

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Vliv listového hnojiva Kelik K-Si na výnos a na jakost  
brambor**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Tomáš Kučera**

**Obor: Fytotechnika, Rostlinná produkce**

**Vedoucí: prof. Ing. Jiří Balík, CSc., dr. h. c.**

© 2019 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv listového hnojiva Kelik K-Si na výnos a na jakost brambor" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.4.2019

\_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Jiřímu Balíkovi a prof. Karlu Hamouzovi za cenné rady a připomínky při zpracování práce, dále Rudolfu Kučerovi za poskytnutí veškerých podmínek k uskutečnění pokusu.

# Vliv listového hnojiva Kelik K-Si na výnos a na jakost brambor

## Souhrn

Ve dvouletém pokusu byly zkoumány účinky hnojiva Kelik K-Si, které obsahuje 20 %  $K_2O$ , 13 %  $SiO_2$  a 2 % EDTA, na výnos a další ukazatele brambor (*Solanum tuberosum* L.). Aplikace byla provedena třikrát během vegetace (BBCH 25, 40 a 60) v dávce  $0,75 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Pokus byl proveden v katastru obce Bolina na rodinné farmě Rudolfa Kučery (druh: písčitohlinitá půda, typ: kambizem) v letech 2016 a 2018. Rok 2016 byl z hlediska povětrnostních podmínek normální a rok 2018 byl postižen extrémním suchem. Jedná se o poloprovozní pokus ( $1\,500 \text{ m}^2$  jedna parcela) se třemi odrůdami brambor. Byly vybrány odrůdy Adéla, Agria a Valdivia. Z každé odrůdy (hnojené a kontrolní varianty) byly zajištěny 3 odkopy po 10 trsech. Byly hodnoceny výnosové výsledky, velikostní zastoupení hlíz a obsah škrobu.

Výsledek prvního roku sledování (2016) byl velmi příznivý. Hnojené varianty u všech odrůd měly vyšší výnos, a to o + 7 až  $13 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , škrobnatost byla také u hnojených variant vyšší, stejně i výtěžnost tržních hlíz a nasazení hlíz na trs. Hlízy hnojených variant byly vyrovnanější. Ve druhém roce 2018 byly pozorovány ve většině případů opačné trendy (tedy, že hnojivo Kelik K-Si působilo dokonce nepříznivě, a to jak na výnos, škrobnatost a na další ukazatele kromě nasazení hlíz) než v roce 2016. Toto vyšší nasazení hlíz u odrůd Adéla a Agria bylo zřejmě na úkor nárůstu hmotnosti hlíz v extrémním suchu, které rok 2018 provázelo. Ve dvouletém poloprovozním pokuse nebyl prokázán pozitivní vliv přípravku Kelik K-Si na výnos a kvalitu brambor. K dalšímu objektivnímu hodnocení přípravku Kelik K-Si je nutno pokračovat ve sledování na více stanovištích a u více odrůd.

Z výsledků vyplývá, že je třeba pokus dále opakovat či případně rozvíjet, aby byl přesně vymezen význam a konkrétní přesně popsané účinky přípravku na brambory.

**Klíčová slova:** brambory, listové hnojivo, Kelik K-Si, výnos, obsah škrobu, kvalita hlíz

# Influence of foliar fertilizer Kelik K-Si on the yield and quality of potatoes

## Summary

The influence of Kelik K-Si fertilizer (16,6 % K, 6 % Si and 2 % EDTA) application on potatoes (*Solanum tuberosum* L.) yield and other parameters was investigated in two-year field experiment. Application (always 0.75 l.ha<sup>-1</sup> of fertilizer) was performed in three vegetation periods (BBCH 25, 40, 60). The experiment was established at the family farm of Rudolf Kučera in the area Bolina in the years 2016 and 2018. There were the normal weather conditions in the year 2016 and extremely dry weather in the year 2018. The experiment was carried out with three potatoes varieties (Adéla, Agria and Valdivia) at 1500 m<sup>2</sup> plots divided in fertilized and control section. From each section were taken up the tubers from 30 plants (10 plants from three sub-rows). Yield parameters, tuber size groups rate and starch content was evaluated after the harvest.

The result of first investigation (2016) was very positive. Fertilized treatments showed from 7 to 13 t.ha<sup>-1</sup> higher yield as well as higher starch content and higher commercially usable tubers count, respectively. The differences between the tuber sizes were lower in comparison with 2018.

The opposite tendencies were observed in the year 2018, except of tubers initiation. It means that Kelik K-Si application led to decrease of tuber yields, starch content and other parameters. Higher tubers initiation by the varieties Adéla and Agria caused probably the decrease of tuber weight. It may be attributed to the dry weather in 2018.

The influence of Kelik K-Si fertilizer on potatoes tuber yield, size and starch content was not proven in two years field experiment. To the objective evaluation of Kelik K-Si fertilizer, further investigation at more locations with more potatoes varieties is needed.

**Keywords:** Potatoes, foliar fertilizer, Kelik K-Si, yield, starch content, tubers quality

## Obsah

1. Úvod .....	7
2. Vědecká hypotéza a cíle práce .....	8
3. Přehled literatury .....	9
3.1 Principy výživy rostlin .....	9
3.2 Zásady hnojení brambor .....	10
3.3 Mimokořenová výživa .....	11
3.6 Křemík v půdě a v rostlině.....	14
4. Materiál a metody .....	29
4.1 Kelik K-Si.....	29
4.2 Pozemky .....	30
4.2 Vývoj povětrnostních podmínek.....	33
4.3 Sledované odrůdy brambor.....	35
5. Výsledky a statistické vyhodnocení.....	36
6. Diskuze .....	46
7. Závěr .....	49
8. Seznam použité literatury .....	50
9. Seznam příloh .....	55

## 1. Úvod

České bramborářství poznamenává několik problémů. Tyto problémy vzešly z rezignace na nové trendy před 20 lety. Celý segment zemědělství se odvíjí od ekonomické situace. Česká republika se zaměřila na obor průmyslu a export výrobků, tudíž se ekonomická situace zlepšila a s ní se zvyšovala i životní úroveň obyvatelstva. Dále se propojily trhy se západními zeměmi a uchytily se zde velké obchodní řetězce, které i pozměnily cestu komodit od zemědělců po konečné zákazníky. Vývoj přinesl pokles zájmu o neupravené, nezřídka i od hlíny umazané brambory. Brambory se tak začaly ve velkém prát. A tím zemědělci museli začít pěstovat vhodné odrůdy na praní a také dodržovat správné zásady pěstování a šetrný management manipulace brambor. V důsledku toho se zde ukazuje, že některé zemědělské subjekty mají v pěstování brambor značné rezervy. Nerespektují agrotechnické lhůty, ne vždy dodržují zásady správného vyhnojení půdy, nerespektují, že bramborová hlíza je tvořena ze  $\frac{3}{4}$  vodou a že každý větší pád znamená otlak na hlíze. Proto budu ve své diplomové práci zkoumat zásady správného hnojení a svoji pozornost jsem zde zaměřil na přípravek Kelik K-Si.

Problematika tmavnutí až černání dužniny brambor je nejčastěji způsobena nedostatkem draslíku a dalším nevyrovnaným hnojením. V této problematice upírám svou pozornost na křemík, který je schopen v omezené míře tuto vadu zmírnit. Křemík má funkci zpevňování rostlinných pletiv, pomáhá přijmout fosfor ve špatně dostupné formě, je prokázána souvislost s dalšími prvky, udržuje listy vzpřímené, u obilnin zpevňuje stonek, zejména v hustších porostech pomáhá proti zlomení. U brambor je prokázáno, že přispívá k tenčí slupce, která déle dozrává, avšak déle si udrží svoji konzistenci (po 10 měsících skladování je stále vzhledná).

Literární rešerše je tvořena z odborných knih a vědeckých časopisů. Samotný pokus probíhal v poloprovozních podmínkách na farmě Rudolfa Kučery. Aplikaci přípravku, odkopy, třídění do velikostních skupin, vážení a zjišťování škrobu jsem prováděl osobně. Výsledky jsem pečlivě zapisoval a vypracoval statistické porovnání. Výstupem jsou krabicové grafy a tabulky, které demonstrují statisticky významný či nevýznamný rozdíl.

## 2. Vědecká hypotéza a cíle práce

Vědecká hypotéza:

Mimokořenová aplikace křemíku ve vhodných růstových fázích zvýší obsah křemíku v rostlinách brambor a tím ovlivní kvantitativní a vybrané kvalitativní parametry hlíz.

Cíl:

Cílem práce je stanovení vlivu mimokořenové aplikace hnojiva Kelik K-Si na výnos, strukturu výnosu a škrobnatost hlíz u vybraných odrůd brambor.



### 3. Přehled literatury

#### 3.1 Principy výživy rostlin

Základní princip příjmu živin funguje na přijímání sluneční energie. Živiny se díky tomu přetvářejí na organické látky těla rostliny. Rostlina je tvořena z vody 70 – 95 %, minerálních a organických látek je v rostlině 5 – 27 %. Popelovin je 1 – 5 %. Nejvyšší podíl v organických látkách má uhlík, kyslík a vodík. Dále rostliny přijímají dalších 70 prvků. Některé jsou pro růst nepostradatelné, ty nazýváme biogenní. Některé jsou už méně důležité, avšak jejich úplná absence by rostlině škodila. Jsou to prvky užitečné, sem patří například křemík, na který zaměřuji tuto práci, a další prvky – sodík, hliník, kobalt a jiné. Tyto užitečné prvky mají nezastupitelnou úlohu při zvýšení účinnosti prvků biogenních. Jejich potřeba je však, co se týče množství, velmi malá (Vaněk et al. 2016). Principem výživy je dodat rostlině dostatečné množství prvků, které bude potřebovat pro svou stavbu organických látek, k umožnění transportu látek, k uložení produktů fotosyntézy, k aktivaci enzymatických procesů, k ovlivnění buněčných membrán a k dalším funkcím (Richter et al. 1998).

Nedostatek makrobiogenních prvků se pozná poměrně dobře. Každá živina má specifický indikátor. Nedostatek dusíku se projeví zmenšenou tvorbou bílkovin, to znamená zabrzdění růstu rostliny. Listová plocha rostliny zesvětlá, u obilnin se pak tvoří méně odnoží, menší klasy, menší nasazení zrna a menší hmotnost. Takto má každá makrobiogenní živina specifickou indikaci, že v rostlině chybí. Existuje také zákon minima, tzv. Liebigův zákon. Potenciál rostliny je omezen nejnižším obsahem daného prvku. V přesném znění „*Výnos rostlin je závislý na tom činiteli, který je v nejmenším množství, tvoří minimum, které limituje sklizeň*“ (Duchoň & Hampl 1962).

Příjem živin je limitován kvantitou a kvalitou kořenového systému. Diference systémů je způsobena druhem rostliny, vnějšími podmínkami, vnitřními podmínkami pro optimální rozvinutí kořenového systému. Pod pojmem vnitřní podmínky si můžeme představit stresování rostliny nedostatkem hořčíku. Ostatních prvků byl dostatek, a přesto jejich příjem byl poloviční (Baier 1969). Dle Lamonda (1982) je absorpční plocha nepřímou zvýšena houbovými hyfami, které procházejí od kořínků. Je tak zajištěn transport živin v roztoku do rostliny. Během vegetace je příjem živin rozdělen do několika období podle fáze růstu rostliny. Brambory začínají odebírat nejvíce živin v červenci, kdy jsou na vegetačním vrcholu viz tab. 1 (Baier 1969).

Tab. 1: Příjem živin rostlinami v průběhu vegetace v % (Remy in Baier 1969)

	květen	červen	červenec	srpen	září
<b>dusík</b>	10	31	37	18	4
<b>fosfor</b>	8	24	37	24	7
<b>draslík</b>	9	36	35	17	3

### 3.2 Zásady hnojení brambor

Brambory se pěstují v lehkých až středních půdách, to odpovídá bramborářské výrobní oblasti, ale také to může být oblast kukuřičná či řepařská. Brambory jsou velmi náročné na odběr živin. Podle Richtera et al. (1998) a Vokála et al. (2013) na 1 t výnosu potřebují 4 - 5 kg N, 0,88 kg P, 7 kg K, 2,2 kg Ca, 0,84 kg Mg. Dávka dusíku se ještě upravuje podle směru využití.

Pro lepší pochopení, jak brambory vyživovat, je dobré vědět, co hlízy brambor obsahují. Hlízy brambor jsou tvořeny ze 75 % vodou, a to se musí zohlednit v zásadách hnojení, v zásadách manipulace a uskladnění. Z tab. 2 vidíme procentní vyjádření vody a sušiny v hlíze a dále procentní vyjádření makroprvků a popelovin. Tab. 3 ukazuje procentní vyjádření jednotlivých nezanedbatelných prvků z popelovin (Vaněk et al. 2012).

Tab. 2: Složení hlízy brambor v % (Vaněk et al. 2012)

	voda	sušina	C	O	H	N	popeloviny
<b>hlízy brambor</b>	75	25	44	47	5,8	1,5	1,7

Tab. 3: Složení popela vyjádřené v % (Vaněk et al. 2012)

	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cl	Si
<b>hlízy brambor</b>	16,9	60,1	2,6	4,9	3,0	6,5	3,5	<b>2,0</b>

Singh & Kaur (2016) uvádějí obdobné hodnoty o složení bramborových hlíz navíc i s výživovou hodnotou a bílkovinami viz tab. 4. Nejpodstatnějším komponentem hlízy je škrob, který zaujímá kolem 70 % sušiny. Ten je uložen v parenchymatických pletivech jako zásobní látka ve škrobových granulích. Škrob je tvořen z 22 až 30 % amylozou. Brambory jsou velmi bohatým zdrojem bílkovin s vysokou hodnotou (1 až 2 %) a také zdrojem vitamínů jako například vitamín C  $30 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , ve stopovém množství vitamín A, vitamín B1, B6 a E. Vreugdenhil et al. (2007) uvádějí, že čerstvě vyorané brambory mají obsah vitamínu C  $21 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  čerstvé hmoty a po tříměsíčním skladování hodnota klesá na 11 mg. V čerstvé hmotě hlízy obsahují  $0,6 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  niacinu (B2),  $0,44 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  vitamínu B6 a  $0,21 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  thiaminu (B1). Singh & Kaur (2016) konstatují, že v čerstvé hmotě dále obsahují silné antioxidanty jako jsou karotenoidy ( $50$  až  $100 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) a fenoly ( $2000 \mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ). Obsah dusíku je 0,3 %. Guntzer et al. (2012) konstatují, že kritická hodnota křemíku v hlíze z popelovin je 0,5 %. Rozdíly jsou dané genetickou výbavou brambor. Nejméně křemíku však obsahují bobovité. Obsah křemíku je také ovlivněn obsahem vápníku. Tyto dva prvky se spíše vylučují, rostlina má vždy silnou převahu jen jednoho.

Tab. 4: Obsah látek a živin v hlízách brambor v čerstvé hmotě po uvaření (Singh & Kaur 2016)

látko / živina	na 100 g hlíz
voda	77 g
uhlohydrát	20,12 g
energie	87 kcal
bílkoviny	1,87 g
tuky	0,1 g
vápník	5 mg
draslík	379 mg
fosfor	44 mg
železo	0,31 mg
niacin	1,44 mg
thiamin	0,106 mg
riboflavin	0,02 mg

Brambory jsou velmi náročnou plodinou pro hnojení především jak organickými, tak minerálními hnojivy. Výživu brambor lze zabezpečit použitím statkových hnojiv, případně zeleným hnojením. Pro komplexní výživu použijeme hnojiva minerální (Vokál et al. 2013).

V případě, že jsou brambory zařazeny ve druhé trati, umí dobře využívat živiny. První rok hnojivo v předplodině uvolní přibližně 25 % dusíku a druhý rok bramborám uvolní přibližně 35 % dusíku, což je velká ekonomická úspora (Čepl et al. 2009). Dle Neetesona (1989) jsou statisticky vypořádovány závislosti mezi aplikací dusíkatého hnojiva v brzké fázi podzimu a fází pozdější. Neeteson dělal pokusy i s dávkováním dusíku. U 60 % variací dávka přesáhla 300 kg.ha<sup>-1</sup>. Ve svém pokusu sledoval pouze čistý výnos brambor, pro praktické využití doporučuje dávku optimalizovat. Zvážit kolik dusíku je v půdní zásobě a zvážit další faktory.

### 3.3 Mimokořenová výživa

Mimokořenová výživa je pouze doplněk ve výživě rostliny, hlavní příjem živin je kořeny. Lze ji využít třeba při korekci závažného nedostatku konkrétní živiny, například při nevhodném pH půdy, a tedy nepřístupnosti živiny či rychlé změně povětrnostních podmínek nebo při extrémních povětrnostních podmínkách, kdy v půdě nedochází k přirozeným procesům, a tedy i třeba nepřístupnosti živin nebo při podobných případech. Cena živin mimokořenového řešení je mnohem vyšší než cena živin hnojených „přes půdu“ (Černý et al. 2018).

Vhodnost mimokořenové aplikace je na místě u případu s půdní reakcí neutrální nebo až alkalickou, kde je nedostatečný obsah přijatelného železa nebo manganu. Zde je aplikace velmi efektivní. V těchto podmínkách se u manganu doporučuje opakovat aplikaci několikrát během vegetace. Dalším nepříznivým faktorem může být velké sucho (Balík et al. 2006). Tedy předností mimokořenové výživy je vysoká využitelnost živin, protože nepodléhají nežádoucím chemickým vazbám, tedy znepřístupnění, jako tomu je u půdy. Dále je možné aplikaci živin

spojit s aplikací pesticidů, tedy vytvoření jednoho tankmixu a tedy jednoho přejezdu přes pole Čermák (2006).

Princip příjmu je u mimokořenové výživy podobný jako u kořenů. S rozdílem, že živiny musejí překonat epikutikulární vosk a kutikulu. Živiny musí prostoupit kutinovou vrstvou, která je nejsilnější částí epidermu. Kutinová vrstva je složena ze skeletu celulózy zpevněného kutinem, voskem a pektinem. Tyto vrstvy pomáhají chránit rostlinu proti nadměrné transpiraci a proti vymývání anorganických a organických látek při dešti. Prostup živin či látek probíhá přes póry v kutikule, kde průměr těchto pórů je menší než 1 nm a jejich hustota je přibližně  $10^{10} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Pro srovnání močovina, která prostupuje velmi dobře těmito póry má velikost okolo 0,44 nm. Naopak syntetické cheláty, jako např. FeEDTA, jsou větší a pronikají v oblasti svěracích buněk průduchů, kde je nejvyšší výskyt těchto kutikulárních pórů. Póry jsou lemovány negativními skupinami a tato koncentrace se zvyšuje směrem k vnitřní straně kutikuly. To způsobuje usnadnění příjmu kationtů před anionty, ale nejlepší pro příjem jsou pochopitelně skupiny bez elektrického náboje třeba jako molekula močoviny  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ . To platí při nízkých koncentracích (Balík et al. 2006). Vaněk et al. (2006) uvádějí pořadí permeability: molekuly bez náboje > kationty<sup>+</sup>, anionty<sup>-</sup> > kationty<sup>2+</sup>, anionty<sup>2-</sup> > kationty<sup>3+</sup>, anionty<sup>3-</sup>. Obtížně je sorbován fosfor a molybden. Černý et al. (2018) uvádějí, že pro překonání ochranných vrstev listu je důležitá vlastnost postřikové jíchy, tj. například pH jíchy, použití adjuvantů, forma látky s mikroprvky atd. Dále podotýkají, že by se měl řešit konkrétní deficit prvku před preventivním překombinováním tankmixu prvky, protože vstup do rostliny má omezený počet pórů a velké spektrum prvků by nemuselo přijmout. Kationty (např.  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  apod.) mezi sebou působí antagonisticky. Balík et al. (2006) poukazují na vyšší rychlost příjmu živin v noci, kdy jsou průduchy rostliny zavřené. Samotný příjem dále závisí na dalších vnějších faktorech jako jsou koncentrace iontů, jejich mocenství, teplota a na vnitřních faktorech jako je metabolická aktivita. To potvrzuje i Richter (1998), že o přijmutí živiny mimokořenově rozhoduje stáří listu, tloušťka kutikuly, rozložení listů, pH roztoku, koncentrace roztoku, teplota vzduchu, vlhkost, sluneční svit. Balík et al. (2006) dále uvádějí, že živiny v roztoku musí ulpět na povrchu listu. Dále musí proniknout epidermem do apoplastu listu. Dále proběhne příjem listovými pletivami, a to za spotřeby energie a pomocí přenašečů nebo či zároveň ve směru elektrochemického gradientu bez spotřeby energie. Posledním krokem je translokace v rámci listu nebo do zásobního či rostoucího orgánu rostliny pomocí floému (Balík et al. 2006).

Tab. 5: Mobilita živin ve floému (Balík et al. 2006)

vysoká mobilita	střední mobilita	nízká mobilita
K, Mg, P, S, N, Cl, (Na)	Fe, Zn, Cu, B, Mo	Ca, Mn

Rychlost příjmu je ovlivněn případným deficitem konkrétní dané živiny. Bylo zjištěno, že například při nedostatku fosforu byl příjem a translokace mnohem rychlejší než při normálním výživovém stavu. Stáří listu také snižuje příjem živin. Mezi faktory, které dále ovlivňují příjem živin patří síla a vlastnosti kutikuly. Množství a podíl roztoku ulpěného na listu, termín a intenzita dešťových srážek. Dále relativní vlhkost vzduchu a rychlost vysychání aplikovaného roztoku, limitovaná schopnost některých živin se translokovat. Hlavní

faktor dodržení množství živiny při jedné aplikaci, a to standardně v roztoku do 1 % (vyjimka pouze u močoviny – 10 %). Mezi další faktory se řadí případné poškození listu mimokořenovou aplikací např. popálení nebo nekrózy.

Richter (1998) při mimokořenovém hnojení poukazuje na schopnost využít až 85 % účinnosti živin v porovnání s aplikací hnojiv do půdy. Pokud jde o čerpání těchto živin, rostlina jich využije 30 - 60 %. Vaněk et al. (2006) uvádějí, že například u dusíku je využití živiny mezi 70 a 80 % (přibližně dvojnásobné oproti aplikaci do půdy), ale zásadní rozdíl je ve vyaplikovaném a ulpěném množství živiny na listu. Tedy využitelné množství je podstatně nižší než vyaplikované. Richter (1998) uvádí, že při mimokořenové aplikaci je účinnost dána mobilitou živin v rostlině. Při vyšší teplotě může dojít k rychlému odpaření vody z plochy listu a list to může i popálit. Nejrychleji se vstřebává dusík, přibližně do půl hodiny. Nejdéle se vstřebává fosfor, to je v řádu 5 – 10 dnů a pak kovy - 10 – 20 dnů v závislosti na podmínkách.

Dle Fernándeze & Eicherta (2009) může být mimokořenová aplikace živin teoreticky cílenější a ekologičtější, protože jsou živiny do rostliny dodávány přímo v omezeném množství, a to může přispět ke snížení dopadu na životní prostředí. Reakce na aplikaci živin není vždy pozitivní, zvláště při nedostatečné znalosti různých faktorů při pronikání roztoku do listu. Vaněk et al. (2006) také zmiňuje, že aplikace živin nemusí být vždy pozitivní. Fernández & Eichert (2009) dále poukazují na „spray and pray“ situace, které je třeba svědomitě analyzovat a na základě znalostí zvolit bezpečný způsob dodání živin.

Dle Fageria et al. (2009) se používají pro hnojení rostlin a půdy esenciální rostlinné živiny, které byly předmětem výzkumu. Zkoumání se zabývalo rozdílem mezi hnojením půdy a hnojením mimokořenově. Zjistili, že je efektivnější a i ekonomičtější hnojit mimokořenově. Aplikace půdních hnojiv se provádí na základě půdních rozborů a aplikace mimokořenové výživy se většinou provádí po vizuálních změnách na listech rostliny nebo na základě rozboru rostlinných tkání. Důležitá je správná diagnóza nedostatku živin v rostlině. V další řadě si musíme uvědomit, že pro absorpci živin v dostatečném měřítku do rostliny, potřebujeme dostatečný index listové plochy. Při aplikaci se musí hlídat aplikované množství živin, teplota při aplikaci, rozpustnost a koncentrace roztoku.

Dle Alexandera (1986) je mimokořenová výživa důležitou součástí pěstování hlavních plodin, kde se bude více dbát na účelné hnojení. Mimokořenová aplikace živin se sdružuje s aplikací přípravků na ochranu rostlin za předpokladu, že jsou složky v tankmixu slučitelné. Listová hnojiva mohou účinnost pesticidu zvýšit či naopak utlumit. Alexander dále poukazuje na rozdílné načasování aplikace živin na list a doporučený stupeň ošetření plodiny pesticidem.

Praktický výzkum s mimokořenovým dodáním živin do rostliny prováděl Zeidan et al. (2010). Svůj výzkum zaměřili na pšenici (*Triticum aestivum* L.), kterou ošetřovali železem, manganem a zinkem. Výsledky pokusu ukazují, že se výnos zrna u pšenice významně zvýšil. Aplikace zinku, manganu a železa může mít zásadní roli na růst rostlin, na fotosyntetické procesy, na dýchání a na další biochemické a fyziologické procesy. Obdobné výsledky dosáhl i Welch et al. (1991).

### 3.6 Křemík v půdě a v rostlině

Křemík má relativní atomovou hmotnost 28,09. Výskyt křemíku všeobecně na planetě popisuje tab. 6 v porovnání s hlavními prvky, kde je křemíku v půdách okolo 20 % (Vaněk et al. 2012). Marschner et al. (2012) uvádějí, že dokonce i vysoce čistá voda obsahuje  $2 \times 10^{-5}$  mM Si. Křemík je druhý nejhojnější element v půdě, je zastoupen v hornině a také v pórech půdy. Tam tvoří křemík s vodíkem hydridy, tzv. silany, které polymerizací dávají silikony podobné struktury jako izoprenidy. V půdním roztoku vytváří aniont  $\text{SiO}_3^-$  a další komplexy jako například kyselina křemičitá  $[\text{H}_4\text{SiO}_4]$  při koncentracích v rozmezí od 0,1 do 0,6 mM (Epstein 1994). Tedy v běžných půdách není předpoklad jeho nedostatku, ale v substrátech a živných roztocích je situace rozdílná. Řešení je přidání zeminy do substrátu. Vhodnými zdroji jsou křemičitany vápenaté, křemičitany hořečnaté, popřípadě další. Dávkování se pohybuje v kilogramech na tunu, avšak vyšší dávka by neměla mít nežádoucí efekt (Vaněk et al. 2012). Například křemičitanové vápenaté hnojivo  $[\text{Ca}_2\text{SiO}_4]$  se již nepoužívá, protože obsahovalo vysoký obsah chromu. Koeficient na přepočtení CaO je 0,25, je to středně až pomalu působící vápenaté hnojivo a má univerzální použití (Vaněk et al. 1991).

Tab. 6: Zastoupení prvků v lithosféře, organismech a lidském těle ve váhových % (Duchon & Hampl 1962)

	V lithosféře	V půdách	V organismech	V lidském těle
<b>O</b>	49,13	55	70	63
<b>H</b>	1	5	10,5	9
<b>C</b>	0,1	1	18	20,2
<b>Si</b>	25,75	20	0,15	0,08

Marschner et al. (2012) zmiňují, že největší zkušenosti a vývoj ohledně výživy a hnojení křemíkem mají v Japonsku. Tam již v 50. a 60. letech minulého století měli vyvinutou kompletní technologii hnojení pro rýži. Ma & Takahashi (2002) zdůvodňují, proč se hnojení křemíkatých hnojiv rozmohlo. Prvním důvodem byli škůdci a houbové choroby, protože po aplikaci křemíkatých hnojiv byly rostliny odolnější. Tato informace se velmi rychle rozšířila v praxi. A druhým důvodem rozšíření byl rozvoj ocelářského a železářského průmyslu po druhé světové válce. Křemičitanová vápenatá hnojiva byla produkována jako vedlejší produkt. Tento vedlejší produkt aplikovali na pole a vyzorovali zdravější růst rýže po aplikaci. V dnešní době se jedná o zásadní prvek v Japonku. Japonci jsou tedy světoví lídři co se týče vědění o křemíku v půdě a v rostlině. Ma & Takahashi (2002) shromáždili výzkumy a sepsali knihu s názvem „Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan“. Marschner et al. (2012) uvádějí další země, které zkoumaly vliv křemíku na rostliny: Francie, Německo, Rusko, Spojené státy americké a další.

Troeh & Thompson (2005) tvrdí, že rostliny obsahují značné množství křemíku a hliníku, ale tyto prvky nejsou považovány za nezbytné. Jsou absorbovány rostlinami podle jejich dostupnosti v půdě. Barker et al. (2007) konstatují, že půdy obecně obsahují od 50 do 400 g křemíku na kg půdy (tj. 50 000 až 400 000 ppm). Troeh & Thompson (2005) píší, že křemík je zařazen mezi devět nejhojnějších prvků v zemské kůře, respektive po kyslíku,

který zaujímá 60 % všech atomů a iontů v zemské kůře, následuje křemík s 20 % zastoupení. To mimo jiné konstatuje Vaněk et al. 2012 a i Mengel et al. (2001). Ti také připomínají, že značnou část křemíku obsahují minerály jako např. křemen, opál, kristobalit. To potvrzují a dále připomínají i Barker et al. (2007), obvykle se křemík vyskytuje v půdě ve formě  $\text{SiO}_2$ , hlinitokřemičitanů, křemene - společně s krystalickými formami (jako např. plagioklasy, ortoklasy a živce), sekundární minerály nebo minerály bohaté na jíl a křemík (jako např. kaolin, vermikulit a smektit) a amorfní oxid křemičitý. Marschner et al. (2012) popisují formu a výskyt křemíku v půdním roztoku obdobně jako Troeh a Thompson (2005), kteří dále uvádějí, že v roztoku se křemík vyskytuje hlavně ve formě kyseliny hydrogen-křemičité [ $\text{H}_4\text{SiO}_4 = \text{Si}(\text{OH})_4$ ], která při sloučení dvou molekul může vytvářet polymery a vodu. Tímto způsobem se vytvářejí řetězce obsahující křemík, jejichž rozpustnost se snižuje se zvyšující délkou řetězce. V tomto jevu dochází k postupnému přechodu z monomerní kyseliny křemičité na větší molekuly a následující sekvence (křemíkové kyseliny  $\rightarrow$  hydrosoly  $\rightarrow$  hydrogely  $\rightarrow$  xerogely). Tyto četnější molekuly patří do amorfní složky půdy, která je důležitá pro zásobování rostlin například křemíkem, protože křemík je méně stabilní v porovnání s ložisky minerálů. Přístup k rostlinám je také do značné míry závislý na povětrnostních podmínkách, zda se dostane do půdního roztoku. Například křemen je velmi odolný vůči povětrnostním podmínkám. Ve vysoce zvětralých půdách jako například Oxisoly a Ultisoly mohou plodiny trpět nedostatkem křemíku. V půdním roztoku se křemík pohybuje v širokém rozsahu pH v monomerní formě. Při pH 1-9 se vyskytuje v množství 50 – 100  $\text{mg.l}^{-1}$  – ve formě  $\text{Si}(\text{OH})_4$  a od pH 9 a více koncentrace exponenciálně stoupá ze 100  $\text{mg.l}^{-1}$  vysoko přes 1 000  $\text{mg.l}^{-1}$  a je ve formě  $\text{Si}(\text{OH})_3\text{O}^-$ . Dochází zde k deprotonaci z  $\text{H}_4\text{SiO}_4 \rightarrow \text{H}_3\text{SiO}_4^- + \text{H}^+$ . Marschner et al. (2012) uvádějí průměrný obsah v půdním roztoku 14 až 20  $\text{mg.l}^{-1}$  s tendencí snížení koncentrace při pH vyšším než 7, při velkém množství seskvioxidů přítomných v půdě a při adsorpci aniontů. Tyto podmínky se vyskytují ve vysoce zvětralých tropických půdách, kde je možné se setkat s koncentrací 56  $\text{mg.l}^{-1}$ , která indikuje buď přesycení  $\text{Si}(\text{OH})_4$  nebo částečnou polymeraci této kyseliny.

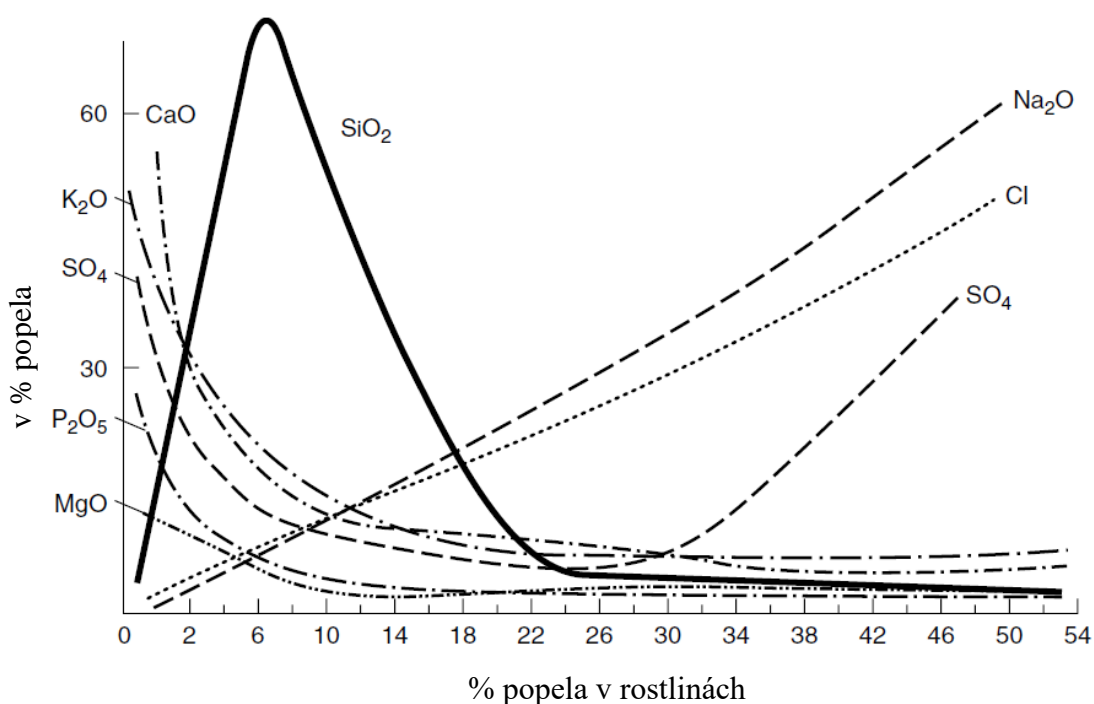
Troeh & Thompson (2005) uvádějí, že forma, ve které je křemík přijímán, je pravděpodobně nedisociovaná kyselina křemičitá [ $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ] a zřejmě se bude jednat o pasivní příjem, avšak mechanismus příjmu stále není jasný. Křemík je v půdě jednak ve formě  $\text{H}_3\text{SiO}_4$  a dále je vázán v tetraedrech ( $\text{Si}^{4+}$ , iontový rádius je 0,42 Å). V oktaedrech být vázán nemůže, protože mají uvnitř velký prostor pro molekulu křemíku, respektive tvořit vazby by mohl v oktaedru, ale tyto vazby by byly delší a nebyly by tak silné jako v tetraedrech. Nevyskytují se tam ani tak velké kationty jako je  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  nebo  $\text{K}^+$ . V oktaedrech se vyskytují středně velké kationty jako jsou například  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  a podobně velké. Nejjednodušší typ křemíkového minerálu je nesosilikát, který obsahuje nezávislé tetraedry. Nesosilikát se vyskytuje nejčastěji v olivínu [ $(\text{Fe},\text{Mg})_2\text{SiO}_4$ ]. Poměr křemíku ke kyslíku se odhaduje k 1:4. Olivín se vyskytuje v čediči a v jiných horninách, kde je vysoký obsah železa a hořčíku a relativně málo křemíku. Sorosilikáty jsou relativně vzácné minerály a nejsou významné pro půdu. Cyklosilikáty vytvářejí kruhové obrazce z tetraedrů. Cyklosilikáty nejsou obsaženy v půdě, ale některé z nich se vyskytují jako drahokamy a rudy. Jsou obsaženy v Berylu [ $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$ ]. Mezi inosilikáty patří tmavě a světle zbarvené minerály, podskupinami jsou pyroxeny, které jsou tvořeny jednoduchým řetězcem a amfiboly, které byly utvořeny z dvojného řetězce. Nejjednodušším tektosilikátem je křemen [ $\text{SiO}_2$ ]. Strukturou křemene je trojrozměrný rámec tetraedru, kde na

každém rohu jsou umístěny další čtyři tetraedry. Dále sem patří živce, kde je nejvýznamnější ortoklas [ $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ ] a plagioklas (jakýkoli meziprodukt mezi  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  a  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ). Fylosilikáty jsou speciální významnou skupinou v půdě, protože obsahují hlinitokřemičitany a slídy. Tato skupina má v půdě významnou roli pro chemické vlastnosti půdy a půdní úrodnost. Významným minerálem, kde se vyskytuje křemík je Kaolinit (teoretickým vzorcem  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ). Je to velmi jednoduchý vrstevnatý křemičitan, kde každá vrstva obsahuje tetraedry i oktaedry, které jsou spojeny na vrcholy kyslíkovými ionty. Každá z mezivrstev je elektricky neutrální. Dalšími hlinito-křemičitany jsou smektity, dříve známé jako montmorillonity a bentonity a nyní rozděleny na montmorillonity, biellity a několik dalších. Mezi další minerály patří Illit, Vermikulit a Chlorit. Tedy křemík je v půdě zastoupen poměrně ve velkém množství. Pro rostlinu není obsah křemíku zásadní. Křemík ani není náchylný na povětrnostní podmínky, tudíž by měl být pro rostlinu vždy přijatelný. V rostlině se křemík formuje do opálových krystalů, které jsou obvykle podlouhlé a slouží k posílení stonků rostlin. Opálové krystaly rostlin se vyskytují v mnoha formách, které jsou jedinečné pro různé druhy rostlin, a vydrží dlouho poté, co se organický materiál rozpadne. To pomáhá při identifikaci typů vegetace, která již dávno zmizela z oblasti. Hornblend má vazby křemíku a kyslíku jednovazné, biotit má vazby křemíku a kyslíku dvou vazné a živce a křemen mají obsazeny všechny tři vazby. Vazby křemíku na kyslík jsou nejsilnějšími vazbami v křemičitých minerálech, a proto mají tendenci vytvářet minerály, které jsou odolnější vůči povětrnostním vlivům (Troeh & Thompson 2005).

Barker et al. (2007) konstatují, že aktivní křemíkové látky v půdě zvyšují její úrodnost, zlepšují vlastnosti půdního roztoku, fyzikální a chemické vlastnosti půdy a udržují živiny v přístupné formě pro rostliny. Během devatenáctého a dvacátého století bylo zjištěno, že se v popelu rostlin vyskytuje mnohem větší množství křemíku než množství ostatních prvků. Graf 1 ukazuje procentní zastoupení křemíku (ve formě  $\text{SiO}_2$ ) v popelu.



Graf 1: Procento popelovin a obsahy elementů v popelu (Barker et al. 2007)

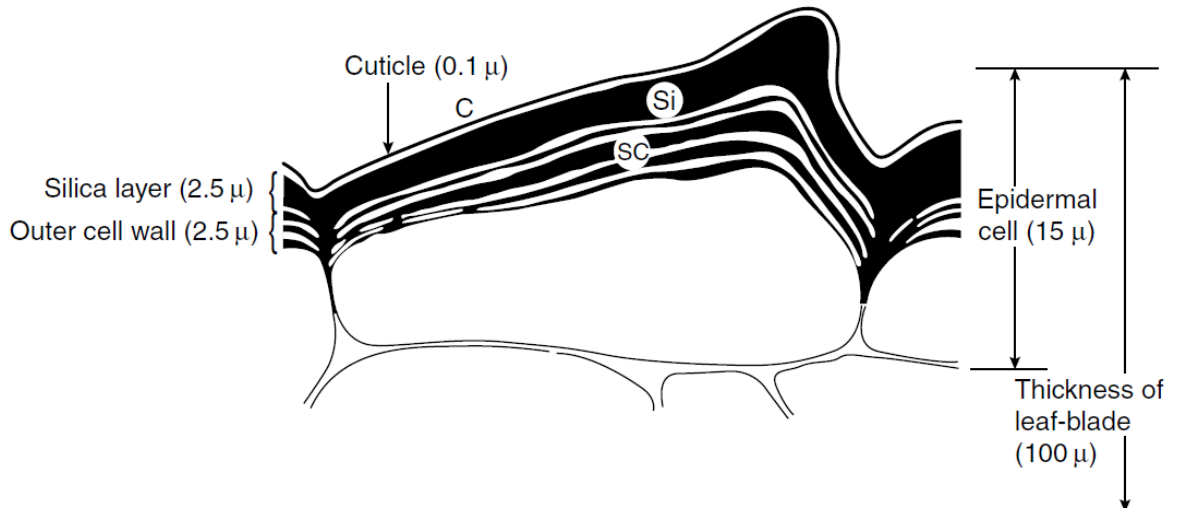


Rozbory ze širokého rozpětí plodin a odrůd ukázaly, že obsah křemíku se pohybuje v rozpětí 1 až 100 g na 1 kg sušiny (tedy od 1 000 do 100 000 ppm). To také konstatují Marschner et al. (2012) a dále uvádějí například rýži (*Oryza sativa* L.), která ve výhoncích obsahuje 39,1 mg.g<sup>-1</sup> a cizrnu pěstovanou za stejných podmínek obsahující pouze 3,0 mg.g<sup>-1</sup>. Rozdíly v akumulaci mezi druhy mohou být způsobeny rozdílnou schopností kořenů přijmout křemík. Barker et al. (2007) uvádějí, že nejvyšší množství křemíku z půdy odčerpává cukrová třtina a to 300 až 700 kg Si z ha, rýže 150 až 300 kg Si z ha a pšenice 50 až 150 kg Si z ha. Průměrné množství křemíku, které rostliny absorbují, je od 50 do 200 kg křemíku z jednoho ha. Tyto vysoké hodnoty příjmu křemíku rostlinou nelze plně zargumentovat tím, že se jedná o pasivní příjem rostlinou (jako je difúze nebo hmotnostní tok), protože vrchní vrstva půdy (20 cm) obsahuje v průměru pouze 0,1 až 1,6 kg kyseliny křemičité na ha. Marschner et al. (2012) popisují příjem křemíku kořenem rostliny, který probíhá dvěma režimy. Aktivním a pasivním příjmem, což závisí na druhu rostliny. U rýže je identifikován přenašečový protein Lsi1, který pomáhá v absorpci křemíku do kořene vyšších rostlin. Vyskytuje se ve starších částech kořene. Druhý protein Lsi2 je umístěn v kořenech na stejných místech jako první. Mechanismus je jiný, transport křemíku je řízen protonovým gradientem. Oba proteiny jsou pro příjem křemíku důležité, vyřazení kteréhokoli z nich bude mít za následek významné snížení absorpce. Podobné transportéry Lsi1 a Lsi2 byly také identifikovány u ječmene (*Hordeum vulgare* L.) a kukuřice (*Zea mays* L.). Balík et al. (2008) ve své knize popisují detoxikaci hliníku v apoplasmě, který pochází z rozpuštěných hliníkových křemičitanů či hliníkových oxidů. Tedy před apoplasmou jsou křemičitany odděleny a samotný hliník je přesunut do apoplasmy, kde se slučuje s kořenovými výměškami jako například fosfát, oxalát, slizy, proteiny, fenologické sloučeniny a podobně. To zabraňuje v jeho pokračování směrem do rostliny. Barker et al. (2007) při sledování příjmu křemíku u rýže zjistili, že kořen rýže má specifickou schopnost

koncentrovat křemík z vnějšího roztoku. Křemík je rostlinou přijímán jako kyselina křemičitá, případně jako její aniont. V rostlině je distribuován od kořene k výhonku xylémem. Rozpustná kyselina křemičitá je schopna pasivně pronikat přes buňky, ale aktivní transport není příliš prostudován. Křemík je koncentrován v epidermální tkáni jako jemná membránová vrstva křemíkové celulózy, která je spojena s pektinovými a vápenatými ionty. Tím může dvojitá kutikulární vrstva chránit a mechanicky posílit struktury rostlin. Se zvyšující se koncentrací křemíku v rostlinné šťávě se polymeruje kyselina křemičitá. To také uvádějí a dále popisují Marschner et al. (2012), že více jak 90 % přijatého křemíku kořeny putuje xylémem do nadzemní části. U rýže se v xylému může objevovat koncentrace kyseliny křemičité více než 20 mM. Při koncentraci vyšší než 2 mM se kyselina polymeruje na křemičitý gel, tedy kyselina ve vysoké koncentraci se zde vyskytuje pouze přechodně. Relativně velké množství je uloženo v buněčných stěnách v xylému. To má za úkol stahovat xylém při vysoké transpiraci. Barker et al. (2007) pojednává také o stahování xylému. Marschner et al. (2012) doplňují, že výskyt kyseliny křemičité je také lokalizován v listové čepeli. Barker et al. (2007) uvádějí, že chemická povaha polymerizovaného křemíku byla identifikována jako křemičitý gel nebo biogenní opál, amorfni  $\text{SiO}_2$ , který je hydratován různými počty molekul vody. Polymerizace kyseliny křemičité je přiřazena typu kondenzovatelné polymerace s postupnou dehydratací kyseliny křemičité a pak kyseliny polykřemičité. Rostliny syntetizují struktury bohaté na křemík nanometrických, mikroskopických a makroskopických rozměrů. Devadesát procent absorbovaného křemíku je přeměněno na různé typy fytolitů nebo křemíkových celulózových struktur tvořených amorfními křemičitany. Částečně biogenní oxid křemičitý je generován jako jedinečná buněčná nebo mezibuněčná struktura na úrovni nanometrů. Marschner et al. (2012) konstatují, že epidermální stěny jsou impregnovány vrstvou křemíku. To má za následek obrané bariéry proti ztrátě vody transpirací a proti houbovým infekcím. Barker et al. (2007) uvádějí, že rozbor chemického složení ovsu setého (*Avena sativa* L.) u fytolitů (pevné částice  $\text{SiO}_2$ ) ukázaly s amorfním oxidem křemičitým (82 – 86 %) měnící se množství sodíku, draslíku, vápníku a železa. U půd rozpustné sloučeniny křemíku ovlivňují mnoho chemických a fyzikálně chemických vlastností. Kyselina křemičitá má vysokou chemickou aktivitu, může dále reagovat s hliníkem, železem a manganem za vzniku lehce rozpustných křemičitanů a dále je schopna v různých koncentracích vytvářet rozpustné komplexní sloučeniny s těžkými kovy (Cd, Pb, Zn, Hg a dalšími). Křemík může hrát roli při zmírnění toxicity hliníku v půdě, protože je schopen tvořit komplex hydroxyhlinitých křemičitanů. Aniont  $\text{Si}(\text{OH})_3^-$  může nahradit aniont  $\text{HPO}_4^{2-}$  ve sloučenině vápníku, hořčíku, hliníku a železa. Může však nahradit fosfát v DNA a RNA, a to zvyšuje stabilitu těchto molekul. Ukázalo se také, že křemík zvyšuje koncentraci chlorofylu v listu. To vede při nízké či naopak vysoké intenzitě záření k efektivnějšímu využívání. Doplnková hladina rozpustného křemíku může vést k vyšším koncentracím enzymu ribulózy a bisfosfátkarboxylázy v listové tkáni. Tento enzym reguluje metabolismus  $\text{CO}_2$  a podporuje účinnější využívání  $\text{CO}_2$  rostlinami. Zvýšení obsahu cukru u cukrové řepy (*Beta vulgaris* L.) a u cukrové třtiny (*Saccharum officinarum* L.) po aplikaci křemíkových hnojiv lze hodnotit také jako pozitivní biochemický vliv křemíku. Dále Barker et al. (2007) uvádějí poznatek z pěstování pomerančů (*Citrus chinensis* L.), kde se také projevilo zvýšení obsahu ovocného cukru. Barker et al. (2007) konstatují, že křemík zvyšuje odolnost proti mnoha chorobám rostlin a škůdcům. Akumulovaná kyselina křemičitá polymeruje do kyseliny polykřemičité a pak se přemění na amorfni oxid křemičitý, který tvoří zesílenou membránu

z křemíku a celulózy, a která může být spojena s pektinovými a vápenatými ionty, tedy dvojitá kutikulární vrstva chrání a mechanicky posiluje rostliny. Marschner et al. (2012) popisují také tento obranný mechanismus a doplňují, že dalším mechanismem obrany rostliny je způsobení rezistence vůči patogenu rozpustným křemíkem, a to jako modulátoru, z kterého mohou vzniknout nebo působí na vznik fenolů, ligninů, peroxidů vodíku a fytoalexinů.

Tab. 7: Schématicky znázorněna listová buňka rýže (Marschner et al. 2012)



Barker et al. (2007) uvádějí, že křemík může také vytvářet komplexy s organickými sloučeninami v buněčných stěnách epidermálních buněk, čímž zvyšuje jejich odolnost vůči degradaci enzymy. Křemík je schopen vytvářet komplexy lignin-sacharidů v buněčné stěně epidermálních buněk rýže. Marschner et al. (2012) poukazují na podobnosti s kyselinou boritou, kde se obě vyskytují ve vodných roztocích v slabé koncentraci a interreagují s pektiny a polyfenoly zejména v buněčných stěnách. Důležitost křemíku u vyšších rostlin je zatím prokázána pouze u několika druhů rostlin, ale přínos může projevovat za určitých okolností u většiny vyšších rostlin. Barker et al. (2007) uvádějí, že funkce křemíku v rostlinách je aktivní, a diskutuje se tom, že tento prvek může být důležitý pro vyvolání obranné reakce při napadení chorobami. Dále se zjistilo, že křemík stimuluje chitinázovou aktivitu a rychlou aktivaci peroxidáz a polyfenoxidáz po houbové infekci. Když Barker et al. (2007) podrobili glykosidicky vázané fenoly extrahované z upravených rostlin hydrolýze kyseliny nebo  $\beta$ -glukosidáze, vykazovaly tyto glykosidicky vázané fenoly silnou fungistatickou aktivitu. Při vysoké transpiraci způsobené suchem nebo při vysokých teplotách se preventivně stlačují křemíkové částice v buněčných stěnách xylémových svazků. Křemíková celulózová membrána v epidermální tkáni také rostliny chrání proti nadměrné ztrátě vody transpirací. Tato činnost nastává v důsledku snížení průměru stomatálních pórů a následně snížením průsvitu listů. Křemík může zmírnit stres způsobený zasolením. Barker et al. (2007) uvádějí několik hypotéz jako například, že se jedná o zlepšenou fotosyntetickou aktivitu nebo zvýšení poměru selektivity draslíku a sodíku nebo zvýšení aktivity enzymu nebo zvýšení koncentrací rozpustných látek v xylému, což vede k omezené adsorpci sodíku rostlinami. Výživa rostliny křemíkem může zvýšit odolnost proti mrazu, ovšem u tohoto faktu jsou zdrženlivější, protože není plně vysvětlen. Zrno ječmene, které bylo sklizeno z parcely hnojené křemíkem další rok

lépe vzcházelo, než zrna ze špatně zásobené a nehnojené parcely křemíkem. Špatná výživa křemíku se negativně projevila u kvetení rajčat (*Lycopersicon esculentum* Mill. L.).

Polykřemičitanové kyseliny ovlivňují fyzikální vlastnosti půdy, avšak samotná tvorba kyseliny není jasně popsána. Patří mezi inertní látku a v podstatě působí jako adsorbent, čímž tvoří koloidní částice, dále je snadno sorbována minerály a tvoří s nimi siloxanové můstky. Tyto kyseliny jsou vysoce nasycené vodou, čímž mohou mít vliv na zadržovací kapacitu vody v půdě a v neposlední řadě jsou velmi důležité pro tvorbu struktury půdy (Barker et al. 2007).

Křemík je hojně přijímán některými druhy trav, zejména rákosem, bambusem, ostřicí a dalšími. U trav bylo vyzkoumáno, že se musí kosit za mladých výhonků, aby se křemík nestačil dostat do rostliny. V seči je nežádoucí kvůli špatnému trávení skotu. Vztah s ostatními prvky je neutrální až na fosfor. Zde je spojitost s podporou příjmu fosforu (Duchoň & Hampl 1962). Zlepšení přijatelnosti fosforu je připisováno špatné sorpci rozpustných fosforečnanů, avšak v přítomnosti SiO<sub>2</sub>, který také negativně ovlivňuje mobilitu hliníku a popřípadě také železa, se přijatelnost fosforečnanů zvyšuje. To také konstatuje a podrobněji popisuje Barker et al. (2007), kde uvádí, že chemická podobnost mezi křemičitanovým aniontem a fosfátovým aniontem vede ke konkurenčním vztahům mezi různými fosfáty a kyselinou křemičitou v půdě. Zvýšení koncentrace kyseliny křemičité v půdním roztoku způsobuje přeměnu fosforečnanů, které byly pro rostlinu v nedostupných formách, na formy přijatelné rostlinami. Marschner et al. (2012) také popisují příznivé účinky křemíku při deficienci fosforu, a to u mnoha plodin včetně rýže a ječmene. Zlepšení dostupnosti fosforu se dosáhne snížením přebytku železa a manganu v půdě. Naopak křemík dokáže zmírnit i poškození způsobené vysokými koncentracemi fosforu. Duchoň & Hampl (1962) závěrem říkají, že křemík působí příznivě na udržení rozpustných fosforečnanů v půdním roztoku, a to je pozitivní pro zlepšení příjmu obou prvků.

Význam křemíku byl prokázán i u jiných plodin zejména zahradních, a to například u rajčat, okurek (*Cucumis* ssp. L.), jahod (*Fragaria* ssp. L.), dále u sóji (*Glycine max* L.), bavlníku (*Gossypium* ssp. L.), rýže, cukrové třtiny a také zvláště u přesličky (*Equisetum* ssp. L.). Vyskytuje se zde v různých množstvích. Pomáhá rostlině při růstu a podporuje výnos, a to především nepřímým působením. Jeho výhoda v rostlině spočívá ve zpevnění pletiv. Pletiva jsou odolnější a tím nedochází k tak výraznému poškození při hustším porostu (Vaněk et al. 2012). Dle Vaňka et al. (2016) jsou rostliny odolnější proti napadení škůdci a chorobami. Dále křemík udržuje listy rostlin vzpřímené v horizontální poloze, zvyšuje obsah chlorofylu a má vliv na zpoždění stárnutí těchto pletiv. Dále také ovlivňuje metabolismus fenologických sloučenin v xylémových stěnách buněk. Křemík je velice afinitní k fenologickým sloučeninám, které obsahují dvě hydroxylové skupiny v poloze orto-. S nimi pak vytváří Si-polymery s vysokou stabilitou a špatnou rozpustností. Tuhost buněčných stěn je zajištěna reakcí pektinu s polymerem fenologických sloučenin (ligninem). Regulace biosyntézy ligninu zapříčiní stabilitu u vyšších rostlin. To je zřejmě důvod, proč sláma obsahuje více křemíku než zrna. Výjimka je pouze u pluch, kde mají vyšší obsah křemíku (Vaněk et al. 2012).

Křemík dokáže zmírnit následky nedostatku draslíku. Ten se projevuje černáním dužniny hlízy. Ovlivňuje metabolismus polyfenolů ve xylémových stěnách buněk. Křemík je schopen tomuto černání zabránit, jestliže nejde o totální nedostatek draslíku. Dále ovlivňuje

tuhost a pevnost buněčné blány, ale zároveň i její elasticitu v prodlužovacím růstu. Ovlivňuje pevnost stébla a také odolnost rostlin proti napadení chorobami a škůdci (Vaněk et al. 2016).

Kyselina křemičitá stejně jako kyselina boritá má vysokou afinitu k o-difenolům jako kávová kyselina a odpovídající estery vytvářející mono-, di- a polymerní komplexy s křemíkem, které mají vysokou stabilitu a nízkou rozpustnost. Křemík může ovlivnit stabilitu vyšších rostlin, protože je uložen v lignifikovaných buněčných stěnách a je také modulován v ligninové biosyntéze. Křemík jako konstrukční materiál vyžaduje méně energie než lignin. Pro syntézu jednoho gramu ligninu je nezbytné asi dvou gramů glukózy, tedy poměr energetické potřeby pro lignin ku křemíku je 20 : 1. To pomáhá k tuhosti buněčných stěn, ale také se může zvyšovat jejich elasticita a to tak, že křemík v primárních buněčných stěnách interreaguje s pektiny a s polyfenoly. Interakce se dají pozorovat například u růstu vláken u bavlníku. Nejdříve se buňky v rané fázi prodlouží, koncentrace křemíku je poměrně vysoká a ve druhé fázi se koncentrace křemíku sníží a sekundární pletivo se zahustí celulózou. Mechanismy mohou být u různých rostlin odlišné. Dále funkci křemíku v buněčných stěnách přirovnávají k funkci bóru. Další příznivý vliv byl pozorován u hustě setých obilovin, kde je pozorováno, že křemík může přímo i nepřímo stimulovat růst a výnos pomocí například vzpřímením listů nebo zmírněním abiotických a biotických stresů. Například u vysokých dávek dusíku dojde k zahuštění porostu a křemík má vzpřímit listy a tím pomoci rostlinám zachytávat více světla. Mezi abiotické stresy, které křemík dokáže zmírnit, patří sucho, záření, vysoké či naopak nízké teploty (včetně mrazů), UV záření, zasolení, toxicitu těžkých kovů nebo výživovou nerovnováhu. Zmírnění toxicity těžkých kovů se konkrétně týká železa, hliníku, kadmia a zinku, kde s nimi křemík reaguje v apoplasmě nebo symplasmě (Marschner et al. 2012).

Silva et al. (2010) zkoumali vliv kyseliny křemičité na vývoj brambor a jejich napadení mšicemi a ostatními škůdci na bramborách. Pokus byl prováděn na dvou pěstitelských variantách, a to v ekologickém režimu a pak za konvenčního režimu použití minerálních hnojiv. Byl shledán určit rozdíl ve vývoji mezi variantami. Ekologicky pěstované brambory měly pomalejší vývoj oproti konvenční technologii. Nicméně rozdíl v napadení škůdci (zejména mšic *Myzus persicae* a mandelinkovitých *Diabrotica speciosa*), u ošetřených variant kyselinou křemičitou či u neošetřených a u obou pěstebních technologií nebyl statisticky významný.

Křemík pomáhá bramborám zvýšit toleranci k nepříznivým růstovým podmínkám. Další poznatek je, že při hnojení tímto prvkem se prodlužuje zrání slupky hlíz. Slupka se také ztenčuje tímto vlivem. Prodloužení zrání slupky se kladně projeví při k dlouhodobém uskladnění, například 10 měsíců. Po vyskladnění by měla hlíza vypadat čerstvě vyoraná (Vijaya et al. 2016). To samé tvrdí Gopal & Khurana (2012) a jsou přesvědčeni, že je tento jev vzhledově prokazatelný. Dle Dejonge et al. (2011) je potřeba dbát na minimalizování otlaků hlíz při sklizni, protože pak dochází k infikování nemocemi.

Kulikova et al. (2018) zkoušeli vliv křemíkových přípravků na ozimou pšenici a brambory na lehkých hlinitých půdách (půdní typ podzol s výskytem sodíku). Byly to konkrétně dva přípravky. První Mival-Agro, tj. křemíkový organický biostimulant komplexního efektu (obsahuje triethanolamoniovou sůl z kyseliny orthocresooxihydroxiacetic, chlormethylsilantran a složku „Mival“ – auxin crezatsin). Druhý přípravek se jmenuje Siliplant a ten obsahuje ve větší míře křemík, který je zde zabudován v komplexu s mikroprvky, dále obsahuje draslík a v menší míře makroprvek s mikroprvky jako jsou Mg, Fe, Cu, Zn, Mn,

Mo, Co, B. Tato hnojiva byla aplikována třikrát. Poprvé s nimi byly ošetřovány sadbové hlízy, podruhé se aplikovaly při třetím páru pravého listu a poslední aplikace byla provedena ve fázi poupat. Výsledkem bylo navýšení výnosu + 4,6 t.ha<sup>-1</sup> – Siliplant a + 7,9 t.ha<sup>-1</sup> – Mival-Agro, kontrola měla výnos 24,6 t.ha<sup>-1</sup>. Kontrola pšenice měla výnos 2,51 t.ha<sup>-1</sup> a ve variantě ošetřované Mival-Agro bylo zvýšení o 0,78 t.ha<sup>-1</sup>. Závěrem konstatují, že křemík obsažený v růstových regulátorech má za následek na lehkých hlinitých půdách (podzol s výskytem sodíku) zvyšování přijatelnosti křemíku z této půdy. Zlepšení příjmu ostatních prvků z těchto půd bylo pod hranicí měřitelnosti.

V Saudské Arábii řeší problémy se zasolenou půdou, a tak byl zde zkoušen křemík ve formě nanočástic SiO<sub>2</sub> (dále jen SiO<sub>2</sub>-NPs) o velikosti částic 50 nm s povrchem od 200 – 600 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>. Aplikace byla provedena ve třech opakováních. Odrůdy Sante a Proventa byly odzkoušené na různé úrovni NaCl a SiO<sub>2</sub>-NPs. SiO<sub>2</sub>-NPs bylo aplikováno mimokořenově dvakrát týdně, a to od čtvrtého týdne stáří, a bylo ukončeno ve třetím měsíci. K tomu byly provedeny tři aplikace zavlažovacím systémem, a to (NaCl v 0; 50 a 100 mM) v kombinaci se třemi aplikacemi (SiO<sub>2</sub>-NPs v 0; 50 a 100 mg.l<sup>-1</sup>) po dobu 90 dní. Dále byly brambory pravidelně přihnojovány NPK. Dále zkoumaly rozbor listů, jaké mají bílkovinné složení. Největší přínos pro tvorbu glutathion peroxidázy a superoxid dismutázy byl prokázán u odrůdy Proventa při dávce 50 mM SiO<sub>2</sub>-NPs v kombinaci 50 mM NaCl. Výsledky při dávce 100 mM SiO<sub>2</sub>-NPs a 100 mM NaCl byly velice špatné pro tvorbu těchto antioxidantů. Po elektroforéze bylo zjištěno vyšší zastoupení polymorfní skupiny (u obou odrůd) po aplikaci SiO<sub>2</sub>-NPs. Toto zvýšení indikuje, že aplikace SiO<sub>2</sub>-NPs aktivuje nějaké geny, které mohou způsobovat rezistenci proti stresu zasolením (Gowayed et al. 2017).

Crusciol et al. (2009) prováděli pokusy se stresováním brambor. Ověřili, že když je rostlina stresována, tak dokáže absorbovat vysoký obsah křemíku, oproti variantě bez stresového prostředí. Tento křemík byl identifikován převážně v listech. Listy působily na pohled lépe než u varianty bez křemíku. Aplikace křemíku způsobila menší obsah cukru a bílkovin v listech. Dále se ukázalo, že hlízy s obsahem křemíku jsou těžší.

Qing et al. (2005) vyzkoumali, že křemík pozitivně ovlivňuje růst kořenů a zvyšuje i jejich hmotnost. To konstatují i Barker et al. (2007), že při optimalizaci výživy křemíkem se zvyšuje hmotnost kořenů, což také vede ke zvětšení adsorpční plochy. Křemíková hnojiva také zvyšují kořenové dýchání. Při pokusu s citrusem (*Citrus* spp.) se zvyšující se koncentrací kyseliny křemičité při klíčení se zvýšila hmotnost kořenů více než u výhonků. Stejný účinek byl pozorován i u trávy bahenní (*Paspalum notatum*). Růst u citrusů se díky hnojivu zrychlil o 30 až 80 % a zrání plodů se urychlilo o 2 až 4 týdny. Podobné zrychlení bylo pozorováno i u zrání kukuřice. Qing et al. (2005) zjistili, že se zvýšil obsah chlorofylu, a to i při stresování solí a dále prokázali lepší hojení poraněných míst po aplikaci křemíku.

Křemík může pomáhat při vyrovnávání biotických i abiotických stresů u některých plodin a má příznivý vliv na rostliny za nepříznivých podmínek. Protože jsou tyto skutečnosti zpochybňovány, rozhodli se Pilon et al. (2013) studovat působení křemíku na bramborách mimokořenovou a kořenovou cestou. Při pokusu aplikovali různé koncentrace křemíku a sledovali rostlinu, jaký má obsah živin a pigmentů v listech a dále sledovali výměnu plynů. Obě varianty vykazovaly vyšší obsah křemíku v celé rostlině než kontrola bez aplikace a obě varianty měly vyšší koncentraci pigmentů (chlorofylu a karotenoidů). Rozdíl pozorovali u

varianty aplikace do půdy. Zjistili zvýšenou koncentraci fosforu v listech, i v uschlých listech a dále ve stoncích.

Elrys et al. (2018) pozorovali zvýšení těžkých kovů v hlízách bramboru a v listech po hnojení fosforečnými hnojivy (superfosfátem - SP a horninovým fosfátem - RP). Fosfor byl hnojen v dávkách 100 kg P.ha<sup>-1</sup> před sázením. Ve výzkumu aplikovali MSE - extrakt semen Moringy olejodárné (*Moringa oleifera* L.) 150 l.ha<sup>-1</sup> a 20% (SiO<sub>2</sub>) roztok křemičitanu draselného v dávce 6 l.ha<sup>-1</sup> ve třech stejných dávkách společně s kapkovou závlahou ve druhém, čtvrtém a šestém zavlažování. V pokusu zjistili, že přidáním fosforečných hnojiv se zvyšuje výnos čerstvých hlíz, výnos sušiny, příjem NPK, proces katalázy, peroxidázy, glutathion reduktázy. V tab. 8 jsou uvedeny výsledky z pokusu, kde jsou těžké kovy v hlízách u ošetřených variant v menší koncentraci než u kontroly. Konkrétně u mědi je rozdíl více jak poloviční úbytek tohoto kovu po aplikaci křemičitanu draselného a po aplikaci MSE je obsah mědi ještě menší, a to jak v hlízách, tak i v listech po oba sledované roky. U kadmia jsou výsledky podobné a u niklu jsou výsledky ještě markantnější. V tab. 9 je vidět nárůst výnosu hlíz po aplikaci křemičitanu draselného v různě hnojených variantách fosforem ve dvou zkoumaných letech, a to zvýšení řádově o několik tun. V prvním roce u nehnojené varianty fosforem bylo zvýšení o 1,8 t.ha<sup>-1</sup> a u hnojení horninovým fosforem bylo zvýšení o 5,3 t.ha<sup>-1</sup>. Tyto rozdíly byly obdobné i druhý sledovaný rok. V obou letech a u všech variant hnojení fosforem bylo úplně nejvyšší zvýšení výnosů u MSE a to přibližně +2 t.ha<sup>-1</sup> oproti přihnojení křemičitanem draselným. Obdobné zvýšení hmotnosti oproti kontrole je pochopitelně i u sušiny hlíz, a i u sušiny listů. Odběry živin N, P a K napříč hnojením fosforem ukázaly, že po aplikaci křemičitanu draselným se více odebírají tyto živiny a ukládají se zejména do hlíz. Největší rozdíly v odběru byly zaznamenány u fosforu, tedy křemičitan draselný působí na půdu a tím se zvyšuje odběr fosforu z půdy, a to významně (až i na dvojnásobek příjmu). Opět aplikace MSE ještě zvýšila hodnoty o několik jednotek. Podrobné rozdíly viz tab. 9.

Tab. 8: Obsah těžkých kovů v hlíze a v listech brambor ve variantách neošetřené, ošetřené křemičitanem a ošetřenou MSE na různých variantách hnojení fosforem (Elrys et al. 2018)

Phosphate source (P)	Amendment (A)	Heavy metal accumulation (mg kg <sup>-1</sup> )					
		Cu		Cd		Ni	
		Tubers	Leaves	Tubers	Leaves	Tubers	Leaves
1st season							
Untreated	Without	7.77 <sup>c</sup>	8.54 <sup>c</sup>	0.19 <sup>f</sup>	0.18 <sup>e</sup>	1.84 <sup>c</sup>	1.68 <sup>c</sup>
	Si	3.10 <sup>f</sup>	2.38 <sup>h</sup>	0.12 <sup>fg</sup>	0.11 <sup>e</sup>	0.59 <sup>e</sup>	0.64 <sup>d</sup>
	MSE	2.87 <sup>f</sup>	2.15 <sup>h</sup>	0.09 <sup>g</sup>	0.08 <sup>e</sup>	0.55 <sup>e</sup>	0.59 <sup>d</sup>
SP	Without	11.5 <sup>b</sup>	10.2 <sup>b</sup>	1.47 <sup>b</sup>	1.30 <sup>b</sup>	4.70 <sup>b</sup>	2.53 <sup>b</sup>
	Si	6.50 <sup>d</sup>	5.50 <sup>e</sup>	0.63 <sup>d</sup>	0.70 <sup>e</sup>	0.62 <sup>e</sup>	0.67 <sup>d</sup>
	MSE	4.10 <sup>e</sup>	3.77 <sup>g</sup>	0.46 <sup>e</sup>	0.50 <sup>d</sup>	0.53 <sup>e</sup>	0.53 <sup>d</sup>
RP	Without	17.1 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	1.63 <sup>a</sup>	1.53 <sup>a</sup>	5.80 <sup>a</sup>	3.47 <sup>a</sup>
	Si	7.00 <sup>d</sup>	6.03 <sup>d</sup>	0.72 <sup>c</sup>	0.60 <sup>cd</sup>	0.79 <sup>d</sup>	0.53 <sup>d</sup>
	MSE	4.50 <sup>e</sup>	4.50 <sup>f</sup>	0.54 <sup>e</sup>	0.47 <sup>d</sup>	0.60 <sup>e</sup>	0.42 <sup>d</sup>
2nd season							
Untreated	Without	7.85 <sup>c</sup>	8.64 <sup>c</sup>	0.21 <sup>f</sup>	0.20 <sup>f</sup>	1.87 <sup>c</sup>	1.78 <sup>c</sup>
	Si	2.98 <sup>g</sup>	2.43 <sup>h</sup>	0.13 <sup>g</sup>	0.13 <sup>fg</sup>	0.63 <sup>ef</sup>	0.67 <sup>d</sup>
	MSE	2.64 <sup>g</sup>	2.25 <sup>h</sup>	0.08 <sup>g</sup>	0.09 <sup>g</sup>	0.53 <sup>fg</sup>	0.62 <sup>de</sup>
SP	Without	11.7 <sup>b</sup>	10.4 <sup>b</sup>	1.51 <sup>b</sup>	1.33 <sup>b</sup>	4.79 <sup>b</sup>	2.63 <sup>b</sup>
	Si	6.53 <sup>e</sup>	5.37 <sup>e</sup>	0.61 <sup>cd</sup>	0.77 <sup>c</sup>	0.68 <sup>de</sup>	0.60 <sup>de</sup>
	MSE	4.33 <sup>f</sup>	3.91 <sup>g</sup>	0.45 <sup>e</sup>	0.52 <sup>e</sup>	0.49 <sup>g</sup>	0.50 <sup>de</sup>
RP	Without	17.4 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>	1.70 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	5.91 <sup>a</sup>	3.47 <sup>a</sup>
	Si	7.17 <sup>d</sup>	5.90 <sup>d</sup>	0.67 <sup>c</sup>	0.62 <sup>d</sup>	0.76 <sup>d</sup>	0.57 <sup>de</sup>
	MSE	4.37 <sup>f</sup>	4.63 <sup>f</sup>	0.56 <sup>d</sup>	0.52 <sup>e</sup>	0.57 <sup>fg</sup>	0.41 <sup>e</sup>

MSE – extrakt semen Moringy olejodárné

Tab. 9: Vliv křemičitanu draselného a MSE na výnos čerstvých hlíz brambor, sušinu hlíz a listů, dále odběry živin N, P a K do hlíz a listů při různém hnojení fosforem (Elrys et al. 2018)

Phosphate source (P)	Amendment (A)	Fresh tuber yield (t.ha <sup>-1</sup> )	Dry weight (t.ha <sup>-1</sup> )		Nutrients uptake (mg kg <sup>-1</sup> )					
					N Uptake		P Uptake		K Uptake	
			Tubers	Leaves	Tubers	Leaves	Tubers	Leaves	Tubers	Leaves
1st season										
Untreated	Without	12.4 <sup>i</sup>	1.57 <sup>i</sup>	1.33 <sup>i</sup>	25.7 <sup>f</sup>	18.6 <sup>b</sup>	1.83 <sup>b</sup>	1.26 <sup>f</sup>	30.4 <sup>i</sup>	29.7 <sup>i</sup>
	Si	14.2 <sup>h</sup>	1.74 <sup>h</sup>	1.45 <sup>h</sup>	31.0 <sup>ef</sup>	22.5 <sup>g</sup>	3.13 <sup>g</sup>	1.62 <sup>ef</sup>	39.0 <sup>h</sup>	37.6 <sup>h</sup>
	MSE	16.1 <sup>g</sup>	1.91 <sup>g</sup>	1.60 <sup>g</sup>	37.0 <sup>ef</sup>	29.9 <sup>f</sup>	3.96 <sup>f</sup>	1.84 <sup>ef</sup>	49.0 <sup>g</sup>	44.2 <sup>g</sup>
SP	Without	17.9 <sup>f</sup>	2.22 <sup>f</sup>	1.75 <sup>f</sup>	58.9 <sup>def</sup>	42.4 <sup>e</sup>	7.58 <sup>e</sup>	2.38 <sup>de</sup>	97.8 <sup>f</sup>	53.5 <sup>f</sup>
	Si	21.2 <sup>d</sup>	2.85 <sup>d</sup>	2.29 <sup>d</sup>	98.7 <sup>bcd</sup>	65.2 <sup>c</sup>	12.3 <sup>c</sup>	3.83 <sup>c</sup>	132 <sup>d</sup>	76.8 <sup>d</sup>
	MSE	23.1 <sup>c</sup>	3.31 <sup>c</sup>	2.82 <sup>c</sup>	134 <sup>ab</sup>	88.5 <sup>b</sup>	16.9 <sup>b</sup>	5.39 <sup>b</sup>	214 <sup>c</sup>	101 <sup>c</sup>
RP	Without	19.8 <sup>e</sup>	2.56 <sup>e</sup>	1.93 <sup>e</sup>	74.2 <sup>cde</sup>	54.3 <sup>d</sup>	9.43 <sup>d</sup>	2.92 <sup>cd</sup>	125 <sup>e</sup>	72.0 <sup>e</sup>
	Si	25.1 <sup>b</sup>	3.81 <sup>b</sup>	3.16 <sup>b</sup>	109 <sup>bc</sup>	89.9 <sup>b</sup>	16.9 <sup>b</sup>	5.95 <sup>b</sup>	264 <sup>b</sup>	148 <sup>b</sup>
	MSE	26.7 <sup>a</sup>	4.20 <sup>a</sup>	3.48 <sup>a</sup>	179 <sup>a</sup>	112 <sup>a</sup>	20.1 <sup>a</sup>	7.80 <sup>a</sup>	332 <sup>a</sup>	169 <sup>a</sup>
2nd season										
Untreated	Without	12.8 <sup>i</sup>	1.53 <sup>i</sup>	1.25 <sup>i</sup>	24.8 <sup>f</sup>	18.5 <sup>b</sup>	1.78 <sup>g</sup>	1.17 <sup>h</sup>	30.8 <sup>h</sup>	28.9 <sup>h</sup>
	Si	14.2 <sup>h</sup>	1.76 <sup>h</sup>	1.40 <sup>h</sup>	31.2 <sup>ef</sup>	24.3 <sup>g</sup>	3.13 <sup>f</sup>	1.57 <sup>g</sup>	42.0 <sup>g</sup>	35.7 <sup>g</sup>
	MSE	16.0 <sup>g</sup>	1.89 <sup>g</sup>	1.58 <sup>g</sup>	36.6 <sup>ef</sup>	30.0 <sup>f</sup>	3.94 <sup>f</sup>	1.81 <sup>g</sup>	53.9 <sup>f</sup>	43.9 <sup>f</sup>
SP	Without	18.7 <sup>f</sup>	2.23 <sup>f</sup>	1.76 <sup>f</sup>	59.5 <sup>def</sup>	42.8 <sup>e</sup>	7.72 <sup>e</sup>	2.44 <sup>f</sup>	99.4 <sup>e</sup>	54.0 <sup>e</sup>
	Si	21.6 <sup>d</sup>	2.89 <sup>d</sup>	2.30 <sup>d</sup>	98.0 <sup>bcd</sup>	66.3 <sup>c</sup>	12.6 <sup>c</sup>	3.90 <sup>d</sup>	135 <sup>d</sup>	78.0 <sup>d</sup>
	MSE	23.6 <sup>c</sup>	3.22 <sup>c</sup>	2.84 <sup>c</sup>	126 <sup>bc</sup>	89.5 <sup>b</sup>	17.5 <sup>b</sup>	5.54 <sup>c</sup>	208 <sup>c</sup>	103 <sup>c</sup>
RP	Without	20.0 <sup>e</sup>	2.59 <sup>e</sup>	1.97 <sup>e</sup>	76.3 <sup>cde</sup>	55.6 <sup>d</sup>	9.78 <sup>d</sup>	2.99 <sup>e</sup>	127 <sup>d</sup>	74.1 <sup>d</sup>
	Si	25.9 <sup>b</sup>	3.86 <sup>b</sup>	3.20 <sup>b</sup>	159 <sup>ab</sup>	92.8 <sup>b</sup>	17.5 <sup>b</sup>	6.27 <sup>b</sup>	269 <sup>b</sup>	151 <sup>b</sup>
	MSE	27.1 <sup>a</sup>	4.24 <sup>a</sup>	3.50 <sup>a</sup>	182 <sup>a</sup>	113 <sup>a</sup>	20.6 <sup>a</sup>	8.61 <sup>a</sup>	336 <sup>a</sup>	171 <sup>a</sup>

MSE – extrakt semen Moringy olejodárné

Soltani et al. (2018) navazovali na obecně známé poznatky, že křemík zvyšuje příjem ostatních živin rostlinami. Zaměřili se tedy na čtyři konkrétní formy: na jíl (o velikosti částic 10<sup>-9</sup> m), bentonit, křemík (o velikosti částic 10<sup>-9</sup> m) a křemičitan sodný, které aplikovali na brambory, konkrétně na odrůdu Agria. Každá varianta byla aplikována ve dvou dávkách, v 1 000 ppm a ve 2 000 ppm. Pro pokus použili malou sadbu Agrie, kterou zasadili do PVC tub o rozměrech 100 cm vysokých a s průměrem 10 cm. Výsadbou do těchto prostorů vznikly malé hlízy, tedy testovaný materiál nebyl stresovaný nedostatkem vláhy či nedostatkem živin. Během 90 dní byly vzorky zkoumány a po této lhůtě byly malé hlízy sklizeny a rozborovány viz tab. 10. Aplikace křemíkových sloučenin, kromě křemičitanu sodného, zlepšily vitálnost a prosperitu listů, a to až o 18 % sušiny ve variantě bentonitu (1 000 ppm). Zvýšení se projevilo i u průměru stolonu, a to až o 17 % u jílnatých nanočástic a bentonitech (1 000 ppm). Rozvinutím kořenového systému bylo zvýšeno při použití křemíkových sloučenin, a to až o 54 % v případě křemičitanu sodného (1 000 ppm). Konkrétní příjem prvků oproti kontrole byl zvýšen u křemíku, molybdenu, draslíku a fosforu, a naopak obsah hliníku a manganu byl snížen viz tab. 10. Dále zjistili, že obsahy hořčíku, zinku a železa se po aplikaci snížily. K podobnému zjištění, že křemík pomáhá snižovat těžké kovy, dospěl Elrys et al. (2018). Soltani et al. (2018) přes zjištění zvýšení obsahu výživových prvků nepozorovali zvýšení výnosu rozborovaných malých hlíz.



Tab. 10: Obsahy vybraných prvků v sušině brambor (v  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) po aplikaci různých variant (jílnatých nanočástic, bentonitu, křemíkových nanočástic a křemičitanu sodném), a to v různých dávkách (Soltani et al. 2018)

Varianta	Si ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	K ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Zn ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	P ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Al ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Fe ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Mn ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Mg ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )
Control	37.40 (0.5)	224.80 (2.3)	45.69 (2.6)	560.02 (0.6)	965.06 (1.3)	258.48 (0.3)	19.84 (0.7)	2092.83 (0.18)
Nanoclay (1000 ppm)	42.10 (0.1)	391.18 (0.9)	64.14 (1.6)	848.88 (1.2)	842.67 (0.5)	940.89 (0.3)	27.21 (0.8)	4771.35 (0.18)
Nanoclay (2000 ppm)	40.05 (0.1)	342.46 (0.5)	43.54 (3.5)	775.54 (2.4)	916.10 (0.5)	603.64 (0.16)	16.19 (0.02)	2274.92 (0.7)
Bentonite (1000 ppm)	41.31 (15.1)	316.57 (0.8)	46.95 (1.9)	816.91 (1.5)	712.80 (0.7)	765.76 (1.2)	23.26 (1.2)	3288.18 (0.02)
Bentonite (2000 ppm)	45.80 (1.6)	414.14 (0.1)	53.16 (1.2)	852.47 (0.7)	609.13 (0.7)	586.24 (0.26)	18.43 (0.03)	3974.78 (0.24)
Nanosilica (1000 ppm)	40.96 (0.4)	281.28 (0.3)	46.68 (1.05)	878.39 (0.8)	603.58 (1.2)	689.81 (1.06)	27.95 (1.3)	3900.33 (1.5)
Nanosilica (2000 ppm)	40.74 (0.3)	211.70 (1.06)	43.50 (0.4)	598.08 (0.9)	327.62 (0.3)	426.26 (1.25)	18.08 (1.5)	2137.09 (1.08)
Sodium silicate (1000 ppm)	41.00 (1.2)	305.21 (0.1)	83.52 (0.2)	689.78 (1.6)	936.42 (0.3)	546.98 (1.3)	18.14 (1.2)	3865.42 (0.82)
Sodium silicate (2000 ppm)	45.70 (2.1)	232.49 (0.3)	48.20 (2.03)	643.55 (1.9)	249.46 (0.8)	516.35 (0.9)	7.77 (1.3)	1392.01 (1.2)

Average ( $n = 2$ ) with standard deviation (SD) in parenthesis

Meena et al. (2016) zkoumali vliv křemíku a fosforu na růst kukuřice, výnos a odběr živin. Varianty s křemíkem byly čtyři, a to doplněné na půdní obsah 100 až 400  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a kontrola, kde Si dodaný nebyl. U každé varianty s křemíkem byly ještě dvě další, a to s půdním dodáním fosforu před setím 40  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a kontrolní varianta bez dodání fosforu. Obsah chlorofylu v listech se zvyšoval spolu s obsahem křemíku v půdě a dále se zvyšoval ještě více, když byl v půdě přidán fosfor. Oba tyto faktory měly pozitivní efekt jak zvlášť, tak i dohromady, kde byl efekt největší. Výška rostlin byla též pozitivně ovlivněna viz tab. 11. Jak je z tab. 11 vidět, největší rostliny byly ve variantě 300  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Si, kde byl dodán fosfor na úrovni 40  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Druhé nejvyšší výšky dosahovaly varianty bez dodání fosforu při obsahu Si 400  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Tab. 11: Výšky kukuřice různých variant aplikace křemíku a fosforu na dvou půdách, měřené 30 a 60 dní po zasetí (Meena et al. 2016)

Si levels	Plant height (cm)							
	30 DAS *				60 DAS *			
	Soil (S <sub>1</sub> )		Soil (S <sub>2</sub> )		Soil (S <sub>1</sub> )		Soil (S <sub>2</sub> )	
	P <sub>0</sub>	P <sub>40</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>40</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>40</sub>	P <sub>0</sub>	P <sub>40</sub>
Si <sub>0</sub>	26.62	30.72	33.25	35.84	105.95	110.50	120.40	121.26
Si <sub>100</sub>	29.56	28.97	31.23	38.09	110.89	112.30	117.65	121.45
Si <sub>200</sub>	35.92	37.62	37.04	42.74	117.25	122.95	125.58	128.16
Si <sub>300</sub>	30.42	44.82	38.54	46.94	115.85	129.15	123.96	135.45
Si <sub>400</sub>	35.62	37.52	42.12	42.64	120.95	128.85	128.65	128.06
CD (p=0.05)	NS	NS	NS	NS	2.05	2.05	NS	NS

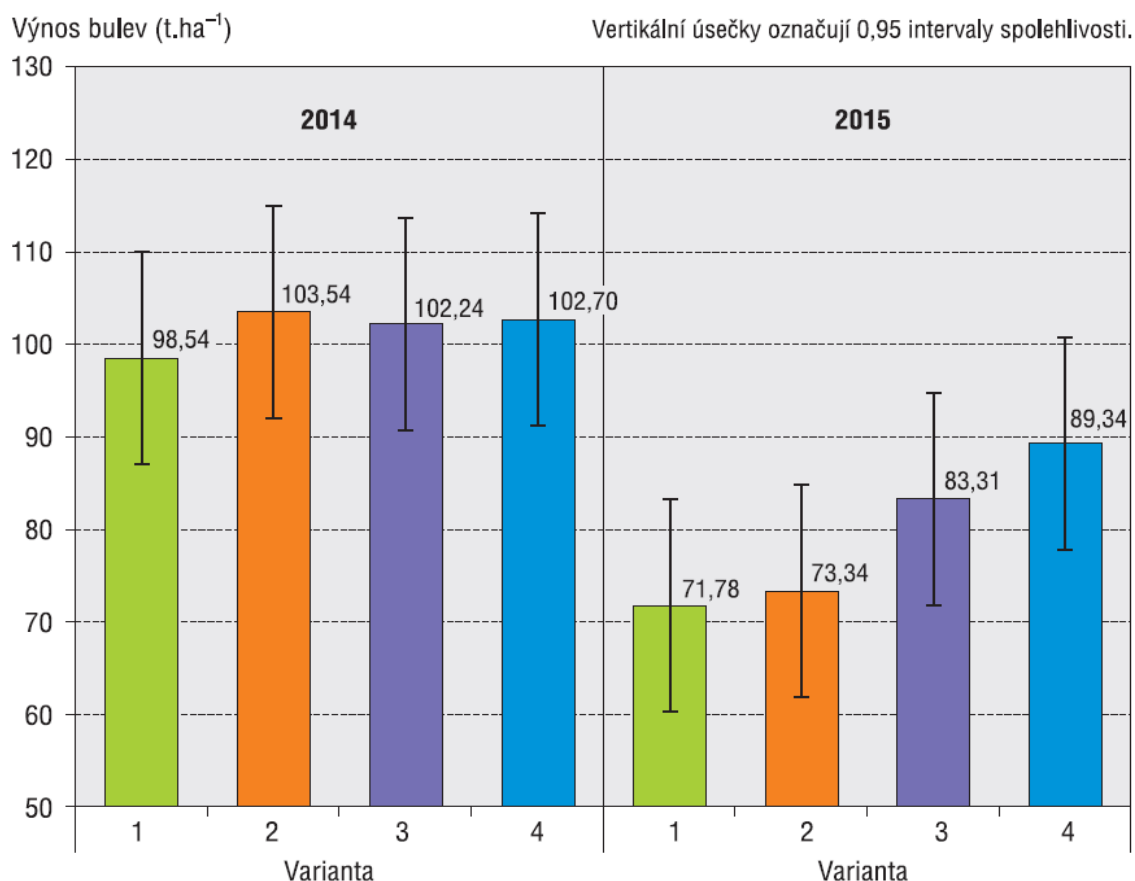
\* Zkratka DAS znamená dny po zasetí a čísla u křemíku a fosforu znamenají obsah v  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Dále v pokusu sledovali narostlou biomasu. Na jedné půdě byla nejvýnosnější varianta s obsahem Si 300  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a to jak s dodáním fosforu před setím, tak i bez jeho dodání. V sušině zvítězily varianty s obsahem Si 300  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a to nezávisle na dodání fosforu. Podobných hodnot nabývala i sušina kořenové hmoty. Příjem křemíku rostlinami byl zpravidla nejvyšší ve variantách s obsahem Si 400  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Nejvyšší odběr fosforu byl jednoznačně u variant

Si 300 mg.kg<sup>-1</sup> nezávisle na půdě a na dodání fosforu před setím. Příjem železa a manganu byl nejvyšší u nízkých hodnot křemíku obsaženého v půdě.

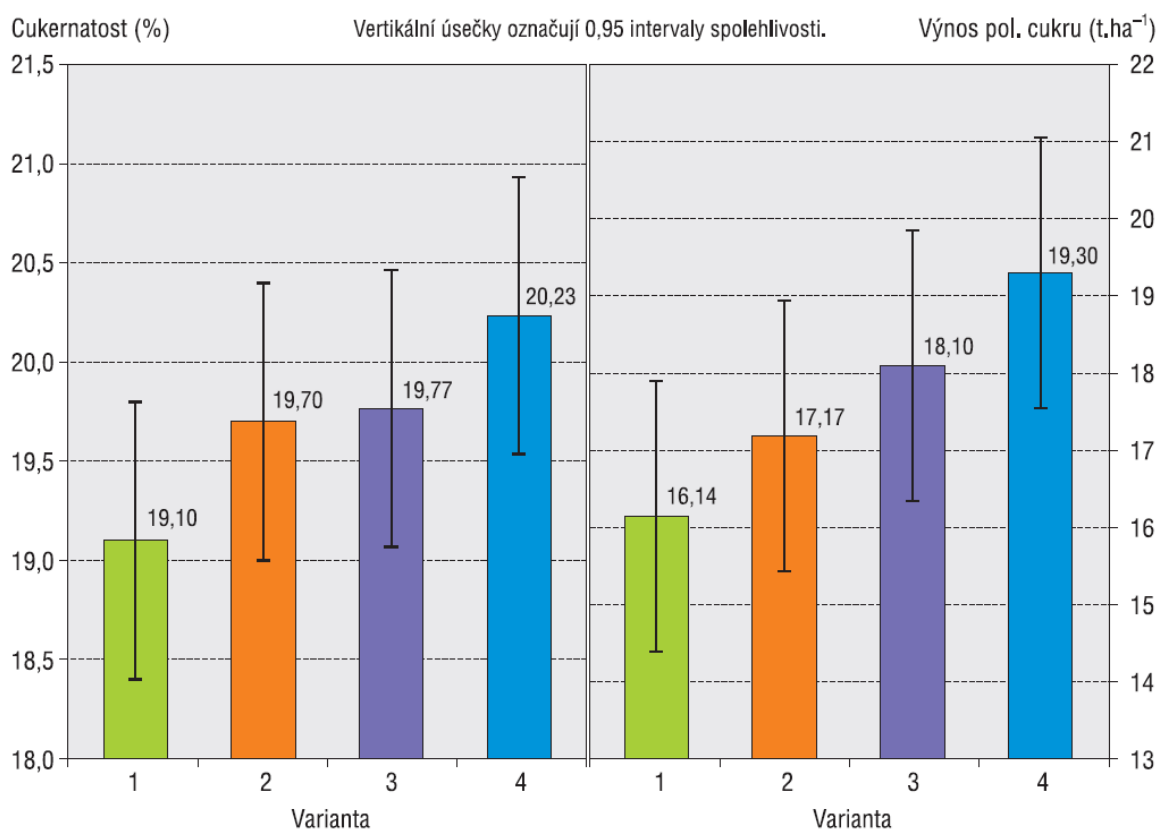
Hřivna et al. (2017) sledovali vliv výživy draslíkem a křemíkem na cukrovku. Při pokusu použili mimokořenová hnojiva NanoFYT Si v dávkách 0,5 l.ha<sup>-1</sup> a draselné hnojivo K-Gel 175 v dávce 5 l.ha<sup>-1</sup>. NanoFYT obsahuje v 1 l 233 g hydratovaných nanočástic Si. Pokus byl realizován v podobných srážkových a teplotních podmínkách jako tato diplomová práce. První rok pokusu měli také normální úhrn srážek a sumu teplot a ve druhém sledovaném roce měli výrazně podnormální úhrn srážek, a i teploty byly výrazně nadprůměrné. První varianta je kontrolní, ve druhé variantě byl NanoFYT aplikován dvakrát v termínech 18. 7. a 19. 8. Třetí varianta byla ošetřena NanoFYTem pouze 19.8 a poslední čtvrtá varianta byla ošetřena K-Gelem 175 6. 8. a NanoFYTem 19. 8.. Výsledky výnosu bulev a polarizačního cukru jsou v grafu 2 a 3.

Graf 2: Výnos bulev cukrovky (Hřivna et al. 2017)



V grafu 2 je vidět, že při nepříznivých podmínkách je schopen křemík fungovat jako antistresový faktor spolu s draslíkem. Čtvrtá varianta měla v těchto pozorováních nejvyšší hodnoty ve výnosu bulev v roce 2015 a v obou letech ve výnosu polarizačního cukru viz graf 3. Autoři podotýkají, že na cukernatosti se příznivě projevilo hnojení draslíkem. Dále uvádějí, že se u většiny variant snížila hladina škodlivého dusíku o 5 – 7,5 mg.100 g<sup>-1</sup>.

Graf 3: Vliv hnojení na cukernatost bulev a výnos polarizačního cukru (Hřivna et al. 2017)



Artyszak (2018) zpracoval literární přehled účinků křemíku na jednotlivé plodiny. Ve své práci uvádí výsledky kolegy Wróbela, který v letech 2009 až 2011 sledoval účinky mimokořenové výživy hnojivy YaraVita Potato a Actisil. Hnojivo YaraVita Potato obsahuje P - 192 g.l<sup>-1</sup>, K - 62 g.l<sup>-1</sup>, Mg - 40 g.l<sup>-1</sup>, Mn - 10 g.l<sup>-1</sup>, Zn - 5 g.l<sup>-1</sup> a Actisil Si - 6 g.l<sup>-1</sup>. Varianty byly tři, první varianta YaraVita Potato, druhá varianta Actisil a třetí varianta obě hnojiva. Hnojiva byla vždy aplikovaná třikrát během vegetace. Shrnutí pokusu je, že významný rozdíl po aplikaci listových hnojiv v celkovém výnosu hlíz brambor nenastal. Autor však pozoroval rozdíly v rámci velikostních skupin hlíz brambor, kde se odpadní hlízy do velikosti 30 mm díky hnojivům přesunuly do hlíz konzumních, tedy výnos malých hlíz se snížil o cca 50 %. Dále pozoroval pouze ve variantě hnojiva Actisil přesun konzumních hlíz do nadrozměrných hlíz, respektive do kategorie 60 mm a více. Toto navýšení znamenalo ve výnosu 23 % v nadrozměrných hlízách. Při variantě aplikace obou hnojiv se jednalo o zvýšení 10 % výnosu nadrozměrných hlíz. V roce 2011 zkoumali kvalitu hlíz, respektive vliv hnojiv na tmavnutí syrové dužniny a obsahy dusičnanů, fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku. V těchto zkoumáních se neprokázaly významné rozdíly, vyjma dusičnanů. U brambor hnojených ve třetí variantě zjistili 60 % snížení dusičnanů v hlízách. Hnojivo Actisil nemělo po šesti měsíčním skladování výrazný vliv na snížení hmotnosti hlíz. Během vegetace nebyl pozorován významný rozdíl v odolnosti brambor proti plísni bramborové (*Phytophthora infestans*), avšak mírné projevy pozorovány byly. V roce 2011 po aplikaci hnojiv pozorovali pomalejší vývoj plísne bramborové na listech. Po aplikaci Actisilu společně s fungicidní ochranou pozorovali významné zbrzdění vývoje plísne na listech. Dále autor uvádí nejednoznačné posuzování nemocných hlíz po sklizni kvůli různorodosti vývoje chorob v průběhu let. V pozorování

zaznamenali po aplikaci Actisilu významné omezení bakteriální černání stonku a měkké hniloby brambor (*Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora*). Zároveň upozorovali vyšší výskyt vložkovitosti hlíz bramboru (*Thanatephorus cucumeris* teleom. - *Rhizoctonia solani* anam.). Vlivy na jiné choroby pozorovány nebyly.

Artyszak (2018) popisuje další výzkum, který by prováděn v Polsku v letech 2011 a 2012. Byla sledována reakce brambor (odrůdy Finezja) po aplikaci hnojiva Herbagreen Basic, které obsahuje vápník s křemíkem. Dle výrobce (Anonymous VI. 2018) je přesné složení hnojiva 82,3 % CaCO<sub>3</sub>, 8,56 % SiO<sub>2</sub>, 3,02 % MgO, 41,7 % CaO a dále stopová množství železa, manganu a selenu. Aplikace hnojiva byla provedena postřikem, a to třikrát během vegetace. Poprvé na začátku růstu při výšce 15 až 20 cm, dále po dvou týdnech a poslední aplikace 4 až 5 týdnů po první (konec kvetení). Rozdíl byl pozorován při hnojení dusíkem různými dávkami, konkrétně 50, 75 a 100 kg N na jeden ha. Prokázalo se, že v nepříznivém roce 2011 mělo hnojivo velice podpůrný efekt na výnos a v roce 2012, který byl příznivý, byl výnos také vyšší než kontrola. Dále se ukázalo, že varianta s Herbagreenem Basic při dávce dusíku 75 kg je schopna výnosem dorovnat a v nepříznivých podmínkách i dokonce překonat variantu kontrolní s dávkou dusíku 100 kg. Mimokořenová výživa měla vliv na zvýšení výtěžnosti hlíz v rámci velikostních skupin. Po aplikaci hnojiva bylo zjištěno, že je menší výskyt deformací hlíz a strupovitosti. Dále zjistil, že aplikace Herbagreenu Basic nemá vliv na obsah škrobu, obsah dusičnanů a ani na sušinu hlíz.

Artyszak et al. (2018) prováděli podobný pokus i na cukrové řepě se stejným hnojivem, tedy Herbagreen Basic a dále s Optysil v letech 2013 a 2014. Dávka Herbagreen Basic byla 1,5 kg.ha<sup>-1</sup> a Optysil 0,5 l.ha<sup>-1</sup>. Hnojivo Herbagreen Basic obsahuje 262 g.kg<sup>-1</sup> vápníku, 80 g.kg<sup>-1</sup> křemíku a stopy Fe, Mg, K, Na, Ti, P, S, Mn, B, Co, Cu a Zn. Hnojivo Optysil obsahuje 9 g.l<sup>-1</sup> křemíku a 25 g.l<sup>-1</sup> železa. Plocha pokusné parcely byla 43,2 m<sup>2</sup>. Jednalo se o tři varianty listového hnojení křemíkem a vápníkem (393 g.ha<sup>-1</sup> Ca + 120 g.ha<sup>-1</sup> Si; 786 g.ha<sup>-1</sup> Ca + 240 g.ha<sup>-1</sup> Si; 1 179 g.ha<sup>-1</sup> Ca + 360 g.ha<sup>-1</sup> Si) a tři varianty hnojení jen křemíkem (47 g.ha<sup>-1</sup>; 94 g.ha<sup>-1</sup> a 141 g.ha<sup>-1</sup>). Aplikace byly provedeny ve třech termínech, první ve fázi 4 - 6 listů, druhá o týden později a třetí o dva týdny později. Následně byly provedeny podrobné rozборы kořenů a listů cukrové řepy na obsah sušiny a N, P, K, Ca, Mg a Si. Výsledky ukázaly, že po mimokořenové aplikaci křemíku a vápníku se obsah křemíku v rostlině významně neprojevil, ale působil na obsah sušiny, hořčíku a vápníku, a to jak v listech, tak i v kořenech. Artyszak et al. (2018) však doplňují, že výsledky nejsou jednoznačné. Obsah křemíku v listech pozitivně koreloval s obsahem sušiny a obsahem fosforu, ale negativně s obsahem draslíku v listech. Závěrem zmiňují, že výsledky indikují korelaci mezi hnojením křemíkem a vápníkem s technologickým výnosem cukru.

## 4. Materiál a metody

Předmětem zkoumání diplomové práce je vliv listového hnojiva Kelik K-Si na tvorbu výnosu a vybrané ukazatele jakosti brambor. Pokus byl proveden v poloprovozních podmínkách na farmě Rudolfa Kučery. Farma se nachází v okrese Benešov blízko města Vlašim, v katastrálním území Bolina. Zkoumání se provádělo na třech odrůdách, a to na Adéle, Agrii a Valdivii. Porost byl založen technologií s odkameňováním dne 23. 4. 2016 a 6. 5. 2018. Aplikace přípravku Kelik K-Si se prováděla v růstových fázích 25, 40 a 60 makrofenologické BBCH stupnice - tj. 13. 6. 2016, 24.6.2016, 18. 7. 2016 první rok zkoušení a 15. 6. 2018, 26. 6. 2018 a 10. 7. 2018 druhý rok a to vždy v dávce  $0,75 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Fáze brambor byly určovány dvoumístnou BBCH stupnicí bramboru dle Vokála et al. (2013). Aplikace byla provedena zádoovým postřikovačem kvůli přesnosti a kvůli vyloučení úletu postřiku na kontrolní parcely. Na obr. 1 a 3 je vidět vytyčení parcel. Vždy byla k pozorování využita celá plocha odrůdy. Parcela se rozdělila na kontrolní část (dále označována K) a na pokusnou část tj. varianta s aplikací hnojiva Kelik K-Si (dále označována Si). Každá pokusná parcela s jednou variantou měla výměru  $1\,500 \text{ m}^2$ . U každé části bylo odebráno ve třech opakováních po deseti trsech. Parcely dle znázornění na obr. 1 a 3 jsou parcely přímo vedle sebe, byly tedy stejně vyhnojeny, stejně ošetřovány a měly i stejný půdní předpoklad. Vzorky byly odkopány a odebrány ručně (viz obr. 4), dále byly rozděleny do třech velikostních skupin, a to na odpadní hlízy s průměrem pod 40 mm, konzumní hlízy 40 – 70 mm a na nadstandardní hlízy nad 70 mm. Tyto velikostní skupiny byly zváženy a hlízy byly spočítány (obr. 5). Dále ve spolupráci s Výzkumným ústavem bramborářským v Havlíčkově Brodě byla stanovena škrobnatost. Stanovení škrobnatosti bylo provedeno na digitální Hošpes-Pecoldově váze (obr. 6 a 7), kde hmotnost váženého vzorku byla 2,5 kg v roce 2016 a 5 kg v roce 2018. Výsledky byly zapisovány do tabulek a z nich bylo provedeno statistické vyhodnocení. Statistika byla vyhodnocena samostatně autorem práce v programu STATISTICA, verze produktu 12.0.0.0, verze 12.0.1133.15, datum vydání 7.4.2014, od společnosti StatSoft CR s.r.o. Statistika byla provedena metodou analýzy rozptylů (ANOVA – analysis of variance), konkrétně obecnými lineárními modely s 95 % intervalem spolehlivosti (tedy alfa = 0,05). Na základě těchto kroků byly vyhotoveny krabicové grafy a po zvolení post hoc testů, konkrétně Tukeyův HSD test, byly vyhotoveny tabulky s hodnotami konstatujícími statisticky významný či nevýznamný rozdíl.

### 4.1 Kelik K-Si

Jedná se o tekuté listové hnojivo obsahující sloučeninu křemíku (ve formě oxidu křemičitého) a draslíku (ve formě uhličitanu draselného). Výrobek určený k posilování struktur rostlin zodpovědných za tvorbu imunitních mechanismů a stimulaci životně důležitých procesů rostlin. Doporučené dávkování je 0,5 - 1 l/ha. Dle distributora Anonymous I. (2018) „*Nasycení rostlinných tkání oxidem křemičitým umožňuje vytvoření ochranné vrstvy, pomáhající chránit buňky před působením hub a škůdců (ztížení pronikání škodlivých organismů do rostliny). Listy bohaté na křemík absorbují více slunečních paprsků - zlepšení architektury pletiv. Zvyšuje*

*účinnost fotosyntézy - zpevňuje listy a prodlužuje jejich životnost. Snižuje faktor transpirace - menší tlak vodního stresu, lepší růst kořenů a menší odpařování. Zlepšuje odolnost proti poléhání“.*

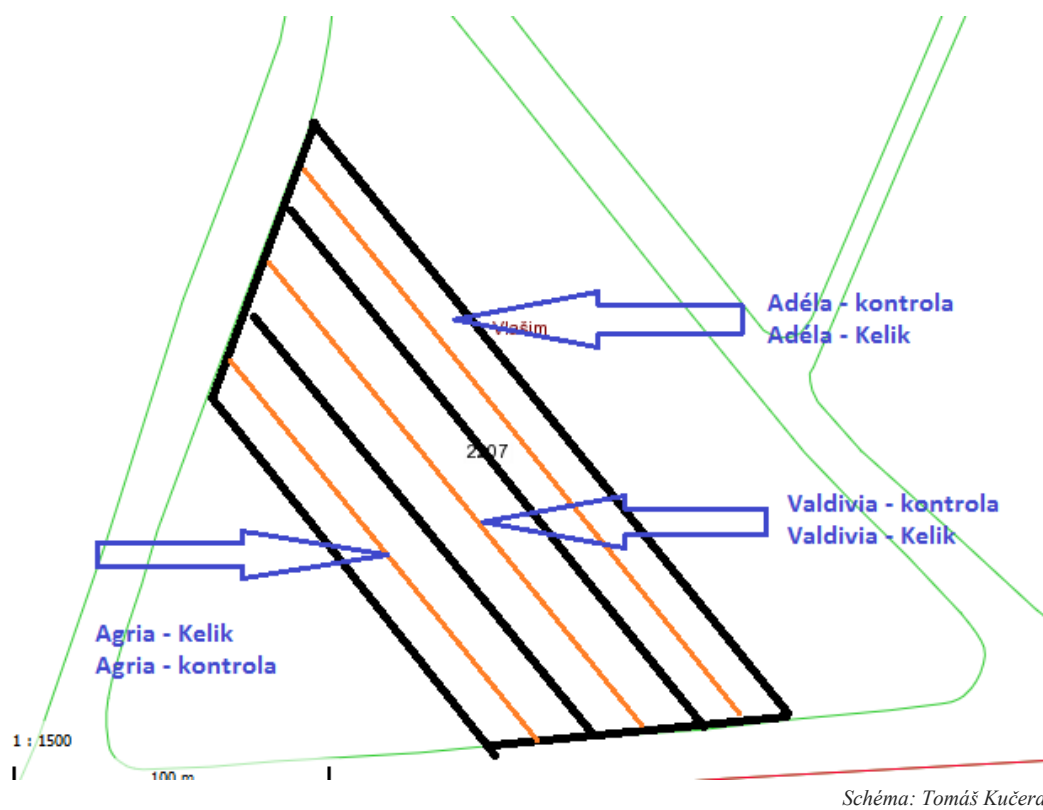
Přípravek je určen pro vybrané polní plodiny, tj. obiloviny, cukrovou řepu, řepku ozimou, brambory, trávy a dále pro zeleninu, ovoce a bobuloviny. Složení přípravku je následovné: draslík ve formě oxidu ( $K_2O$ ) 20 %, křemík ve formě oxidu ( $SiO_2$ ) 13 % a EDTA 2 %, pH 11 – 13. Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity v  $mg \cdot kg^{-1}$  přípravku – méně než: kadmium 1, olovo 10, rtuť 1,0, arzen 20 a chrom 50. Rozpustnost ve vodě je stoprocentní. Specifická hmotnost je  $1,28 \text{ g} \cdot (\text{cm}^3)^{-1}$ . Mísení přípravku se nedoporučuje vzhledem k vysoké alkalitě. Aplikace je možná pouze ve vodném roztoku, nedoporučuje se aplikovat za vysokého slunečního svitu a při očekávání dešťových srážek. Naředění má být od 0,3 l do 0,5 l přípravku na 100 l vody. Klasifikace nebezpečí zobrazuje značky: žíravé/korozivní a dráždivé. Dále standardní věty o nebezpečnosti H302 - zdraví škodlivý při požití, H314 - způsobuje těžké poleptání kůže a poškození očí, H319 - způsobuje vážné podráždění očí - obsahuje hydroxid draselný (ÚKZÚZ 2018). Evidenční číslo uznání hnojiva Kelik K-Si je V216 (ÚKZÚZ 2018). Výrobce je španělská firma Atlantica agricola s.a. Villena, La Corredera no 33, Entlo 03400, 03400, Villena, Španělsko, která je v České republice zastoupena firmou FERTISTAV CZ a.s. Městec Králové. Orientační cena aplikované dávky hnojiva  $0,75 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$  je přibližně 315 Kč bez DPH.

## 4.2 Pozemky

Vybraný pozemek na pokus pro rok 2016 se nachází ve Středočeském kraji v okrese Benešov blízko města Vlašim. Katastrální území Bolina 607207, parcelní číslo 1032/1-5. Nadmořská výška pozemku je v průměru na tomto pozemku 488,66 m n. m. Průměrná sklonitost je  $3,48^\circ$ . Číslo pozemku je 2207. BPEJ pozemku je 7.29.11. Výměra je 3,85 ha.

Předplodina pro brambory byl jetel, kde druhá seč byla zmulčována a byl na ní rozmetán kompost. Této organické hmoty bylo dohromady 30 t. Hmota byla následně zaorána, hloubka orby byla 30 cm. Na jaře následovalo sázení technologií s odkameněním (s přihnojováním hnojiva „pod patu“). Výsadba proběhla dne 23.4.2016 do hloubky 6 cm se vzdáleností v řádku 26 cm. Následně byl porost kontrolován a ošetřován dle agronomických zvyklostí a dle reakce na změny podmínek. V průběhu tohoto období byl prováděn pokus a sledování. Jednalo se o množitelské plochy ve stupních E3 a A, takže porosty byly kontrolovány také inspektorkou z ÚKZÚZ.

Obr.1: Grafické znázornění parcel pokusu 2016



Obr. 2: Porost Adély 24.6.2016 – vlevo kontrola, vpravo Kelik K-Si



Foto: Tomáš Kučera

Pozemek pro rok 2018 se nachází několik desítek metrů od pozemku prvního (sledovaného v roce 2016). Pozemek v roce 2018 se nachází ve stejném katastrálním území, parcelní číslo 1034/1. Nadmořská výška pozemku je v průměru na tomto pozemku 478,62 m n. m.. Průměrná sklonitost je 4,24 °. Číslo pozemku je 2301/1. BPEJ pozemku je 7.29.11. Výměra je 5,86 ha.

Obr. 3: Grafické znázornění parcel pokusu 2018

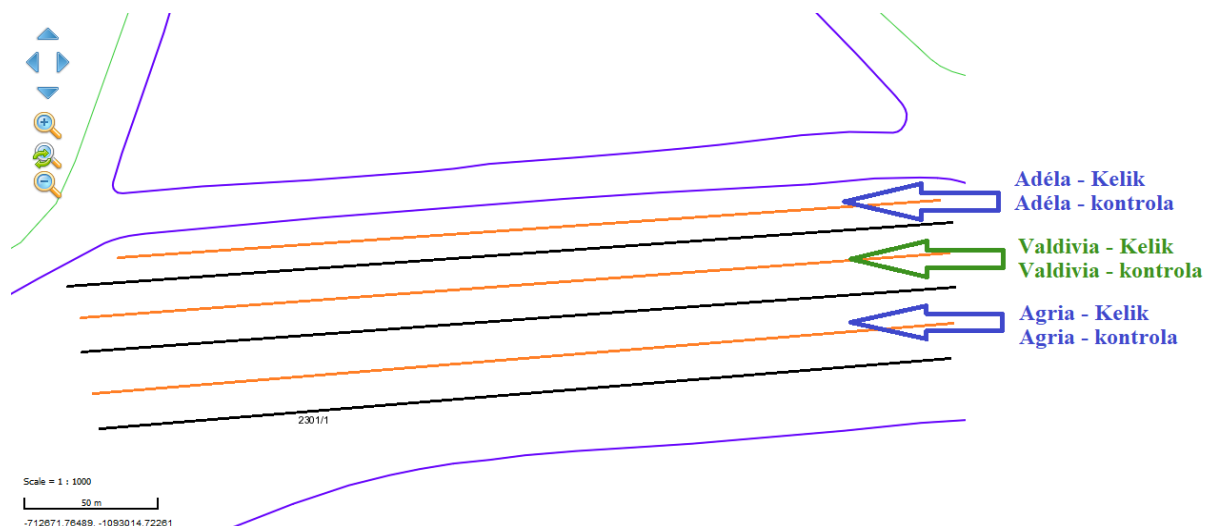


Schéma: Tomáš Kučera

Jako předplodina byl set oves s podsevem jetele, který byl na podzim organicky hnojen a zaorán. Na jaře byl porost zakládán totožnou technologií 6. 5. 2018. V průběhu vegetace byl porost standardně ošetřován jako každý jiný rok a také navíc kontrolován, mimo jiné i inspektorkou ÚKZÚZ kvůli pěstebnímu záměru.

Obr. 4, 5, 6, 7: Odběr vzorků z parcel, rozborování a měření škrobnatosti



Foto Jan Kučera a Tomáš Kučera

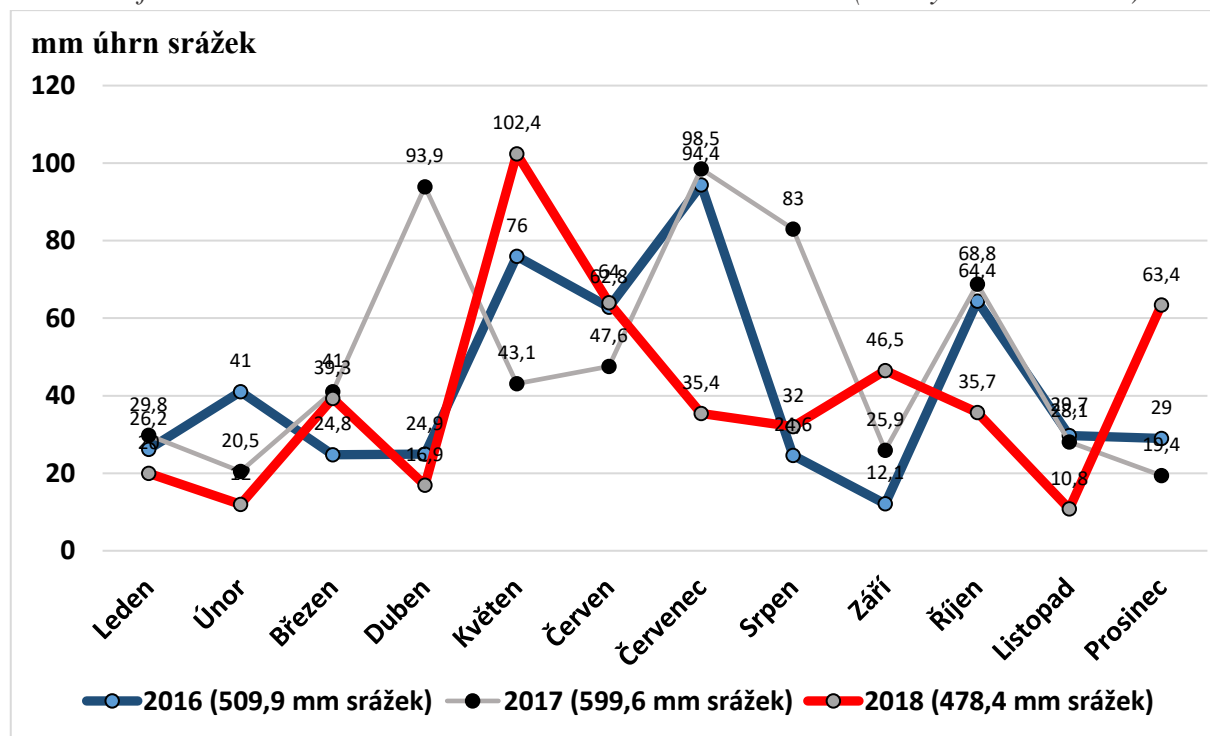


Odkopy brambor (10 trsů) byly provedeny 25. 8. 2018 ve třech opakováních u každé varianty. Na obr. 5 a 7 je zachyceno vyhodnocování, které bylo provedeno stejným systémem, jako v minulých letech. Pro třídění hlíz byly použity síta z třídičky brambor a pro sporné určení byla používána kapesní měrka brambor. Vážení bylo provedeno digitální váhou s vysokou přesností. Obr. 6 a 7 jsou pořízené ve VÚB Havlíčkův Brod, kde probíhalo v obou letech stanovení škrobnatosti pomocí digitální Hošpes - Pecoldovy váhy.

#### 4.2 Vývoj povětrnostních podmínek

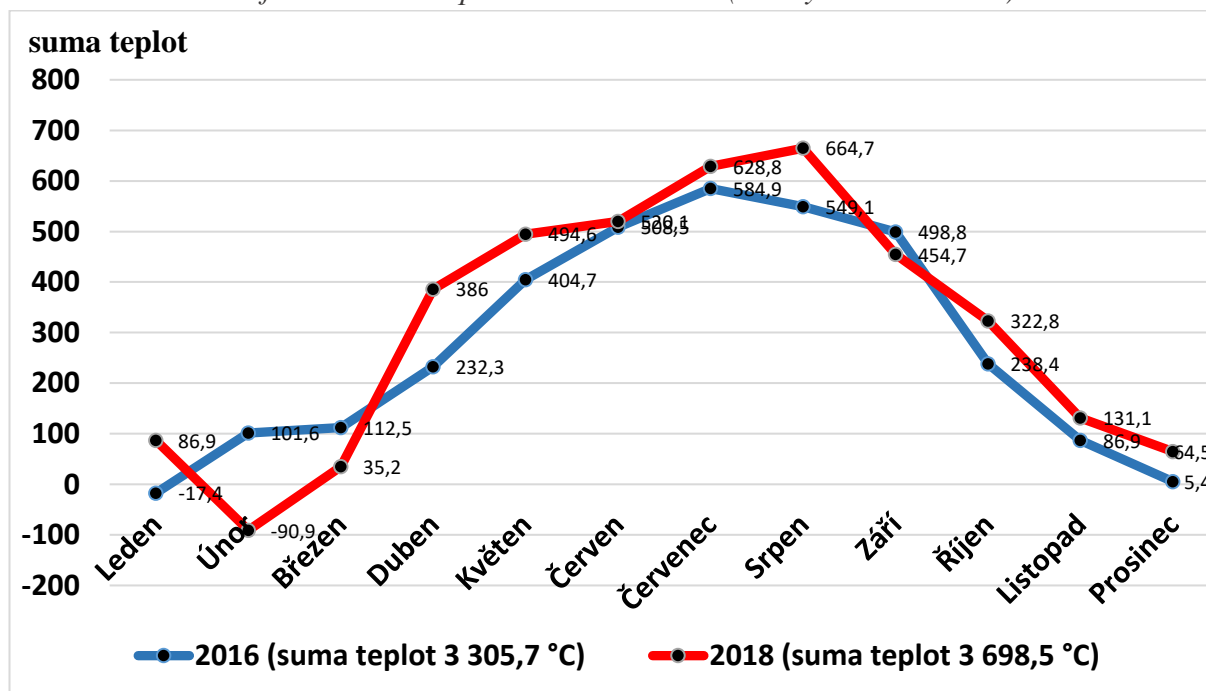
Úhrn srážek za období od vysazení do odběru hlíz činil v roce 2016 249,7 mm a v roce 2018 to bylo 219,7 mm. V grafu 4 je vidět deficit srážek v roce 2018 zejména v červenci. Dále je vidět, že na konci roku 2017 bylo opět málo srážek a tento deficit se nesrovnal ani začátkem roku 2018. Rok 2016 měl v období vegetace poměrně dobré množství srážek.

Graf 4: Srovnání měsíčních úhrnů srážek ve stanici Vlašim (Anonymous IV. 2019)

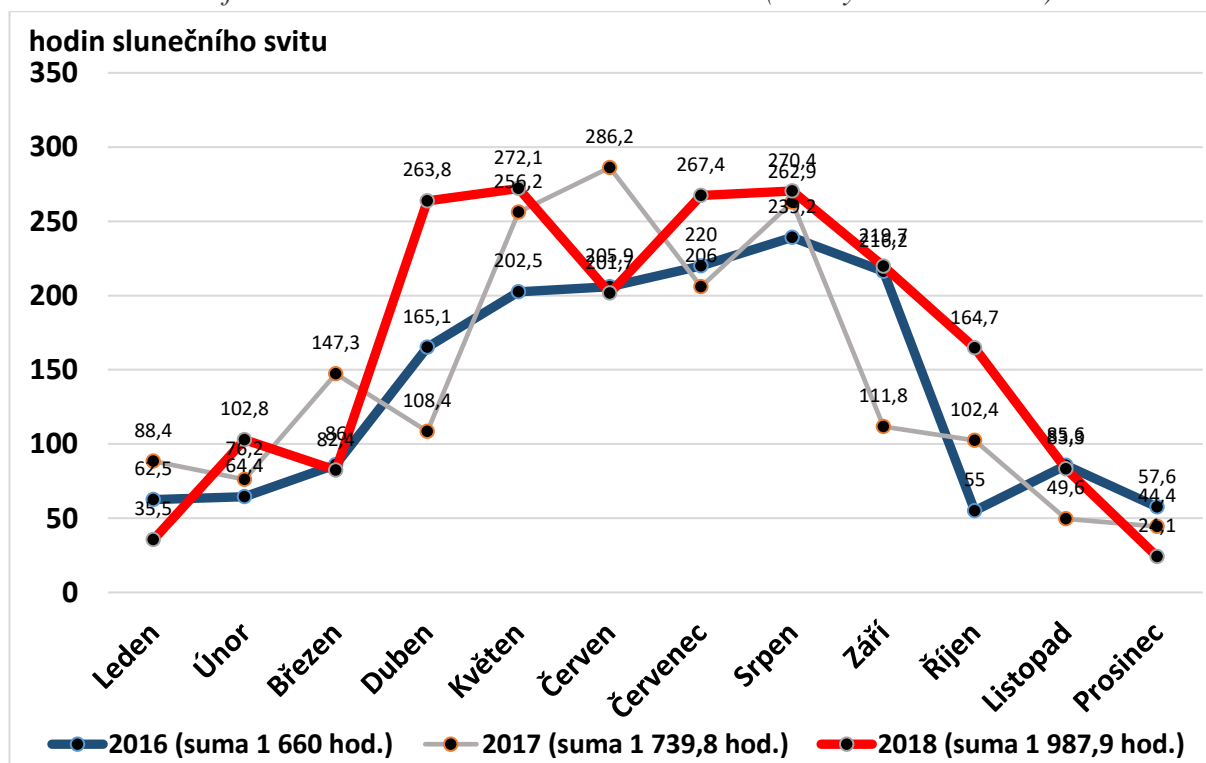


Graf 5 znázorňuje srovnání teplot v obou letech. Je zde patrné, že v roce 2018, kdy bylo méně srážek (viz graf 4), byla vyšší teplota, a to po celé období vegetace. Celková suma teplot byla v roce 2018 vyšší o 392,8 °C.

Graf 5: Srovnání teplot let 2016 a 2018 (Anonymous IV. 2019)



Graf 6: Srovnání slunečního svitu v hodinách (Anonymous IV. 2019)



Celková suma slunečního svitu je mezi sledovanými roky 2016 a 2018 rozdílná o 327,9 °C. Rok 2018 byl více slunečný viz graf 6. Tento faktor by mohl mít souvislost se škrobnatostí. Rok 2016 byl obecně výnosnější než rok 2018 viz tab. 12. U brambor tento rozdíl činil ve Středočeském kraji v průměru 2,8 t.ha<sup>-1</sup>.

Tab. 12: Výnosy plodin – Středočeský kraj (Anonymous V. 2018)

	2016	2018
obiloviny	6,48 t.ha <sup>-1</sup>	5,28 t.ha <sup>-1</sup>
brambory	27,98 t.ha <sup>-1</sup>	25,18 t.ha <sup>-1</sup>

### 4.3 Sledované odrůdy brambor

#### **Adéla**

Hospodářské vlastnosti:

Adéla je raná konzumní odrůda. Má vysokou odolnost virovým chorobám a plísní bramborové (Ro1). Dosahuje vysokého výnosu oválných hlíz se sytě žlutou dužninou. Hlízy jsou odolné mechanickému poškození a obecné strupovitosti. Konzumní jakost je varného typu B/A, struktura pevná, po uvaření netmavne. Je vhodná k uskladnění a ke konzumaci po celý rok.

Doporučení pro pěstitele:

Odrůda nemá zvláštní nároky na pozemek. Dobře využije vyšší hladinu živin v půdě. Je vhodné ji sázet v co nejranějším termínu (začátek dubna), (Roubal 2018).

#### **Agria**

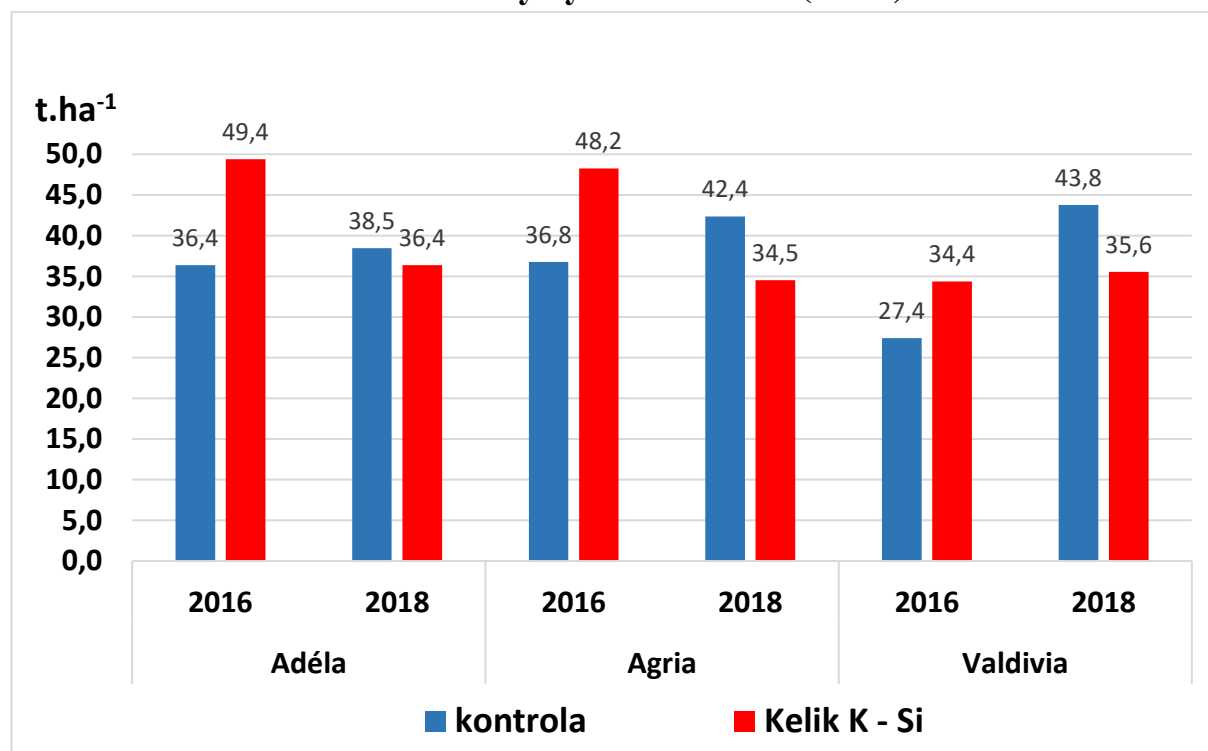
Anonymous II. (2018) uvádí, že Agria je univerzální konzumní odrůda brambor pro stolní využití a zpracování (výroba hranolků a lupínků) s vynikající skladovatelností. Ranost je polopozdní a varný typ je B/C. Velmi dobře reaguje na vláhu, kdy je schopna dosahovat vysokých výnosů. Licence k této odrůdě je již volná, ale mezi nejvýznamnější množitele v České republice patří stále firma Agrico bohemia s.r.o.

#### **Valdivia**

Salátová odrůda s velmi oválnými hlízy až rohlíčkovými. Odrůdu v České republice zastupuje firma Agrico bohemia s.r.o. a šlechtitel je rakouský Nieder - Osterreichische Saatbaugenossenschaft. Odrůda má varný typ A, je žlutomasá se žlutou slupkou a je poloraná (Anonymous III. 2014).

## 5. Výsledky a statistické vyhodnocení

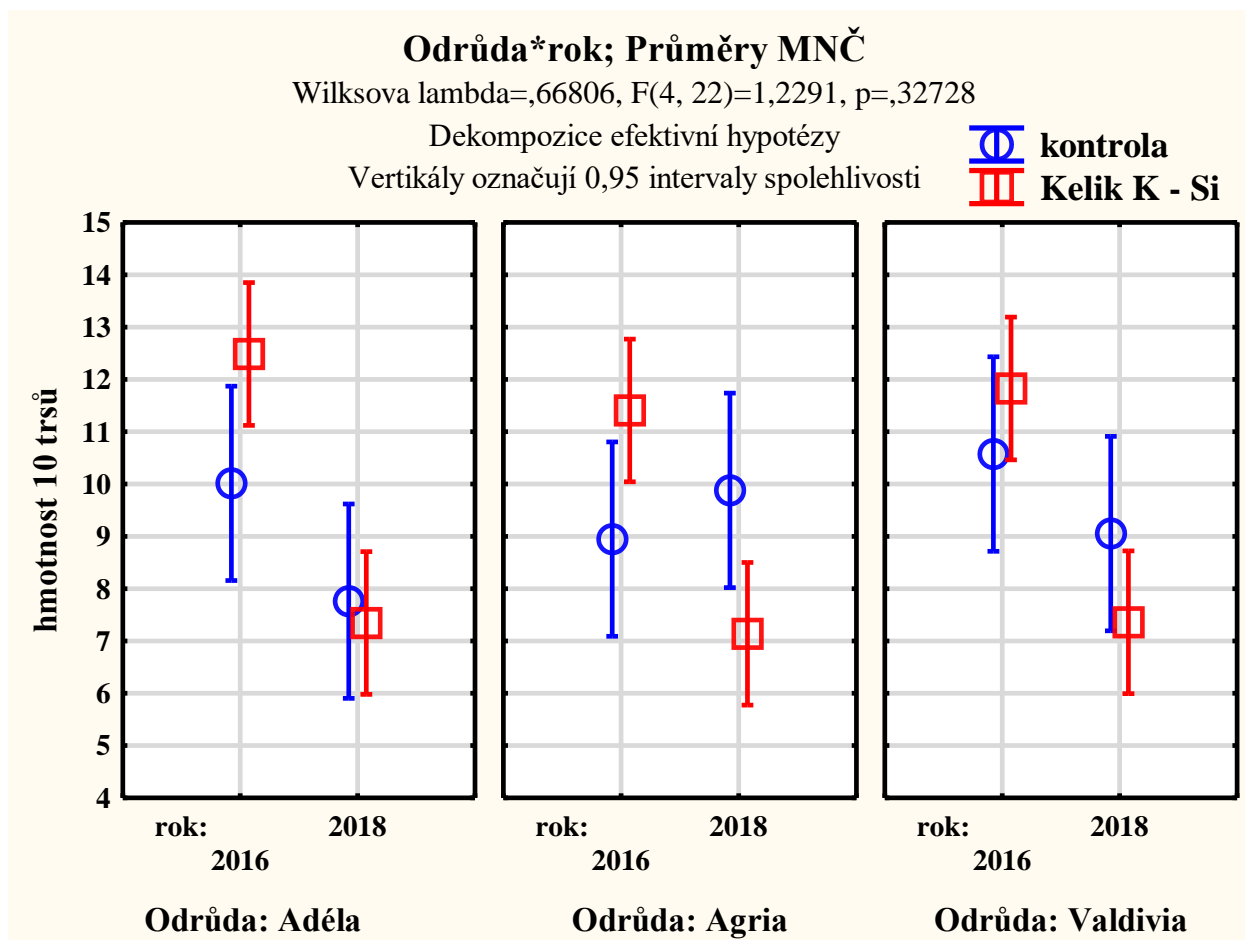
**Graf 7: Čistý výnos brambor (t.ha<sup>-1</sup>)**



Graf 7 ukazuje čistý výnos brambor v tunách na ha. Pro přepočet na 1 ha bylo kalkulováno se standardní výsadbou 45 000 jedinců.

Z grafu pozorujeme, že v roce 2016 mělo hnojivo Kelik K-Si pozitivní vliv na tvorbu čistého výnosu. Nejmarkantnější rozdíl byl u odrůdy Adéla a to konkrétně o 13 t.ha<sup>-1</sup>. Naopak v roce 2018 vyšly výsledky zcela opačné, že listové hnojivo Kelik K-Si čistý výnos snížilo v průměru od 2,1 až 8,2 t.ha<sup>-1</sup>.

**Graf 8: Srovnání hmotnosti 10 trsů v letech 2016 a 2018 u třech sledovaných odrůd**



Vliv aplikovaného hnojiva Kelik K-Si na celkovou hmotnost (tzn. všech velikostních skupin) 10-ti odkopaných trsů ze třech opakování u každé odrůdy a v každém roce.

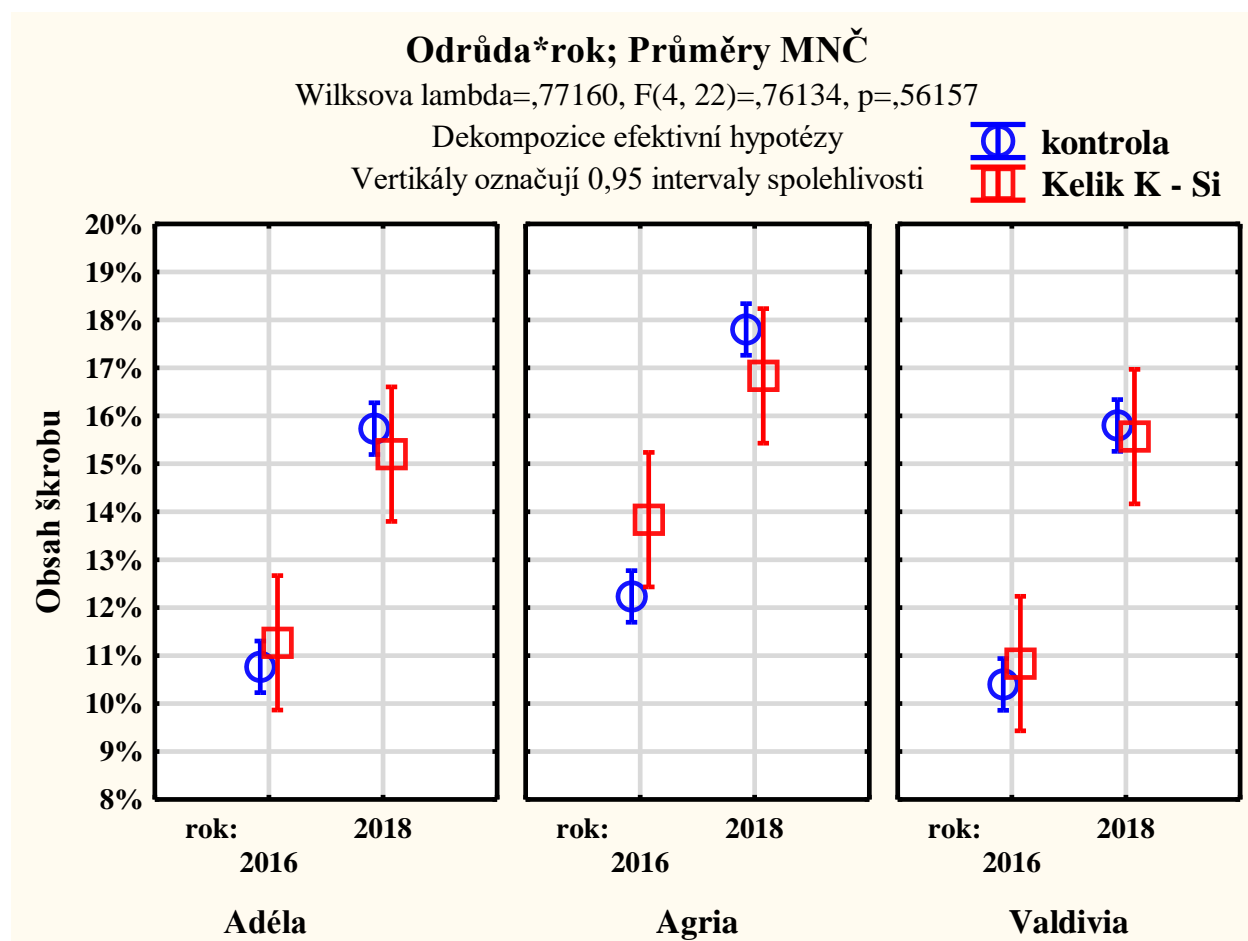
Aplikace listového hnojiva měla obdobně příznivý vliv na hrubý výnos u všech odrůd **v roce 2016**. Ovšem statisticky významný rozdíl dle Tukeyůva HSD testu se prokázal u Agrie (průměrná hmotnost 10 trsů činila v kontrole 8,9 kg a ve hnojené variantě 11,4 kg viz tab. 13) a Valdivie (kontrola 10,6 kg, hnojená varianta 11,8 kg viz tab. 13) statistická průkaznost viz tab. 24. U odrůdy Adéla se statisticky významný rozdíl neprokázal. **V roce 2018** mají výsledky opačné trendy u těchto odrůd. U odrůdy Adéla jsou výsledky mezi kontrolou a hnojenou variantou nepatrné, u Agrie jsou výsledky statisticky neprůkazné a u Valdivie se statisticky potvrdilo viz tab. 24, že tu existuje statisticky významný rozdíl, kdy se jedná o negativní vliv hnojiva na tvorbu celkového výnosu. Průměrná hmotnost v kontrole byla 9,1 kg a v ošetřené variantě 7,4 kg viz tab. 13.

Tab. 13: Průměrná hmotnost 10 trsů v kg ze 3 opakování

	kontrola	Kelik K-Si
Adéla 2016	10,0	12,5
Adéla 2018	7,8	7,3
Agria 2016	<b>8,9</b>	<b>11,4</b>
Agria 2018	9,9	7,1
Valdivia 2016	<b>10,6</b>	<b>11,8</b>
Valdivia 2018	<b>9,1</b>	<b>7,4</b>

Červeně označené poukazují na statisticky významný rozdíl souboru dle Tukeyho HSD testu (při  $\alpha = 0,05$ ).

**Graf 9: Srovnání obsahu škrobu ošetřené varianty a kontroly v letech 2016 a 2018 u třech odrůd**



Vliv hnojiva Kelik K-Si na obsah škrobu ve hlízách odrůd Adéla, Agria a Valdivia. Toto sledování bylo hodnoceno v roce 2016 a 2018.

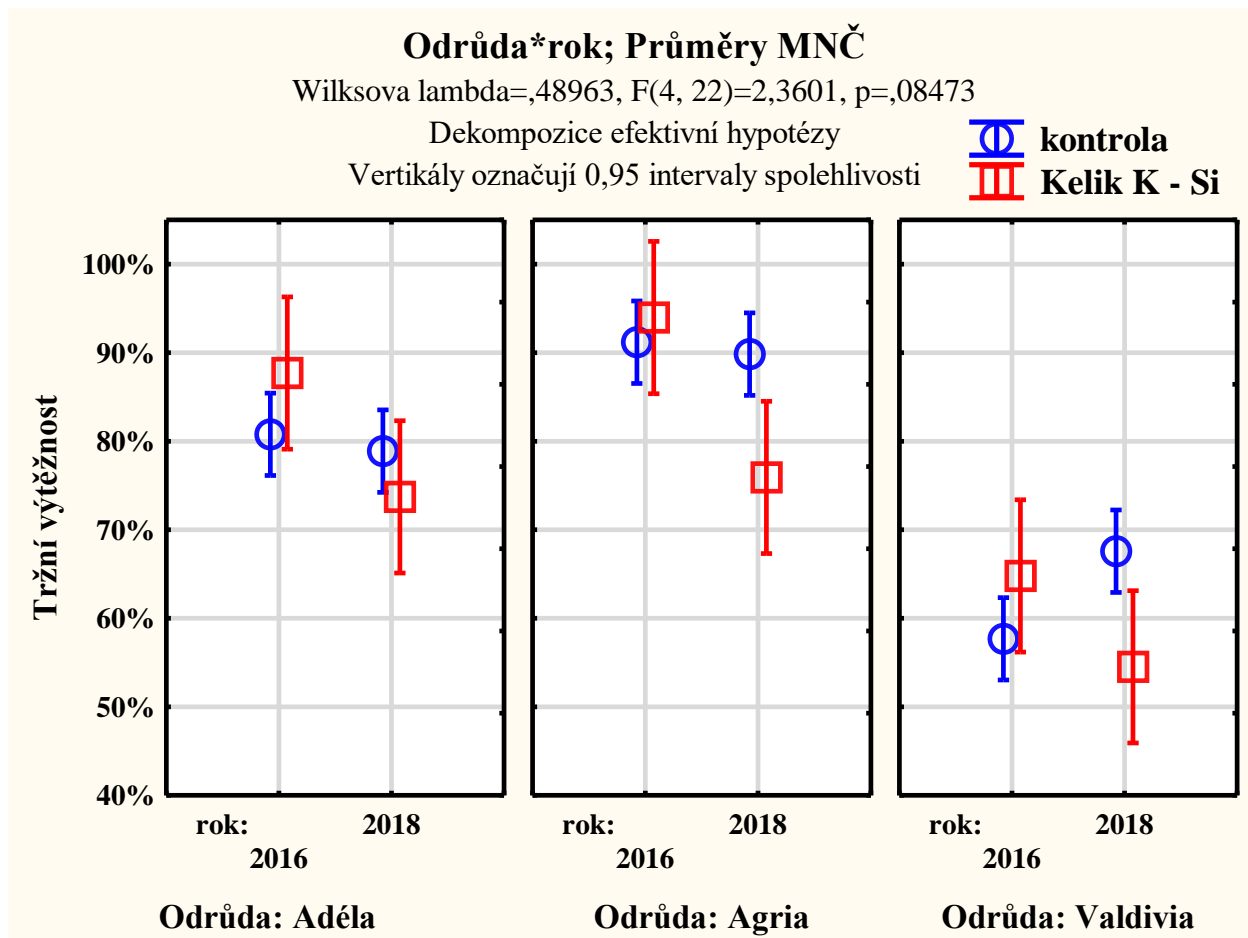
Můžeme pozorovat, že v roce 2018 byla škrobnatost obecně vyšší. V roce 2016 je statisticky významný rozdíl u odrůdy Adéla viz tab. 25, kde průměrná škrobnatost u kontroly byla 10,8 % a u ošetřené varianty 11,3 % viz tab. 14. U Agrie pozorujeme v krabicovém grafu 9 největší rozdíl (průměr kontroly 12,2 % a ošetřené varianty 13,8 % viz tab. 14), ale nejedná se o statisticky významný rozdíl. U odrůdy Valdivia se také neprokázal statisticky významný rozdíl. V roce 2018 ani u jedné z těchto odrůd nebylo možné konstatovat statisticky významný rozdíl.

Tab.14: Průměry škrobnatosti ze 3 opakování

	<b>kontrola</b>	<b>Kelik K-Si</b>
<b>Adéla 2016</b>	<b>10,8%</b>	<b>11,3%</b>
<b>Adéla 2018</b>	15,7%	15,2%
<b>Agria 2016</b>	12,2%	13,8%
<b>Agria 2018</b>	17,8%	16,8%
<b>Valdivia 2016</b>	10,4%	10,8%
<b>Valdivia 2018</b>	15,8%	15,6%

Červeně označené poukazují na statisticky významný rozdíl souboru dle Tukeyho HSD testu (při  $\alpha = 0,05$ ).

**Graf 10: Srovnání tržní výtěžnosti odrůd**



Vliv ošetřené varianty Kelik K-Si na velikostní rozložení hlíz ve velikostních skupinách, tzn. tržní výtěžnost. Procentní podíl vyjadřuje hmotnostní poměr středních a velkých hlíz z celkového výnosu (respektive odkopů).

Tento ukazatel je velice důležitý pro pěstitele, zejména pro jejich počítání nákladů na manipulaci s hrubou hmotou a případné uskladnění. **V roce 2016** nepozorujeme u žádné odrůdy statisticky významný rozdíl. Rozdíly průměrů tržní výtěžnosti se pohybují od 3,1 – 7,1 % viz tab. 15. **V roce 2018** pozorujeme negativní vliv hnojiva na tržní výtěžnost, avšak statisticky průkazný rozdíl je pouze u Agrie viz tab. 34 (u kontroly je průměr 89,9 % a u ošetřené varianty je 75,9 % viz tab. 15).

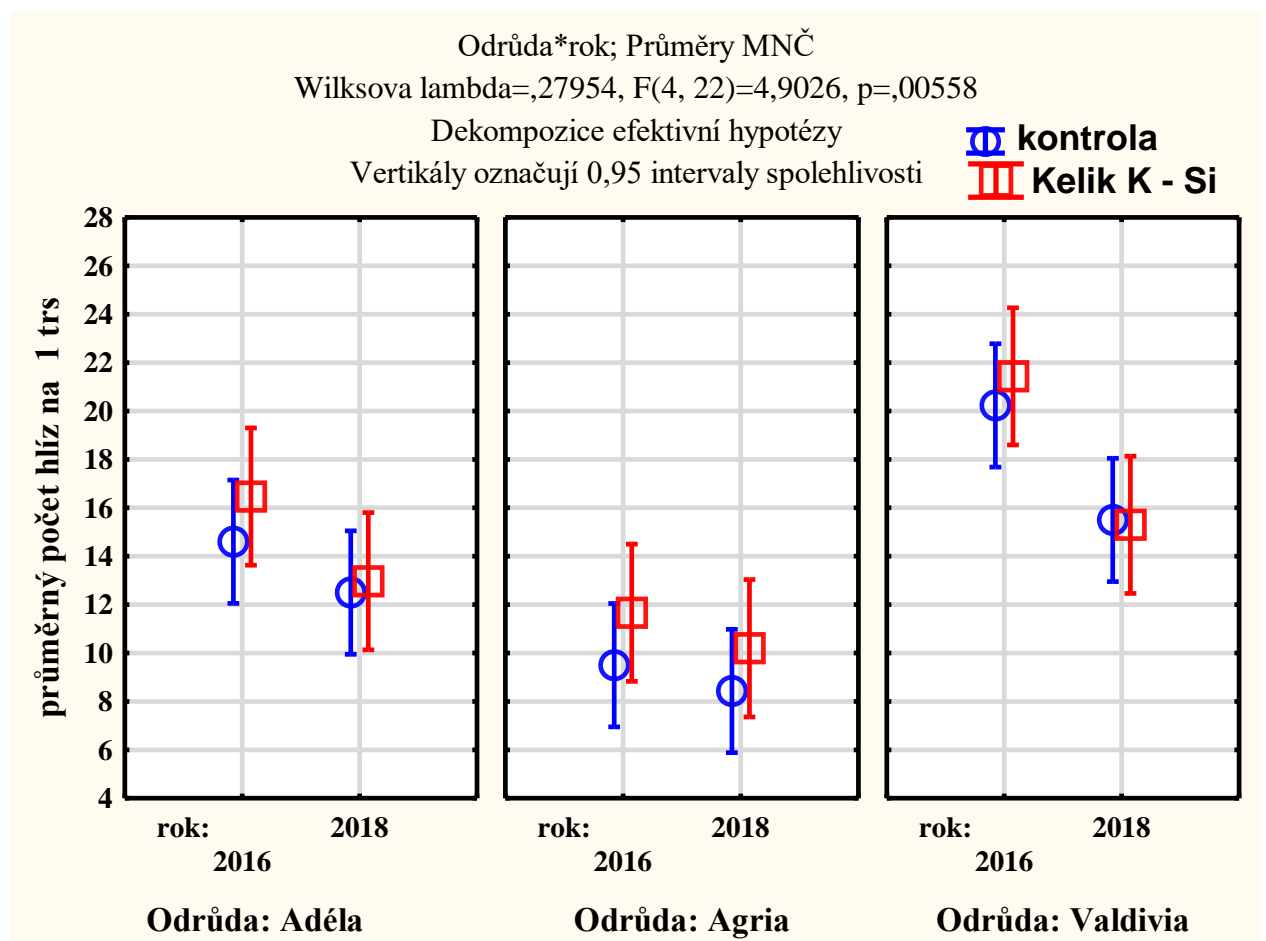


Tab. 15: Průměrné hodnoty tržní výtěžnosti ze 3 opakování

	kontrola	Kelik K-Si
Adéla 2016	80,8%	87,7%
Adéla 2018	78,9%	73,7%
Agria 2016	91,2%	94,0%
Agria 2018	<b>89,8%</b>	<b>75,9%</b>
Valdivia 2016	57,7%	64,8%
Valdivia 2018	67,6%	54,5%

Červeně označené poukazují na statisticky významný rozdíl souboru dle Tukeyho HSD testu (při  $\alpha = 0,05$ ).

Graf 11: Srovnání průměrného nasazení hlíz na 1 trs brambor



Vliv listového hnojiva Kelik K-Si na průměrný počet hlíz na jeden trs. Při odkopech byly všechny hlízy sebrány a spočítány. Tyto hodnoty je důležité porovnat s nadcházejícími výsledky v grafu 12 a v tab. 17.

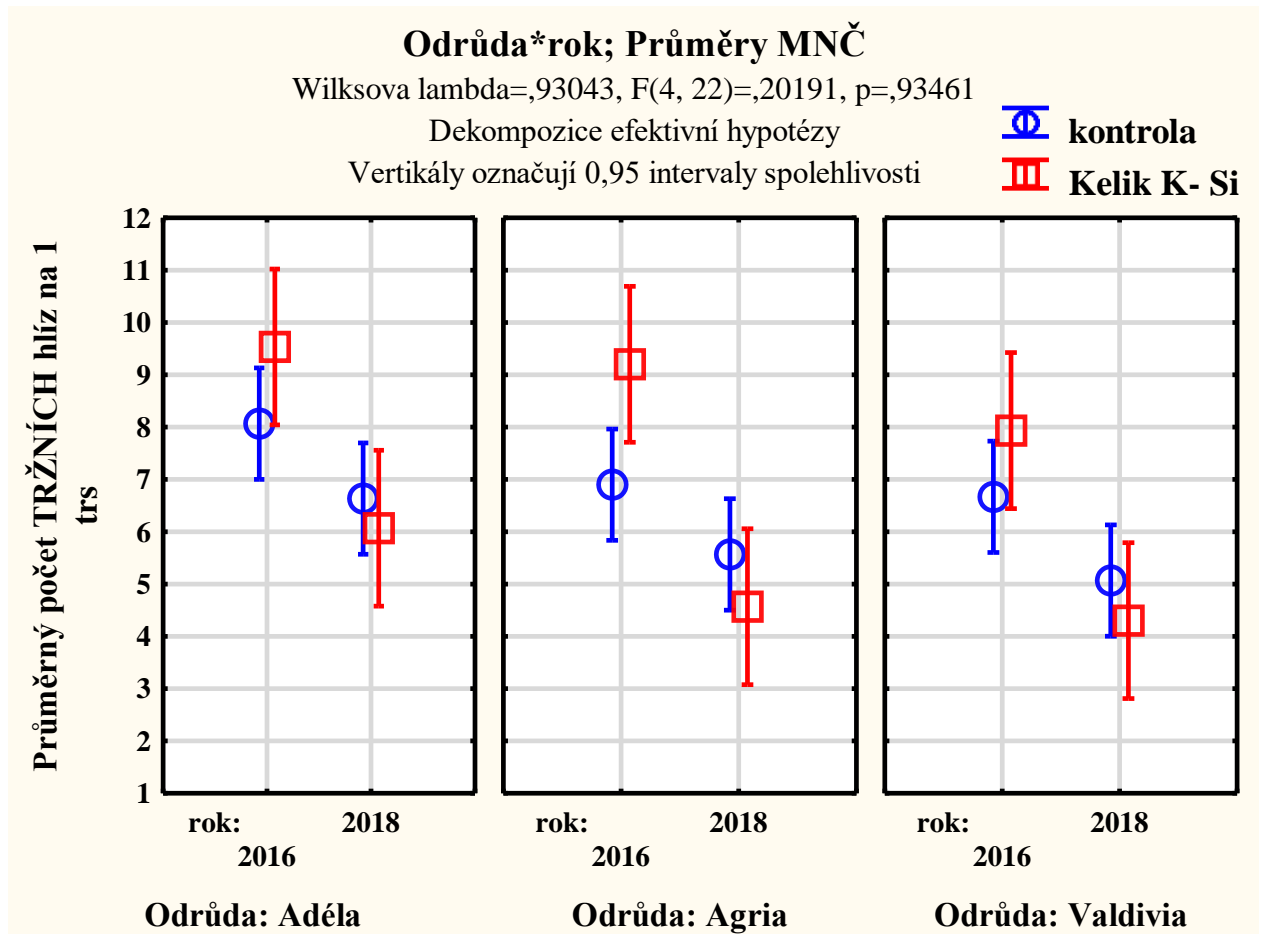
Trendy tohoto ukazatele jsou podobné. Statisticky významný rozdíl se projevil pouze u odrůdy Agria v roce 2016 viz tab. 39. U této odrůdy Kelik K-Si pomohl s nasazením hlíz pod trsem (průměr kontroly je 9,5 a u ošetřené varianty 11,7 viz tab. 16).

Tab. 16: Průměr nasazených hlíz na jeden trs u každé varianty odkopu

	kontrola	Kelik K-Si
Adéla 2016	14,6	16,5
Adéla 2018	12,5	13,0
Agria 2016	<b>9,5</b>	<b>11,7</b>
Agria 2018	8,4	10,2
Valdivia 2016	20,2	21,4
Valdivia 2018	15,5	15,3

Červeně označené poukazují na statisticky významný rozdíl souboru dle Tukeyho HSD testu (při  $\alpha = 0,05$ ).

**Graf 12: Srovnání průměrného nasazení tržních hlíz na 1 trs brambor**



Vliv listového hnojiva Kelik K-Si na počet nasazených hlíz, které se pohybují ve velikosti střední (40 – 70 mm) a velké hlízy. Tyto hodnoty je důležité srovnat s předcházejícími výsledky v grafu 11 a v tabulce 16.

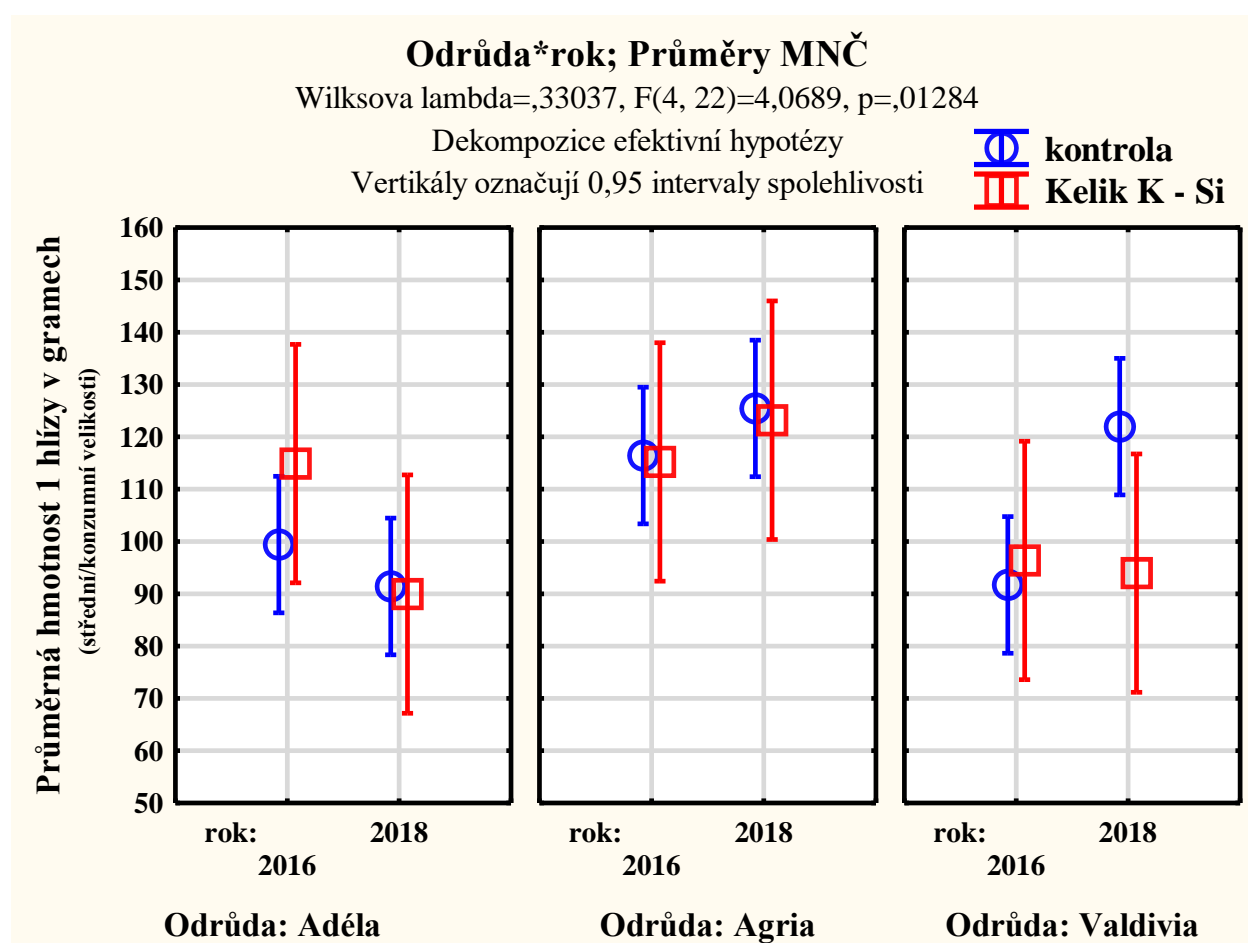
Tyto výsledky je třeba srovnat konkrétně s celkovým průměrným nasazením hlíz na 1 trs. Kromě odrůdy Agria v roce 2016 nemůžeme konstatovat statisticky významný rozdíl mezi kontrolami a ošetřenými variantami. U Agrie v roce 2016 byl průměrný počet tržních hlíz u kontroly 6,9 a u ošetřené varianty 9,2 hlíz na trs. Pokud to srovnáme s celkovým nasazením hlíz (u kontroly 9,5 a ošetřené 11,7), vidíme pozitivní vliv hnojiva Kelik K-Si na dorost menších hlíz do střední a velké velikostní skupiny.

Tab. 17: Průměr počtu nasazených tržních hlíz na 1 trs (dvě velikostní skupiny)

	kontrola	Kelik K-Si
Adéla 2016	8,1	9,5
Adéla 2018	6,6	6,1
Agria 2016	<b>6,9</b>	<b>9,2</b>
Agria 2018	5,6	4,6
Valdivia 2016	6,7	7,9
Valdivia 2018	5,1	4,3

Červeně označené poukazují na statisticky významný rozdíl souboru dle Tukeyho HSD testu (při  $\alpha = 0,05$ ).

**Graf 13: Srovnání průměrné hmotnosti 1 hlízy v gramech ve střední/konzumní velikosti**



Vliv hnojiva Kelik K-Si na průměrnou hmotnost hlíz ve střední/konzumní (40 – 70 mm) velikostní skupině. Tento parametr je důležitý pro vysvětlení si účinku hnojiva. Zda hnojivo

pomohlo v přesunu drobnějších hlíz do kategorie střední (snížilo tedy průměrnou hmotnost středních/konzumních hlíz) a tím pádem snížilo odpadní hlízy a zvýšilo tržní poměr.

V roce 2016 u odrůdy Adéla lze konstatovat, že tu existuje statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a ošetřenou variantou viz tab. 49. Na ošetřené variantě došlo průměrně ke zvýšení hmotnosti o 15 gramů na hlíze viz tab. 18. U ostatních variant se statistický rozdíl neprokázal, a to ani u Valdivie, kde rozdíl průměrů činil u kontroly 122 gramů a u ošetřené varianty 94 gramů na hlízu viz tab. 18. V tab. 54 můžeme porovnat hodnotu 0,086927, což je těsně nad statisticky významnou hranicí 0,05.

*Tab. 18: Průměrná hmotnost jedné hlízy v gramech ve střední/konzumní velikosti brambor*

	<b>kontrola</b>	<b>Kelik K-Si</b>
<b>Adéla 2016</b>	<b>99,4</b>	<b>114,9</b>
<b>Adéla 2018</b>	91,4	89,9
<b>Agria 2016</b>	116,4	115,2
<b>Agria 2018</b>	125,4	123,2
<b>Valdivia 2016</b>	91,7	96,4
<b>Valdivia 2018</b>	122,0	94,0

Červeně označené poukazují na statisticky významný rozdíl souboru dle Tukeyho HSD testu (při  $\alpha = 0,05$ ).

## 6. Diskuze

Srovnání let 2016 a 2018 je velmi složité. Projevily se zde rozdílné povětrnostní podmínky, respektive difference srážek. Otázkou je jakým způsobem působily na výsledky.

Rozdíl distribuce srážek je mezi lety 2016 a 2018 významný, k tomu se však ještě musí připočítat deficitní stav z konce roku 2017 viz graf 4. Dále je třeba se podívat na kombinaci nízkého úhrnu srážek a do toho vysokých teplot v roce 2018 viz graf 5. V neposlední řadě je dobré si uvědomit působení slunečního svitu na rostlinu viz graf 6. Otázkou je, do jaké míry byl pokus ovlivněn vysokými teplotami a slunečním svitem, které vedly k většímu výparu vody. Pokud se podíváme na výnosy jiných plodin, zjistíme, že průměrný výnos obilovin ve Středočeském kraji v roce 2016 byl  $6,48 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  a v roce 2018  $5,28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , proti tomu průměrný výnos brambor v tomto kraji byl v roce 2016  $27,98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  a v roce 2018  $25,18 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Anonymous IV. 2019). Tyto hodnoty obecně korespondují s výsledky, kde se čisté výnosy pohybovaly u odrůd roce 2016 od  $27,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $49,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , a v roce 2018 od  $34,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  do  $43,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Nejdříve je třeba srovnat jednotlivé odrůdy v rámci let, protože průměrné hodnoty čistého výnosu vypovídají, že rok 2016 byl více rozkolísaný, naopak rok 2018 byl má užší hodnoty průměrného čistého výnosu.

U odrůdy Adély v roce 2016 jsme pozorovali velký nárůst výnosu u hnojiva Kelik K-Si, rozdíl byl dokonce až 13 t na 1 ha. Opakování v roce 2018 ukázalo nepříznivý vliv tohoto hnojiva, ale tyto hodnoty byly těsnější, respektive rozdíl byl  $2,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Výtěžnost této odrůdy je totožná jako čistý výnos tzn., že hrubá hmotnost sklizeného materiálu měla stejné trendy jako hmotnost čistá. Avšak celkové průměrné nasazení hlíz na trs brambor bylo v obou letech vyšší u hnojené varianty Kelikem K-Si, konkrétně v roce 2016 o 1,9 hlízy na trs a v roce 2018 o 0,5 hlízy na trs. Avšak nasazení počtu dorostlých tržních hlíz (tzn. min. 40 mm) je v roce 2018 u hnojené varianty o 0,5 hlízy na trs nižší. To mohlo být způsobeno velmi nízkými srážkami, kdy bylo vyšší nasazení celkového počtu hlíz, ale do konzumní velikosti dorostly hlízy na trsech s nižším nasazením hlíz. Tento problém můžeme pozorovat u průměrné hmotnosti konzumních hlíz, kde v relativně příznivém roce 2016 jsme pozorovali vyšší hmotnost u hnojené varianty (o 15,5 g na jedné hlíze), což bylo vyhodnoceno jako statisticky významný rozdíl. To znamená, že Kelik K-Si umožní nasadit další hlízy mimo přirozeně nasazené, ale na tyto hlízy však musí mít dostatek vláhy a dalších dispozic. Artyszak (2018) zjistil také podpůrnost přesunutí hlíz do větší velikostní skupiny hnojivem Actisil. Soltani et al. (2018) zase zjistili, že hnojení křemíkem zvyšuje sušinu v rostlině o několik procent. Pilon et al. (2013) konstatují, že hnojení křemíkem zvyšuje koncentraci chlorofylu a karotenoidů, dále zvyšuje koncentraci fosforu v celé rostlině. Qing et al. (2005) také potvrzují pozitivní vliv křemíku na růst kořenů a jejich hmotnost, zvýšení obsahu chlorofylu a lepší hojení po poranění. Vaněk et al. (2012) také uvádějí možné příznivé působení křemíku na příjem fosforu stejně jako Pilon et al. (2013). Duchoň & Hampl (1962) také pozorovali spojitost s podporou příjmu fosforu. Tyto poznatky jsou důležité zvláště u hlíz, které jsou tvořeny ze 75 % vodou a celkové nadzemní části, která má také vyšší obsah vody. Křemík pomáhá ke zpevnování buněk rostliny, k vyšší tvorbě chlorofylu a karotenoidů a dalších, ale vyšší výskyt těchto komponentů znamená i vyšší produkci jak hlavních produktů, tak i vedlejších. Tyto fyziologické procesy však

potřebují vodu. Jedním z hlavních produktů fotosyntézy je energie, která se jak spotřebovává, tak i ukládá do zásobních orgánů. U brambor to jsou hlízy, kde se měřil obsah škrobu, který je důležitý zejména u odrůd na průmyslové zpracování (tzn. na výtěžek škrobu). V roce 2016 byla škrobnatost vyšší u hnojené varianty a to o 0,5 % škrobu a je statisticky průkazná. V roce 2018 jsou výsledky menší u hnojené varianty, a to o 0,5 %, ale u této varianty je rozdíl statisticky neprůkazný. Zde je nutno poznamenat velký ročníkový rozdíl, který byl u kontroly v prvním sledovaném roce 10,8 % a ve druhém 15,7 %. Průměrná hmotnost jedné hlízy v roce 2018 byla menší o 1,5 g u hnojené varianty.

Agria je odrůda, která se vyznačuje menším nasazením hlíz, tak je zajímavé meziročníkové porovnání. Čistý zprůměrovaný výnos byl v obou sledovaných letech poměrně rozdílný. V roce 2016 byl rozdíl v čistém výnosu 11,4 t.ha<sup>-1</sup> u varianty Kelik K-Si a v roce 2018 byl výnos menší o 7,9 t.ha<sup>-1</sup> u varianty Kelik K-Si. Při sledování hrubého výnosu (tzn. všech velikostních skupin hlíz) je statisticky významný rozdíl pouze u roku 2016. Průměrná tržní výtěžnost byla v roce 2016 o 2,8 % vyšší u hnojené varianty a v roce 2018 o 13,9 % nižší u hnojené varianty, což bylo vyhodnoceno jako statisticky významný rozdíl. Průměr celkově nasazených hlíz na jeden trs byl po hnojení Keliku K-Si pozitivní v obou zkoumaných letech, avšak statisticky významný byl pouze v roce 2016. Rozdíly byly velké, konkrétně první sledovaný rok o 2,2 hlízy a v druhém roce sledování o 1,8 hlízy na trs navíc oproti kontrole. Ovšem pokud se podíváme na průměrné nasazení dorostlých tržních hlíz (nad 40 mm) zjistíme, že rozdíl je značný. V roce 2016 je rozdíl 2,3 hlízy, což prokazuje pozitivní účinek hnojiva. Tento údaj byl vyhodnocen jako statisticky významný rozdíl. Ale v roce 2018 se ukázalo, že u hnojené varianty do konzumní velikosti doroste o 1 hlízu méně. Tento rozdíl však není statisticky průkazný. Pokud vezmeme v úvahu průměrnou hmotnost konzumní hlízy (tj. 40 – 70 mm), tak ta byla u kontrol v prvním roce 116,4 g a v druhém 125,4 g. Rozdíly byly nižší o 1,2 g a 2,6 g oba roky u hnojené varianty bez statistického významu. Soltani et al. (2018) také prováděl pokusy s křemíkem a odrůdou Agrii, avšak v jiných podmínkách, nicméně konstatuje, že v jeho pokusu došlo ke zlepšení vitálnosti, prosperitě listů, ke zvýšení sušiny, ke zvýšení průměru stolonu, a hlavně i k výraznému rozvinutí kořenového systému. Při významném rozvinutí kořenového systému (tzn. možnost poutat více živin) a průměru stolonu (tzn. zvýšení průměru transportních cest), je zde předpoklad k navýšení počtu hlíz pod trsem, kdy sama rostlina reguluje počet tak, aby ho byla schopna tzv. „utáhnout“. U škrobnatosti je velký ročníkový výkyv v rámci kontrol. Crusciol et al. (2009) uvádějí, že při stresu absence vláhy aplikace křemíku způsobila menší obsah cukru a bílkovin v listech. Zřejmě bude souvislost mezi fotosyntézou, dostatkem vody a křemíku, nicméně rozdíl ve škrobnatosti v roce 2016 byl o 1,6 % vyšší u Keliku K-Si a ve druhém sledovaném roce o jeden procentní bod nižší. Škrobnatost je také bez statistického významu.

Odrůda Valdivie je na rozdíl od předchozí odrůdy velice specifická, zejména velkým počtem nasazených hlíz na trs. Hlízy při sklizni jsou spíše menší konzumní, nikoli jako u Agrie, která se vyznačuje malým počtem hlíz na trs a velkou velikostí hlíz, což je problém zejména pro balení do malých sáčků. Čistý výnos Valdivie je středně rozkolísaný oproti ostatním odrůdám. Zajímavé je, že meziročníkový rozdíl v kontrole je 16,4 t.ha<sup>-1</sup>, avšak rozdíl hnojené varianty je pouze 1,2 t.ha<sup>-1</sup>. V prvním sledovaném roce se potvrdil pozitivní vliv Keliku K-Si, ale ve druhém roce se nepotvrdil, výnos s aplikací hnojiva byl nižší o 8,2 t.ha<sup>-1</sup>. Pokud budeme sledovat hrubý výnos (tzn. všech velikostních skupin hlíz) v obou letech, je zde významný

statistický rozdíl. Rozdíl u tržní výtěžnosti je nejprotichůdnější v obou sledovaných letech u ošetřené varianty i kontroly, avšak statisticky významný rozdíl se neprokázal. Rozdíly v prvním sledovaném roce jsou o 7,1 % vyšší u ošetřené varianty a v druhém roce o 13,1 % nižší u ošetřené varianty. Průměrné nasazení na jeden trs je v obou letech velice podobné a odkazuje na podmínky roku. Nebyl zde pozorován statisticky významný rozdíl. Srovnání průměrného počtu nasazení tržních hlíz (od 40 mm) je v obou letech velice podobné. Nebyl zde pozorován statisticky významný rozdíl. Za zmínku stojí, že např. v roce 2016 u kontroly z celkově nasazeného počtu 20,2 hlízy na trs do konzumní velikosti dorostlo pouze 6,7 hlízy, ostatní varianty jsou obdobné. Je to záležitost zejména odrůdy, proto je také tržní výtěžnost v roce 2016 u kontroly pouze 57,7 %, což je velmi malá výtěžnost v porovnání s běžně rozšířenými odrůdami. Důvodem obecně malé výtěžnosti je charakteristický tvar. Odrůda má oválno-rohlíčkovitý tvar, a tedy kritérium třídění nad 40 mm je pro ni velké. Průměrná hmotnost konzumních hlíz (40 – 70 mm) byla v prvním sledovaném roce podobná, tedy kontrola měla 91,7 g a hnojená varianta Kelikem K-Si 96,4 g. Oproti tomu ve druhém sledovaném roce byla průměrná hmotnost hlízy u kontroly 122 g a u ošetřené varianty pouze 94 g, ale počet všech nasazených hlíz byl téměř totožný (kontrola 15,5 ks a ošetřená varianta 15,3 ks) a počet konzumních hlíz (nad 40 mm) byl u kontroly 5,1 ks a u ošetřené varianty 4,3 ks. Otázkou zůstává, jak je možné, že v průměrné hmotnosti konzumních hlíz jsou v roce 2018 takové rozdíly. Zřejmě jde o běžné výkyvy v rámci pokusu, protože statisticky významný rozdíl to není, tedy hodnota Tukeyho HSD testu je těsná (0,086927). Vliv na škrobnatost u této odrůdy by měl být minimální, protože se jedná o varný typ A. Rozdíl v prvním sledovaném roce je o 0,4 % škrobnatosti vyšší u ošetřené varianty a ve druhém sledovaném roce je o 0,2 % nižší než kontrola. Ve srovnání škrobnatosti se neprokázaly statisticky významné rozdíly.

Opakování dvou let ukázalo téměř ve všech případech opačné výsledky (kromě průměrného celkového nasazení hlíz u Agrie a Valdivie a srovnání průměrné hmotnosti hlíz konzumní velikosti u Agrie). Vedle toho statisticky významné rozdíly jsou pozorovány pouze u některých faktorů. Rozdílné výsledky jsou i v rámci odrůd, tudíž nelze jednoznačně kvantifikovat poznatky obecně na brambory. Je třeba podrobit vliv křemíku na brambory dalšímu zkoumání jak poloprovoznímu, tak laboratornímu pro odfiltrování všech proměnných. Dále by bylo vhodné v laboratorních podmínkách zkoumat míru zlepšení odolnosti proti chorobám a škůdcům (vektorům), protože poznatky Rudolfa Kučery (osobní sdělení) ukazují, že tento vliv by mohl být nezanedbatelný. Jde o poznatky získané pěstováním sadeb a jejich prověřování ELISA testem. Vaněk et al. (2016) také píše o souvislosti hnojení křemíkem a vyšší odolností rostlin proti chorobám a škůdcům, a dále připomíná příznivý vliv křemíku na tvorbu výnosů některých plodin.



## 7. Závěr

Výsledkem dvouletého pozorování vlivu listového hnojiva Kelik K-Si na tvorbu a strukturu výnosu a škrobnatosti brambor je, že pokus se bude muset dále opakovat pro přesnější a jednoznačnější výsledky, protože u některých faktorů se výsledky statisticky významně potvrdily a u některých nikoli. Aktuální výsledky ze třech odrůd nelze unifikovat a kvantifikovat celkově na brambory. Proto doporučuji další přezkoumání jak v poloprovozních podmínkách, tak i v laboratorních podmínkách pro přesné a detailní výsledky.

Na základě vlastních pokusných výsledků s hnojivem Kelik K-Si a jejich porovnání s literárními údaji jsem dospěl k následujícím výsledkům a poznatkům:

- Vědecká hypotéza – příznivé či nepříznivé působení hnojiva Kelik K-Si na tvorbu a strukturu výnosu a další parametry nelze jednoznačně potvrdit ani jednoznačně vyvrátit.
- Vliv hnojiva Kelik K-Si byl v roce 2016 velmi příznivý. Hnojené varianty u všech odrůd měly vyšší výnos, a to o + 7 až 13 t.ha<sup>-1</sup> (tj. 26 % až 36 %), škrobnatost byla u hnojených variant vyšší, výtěžnost tržních hlíz byla také vyšší i nasazení hlíz na trs bylo vyšší a hlízy byly vyrovnanější.
- Ve druhém sledovaném roce 2018 byly pozorovány ve většině případů opačné trendy (tedy, že hnojivo Kelik K-Si působilo dokonce nepříznivě, a to jak na výnos, škrobnatost a na další ukazatele kromě nasazení hlíz) než v roce 2016. Toto vyšší nasazení hlíz u odrůd Adéla a Agria bylo zřejmě na úkor nárůstu hmotnosti hlíz v extrémním suchu, které rok 2018 provázelo.
- Doporučení pro praktické využití - Přípravek Kelik K-Si zatím pro praktické využití nedoporučuji, a to zejména z výše uvedených důvodů, jako jsou nejednoznačné výsledky a potřeby dalšího zkoumání atd.

## 8. Seznam použité literatury

Anonymous I. 2018. Fertistav-eshop - hnojiva. FERTISTAV CZ a.s. Available from <http://www.fertistav-eshop.cz/hnojiva/kelik-k-si/> (accessed December 2018).

Anonymous II. 2018. Sadbové brambory. AGRICO Bohemia s.r.o. Available from <http://www.agricoboheemia.cz/sadbove-brambory/> (accessed December 2018).

Anonymous III. 2014. Catalogue of varieties 2014/2015. Nieder – Osterreichische Saatbaugenossenschaft. Österreich.

Anonymous IV. 2019. Databáze Českého hydrometeorologického ústavu – denní hodnoty srážek, teplot a slunečního svitu. Český hydrometeorologický ústav OMK pobočka Praha. Praha.

Anonymous V. 2018. Hektarové výnosy sklizně zemědělských komodit – mezikrajské srovnání. Český statistický úřad. Available from [https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM04A&z=T&f=TABULKA&skupId=386&katalog=30840&pvo=ZEM04A&u=v45\\_\\_VUZEMI\\_\\_100\\_\\_3026](https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM04A&z=T&f=TABULKA&skupId=386&katalog=30840&pvo=ZEM04A&u=v45__VUZEMI__100__3026) (accessed March 2019).

Anonymous VI. 2018. Acting-herbagreen. Available from [http://www.acting-herbagreen.com/HerbaGreen\\_Study\\_English.pdf](http://www.acting-herbagreen.com/HerbaGreen_Study_English.pdf) (accessed August 2018).

Alexander, A. 1986. Optimum Timing of Foliar Nutrient Sprays. *Development in Plant and Soil Sciences*. **22**: 44 – 60.

Artyszak A. 2018. Effect of Silicon Fertilization on Crop Yield Quantity and Quality—A Literature Review in Europe. *Plants*. **7**: 54.

Artyszak A, Gozdowski D, Kucińska K. 2018. Vliv hnojení křemíkem a vápníkem či jen křemíkem na chemické složení cukrové řepy. *Listy cukrovarnické a řepařské*. **134 (1)**: 19 – 24.

Baier J. 1969. *Abeceda výživy a hnojení rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha.

Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P. 2006. Principy mimokořenové výživy rostlin. pages 16-21 in Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P, Jakl M, editors. *Sborník z 12. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku mimokořenové výživy rostlin*. Katedra agrochemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P, Vaněk V, Pavlík M. 2008. Mobilita prvků a látek v rhizosféře. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra environmentální chemie a výživy rostlin. Praha.

Barker AV, Pilbeam DJ, Snyder GH, Matichenkov VV, Datnoff LE. 2007. Handbook of plant nutrition. Taylor & Francis Group. New York.

Crusciol C, Pulz A, Lemos L, Soratto P, Lima G. 2009. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. Crop Science Society of America. **49**: 949 – 954.

Čepl J, Čížek M, Doležal P, Domkářová J, Hamouz K, Hausvater E, Kasal P, Lachman J, Rasocha V, Urbancová M, Vokál B. 2009. Konzumní brambory na poli, zahradě a v kuchyni. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod. Havlíčkův Brod.

Čermák P. 2006. Principy mimokořenové výživy rostlin. pages 30-35 in Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P, Jakl M, editors. Sborník z 12. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku mimokořenové výživy rostlin. Katedra agrochemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

Černý J, Kulhánek M, Balík J, Sedlář O. 2018. Zásady hnojení mikroelementy. pages 63-70 in Vaněk V, Balík J, Tlustoš P, Jakl M, Pavlíková D, editors. Sborník z 24. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv zaměřené na význam a uplatnění mikroelementů ve výživě rostlin. Katedra agrochemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

Duchoň F, Hampl J. 1962. Agrochemie. Československá akademie zemědělských věd. Praha.

Elrys SA, Merwad MAA-R, Abdo IEA, Abdel-Fatah KM, Desoky ME-S. 2018. Does the application of silicon and Moringa seed extract reduce heavy metals toxicity in potato tubers treated with phosphate fertilizers? Environmental Science and Pollution Research. **25**: 16776 – 16787.

Epstein E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. **91**: 11 – 17.

Fageria N, Filho M, Moreira A, Guimaraes C. 2009. Foliar Fertilization of Crop Plants. Journal of Plant Nutrition. **32 (6)**: 1044 – 1064.

Fernández V, Eichert T. 2009. Uptake of Hydrophilic Solute Through Plant Leaves: Current State of Knowledge and Perspectives of Foliar Fertilization. Critical Reviews in Plant Sciences. **28 (1 – 2)**: 36 – 68.

Gopal J, Khurana M. 2006. Handbook of potato production, improvement, and postharvest management. Food Products Press. New York.

Gowayed SMH, Al-Zahrani HSM, Meteali EMR. 2017. Improving the salinity tolerance in potato (*Solanum tuberosum*) by exogenous application of silicon dioxide nanoparticles. International Journal of Agriculture & Biology. **19**: 183-194.

Guntzer F, Keller C, Meunier J. 2012. Benefits of plant silicon for crops a review. Agronomy for Sustainable Development. Grand Sud. **32** (1): 201-213.

Hřivna L, Kong JH, Machálková L, Burešová I, Sapáková E, Kučerová J, Šottníková V. 2017. Vliv mimokořenové výživy draslíkem a křemíkem na výnos a kvalitu cukrovky v nestandardních povětrnostních podmínkách roku 2014 a 2015. Listy cukrovarnické a řepářské. **133** (5-6): 182 - 186.

Kulikova AK, Kozlov AV, Toigildin AL. 2018. Influence of Silicon Containing Preparations on Agrochemical Properties of Sod and Podzolic Soil and Yielding Capacity of Crops. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. **9**(2): 432 – 436.

Lamond B. 1982. Mechanisms for enhancing nutrient uptake in plants, with particular reference to mediterranean South Africa and Western Australia. The Botanical Review. **48** (3): 597 – 689.

Marschner P, Broadley M, Brown P, Buerkert A, Cakmak I, Cooper J, Eichert T, Engels Ch, Fernández V, Kirkby E, Eckhard E, Hawkesford M, Walter H, Huber D, Kichey T, Bernard L, Ma JF, Neumann E, Neumann G, Scherer H, Schlecht E, Rengel Z, Romheld V, Schjoering J, Moller IS, Weinmann M, White P, Wiesler F, Zhao F. 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. School of Agriculture, Food and Wine The University of Adelaide Australia. London.

Meena OP, Patel KC, Malav JK. 2016. Influence of Silicon and Phosphorus on Growth, Yield and Nutrient Uptake by Maize (*Zea Mays* L.) in Typic Ustochrepts Soils. Indian Journal of Ecology. **43** (1): 89 - 92.

Neeteson J. 1989. Assessment of fertilizer nitrogen requirement of potatoes and sugar beet. Fertilizer Research. **12**: 5 - 37.

Pilon C, Soratto PR, Moreno AL. 2013. Effects of Soil and Foliar Application of Soluble Silicon on Mineral Nutrition, Gas Exchange, and Growth of Potato Plants. Crop Science Society of America. **53**: 1605 – 1614.

Qing W, Huiying H, Jinwen Z. 2005. Effect of Exogenous Silicon and Proline on Potato Plantlet in Vitro under Salt Stress. China Vegetables. **9**: 1 – 4.

Richter R, Hlušek J, Poulík Z. 1998. Zásady výživy a hnojení zemědělských plodin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno. Brno.

Roubal P. 2018. Selektá Pacov. Šlechtitelská stanice Selektá Pacov, a.s. Available from <http://www.sadba.cz/adela.htm> (accessed 2018).

Silva VF, Moraes JC, Melo BA. 2010. Influence of silicon on the development, productivity and infestation by insect pest in potato crops. *Ciência e Agrotecnologia*. **34(6)**: 1465 – 1469.

Singh J, Kaur L. 2016. *Advances in Potato Chemistry and Technology 2nd Edition*. Academic Press. Cambridge.

Soltani M, Kafi M, Nezami A, Taghiyari HR. 2018. Effects of Silicon Application at Nano and Micro Scales on the Growth and Nutrient Uptake of Potato Minitubers (*Solanum tuberosum* var. *Agria*) in Greenhouse Conditions. *BioNanoScience*. **8**: 218 – 228.

Troeh FR, Thompson LM. 2005. *Soils and Soil Fertility*. Blackwell Publishing. Oxford.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2018. Registr hnojiv. Ministerstvo zemědělství. Available from [http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa\\_31040.pdf?id=31040](http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_31040.pdf?id=31040) (accessed December 2018).

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2018. Registr hnojiv. Ministerstvo zemědělství. Available from <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/hnojiva-a-puda/hnojiva/registr-hnojiv.html> (accessed December 2018).

Vaněk V, Balík J, Černý J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, Valtera J. 2012. *Výživa zahradních rostlin*. Academia. Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. Profi Press, s.r.o. Praha.

Vaněk V, Penk J, Bergman Z, Brunnerová Z, Kolář V, Královec V, Mazzanec O, Neraď J, Petrášek K, Staňa J, Sirový V, Smetana Z, Streček L, Šilar J, Trávník K, Vostál J. 1991. *Vápnění zemědělských půd*. Ministerstvo zemědělství České republiky. Praha.

Vaněk V, Tlustoš P, Pavlíková D, Kolář L. 2006. Principy mimokořenové výživy rostlin. pages 22-29 in Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P, Jakl M, editors. *Sborník z 12. mezinárodní konference Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku mimokořenové výživy rostlin*. Katedra agrochemie a výživy rostlin, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.

Vijaya KRV, Rivka E, Uri Y, Edna F, Akhilesh K, Idit G. 2016. Silicon fertilization of potato: expression of putative transporters and tuber skin quality. *Planta*. **243**: 217 – 229.

Vokál B, Bárta J, Bártová V, Čepel J, Čížek J, Doležal P, Domkářová J, Dohanyos M, Faltus M, Greplová M, Hamouz K, Hausvater E, Homolka P, Horáčková V, Hůla J, Kasal P, Kopačka V, Koukalová V, Mayer V, Melzoch K, Opatrný Z, Patáková P, Paulová L, Polzerová H, Rajchl A, Rychtera M, Šantrůček L, Šárka E, Ševčík R, Tajovský M, Vejchar D, Zámečník J. 2013. *Brambory šlechtění, pěstování, užití, ekonomika*. Profi Press, Praha.

Vreugdenhil D, Bradshaw J, Gebhardt CH, Govers F, Mackerron DKL, Taylor MA, Ross HA. 2007. *Potatoe biology and biotechnology advances and perspectives*. Elsevier. Oxford.

Welch M, Allaway A, House W, Kudata J. 1991. Geographic Distribution of Trace Element Problems. *Micronutrient in Agriculture*. **4**: 31 – 57.

Zeidan M, Mohamed M, Hamouda H. 2010. Effect of Foliar Fertilization of Fe, Mn and Zn on Wheat Yield and Quality in Low Sandy Soils Fertility. *World Journal of Agricultural Sciences*. **6 (6)**: 696 – 699.

## 9. Seznam příloh

- Tab. 19 - 24: Tukeyho HSD testy hmotnosti 10 trsů pro každý rok a odrůdu samostatně.....I.
- Tab. 25 - 30: Tukeyho HSD testy škrobnatosti pro každý rok a odrůdu samostatně.....II.
- Tab. 31 - 36: Tukeyho HSD testy tržní výtěžnosti pro každý rok a variantu samostatně.....III.
- Tab. 37 - 42: Tukeyho HSD testy průměrného nasazení hlíz na trs pro každý rok a variantu samostatně.....IV.
- Tab. 43 - 48: Tukeyho HSD testy počtu hlíz ve velikostních skupinách střední a velké a to pro každý rok a variantu samostatně.....V.
- Tab. 49 - 54: Tukeyho HSD testy průměrné hmotnosti jedné hlízy střední/konzumní velikosti brambor pro každý rok a variantu samostatně.....VI.

Tab. 19 - 24: Tukeyho HSD testy hmotnosti 10 trsů pro každý rok a odrůdu samostatně

Pokud je hodnota menší než 0,05 jedná se o statisticky významný rozdíl a tyto hodnoty jsou zvýrazněny červeně. Pokud je hodnota vyšší než 0,05, jedná se o statisticky nevýznamný rozdíl, tyto hodnoty nejsou barevně zvýrazněny, tedy mají barvu písma černou.

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 2,4401, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola	Adéla Kelik K - Si
1	Adéla kontrola		0,124673
2	Adéla Kelik K -Si	0,124673	

Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 2,1829, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola	Adéla Kelik K - Si
1	Adéla kontrola		0,747362
2	Adéla Kelik K -Si	0,747362	

Tukey HSD test; variable 2016 (List1 in m 10 trsů - Agria pro HSD) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MSE = ,70413, df = 4,0000			
		Agria kontrola 8,9467	Agria Kelik K - Si 11,407
1	Agria kontrola		0,023124
2	Agria Kelik K - Si	0,023124	

Tukey HSD test; variable 2018 (List1 in m 10 trsů - Agria pro HSD) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MSE = 3,3259, df = 4,0000			
Cell No.		Agria kontrola 9,8800	Agria Kelik K - Si 7,1367
1	Agria kontrola		0,139417
2	Agria Kelik K - Si	0,139417	

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,42373, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola 10,573	Valdivia Kelik K - Si 9,0533
1	Valdivia kontrola		0,046117
2	Valdivia Kelik K - Si	0,046117	

Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,99968, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola 11,827	Valdivia Kelik K - Si 7,3567
1	Valdivia kontrola		0,005592
2	Valdivia Kelik K -Si	0,005592	



Tab. 25 - 30: Tukeyho HSD testy škrobnatosti pro každý rok a odrůdu samostatně

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Škrob - Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00000, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola ,10767	Adéla Kelik K - Si ,11267
1	Adéla kontrola		0,035439
2	Adéla Kelik K - Si	0,035439	

Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Škrob - Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00004, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola ,15733	Adéla Kelik K - Si ,15200
1	Adéla kontrola		0,335724
2	Adéla Kelik K - Si	0,335724	

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Škrob - Agria pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00030, sv = 4,0000			
Č. buňky		Agria kontrola ,12233	Agria Kelik K - Si ,13833
1	Agria kontrola		0,318376
2	Agria Kelik K - Si	0,318376	

Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Škrob - Agria pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00005, sv = 4,0000			
Č. buňky		Agria kontrola ,17800	Agria Kelik K - Si ,16833
1	Agria kontrola		0,160006
2	Agria Kelik K - Si	0,160006	

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Škrob - Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00003, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola ,10400	Valdivia Kelik K - Si ,10833
1	Valdivia kontrola		0,405857
2	Valdivia Kelik K - Si	0,405857	

Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Škrob - Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00001, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola ,15800	Valdivia Kelik K - Si ,15567
1	Valdivia kontrola		0,467240
2	Valdivia Kelik K - Si	0,467240	

Tab. 31 - 36: Tukeyho HSD testy tržní výtěžnosti pro každý rok a variantu samostatně

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Tržní výtěžnost - Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00199, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola ,80780	Adéla Kelik K - Si ,87707
1	Adéla kontrola		0,130372
2	Adéla Kelik K - Si	0,130372	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Tržní výtěžnost - Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00342, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola ,78893	Adéla Kelik K - Si ,73711
1	Adéla kontrola		0,339132
2	Adéla Kelik K - Si	0,339132	
Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Tržní výtěžnost - Agria pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00037, sv = 4,0000			
Č. buňky		Agria kontrola ,91182	Agria Kelik K - Si ,93977
1	Agria kontrola		0,147946
2	Agria Kelik K - Si	0,147946	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Tržní výtěžnost - Agria pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00075, sv = 4,0000			
Č. buňky		Agria kontrola ,89842	Agria Kelik K - Si ,75906
1	Agria kontrola		0,003541
2	Agria Kelik K - Si	0,003541	
Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Tržní výtěžnost - Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00209, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola ,57687	Valdivia Kelik K - Si ,64790
1	Valdivia kontrola		0,130110
2	Valdivia Kelik K - Si	0,130110	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Tržní výtěžnost - Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,00952, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola ,67578	Valdivia Kelik K - Si ,54512
1	Valdivia kontrola		0,176476
2	Valdivia Kelik K - Si	0,176476	

Tab. 37 - 42: Tukeyho HSD testy průměrného nasazení hlíz na trs pro každý rok a variantu samostatně

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. počet hlíz na 1 trs - Adéla pro HSD Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 7,0217, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola 14,600	Adéla Kelik K - Si 16,467
1	Adéla kontrola		0,437167
2	Adéla Kelik K - Si	0,437167	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. počet hlíz na 1 trs - Adéla pro HSD Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 4,5817, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola 12,500	Adéla Kelik K - Si 12,967
1	Adéla kontrola		0,802854
2	Adéla Kelik K - Si	0,802854	
Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. počet hlíz na 1 trs - Agria pro HSD Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,77667, sv = 4,0000			
Č. buňky		Agria kontrola 9,5000	Agria Kelik K - Si 11,667
1	Agria kontrola		0,039678
2	Agria Kelik K - Si	0,039678	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. počet hlíz na 1 trs - Agria pro HSD Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 1,2467, sv = 4,0000			
Č. buňky		Agria kontrola 8,4333	Agria Kelik K - Si 10,200
1	Agria kontrola		0,124862
2	Agria Kelik K - Si	0,124862	
Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. počet hlíz na 1 trs - Valdivia pro HSD Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 12,373, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola 20,233	Valdivia Kelik K - Si 21,433
1	Valdivia kontrola		0,697718
2	Valdivia Kelik K - Si	0,697718	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. počet hlíz na 1 trs - Valdivia pro HSD Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 1,5700, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola 15,500	Valdivia Kelik K - Si 15,300
1	Valdivia kontrola		0,854685
2	Valdivia Kelik K - Si	0,854685	

Tab. 43 - 48: Tukeyho HSD testy počtu hlíz ve velikostních skupinách střední a velké a to pro každý rok a variantu samostatně

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. počet TRŽNÍCH hlíz na 1 trs - Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 1,3183, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola 8,0667	Adéla Kelik k - Si 9,5333
1	Adéla kontrola		0,192947
2	Adéla Kelik K - Si	0,192947	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. počet TRŽNÍCH hlíz na 1 trs - Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 2,0083, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola 6,6333	Adéla Kelik K - Si 6,0667
1	Adéla kontrola		0,650158
2	Adéla Kelik K - Si	0,650158	
Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. počet TRŽNÍCH hlíz na 1 trs - Agria pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,59000, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola 6,9000	Adéla Kelik K - Si 9,2000
1	Agria kontrola		0,021618
2	Agria Kelik K - Si	0,021618	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. počet TRŽNÍCH hlíz na 1 trs - Agria pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,93333, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola 5,5667	Adéla Kelik K - Si 4,5667
1	Agria kontrola		0,273887
2	Agria Kelik K - Si	0,273887	
Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. počet TRŽNÍCH hlíz na 1 trs - Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = ,50333, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola 6,6667	Valdivia Kelik K - Si 7,9333
1	Valdivia kontrola		0,094228
2	Valdivia Kelik K - Si	0,094228	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. počet TRŽNÍCH hlíz na 1 trs - Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 1,0067, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola 5,0667	Valdivia Kelik K - Si 4,3000
1	Valdivia kontrola		0,402516
2	Valdivia Kelik K - Si	0,402516	

Tab. 49 - 54: Tukeyho HSD testy průměrné hmotnosti jedné hlízy střední/konzumní velikosti brambor pro každý rok a variantu samostatně

Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. m 1 hlízy stř. - Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 22,971, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola 99,410	Adéla Kelik K - Si 114,88
1	Adéla kontrola		0,016958
2	Adéla Kelik K - Si	0,016958	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. m 1 hlízy stř. - Adéla pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 19,906, sv = 4,0000			
Č. buňky		Adéla kontrola 91,409	Adéla Kelik K - Si 89,937
1	Adéla kontrola		0,706905
2	Adéla Kelik K - Si	0,706905	
Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. m 1 hlízy stř. - Agria pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 31,111, sv = 4,0000			
Č. buňky		Agria kontrola 116,43	Agria Kelik K - Si 115,21
1	Agria kontrola		0,802820
2	Agria Kelik K - Si	0,802820	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. m 1 hlízy stř. - Agria pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 984,32, sv = 4,0000			
Č. buňky		Agria kontrola 125,44	Agria Kelik K - Si 123,18
1	Agria kontrola		0,934148
2	Agria Kelik K - Si	0,934148	
Tukeyův HSD test; proměnná 2016 (List1 v Prům. m 1 hlízy stř. - Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 19,065, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola 91,696	Valdivia Kelik K - Si 96,367
1	Valdivia kontrola		0,260477
2	Valdivia Kelik K - Si	0,260477	
Tukeyův HSD test; proměnná 2018 (List1 v Prům. m 1 hlízy stř. - Valdivia pro HSD) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: Between MSE = 230,35, sv = 4,0000			
Č. buňky		Valdivia kontrola 121,96	Valdivia Kelik K - Si 93,960
1	Valdivia kontrola		0,086927
2	Valdivia Kelik K - Si	0,086927	