

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Agroekosystémů

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ověření možnosti využití odpadu
z bývalých smaltoven - frit k hnojení půd borem

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Kolář DrSc.

Autor diplomové práce: Bc. Ladislav Benedikt

České Budějovice, 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 20. 4. 2016

Bc. Ladislav Benedikt

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce prof. Ing. Ladislavu Kolářovi, DrSc., za pomoc a cenné podněty, které mi při řešení a tvorbě diplomové práce poskytl. Děkuji Ing. Zdeňku Solfronkovi za podporu, poskytnuté materiály a obětavou pomoc při studiu.

ABSTRAKT

Cílem práce bylo prověřit spolehlivost úvodních pozitivních podkladových poznatků o možnosti využívání odpadních smaltů z provozu továrny BELIS a.s. při výživě rostlin ve funkci mikroelementového hnojiva.

Prozkoumat možnost inkorporace příměsí odpadních smaltů do některých průmyslových hnojiv, především P, K a Mg hnojiv a vyhodnotit jejich agronomickou účinnost v příslušných srovnávacích vegetačních nádobových testech.

Příspěvek k objasnění úlohy smaltařských frit, respektive v nich přítomného boru, při fyziologickém dění v rostlinách se zvláštním zřetelem k interakcím s makroelementy P, K a Mg, dodávanými minerálními hnojivy.

Klíčová slova: odpady, smaltéřské frity, hnojení, bor

ABSTRACT

The aim of this work was to check the reliability of the positive basic knowledge about the possibility of using waste enamel from BELIS JSC in plant nutrition as a micro element fertiliser.

It further researches into incorporating waste enamel additives into industrial fertilisers, especially P, K and Mg fertilisers and evaluate their agronomic efficiency in particular comparative cultivation vessel tests.

Finally, it contributes to clarification of the function of enamel frits, particularly the presence of boron in physiological events in plants with special regard to interactions of P, K and Mg macro elements with currently supplied mineral fertilisers.

Keywords: waste, enamel frits, fertilising, boron

OBSAH

1. ÚVOD	7
2. PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	9
3. LITERÁRNÍ REŠERŽE	15
4. CÍL PRÁCE	21
5. MATERIÁLY A METODIKA	22
5.1 VEGETAČNÍ NÁDOBOVÉ TESTY	22
5.2 INKUBAČNÍ POKUS	25
6. VÝSLEDKY PRÁCE	27
6.1 INKUBAČNÍ POKUS	27
6.2 NÁDOBOVÝ POKUS	33
6.3 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRÁCE	53
7. DISKUSE	58
8. ZÁVĚR	63
9. SEZNAM LITERATURY	64

1. ÚVOD

Sklo je definováno jako pevná látka, která vznikla zchlazením taveniny bez krystalizace. Předpoklady jej tvořit má řada sklovotvorných sloučenin a prvků: S, Se, Te, P, oxidy SiO_2 , B_2O_3 , GeO_2 , P_2O_5 , As_2O_3 , borianty a křemičitany $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ a jiné sloučeniny: BeF_2 , AlF_3 , ZnCl_2 , KHSO_4 . „Jejich základní vlastností je to, že po ochlazení z kapalně fáze, jsou schopny tvořit skelnou mřížku, která není charakterizována pevnou krystalickou strukturou, ale velice se jí blíží, přičemž si zachovává tato skelná mřížka jisté stupně volnosti, které jsou velice důležité pro modifikaci konečných vlastností skla. Sklovotvorné sloučeniny tvoří sklo sami o sobě nebo ve vzájemných poměrových kombinacích. Vedle nich existuje celá řada látek, které se nazývají modifikátory a jsou pomocí stupňů volnosti vázány do skelné mřížky. Patří sem široké spektrum sloučenin, především se jedná o všechny oxidy existující v pevné fázi, dále pak uhličitan, dusičnan, boritan a jiné.“ (Švácha J., 1993)

Fritování definuje stejný autor jako proces, při kterém se vypouští roztavený skelný materiál, při 1300 – 1700 °C do vody, čímž vznikají drobné kousky skla. Frity lze dále sušit a drtit na požadovanou jemnost.

U skel nás zajímá především chemická odolnost a stálost z hlediska vyluhovatelnosti. Jde hlavně o odolnost vůči koroznímu působení vody, vodních roztoků, ovzduší atd. Chemická odolnost je charakterizována 5 stupni, do kterých jsou skla zařazována podle normových zkoušek. Stabilita skel a tedy uvolňování modifikujících složek je podrobně určována podle německých a švýcarských norem, podobně jako je tomu u skel vzniklých vitrifikací.

Stabilita skel a uvolňování modifikujících složek byly také hlavním důvodem, proč frity začaly být atraktivní z hlediska výzkumu týkajícího se jejich agronomického využití pro výživu rostlin.

Výzkum stavěl na podobnosti silikátové mřížky frit a silikátové mřížky přírodních křemičitanů, které s sebou nesou některé stopové prvky. Ty, se z ní v úrodné půdě v převážné míře uvolňují postupným zvětráváním. Přičemž: „Při stejných podmínkách poskytují horniny chudé na křemík menší odpor vůči zvětrávání, než horniny bohaté křemíkem. Dále je známo, že amorfní materiál podléhá rychleji zvětrávání než krystalický.“ (Zelený F., 1976)

Rovněž u křemičitanových frit byla sledována hlavně rozpustnost. Zjistilo se, že rozpustnost frit je také přímo úměrná obsahu SiO_2 a klesá s časem. (Zelený F., 1976)

2. PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Problematika využívání frit pro výživářské účely se datuje od roku 1956 a od té doby prošla svým vývojem.

Myšlenka využití tohoto skelného materiálu jako hnojiva pomalu uvolňujícího určité stopové prvky byla, jak jsem již uvedl, postavena na dvou základních skutečnostech. První vychází ze samotné podstaty a definice skla a skelného stavu, druhá z vlastností přírodních silikátů.

Ve světě se proto začalo zkoumat využití frit s mikroprvky jako hnojiva, jehož vlastností se podobají přírodním silikátům.

„Tímto výzkumem se nejdříve začala zabývat firma Ferro Corporation (1956), největší výrobce smaltéřských a keramických frit na světě. Na trh byl nový materiál s pomalou uvolnitelností stopových prvků uveden pod názvem FTE (Fritted Trace Elements).“ (Zelený F., 1976)

Následovala celá řada prací zabývajících se odzkoušením vhodnosti různých frit ke hnojení.

Ze starších prací lze uvést práce Skripčenko a Ožicova (1967), kteří konstatují příznivý vliv frity obsahující B, Fe, Mo, Cu, Zn, a Mn v podmínkách Dálného Východu. Dávka 20g frity zvyšovala výnosy všech sledovaných plodin. U některých plodin (brambory, zrno ovsa a sóji) se zvýšil obsah Cu, Mo, Co, Zn. (Zelený F., 1976)

Velice příznivé působení Mo frity již v dávce 600 g/ha zjistily Peterburskij a Sidorova (1960) u jetele. Tato malá dávka zvyšovala výnos jetele až o 20%. (Zelený F., 1976)

Příznivější působení Mo frity (3% Mo) než molybdenanu amonného na cukrovku a květák zjistily z nádobových pokusů Middelburg a Daren (1962). Tito autoři dosáhli i dobrých výsledků s boritou a fritou u kvěťáku a cukrovky a s manganatou fritou u ovsa. (Zelený F., 1976)

V Anglii zkoušeli Farley a Draycott (1973) na organických půdách s nedostatkem manganu fritu obsahující 25% Mn a srovnávali ji s MnO aplikovaným do půdy

a s postřikem $MnSO_4$ na list. Zjistili, že hnojiva zvýšila obsah Mn v listech a kořenech cukrovky v následujícím sestupném pořadí: Postřik $MnSO_4$, MnO, frita. Váhu sušiny, jak chrástu, tak kořene ovlivnila však tato hnojiva v opačném pořadí. (Zelený F.,1976)

Henkens a Smilde (1966) zjistili, že měďnaté frity s 8% Cu a 3.2% Cu mohou sloužit jako Zdroj Cu pro oves a pšenici jarní, ale že nejsou při srovnatelné dávce Cu/ha stejně účinné. Se zvyšující se dávkou Cu/ha rostl nejvíce výnos zrna ovsa na variantách s fritou obsahující 3.2% Cu, méně se síranem měďnatým a nejméně s fritou obsahující 8% Cu. (Zelený F.,1976)

Uvedený pokus a další sledování (Boawn, 1957, Vlasjuk, 1959, Gregor a Hrivňák 1963, a Kol.) potvrzují, že nikoliv každá frita je vhodná jako hnojivo. Teprve s vhodnou uvolnitelností jednotlivých prvků odpovídající biologickým požadavkům dané rostliny a délce vegetační doby je vhodným hnojivem. (Zelený F.,1976)

V současné době nejvíce prací pochází ze zemí, kde problém vyhnojování půd naráží na velké množství srážek a monzunová období. Výzkum frit s pomalou uvolnitelností prvků se stal právě pro tyto země atraktivní.

V Brazílii zkoušel Malavolta a kol. (1987) relativní vliv zdrojů Zn na výnosy kukuřice. V nádobových pokusech byla pěstována kukuřice (VD-2BR 202) v půdě s obsahem 0.3 ppm využitelného zinku. K této byl aplikován zinek v dávkách 0, 0.5, 1.0 a 1.5 ppm ve formě $ZnSO_4$ nebo 1.0 ppm jako ZnO nebo jako frita. Relativní produkce na váhu vzrostla stejně ve variantách frita, ZnO a 0.5 ppm $ZnSO_4$. 1.0 ppm $ZnSO_4$ již působilo toxicky a snížilo produkci. Příjem byl proporcionální s Zn aplikací.

Thow, Berndt a Taylor (1989) studovali příjem několika formami foliárně aplikovaného manganu ječmenem (odrůda MIDAS). Jednalo se o aplikaci 192 g/ha ve formě EDTA chelátu, 192 g a 568 g/ha ve formě anorganického roztoku a 1476 g/ha ve formě síranu manganatého. Na příjem manganu neměla vliv struktura a skladba sledovaného iontu ani přítomnost smáčedel a adhesiv. Přípravek 35 g frity se stopovými prvky (13.2% Fe, 55% Mn, 2.2% B, 4.2% Zn, 0.1% Mo a 1.7% K) zvýšil pokles obsahu manganu u manganem ošetřených rostlin, který byl provozován mezi 2. – 7. dnem po ošetření.

Gupta a Potlia (1988) sledovali v Indii relativní účinnost nosičů zinku na keříčkové fazole a jejich reziduální efekt na následnou pšenici. V nádobových pokusech s fazolemi, ke kterým byl aplikován zinek v dávkách 5 a 10 ppm Zn v pěti formách se zvýšil průměr výnosů z 2.93 na 9.5 – 11.1 g/na nádobu. Nejefektivnější byl ZnSO₄, následovala forma ZnO, zinečnatá frit, Zn₃(PO₄)₂ a ZnNH₄PO₄.

Residua Zn zvýšila výnosy zrna pšenice od 16.5 do 20.5 – 23.0 g na nádobu. Zn₃(PO₄)₂ byl nejefektivnější, následoval ZnSO₄. Aplikovaný zinek zvýšil obsah Zn v nadzemní hmotě a v zrnu obou rostlin.

Siddiqui a kol. (1987) sledoval v Pákistánu vliv hnojivých frit na pšenici. Přidával k rostlinám pšenice (odrůda PAVEN a SONNAH) 0 – 5000 mg frit a 6.0 mg frit k semenům zmíněných odrůd v Petriho miskách. Frity zvýšili rychlost a procento klíčení u obou odrůd a zvýšily výnosy o 29.4 – 35.2% u odrůdy SONNAH a o 28.8 – 35.2% u odrůdy PAVEN. Maximální výnosy získal při dávkách 400 – 500 mg frity. Aplikace frit zvýšila odnožování, obsah Mn a Ca u obou odrůd a u odrůdy PAVEN zvýšila nejvíc obsah Mg.

U nás se přípravou frit jak na bázi P tak Si začali zabývat ve VÚ Agrotechniky v Bratislavě (Jančina a kol., 1963), tyto výzkumy však zůstaly nedokončeny.

Z novějších našich prací lze uvést práci Bláhy (1988): „Význam aplikace křemičitanů do tekutých statkových hnojiv“. Tato se sestávala z laboratorních experimentů týkajících se koagulace a purifikace odpadních vod získaných z tekuté kejdy prasat. Byly prováděny užitím řady průmyslových materiálů, včetně vodního skla s přídavkem Na a vodního skla s přídavkem K a draselné frity. Odpadní voda byla míchána s koagulanty v třilitrových nádobách a koagulační proces byl monitorován. Výsledný roztok zvýšil výnosy a růst kukuřice, řepky a prosa. Vyhnojení roztokem s přídavkem vodního skla zvýšilo výnosy kukuřice a řepky v laboratoři, přičemž nebyly pozorovány žádné fyziologické poruchy u zmíněných rostlin.

Ze starších prací potom práci Zeleného (1976), který v nádobových a polních pokusech porovnával účinnost dvou zahraničních (holandských) frit a dvou tuzemských (závod Mělník). Holandské frity pro svoji tvrdost (menší uvolnitelnost Mo a B a větší uvolnitelnost Mn) působily příznivěji na produkci jednoděložných rostlin (ječmen, oves), mělnické frity naopak na produkci dvouděložných rostlin.

Potvrdila se i závislost, že nejsnadněji přijatelné, ale zároveň i nejdříve toxické jsou mikroprvky dodané ve formě vodorozpustných solí, zatímco u frit se nepříznivé působení projevilo až při mnohem vyšší dávce.

Zelený (1986) sledoval také na řepařských půdách lišících se zásobou boru vliv boraxu a československé borité frity ZF 12 na produkci cukrovky. Stejná dávka boru ve fritě působila nezávisle na ročníku a podmínkách pěstování příznivěji na tvorbu výnosu a produkci cukru, než borax. Tento rozdíl byl výrazný především při základní dávce boru 2 kg/ha. Na účinnost hnojení jak fritou, tak boraxem měla rozhodující vliv zásoba vodorozpustného boru v půdě. Při její nízké zásobě v půdě působila dávka boru 4 kg/ha mnohem příznivěji, než dávka poloviční, a to jak na hmotnosti přírůstky kořenů a jejich cukernatost, tak na celkovou produkci digescčního cukru. Při obsahu nad 1 mg vodorozpustného boru na kg jemnozeme se jeho další zvýšení aplikací boraxu i frity projevilo již škodlivě na výnosu kořene i na celkové produkci cukru. Ke stanovení potřeby hnojení borem se ukázal výluh vařící vodou mnohem spolehlivější než výluh 1M HCl.

Nový způsob hodnocení frit navrhl Kolář (1976). Tento způsob byl založený na „principu posuzování průběhu enzymatických reakcí v laboratorních standardních podmínkách“, kterými nahradil „zdlouhavé, pracné a nespolehlivé polní pokusy“.

Studium autor založil na následující myšlence: „Mikroelementy v životním prostředí rostlin fungující jako katalyzátory, které katalyzují důležité biochemické reakce tvorby a přeměn organické hmoty. Jejich katalytický vliv není přímý, ale projevuje se aktivací či snížením aktivity vlastních katalyzátorů enzymatických reakcí – enzymů. Celý výzkum založil na: „pozorování jejich vlivů na enzymatické reakce, s menším důrazem na kvantitu uvolněných stopových prvků, protože je obecně známo, že u enzymatických reakcí (a ty lze považovat za nejdůležitější z hlediska života a produktivnosti rostliny) stejně jako u jiných katalytických reakcí je otázka koncentrace celkem podružná, důležitější jsou četné, předem těžko odhadnutelné interakce mezi jednotlivými faktory, které ovlivňují katalytickou reakci“.

Autor srovnával a posuzoval celkem 11 frit, v mnoha laboratorních zkouškách s jednotlivými zrnitostními frakcemi – s fritami samotnými s jejich studenými i teplými výluhy.

Se samotnou fritou prováděl následující testy: celulolytický test, nitrifikační test, vliv na proteolýzu, toxicita podle Práta, hraniční koncentrace ve standardní písčitohlinité zemině, množství chlorofylu, postmortální odpar (Arland), intenzita fotosyntézy, obsah celkových cukrů v listech. U výluhů frit byla zjišťována: aktivita polyfenoloxidázy, askorbinoxidázy, katalázy, peroxidázy, dehydrogenázy a ribonukleázy.

Jak dále uvádí autor. „Praktický aspekt srovnávání a posuzování jednotlivých druhů frit byl založen na myšlence, že frity mohou příznivě nebo nepříznivě ovlivnit přirozenou půdní úrodnost vlivem enzymatické reakce, v půdě probíhající.“

Práce přinesla řadu konkrétních vyhodnocení, zvláště co se týče porovnávání jednotlivých frit v daných testech. Dále taky řadu konkrétních obecných závěrů, ze kterých cituji následující:

„Jednosložkové frity doporučujeme vypustit z výzkumného programu. Jejich aplikace vzhledem k potížím a nutným dalším úpravám by rozhodně nepřinesla žádný podstatný efekt proti aplikaci nedostatkového stopového prvku postřikem. Nedostatečný stopový prvek v půdě ani nelze doplňovat jednosložkovou fritou, protože její stopový prvek vzhledem k mikroelementům, obsaženým v půdě, je značně aktivnější“.

S žádnou zkušenu fritou nebylo ve zkouškách dosaženo pronikavého příznivého účinku. Obecně lépe reagovaly frity s větším průměrem zrna. Ve většině zkoušek byl markantní přebytek uvolňovacích stopových prvků“.

V dalších zkouškách by bylo vhodné u perspektivních frit snížit obsah stopových prvků, velikost průměru zrn nad 0.28 mm a pokusit se změnou technologie nosné skloviny zpomalit proces uvolňování stopových prvků z materiálu frity, samozřejmě s tím, že by se nezhoršily podmínky pro difuzi stopových prvků obalem koloidní kyseliny křemičité, obalující hydrolyzovanou částici frity“.

„Toxicita frity není funkcí obsahu stopových prvků, ale jejich vzájemného poměru ve fritě“.

„V teplých výluzích frit je podstatně méně Mn, Cu, Zn než ve výluzích studenou vodou. Naopak teplé výluhy jsou mnohem bohatší na bor, než výluhy studené. Jedná se zde jistě o inhibiční účinek koloidní kyseliny křemičité na rychlost difuze jednotlivých mikroelementů z hmoty částice frity“.

„V žádném případě nebyl nalezen příznivý vliv frit v nádobových pokusech. Buď se přípravek pro své nepatrné množství vůbec neprojevil, nebo výsledky nebyly statisticky průkazné. Při dalším zvýšení dávky se již objevil fytotoxický efekt“. Dvě frity zvláště silně zasáhly fyziologické procesy rostlin a byly pro rostliny mimořádně toxické – i když biochemii půdy ovlivnily celkem kladně“.

Jemnější mletí zvyšuje toxicitu. Obecné lze říci, že u všech frit se lépe projevovaly hrubší zrnitosti frakce“.

Všechny zmíněné práce, (kromě práce Koláře, o které se proto zmiňuji podrobněji) se týkaly frit pro účel výživy rostlin vyrobených. Příklad využití odpadních frit není dosud znám.

3. LITERÁRNÍ REŠERŽE

Fyziologové sledují bor – jeho fyziologickou funkci v rostlině – téměř 80 let, ale první významné práce jsou zaznamenány teprve od 20 století, kdy se začalo pracovat s dostatečně nízkými hodnotami jeho obsahu v prostředí.

V přírodě se vyskytuje v bazických a ultrabazických horninách (diorit, gabro, diabas, bazalt) a v nerostech této skupiny (amfibolit, biotit, živec).

„Celkový obsah B ornici je 5 – 100 mg na 1 kg půdy. Větší část je vázána v nerostech ve formě nepřístupné pro rostliny. Obsah výměnného B je 1 – 4 mg B na 1 kg půdy. Z toho víc než polovina je rozpuštěná ve vodě. Z kyselých a písčítých půd se bor lehce vyplavuje.“ (Vaneková Z.,1987)

Do půdy se uvolňuje s rozkladem organických látek, při kterém se uvolňuje CO₂, H₂S, metan, organické a minerální kyseliny. Z organických kyselin jsou to nejčastěji kyseliny šťavelová, metanová, etanová, citronová, máslová, mléčná, propanová, fumarová, glukonová a další. Z minerálních kyselin zejména uhličitá, sírová, dusitá, a dusičná. (Sotáková S.,1982). U minerálních kyselin závisí podle zmíněné autorky účinnost na jejich schopnosti vytěšňovat a vázat hliník. „Kromě organických kyselin mají chelátotvorné schopnosti i exudáty půdních organismů, polyfenoly, sacharidy, polysacharidy, aminocukry, aminy, pigmenty atd. Z humusových látek patří k neaktivnějším rozpouštědlům fulvokyseliny a vlastnostmi jim blízké huminové kyseliny podzolových půd s výraznými chelátotvornými vlastnostmi. V souladu s pozorováními Ponomarevové (Sotáková S.,1982) je uvolňování křemíku z křemene účinnější v přítomnosti biogenních zásad. Nejprve se uvolňují báze a alkálie (K, Na, Ca, Mg), které vytvářejí s fulvokyselinami ve vodě rozpustné soli a lehce se vyluhují. Po vysrážení bází a alkálií dochází k hlubšímu rozpadu krystalové mřížky hlinitokřemičitanů, ze které se postupně uvolňují Si, Al, Fe a další složky. S produkty rozpadu tvoří fulvokyseliny cheláty (Fe,H) se značnou migrační schopností. (Sotáková S.,1982)

Deuel (1959), Hess, Bach, Deuel (1960) v Konovové (1963) poukazují v souvislosti s rozrušením křemičitanů a hlinitokřemičitanů zejména na skupinu katechinů – pyrogallol, kyselinu galovou a pyrokatechin.

„Bor tvoří v přírodě boritany různého typu – základní formou je kyselina ortoboritá, která běžně disociuje pouze do 1. stupně a tvoří velmi slabý, chemicky nevýrazný anion $H_2BO_3^-$. S alkalickými kovy tvoří polyborianty, které při reakci s vodou dávají z části ionty metaborité.

(BO_2^-). To jsou zřejmě základní formy, s nimiž se setkává rostlina jak ve vnějším, tak ve vnitřním prostředí. Význačnou vlastností boritanových aniontů je jejich schopnost tvořit komplexy s organickými látkami, především obsahující alkoholické aj. oxidované skupiny. Jsou to mj. cukry a jejich deriváty, fenolické látky atp. To mění konformaci příslušných látek a tak je vyřazuje vlastně z metabolismu, respektive reguluje rychlost či formu jejich utilizace. Přitom obsah boru v rostlině je poměrně nízký, podle druhu rostliny ev. Jejich orgánu tvoří 10-5(g/g) podílu sušiny.“ (Dvořák L.,1972)

„Nápadným symptomem deficiencie B je odumírání meristemických tkání rostlin. Přitom podrobnějším studiem možno zjistiť deformace všech možných struktur

(Lee a Aronoff, 1966): cytoplasma a chloroplasty se plní osmiofilními látkami, tvoří se krůpěje tuků, mitochondrie vytvářejí charakteristickou myelinovou (smotkovitou) strukturu ve vnitřní stavbě, v jádře se tvoří kompaktní kosočtverečné struktury, blána buněčná má nepravidelný vrásčitý vzhled atd. Poruchy (nerovnoměrnosti) v růstu buněk v embryonální fázi se pak projevují různými tvarovými poruchami celých orgánů. Kořeny studoval např. Bussler (1960) a prokázal, že nejdříve se zastavuje růst buněk centrálního válce, zatímco kovový parenchym pokračuje v objemném růstu. To má za následek tloušťnutí kořene, který má pak charakteristicky zkrabatělý povrch. U listů se objevuje např. rozštěpení čepele, vznik zdvojených listů atp. (pro slunečnici uvádějí např. Školnik a Smirnov,1970). Poruchy deficiencie B velmi nápadně vyústí u masivních stonkových (vrcholových) orgánů v „srdéčkovou hnilobu“ – autolýzu pletiv, jejich černání (tvorby melaninu), často kombinovanou sekundární infekcí.“ (Dvořák L.,1972)

„Vše tedy jasně prokazuje, že funkce boru je polycentrická, současně zasahuje celou řadu metabolických procesů a přímo či nepřímo se jeho účast musí projevit všude. Primární funkce jsou však zřetelně spojeny s jeho tvorbou komplexů s organickými látkami.“ (Dvořák L.,1972)

Tvoří komplexy s cukry, proto zvýšená pohyblivost sacharózy pod vlivem borátu byla interpretována jako vliv na její snazší permeaci membránami. To konečně má vést k lepšímu zásobení meristémů a zlepšení jejich energetické situace: B deficientní meristémy vlastně odumírají podle této představy hladem (Gauch a Dugger,1953), (Dvořák L.,1972).

Zvýšená mobilita cukerných rezerv je prokazatelná, ale možno ji interpretovat i jinak – jako přímý vliv borátu na glukózo – 1 – (P): brzdí tvorbu polyglukanů a tak stoupá mobilita rozpustných forem (Dugger a kol, 1957), (Dvořák L.,1972).

Snížení tvorby škrobu je patrné i na elektronmikroskopických snímcích (Lee a Aronoff,1966). Ale i meristémy v tkáňových kulturách, dobře cukry zásobených, potřebují B, proto je nutno hledat souvislosti na jiných úrovních. Odpověď dal svými pokusy především Skok (1957), když prokázal, že ztráta apikální dominance (při dekapitaci vrcholového meristému) má za následek snížení transportu ¹⁴C sacharózy na 57% při dobrém zásobení slunečnice bórem, zatímco sám B-deficit u intaktní rostliny sníží transport na 75%. Jde tedy o korelační efekty, spojené se spotřebou cukrů při růstových procesech.“ (Dvořák L.,1972).

„Pro posouzení vlivu boru na aktivitu meristému je důležitý poznatek o vlivu borátu na syntézu šikimátu a tím celé odvozené skupiny fenylypropanových derivátů. Lee a Aronoff (1967) prokázali interakci borátu s kyselinou 6-(P)-glukonovou: komplex není dále metabolizovatelný cestou pentózového cyklu a tím je zbrzděna i syntéza fenolů. Zvýšené hromadění některých fenolických látek (kyseliny kávové a chlorogenové) jako průvodní zjev B-deficience prokázali Wetanabe a kol. (1964), Dear a Aronoff (1965) u listů slunečnice. Podobně stoupá i obsah fenylyalaninu. Jakmile je porušen metabolismus fenolů, je tím zasažena i řada dalších metabolických cest. Především se to dotýká metabolismu auxinů, přímo i nepřímo procesů lignifikace a konečně i energetického respiračního metabolismu.“ (Dvořák L.,1972).

Se všemi těmito třemi vztahy souvisí již dříve pozorovaný fakt, že některé symptomy B- deficitu možno překonat dodáním H₂O₂ nebo aerací. Např. při nedostatku B se netvoří lignin, ačkoliv jeho fenylypropanové prekursory se tvoří.

„Tato zdánlivá kontradikce je vysvětlitelná poznatkem, že B-deficientní rostliny mají peroxidázu blokovánú fenolickými inhibitory (in vitro působí charakteristickou lag-fází IAA -oxidázové reakce, protože fenoly jsou oxidovány přednostně, před IAA, po oddělení těchto inhibitorů pomocí Sephadexu nevykazovaly peroxidázy žádné rozdíly ve vztahu k boru (Dimitrieva a Krupnikova, 1965). Při deficitu B se jednak tedy tvoří fenolické kyseliny ve větším množství, jednak – navíc – chybí tu borát jako jejich kompletisující (a inaktivující) agens a spotřeba peroxidu stoupá nad metabolické možnosti rostliny. Na tom založil výklad Školnik (1967) s tím, že o peroxid jako akceptor elektronů soutěží především ligninové prekursorý (dají vznik volným radikálům, lignifikace je pak spontánním procesem) Coke a Whittington (1968) uvažují poněkud složitějším vlivu: peroxidáze je přidáním H₂O₂ umožněno především provádět IAA-oxidázovou reakci a lignifikace je důsledkem snížení hladiny IAA. Pro vliv B na regulaci hladiny IAA svědčí mj. i fakt, že B deficientní kořeny R ztrácejí pozitivní geotropickou reakci (Alexander,1942). Představu, že účinek boritého iontu je zprostředkován regulací hladiny IAA, podporuje z jiné strany také zjištění, že není biogenním prvkem pro houby, které jsou k němu zpravidla ve velmi širokém koncentračním rozmezí tolerantní, (Bowen a Gauch,1966), a pro které také není IAA regulujícím faktorem.“ (Dvořák L., 1972).

Interakce mezi borátem, IAA a donory kyslíku se projevují i v jiných souvislostech. „Např. přidání borátu i H₂O₂ stimulovalo tvorbu adventivních kořenů na hypokotylech klíčnic rostlin slunečnic (Weiser a Blaney,1967). Je možno vyložit buď vliv změn v auxinové hladině, ale taky jako působení zvýšené aerobnosti prostředí, která sama o sobě podporuje regenerativní procesy.“ (Dvořák L.,1972)

Byl také analyzován mitochondriální metabolismus. „Morfologické anomálie mitochondrií (Lee a Aronoff, 1966) i poruchy v oxidativní fosforylaci (Školnik a Majevskaia,1962) svědčí o hlubokých, byť i nepřímých změnách v energetickém metabolismu. Sama struktura mitochondriálních membrán zřejmě dotčena podstatně není (Alexejeva a Školnik,1970), vliv však mohou mít jak fenoly, tak i kyslíkový režim (snad jako důsledek hromadění substrátů peroxidázové reakce), tak konečně i regulace přísunu substrátů mitochondriálního metabolismu. Bor např. snižuje utilizaci izocitrátu, což vede k nahromadění kyseliny citronové (Lee, Aronoff,1967) a podobných interakcí může být více. Tím může být narušen energetický metabolismus z mnoha stran.“ (Dvořák L.,1972).

„Prozatím bez dobře definovatelné spojitosti s těmito interakcemi borátu jsou přesvědčivé údaje o jeho vlivu na regulaci aktivity RNÁzy. „Projevuje se to snížením obsahu všech forem RNK u B-deficientních rostlin (Albert, 1965; Timašov, 1966) včetně t-RNK, což vede jak k úbytku polysómů, tak ke schopnosti tvořit bílkoviny (Borščenko,1970). Přitom bylo prokázáno, že není narušen systém aminoacyl-t-RNK syntetáz, ale produkty reakce nejsou zužitkovávány. Školnik (1970) dává tyto informace do souvislosti se schopností některých basí (Johnson a Albert,1967) uvádějí thymin, guanin a cytosin) eventuálně RNK v trofickém prostředí (Školnik a Solověva,1961) překonat symptomy B deficiencie. Přitom je patrná jak protekce obsahu RNK v rostlině, tak třeba zachování dlouhivého růstu kořenů“. (Dvořák L.,1972).

„O daleko hlubších poruchách, až na úrovni genetické by svědčily údaje o poruchách chromatinu v jádře (Školnik,1970) a o přechodu některých symptomů B definiče do generace F1, která nebyla deficitem poškozena (rozštěp listů slunečnice – Školnik a Smirnov,1970)“. (Dvořák L.,1972).

Poruchy v metabolismu NK mohou být v souvislosti se vzestupem aktivity RN-ázy, ale ani to není jednoznačné: zvýšená ZN-ázová aktivita je nesporným symptomem Zn-deficiencie (prvku, který také mj. reguluje metabolismus IAA), ale konečné projevy deficiencie se značně různí (společné je pouze zbrzdění biosyntézy bílkovin). Mechanismus aktivace vysvětluje Školnik (1970) jako důsledek nahromadění nemetabolované IAA, jež má mít sama obdobný vliv (Školnik a kol., 1970, ve Dvořákovi 1972). Kromě nejisté spojitosti RN-ázové aktivity s hladinou IAA je velmi problematickým místem vztah k fosfolipidovým membránám, který v jisté míře je pouhou pracovní hypotézou.

Řada symptomů B definiče se kryje se symptomy definiče Ca. Především, nejdříve je v obou případech zřetelně zasažen meristém, dochází k obdobným deformacím kořenových špiček: dokonce se při deficitu Ca²⁺ mění funkce peroxidáz shodně, (posuny v relativní aktivitě izoenzymových forem), jako při supraoptimálních dávkách IAA (Dvořák a Černohorská, 1972), které by v podstatě měly také navozovat symptomy B definiče.

Avšak cesta funkce obou prvků jsou zřetelně odlišné: Ca²⁺ kontroluje především membrány a energetická metabolismus, tedy tu oblast, kam zasáhne B jen nepřímo –

snad prostřednictvím fenolů. Proto na jedné straně existují v literatuře informace o prohloubení symptomů B deficiencie při nedostatku Ca^{2+} , ale na druhé straně nelze očekávat, že by v nějaké míře mohl jeden prvek být nahrazen druhým (což prokázali např. Neales a Hinde, 1962, Dvořák L., 1972)

V některých případech zmírňovalo symptomy B deficiencie Ge jako kyselina germaničitá, která mj. je také schopna tvořit komplexy s cukry apod. oxidovanými org. látkami. Ale podle novějších údajů zřejmě nejde o substituci bezprostředně, ale o mechanismus zvýšení fyziologické aktivity dostupného množství B (náhradou v jiných, nespecifických vazbách - Brown a Jones, 1972, Dvořák L., 1972).

4. CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo prověřit spolehlivost úvodních pozitivních podkladových poznatků o možnosti využívání odpadních smaltů z provozu továrny BELIS a.s. při výživě rostlin ve funkci mikroelementového hnojiva.

Prozkoumat možnost inkorporace příměsí odpadních smaltů do některých průmyslových hnojiv, především P, K a Mg hnojiv a vyhodnotit jejich agronomickou účinnost v příslušných srovnávacích vegetačních nádobových testech.

Příspěť k objasnění úlohy smaltařských frit, respektive v nich přítomného boru, při fyziologickém dění v rostlinách se zvláštním zřetelem k interakcím s makroelementy P, K a Mg, dodávanými minerálními hnojivy.

5. MATERIÁLY A METODIKA

Metodika předkládané práce sestávala ze dvou částí. V první – vegetační nádobové testy – byl sledován vliv přidavku čtyř druhů frit (základní, titaničitá, transparentní a odpadní) na vybrané růstové charakteristiky a výnosy rostlin. Tato část metodiky měla ověřit, zda v nádobách pěstované – na bor náročné rostliny (řepa, slunečnice) budou schopny uvolnit a využít bor z frit. Je doplněna o chemickou analýzu zjišťující konečnou (posklizňovou) hladinu tohoto prvku v sušině rostlin.

Druhá, stěžejní část metodiky – inkubační pokus – zohledňovala zejména vliv přirozeného půdního prostředí na uvolnitelnost bóru z odpadní frity do vodního výluhu a do výluhů o zvolené kyselosti blízké půdnímu prostředí. Jednotlivé varianty se od sebe lišily půdním druhem, dobou inkubace, výživovým režimem a odstupňovanou dávkou frit. Je rovněž ukončena výsledky analýz týkajících se obsahu bóru v těchto výluzích.

5.1 VEGETAČNÍ NÁDOBOVÉ TESTY

Vegetační nádobové testy byly provedeny na katedře obecné produkce rostlinné.

Zemina do nádob byla odebrána na pozemku ŠZP Hluboká nad Vltavou – Munice, který byl vytipován podle ARP – ÚKZUZ Planá nad Lužnicí, jako lokalita s nízkým obsahem boru v zemině.

Výsledky rozboru zeminy pH KCl 6.5

K 271 mg/kg

Mg 243 mg/kg

Ca 2410 mg/kg

P 28.9 mg/kg

B 0.31 mg/kg

Nmin 6.8 mg/kg

Rozbory provedla laboratoř ANEKLAB. Kovy byly stanoveny výluhem Melicha II, Mg metodou AAS plamen C₂H₂ vzduch, Ca metodou AES plamen C₂H₂ vzduch, P výluhem dle Melicha II – fotometrické stanovení na fosfomolybdenovou modř při 690 nm, B stanoven fotometricky při 420 nm, N_{min} – součtem dusičnanového N (metodou kapilární izotachoforézy) a amoniakálního N (potenciometrické stanovení s použitím ISE).

Zem byla rozvážena do nádob po 5 kg a do každé nádoby byly přidány živiny (NPKMg), jejichž dávka stanovena podle výše zmíněného rozboru a podle metodiky (dávka v č.ž./ha byla přepočtena na 5 kg zeminy v nádobě). Živiny byly zapraveny do každé nádoby ve formě roztoku, kromě fosforečného hnojiva, které bylo dodáno v práškové formě.

Přehled živin dodaných na nádobu:

Ca(H ₂ PO ₄) ₂ H ₂ O	4,86 g/nádobu
NH ₄ NO ₃	3,43 g/nádobu
K ₂ SO ₄	2,68 g/nádobu
MgSO ₄ . 7H ₂ O	3,04 g/nádobu

Současně s živinami bylo do každé nádoby přidáno vždy po jednom ze čtyř druhů frit, které byly pro tento účel předem upraveny (vysušeny a rozemlety).

Přehled dodaných frit:

- frita odpadní
- frita základní, odpadní směs Z111 a Z107
- frita transparentní KP 150 polev
- frita – krycí polev KP 15 800

Každý druh frity byl dodán ve třech odstupňovaných koncentracích (0.2 g na nádobu, 0.4 g na nádobu, 0.6 g na nádobu).

Celý pokus se skládal z 25 variant, každá varianta měla 4 opakování. Pro názornost přikládám schéma pokusu.

varianta	výživa	legenda
1	o	fo - frita odpadní
2	NPK	fz - frita základní, odpadní směs Z111 a Z107
3	NPKMg	ftr - frita transparentní KP 150 - krycí polev
4	NP(2fo)KMg	fti - frita titaničitá KP 15800 - krycí polev
5	NP(2fz)KMg	
6	NPK(2fo)Mg	1fo, 1fz, 1ftr, 1fti - frity v dávce 0,2 g/ nádobu
7	NPK(2fz)Mg	2fo, 2fz, 2ftr, 2fti - frity v dávce 0,4 g/ nádobu
8	NPKMg(2fo)	3fo, 3fz, 3ftr, 3fti - frity v dávce 0,6 g/ nádobu - volně přidané frity
9	NPKMg(2fz)	
10	NPKMg, borax	NP(2fo)KMg, NP(2fz)KMg - kombinace frity
11	NPKMg,1fo	odpadní a frity základní v dávce 0,4 g/nádobu
12	NPKMg,2fo	s fosforečným hnojivem
13	NPKMg,3fo	
14	NPKMg,1fz	NPK(2fo)Mg, NPK(2fz)Mg - kombinace frity
15	NPKMg,2fz	odpadní a frity základní v dávce 0,4 g/ nádobu
16	NPKMg,3fz	s draselným hnojivem
17	NPKMg,1ftr	
18	NPKMg,2ftr	NPKMg(2fo), NPKMg(2fz) - kombinace frity
19	NPKMg,3ftr	odpadní a frity základní v dávce 0,4 g/nádobu
20	NPKMg,1fti	s hořečnatým hnojivem
21	NPKMg,2fti	
22	NPKMg,3fti	
23	NPKMg, 0,02B	NPKMg, 0,02B - přídavek boraxu - 0,02 g/ nádobu
24	NPKMg 0,04B	NPKMg, 0,04B - přídavek boraxu - 0,04 g/ nádobu
25	NPKMg, 0,06B	NPKMg, 0,06B - přídavek boraxu - 0,06 g/ nádobu

Ve variantách 4 – 9 šlo o zkoušení účinku hnojiv kombinovaných s fritami. Pro tyto kombinace byly použity frita odpadní a frita základní vždy v dávkách 0,4 g na nádobu. Frita byla přidána k hnojivu společně s destilovanou vodou a tato vodní suspenze byla ponechána po dobu jednoho dne ke svému zreagování, poté zapravena do půdy a nechána 14 dní v klidu. Zem v nádobách byla zakryta na povrch pískem Suchdol pro zamezení zaplavování a spékání.

Nádoby byly osázeny 2. června předpěstovanými slunečnicemi – odrůda VNIIMK ve fázi dvou děložních a dvou prvních pravých lístků, do každé nádoby vždy po jedné rostlině. 9. června byly vyseta do každé nádoby semínka dalších slunečnic.

Ze vzešlých rostlinek byly nakonec ponechány čtyři, (jednocení vyřezáváním ve fázi 2. páru lístků) při konečném počtu 5 rostlin na nádobu.

Během vegetace byl sledován dlouhivý růst (délka rostlin byla měřena pravidelně vždy po sedmi dnech milimetrovým měřítkem od báze stonku až po jeho růstový vrchol). Rostliny byly zalévány destilovanou vodou.

Sklizeň nadzemní hmoty slunečnic byla provedena 3. října v době plné zralosti (nažky charakteristicky zbarvené, ztvrdlé, úbory na spodní straně zbarveny do žluta). V průběhu jednoho dne byly rostliny odříznuty, zváženy a ponechány v teple a suchu do přirozeného seschnutí. Po té byly rozdrceny a sušeny 4 hodiny při 105° C a po zvážení sušiny zmineralizovány. (Semena byla sušena, vážena, drcena a mineralizována zvlášť).

Před zimou byla zkytěna zem a nádoby byly zajištěny proti srážkám přiklopením vík.

Na jaře příštího roku (12. dubna 2016) byly osety rostlinami řepy cukrovky – odrůda TERKA a po vzejití vyjednoceny na konečný počet 4 rostliny na nádobu. Zálivka a ošetřování bylo stejné jako u slunečnic. Sklizeň bulev s chrástem byla provedena 25. října téhož roku. Rostliny byly sušeny stejně jako slunečnice – 4 hodiny při 105°C a po zvážení sušiny zmineralizovány. Mineralizace obou rostlinných druhů byla provedena podle standardní metodiky doporučené MZVŽ ČSR (Javorský, Krečmer 1987). Chemická analýza na obsah boru ve tkáních byla provedena stejně jako u inkubačního pokusu metodou ACP.

5.2 INKUBAČNÍ POKUS

Druhá hlavní část metodiky byla založena na inkubačním pokusu s odpadní fritou. Pokus měl prokázat vlastní uvolnitelnost bórů z frity a její dynamiku v půdním prostředí s různým obsahem humusových látek a při odstupňovaném výživovém režimu. Záměrem pokusu bylo zachovat celkovou přirozenost půdního prostředí, podpořit bakteriální a enzymatickou činnost přísádkem živin a glukózy a umístěním do termostatu.

1. Pro inkubační pokus byly vybrány dvě půdy. První – označena A – půda střední písčito-hlinitá, málo humózní, podorniční horizont. Druhá – označení B –

půda byla kompostová humózní zemina. Obě byly prosety 2mm sítím a byla u nich stanovena základní charakteristika: sorpční kapacita podle Sandhofa, výměnné pH KCl a potřeba Ca.

Výsledné hodnoty uvádí následující tabulka:

	Kompostová humózní zemina	písčito-hlinitá zemina podorniční horizont
pH (KCl)	5,83	7,30
potřeba vápnění	2,39 t CaO/ha	-
sorpční kapacita	22,8	11,4

2. S oběma půdními vzorky byly připraveny kombinace s fritou – (0,1,5,10 hmotnostních % frity).

3. Řada vzorků A (minerální půda) a řada vzorků B (kompostní zemina) byla rozdělena do 3 dílčí vzorky po 100 g. V 1 l polyethylenových lahvích bylo třepáno vždy 100 g vzorku v 500 ml 0.01N HCL, 0.1N HCL a destilované vody.

4. Řada vzorků A a B byla rozdělena v paralelní dávce ještě jednou 5krát s následujícími přísadky živin.

NŽ – nízká dávka živin	VŽ – vysoká dávka živin
MgSO ₄0,05 g	MGSO ₄0,1 g
NH ₃ NO ₃ 0,1 g	NH ₃ NO ₃0,2 g
KH ₂ PO ₄ 0,1 g	KH ₂ PO ₄0,2 g
Na ₂ HPO ₄0,05 g	NA ₂ HPO ₄0,1 g
glukóza5 g	glukóza5 g

Všechny vzorky této řady byly ovlhčeny na 60% jejich nasáklivosti a uloženy do termostatu při 28°C. Po 14 dnech byla odebrána první část vzorků, druhá po měsíci. Se vzorky po kultivaci bylo nakládáno podle bodu 3., čili stejně jako se vzorky nekultivovanými (Všechny výše zmíněné vzorky v inkubačním pokusu byly založeny ve 3 opakováních.).

Všechny výluhy byly analyzovány na obsah bóru v laboratoři Praha.

6. VÝSLEDKY PRÁCE

6.1 INKUBAČNÍ POKUS

Výsledky chemické analýzy inkubačního testu uvádím v tabulce č. 1. “Množství extrahovatelného boru v mg/l roztoku v závislosti na dávce frity, dávce živin, půdním druhu, typu vyluhovacího roztoku a délce inkubace“, a k ní přiložených grafech. (Hodnoty prezentované v tabulce představují průměry z celkem 3 opakování).

Skutečnosti zjištěné v této části práce lze shrnout do následujících šesti bodů:

1. Se zvyšující se koncentrací vodíkových iontů se extrahovatelnost boru z frity zcela markantně zvyšuje.

2. Je zajímavé, že v humózní půdě je množství extrahovatelného boru ve vodě i v roztocích kyselin při extrakci většinou (nikoli obecně) vyšší. Při inkubaci čtrnáctidenní i při inkubaci třicetidenní.

3. Bor se z frity uvolňuje i extrakcí pouhou vodou. Největší přírůstky koncentrace boru jsou při extrakci z inkubované zemité směsi obsahující do 1% frity. Zatímco přírůstky extrahovatelného boru v rozmezí 5% a 10% frity v zemité směsi jsou už nižší.

4. Ukazuje se zřetelný vliv vysoké koncentrace živin na extrahovatelnost boru vodou i kyselinami při vyšším procentuálním zastoupení frity v zemité směsi (5 – 10 %). Zatímco vliv vysokého obsahu živin se na extrahovatelnost boru vodou i kyselinami ve variantách s nízkým procentuálním obsahem frity v zemité směsi (do 1%) uplatňuje celkem málo, v některých případech je vliv vysoké koncentrace živin dokonce příčinou určitého snížení extrakce.

5. Při třicetidenní inkubaci se retardační vliv vysoké koncentrace živin při nízkém procentuálním zastoupení frity v inkubační zemině eliminuje. Při vysokém procentuálním zastoupení frity (5 – 10%) při inkubaci třicetidenní je efekt stejný jako při inkubaci čtrnáctidenní, to znamená, že vyšší hladina živin podporuje extrakce boru z půdy ať už je extrahovadlem voda nebo kyselé roztoky.

6. Při extrakci vodou se vyluhuje více boru ze zemin humózních, než ze zemin písčitých, a to při inkubaci třicetidenní více, než při inkubaci čtrnáctidenní. Prakticky totéž lze říci i při použití extrakce zředěnými kyselinami. Platí to i při nízké i při vysoké hladině živin.

Tabulka č. 1:

Množství extrahovatelného boru v mg/l roztoku v závislosti na dávce frity, dávce živin, půdním druhu, typu vyluhovacího roztoku a délce inkubace.

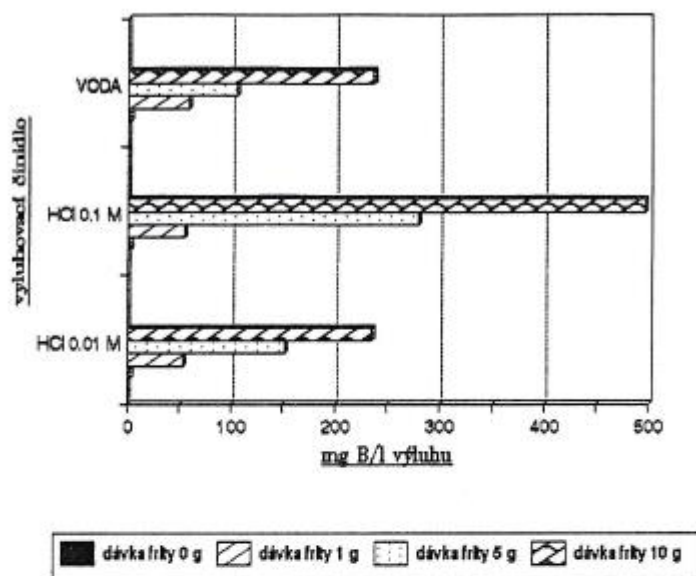
dávka frity [g]	INKUBACE - 14 DNI						
	Humózní půda			Písčitá půda			
	0.01 M HCl	0.1 M HCl	VODA	0.01 M HCl	0.1 M HCl	VODA	
0	1.60	2.25	1.53	5.52	5.96	1.16	Nž
	2.00	1.72	1.99	2.41	1.61	2.27	Vž
1	65.50	81.90	58.90	46.20	77.80	47.50	Nž
	52.90	54.80	59.00	43.30	72.50	49.90	Vž
5	210.00	195.00	198.00	102.00	290.00	78.00	Nž
	152.00	280.00	105.00	101.00	319.00	85.10	Vž
10	199.00	487.00	154.00	108.00	485.00	84.10	Nž
	235.00	497.00	237.00	215.00	558.00	163.00	Vž

dávka frity [g]	INKUBACE - 30 DNI						
	Humózní půda			Písčitá půda			
	0.01 M HCl	0.1 M HCl	VODA	0.01 M HCl	0.1 M HCl	VODA	
0	2.45	2.72	1.20	2.54	6.91	1.68	Nž
	5.87	4.08	4.28	2.07	6.15	6.63	Vž
1	67.80	78.80	74.50	54.20	78.00	47.00	Nž
	72.20	64.50	61.70	59.30	80.40	54.90	Vž
5	227.00	210.00	205.00	105.00	333.00	80.40	Nž
	167.00	285.00	138.00	106.00	328.00	97.40	Vž
10	218.00	477.00	199.00	125.00	565.00	98.90	Nž
	252.00	501.00	272.00	192.00	515.00	176.00	Vž

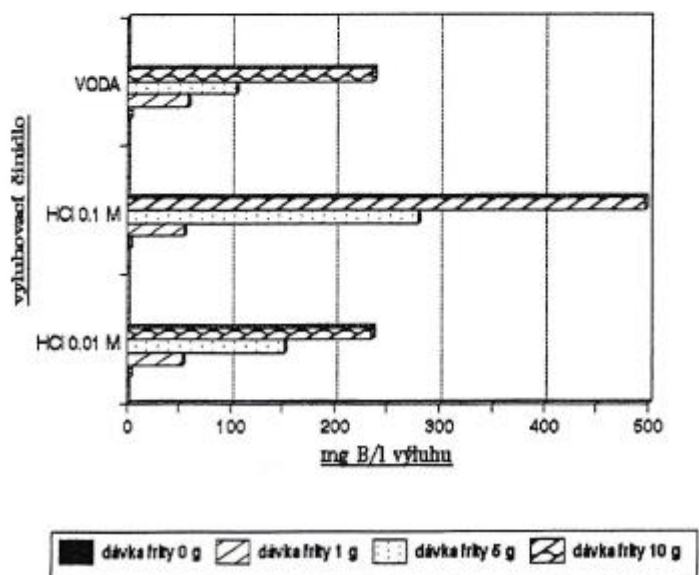
Legenda

Vzorky třepané po dobu 60 min. v 0.01 M roztoku HCl.....0.01 M HCl
 Vzorky třepané po dobu 60 min. v 0.1 M roztoku HCl.....0.1 M HCl
 Vzorky třepané po dobu 60 min. v destilované vodě.....VODA
 Vzorky inkubované při nižší dávce živin.....Nž
 Vzorky inkubované při vyšší dávce živin.....Vž

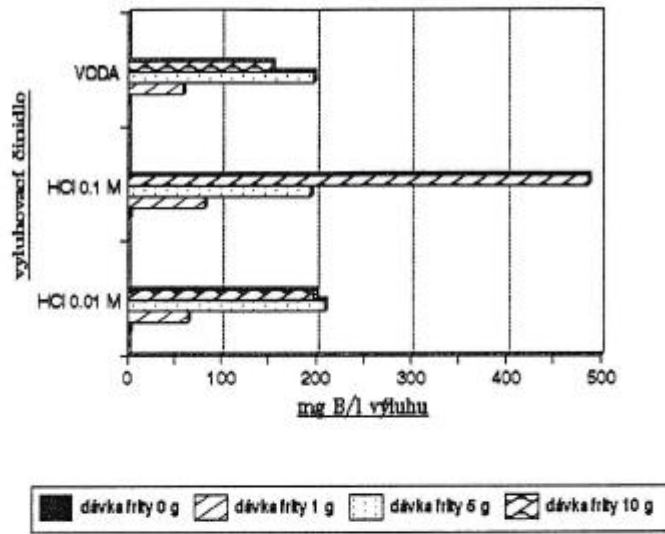
*Inkubace 14 dní -humózní půda
nízká dávka živin*



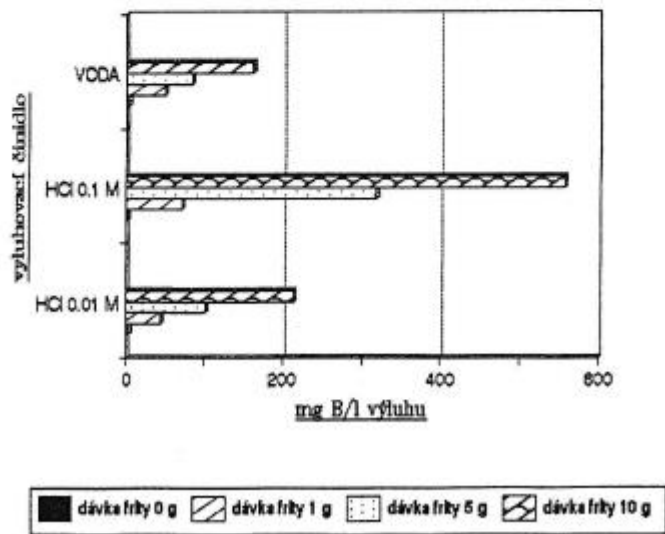
*Inkubace 14 dní -humózní půda
vysoká dávka živin*



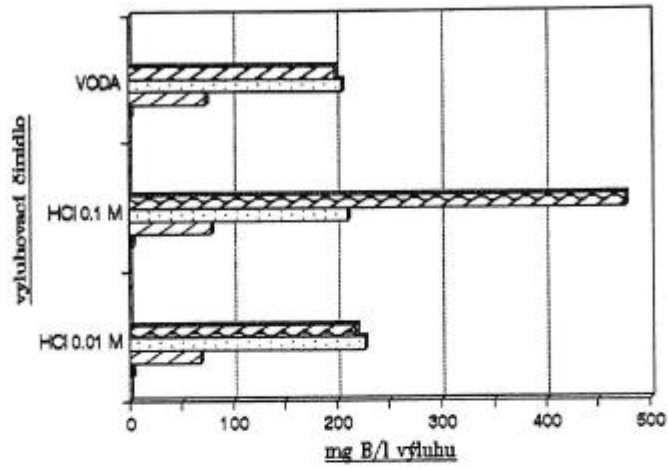
*Inkubace 14 dní - písčité půda
nízká dávka živin*



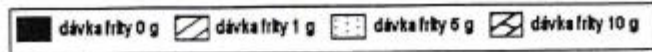
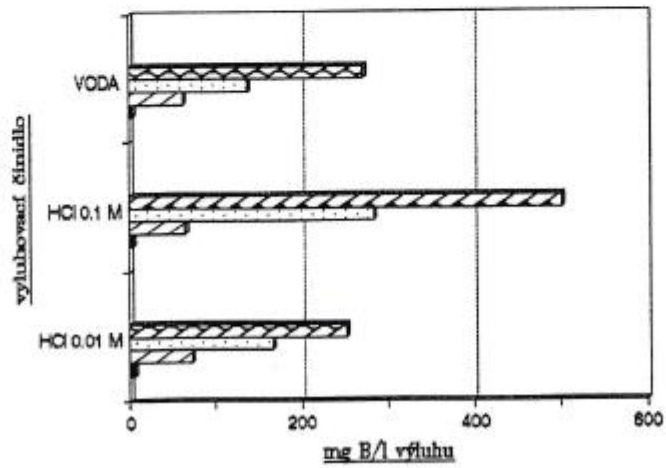
*Inkubace 14 dní - písčité půda
vysoká dávka živin*



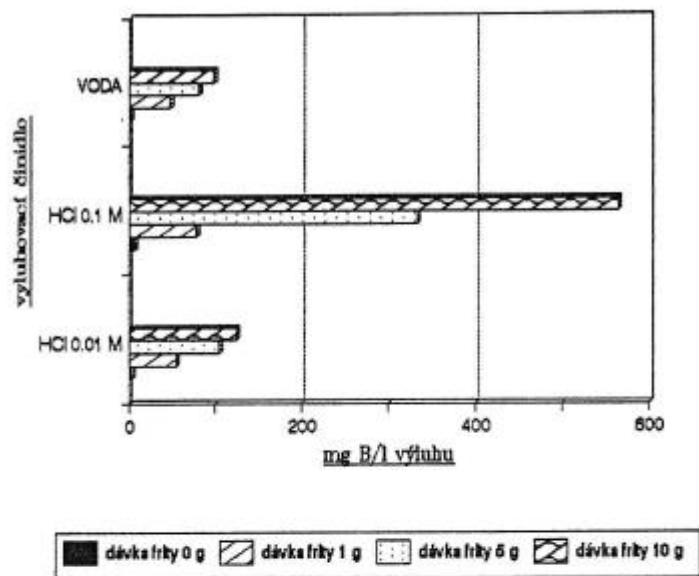
Inkubace 30 dní - humózní půda
nízká dávka živin



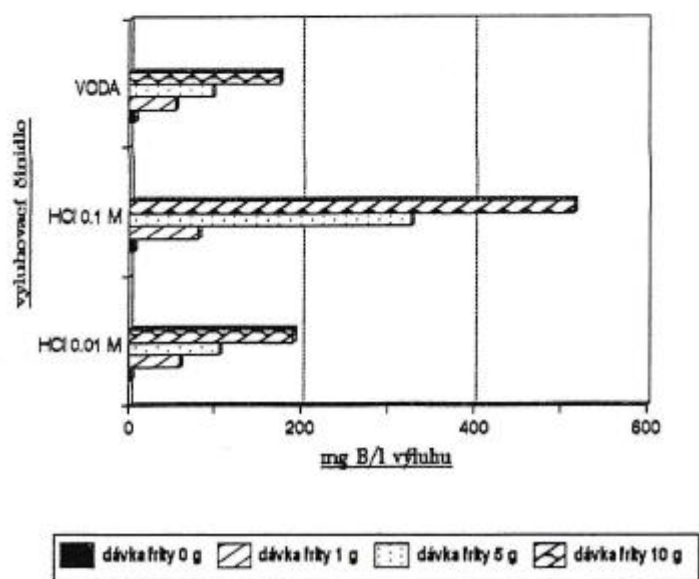
Inkubace 30 dní - humózní půda
vysoká dávka živin



Inkubace 30 dní - písčité půda
nízká dávka živin



Inkubace 30 dní - písčité půda
vysoká dávka živin



6.2 NÁDOBOVÝ POKUS

Následující experimentální část a její výsledky je nutné chápat pouze jako orientační.

Podmínky, za kterých byly nádobové pokusy prováděny, neumožnily dodržet správnou metodiku klasického nádobového pokusu.

Testy byly realizovány v areálu SZŠ v Třeboni, ve dvou vegetačních sezónách.

V průběhu obou sezón nebylo možno chránit nádoby a v nich pěstované rostliny proti srážkám, ani jiným povětrnostním vlivům (kromě zimního období, kdy byly nádoby i s půdou zajištěny přiklopením vík). Zejména rostliny slunečnic byly zasaženy několika dešťovými průtržemi a kroupami. Přestože veškerá voda, která protekla do spodních misek, byla vrácena zálivkou zpět do nádoby a povrch nádoby byl kryt pískem proti rozplavení a spékání zeminy, při větších průtržích se nedalo zabránit přelití nádob a tím částeczek písku a bohužel ani určitého podílu jemných částeczek z povrchové vrstvy půdy v nádobách.

V důsledku nedostatku techniků nebylo uskutečnitelné zalévat individuálně jednotlivé nádoby podle množství odpařené vody, ani pravidelně obměňovat polohu jednotlivých nádob v rámci stolů. I když barva nádob byl bílá, docházelo často (zejména v parních letních dnech k jejich velkému přehřívání). Vzhledem k tomu, že dvůr je obklopen budovami, nemohla být díky nestejněměrnému zastínění v průběhu dne zajištěna ani stejnorodost světelných podmínek pro všechny rostliny pěstované v celkem 100 nádobách, rozmístěných na poměrně velké ploše.

Problémy nastaly i se zvolením správné kontroly. Protože jedním z cílů práce bylo také ověřit kombinaci frit s dalšími základními živinami (N, P, K a zejména Mg), dodanými ve formě průmyslových hnojiv, metodika stanovila vyhnojení jednotlivých nádob poměrně vysokou dávkou $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ – (3,04 g na nádobu) i přes dostatečné zásobení půdy tímto prvkem – (obsah Mg byl stanoven 243 mg/kg půdy). Ukázalo se však, že tato vysoká dávka hořčíku výrazně snížila výnosy pěstovaných rostlin. Z tohoto důvodu byla ve všech sledováních vzata za kontrolu varianta vyhnojení NPKMg, místo varianty NPK, která vychází ve všech případech výnosově mnohem lépe.

K většímu kolísání výsledků došlo v hodnotách týkajících se výnosu sušiny rostlin slunečnic, které musely být, vzhledem ke své mohutnosti, mlety na velkém šrotovníku, což představovalo nutné zatížení výsledků určitou chybou v důsledku ztrát suché hmoty slunečnic. Navíc k sušině ani k čerstvé hmotě nadzemní části slunečnic nemohla být započtena hmota kořenů, ty musely být ponechány v půdě, která zůstala v nádobách do další vegetační sezón, aby mohla být dohnojena základními živinami a oseta řepami za účelem zjištění účinku frit na výnosové charakteristiky rostlin ve druhém roce.

Závěrečná analýza na obsah boru v mg na kg sušiny rostlin slunečnic a řep nemohla být provedena pro každou nádobu zvlášť při celkovém počtu 200 vzorků. Musel být udělán vždy jeden směsný vzorek na variantu, vzhledem k finanční situaci katedry, kde jsem nemohl pro nedostatečné přístrojové vybavení analýzy provést a který nemohl analýzy ani financovat.

Z výše uvedených skutečností je tedy patrné, že všechny varianty vegetačních nádobových testů byly zatíženy značnou, avšak vždy stejně velkou chybou. Přesto díky tomuto přibližně stejně velkému zatížení, je zajímavé všimnout si některých trendů. Ve vyhodnocení výsledků této metodické části vždy v úvodu odkazují na příslušnou tabulku a vzhledem k tomu, že jsem kvůli větší přehlednosti volil uspořádání – tabulka a k ní příslušející graf, graf již není číslován.

6.2.1 Závislost dlouhivého růstu slunečnic na čase a variantě hnojení (viz tabulka a graf č. 2)

Nejvyššího dlouhivého růstu při nejnižší dávce frit (0,2 g) na nádobu dosahovaly téměř v celém průběhu sledování rostliny pěstované na fritě základní a dále fritě transparentní. Frita odpadní, titaničitá a kontrola (NPKMg) zůstaly ve svém působení na dlouhivý růst slunečnic celkem vyrovnané. Při střední dávce frit (0,4 g na nádobu) si svůj největší vliv na dlouhivý růst ponechala frita základní, ale na druhém místě se výrazně zvýšil vliv odpadní frity, a to rovněž ve všech měřených termínech. Vliv frity transparentní ustoupil do pozadí a zůstal na hodnotách podobných fritě titaničité a kontrole. V posledních měřených termínech klesl vliv frity titaničité až pod úroveň vlivu kontroly. V poslední nejvyšší dávce (0,6 g) frity na nádobu působily frity až do 28 dne celkem vyrovnaně. V období od 35 dne však jednoznačně nejvíce ovlivnila

dlouhivý růst slunečnic frita odpadní a hned za ní frita titaničitá a základní. Vliv frity titaničité v této poslední a nejvyšší dávce frit tedy překvapivě výrazně stoupl. Naopak frita transparentní „snížila“ intenzitu douživého růstu v posledních dnech až pod úroveň kontroly.

6.2.2 Výnos čerstvé hmoty slunečnic (viz tabulka a graf č. 3)

Největší průměrné čerstvé hmotnosti dosáhly rostliny slunečnic ve variantě se střední dávkou (tj. 0,4 g na nádobu) frity transparentní (průměrná hmotnost 765 g na nádobu e variantě), poté rostliny pěstované v nádobách s největší dávkou (tj. 0,6 g na nádobu) frity transparentní (průměrná čerstvá hmotnost 741.3 g na nádobu ve variantě) a dále se střední dávkou (0,4 g na nádobu) frity titaničité (průměrná čerstvá hmotnost 738.8 g na nádobu ve variantě). Kromě variant NP(2fo)KMg a NP(2fz)KMg, všechny ostatní varianty „zvýšily“ výnos čerstvé hmoty slunečnic oproti kontrole NPKMg. V pořadí 3. nejvyšší průměrnou hmotnost čerstvé hmoty (738 g na nádobu) vykazovala varianta NPK. Nebyla zatížena již zmíněnou vysokou dávkou hořčíku, který způsobil výnosovou depresi ve všech ostatních variantách.

6.2.3 Výnos čerstvé hmoty řepy (tabulka a graf č. 4)

Nejvyšší průměrné čerstvé hmotnosti dosáhly rostliny řepy ve variantě NP(2fo)KMg s průměrnou čerstvou hmotností 511.3 g na nádobu ve variantě. Podobné a poměrně vysoké hodnoty měly též varianty NPK(2fo)Mg, NPK(2fz)Mg, NPKMg(2fz), NPKMg,1fo, NPKMg,3fo. Pod úroveň kontroly (NPKMg s průměrnou čerstvou hmotností 376.3 g na nádobu) se dostala varianta NPKMg,1fz, (průměrná čerstvá hmotnost 373.8 g na nádobu ve variantě), dále NPKMg,3fti (průměrná čerstvá hmotnost 333.8 g na nádobu ve variantě) a varianta NPKMg 0.02B (průměrná hmotnost 371.0 g na nádobu ve variantě). Působení frit v ostatních variantách je možno hodnotit jako pozitivní, avšak poměrně kolísavé. Větší nevyrovnanost oproti první vegetační sezóně se slunečnicemi byla pravděpodobně zapříčiněna opakovaným negativním působením již zmíněných povětrnostních a vegetačních podmínek. Překvapivě nízká je průměrná hmotnost řep v gramech na nádobu ve variantě s boraxem, který v jednom případě – varianta NPKMg 0.02B

nezvýšil a ve dvou ostatních případech – varianta NPKMg 0.04B a NPKMg 0.06B zvýšil průměrnou čerstvou hmotnost jen nepatrně vzhledem ke kontrole.

6.2.4 Výnos sušiny slunečnic (viz tabulka a graf č. 5)

Průběh hodnot průměrné hmotnosti sušiny nadzemní hmoty slunečnic značně kolísá. Několik variant je pod úrovní kontroly, přibližně stejné množství nad její úrovní – na rozdíl od průměrné hmotnosti sušin semen, která je naopak velice vyrovnaná

a směrodatnější. Semena byla mleta na jemném mlýnku a ztráty na hmotě nebyly žádné. Ostatní nadzemní hmota (úborů bez semen, stonky a listy) jak jsem již uváděl, byla vzhledem ke své tvrdosti a velikosti mleta na klasickém velkém šrotovníku a ztráty zde proto byly daleko větší. Z tohoto důvodu uvádím obě hodnoty zvlášť a v konečném hodnocení jsem je nespojoval. Hodnota výnosu sušiny semen je více směrodatná i z pohledu výživářského a botanického. Semena představují pro slunečnici v posledním stádiu vývoje – nalévání úborů a zrání – místo hlavního výnosového sinku rostliny a zvláště u slunečnice mají velký význam a jsou i ukazatelem míry a kvality některých vegetačních faktorů (např. vyslepnutí středu úborů při nedostatku zásobení vláhou v období tvorby poupat a mléčné zralosti, kdy je rostlina slunečnice na vodu nejnáročnější atd.) i potom v jejich konečném souhrnu.

6.2.5 Výnos sušiny semen slunečnice (viz tabulka a graf č. 6)

Průběh poměrné hmotnosti sušiny semen slunečnic je tedy, jak již bylo řečeno, velmi vyrovnaný. Většina variant se svými hodnotami blíží kontrole (NPKMg s průměrnou hmotností sušiny semen 33.98 g na nádobu). Významněji jí převyšují varianty NPKMg(2fo) – (průměrná hmotnost sušiny semen 37.33 g na nádobu ve variantě), dále NPKMg,1fz – (průměrná hmotnost sušiny semen 37.90 g na nádobu ve variantě), NPKMg,2fz – (36.57 g na nádobu ve variantě), NPKMg,3ftr – (36.76 g na nádobu ve variantě), NPKMg,2fti – (36.20 g na nádobu ve variantě) a NPKMg,3fti – (36.24 g na nádobu ve variantě). Lze tedy říci, že frity neměly příliš výrazný vliv na konečný výnos sušiny semen slunečnic.

6.2.6 Výnos sušiny řepy (viz tabulka a graf č. 7)

Hodnoty průměrné hmotnosti sušiny rostlin řepy v gramech na nádobu v jednotlivých variantách mají větší vypovídající hodnotu než u slunečnic (byly semlety na jemném mlýnku) i zde je však patrná velká variabilita hodnot vzhledem ke kontrole. Pod její úrovní je varianta NPKMg,1fz (průměrná hmotnost sušiny 91.46 g na nádobu ve variantě), dále NPKMg,3fti (86.30 g na nádobu ve variantě) a NPKMg 0.02B (91.70 g na nádobu ve variantě). Nejvyšší výnos sušiny měla varianta NP(2fo)KMg s průměrnou hmotností sušiny 130.31 g na nádobu ve variantě. Obecně lze říci, že kromě tří výše zmíněných variant a varianty NPKMg 0.04B, která se svou průměrnou hmotností sušiny 100.74 g na nádobu ve variantě zůstala na úrovni kontroly, se ve všech ostatních variantách víceméně zvýšila průměrná hmotnost sušiny řepy oproti kontrole.

6.2.7 Obsah boru v mg/kg sušiny rostlin slunečnice a řepy (viz tabulka a graf č. 8)

Z výsledků chemické analýzy obsahu boru v mg/kg sušiny rostlin vyplývá zajímavá skutečnost, že borax přes většinou nevýrazné ovlivnění růstových a výnosových charakteristik rostlin v této poslední a pro posouzení čerpání rostlinou boru z frit nejdůležitější charakteristice byl schopen vykrýt chyby metodiky lépe, než většina frit. Výjimku tvoří pouze varianty NPKMg,2fo – (obsah boru 85.80 mg/kg sušiny rostlin), varianta NPKMg,2fti – (obsah boru 88.80 mg/kg sušiny rostlin) u řepy a varianta NPKMg,3fo – (obsah boru 90.60 mg/kg sušiny rostlin) u slunečnice. Co se týče boraxu, u rostlin řepy se nejlépe osvědčila varianta s dávkou 0.04 g boraxu na nádobu, (obsah boru 93 mg/kg sušiny rostliny), zatímco u slunečnic varianta s dávkou 0.02 g boraxu na nádobu (obsah boru 90.0 mg/kg sušiny rostliny).

Tabulka č. 2:

Závislost dlouhivého růstu slunečnic na čase a variantě hnojení

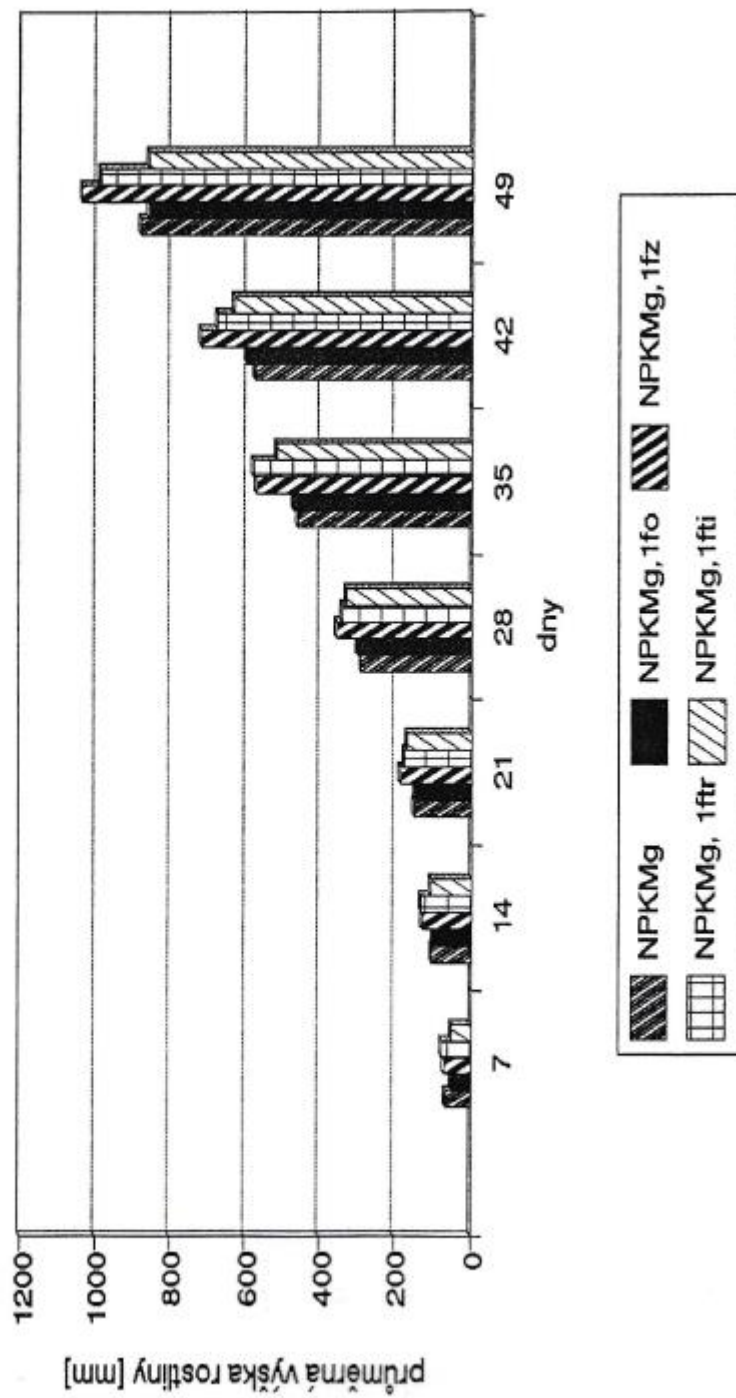
varianta		dny						
		7	14	21	28	35	42	49
1	0	70	118	176	331	435	502	661
2	NPK	55	105	164	337	479	577	819
3	NPKMg	65	104	150	292	458	574	881
4	NP(2fo)KMg	92	126	169	326	495	586	804
5	NP(2fz)KMg	100	126	172	331	509	633	859
6	NPK(2fo)Mg	65	105	157	317	493	614	887
7	NPK(2fz)Mg	32	83	134	292	433	526	672
8	NPKMg(2fo)	55	117	181	399	575	701	980
9	NPKMg(2fz)	46	106	158	331	508	631	895
10	NPKMgborax	100	136	186	311	483	599	795
11	NPKMg,1fo	61	101	146	302	469	599	860
12	NPKMg,2fo	58	114	174	360	588	690	956
13	NPKMg,3fo	60	109	165	345	592	715	1015
14	NPKMg,1fz	68	126	188	356	571	718	1038
15	NPKMg,2fz	63	120	180	370	588	716	1074
16	NPKMg,3fz	39	89	146	332	548	700	992
17	NPKMg,1ftr	75	132	177	341	577	675	990
18	NPKMg,2ftr	76	115	163	315	533	603	903
19	NPKMg,3ftr	69	111	161	313	514	585	826
20	NPKMg,1fti	50	107	169	329	516	630	859
21	NPKMg,2fti	48	108	173	335	569	667	783
22	NPKMg,3fti	91	139	199	353	590	693	1006
23	NPKMg,0.02B	80	135	180	294	468	568	764
24	NPKMg,0.04B	58	96	143	267	455	557	815
25	NPKMg,0.06B	66	108	157	276	480	590	870

NP(2fo)KMg, NP(2fz)KMg... kombinace frity odpadní a frity základní v dávce 0.4 g na nádobu s fosforečným hnojivem

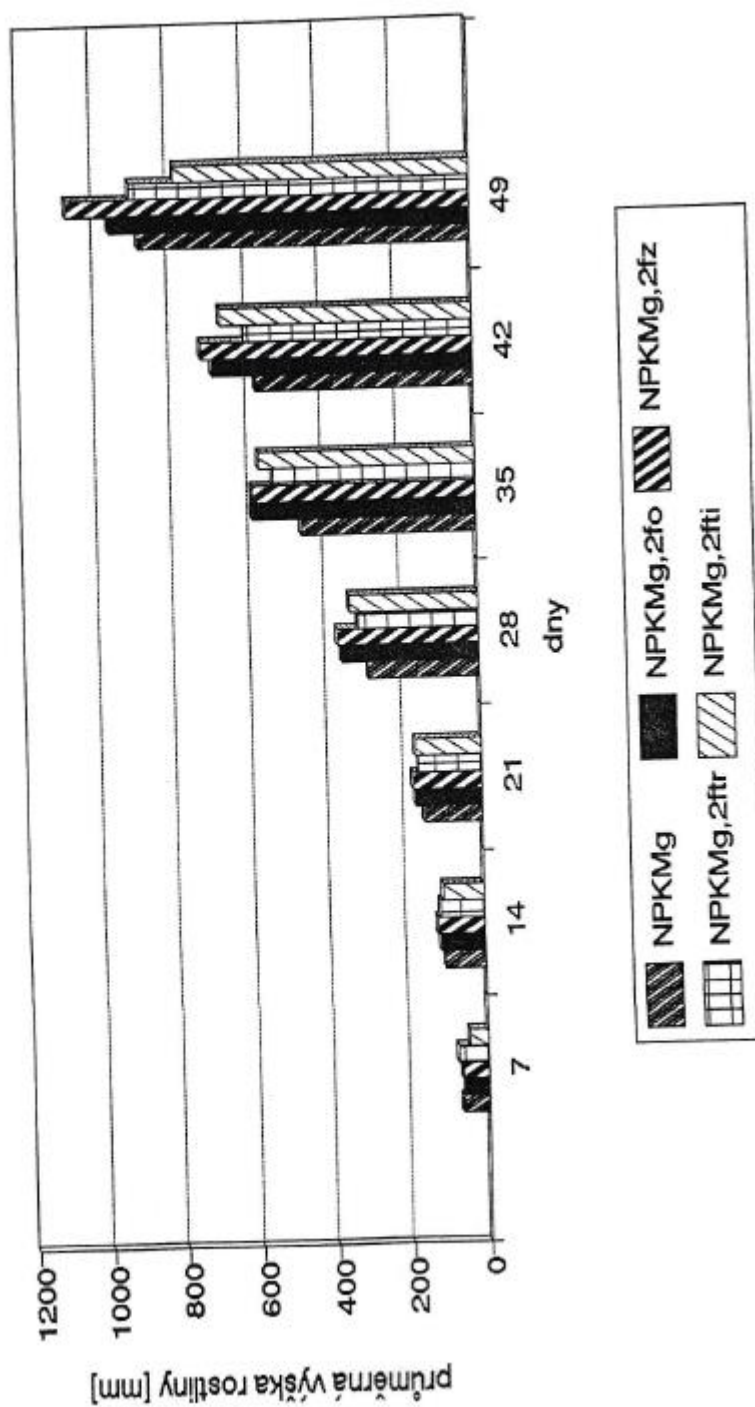
NPK(2fo)Mg, NPK(2fz)Mg... kombinace frity odpadní a frity základní v dávce 0.4 g na nádobu s draselným hnojivem

NPKMg(2fo), NPKMg(2fz)... kombinace frity odpadní a frity základní v dávce 0.4 g na nádobu

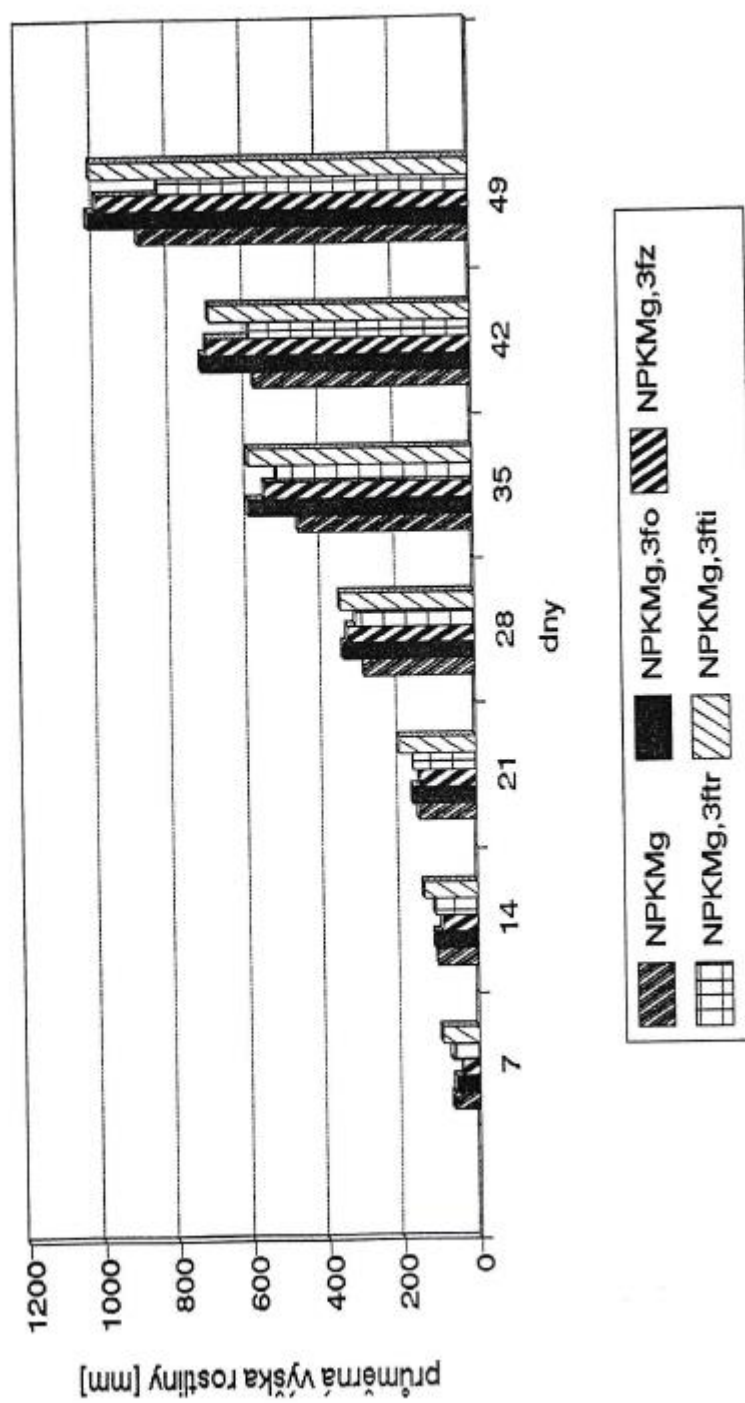
Graf závislosti dlouživého růstu
slunečnic na čase a variantě



Graf závislosti dlouživého růstu
slunečnic na čase a variantě



Graf závislosti dlouživého růstu
slunečnic na čase a variantě



Tabulka č. 3:
Čerstvá hmotnost slunečnic

varianta	živiny	čerstvá hmotnost v g na nádobu				P	%
		A	B	C	D		
1	0	325	350	385	300	342.5	54.5
2	NPK	710	725	755	765	738.8	117.6
3	NPKMg	685	626	585	620	628.8	100
4	NP(2fo)KMg	660	685	650	630	513.8	81.8
5	NP(2fz)KMg	565	625	625	615	607.5	96.7
6	NPK(2fo)Mg	710	605	760	730	701.3	111.7
7	NPK(2fz)Mg	685	665	650	615	653.8	104.1
8	NPKMg(2fo)	700	695	675	675	686.3	109.3
9	NPKMg(2fz)	680	715	755	550	703.3	111.9
10	NPKMgborex	705	770	665	560	675	107.5
11	NPKMg,1fo	680	675	675	675	676.3	107.7
12	NPKMg,2fo	710	685	645	665	676.3	107.7
13	NPKMg,3fo	640	695	700	675	677.6	107.9
14	NPKMg,1fz	600	695	670	735	675.1	107.5
15	NPKMg,2fz	690	640	670	685	671.3	106.9
16	NPKMg,3fz	620	675	735	690	701.3	111.7
17	NPKMg,1fr	680	695	710	665	687.5	109.5
18	NPKMg,2fr	605	920	725	695	765	121.8
19	NPKMg,3fr	690	720	800	755	741.3	118.1
20	NPKMg,1fti	700	660	600	655	653.8	104.1
21	NPKMg,2fti	775	710	740	730	738.8	117.6
22	NPKMg,3fti	730	705	630	690	688.8	109.7
23	NPKMg,0.02B	670	720	735	710	719.2	114.5
24	NPKMg,0.04B	700	640	700	710	687.5	109.5
25	NPKMg,0.06B	750	660	640	700	687.6	109.5

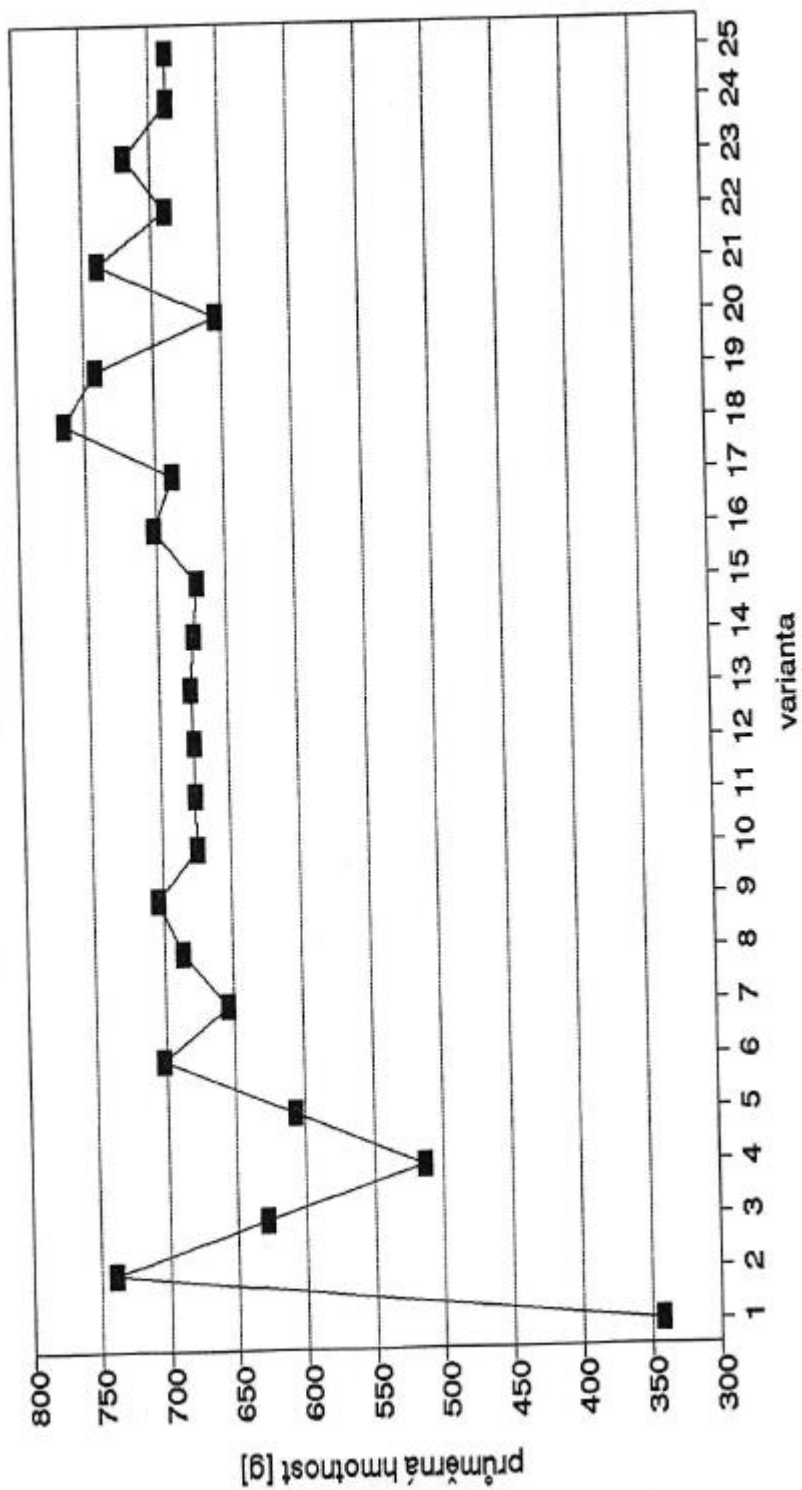
A,B,C,D....opakování

P.....průměrná čerstvá hmotnost v gramech na variantu

%.....průměrná čerstvá hmotnost na variantu, vyjádřená v % vzhledem ke kontrole

NPKMg....kontrola

Průměrná čerstvá hmotnost
slunečnic v g na variantu



Tabulka č.4
Čerstvá hmotnost řepy

varianta	živiny	hmotnost v g na nadobu				P	%
		A	B	C	D		
1	0	100	140	135	160	133,8	35,55
2	NPK	475	455	420	380	432,5	114,95
3	NPKMg	310	460	415	320	376,3	100,00
4	NP(2fo)KMg	485	460	545	555	511,3	135,88
5	NP(2fz)KMg	430	405	470	415	430,0	114,29
6	NPK(2fo)Mg	440	520	520	500	495,0	131,56
7	NPK(2fz)Mg	490	525	500	485	500,0	132,89
8	NPKMg(2fo)	495	425	510	435	466,3	123,92
9	NPKMg(2fz)	520	625	410	475	507,5	134,88
10	NPKMgborax	535	385	395	320	408,8	108,64
11	NPKMg,1fo	520	595	410	495	505,0	134,22
12	NPKMg,2fo	520	490	425	365	450,0	119,60
13	NPKMg,3fo	455	475	505	570	501,3	133,22
14	NPKMg,1fz	415	315	325	440	373,8	99,34
15	NPKMg,2fz	430	545	515	330	455,0	120,93
16	NPKMg,3fz	465	350	395	475	421,3	111,96
17	NPKMg,1ftr	395	400	445	435	418,8	111,30
18	NPKMg,2ftr	525	395	370	395	421,3	111,96
19	NPKMg,3ftr	510	399	330	420	414,8	110,23
20	NPKMg,1fti	310	420	370	440	385,0	102,33
21	NPKMg,2fti	465	465	495	460	471,3	125,25
22	NPKMg,3fti	375	330	305	325	333,8	88,70
23	NPKMg,0.02B	400	325	360	399	371,0	98,60
24	NPKMg,0.04B	365	370	390	420	386,3	102,66
25	NPKMg,0.06B	380	445	395	390	402,5	106,98

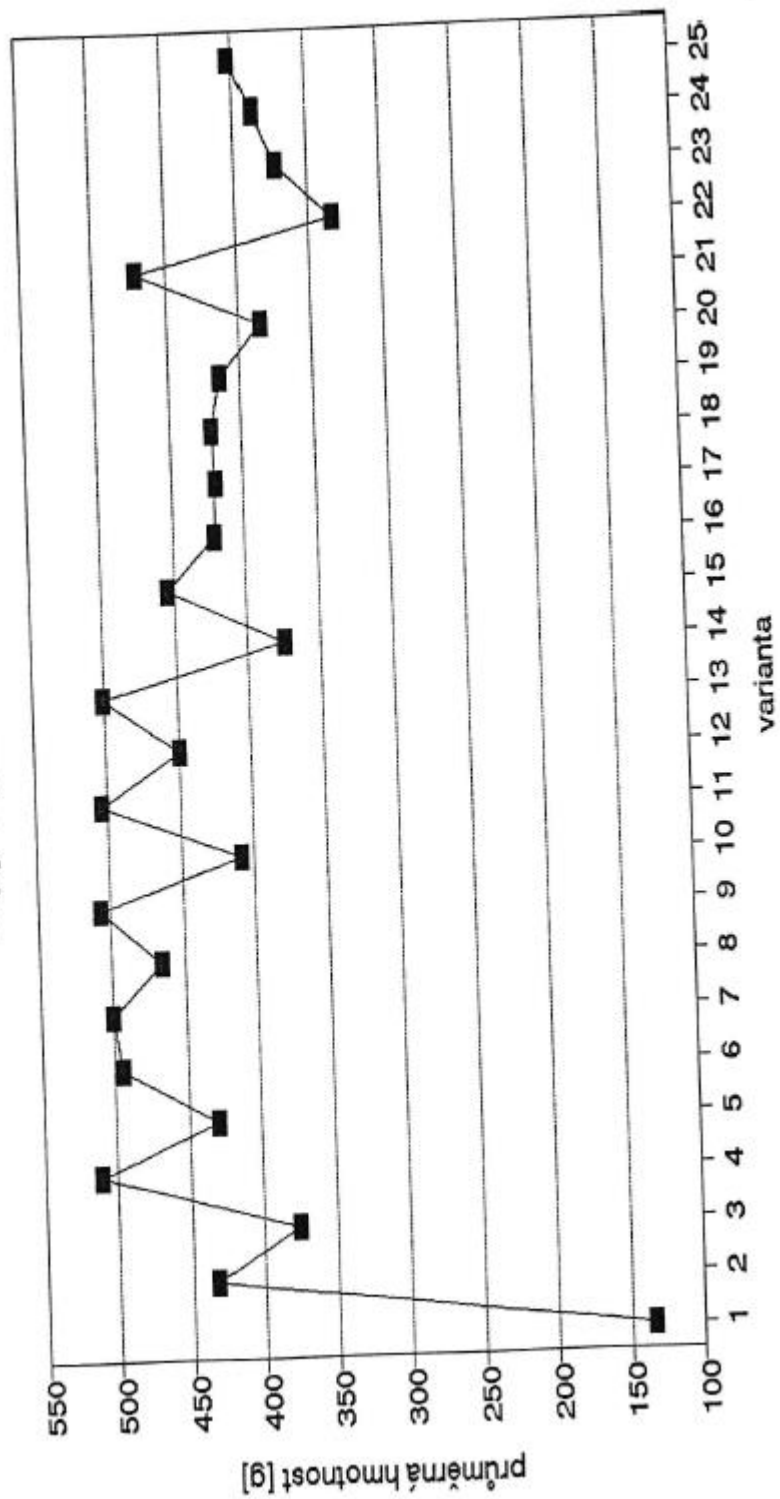
A,B,C,D.....opakování

P.....průměrná čerstvá hmotnost v gramech na variantu

%...průměrná čerstvá hmotnost na variantu, vyjádřená v % vzhledem ke kontrole

NPKMg...kontrola

Průměrná čerstvá hmotnost řepy v g na variantu



Tabulka č. 5:

Hmotnost sušiny nadzemní části slunečnic (bez semen)

varianta	živiny	hmotnost v g na nadobu				P	%
		A	B	C	D		
1	0	46,47	60,04	56,84	42,37	51,43	67,98
2	NPK	90,54	91,83	90,18	89,19	90,44	119,54
3	NPKMg	85,28	72,4	71,72	73,18	75,65	100,00
4	NP(2fo)KMg	80,85	74,77	80,7	70,89	76,80	101,52
5	NP(2fz)KMg	72,96	88,11	87,66	28,17	69,23	91,51
6	NPK(2fo)Mg	86,82	71,82	68,94	83,75	77,83	102,88
7	NPK(2fz)Mg	80,48	87,6	80,8	40,32	72,30	95,57
8	NPKMg(2fo)	78,51	79,08	78,32	73,7	77,40	102,32
9	NPKMg(2fz)	19,67	81,1	91,68	88,82	70,32	92,95
10	NPKMgborax	75,11	79,39	66,82	68,36	72,42	95,73
11	NPKMg,1fo	68,46	82,31	79,01	76,42	76,55	101,19
12	NPKMg,2fo	81,24	80,05	73,37	74,17	77,21	102,06
13	NPKMg,3fo	32,64	95,33	84,67	86,65	74,82	98,91
14	NPKMg,1fz	70,52	84,96	91,77	90,43	84,42	111,59
15	NPKMg,2fz	74,14	71,98	75,77	79,32	75,30	99,54
16	NPKMg,3fz	63,9	69,22	64,53	68,9	66,64	88,09
17	NPKMg,1fir	82,44	76,55	84,2	91,73	83,73	110,68
18	NPKMg,2fir	65,3	66,52	77,91	60,46	67,55	89,29
19	NPKMg,3fir	75,63	81,82	93,89	83,74	83,77	110,73
20	NPKMg,1fi	89,72	82,31	72,38	84	82,10	108,53
21	NPKMg,2fi	82,5	89,98	80,38	86,32	84,80	112,09
22	NPKMg,3fi	39,37	100,49	73,25	68,2	70,33	92,96
23	NPKMg,0.02B	74,84	73,1	86,1	76,91	77,74	102,76
24	NPKMg,0.04B	82,25	72,51	81,57	64,56	75,22	99,43
25	NPKMg,0.06B	78,36	69,91	72,69	80,76	75,43	99,71

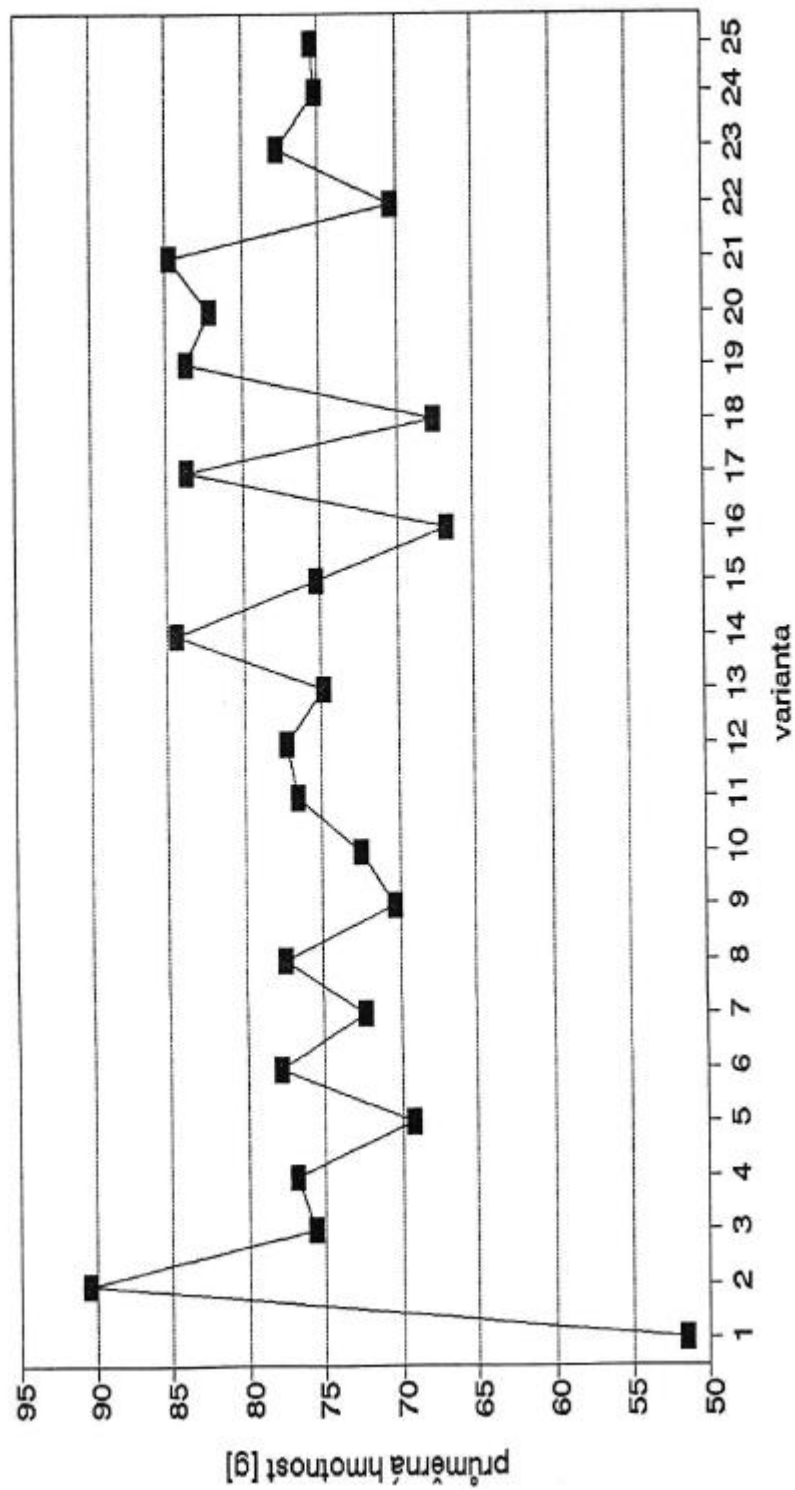
A,B,C,D...opakování

P...průměrná hmotnost sušiny v gramech na variantu

%...průměrná hmotnost sušiny na variantu, vyjádřená v % vzhledem ke kontrole

NPKMg...kontrola

Průměrná hmotnost sušiny nadzemní hmoty
slunečnic (bez semen) v g na variantu



Tabulka č. 6:
Hmotnost sušiny semen slunečnice

varianta	živiny					P	%
		A	B	C	D		
1	0	8.96	10.1	9.9	7.49	9.11	26.82
2	NPK	31.67	31.26	35.44	32.98	32.84	96.64
3	NPKMg	36.19	37.09	33.93	28.72	33.98	100.00
4	NP(2fo)KMg	33.32	34.64	34.97	31.05	33.50	98.57
5	NP(2fz)KMg	34.74	35.11	31.29	35.35	34.12	100.42
6	NPK(2fo)Mg	36.88	31.76	38.37	30.93	34.49	101.49
7	NPK(2fz)Mg	37.12	28.68	35.92	32.61	33.58	98.83
8	NPKMg(2fo)	37.58	36.18	39.05	36.5	37.33	109.85
9	NPKMg(2fz)	31.52	36.16	32.59	34.53	33.70	99.18
10	NPKMgborex	38.89	23.07	37.87	33.54	33.34	98.12
11	NPKMg,1fo	32.26	38.11	34.1	37.77	35.56	104.65
12	NPKMg,2fo	37.35	34.57	33.53	36.88	35.58	104.72
13	NPKMg,3fo	30.5	37.45	29.23	38.83	34.00	100.07
14	NPKMg,1fz	34.79	39.38	38.79	38.65	37.90	111.54
15	NPKMg,2fz	37.25	37.57	36.26	35.18	36.57	107.61
16	NPKMg,3fz	33.26	33.57	35.72	28.03	32.65	96.07
17	NPKMg,1fr	36.16	32.82	35.8	35.16	34.99	102.96
18	NPKMg,2fr	29.09	40.25	38.55	32.65	35.14	103.40
19	NPKMg,3fr	34.96	34.79	37.75	39.54	36.76	108.18
20	NPKMg,1fti	33.12	32.03	36.07	32.54	33.44	98.41
21	NPKMg,2fti	33.69	35.32	37.45	38.32	36.20	106.52
22	NPKMg,3fti	37.21	34.55	36.19	37.02	36.24	106.66
23	NPKMg,0.02B	35.34	33.32	33.36	33.6	33.91	99.78
24	NPKMg,0.04B	35.2	36.42	31.5	34.25	34.34	101.07
25	NPKMg,0.06B	37.39	34.23	28.77	31.33	32.93	96.91

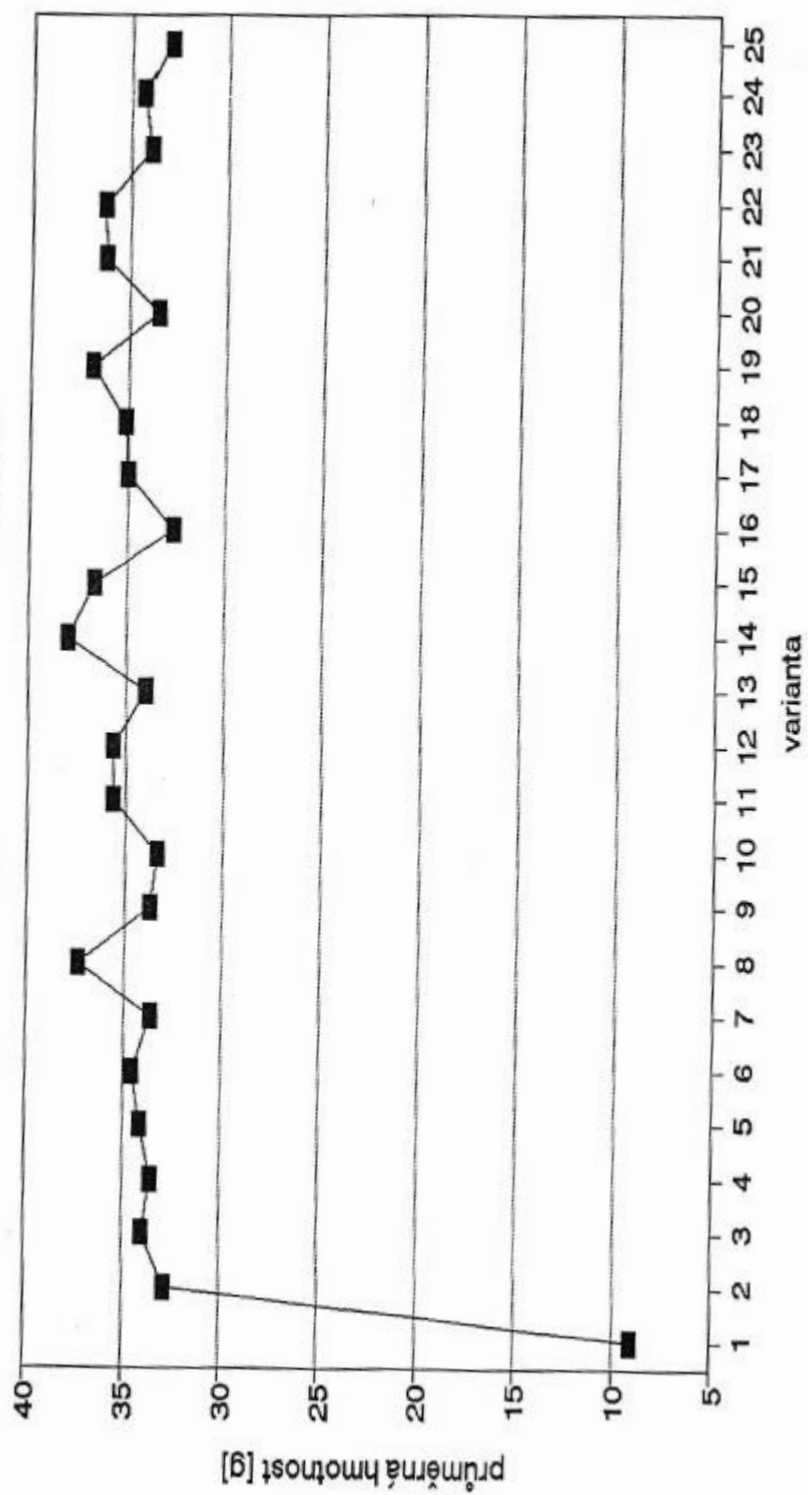
A,B,C,D...opakování

P...průměrná hmotnost sušiny v gramech na variantu

%...průměrná hmotnost sušiny na variantu, vyjádřená v % vzhledem ke kontrole

NPKMg...kontrola

Průměrná hmotnost sušiny
semen slunečnic v g na variantu



Tabulka č.7

Hmotnost sušiny řepy

varianta	živiny	hmotnost v g na nadobu				P	%
		A	B	C	D		
1	0	26,24	32,76	32,14	32,80	30,99	30,89
2	NPK	125,96	113,60	110,07	100,64	112,57	112,19
3	NPKMg	71,74	126,09	124,13	79,40	100,34	100,00
4	NP(2fo)KMg	131,16	116,17	130,22	143,70	130,31	129,87
5	NP(2fz)KMg	143,23	103,60	125,55	75,71	112,02	111,64
6	NPK(2fo)Mg	130,41	113,09	126,87	124,39	123,69	123,27
7	NPK(2fz)Mg	126,16	131,48	124,10	124,84	126,65	126,22
8	NPKMg(2fo)	133,42	118,34	108,63	110,36	117,69	117,29
9	NPKMg(2fz)	127,63	146,64	99,66	102,80	119,18	118,78
10	NPKMgborax	133,85	102,68	100,71	102,67	109,98	109,60
11	NPKMg,1fo	128,91	141,68	109,89	119,46	124,99	124,56
12	NPKMg,2fo	125,11	114,22	105,70	90,48	108,88	108,51
13	NPKMg,3fo	110,08	116,02	131,74	130,66	122,13	121,71
14	NPKMg,1fz	100,88	72,07	82,27	110,62	91,46	91,15
15	NPKMg,2fz	115,39	125,79	117,10	103,57	115,46	115,07
16	NPKMg,3fz	121,30	97,34	99,07	132,38	112,52	112,14
17	NPKMg,1ftr	99,52	96,93	109,03	105,38	102,72	102,37
18	NPKMg,2ftr	110,87	110,14	111,57	93,18	106,44	106,06
19	NPKMg,3ftr	132,03	103,25	87,63	112,31	108,81	108,44
20	NPKMg,1ftl	85,61	118,89	86,12	119,51	102,53	102,19
21	NPKMg,2ftl	118,20	110,83	125,42	119,21	118,42	118,01
22	NPKMg,3ftl	97,11	81,73	78,51	87,84	86,30	86,01
23	NPKMg,0.02B	99,40	81,34	84,80	101,24	91,70	91,38
24	NPKMg,0.04B	101,90	99,33	98,56	104,55	101,09	100,74
25	NPKMg,0.06	98,66	114,67	100,97	116,75	107,76	107,40

A,B,C,D...opakování

P...průměrná hmotnost sušiny v gramech na variantu

%...průměrná hmotnost sušiny na variantu, vyjádřená v % vzhledem ke kontrole

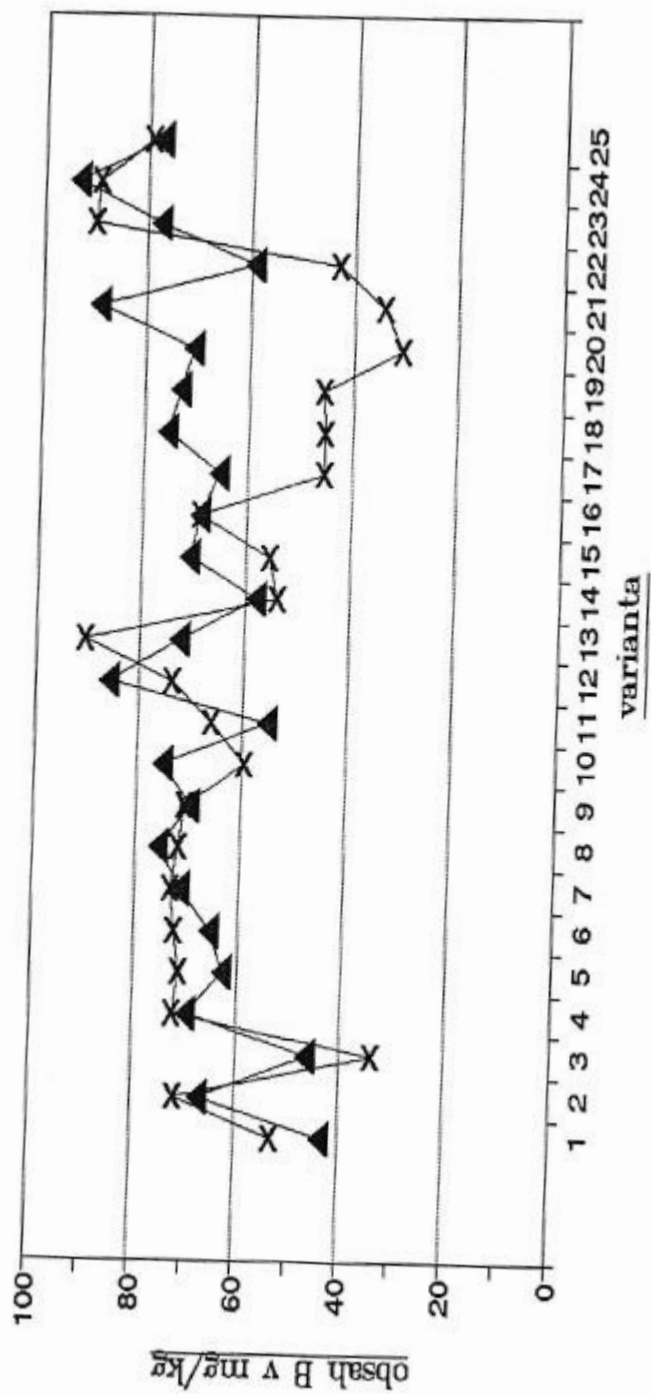
NPKMg..kontrola

Tabulka č. 8:

Obsah extrahovatelného boru v mg/l roztoku a jeho přepočet
v mg/kg sušiny rostlin slunečnic a řepy.

varianta	živiny	slunečnice		řepa	
		obsah B v mg/l výluhu rostliny	obsah B v mg/kg sušiny rostliny	obsah B v mg/l výluhu rostliny	obsah B v mg/kg sušiny rostliny
1	0	8.81	52.85	7.21	43.26
2	NPK	12	72	11.2	67.2
3	NPKMg	5.64	33.84	7.72	46.32
4	NP(2fo)KMg	12.10	72.60	11.60	69.60
5	NP(2fz)KMg	11.90	71.40	10.50	63.00
6	NPK(2fo)Mg	12.10	72.60	10.92	65.52
7	NPK(2fz)Mg	12.20	73.20	11.93	71.58
8	NPKMg(2fo)	12.00	72.00	12.60	75.60
9	NPKMg(2fz)	11.80	70.80	11.61	69.66
10	NPKMgborax	9.92	59.52	12.50	75.00
11	NPKMg,1fo	11.00	66.00	9.20	55.20
12	NPKMg,2fo	12.30	73.80	14.30	85.80
13	NPKMg,3fo	15.10	90.60	12.10	72.60
14	NPKMg,1fz	8.97	53.82	9.60	57.60
15	NPKMg,2fz	9.22	55.32	11.80	70.80
16	NPKMg,3fz	11.50	69.00	11.50	69.00
17	NPKMg,1fr	7.57	45.42	10.90	65.40
18	NPKMg,2fr	7.56	45.36	12.60	75.60
19	NPKMg,3fr	7.61	45.66	12.20	73.20
20	NPKMg,1fti	5.09	30.59	11.80	70.80
21	NPKMg,2fti	5.69	34.14	14.80	88.80
22	NPKMg,3fti	7.16	42.96	9.86	59.16
23	NPKMg,0.02B	15.00	90.00	12.90	77.40
24	NPKMg,0.04B	14.90	89.40	15.50	93.00
25	NPKMg,0.06B	13.20	79.20	12.92	77.52

Obsah boru v mg/kg sušiny rostlin
slunečnic a řepy (průměr na variantu)



x — slunečnice — ▲ — řepa

6. 3 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PRÁCE

Protože každá varianta byla opakována pouze 4x (u růstových charakteristik) a 3x u inkubačního pokusu, bylo použito metody pro málopočetné soubory Eckschlagera (1981, v Kolářovi 1976), která vychází z rozpětí R.

$$SR = knR$$

$$kn = 0,5908 \text{ pro } n = 3$$

(Pro $n = 3$ je relativní SR proti odhadu s rovna hodnotě 0,99 a proto plně vyhovuje).

Statistická významnost rozdílu dvou průměrů byla vypočítána pro $L = 0,05$ a $L = 0,01$ použitím Lordova testu.

$$\frac{XA - XB}{u} =$$

$$\frac{RA - RB}{u}$$

$$RA - RB$$

RA, RB jsou rozpětí dat obou souborů.

Kritická hodnota u pro $n = nA = nB = 3$ je pro $L = 0,05$ $uL = 0,636$

$L = 0,01$ $uL = 1,046$

Kritická hodnota u pro $n = nA = nB = 4$ je pro $L = 0,05$ $uL = 0,406$

$L = 0,01$ $uL = 0,618$

Je-li $u = u$; je rozdíl $XA - XB$ statisticky významný na hladině významnosti, je-li $u > u$ je nutno přijmout nulovou hypotézu, že rozdíl $XA - XB$ je způsoben náhodnými chybami výsledků.

Výsledky statistického vyhodnocení jsou shrnuty v následujících osmi tabulkách. Kritické hodnoty u, jsou uvedeny pro každou tabulku zvlášť.

INKUBAČNÍ TEST

Tab. č.:1

Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (humózní zemina - písčité zemina) při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Lorda (Eckschlager 1981, Kolář 1976).

vyjádřeno v hodnotách u

dávka frity (g)	14 dní inkubace			30 dní inkubace			
	0,01 M HCl	0,1 M HCl	VODA	0,01 M HCl	0,1 M HCl	VODA	
0	3,959	3,5	1,156	0,138	3,612	1,548	NŽ
	0,836	0,297	1,359	4,75	1,447	1,958	VŽ
1	1,727	0,233	0,892	0,928	0,051	2,254	NŽ
	0,831	1,39	0,597	0,98	0,783	0,53	VŽ
5	3,146	1,78	4,347	2,826	2,265	4,365	NŽ
	1,55	0,542	0,805	2,234	0,584	1,98	VŽ
10	2,964	0,02	2,935	1,936	0,844	2,414	NŽ
	0,37	0,412	1,541	1,126	0,137	1,804	VŽ

Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (délka inkubace 14 dní - délka inkubace 30 dní) při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Lorda (Eckschlager 1981, Kolář 1976).

vyjádřeno v hodnotách u

dávka frity (g)	Humózní půda			Písčité půda			
	0,01 M HCl	0,1 M HCl	VODA	0,01 M HCl	0,1 M HCl	VODA	
0	1,517	0,94	1,1	3,725	0,527	1,677	NŽ
	4,448	4,068	2,792	0,755	4,495	4,448	VŽ
1	0,143	1,192	0,835	0,612	0,01	0,048	NŽ
	1,542	0,625	0,159	1,559	0,43	0,433	VŽ
5	0,324	0,308	0,157	0,12	0,627	0,151	NŽ
	0,335	0,08	1,234	0,201	0,139	0,561	VŽ
10	0,379	0,094	1,274	0,554	0,692	0,673	NŽ
	0,349	0,03	0,573	0,565	0,364	0,321	VŽ

kritické hodnoty u : 0,636 pro $\alpha = 0,05$
1,046 pro $\alpha = 0,01$

RŮSTOVÉ A VÝNOSOVÉ CHARAKTERISTIKY

Tab. č. 2:
Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (pokus-kontrola) (u dlouhivého růstu slunečnic)
při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Lorda (Eckschlager 1981, Kolář 1976)

varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	0,713	0,191	0	0,217	0,063	0,015	0,611	0,265	0,037	0,256

varianta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u	0,054	0,194	0,336	0,43	0,519	0,296	0,277	0,056	0,161	0,057

varianta	21	22	23	24	25
u	0,294	0,348	0,338	0,176	0,029

kritické hodnoty 0,406 pro $\alpha = 0,05$
0,618 pro $\alpha = 0,01$

Tab. č. 3:
Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (pokus - kontrola) (u čerstvé hmotnosti slunečnic)
při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Eckschlager 1981, Kolář 1976)

varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	1,339	0,349	0	0,529	0,082	0,272	0,092	0,198	0,279	0,177

varianta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u	0,158	0,191	0,162	0,169	0,172	0,247	0,212	0,503	0,356	0,088

varianta	21	22	23	24	25
u	0,383	0,206	0,335	0,234	0,227

kritické hodnoty 0,406 pro $\alpha = 0,05$
0,618 pro $\alpha = 0,01$

Tab. č. 4:
Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (pokus - kontrola) (u čerstvé hmotnosti řepy)
při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Lorda (Eckschlager 1981, Kolář 1976)

varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	3,144	0,315	0	0,76	0,317	0,619	0,744	0,534	0,645	0,188

varianta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u	1,435	0,405	0,619	0,014	0,473	0,296	0,242	0,268	0,256	0,06

varianta	21	22	23	24	25
u	0,589	0,299	0,03	0,082	0,16

kritické hodnoty 0,406 pro $\alpha = 0,05$
0,618 pro $\alpha = 0,01$

Tab. č. 5:
 Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (pokus - kontrola) (u hmotnosti sušiny nadzemní části slunečnic bez semen) při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Lorda (Eckschlager 1981, Kolář 1976)

varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	0,952	0,471	0	0,37	0,192	0,074	0,107	0,054	0,173	0,109

varianta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u	0,031	0,048	0,054	0,273	0,01	0,298	0,23	0,257	0,221	0,215

varianta	21	22	23	24	25
u	0,259	0,182	0,059	0,012	0,006

kritické hodnoty 0,406 pro $\alpha = 0,05$
 0,618 pro $\alpha = 0,01$

Tab. č. 6:
 Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (pokus - kontrola) (u hmotnosti semen slunečnice) při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Lorda (Eckschlager 1981, Kolář 1976)

varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	2,62	0,085	0	0,03	0,01	0,033	0,029	0,223	0,018	0,041

varianta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u	0,119	0,114	0,001	0,286	0,174	0,086	0,077	0,088	0,187	0,038

varianta	21	22	23	24	25
u	0,143	0,16	0,004	0,026	0,071

kritické hodnoty 0,406 pro $\alpha = 0,05$
 0,618 pro $\alpha = 0,01$

Tab. č. 7:
 Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (pokus - kontrola) (u hmotnosti sušiny řepy) při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Lorda (Eckschlager 1981, Kolář 1976)

varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u	2,514	0,273	0	0,59	0,261	0,521	0,61	0,418	0,373	0,199

varianta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
u	0,497	0,204	0,425	0,243	0,33	0,301	0,052	0,195	0,213	0,053

varianta	21	22	23	24	25
u	0,359	0,341	0,224	0,018	0,155

kritické hodnoty 0,406 pro $\alpha = 0,05$
 0,618 pro $\alpha = 0,01$

Tab. č. 8:

Testování statistické významnosti rozdílů dvou průměrů (pokus - kontrola u obsahu extrahovatelného boru v mg/kg sušiny rostlin slunečnice a řepy) při pravděpodobnosti $\alpha = 0,95$ dle Lorda (Eckschlager 1981, Kolář 1976).

varianta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
u	1,565	3,004	0	3,035	2,548	2,601	3,065	3,004	2,942	1,964	slunečnice
u	0,244	1,842	0	1,673	1,09	1,226	1,785	2,001	1,676	1,689	řepa

varianta	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
u	3,222	2,856	4,146	2,275	1,853	3,42	1,327	1,322	1,481	0,36	slunečnice
u	0,876	2,299	2,009	1,081	1,608	1,638	1,553	2,183	2,253	1,493	řepa

varianta	21	22	23	24	25
u	0,031	0,913	4,123	4,509	3,087
u	2,246	0,936	1,955	3,351	1,939

kritické hodnoty 0,406 pro $\alpha = 0,05$
0,618 pro $\alpha = 0,01$

7. DISKUSE

Předložená práce je věnována problematice využití vybraných druhů frit (frity titaničité, transparentní, krycí a odpadní), vznikajících při výrově smaltového nádobí v závodě *BELIS a.s. České Budějovice*, pro výživu rostlin jako mikroelementového hnojiva pozvolna uvolňujícího bor.

Podnětem k řešení tohoto úkolu byla nevyřešená situace odpadového hospodářství závodu *BELIS a.s.*, kde odpadní frity vznikají. Recyklace frit v samotném závodě nebyla možná a jejich likvidace skládkováním byla spojena se vzrůstajícími obtížemi a náklady.

Původní myšlenka o jejich agronomické atraktivnosti byla založena na faktu, že odpadní smalty disponují značným obsahem mikroživiny boru (cca 5% boru), o němž je známo, že jeho příznivá a toxická hladina při výživě rostlin jsou si blízké (má poměrně úzkou hranici prospěšnosti a toxicity vůči rostlině), a že proto při nadměrné kumulaci, např. v místech deponií boritých materiálů, působí na přírodu značně škodlivě, zatímco při správném dávkování za rozumného hnojení by mohly přinést vysoce pozitivní efekty na množství a kvalitě úrod. Navíc se tyto frity vyznačují významnou příměsí pro rostliny užitečného titanu (cca 3.4 % Ti).

Další fakt podporující záměr pro využití frit jako hnojiva, byla celková potřeba B hnojiv u nás, kde ze speciálních šetření vykonaných v této oblasti vyplynulo, že se do zemědělského koloběhu živin nevrací prostřednictvím půdy 43% boru, a že je již před rokem 1978 bylo třeba hnojit borem na 56.3% orné půdy v ČR.

Zmíněné skutečnosti spolu s vyhovující pozvolnou dostupností boru z frit pro rostliny měly předurčovat odpadní smalty jako vhodné materiály pro formulaci speciálních hnojiv s borem a titanem.

Situace se však od té doby v mnohém změnila. Změnila se především ekonomická stránka hospodaření zemědělských podniků, jejich platební schopnost, která v současné době mnohdy neumožňuje ani vyhnojení základními živinami, dále cena boritých hnojiv na trhu, dnes již poměrně levně dovážených, cena semletí frit, a celá řada dalších faktorů včetně samotného náhledu na využití odpadních frit jako mikroelementového hnojiva, jak bude dále uvedeno.

Práce měla dvě metodické části – vegetační nádobové testy, která se později (i přes svoji časovou a pracovní náročnost) ukázala být pouze orientační a inkubační pokus, který musel být dodatečně zvolen a je stěžejní metodikou práce.

Ve vegetačních nádobových testech byly použity již zmíněné čtyři druhy frit (titaničitá, transparentní, krycí a odpadní a dva druhy testovacích rostlin, známých svoji afinitou k boru – řepy a slunečnice. Celkem 25 různých variant (každá ve čtyřech opakováních) mělo prověřit reakci testovaných rostlin na různé druhy a dávky frit. Byly sledovány růstové a výnosové charakteristiky rostlin – výnos čerstvé a suché hmoty, u slunečnic rychlost dlouhivého růstu a výnos sušiny semen. U obou druhů rostlin byla dále především sledována jejich celková schopnost využít Bor z frit a včlenit jej do svých tkání a to analýzou obsahu boru v mg/kg sušiny rostlin.

S postupem řešení zadaného tématu bylo stále více zřejmé, že řešit tento úkol je záležitost jak teoreticky, tak i metodicky komplikovanější.

Předně – jak jsem již popsal v předchozí kapitole „výsledky práce“ – podmínky, ve kterých byly realizovány nádobové testy, nemohly splnit správný postup, jakým měl být pokus veden.

Přesto bylo možno vysledovat některé závislosti. Výsledky vegetačních nádobových testů naznačují, že frity měly vliv na dlouhivý růst slunečnic, na průměrnou čerstvou hmotnost slunečnic v g na variantu a vesměs (kromě dvou variant) i na průměrnou čerstvou hmotnost řep v g na variantu.

Jinak tomu bylo již u průměrné hmotnosti sušiny řep a hmotnosti sušiny nadzemní hmoty slunečnic v g na variantu, kde devět variant zůstalo pod úrovní kontroly. Velké výkyvy a nestejnóměrnost tohoto ukazatele byly již vysvětleny. Ani průměrnou hmotnost sušiny semen slunečnic v g na variantu neovlivnily frity příliš výrazně.

Nejvýznamnějším srovnávacím kritériem účinku frit a boraxu je obsah boru v tkáních rostlin. Frity nezvýšily tak výrazně – ve srovnání s boraxem – obsah boru v sušině rostlin. V zásadě lze říci, že borax v tomto případě byl schopen „vykrýt“ chyby metodiky lépe než frity. Avšak jak borax, tak frity měly příznivý vliv na obsah boru v tkáních rostlin a to statisticky významný. Toto nelze však říci pro růstové a výnosové charakteristiky. Z tohoto zjištění vyplývá, že podíl boru nemohl být

rozhodujícím momentem ve vlivu na výnosové charakteristiky. Pozitivní působení frit na některé výnosové charakteristiky nebylo pravděpodobně zapříčiněno pouze tímto mikroelementem, ale i dalšími prvky, protože prvkové složení frit je velmi bohaté. V úvahu zde přichází např. na rostliny příznivě působící titan, ale jsou známy i podpůrné účinky některých těžkých kovů na metabolismus rostliny. Svoji úlohu zde jistě sehrály i synergické a naopak antagonistické vztahy mezi jednotlivými prvky, dále pak hranice jejich příznivého, neutrálního a toxického působení. Jako příklad může sloužit závislost dlouhivého růstu slunečnic na přísadách frit, čase a dávce frit. Rozdíly v působení jednotlivých frit se zvyrazňují až od 28. dne, tedy od čtvrtého termínu měření. V závislosti na třech odstupňovaných dávkách všech druhů frit je patrný zřetelný ústup vlivu frity transparentní se zvyšující se dávkou. Při nejnižší dávce dokonce „poklesl“ dlouhivý růst u této frity jako jediný pop úroveň kontroly. Můžeme se domnívat, že se zde některý z prvků obsažený ve fritě dostal na hranici toxicity nebo alespoň na hladinu koncentrace, která již působila na rostliny nepříznivě. Rovněž u frity základní (nejvyšší dávka) klesl její dominantní vliv na dlouhivý růst a ten naopak stoupal se zvyšující se dávkou u frity odpadní a titaničité. U dvou posledně zmíněných frit pravděpodobně nastala situace opačná, a tedy se zvyšující se dávkou se zvyšovala hladina některého pozitivně působícího elementu, v případě frity titaničité můžeme usuzovat na již zmiňovaný titan. Tyto úvahy jsou ovšem pouze hypotetické a musely by být předmětem dalších analýz, přesahujících rámec této práce.

V návaznosti na nádobové testy byla stěžejní částí práce – inkubačním testu sledována vyluhovatelnost boru z frit. Pro tento test byla vybrána fritka odpadní, která představuje směs všech frit, které se na závodě v dané chvíli vyrábějí. Nelze určit její přesné složení, protože to kolísá v závislosti na právě vyráběném sortimentu zboží. Zdálo by se, že je tedy volba odpadní frity neobjektivní, ale o tuto fritu šlo právě z důvodu, že k třídění odpadu v závodě není zatím technologicky možné. Navíc, zjištěné hodnoty a výsledky této práce ukázaly, že vzhledem k celku tyto jemné nuance ve složení frity nerozhodují a výsledek ani pohled na využitelnost frit pro výživu rostlin neovlivní.

Domnívám se, že výsledky získané v této části pokusu patří k nejvýznamnějším v mé práci a spolu s výsledky vyhodnocení obsahu těžkých kovů ve vodních výluzech frit (viz dále) zcela indikují reálnou situaci.

Jedním z nejdůležitějších je zjištění, že bor z frit se uvolňuje dobře jak v kyselém prostředí, tak i ve vodě. Navíc hlavní podíl boru se uvolnil již v průběhu prvních 14 dní. Původní předpoklad o pozvolném uvolňování boru ze skelné mřížky odpadní frity ze závodu Sfinx se tedy nepotvrdil.

Lze se domnívat, že podobná situace (co se týče vyluhovatelnosti) nastane i v případě těžkých kovů, jak o tom ostatně svědčí i analýzy výluhů frit. (Opisy protokolů uvádím v příložených tabulkách). Podíváme-li se na hodnoty získané při fyzikálně – chemické analýze odpadu (zpracované a.s. EKOS – chemickou laboratoří v Hradci Králové zadané závodem Sfinx), které pochází z výluhů frit destilovanou vodou a z rozkladu HNO_3 v autoklávu, zjistíme následující:

Naše zemědělské normy vyžadují buď totální rozklad, nebo výluh 2M HCl, takže výsledky jsou sice absolutně nesrovnatelné, přesto však využitelné. Na první pohled je zřejmé, vzorek č. 79 kalu má katastrofálně vysoký obsah niklu – i stará, dnes už neplatící norma ČSN 46 57 35 připouštěla komposty a jejich suroviny max 200 mg/kg Ni tot, zatímco analýza kalu uvádí množství asi 35x vyšší. Rovněž ostatní vzorky vyluhované jen destilovanou vodou (vz. č. 1057 a vz. č 79) mají nikl vysoký, v půdách se dle nové vyhlášky č. 13/1994 Sb. připouští max. 15 mg Ni/kg, ale ve výluhu 2 M HNO_3 . Také zinek je ve vodních výluzích vysoký – rostliny už při 2 mg Zn/l jsou ničeny. A zcela katastrofální jsou fluoridy (vzorek 1057, 1058), neboť koncentrace už 7x (resp.14x) nižší, než je ve výluzích frit vodou, působí škodlivě na obiloviny. I obsah solí by neměl překročit 1 500 mg/l, u vzorku 1058 je 2 210 mg/l. U vzorku 1057 je 2 209 mg/l. U vzorku 79 je obsah solí téměř na hranici přípustnosti. Ve vodním výluhu vzorku 1057 je také mnoho antimonu – ve výluzích půd 1 M HCl se připouští max. 4 – 5 mg Sb/kg půdy.

Z těchto skutečností je jasné, že hygienická služba by k hnojení tyto odpadní materiály zcela určitě nepřipustila.

Naskýtá se však druhá otázka, co s těmito odpady a jak je bezpečně skládkovat. Analýzy vodních výluhů ukazují, že průsaková voda ze skládky by byla vážným nebezpečím nejen pro podzemní vody, ale i pro vegetaci blízko skládky a pro intoxikaci okolních půd.

Těžce řešitelná by byla i volba i aplikační techniky pro využití frit ke hnojení, a to zvláště vzhledem k jejich velké jemnosti a prašnosti. Nepříjemnou vlastností je

jejich snadná průchodnost půdním profilem, což se ukázalo už při pěstování rostlin ve vegetačních nádobách, kde nastaly velké potíže s promýváním, které bylo zejména intenzivní v první polovině vegetace, kdy kořeny rostlin ještě nestačily plně zapojit objem celé nádoby.

Jemnost frit by nepochybně byla příčinou ucpávání trysek v případě aplikace postřikovačem v tekuté formě. Pokud bychom uvažovali míchání frit s různými druhy běžných průmyslových hnojiv, sesedá jemný podíl frit na dno nádrže a plná homogenizace je takřka nedosažitelná. Homogenizace je náročná a těžko dosažitelná i v rámci půdního profilu. Zapékání frit do ostatních průmyslových hnojiv by představovalo další zvýšení nákladů na aplikaci a muselo by být předmětem dalšího výzkumu, který by vzhledem k získaným výsledkům hovořícím proti využití odpadních frit ze závodu *BELIS a.s.* k výživářským účelům, byl zcela neopodstatněný.

Navíc, prašnost při práci s fritou je značná a jistě nezanedbatelná vzhledem k hygienické stránce celého aplikačního procesu. Právě vzhledem ke skelné povaze frit a jejich veliké jemnosti se lze obávat i jejich negativního působení na lidský organismus.

8. ZÁVĚR

Z předložených výsledků lze vyvodit závěr, že se nepodařilo potvrdit původní předpoklad efektivního zpracování nebezpečného odpadu z výroby smaltováním, na základě pozvolné uvolnitelnosti boru z odpadní frity. Rovněž nebyl nalezen výrazný příznivý vliv v nádobových pokusech.

Hodnoty zjištěné v této části práce nebyly až na některé výjimky statisticky průkazné vyjma výsledků týkajících se množství extrahovatelného boru v mg/kg sušiny rostlin, které vyšly statisticky průkazné.

Z výsledků rozborů fyzikálně-chemických analýz odpadních frit vyplývá, že tyto odpadní materiály jsou pro aplikaci do půdy zcela nevhodné. Rovněž analýzy vodních výluhů frit ukazují nebezpečnost průsakové vody v místě skládek nejen pro podzemní vody, ale i pro vegetaci v blízkosti skládky a pro intoxikaci okolních půd.

Bohužel, vzhledem k praktickému zaměření práce a daným výsledkům je nutné konstatovat, že sledovaná kritéria mají jistou důležitost pro řešení a bezpečného nakládání těchto odpadů.

9. SEZNAM LITERATURY

1. BLÁHA KAREL: Význam aplikace křemičitanů do tekutých statkových hnojiv. Zemědělská technika 1986, 34:3, 141-152 , 3.ref
2. DVOŘÁK LADISLAV: Fyziologie rostlin speciální. Skriptum. Přírodovědecká fakulta UK Praha, 1972
3. JAVORSKÝ P., KREČMER: Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. MZVŽ ČSR Praha, 2. díl, 1. část: 256 stran, 1987
4. JAVORSKÝ P., KREČMER: Chemické rozbory v zemědělských laboratořích. MZVŽ ČSR Praha, 2. díl, 2. část: 272 stran, 1987
5. GUPTA V. K., POTLIA B. S., Relative efficienci of zinc carriers on clusterbean and their residual effect on succeeding wheat crop. Agriculture Science Digest. India 8:1,31-33;9.ref 1988
6. KOLÁŘ LADISLAV: Fyziologické pokusy s fritami. Sborník vysoké školy zemědělské v Praze. Provozně ekonomická fakulta České Budějovice, 1976
7. KOLÁŘ LADISLAV: Vliv frit na rozklad celulózy, nitrifikaci a proteolýzu v půdě. Sborník vysoké školy zemědělské v Praze. Provozně ekonomická fakulta České Budějovice, 1976
8. KOLÁŘ LADISLAV: Vliv výluhů frit na enzymatické reakce. Sborník vysoké školy zemědělské v Praze. Provozně ekonomická fakulta České Budějovice, 1976
9. KONOVOVÁ M. M., Organičeskoje věščestvo počvy. Nakladatelství akademie věd Moskva, 1963
10. SOTÁKOVÁ S. Organická hmota a úrodnost' pody. Příroda, Bratislava, 1982

11. ŠVÁCHA J., Vitřifikace – způsob likvidace odpadů zatavením do skla. Sborník. Bijo s.r.o. Praha, 1993
12. MALAVOLTA E., PAULINO V. T., LOURENCO AJ.,MALAVOLTA M. L., ALCARDE J. C. Relative efficienci of zinc sources for maize(Zea mays L.). Anais de Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de Sao Paulo. Brazil 44:1. 57-76; 11.ref , 1987
13. SIDDIQUI M. S., SHAIKH S. U., HUSSAIN S. J., AKHTER-MAHMOOD BEG M.A.A., Effect of fertilizer frits on wheat. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research. Pakistan 30:10, 711-768; 11.ref. 1987
14. VANEKOVÁ ZDENA, Rastlinné živiny. Příroda. Bratislava. 1987
15. THOW R.F., BERNDT G.F., TAYLOR J.M.G., The absorbtion by barely plants of foliar. Applied manganese from several forms of manganese sprays. Research And Development in Agriculture. Edinburg. 6:1,15-18; 4.ref 1989
16. ZELENÝ FRANTIŠEK: Možnosti využití frit ke hnojení. Závěrečná zpráva VÚRV-ÚRV, Praha-Ruzyně, 1987
17. ZELENÝ FRANTIŠEK: Vliv zásoby Boru v půdě na účinnost hnojení boraxem a fritou ZF-12 k cukrovce. Závěrečná zpráva VÚRV-ÚRV Praha-Ruzyně 1986

