

VÝNOS A KVALITA BRAMBOR PŘI RŮZNÉM ZPŮSOBU APLIKACE HNOJIV A ÚPRAVĚ HRŮBKŮ

POTATOES TUBER YIELD AND QUALITY AT DIFFERENT METHODS OF FERTILIZATION AND RIDGES MODIFICATION

Helena KUSÁ¹, Pavel KASAL², Pavel RŮŽEK¹

¹ Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i Praha

² Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o.

KUSÁ, H. – KASAL, P. – RŮŽEK, P.

VÝNOS A KVALITA BRAMBOR PŘI RŮZNÉM ZPŮSOBU APLIKACE HNOJIV A ÚPRAVĚ HRŮBKŮ Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2020, 26: 43–56

V roce 2019 a 2020 byl na stanovišti ve Valečově (BVO, 460 m n.m., roční úhrn srážek 632 mm, průměrná roční teplota vzduchu 7,4°C) realizován polní pokus v technologii odkameňování s různými tvary hrůbků a aplikací hnojiv. Byly porovnávány hrůbky: mírně miskovitý, s důlky na vrcholu hrůbků a v nekolejové brázdě, a s obnovou důlků v brázdě a kypřením povrchu hrůbků před/při vzcházení porostu. Hnojivo (UREA^{stabil}) bylo aplikováno při sázení brambor do hrůbku v dávce 100 kg N/ha nebo pouze 70 kg N/ha a zbytek (30 kg N/ha) v kapalných hnojivech při kypření do kořenové zóny rostlin. V rámci polního pokusu byl založen maloparcelkový, se stejnými variantami, s hnojivy značenými izotopem ¹⁵N.

V roce 2019 byly nejvyšší výnosy hlíz v polním pokusu dosaženy u variant s kypřením hrůbků (53,25 t/ha při jednorázové aplikaci hnojiv a 54,58 t/ha při dělené dávce N). Obsah škrobu v hlízách dosahoval 13,10 až 13,90 %, nejvyšší byl u kontroly bez hnojení N. V odolnosti k šednutí dužniny nebyly zjištěny průkazné rozdíly. Ve vlhčím roce 2020 byly výnosy hlíz všech hnojených variant vyrovnané (50,72–51,84 t/ha), průkazně vyšší než u kontroly (45,12 t/ha). V maloparcelkovém byl v obou ročních zjištěn nejvyšší výnos hlíz (60,06 a 73,60 t/ha), celkový odběr dusíku rostlinami (286,3 a 227,2 kg N/ha) i využití dusíku z hnojiv u varianty s přihnojením do kořenové zóny rostlin při kypření.

Izotop ¹⁵N; využití dusíku; výnos hlíz; důlkování; kypření hrůbků

ÚVOD

Standardem pro zakládání porostů v tradiční bramborářské oblasti ČR je technologie přípravy půdy s odkameňováním. Rýhování a zejména vlastní separace hrud a kamenů je spojena s intenzivní aerací půdy a mineralizací organické hmoty, proto má tato technologie vysoké nároky na vracení organické hmoty do půdy. Doporučuje se využít slámu, meziploidy či tuhá statková a organická hnojiva. Minerální hnojiva jsou většinou aplikována na jaře před sázením plošně, dusíkatá hnojiva pak při sázení přímo do hrůbku. Ve srov-

nání s plošnou aplikací hnojiv užívanou při konvenční technologii většinou vede uložení hnojiv do hrůbku do budoucí kořenové zóny rostlin k vyššímu využití dusíku rostlinami, nižšímu obsahu N_{\min} v půdě po sklizni a menšímu riziku znečištění vod vyplavením nitrátů v mimovegetačním období (MAIDL *et al.*, 2002; KASAL *et al.*, 2013). Avšak při nedostatku srážek mohou zůstat takto uložené granule hnojiva uvnitř hrůbků nerozpuštěné až do sklizně. Je třeba zadržet v hrůbku více vody a přivést ji k hnojivu, čehož je dosahováno úpravou tvaru hrůbků a nekolejové brázdy, příp. vytvářením důlků a hrázek na jejich povrchu. Po srážkách během vegetace dochází často k vytvoření krusty na povrchu a srážková voda neproniká do hrůbků (k hlízám a hnojivům), ale stéká do brázd, kde se hromadí a na svažitéch pozemcích odtéká po spádnici. Při intenzivních srážkách s sebou odnáší i půdu. Zde se osvědčilo kypření povrchu hrůbků před vzejitím porostu, při kterém zároveň dochází k obnově důlků a hrázek v nekolejové brázdě a je možné aplikovat hnojiva do kořenové zóny rostlin (RŮŽEK *et al.*, 2018). Přihnojení před vzejitím porostu umožňuje snížit dávku dusíku aplikovanou při sázení, což je žádoucí z hlediska vzházení porostu, které je dle ZEBARTHA a ROSENA (2007) zpožděno při vysokých koncentracích minerálních forem dusíku v půdě do 50. dne po sázení. V prvních 55 dnech je realizováno pouze cca 20 % celkového odběru dusíku rostlinami. Toto období je velice rizikové z hlediska ztrát vyplavováním nitrátů či emisí NO_x, zejména při aplikaci vysokých dávek hnojiv před nebo při sázení. K největšímu příjmu dusíku rostlinami dochází během šedesáti dnů po vzejití (KELLING *et al.*, 2015), proto je využití dusíku z hnojiv aplikovaných při vzházení porostu na počátku tvorby hlíz zpravidla vyšší než při aplikaci před či při sázení (MAIDL *et al.*, 2002; RENS *et al.*, 2016).

Při nesprávném používání především dusíkatých hnojiv může dojít nejen k ohrožení životního prostředí, ale také k nežádoucímu ovlivnění kvality bramborových hlíz (MENGEL a KIRKBY, 2001). PAWELZIK (2003a) uvádí, že nadměrné hnojení dusíkem může mít řadu negativních důsledků např. oddálená zralost a tvorba slupky, vyšší náchylnost k houbovým a bakteriálním chorobám, vyšší náchylnost k tmavnutí dužniny, nižší obsah sušiny a horší technologická hodnota a skladovatelnost. Při optimálním dodávání živin dochází k ukládání sloučenin dusíku v hlíze během vegetace analogicky k vývoji sušiny. Zvyšování dusíkatého hnojení vede odrůdově specificky ke zvyšování koncentrace sloučenin s dusíkem, patrně je obohacení nitráty v souvislosti s koncentrací dusíku v hlíze. Důležitým kvalitativním znakem hlíz brambor je výskyt barevných změn v dužnině. Tmavnutí dužniny považují CORSINI *et al.* (1999) za hlavní problém při přímé spotřebě brambor a výrobě zmrazených hranolků. Abiotické šednutí dužniny bramboru se objevuje u oloupaných hlíz, na kterých se vyskytují vnější či vnitřní otlaky způsobené mechanickým poraněním bramboru. Šednutí dužniny závisí na řadě chemických sloučenin (HAMOUZ *et al.*, 1997; DELGADO *et al.*, 2001), jejichž obsah je ovlivněn ročníkem, odrůdou, vodním režimem, skladováním, ale i výživou, mechanickým poraněním a odklícením hlíz. PAWELZIK (2003b) uvádí jako nejdůležitější vnější faktory ovlivňující vznik šednutí dužniny

hnojení, pěstitelské podmínky, vlhkost a teplotu půdy, teplotu hlíz v době sklizně, zralost hlíz či skladovací podmínky. Pro dosažení požadovaného výnosu a kvality hlíz je rozhodující zásobenost půdy zejména základními živinami N, P, K. Ačkoli brambory nemají vyhraněné požadavky k mikroelementům (Zn, Mn, Fe, Cu, B, Mo), může se jejich nedostatek negativně projevit na vývoji porostu a následně i kvalitě hlíz (IERNA *et al.*, 2017).

Cílem práce bylo zjistit, (i) zda různé úpravy tvaru hrůbků a nekolejové brázdy za účelem zadržení většího množství vody ze srážek v hrůbkách povedou k vyšším výnosům hlíz a využití živin z hnojiv, (ii) zda efektivnost hnojiv dále zvýší rozdělení celkové dávky dusíku na dvě – při sázení a při kypření před vzejitím porostu, (iii) zda přidavek mikroelementů, jichž byl v půdě nedostatek, zlepší kvalitu hlíz.

MATERIÁL A METODY

Polní pokus

Na odkameněném pozemku VS Valečov VÚB Havlíčkův Brod, s.r.o., (49.6464158N, 15.4958211E; BVO, 460 m n.m., roční úhrn srážek 632 mm, průměrná roční teplota vzduchu 7,4 °C) byl inovovaným sazečem Grimme založen polní výživářský pokus s různými způsoby aplikace (umístění) minerálních dusíkatých hnojiv a s různým tvarem hrůbku (4 opakování). Charakteristika půdy na pozemku: kambizem písčitohlinitá; hloubka ornice 20–25 cm; zastoupení zrnitostních frakcí: 11,44 % jílovitá, 27,66 % hlinitá, 60,90 % písčítá. Další charakteristiky pozemků jsou uvedeny v Tab. 1. Předplodinou byla ozimá pšenice. Po ní v roce v roce 2018 následovala meziplodina – hořčice, jež byla zaorána spolu s chlěvským hnojem (26 t/ha, 1. 11. 2018). Na podzim 2019 bylo zaorán pouze hnůj (15 t/ha, 5. 11. 2019). Před sázením bylo vždy aplikováno hnojivo Patentkali v dávce 400 kg/ha (tj. 120 kg K₂O, 40 kg MgO a 68 kg S) a při sázení brambor (poloraná odrůda Antonia) minerální dusíkaté hnojivo UREA^{stabil} v dávce 100 nebo 70 kg N/ha dle variant pokusu (Tab. 2). Sázení předcházelo rýhování a separace (6. 5. 2019, 5. 5. 2020). Vlastní sázení bylo provedeno 9. 5. 2019 (6. 5. 2020). Pokusná plocha byla preemergentně ošetřena herbicidem. Při vzházení porostu (31. 5. 2019, 27. 5. 2020) bylo provedeno kypření povrchu hrůbků strojem Varior 500, a u dvou variant současně přihnojení do kořenové zóny rostlin kapalnými minerálními hnojivy: var. 5 DAM se Stabilurenem (inhibitorem ureázy), var. 6 AmisaN B kvůli nízké zásobě bóru v půdě (Tab. 1). V průběhu vegetace byly aplikovány obvyklé pesticidy dle aktuálního stavu porostu – v roce 2019 celkem sedm ošetření fungicidy proti plísni bramboru a alternáriovým skvrnitostem, v roce 2020 z důvodu vysokého infekčního tlaku plísně bramboru bylo provedeno deset ošetření fungicidy a vždy jedno ošetření insekticidem proti mandelince bramborové. Rostliny byly během vegetace v dobrém zdravotním stavu, výskyt plísně, ani jiných škodlivých organismů, které by ovlivnily výsledky pokusu, nebyl zaznamenán. Vegetace byla ukončena (17. 9. 2019, 14. 9. 2020) mechanicky rozbitím

natě. Hlízy z pokusných parcel byly sklizeny (9. 10. 2019, 10. 10. 2020) maloparcelkovým sklížečem Samro Bystronic. Stanoven byl výnos hlíz a kvalitativní parametry (zastoupení hlíz ve velikostních frakcích do 35 mm, 35–55 mm nad 55 mm a jejich výtěžnost, průměrná hmotnost hlíz, obsah škrobu).

Rovněž byla ověřována náchylnost hlíz k abiotickému šednutí dužniny. Do testu bylo zařazeno 10 hlíz z každého opakování. Hlízy byly po dobu čtyř měsíců skladovány při teplotě 3–5 °C. Poté byly poškozeny úderem za pomoci mechanického úderného kyvadla. Úder byl proveden u všech hlíz stejnou intenzitou dle nastavení na stupnici kyvadla. Hlíza byla poškozena vždy v jednom místě tak, aby nebyly zjevné známky povrchového poškození. Po provedení poškození byly hlízy uchovány při teplotě 20 °C po dobu deseti dnů. Hodnocení bylo provedeno na řezu v místě úderu. Podle hloubky zbarvení byly hlízy hodnoceny jedním z pěti stupňů: 1 – bez barevných změn, 2 – zbarvení do hloubky 4 mm, 3 – zbarvení 4 až 8 mm, 4 – zbarvení 8 až 12 mm, 5 – zbarvení nad 12 mm. U každého stupně bylo stanoveno procentické zastoupení hlíz vzorku. Pro vyhodnocení náchylnosti hlíz k abiotickému šednutí byl stanoven index šednutí, a to tak, že procentický výskyt v prvním stupni byl násoben faktorem 0, ve druhém stupni faktorem 0,1, ve třetím stupni faktorem 0,4, ve čtvrtém stupni faktorem 0,7 a v pátém stupni faktorem 1,0. Výsledný index byl stanoven součtem součinů získaných v jednotlivých bonitačních stupních.

Maloparcelkový pokus

Na části polního pokusu byly sázečem vytvořeny pouze hrůbky a byl zde založen maloparcelkový pokus (parcelky á 2 m², 4 opakování) s ručním sázením hlíz a aplikací hnojiv (9. 5. 2019, 7. 5. 2020) značených izotopem ¹⁵N k určení využití dusíku z hnojiv rostlinami. V návaznosti na polní pokus byly založeny varianty 1–5 (Tab. 2). U variant 2–4 bylo při sázení aplikováno 100 kg N /ha v močovině s inhibitorem ureázy (hnojivo UREA^{stabil}). U varianty 5 pouze 70 kg N/ha. Kypření hrůbku a přihnojení var. 5 hnojivem DAM (všechny formy N značeny ¹⁵N) bylo provedeno na počátku vzcházení porostu (3. 6. 2019, 27. 5. 2020). Při sklizni brambor (16. 9. 2019, 8. 9. 2020) byl zjišťován počet a hmotnost stonků nati a hlíz jednotlivých rostlin. Ve všech vzorcích byl stanoven celkový obsah dusíku a poměr izotopů ¹⁴N : ¹⁵N pomocí hmotnostního spektrometru (IRMS). Rovněž byl stanoven obsah rezduálního N_{min.} v půdě, kolorimetricky v extraktu v 1% roztoku K₂SO₄.

Meteorologická sledování byla prováděna pomocí automatické meteorologické stanice umístěné v areálu VS Valečov, cca 300 m od pokusné plochy.

Výsledky byly statisticky hodnoceny s využitím softwaru (Statistika.cz) za pomoci jednofaktorové analýzy rozptylu a Tukeyova HSD testu na hladině významnosti (P <0,05). Statisticky průkazně rozdílné hodnoty jsou označeny rozdílnými písmeny (a,b,c).

VÝSLEDKY A DISKUSE

Povětrnostní podmínky

V posledních letech byl faktorem limitujícím výnos hlíz nedostatek srážek. Prvotním cílem pokusu bylo zvýšit množství vody ze srážek zadržené v hrůbcích a největší rozdíly ve výnosu hlíz i využití živin byly očekávány u různě upravených hrůbků (zejm. var. 3 a 4). Jak však vyplývá z Tab. 3, pokusné ročníky byly srážkově nadnormální. Pro oba byl charakteristický srážkově vydatný a chladný květen, který měl za následek pomalé vzcházení porostu. Tento trend pokračoval v roce 2020 i v měsíci červnu. Vegetační období roku 2019 bylo o 1,6 °C teplejší ve srovnání s normálem a úhrn srážek o 53 mm vyšší. Vzhledem k nadnormálnímu průběhu teplot a nižší zásobě vody v půdním profilu během vegetace však bylo vegetační období považováno za sušší. Vegetační období roku 2020 bylo o 1 °C chladnější než předcházející rok a spadlo během něho o 83 mm srážek více. Dostatek srážek ve vegetačním období vytvořil vhodné podmínky pro rozvoj plísně bramboru. Velký počet dešťových dnů a také méně slunečního svitu přispělo k téměř nepřetržitému ovlhčení porostů, což si vyžádalo intenzivní fungicidní ochranu.

Polní pokus – Výnos a kvalita hlíz

V roce 2019 se výnosy hlíz (Obr. 1) v polním pokusu pohybovaly od 40,2 t/ha (var. 1 – bez N hnojiv) do 54,6 t/ha (var. 5 – úpravy tvaru hrůbků, kypření s přihnojením DAM). Varianty s kypřením povrchu hrůbků na začátku vzcházení (var. 4, 5 a 5B) vykazovaly nejvyšší výnos hlíz (49,8–54,6 t/ha). Použití kypřiče hrůbků se též projevilo vyšším podílem velikostní frakce nad 55 mm a vyšší výtěžností hlíz v této frakci (Tab. 4). U varianty s přihnojením při kypření byla naměřena nejvyšší průměrná hmotnost hlízy, a to 141,2 g. U ostatních variant se hmotnost hlíz pohybovala od 96,7 g (kontrola bez úprav a hnojení N) do 137,2 g (var. 4 – úpravy hrůbku, brázdy + kypření). Rozrušení povrchové krusty kypřením na začátku vzcházení porostu brambor se díky zlepšení přívodu vzduchu a vody do kořenové zóny rostlin projevilo zvýšením výnosu a velikosti hlíz. Rovněž rostliny příznivě reagovaly na aplikaci části dávky dusíku do kořenové zóny rostlin při kypření. Se zvyšujícím se výnosem a velikostí hlíz klesal obsah škrobu v hlízách (Tab. 4), což však lze považovat za obecný jev. U variant přihnojených při kypření byl tento pokles stat. významný, což potvrzuje poznatky ASSUNCAA *et al.* (2020), kteří rovněž zjistili pokles obsahu škrobu při aplikaci dělené dávky dusíku ve srovnání s jednorázovou při sázení.

Ve vlhčím roce 2020 se v polním pokusu úprava tvaru hrůbků a nekolejové brázdy výnosově neprojevila. Výnosy hlíz u hnojených variant dosahovaly 50,72–51,84 t/ha. Pouze nehnojená kontrola vykázala stat. významně odlišný výnos, a sice 45,11 t/ha (Obr. 2). Různými tvary a úpravami povrchu hrůbků se zabývali i JORDAN *et al.* (2013) či KELLING *et al.* (2015). Shodně zjistili významný přínos širších hrůbků s ploškou na vrcholu ve srovnání s klasickými špičatými hrůbkami se strmými boky. Vliv tvarování povrchové plošky –

jednotlivé důlky nebo podélné boční hrázky – byl však silně závislý na povětrnostních podmínkách ročníku a zpravidla neprůkazný. Kvalitativní parametry hlíz ze sklizně 2020 budou stanoveny následně.

U hlíz ze sklizně 2019 byla stanovena odolnost k šednutí dužniny, vyjádřená v Tab. 5 jako index šednutí. Jeho hodnoty dosahovaly 1,0–3,5, což představuje vysokou odolnost k šednutí dužniny u všech testovaných hlíz (dle stupnice hodnocení vysokou odolnost charakterizuje index šednutí až do hodnoty 15). Nejnižší hodnotu (1,00) vykazovaly vzorky hlíz z nehnojené varianty a z varianty 6 s dělenou dávkou dusíku a přídatkem bóru. Ostatní varianty s aplikací celé dávky dusíku při sázení vykazovaly vyšší hodnoty indexu šednutí hlíz. Vyšší hodnoty indexu šednutí u variant hnojených při sázení byly v souladu s poznatky MENGELA a KIRKBYHO (2001) o nepříznivém vlivu nadměrného hnojení N na kvalitu hlíz. Naopak CORSINI *et al.* (1999) při úderových testech nenalezl žádný přímý vztah mezi hnojením N, P nebo K a potenciálem tmavnutí dužniny. Nižší hodnota u varianty s přídatkem bóru, pak potvrdila příznivý vliv dobré zásobenosti půdy mikroprvky na kvalitu hlíz (IERNA *et al.*, 2017). Rozdíly mezi variantami však byly velice malé a statisticky neprůkazné.

Maloparcelkový pokus – Výnos hlíz a využití dusíku z hnojiv

V přesném maloparcelkovém pokusu bylo sázení hlíz a jejich sklizeň prováděny ručně, a proto byly výnosy hlíz vyšší než v polním pokusu. V roce 2019 dosahovaly 51–60 t/ha (Obr. 3), přičemž vyšší byly u variant s důlky na vrcholu hrůbku a nekolejové brázdě (var. 3) a kypřením (var. 4, 5). Dávka 100 kg N/ha při sázení (při stejném tvaru hrůbků) se neprojevila významným zvýšením výnosů ve srovnání s nehnojenou kontrolou. Na pokusném pozemku byla na podzim zaorána meziplodina spolu s hnojem a během vegetace brambor se uvolnilo dostatečné množství dusíku. Při odběru půdy 17. 5. byl zjištěn vysoký obsah N_{\min} v hrůbku (183 mg N/kg suché půdy). U technologie s odkameněním dochází k opakované kultivaci a provzdušnění půdy, což podporuje mineralizační procesy a zpřístupňování živin z půdní zásoby. K uvolňování dusíku z organických látek v půdě přispívá také nízký poměr C : N, který byl 4,6 : 1, přičemž u stabilních půd se pohybuje 9–10 : 1. Nejvyšší výnos byl dosažen u varianty s kypřením hrůbků a rozdělením hnojiva do dvou dávek – 70 kg N/ha při sázení a přihnojení 30 kg N/ha při kypření na počátku vzcházení porostu (var. 5).

V době od sázení do kypření (26 dní) spadlo na stanovišti nadprůměrné množství srážek (103 mm), které mohly posunout živiny z hnojiv aplikovaných při sázení po stranách hlíz do půdního profilu ještě dříve, než rostliny brambor začaly dusík z půdy odebírat. Podle ZEBARTHA a ROSENA (2007) v prvních třiceti dnech rostliny čerpají živiny jen z matečné hlízy a do 55 dnů po sázení přijmou přibližně 20 % z celkového množství dusíku, který za vegetaci spotřebují. Pozdější přihnojení do kořenové zóny rostlin se projevilo zvýšením výnosu hlíz, nejvyšším celkovým odběrem dusíku rostlinami i nejvyšším využitím dusíku z aplikovaných hnojiv. Hnojivo bylo aplikováno speciálním dlátem z nekolejové

brázdy do kořenové zóny a následně byly v brázdě vytvořeny důlky pro zadržení vody, která napomáhá transportu živin z hnojiva ke kořenům a jejich příjmu rostlinami. Celkový odběr dusíku hlízami a natí u této varianty dosáhl 286 kg N/ha a byl statisticky významně ($P > 0,05$) vyšší než u ostatních hnojených variant (249–253 kg N/ha) i kontroly (221 kg N/ha). Celkové využití dusíku z hnojiva rostlinami brambor činilo 51–59 % při jednorázové aplikaci při sázení, při rozdělení do dvou dávek se stat. významně zvýšilo až na 66 % (Obr. 4), díky vyšší efektivnosti druhé dávky hnojiv, aplikované v době stoupajícího odběru dusíku rostlinami. To potvrzují i poznatky RENSE *et al.* (2016), kteří značili izotopem ^{15}N odděleně jednotlivé dávky a zjistili využití dusíku z hnojiv aplikovaných při vzcházení pětikrát vyšší než při hnojení před sázením.

Dusík z hnojiv se na jeho celkovém odběru rostlinami podílel jen 20 % v případě miskovitého hrůbku bez dalších úprav a 22–24 % u variant s důlkováním brázdy a příp. kypřením. Minerální dusík v půdě po sklizni brambor byl z 95–98 % v nitrátové formě. I u nehnojené kontroly byl reziduální obsah vysoký (Obr. 5), v půdním profilu do 0,6 m bylo nalezeno 95 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$, u hnojených variant o 6–39 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$ více. Nejnižší hodnoty reziduálního N byly zjištěny u nejvýnosnějších variant s největším odběrem dusíku. 72 až 81 % z tohoto množství bylo v ornici do hloubky 0,3 m. Míra rizika jejich posunu do půdního profilu či vyplavení závisí na intenzitě srážek v následujícím mimovegetačním období.

V roce 2020 byly dosaženy vyšší výnosy hlíz než v předcházejícím ročníku a stejně jako v polním pokusu, nebyly zjištěny stat. významné rozdíly mezi jednotlivými hnojenými variantami (Obr. 6). U nehnojené kontroly činil výnos hlíz 51,6 t/ha, u variant hnojených plnou dávkou při sázení byly výnosy vyrovnané 68,7–69,2 t/ha a nejvyšší výnos (73,6 t/ha) byl opět dosažen u var. 5 s aplikací N hnojiv při sázení (70 % dávky) a kypření. Využití dusíku z hnojiv rostlinami brambor bylo srovnatelné s předchozím ročníkem, pohybovalo se od 51 do 63 %, přičemž nejvyšší bylo opět u varianty s kypřením a přihnojením (Obr. 7). Zásoba minerálního dusíku v půdě byla v roce 2020 několikanásobně nižší než v minulém ročníku. V hrůbcích bylo na konci května (před kypřením) zjištěno pouze 33 mg $\text{N}_{\text{min./kg}}$ půdy (2019: 183 mg $\text{N}_{\text{min./kg}}$), a proto byl očekáván vyšší podíl dusíku z hnojiv v celkovém odběru N rostlinami. Meziročníkový rozdíl nebyl ve skutečnosti příliš významný, roce 2019 se dusík z hnojiv podílel na celkovém odběru N hlízami i natí max. z 23 %, v následujícím roce jeho podíl dosáhl u hlíz nejvýše 28 % a v natí 26 %. Bylo to způsobeno nižším celkovým odběrem dusíku rostlinami (u hnojených variant 203–227 kg N/ha, v roce 2019: 249–287 kg N/ha) i větším odčerpáním dusíku z půdní zásoby, což dokumentují nízké reziduální obsahy nitrátového dusíku po sklizni (Obr. 8). Ty byly ovlivněny i vydatnými srážkami během vegetace, jež vytvořily potenciál pro vyplavení nitrátů hlouběji do půdního profilu. V hloubce do 0,6 m bylo zjištěno nejvýše 47 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$ u kypřené varianty s jednorázovou aplikací N hnojiva při sázení, naopak nejméně $\text{NO}_3\text{-N}$ ze všech hnojených variant bylo zjištěno po přihnojení při kypření (39 kg/ha), které se blížilo nehnojené kontrole (35 kg/ha).

Přihnojení brambor na začátku vzcházení do kořenové zóny rostlin se v obou letech projevilo zvýšením výnosu hlíz, nejvyšším celkovým odběrem dusíku rostlinami i nejvyšším využitím dusíku z aplikovaných hnojiv. To potvrzuje poznatky MAIDLA *et al.* (2002), kteří ve víceletém polním pokusu zjistili stoupající efektivnost u hnojiv s pozdějším termínem jejich aplikace, jež se při umístění do hrůbku zvyšovala od 33,9 % (hnojení při sázení) do 43,7 % při hnojení vzešlého porostu. RENS *et al.* (2016) zjistili rozpětí využití dusíku z hnojiv od 11 % do 62 % pro aplikace před sázením a na počátku tvorby hlíz. Nízkou efektivnost hnojiv aplikovaných při sázení přisuzovali převážně imobilizaci N během raných vývojových fází.

Tab. 1: Vlastnosti půd na pokusných pozemcích (Valečov)

Výsledky AZP před založením pokusu 0–0,3 m (mg/kg suš. půdy)						
Rok	P	K	Mg	Ca	pH/H ₂ O	pH/CaCl ₂
2019	245,3	206,6	87,17	649,1	5,26	4,62
2020	194,7	202,5	188,5	1550	6,29	5,69
Obsahy mikroprvků v hrůbku před přihnojením (mg/kg suš. půdy)						
Rok	Cu		Zn	Fe	Mn	B
2019	2,577		8,687	396,6	124,5	0,502
2020	2,479		4,693	363,5	69,25	0,518
*Dobrý obsah	1,61–4,5		2,21–5,0	60–420	30,1–200	0,56–1,0

*dle Smatanová, M. (2016)

Tab. 2: Varianty polního a maloparcelkového pokusu na stanovišti Valečov

Varianta	Hnojení při sázení		Přihnojení při kypření		Hrůbky upravené s miskou + další úpravy
	Po stranách hlíz		Dlátém do hrůbku		
	hnojivo	kg N/ha	hnojivo	kg N/ha	
1	-	0	-	0	0
2	UREA ^{stabil}	100	0	0	0
3	UREA ^{stabil}	100	0	0	+ důlky na vrcholu hrůbků + důlky v nekolejové brázdě
4	UREA ^{stabil}	100	0	0	+ důlky na vrcholu hrůbků + důlky v nekolejové brázdě + kypření spolu s dlátý a důlky v nekolejové brázdě
5	UREA ^{stabil}	70	DAM ^{stabil}	30	+ důlky na vrcholu hrůbků + důlky v nekolejové brázdě + kypření spolu s dlátý a důlky v nekolejové brázdě + přihnojení
5B (pouze polní pokus)	UREA ^{stabil}	70	AmisaN B	30	+ důlky na vrcholu hrůbků + důlky v nekolejové brázdě + kypření spolu s dlátý a důlky v nekolejové brázdě + přihnojení

Tab. 3: Bilance povětrnostních podmínek jednotlivých ročníků vzhledem k dlouhodobému normálu

Měsíc	Srážky (mm)					Teplota (°C)				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
Dlouhodobý průměr	73,5	94	77,8	79,2	51,1	12	15,1	16,8	16,7	13,2
2019	110,6	56,9	89,3	76,2	96,0	10,6	21,0	18,4	18,8	13,1
2019: odchylka od normálu	37,1	-37,1	11,5	-3,0	44,9	-1,4	5,9	1,6	2,1	-0,1
2020	100,0	142,5	85,9	108,2	75,8	11,0	16,1	17,7	18,6	13,6
2020: odchylka od normálu	26,5	48,5	8,1	29,0	24,7	-1,0	1,0	0,9	1,9	0,4

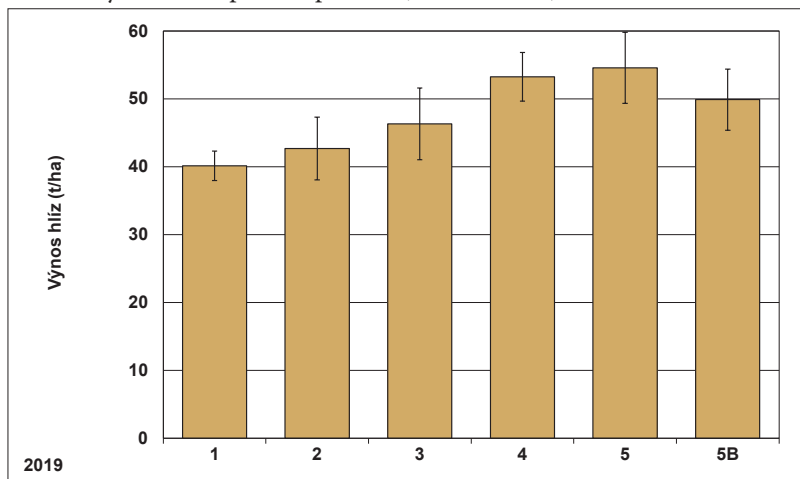
Tab. 4: Kvalitativní parametry hlíz (Valečov 2019)

Var.	Zastoupení ve velikostních třídách (%)			Výtěžnost jednotlivých velikostních tříd (t/ha)			Obsah škrobu (%)	Výnos škrobu (t/ha)
	do 35 mm	35–55 mm	nad 55 mm	do 35 mm	35–55 mm	nad 55 mm		
1	3,733	49,85	46,41	1,498	20,01	18,65	13,90 ^a	5,577
2	2,269	44,30	53,43	0,953	18,26	23,47	13,65 ^a	5,836
3	1,880	37,37	60,75	0,819	16,82	28,68	13,43 ^{ab}	6,210
4	1,568	29,81	68,62	0,842	15,78	36,62	13,70 ^a	7,295
5	1,663	33,18	65,16	0,881	17,79	35,91	13,15 ^b	7,176
5B	1,797	40,01	58,19	0,870	20,72	29,24	13,10 ^b	6,542

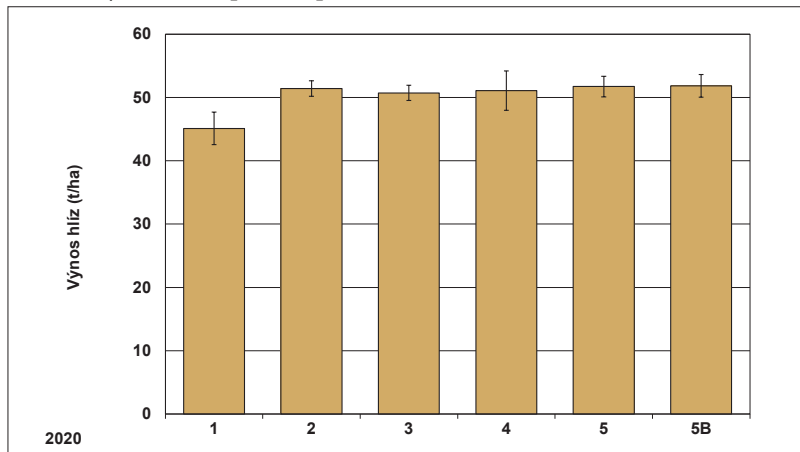
Tab. 5: Odolnost hlíz k šednutí dužniny (polní pokus Valečov 2019)

Varianta	Podíl hlíz (%) dle bonitačních stupňů					Index šednutí (%)
	1	2	3	4	5	
Hloubka poškození	0	do 4 mm	4-8mm	8-12 mm	nad 12 mm	
1	90,00	10,00	0,00	0,00	0,00	1,00a
2	85,00	10,00	5,00	0,00	0,00	3,00a
3	90,00	5,00	5,00	0,00	0,00	2,50a
4	80,00	15,00	5,00	0,00	0,00	3,50a
5	92,50	2,50	5,00	0,00	0,00	2,25a
5B	97,50	0,00	2,50	0,00	0,00	1,00a

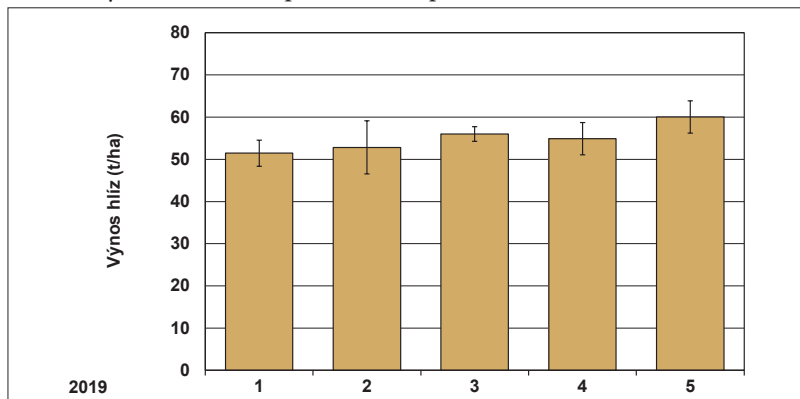
Obr. 1: Výnos hlíz v polním pokusu (Valečov 2019)



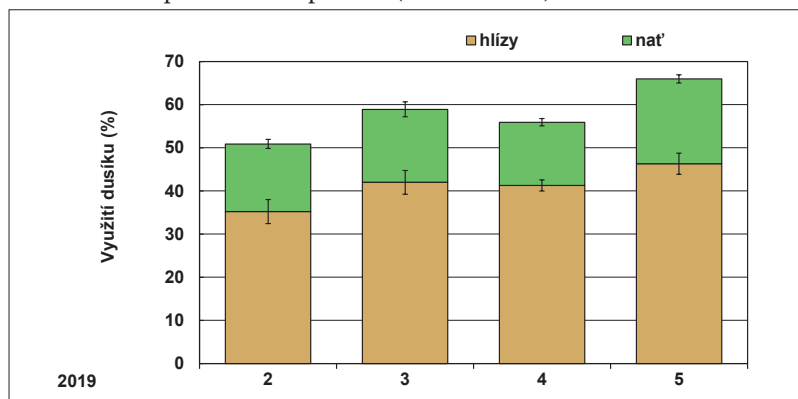
Obr. 2: Výnos hlíz v polním pokusu (Valečov 2020)



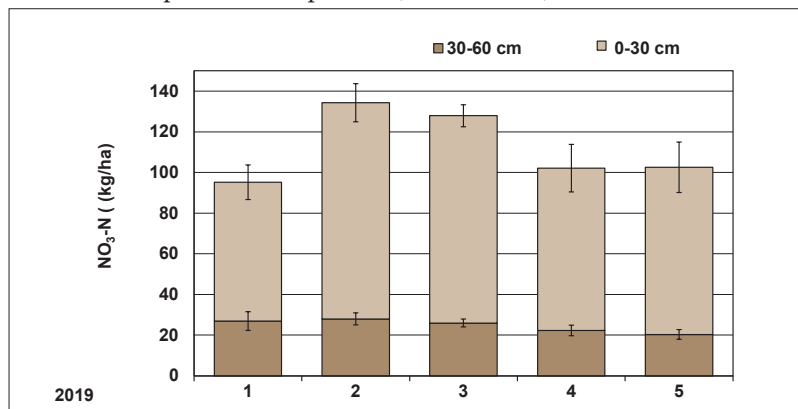
Obr. 3: Výnos hlíz v maloparcelkovém pokusu (Valečov 2019)



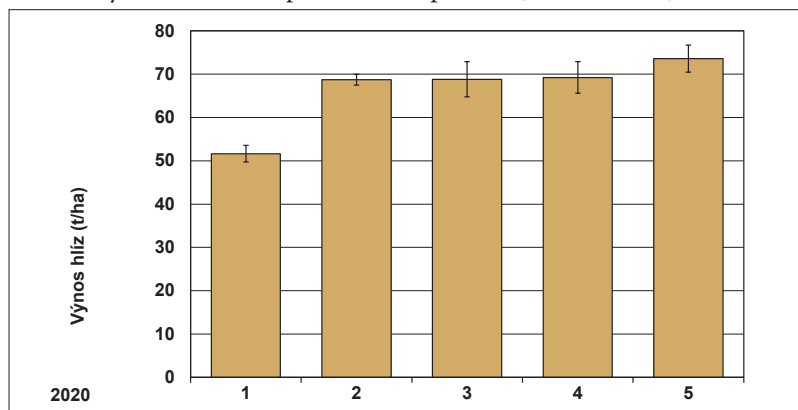
Obr. 4: Využití dusíku z hnojiv rostlinami brambor v maloparcelkovém pokusu (Valečov 2019)



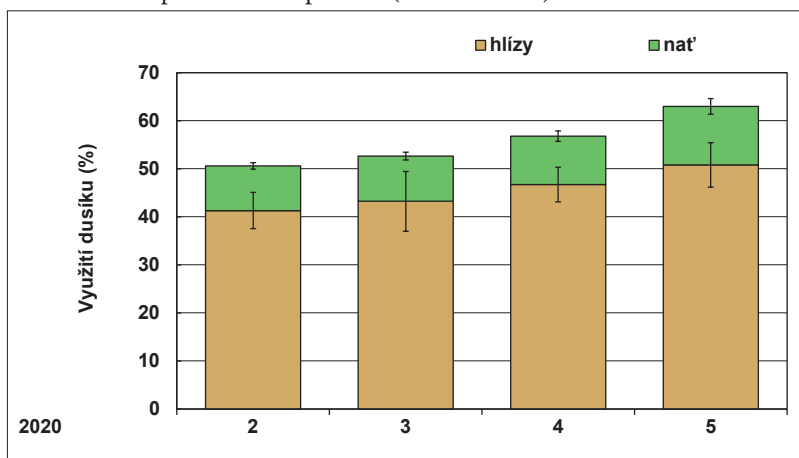
Obr. 5: Obsah nitrátového dusíku v půdě po sklizni brambor v maloparcelkovém pokusu (Valečov 2019)



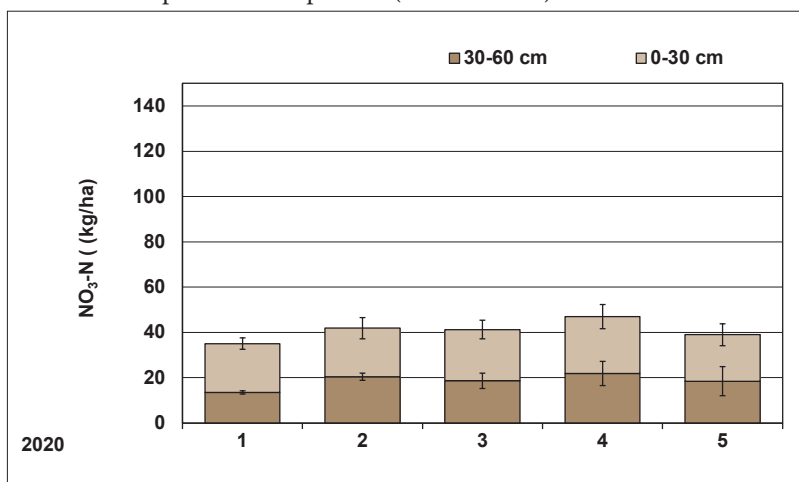
Obr. 6: Výnos hlíz v maloparcelkovém pokusu (Valečov 2020)



Obr. 7: Využití dusíku z hnojiv rostlinami brambor v maloparcelkovém pokusu (Valečov 2020)



Obr. 8: Obsah nitrátového dusíku v půdě po sklizni brambor v maloparcelkovém pokusu (Valečov 2020)



PODĚKOVÁNÍ

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství v rámci projektu QK1910382.

LITERATURA

- ASSUNCAO, N.S. – FERNANDES, A.M. – SORATTO, R.P. – MOTA, L.H.S.O. – RINEIRO, N.P. – LEONEL, M. (2020): Tuber yield and quality of two potato cultivars in response to nitrogen fertilizer management. *Potato Research*. DOI: 10.1007/s11540-020-09469-7.
- CORSINI, D. – STARK, J. – THORNTON, M. (1999): Factors contributing to the blackspot bruise potential of Idaho potato fields. *American Journal of Potato Research*, 76(4): 221–226.
- DELGADO, E. – SULAIMEN, M. I. – PAWELZIK, E. (2001): Importance of chlorogenic acid on the oxidative potential of potato tubers of two German cultivars. *Potato Research*, 44 (2): 207–218.
- HAMOUCZ, K. – LACHMAN, V. – PIVEC, M. – ORSÁK (1997): Vliv podmínek pěstování na obsah polyfenolických látek v bramborách u odrůd Agria a Karin. *Rostlinná výroba*, 43(11): 541–546.
- IERNA, A. – PELLEGRINO, A. – MALVUCCIO, A. (2017): Effects of micronutrient fertilization on the overall quality of raw and minimally processed potatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 134: 38–44.
- JORDAN, M.O. – KELLING, K.A. – LOWERY, B. – ARRIAGA, F.J. – SPETH, P.E. (2013): Hill shape with influences on potato yield, quality, and nitrogen use efficiency. *Am. J. Pot. Res.*, 90: 217–228.
- KASAL, P. – RŮŽEK, P. – KUSÁ, H. – ČEPL, J. (2013): Metodika technologie pěstování brambor se zaměřením na vyšší efektivnost hnojení a ochranu vod. *Havlíčkův Brod: Výzkumný ústav bramborářský*. 27 s.
- KELLING, K.A. – ARRIAGA, F.J. – LOWERY, B. – JORDAN, M.O. – SPETH, P.E. (2015): Use of hill shape with various nitrogen timing splits to improve fertilizer use efficiency. *Am. J. Pot. Res.*, 92: 71–78.
- MAIDL, F.X. – BRUNNER, H. – STICKSEL, E. (2002): Potato uptake and recovery of nitrogen ¹⁵N-enriched ammonium nitrate. *Geoderma*, 105: 167–177.
- MENGEL, K. – KIRKBY, E.A. (2001): *Principles of Plant Nutrition*. 5th Edition, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/ Boston/ London.
- PAWELZIK, E. (2003a): Düngung zu Kartoffeln: ihr Einfluss auf Produkt und Qualität. *Kartoffeltrends 2003*. Kartoffeln & Chemie. Bergen/Dumme: Agrimedia: 30–34.
- PAWELZIK, E. (2003b): Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln: Stand des Wissen., Obst-, Gemüse- und Kartoffelverarbeitung, 1–2: 24–27.
- RENS, L. – ZOTARELLI, L. – ALVA, A. – ROWLAND, D. – LIU, G. – MORGAN, K. (2016): Fertilizer nitrogen uptake efficiencies for potato as influenced by application timing. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 104: 175–185.
- RŮŽEK, P. – KUSÁ, H. – VAVERA, R. – KASAL, P. (2018). Inovace pěstování brambor pro lepší zadržení vody v hrůbčích. *Úroda*, 66(4): 97–101.
- SMATANOVÁ, N. (2016): Pracovní postupy pro agrochemické zkoušení půd v České republice v období 2017 až 2022. *Metodický pokyn č. 9/SZV. ÚKZÚZ*. 26 s.
- ZEBARTH, B.J. – ROSEN, C.J. (2007): Research perspective on nitrogen BMP development for potato. *Am. J. Pot. Res.*, 84: 3–18.

KUSÁ, H. – KASAL, P. – RŮŽEK, P.

POTATOES TUBER YIELD AND QUALITY AT DIFFERENT METHODS OF FERTILIZATION AND RIDGES MODIFICATION

Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2020, 26:43-56

In 2019 and 2020, a field experiment in the technology of stone separation with various shapes of ridges and application of fertilizers was carried out at the site in Valečov (BVO, 460 m above sea level, annual total precipitation 632 mm, average annual air temperature 7.4 °C). The shapes of the ridges were as follows: slightly bowl-shaped, with pits at the top of the ridges and in the non-rail furrow, and with resumption of the pits in the furrow and loosening of the ridges surface before/during the emergence of the stand. The fertilizer (UREA^{stabil}) was applied at planting into ridges at a dose of 100 kg N/ha or only 70 kg N/ha and an increasing part (30 kg N/ha) in form of liquid fertilizers during loosening into root zone of plants. The small-plots experiment was established as a part of this field trial with the same variants, where ¹⁵N-labelled fertilizers were used.

In 2019, the highest yields of potato tubers in the field trial were achieved in variants with ridges loosening (53.25 t/ha in case of a single application of fertilizers and 54.58 t/ha at split doses). The starch content in the tubers reached 13.10–13.90%, the highest was in the control without N fertilization. No significant differences were found in the resistance to abiotic graying of potato tubers. In the more rainy year 2020, the yields of tubers of all fertilized variants were balanced (50.72–51.84 t/ha), significantly higher than in the control (45.12 t/ha). In a small-plot experiment in both years, the highest tuber yield (60.06 and 73.60 t/ha), total nitrogen uptake by plants (286.3 and 227.2 kg N/ha) and nitrogen use from fertilizers were found in the variant with ridges loosening and split nitrogen dose.

Isotope ¹⁵N; nitrogen use; tuber yield; pitting; ridges loosening

Kontaktní adresa:

Ing. Helena KUSÁ, Ph.D.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

Drnovská 507, 166 06 Praha 6

tel.: + 420 233 022 266, e-mail: kusa@vurv.cz