tržního výnosu bylo zaznamenáno u kontrolní varianty bez závlah. Termín a způsob hnojení neměl na výnos tržních hlíz výraznější vliv.



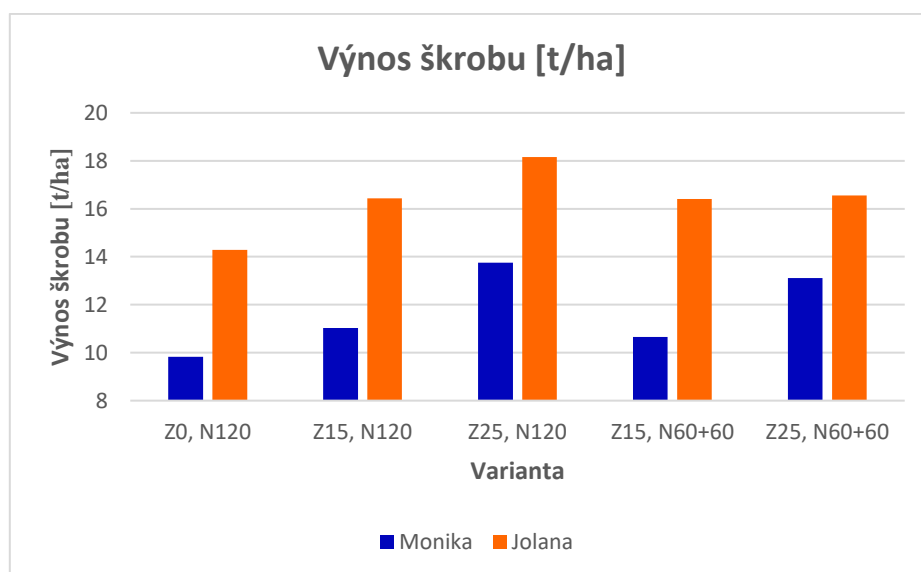
Graf 2 - Vliv variant na výnos hlíz nad 3,5 cm

5.1.3. Obsah a výnos škrobu

Množství závlahové vody průkazně ovlivnilo škrobnatost hlíz, a to tak že se stoupající dávkou závlahové vody klesal obsah škrobu v hlízách (graf 3). Nejvyššího obsahu škrobu bylo tedy dosaženo u varianty bez závlahy a nejnižšího u variant se závlahou při 25 % půdní vlhkosti. Po přepočtení hodnot obsahu škrobu v hlízách na výnos škrobu z hektaru naopak tento parametr se zvyšující se dávkou vody vzrůstal (graf 4). Výnos škrobu z hektaru tak byl nejvyšší u variant se závlahou při 25 % půdní vlhkosti a nejnižší u varianty bez závlahy. Tento rozdíl mezi hodnotami výnosu a obsahu škrobu je způsoben především rostoucím výnosem hlíz z hektaru v závislosti na zvyšující se půdní vlhkosti.



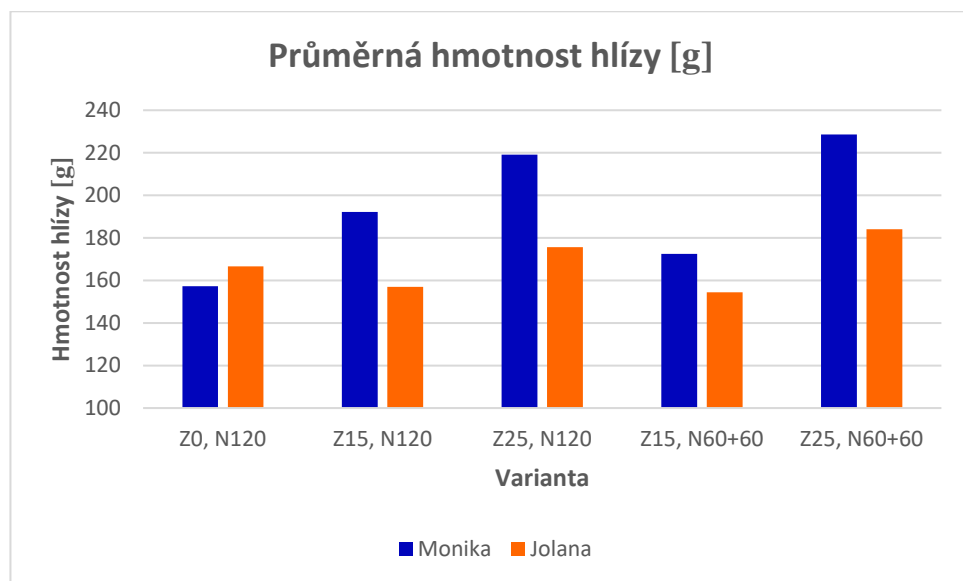
Graf 3 - Vliv varianty na obsah škrobu (%)



Graf 4 - Vliv varianty na výnos škrobu (t/ha)

5.1.4. Průměrná hmotnost hlíz

Průměrná hmotnost hlíz se u jednotlivých variant měnila individuálně podle použité odrůdy (graf 5). U Moniky se s rostoucí vlhkostí půdy zvýšila i hmotnost hlíz. U variant s hnojením před výsadbou se průměrná hmotnost zvýšila přibližně o 30 g při každém zvýšení vlhkosti půdy. U variant s hnojením závlahovou vodou se hmotnost zvyšovala obdobně, pouze u varianty Z 15, N60+60 se tato hmotnost spíše snížila. U Jolany nebylo zjištěno výraznějších rozdílů mezi hmotnostmi hlíz u jednotlivých variant. Pouze u varianty Z 25, N60+60 se zvýšila hmotnost hlíz oproti kontrole přibližně o 25 g.



Graf 5 - Vliv varianty na průměrnou hmotnost hlíz (g)

6. Diskuze

V této kapitole porovnávám dosažené výsledky s údaji z odborné literatury a doplnil jsem k nim vlastní názory na poznatky z výsledků pokusu.

6.1. Vliv jednotlivých variant na výnos a výnosové prvky brambor

U obou odrůd pokusu byl v souvislosti s množstvím závlahové vody výrazně ovlivněn celkový výnos i výnos tržních hlíz. Nejvyššího celkového výnosu bylo dosaženo u varianty, kde byla udržována nejvyšší půdní vlhkost (25 % půdní vlhkosti), a to o 49 % (o 31,1 t/ha) u odrůdy Monika a o 47,5 % (o 31,3 t/ha) u odrůdy Jolana. Nejnižší celkový výnos byl naměřen u varianty, která nebyla zavlažována vůbec, a to 63,2 t/ha (Monika) a 65,9 t/ha (Jolana). Podobný průběh měly i výsledky výnosu tržních hlíz nad 35 mm, kdy nejvyšší výnos byl u variant s udržovanou 25 % půdní vlhkostí (o 31,7 t/ha, respektive o 31,4 t/ha) a nejnižší u kontrolní varianty bez závlahy. Na základě těchto výsledků pokusu lze proto tvrdit, že u obou sledovaných odrůd s rostoucí půdní vlhkostí nastalo výrazné zvýšení výnosu hlíz. Tím se potvrzují výsledky pokusu, ve kterém byl v roce 2010 v Bavorsku sledován vliv kapkové závlahy na výnos konzumních brambor. V tomto pokusu bylo dosaženo zvýšení výnosu hlíz u zavlažované varianty o 45 % oproti nezavlažované kontrole. U kontrolní varianty činil tento výnos 47 t/ha a u zavlažované varianty 68 t/ha. Závlaha byla prováděna při 80 % VVK (Müller et al. 2011). S tím souhlasí i výsledky indického pokusu, ve kterém byla v letech 2010-2011 porovnávána kapková závlaha se závlahou podmokem. Stejně jako u mých výsledků, kdy se nejvyšší výnosy pohybovaly ve variantách se závlahou při 70 % VVK, se i u nich s rostoucím množstvím vody zvyšoval i výnos, ale pouze u závlah do 80 % VVK. Při závlahách nad 80 % VVK již docházelo k mírným poklesům výnosů. Nejvyšších úspor vody bylo dosaženo u závlahy při 60 % VVK, a to až o 80 % oproti závlaze podmokem. Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že při kapkové závlaze bylo dosaženo vyššího výnosu hlíz, vyšší efektivity využití vody a také výrazné úspory vody. (Bisht et al. 2012). Reyes-Cabrera et al. (2016) zjistili, že v případě nedostatku vody využitelné pro závlahu se stává nejefektivnější kapková závlaha, která dokáže v porovnání se závlahou postřikem ušetřit 48-88 % závlahové vody.

Termín a způsob hnojení neměl podle mých výsledků žádný prokazatelný vliv na celkový výnos hlíz ani na výnos tržních hlíz nad 35 mm. Podobné výsledky uvádí mnoho dalších autorů, kteří se tímto tématem zabývají. Např. Singh et al. (2004) zjistili, že kapkovou závlahou bylo dosaženo oproti brázdovému podmoku až o 30 % vyšších výnosů. Ovšem mezi

variantou s fertigací a bez ní nebyly zjištěny výraznější rozdíly ve výnosu hlíz, ale u obou byla zjištěna výrazná úspora vody.

6.2. Vliv jednotlivých variant na hmotnost hlíz a na obsah a výnos škrobu

Na obsah a výnos škrobu má podle mých výsledků závlaha prokazatelný vliv. Nejvyššího obsahu škrobu a zároveň nejnižšího výnosu škrobu z hektaru bylo dosaženo u variant bez zavlažování. Naopak nejnižší obsah škrobu v hlízách, ale nejvyšší výnos z hektaru byl naměřen u variant se závlahou od 70 % VVK. Tento výsledek pravděpodobně vznikl tak, že u varianty bez závlah byly v průměru menší hlízy, které obsahují vyšší procento škrobu. U variant se závlahou se však výrazně zvýšil výnos hlíz z hektaru (až o 50 %), což mělo za následek zvýšení výnosu škrobu z hektaru. Na hmotnost hlíz se závlaha projevila vcelku pozitivně, ale je patrné, že záleží pravděpodobně na výběru odrůdy. Termín a způsob hnojení dusíkatými hnojivy neměl na škrob ani na hmotnost hlíz žádný prokazatelný vliv. S tím se shoduje i Ayas (2013), který udává, že zavlažovaný porost má vyšší hmotnost, velikost a počet hlíz, ale zároveň nižší obsah škrobu a sušiny. Essah et al. (2012) ve svých výsledcích udávají, že kapková závlaha v porovnání s postřikem zvyšuje specifickou hmotnost hlíz. Dále zjistili, že hlízy pod kapkovou závlahou jsou delší než hlízy, které jsou zavlažované postřikem. Tyto výsledky by mohly být cenné především při pěstování brambor pro produkci hranolek.

7. Závěr

Na základě výsledků práce můžeme formulovat tyto závěry:

- a) Kapková závlaha měla výrazný vliv na celkový výnos i výtěžnost tržních hlíz, kdy se na základě jednotlivých variant s rostoucím množstvím závlahové vody zvyšoval výnos i výtěžnost tržních hlíz. Tyto výsledky se projevily u obou odrůd. V porovnání s kontrolní (nezavlažovanou) variantou se výnos v průměru obou odrůd zvýšil přibližně o 50 % (30 t/ha).
- b) Na rozdíl od výsledků u závlah se u různých variant způsobu hnojení (před výsadbou a závlahovou vodou) vliv na výnos a výtěžnost tržních hlíz výrazněji neprojevil, a to ani u jedné z použitých odrůd.
- c) Škrobnatost hlíz v porovnání s kontrolní (nezavlažovanou) variantou výrazně klesala s rostoucím množstvím závlahové vody. Ovšem při přepočtu na množství škrobu z hektaru se s rostoucí dávkou závlahy zvýšil i celkový výnos škrobu.
- d) Kapková závlaha by mohla mít v praxi výrazné uplatnění především pro zvýšení výnosu při nižším množství vody aplikované závlahou. Zároveň se aplikací hnojiv závlahovou vodou podstatně sníží riziko vyplavování nitrátů do podzemních vod a denitrifikace. Z těchto důvodů by mohlo být tohoto způsobu pěstování využito hlavně pro bramborářské výrobní oblasti, kde není dostupné velké množství vody využitelné pro zavlažování a je zde vyšší riziko vyplavení dusíku z půdy.
- e) Jelikož se jedná o výsledky z pouze jednoletého pokusu a efektivnost závlahy je výrazně ovlivněna povětrnostními podmínkami vegetačního období, je nutné považovat tyto výsledky pouze za orientační.

8. Seznam použitých zdrojů

8.1. Literární zdroje:

1. Andráš P. 1994. Současné trendy v závlahové technice. *Úroda* **42**: 26-27.
2. Ayas S. 2013. The effects of different regimes on Potato yield and quality characteristics under unheated greenhouse conditions. *Bulgarian Journal of Agriculture Science* **19**(1): 87-95.
3. Badr MA, El-Tohamy WA, Zaghoul AM. 2012. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. *Agricultural Water Management* **110**: 9-15.
4. Baier J, Baierová V. 1985. *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. SZN, Praha.
5. Benda J. 2010. Závlahová zařízení, stav a perspektiva. Pages 73-78 in Rožnovský J, Litschmann T, editors. *Voda v krajině*. Český hydrometeorologický ústav, Praha
6. Bisht P, Raghav M, Singh VK. 2012. Effect of different irrigation schedules on the growth and yield of drip irrigated potato. *Potato Journal* **39**: 202-204
7. Český hydrometeorologický ústav. Sucho a jeho definice. ČHMÚ, Praha. Available from <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#> (accessed December 2018)
8. Doležal F, Vacek J, Čížek M, Zavadil J. 2007. Rentabilita závlahy brambor v bramborářské oblasti. *Farmář* **13**: 20-22.
9. Essah SYC, Davidson RD, Delgado JA. 2012. Drip irrigation can reduce water use and increase tuber yield and quality in potato production. Page 38 in *Official 8th World Potato Congress: Think global – Win local*. Potato Council, Edinburgh.
10. Grundfos sales czechia and slovakia s.r.o. 2013. *Zavlažování I – typy závlah*. Grundfos sales czechia and slovakia s.r.o. Available from <https://voda.tzb-info.cz/10194-zavlazovani-i-typy-zavlah> (accessed December 2018).
11. Haberle J, Vlček V, Kohout M, Středa T, Dostál J, Svoboda P. 2015. *Bilance a určení dostupné zásoby vody v kořenové zóně plodin*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
12. Hamouz K, et al. 2007. *Rané brambory – pěstitelský rádce*. Kurent s.r.o., Praha.
13. Hamouz K, Pulkrábek J. 2002. *Brambory*. Pages 108-115 in Šnobl J, et al, editors. *Základy rostlinné produkce*. Power Print, Praha.

14. Haverkort AJ. 2018. Potato handbook: Crop of culture. Potato world magazine, Den Haag, The Netherlands.
15. Hruška L, Zrůst J. 1980. Tvorba výnosu u brambor. Pages 349-384 in Petr J, et al, editors. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. SZN, Praha.
16. Jůva K, Hrabal A, Filip J. 1981. Závlaha zemědělských kultur. SZN, Praha.
17. Jůzl M, Pulkrábek J, Diviš J. 2000. Rostlinná výroba III – okopaniny. MZLU, Brno.
18. Kasal P. 2017. Má závlaha brambor na Vysočině do budoucna význam, ano, či ne? *Úroda* **65** (10): 8
19. Kasal P, Čepl J, Vokál B. 2010. Hnojení brambor. VÚB, Havlíčkův Brod
20. Klein V. 2006. Kapková závlaha brambor. *Úroda* **54** (10): 11
21. Köhling R. 2007. Qualitäts und Ertragssteigerung durch Fertigungsmanagement: Tropfbewässerung mit gleichzeitiger Düngung bringt bessere Qualitäten und höhere Erträge, *Kartoffelbau* **58**: 130-133.
22. Králová H. 2005. Vodní hospodářství krajiny I. FAST VUT, Brno.
23. Kuklík V, Křovák F. 1988. Cvičení z meliorací. VN MON, Praha.
24. Kúdela V, Ackermann P, Prášil IT, Rod J, Veverka K. 2013. Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění. Academia, Praha.
25. Litschmann T, Hausvater E, Doležal P. 2018. Praktické zkušenosti s kapkovou závlahou brambor v letech 2016 a 2017 v podmínkách jižní Moravy in Rožnovský J, Litschmann T. Hospodaření s vodou v krajině. ČBkS, Brno.
26. Mayer V, Kasal P, Růžek P, Vejchar D. 2009. Technologie lokální aplikace minerálních hnojiv a přípravků při pěstování brambor. VUZT, Praha.
27. Müller MR, et al. 2011. Tropfbewässerung von Speisekartoffeln: Aktuelle Versuchsergebnisse aus Bayern. *Kartoffelbau* **62**: 36-41.
28. Netafim Czech s.r.o. 2002. Kapková závlaha pro brambory. Netafim Czech s.r.o. Available from <http://www.netafim.cz/produkty/brambory.htm> (access October 2018).

29. Netafim Czech s.r.o. 2002. Princip kapkové závlahy Netafim. Netafim Czech s.r.o. Available from [http://www.netafim.cz/clanky/princip kapkové závlahy.pdf](http://www.netafim.cz/clanky/princip_kapkové_závlahy.pdf) (access October 2018).
30. Netafim Czech s.r.o. 2003. Plně rozpustná hnojiva pro kapkové závlahové systémy. Netafim Czech s.r.o. Available from [http://www.netafim.cz/download/Brozura hnojiv.pdf](http://www.netafim.cz/download/Brozura_hnojiv.pdf) (accessed January 2019).
31. Netafim Czech s.r.o. 2004. Využití kapkových závlahových systémů pro hnojení rostlin. Profi Press, Praha. Available from <https://zahradaweb.cz/vyuziti-kapkovych-zavlahovych-systemu-pro-hnojeni-rostlin/> (accessed January 2019).
32. Patel JC, Patel BK. 2001. Response of potato to nitrogen under drip and furrow methods of irrigation. *Journal of the Indian Potato Association* **28**: 293-295.
33. Penka M, Hemerka G, Bachoň Z. 1973. *Zavlažování rostlin*. SZN, Praha.
34. Reinbold A. 2006. "Vergleich Tropf zur Kanone". *Fertigation im Verhältnis zur Vegetationsphase. Kartoffelbau* **57**: 228-232.
35. Reyes-Cabrera J, et al. 2016. Soil monture distribution under drip irrigation and seepage for potato production. *Agricultural water management* **169**: 183-192.
36. Rybáček V, et al. 1988. *Brambory*. SZN, Praha.
37. Shock CC, Pereira AB. 2006. Development of irrigation best management practise for potato from a research perspective in the United States. *Sakia.org E-Publish* **1**: 1-20.
38. Singh H, Narda NK, Chawla JK. 2004. Studies on trickle and furrow irrigation in potato under split-P fertigation. *Potato Journal* **31**: 209-211.
39. Spitz P, Zavadil J. 2010. Závlahový režim zemědělských plodin a jeho řízení. Pages 87-96 in Rožnovský J, Litschmann T, editors. *Voda v krajině*. ČBkS, Brno.
40. Spitz P, Zavadil J, Duffková R, Korsuň S, Nechvátal M, Hemerka I. 2011. Metodika řízení závlahového režimu plodin výpočetním programem IRRIPROG (s přílohami A, B, C na CD-ROM). Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

41. Susnoschi M. 1982. Growth and yield studies of potatoes developer in a semi-arid region. I. Yield response of several varieties grown as a double crop. *Potato Res.*, **25**: 59-69.
42. Temocigo G, Ion V, Tudora C. 2008. Results of using drip irrigation for growing potato in south Romania. Pages 279-281 in *Potato for a Changing World: Abstracts of Papers and Posters of 17th Triennial Conference of the EAPR*. Brasov: Transilvania University of Brasov.
43. Vaněk V, Ložek O, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P. 2013. *Výživa poľných a záhradných plodín*. ProfiPress, Nitra.
44. Vokál B, et al. 2013. *Brambory šlechtění, pěstování, užití, ekonomika*. ProfiPress, Praha.
45. Wright JL, Stark JC. 1990. Potato. Pages 859-888 in Stewart BA, Nielson DR, editors. *Irrigation of Agricultural Crops*. American society of agronomy, Madison.
46. Zavadil J. 2000. Úsporná doplňková závlaha raných brambor. *Rostlinná výroba* **46**: 495-500
47. Zavadil J. 2006. Optimisation of irrigation regime for early potato, late cauliflower, early cabbage and celery. *Soil Water Res.* **1**: 139-152.
48. Zavadil J, Spitz P. 2010. Závlahy v ČR. *Vodní hospodářství* **60**: 220-222.
49. Zrůst J, Jůzl M, Hlušek J, Přichystalová V. 1999. Některé výnosotvorné prvky velmi raných odrůd bramboru. *Vědecké práce-VÚB Havlíčkův Brod* **13**: 133-146.

8.2. Obrázkové zdroje:

- Obr. 1: Haberle J, Vlček V, Kohout M, Středa T, Dostál J, Svoboda P. 2015. *Bilance a určení dostupné zásoby vody v kořenové zóně plodin*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Obr. 2: Spitz P, Zavadil J, Duffková R, Korsuň S, Nechvátal M, Hemerka I. 2011 *Metodika řízení závlahového režimu plodin výpočetním programem IRRIPROG (s přílohami A, B, C na CD-ROM)*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha. 41 s. ISBN: 978-80-87361-11-5
- Obr. 3: Mayer V, Růžek P, Kasal P, Vejchar D. 2009. *Technologie lokální aplikace minerálních hnojiv a přípravků při pěstování brambor*. Metodická příručka. VÚZT, Praha

8.3. Tabulkové zdroje:

Tab. 1: Český statistický úřad. 2018. Osevní plochy zemědělských plodin – Česká republika. ČSÚ, Praha. Available from https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr (accessed February 2019)

Tab. 2: Kuklík V, Křovák F. 1988. Cvičení z meliorací. VN MON, Praha.

9. Seznam příloh

Příloha č. 1. – Stroj k ukládání zavlažovacích hadic pod povrch hrůbku



Příloha č. 2. – Pokládání zavlažovacích hadic



Příloha č. 3. – Přívodní potrubí s vodoměrem napojené na rozvodné hadice



Příloha č. 4. – Aplikátor kapalného hnojiva + řídicí jednotka k dávkování závlahové vody

