Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Padesát let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ

Šedesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice



Výživářské zkoušky ÚKZÚZ
1972 - 2022

Autorský kolektiv:

Ing. Jaroslav Hynšt, Ph.D., Ing. Silvie Jančíková,
Ing. Ivana Komprsová, Ing. Renáta Prchalová,
Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.

7. 9. 2022, Brno



Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Padesát let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ

Šedesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice

Autorský kolektiv:

Ing. Jaroslav Hynšt, Ph.D.
Ing. Silvie Jančíková
Ing. Ivana Komprsová
Ing. Renáta Prchalová
Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.

7. 9. 2022, Brno

Obsah strana

I 60 LET AGROCHEMICKÉHO ZKOUŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD 5

1 ÚVOD 5

1.1 Vývoj systému zkoušení půd 6

2 METODIKA 8

2.1 Technika odběru 9
2.2 Přehled analytických stanovení 10

3 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZ PŮD 11

3.1 Půdní druh 11
3.2 Obsah uhličitanů 11
3.3 Výměnná půdní reakce 12
3.4 Potřeba vápnění 12
3.5 Obsah přístupných živin 14
3.6 Přístupný fosfor na karbonátových půdách 15
3.7 Hmotnostní poměr kationtů 15
3.8 Sorpční komplex 16
3.9 Hodnocení plošné nevyrovnanosti pozemků 16
3.10 Obsah mikroelementů 17
3.11 Obsah přístupné síry 18
3.12 Obsah kadmia 18
3.13 Půdní organická hmota 19

4 VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ AZZP 20

4.1 Grafické zobrazení odběrové plochy, přehled odběrů a výsledky analýz 21
4.2 Hodnotící zpráva AZZP 22
4.3 Kartogramy kategorií zásobenosti 23
4.4 Plány racionálního hnojení na základě údajů z AZZP 24

5 HODNOCENÍ AGROCHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ PŮD 25

5.1 Vývoj základních půdních vlastností 25
5.2 Obsah mikroelementů 30
5.3 Obsah kadmia 34
5.4 Hodnocení půdní organické hmoty 34

6 ZÁVĚR 36

7 POUŽITÁ LITERATURA 37

8 PŘÍLOHA 38

II 50 LET STACIONÁRNÍHO VÝŽIVÁŘSKÉHO POKUSU 39

1 ÚVOD 39

2 HISTORIE ZALOŽENÍ POKUSŮ 40

3 CHARAKTERISTIKA POKUSNÝCH MÍST 42

4 KLIMATICKÉ PODMÍNKY 42

5 METODIKA 46

5.1 Cíle pokusu 46
5.2 Osevní sled 46
5.3 Varianty hnojení 46
5.4 Úroveň hnojení a použitá hnojiva 47
5.5 Přehled chemických analýz rostlin a půdy 48
5.6 Stanovení kvalitativních vlastností sklizených produktů 48
5.7 Způsob hodnocení výsledků 48

6 VLIV HNOJENÍ NA PRODUKCI 50

6.1 Vliv hnojení na produkci v řepařské oblasti 50
6.2 Vliv hnojení na produkci v bramborářské oblasti 54
6.3 Porovnání efektivity hnojení v ŘVO a BVO 57
6.4 Účinnost vápnění 59
6.5 Změny výše výnosů v průběhu pokusu 59
6.6 Bilance živin 62
6.7 Kvalitativní vlastnosti 68

7 VLIV HNOJENÍ NA PŮDNÍ VLASTNOSTI 71

7.1 Půdní reakce 71
7.2 Obsah přístupného fosforu a draslíku v půdě 71
7.3 Obsah přístupné síry a mikroelementů v půdě 74
7.4 Obsah organické hmoty 75
7.5 Stanovení účelné úrovně hnojení 76

8 BILANCE A VYPLAVOVÁNÍ ŽIVIN PŘI STUPŇOVÁNÍ ŽIVIN V LYZIMETRICKÉM SLEDOVÁNÍ 77

8.1 Metodika lyzimetrického sledování v návaznosti na dlouhodobý pokus 78
8.2 Vstupy živin atmosférickými srážkami 78
8.3 Ztráty živin vyplavováním 79
8.4 Bilance dusíku na lyzimetrických stanovištích 79

9 ZÁVĚR 81



V letošním roce si připomínáme 50 let od založení prvního dlouhodobého pokusu zaměřeného na vztah výživy rostlin a půdních vlastností v rámci Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského. V roce 1972 byl na naší zkušební stanici v Uherském Ostrohu založen tzv. stacionární pokus se stupňovanými dávkami živin, který je stejným způsobem veden doposud na deseti zkušebních stanicích. Další typy pokusů byly zakládány po roce 1990 a svým zaměřením reagovaly na tehdejší potřeby zemědělské praxe. V současné době vede ÚKZÚZ na orné půdě celkem šest pokusů na 11 zkušebních stanicích, jeden z nich je v režimu ekologického zemědělství. Zabývají se různými aspekty hnojení rostlin, jejich základním metodickým principem je trvalé umístění na stejném pozemku a shodné hnojení v rámci osevního sledu a jednotlivých pokusných variant.

Hlavní motivací pro zakládání a vedení těchto pokusů byla snaha odhalit dlouhodobé zákonitosti výživy rostlin, vliv různých způsobů hnojení na výnos a kvalitu pěstovaných plodin a v neposlední řadě dopad na půdu, její úrodnost a změny vlastností. Cílem je poskytnout doporučení pro zemědělskou praxi, jaké postupy jsou nejefektivnější z pohledu vynaložených nákladů, ale také pro dobrou péči o půdní úrodnost, a tedy udržitelnost hospodaření. Posuzují se i případné ztráty živin do prostředí, které je třeba minimalizovat. V rámci pokusů se odebírají a analyzují každoročně desítky vzorků hlavních a vedlejších sklizňových produktů a vzorků půd.

Z výsledků můžeme hodnotit nejen vliv různých dávek hnojiv, ale také dopad vápnění půdy či jeho absence, hnojení různými typy organických hnojiv a rovněž vliv a skladbu osevního postupu. Víme tedy, jak důležité je vyvážené hnojení hlavními živinami a dlouhodobé používání chlévského hnoje, že bez vápnění se na některých půdách jen stěží obejdeme a že zařazení jetelovin v osevním postupu zásadním způsobem zlepšuje jeho produktivitu.

Pro získání komplexních informací o půdní úrodnosti byl v roce 1961 zahájen tzv. Komplexní průzkum zemědělských půd. Tato celostátní akce zahrnovala Půdoznalecký průzkum, jehož cílem bylo genetické třídění půd, třídění podle zrnitostního složení, zjišťování obsahu skeletu, stupeň zamokření a dalších znaků. Druhou částí bylo zahájení soustavného Agrochemického zkoušení půd za účelem kontroly stavu přístupných živin, půdní reakce a potřeby vápnění, kterým byl pověřen ÚKZÚZ.

Náš Ústav tedy již 60 let garantuje a metodicky zaštiťuje tuto nezávislou kontrolu kvality půdních vlastností. Výsledky odběrů půdních vzorků a jejich analýzy slouží pro vypracování racionálních plánů hnojení zemědělských plodin, dále ke sledování vývoje půdních vlastností a prognózování potřeby hnojení základními živinami a vápnění. Hodnocené parametry jsou kategorizovány podle hodnotících kritérií a formou tabulkových sestav jsou zdarma dostupné v LPIS zemědělským subjektům a vlastníkům půdy. Současná podoba Agrochemického zkoušení zemědělských půd je ojedinělá, jak svojí dlouhodobostí, tak výčtem hodnocených parametrů. Moderní systém sledování půdní úrodnosti je významnou součástí systému potravinové bezpečnosti v ČR. Zkoušení půd v současném a dále rozvíjeném rozsahu odpovídá nejen na otázky týkající se optimální výživy rostlin, ale i na důležité otázky spojené s ochranou životního prostředí a omezováním klimatických změn.

Daniel Jurečka
ředitel ústavu

I 60 LET AGROCHEMICKÉHO ZKOUŠENÍ ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD

1 ÚVOD

Michaela Smatanová

Jednou ze základních podmínek stability rostlinné výroby je harmonická výživa rostlin, kterou lze zajistit jen soustavnou péčí o půdní úrodnost. Tu charakterizujeme jako schopnost půdy zajišťovat rostlinám nezbytné podmínky pro růst a vývoj, které se projeví dosažením žádoucího výnosu a kvality produkce. Na půdní úrodnosti se podílí minerální, chemické, fyzikální a biologické vlastnosti půdy. Z hlediska agrochemického je půdní úrodnost výrazně ovlivněna obsahem organických látek, půdní reakcí a obsahem živin.

Po celou dobu provádění Agrochemického zkoušení půd od roku 1961 se Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (dále jen ÚKZÚZ), Sekce zemědělských vstupů, dříve odbor Agrochemie, půdy a výživy rostlin, věnuje metodickému vývoji na úseku odběru půdních vzorků, chemických rozborů i způsobu hodnocení výsledků. V České republice je ročně prozkoušeno přibližně 450 - 500 tisíc ha půdy, z toho 380 tisíc ha orné půdy a analyzuje se přibližně 72 tisíc vzorků půdy v laboratořích ÚKZÚZ.

Výsledky zkoušení poskytují zemědělské praxi podklad pro zpracování racionálního systému hnojení. Ministerstvu zemědělství a dalším orgánům státní správy umožňuje agrochemické zkoušení půd sledovat vývoj půdní úrodnosti celostátně až na úroveň okresů. Umožňuje posoudit vliv intenzity hnojení na půdní vlastnosti, prognózovat potřebu hnojení a v obecném pojetí ovlivňovat agrární politiku v oblasti výživy rostlin a hnojení.

Na Slovensku je agrochemické zkoušení půd (ASP) plošná kontrola zemědělsky využívaného půdního fondu, organizovaná podobně jako v ČR, odběry vzorků si však majitel půdy zabezpečuje sám nebo prostřednictvím pověřené organizace. Výkon kontroly půdní úrodnosti je celoplošný, interval a délka cyklu ale nejsou v současnosti legislativně stanovené. Ročně se prozkouší více něž 250 tisíc ha převážně orné půdy, tj. přibližně 71 - 75 % z celkové výměry a ročně se analyzuje 25 - 30 tisíc vzorků půdy.

V Německu se kontrola provádí metodicky jednotně, analýzy zajišťují jednotlivé zemské zkušební ústavy (LUFA) a systémy organizace se liší podle spolkových zemí. V Polsku se prosazuje jednotná metoda zkoušení a analýzy provádějí laboratoře jednotlivých vojvodství. Existuje rovněž paralelní nabídka nadnárodních laboratorních center, která nabízí širokou škálu analýz a navazujících vyhodnocení a doporučení.

1.1 Vývoj systému zkoušení půd

Pro získání rozsáhlejších znalostí o půdě a popsání faktorů půdní úrodnosti byl v lednu 1961 usnesením vlády schválen tzv. Komplexní průzkum zemědělských půd (KPP). Tato celostátní akce byla následně legislativně upravena zákonem č. 61/1964 Sb., o rozvoji rostlinné výroby. KPP zahrnoval dvě souběžně probíhající činnosti:

Půdoznalecký průzkum, jako jednorázovou akci základního průzkumu půd plánovanou na deset let. Účelem bylo získat nejdůležitější poznatky o geneticko-agronomických vlastnostech zemědělských půd, umožňující souborné řešení zúrodňování půd. Podle metodiky základního půdoznaleckého průzkumu bylo prováděno genetické třídění půd, třídění podle zrnitostního složení půd a byl zjišťován obsah skeletu a stupeň zamokření.

Soustavné agrochemické zkoušení půd, prováděné v pětiletých cyklech za účelem agrochemické kontroly stavu přístupných živin, půdní reakce a potřeby vápnění a stanovení přístupného fosforu a draslíku. Tyto údaje se staly podkladem pro vypracování plánů hnojení zemědělských plodin, pro sledování vývoje půdních vlastností a prognózování potřeby hnojení.

Prováděním základního Půdoznaleckého průzkumu byla pověřena Česká akademie zemědělská ve spolupráci s Ústavem půdoznalství VÚRV v Praze Ruzyni. Agrochemické zkoušení půd garantoval od počátku ÚKZÚZ prostřednictvím svých regionálních poboček.

Do roku 1980 se odběry Agrochemického zkoušení zemědělských půd v České Republice (dále jen AZZP) opakovaly v pětiletých odběrových cyklech. Zvyšující se intenzita hnojení vyvolávající rychlejší změny půdních vlastností si vyžádala zkrácení intervalu zkoušení na tři roky. Poslední tříletý interval byl ukončen v roce 1992 a dále byla stanovena délka odběrového cyklu na šest let, což odpovídá délce zavedené v některých sousedních státech.

Do roku 1983 byly stanovovány pouze základní půdní vlastnosti - půdní reakce, obsah uhličitanů, potřeba vápnění a obsah přístupného P, K a Mg. V období 1986 - 1991 byla škála stanovení základních vlastností rozšířena o mikroelementy - Cu, Zn, Mn, B a Mo. Existující rizika kontaminace půd nežádoucími látkami vyvolala potřebu jednorázového průzkumu rizikových prvků. V půdních vzorcích odebraných v období 1990 - 1992 bylo stanovováno celoplošně Cd, Cr, Pb a Hg, lokálně i další prvky např. Zn, Cu, Ni. Tento orientační průzkum byl podkladem pro založení **Registru kontaminovaných ploch**, který ÚKZÚZ trvale zabezpečuje.

Do roku 1989 byla pro stanovení obsahu přístupného fosforu v půdě používána metoda podle Egnera, pro stanovení draslíku a hořčíku metody podle Schachtschabela. Od roku 1990 byl zaveden pro přístupný P, K, Mg a Ca společný výluh - metoda Mehlich 2 a od roku 1999 Mehlich 3.

Základní půdní vlastnosti byly hodnoceny samostatně od 70. let pro ornou půdu, trvalé travní porosty, vinice, intenzivní sady a chmelnice. Původní kritéria pro hodnocení půdní reakce byla čtyřstupňová - reakce kyselá, slabě kyselá, neutrální a alkalická. Od roku 1981 byla tato kritéria rozšířena o kategorie - extrémně kyselá, silně kyselá a silně alkalická. Pro hodnocení obsahu přístupných živin byla do roku 1975 používána kritéria s kategoriemi - malý, střední a dobrý obsah. Pak následovalo rozšíření o kategorie velmi malý a vysoký obsah. Od roku 1993 došlo k dalšímu rozšíření a změně terminologie na obsah velmi nízký, nízký, vyhovující, dobrý, vysoký a velmi vysoký. Při poslední změně v roce 1999 byla vypuštěna kategorie velmi nízký obsah, současná kritéria obsahují pět kategorií hodnocení. Vývoj systému zkoušení půd uvádí tab. 1.

Tab. 1: Vývoj systému Agrochemického zkoušení půd v období 1961 - 2022

Období	Délka cyklu	Zkoušené kultury	Analyzované parametry	hodnocení zásoby (obsahu)
1961 - 1965	5	zemědělská půda	pH, potřeba vápnění, P K	M, S, D
1966 - 1970	5	OP, TTP	pH, potřeba vápnění, P K Mg	M, S, D
1971 - 1975	5	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg	M, S, D
1976 - 1980	5	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg	VM, M, S, D, V
1981 - 1983	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg	VM, M, S, D, V
1984 - 1986	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg 1986-1991 pozemky >10 ha obsah SP - Cu Zn Mn B Mo	VM, M, S, D, V
1987 - 1989	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg 50% 1986-1991 pozemky >10 ha obsah SP - Cu Zn Mn B Mo	VM, M, S, D, V
1990 - 1992	3	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg Ca RP - Cd Pb Cr Hg Cu Zn Ni Be Co V	VM, M, S, D, V
1993 - 1998	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg Ca + KVK, RP - zahušťování u kontaminovaných pozemků	VN, N, VH, D, V, VV
1999 - 2010	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg Ca + KVK, RP - zahušťování na kontaminovaných pozemcích a sledování u ekologicky hospodařících zemědělců	N, VH, D, V, VV
2011 - 2016	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH, potřeba vápnění, P K Mg Ca + KVK RP – zahušťování u kontaminovaných pozemků výběr vzorků stanovení B Cu Zn Mn Fe Al (Mehlich 3) SOM (C_{OX}, glomalin, N_{TOT}, C_{TOT})	VN, N, VH, D, V, VV
2017 - 2022	6	OP, TTP, vinice, sady, chmelnice	pH P K Mg Ca B Cu Zn Mn Fe Al (Mehlich 3); potřeba vápnění, KVK, K:Mg; SOM: C_{ox}, N_{TOT}, C_{TOT}, Q4/6	VN, N, VH, D, V, VV

Legenda: OP – orná půda, TTP – trvalé travní porosty, M – malý, S – střední, D – dobrý, V – vysoký,
VM – velmi malý, VN – velmi nízký, N – nízký, VH – vyhovující, VV – velmi vysoký, RP – rizikové prvky
SP – speciální pozemky

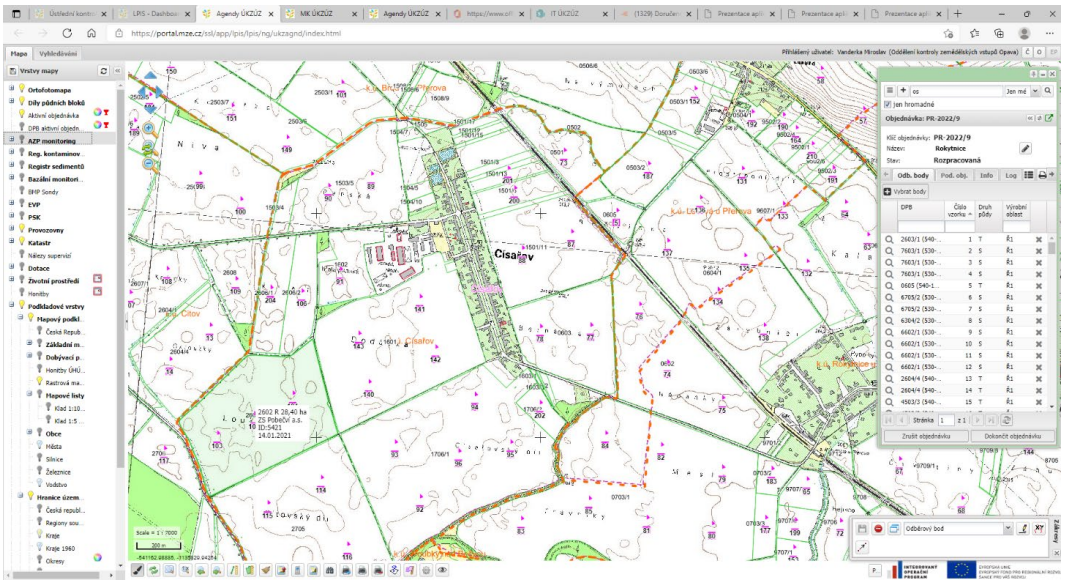
2 METODIKA

Od roku 1999 je agrochemické zkoušení zemědělských půd prováděno podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Podrobnosti, včetně chemických rozborů a kritérií hodnocení výsledků jsou uvedeny ve vyhlášce č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský metodicky a organizačně zabezpečuje odběr půdních vzorků, provádí analýzy, zpracovává výsledky a předává je prostřednictvím zemědělského geografického informačního systému LPIS (Land Parcel Identification System) zemědělským subjektům a současně k využití MZe ČR a dalším orgánům státní správy. ÚKZÚZ může k provádění odběru vzorku půd udělit oprávnění osobám, které o to požádají. Oprávněné osoby provádějící odběry půdních vzorků obdrží od ústavu každoročně aktuální dokumentační materiál v podobě mapových podkladů a přehledu odebíraných vzorků k evidenci odběrových míst. Oprávněné osoby jsou smluvně vázané subjekty, které zodpovídají za kvalitu a dodržování pracovních postupů a úpravu vzorků. Úprava spočívá ve volném vysušení, prosetí sítem s průměrem ok 2 mm, nasypání do vzorkovacích krabiček a jejich označení.

Výsledky zkoušení jsou pro zemědělce podkladem pro zpracování racionálního systému hnojení a vlastní porovnání změn a vývoje zásoby živin. Ministerstvu zemědělství a dalším orgánům státní správy umožňuje AZZP hodnotit vývoj půdní úrodnosti podle územně správních celků. Sumární statistické hodnocení umožňuje posoudit vliv intenzity hnojení na půdní vlastnosti a jejich změny v čase. V obecném pojetí je AZZP efektivní nástroj pro usměrňování agrární politiky v oblasti výživy rostlin a hnojení.

Obr. 1: Ukázka odběrové mapy



AZZP se provádí u všech druhů pozemků náležejících do zemědělského půdního fondu, samostatně na pozemcích každého zemědělského subjektu. U trvalých travních porostů se provádí jen na intenzivně využívaných pozemcích. Probíhá podle šestiletého plánu, který se každý rok před započetím jarních odběrů upřesňuje. V sedmi regionech ÚKZÚZ se plán připravuje za katastrální území, vychází se z výměry pozemku (bloku, dílu) orné půdy, trvalých travních

porostů, vinic, chmelnic a ovocných sadů. Výměrou pozemku se rozumí výměra uvedená v Registru evidence půdy MZe.

Půdní vzorky se odebírají v jarním nebo podzimním období. Jarní odběr začíná v únoru a končí (podle stavu vegetace) nejpozději do konce května. Podzimní odběr začíná v červenci a končí v listopadu. Průměrný vzorek se odebírá vždy z plochy jednotně obhospodařované. Menší lokality na pozemku s výrazně odlišnými půdními vlastnostmi se z odběru vylučují.

2.1 Technika odběru

Vzorky se odebírají nášlapnou sondovací tyčí na hloubku orničního profilu (max. do 30 cm) přičemž jeden průměrný vzorek se skládá minimálně z 30 vpichů. Při odběru je nutno vyloučit přimíchání zeminy z podorničí.

Průměrná plocha na jeden vzorek a hloubka vpichu

- **orná půda**: průměrná plocha na 1 půdní vzorek činí v bramborářské a horské oblasti 7 ha, v řepařské a kukuřičné oblasti 10 ha. Hloubka vpichu odpovídá mocnosti orničního profilu (max. 30 cm),
- **trvalé travní porosty**: průměrná plocha na 1 půdní vzorek je shodná s ornou půdou. Vzorky se odebírají do hloubky 15 cm s tím, že se drnová vrstva odstraňuje,
- **chmelnice**: jeden průměrný vzorek se odebírá z plochy 3 ha. U samostatných, na sebe nenavazujících chmelnic se odebírá jeden vzorek z každé chmelnice bez ohledu na její výměru. Hloubka odběru činí 40 cm, přičemž se odstraňuje vrchní 10 cm vrstva zeminy. Vzorky se odebírají v řadách rostlin, a to uprostřed mezi jednotlivými rostlinami,
- **vinice**: průměrný vzorek se odebírá z plochy 2 ha, je třeba přihlížet k půdní vyrovnanosti a terénní členitosti. Vzorek má být odebrán z plochy vysázené jednou odrůdou. U samostatných vinohradů, menších než jeden hektar, se odebírá průměrný vzorek bez ohledu na výměru. Vzorky se odebírají odděleně z profilu 0 - 30 a 30 - 60 cm v řadách uprostřed mezi keři.
- **ovocné sady**: průměrná velikost plochy pro odběr jednoho půdního vzorku činí 3 ha, přičemž je nutno brát v úvahu vyrovnanost půdy a terénní členitost. Dílčí vzorky se odebírají v řadách stromů (keřů) uprostřed vzdálenosti mezi nimi. Hloubka odběru činí 30 cm.

Metody odběru vzorů

- **konvenční**: plocha odběru vzorku se prochází po úhlopříčce, jednotlivé vpichy se umisťují v pravidelných vzdálenostech,
- **mobilní - odběr s pomocí GPS**: při mobilním odběru najede motorové vozidlo do středu vzorkované plochy lokalizované souřadnicovým systémem. Pracovníci provádějící odběr půdních vzorků obcházejí motorové vozidlo a umisťují jednotlivé vpichy tak, aby reprezentovaly vymezenou plochu kruhu. Velikost poloměru kruhu je úměrná velikosti vzorkované plochy a činí pro 3 ha 70 m, pro 5 ha 80 m, pro 7 ha 100 m, pro 10 ha 120 m.

Odběrové plochy jsou lokalizovány zeměpisnými souřadnicemi v systému S-JTSK. Geografické zaměření odběrových ploch umožňuje provádět odběry půdních vzorků opakovaně na stejných místech, porovnávat získané výsledky se srovnatelnými výsledky z minulých odběrových cyklů a hodnotit vývojové tendence sledovaných půdních parametrů. Pro přesné určení polohy odběrových ploch i pro orientaci v nepřehledném terénu jsou při odběru půdních vzorků využívány přístroje GPS nebo aplikace v mobilním telefonu určující přesnou polohu.

Obr. 2: Sondovací tyč pro odběr



Obr. 3: Vyjmutí půdního vzorku



2.2 Přehled analytických stanovení

Analýzy půdních vzorků v systému AZZP provádí výhradně Národní referenční laboratoř ÚKZÚZ pracoviště Plzeň, Brno a Opava, která mají osvědčení o akreditaci podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.

Standardní stanovení v upravené zemině (usušená, prosetá jemnozem)

- *orientační stanovení druhu půdy hmatovou zkouškou:* roztíráním a mnutím malého množství zeminy mezi prsty za vlhka podle drsnosti, mazlavosti a plasticity se určuje půdní druh.

- *pH (v 0,01 M roztoku $CaCl_2$):* mezi vyluhovacím roztokem a půdou se ustavuje rovnováha mezi ionty vodíku v roztoku a ionty vodíku vázanými v sorpčním komplexu půdy. Aktivita iontů vodíku se měří v půdní suspenzi skleněnou iontově selektivní elektrodou.

- *obsah uhličitanů $CaCO_3$, $MgCO_3$ (%):* stanovení se provádí u půd s pH vyšším než 6,8. Uhličitany se rozkládají kyselinou chlorovodíkovou. Objem uvolněného oxidu uhličitého je úměrný obsahu uhličitanů ve vzorku.

- *obsah přístupných živin P, K, Ca, Mg a mikroelementů B, Cu, Zn, Mn, Fe, Al, S, Cd* (mg/kg) metodou Mehlich 3: půda se extrahuje kyselým roztokem obsahujícím fluorid amonný pro zvýšení rozpustnosti různých forem fosforu vázaných na železo a hliník. V roztoku

je přítomen i dusičnan amonný ovlivňující desorpci draslíku, hořčíku a vápníku. Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je nastavena kyselinou octovou a kyselinou dusičnou. pH výsledného vyluhovadla je 2,5 ± 0. Stanovení jednotlivých prvků v extraktu probíhá na emisním spektrometru s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES).

- *obsah oxidovatelného uhlíku, celkového uhlíku a dusíku (%):* ve vybraných vzorcích, metodou reflektanční spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIRS). Stanovení probíhá přímo ve standardně upravených vzorcích, bez potřeby dalších úprav či extrakce podle EN ISO 17 184.

Aplikace LPIS automaticky počítá a vyhodnocuje
- kationtovou výměnnou kapacitu součtovou metodou (mmol/kg)
- hmotnostní poměr draslíku a hořčíku
- potřebu vápnění
- nevyrovnanost pozemku výpočtem variačního koeficientu

3 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZ PŮD

Základní půdní vlastnosti jsou hodnoceny samostatně pro zemědělské kultury: orná půda, trvalé travní porosty, vinice, sady a chmelnice.

3.1 Půdní druh

Pro stanovení potřeby vápnění a kategorizaci obsahu živin je nezbytná znalost půdního druhu určená zastoupením zrnitostní frakce menší než 0,01 mm. K hodnocení slouží Novákova klasifikační stupnice (tab. 2).

Tab. 2: Hodnocení půdního druhu

podíl zrnitostní frakce < 0,01 mm (%)	označení půdního druhu	
do 10	písčitá	lehká - L
10 - 20	hlinitopísčitá	
20 - 30	písčitohlinitá	střední - S
30 - 45	hlinitá	
45 - 60	jílovitohlinitá	těžká - T
60 - 75	jílovitá	
nad 75	jíl	

Půdní druh se stanovuje při bonitaci půd a je kategorizován v rámci hlavní půdní jednotky v kódu BPEJ. V případě potřeby se pro orientační posouzení provádí stanovení hmatovou zkouškou. Pro potřeby AZZP se kategorizuje půdní druh do tří skupin - lehká, střední a těžká půda.

3.2 Obsah uhličitanů

Význam uhličitanů (karbonátů) úzce souvisí s jejich schopností neutralizovat kyselé látky, které se v půdě vyskytují nebo jsou do ní vnášeny. Stanovují se buď semikvantitativně, nebo při potřebě přesného vyjádření se provádí kvantitativní stanovení gravimetrickou metodou. Z hlediska pedologického se podle obsahu uhličitanů dělí půdy do pěti skupin (tab. 3). Pro hodnocení obsahu uhličitanů v půdách je z agronomického hlediska používána pětistupňová klasifikace (tab. 4).

Tab. 3: Rozdělení půd podle obsahu uhličitanů

% uhličitanů	půdy
do 0,3	nevápnité
0,3 - 3,0	slabě vápnité
3,1 - 25,0	vápnité
25,1 - 60,0	slíny
nad 60,0	vápenaté zeminy

Tab. 4: Hodnocení obsahu uhličitanů v půdách

% uhličitanů	obsah uhličitanů
0	žádný
0,1 - 0,5	nízký
0,6 - 3,0	střední
3,1 - 5,0	vysoký
nad 5,0	velmi vysoký

3.3 Výměnná půdní reakce

Půdní reakce je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících půdní úrodnost. Reakce půdy má vliv především na poutání a rozpustnost živin, na strukturní stav a tím i na koloběh vody a vzduchu, na mikrobiální aktivitu půdy, tvorbu humusu a pohyblivost těžkých kovů v půdě. Pro hodnocení výměnné půdní reakce se používá sedm kategorií (tab. 5). Hodnotící kategorie určuje vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, ve znění pozdějších předpisů.

Tab. 5: Kritéria pro hodnocení půdní reakce

hodnota pH	půdní reakce	zkratka
do 4,5	extrémně kyselá	EK
4,6 - 5,0	silně kyselá	SilK
5,1 - 5,5	kyselá	K
5,6 - 6,5	slabě kyselá	SlaK
6,6 - 7,2	neutrální	N
7,3 - 7,7	alkalická	A
nad 7,7	silně alkalická	SilA

3.4 Potřeba vápnění

Hodnota pH je zásadní informací pro stanovení potřeby vápnění. Změny půdní reakce, tj. okyselování, jsou způsobeny především vyplavením zásaditých složek vápníku a hořčíku v oblastech s vyššími srážkami, jejich odčerpáním rostlinami, používáním fyziologicky kyselých hnojiv a kyselými spady z ovzduší. Úprava půdní reakce na optimální hodnotu se provádí vápněním. Pro stanovení dávky vápnění se vychází z hodnoty výměnné půdní reakce (pH/$CaCl_2$), zrnitostního složení půdy (lehká, střední, těžká) a mocnosti ornice. Vápnění se rozlišuje meliorační a udržovací. *Melioračním vápněním* se rozumí jednorázové použití vyšší dávky vápenatých hnojiv, které může rychle zvýšit pH půdy na optimální stav. *Udržovací vápnění* zajišťuje udržení požadovaného stavu reakce půdy doplněním ročních ztrát alkalicky účinného CaO a MgO. Roční normativy vápenatých hnojiv pro hodnocené kultury jsou uvedeny v tabulce 6.

Tab. 6: Roční normativy dávek vápenatých hnojiv

Orná půda

Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO (Ca)/ha	pH	t CaO (Ca)/ha	pH	t CaO (Ca)/ha
do 4,5	1,20 (0,86)	do 4,5	1,50 (1,07)	do 4,5	1,70 (1,22)
4,6 - 5,0	0,80 (0,57)	4,6 - 5,0	1,00 (0,71)	4,6 - 5,0	1,25 (0,89)
5,1 - 5,5	0,60 (0,43)	5,1 - 5,5	0,70 (0,50)	5,1 - 5,5	0,85 (0,61)
5,6 - 5,7	0,30 (0,21)	5,6 - 6,0	0,40 (0,20)	5,6 - 6,0	0,50 (0,36)
		6,1 - 6,5	0,20 (0,14)	6,1 - 6,5	0,25 (0,18)
				6,6 - 6,7	0,20 (0,14)

Trvalé travní porosty

Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO (Ca)/ha	pH	t CaO (Ca)/ha	pH	t CaO (Ca)/ha
do 4,5	0,50 (0,36)	do 4,5	0,70 (0,50)	do 4,5	0,90 (0,64)
4,6 - 5,0	0,30 (0,21)	4,6 - 5,0	0,50 (0,36)	4,6 - 5,0	0,70 (0,50)
do 4,5	0,50 (0,36)	do 4,5	0,70 (0,50)	do 4,5	0,90 (0,64)
4,6 - 5,0	0,30 (0,21)	4,6 - 5,0	0,50 (0,36)	4,6 - 5,0	0,70 (0,50)

Vinice

Lehká půda		Střední půda		Těžká půda	
pH	t CaO (Ca)/ha	pH	t CaO (Ca)/ha	pH	t CaO (Ca)/ha
do 4,5	0,60 (0,43)	do 4,5	1,00 (0,71)	do 4,5	1,30 (0,93)
4,6 - 5,0	0,45 (0,32)	4,6 - 5,0	0,70 (0,50)	4,6 - 5,0	0.90 (0,64)
5,1 - 5,5	0,30 (0,21)	5,1 - 5,5	0,50 (0,36)	5,1 - 5,5	0,60 (0,43)
5,6 - 6,0	0,20 (0,14)	5,6 - 6,5	0,30 (0,21)	5,6 - 6,5	0,40 (0,29)
				6,6 - 6,9	0.20 (0,14)

Chmelnice

pH	Lehká půda	Střední půda	Těžká půda
	tuny CaO (Ca)/ha		
do 4,5	0,60 (0,43)	1,00 (0,71)	1,30 (0,93)
4,6 - 5,0	0,45 (0,32)	0,70 (0,50)	0.90 (0,64)
5,1 - 5,5	0,30 (0,21)	0,50 (0,36)	0,60 (0,43)
5,6 - 6,5	0,20 (0,14)	0,30 (0,21)	0,40 (0,29)
6,6 - 6,9	0,20 (0,14)	0,20 (0,14)	0.20 (0,14)

Příklad výpočtu dávky vápenatých hnojiv:

V předchozích tabulkách se vybere podle kultury, druhu půdy a reakce půdy (zjištěné analýzou) dávka vápenatého hnojiva. Potřeba vápnění se udává v tunách CaO/ha, při přepočtu na mletý vápenec je třeba toto množství násobit x 2 a u páleného vápna přibližně x 1,2 (mletý vápenec obsahuje přibližně 50 % CaO a pálené vápno asi 80 % CaO). Vzhledem k nedokonalému promísení v půdě se nedoporučuje jednorázově překročit dávky CaO uvedené v tab. 7.

Tab. 7: Maximální jednorázová dávka CaO

Půdní druh	maximální dávka CaO (t/ha)
písčitá (lehká)	1,0
hlinitopísčitá (lehká)	1,5
písčitohlinitá (střední)	2,0
hlinitá (střední)	3,0
jílovitohlinitá, jílovitá (těžká)	5,0

Překročí-li potřeba vápnění uvedené dávky, je třeba vápnit opakovaně v krátkých intervalech, nejlépe v průběhu 2 let.

3.5 Obsah přístupných živin

Zdrojem živin v půdě jsou matečné horniny, hnojiva, atmosféra, zbytky rostlin apod. Z celkového obsahu živin v půdě je ovšem pro rostliny aktuálně využitelný pouze velmi malý podíl, přibližně 5 %. Platí tedy, že fosforem, draslíkem, hořčíkem a vápníkem hnojíme půdu, ne rostliny. Rozborem jsou zjišťovány živiny v čisté tj. prvkové formě. Kritéria podle vyhlášky č. 275/1998 Sb. pro hodnocení obsahu přístupných živin stanovených metodou Mehlich 3 zahrnují pět kategorií (tab. 8).

Tab. 8: Kritéria hodnocení obsahu fosforu, draslíku a hořčíku

Orná půda

Kategorie obsahu	FOSFOR (mg/kg)	DRASLÍK (mg/kg)			HOŘČÍK (mg/kg)		
	všechny půdní druhy	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
nízký	do 55	do 100	do 105	do 170	do 80	do 105	do 120
vyhovující	56 - 85	101 - 160	106 - 170	171 - 260	81 - 135	106 - 160	121 - 220
dobrý	86 - 125	161 - 275	17 1- 310	261 - 350	136 - 200	161 - 265	221 - 330
vysoký	126 - 200	276 - 380	311 - 420	351 - 510	201 - 285	266 - 330	331 - 460
velmi vysoký	nad 200	nad 380	nad 420	nad 510	nad 285	nad 330	nad 460

Trvalé travní porosty

Kategorie obsahu	FOSFOR (mg/kg)	DRASLÍK (mg/kg)			HOŘČÍK (mg/kg)		
	všechny půdní druhy	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
nízký	do 25	do 70	do 80	do 110	do 60	do 85	do 120
vyhovující	26 - 55	71 - 150	81 - 160	111 - 210	61 - 90	86 - 130	121 - 170
dobrý	56 - 100	151 - 240	161 - 250	211 - 300	91 - 145	131 - 170	171 - 230
vysoký	101 - 165	241 - 350	251 - 400	301 - 470	146 - 220	171 - 245	231 - 310
velmi vysoký	nad 165	nad 350	nad 400	nad 470	nad 220	nad 245	nad 310

Sady, vinice

Kategorie obsahu	FOSFOR (mg/kg)	DRASLÍK (mg/kg)			HOŘČÍK (mg/kg)		
	všechny půdní druhy	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
nízký	do 60	do 100	do 125	do 180	do 80	do 105	do 170
vyhovující	61 - 110	101 - 220	126 - 250	181 - 310	81 - 180	106 - 225	171 - 300
dobrý	111 - 185	221 - 340	251 - 400	311 - 490	181 - 320	226 - 365	301 - 435
vysoký	186 - 265	341 - 500	401 - 560	491 - 680	321 - 425	366 - 480	436 - 580
velmi vysoký	nad 265	nad 500	nad 560	nad 680	nad 425	nad 480	nad 580

Chmelnice

Kategorie obsahu	FOSFOR (mg/kg)	DRASLÍK (mg/kg)			HOŘČÍK (mg/kg)		
	všechny půdní druhy	lehká	střední	těžká	lehká	střední	těžká
nízký	do 170	do 170	do 220	do 290	do 135	do 160	do 210
vyhovující	171 - 240	171 - 275	221 - 370	291 - 400	136 - 210	161 - 250	211 - 300
dobrý	241 - 315	276 - 400	371 - 515	401 - 570	211 - 300	251 - 350	301 - 395
vysoký	316 - 425	401 - 560	516 - 650	571 - 680	301 - 400	351 - 460	396 - 530
velmi vysoký	nad 425	nad 560	nad 650	nad 680	nad 400	nad 460	nad 530

Korekce nedostatečného obsahu živin nebo naopak vynechání hnojení se provádí na základě zjištěných výsledků analýz půdy a kategorizace obsahu podle tabulky 9.

Tab. 9: Kategorie obsahů živin v zemědělských půdách

Kategorie obsahu	Hodnocení obsahu a korekce dávky P, K, Mg, Ca pro hnojařský zásah
nízký - **N**	potřeba dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 50 %
vyhovující - **VH**	potřeba mírného dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 20 - 30 %
dobrý - **D**	příznivý obsah, jehož udržení je potřeba zajistit nahrazovacím hnojením příslušnou živinou, dodávat živinu podle odběrových normativů
vysoký - **V**	potřeba vypustit hnojení příslušnou živinou na přechodnou dobu (asi 2 - 3 roky), než bude dosaženo kategorie dobré
velmi vysoký - **VV**	zvyšování tohoto obsahu je nevhodné z ekologického hlediska, hnojení příslušnou živinou je nepřípustné - vypustit hnojení příslušnou živinou na dobu, než budou k dispozici nové výsledky AZZP

3.6 Přístupný fosfor na karbonátových půdách

Při vyhodnocení obsahu fosforu stanoveného metodou Mehlich 3 (ICP-OES) může uživatel půdy použít kritéria zohledňující odlišný chemizmus karbonátových půd od běžných půd. Karbonátovými půdami se rozumí půdy s výměnnou půdní reakcí vyšší než pH 7,3 a současně s obsahem přístupného vápníku (Ca) vyšším než 3500 mg/kg půdy.

Tab. 10: Návrh hodnocení obsahu fosforu pro karbonátové půdy

Kategorie obsahu	Přístupný fosfor (mg/kg)	
	ostatní (nekarbonátové) půdy	karbonátové půdy
nízký - **N**	do 50	do 40
vyhovující - **VH**	51 - 80	41 - 70
dobrý - **D**	81 - 115	71 - 105
vysoký - **V**	116 - 185	106 - 150
velmi vysoký - **VV**	nad 185	nad 150

3.7 Hmotnostní poměr kationtů

Doplňujícím kritériem pro stanovení dávky draslíku a hořčíku je vzájemný poměr těchto dvou kationtů. V půdě mezi těmito kationty působí antagonistické vztahy, při vysokém obsahu draslíku v půdě se může výrazně snižovat příjem hořčíku rostlinami (tab. 11). Proto je vhodné zajistit vyvážený poměr obou živin vyrovnanou výživou.

Tab. 11: Kritéria hodnocení hmotnostního poměru K : Mg

Poměr	poměr K : Mg	Hodnocení zemědělských půd
dobrý - **D**	do 1,6	nelze očekávat problémy s výživou hořčíkem
vyhovující - **VH**	1,6 - 3,2	ke hnojení draslíkem je třeba přistupovat opatrně, problémy se mohou vyskytnout především u krmných plodin
nevyhovující - **NVH**	nad 3,2	jedná se o nevyhovující poměr, který způsobuje nadměrný příjem draslíku, je třeba omezit draselné hnojení

3.8 Sorpční komplex

V půdě jsou kationty Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, NH_4^{+} a Na^{+} popř. další sorbovány převážně výměnnou sorpcí na koloidní částečky půdy (jílové minerály a organické látky). V našich půdách má většina koloidních micel schopnost vázat kationty. Množství kationtů, které jsou vázány na půdní sorpční komplex a mohou být následně uvolňovány pro výživu rostlin, se nazývá kationtová výměnná kapacita (KVK). Rostliny přijímají živiny z půdního roztoku a ostatní složky půdy se podílejí na doplňování odebraných živin. V případě uvedených kationtů se ustalují rovnováhy na základě iontových výměn mezi půdním roztokem a výměnně sorbovanými kationty. Mezi jednotlivými kationty sorbovanými na koloidní komplex dochází k jejich vzájemnému ovlivňování, což vede k podstatným změnám v příjmu živin plodinami. Je tedy vhodné udržovat nejen přiměřené množství, ale i vyvážené vzájemné poměry jednotlivých kationtů v půdě. Optimální zastoupení bazických iontů (Ca, Mg, K) uvádí tab. 12 a hodnocení KVK tab. 13.

Tab. 12: Kritéria pro hodnocení sorpční schopnosti půdy

Hodnocení	Optimální zastoupení kationtů v sorpčním komplexu (%)			
	sorpční kapacita (mmol/kg)	Ca	Mg	K
nízká - **N**	do 120	65	15	3 - 5
střední - **S**	120 - 180	75	10	3 - 4
vysoká - **V**	nad 180	85	5	2 - 3

Tab. 13: Kritéria pro hodnocení kationtové výměnné kapacity

Hodnocení	Hodnota KVK (mmol/kg)	Charakteristika půd
nízká - **N**	pod 120	Půdy spíše lehčího charakteru, živiny jsou v sorpčním komplexu slaběji poutány a snadno se vyplavují, doporučuje se hnojit častěji v menších dávkách.
střední - **S**	120 - 180	Půdy střední, živiny jsou lépe poutány, na některých půdách je možné uplatňovat i zásobní hnojení (max. však na 2 roky).
vysoká - **V**	nad 180	Půdy těžšího charakteru, s vysokým obsahem jílovitých částic, s velmi dobrou sorpční schopností, je vhodné je hnojit zásobně na několik let.

3.9 Hodnocení plošné nevyrovnanosti pozemků

Vliv agrochemických vlastností půdy na celkový výnos pěstovaných plodin z pozemku (honu) snižuje kromě jiných faktorů také jejich plošná nevyrovnanost. Nevyrovnanost agrochemických vlastností na jednotlivých pozemcích, kde byly odebrány minimálně dva průměrné půdní vzorky je charakterizována variačním koeficientem, který je vypočítán ve výsledkové zprávě každého pozemku. Výsledky slouží jako podklad pro případné diferencování dávek živin při výživářském

zásahu na pozemcích, resp. jejich částech. Kritéria hodnocení variačního koeficientu pro jednotlivé půdní parametry uvádí tab. 14.

Tab. 14: Kritéria pro hodnocení variačního koeficientu

Výměra pozemku (ha)	Variační koeficient pozemku (%)					
	vyrovnaný		nevyrovnaný		silně nevyrovnaný	
	pH	P K Mg Ca	pH	P K Mg Ca	pH	P K Mg Ca
do 20,0	do 5	do 20	6 - 12	21 - 50	nad 12	nad 50
20,1 - 30,0	do 6	do 25	7 - 15	26 - 60	nad 15	nad 60
nad 30,0	do 7	do 30	8 - 20	31 - 65	nad 20	nad 65

3.10 Obsah mikroelementů

Analytická metoda optické atomové emisní spektrometrie v indukčně vázaném plazmatu (ICP-OES) umožnuje simultánní stanovení obsahu pěti mikroelementů z jednoho odebraného vzorku extrahovaného metodou Mehlich 3. Kategorie zásobenosti mikroelementy a kritéria hodnocení (Zbíral J. 2016) výsledků uvádí tab. 15.

Tab. 15: Kritéria hodnocení výsledků stanovení mikroelementů

Mikroelement	Půdní druh	Obsah (mg/kg)		
		nízký	dobrý	vysoký
Bor (B)	Lehké	do 0,55	0,56 - 0,75	nad 0,75
	Střední	do 0,70	0,71 - 1,00	nad 1,00
	Těžké	do 0,85	0,86 - 1,40	nad 1,40
Měď (Cu)	L, S, T	do 1,6	1,61 - 4,5	nad 4,5
Zinek (Zn)	L, S, T	do 2,2 [1)]	2,21 - 5,0	nad 5,0
Mangan (Mn)	L, S, T	do 30,0 (< 45,0) [2)]	30,1 - 200	nad 200
Železo (Fe)	L, S, T	do 60,0	60,0 - 420	nad 420

[1)] Doporučení pro obilniny

[2)] Doporučení hnojit na půdách obsahujících méně než 15 mg/kg

Tab. 16: Kategorie obsahů mikroelementů v zemědělských půdách

Obsah	Hodnocení a korekce dávky živin pro výživářský zásah
nízký - **N**	potřeba dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 50 %
vyhovující - **VH**	potřeba mírného dosycení příslušnou živinou, povýšit vypočtenou dávku o 20 - 30 %
dobrý - **D**	příznivý obsah k jehož udržení je potřeba zajistit nahrazovací hnojení příslušnou živinou, dodávat živinu podle odběrových normativů
vysoký - **V**	potřeba vypustit hnojení příslušnou živinou na přechodnou dobu (asi 2 - 3 roky), než bude dosaženo kategorie dobré
velmi vysoký - **VV**	zvyšování tohoto obsahu je nevhodné z ekologického hlediska, hnojení příslušnou živinou je nepřípustné - vypustit hnojení příslušnou živinou na dobu, než budou k dispozici nové výsledky AZZP

3.11 Obsah přístupné síry

Síru zařazujme mezi makroživiny, přičemž její hlavní podíl je vázán, obdobně jako u dusíku, v půdní organické hmotě. Celkový obsah síry se pohybuje v rozmezí 0,01 - 0,1 %. Organický podíl S v půdě činí přibližně 90 - 95 %.

Vstupy síry zahrnují atmosférickou depozici, většinou ve formě srážek, síru z hnojiv a síru, která je uvolněna mineralizací půdní organické hmoty. Mezi výstupy se zahrnuje vyplavování síranů z půdy a odběr rostlinami. Problematika nedostatku síry je stále více aktuální úměrně se snižováním obsahu síry v atmosférických spadech a s rozšiřováním pěstování plodin s vyššími nároky na tuto živinu.

Síra se stanovuje v systému AZZP metodou Mehlich 3 a její obsah v půdním extraktu se měří pomocí ICP-OES v jednom vzorku současně s živinami a mikroelementy. Metoda nerozlišuje její jednotlivé formy, ale pro potřeby výživy rostlin a případné opatření je zpravidla vyhovující. Pracovní návrh kategorií zásobenosti přístupnou sírou a kritéria hodnocení výsledků uvádí tab. 17. S ohledem na vysokou mobilitu síry v půdě má toto hodnocení dosti omezené využití v delším časovém horizontu.

Tab. 17: Návrh kritérií hodnocení obsahu síry

Kategorie hodnocení pro všechny druhy pozemků	obsah celkové síry (mg/kg)	doporučení pro hnojení
nízký - **N**	pod 10	potřeba dosycení
vyhovující - **VH**	11 - 20	potřeba mírného dosycení
dobrý - **D**	21 - 30	příznivý obsah
vysoký - **V**	31 - 40	není nutné
velmi vysoký - **VV**	nad 40	není nutné

3.12 Obsah kadmia

Kadmium je kumulativní karcinogenní prvek. S klesající hodnotou pH stoupá silně jeho rozpustnost a pohyblivost v půdě. Nejpohyblivější je při pH 4,5 - 5,5. V zásaditém prostředí je Cd poměrně málo pohyblivé, v pH nad 7,5 je téměř nerozpustné. Zvýšená koncentrace iontů Cd v půdním roztoku má silný inhibiční efekt na půdní mikroorganismy, může omezit i fixaci vzdušného dusíku a mineralizaci.

Kadmium je z kontaminované půdy s kyselým pH kořeny rostlin snadno přijímáno a může přecházet do potravního řetězce. V půdě s překročenou preventivní hodnotou Cd se nedoporučuje pěstovat plodiny, které ho ve zvýšené míře kumulují. Jde zejména o zeleninu listovou (špenát), kořenovou (celer), některé olejniny (mák, len, slunečnice) a sóju.

Univerzální extrakční činidlo Mehlich 3 je vhodné i pro stanovení rizikového prvku kadmia. Toto stanovení v systému AZZP bylo zavedeno jako screeningové zjištění možné kontaminace půd. Pro hodnocení jsou zavedeny statistické odhady pracovních preventivních hodnot (tab. 18). Zjištěný výsledek je zaznamenán ve výsledkové zprávě v LPIS. Při překročení je provedeno následné došetření obsahu kadmia lučavkou královskou podle vyhlášky č. 153/2016 Sb., pěstitel je upozorněn na případná rizika při pěstování citlivých plodin.

Tab. 18: Návrh pracovních preventivních hodnot

Kategorie půdního druhu	Obsah kadmia (mg/kg)
Lehké půdy	0,25
Střední a těžké půdy	0,3

3.13 Půdní organická hmota

Hodnocení parametrů půdní organické hmoty bylo do systému AZZP zavedeno v roce 2014. Prvními parametry bylo stanovení oxidovatelného (organického) uhlíku (C_{OX}) a glykoproteinu glomalinu.

Měření probíhá nedestruktivně ve vzorku metodou NIR spektroskopie (v blízké infračervené spektrální oblasti - 1 000 - 2 500 nm) s reflektanční detekcí (Zbíral a kol. 2011). Jde o postup podle mezinárodní a evropské normy (EN ISO 17184), který umožňuje simultánní stanovení více parametrů a je vhodný pro rozsáhlé screeningy a průzkumy typu AZZP.

V roce 2019 bylo stanovení rozšířeno o parametry celkový uhlík (C_{TOT}), celkový dusík (N_{TOT}) a barevný kvocient (Q4/6). Ročně je tedy v 7 % odebraných vzorků stanoveno celkem pět parametrů charakterizujících půdní organickou hmotu. Výsledky jsou prozatím statisticky hodnoceny odděleně mimo výsledkové zprávy vztahující se ke vzorkovaným půdním blokům. Hodnocení se soustředí na deskriptivní analýzu dat, vyhledávání globálních minim a maxim, vážených průměrů v prozkoušených vzorcích. Testování statistické významnosti se soustředí na hodnocení vztahu zrnitosti, klimatu, výměnné půdní reakce, hlavní půdní jednotky a dalších vybraných faktorů k parametrům.

4 VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ AZZP

Vyhodnocení agrochemického zkoušení zemědělských půd provádí ÚKZÚZ a jeho souhrnné výsledky předává k využití MZe a dalším orgánům státní správy. Od roku 2006 je hodnocení výsledků zajišťováno prostřednictvím Registru půdy LPIS**,** který garantuje Ministerstvo zemědělství. Zemědělský geografický informační systém **LPIS** (Land Parcel Identification System) vznikl na základě zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství. Projekt LPIS představuje využití geografického informačního systému pro evidenci využití zemědělské půdy. Účelem je administrace kontrol a žádostí o zemědělské dotace, je využíván jako podklad pro vedení zákonných evidencí o použití hnojiv, pastvy, přípravků na ochranu rostlin, stanovení omezení hospodaření z titulu nitrátové směrnice, erozního ohrožení půd, apod.

Výsledky AZZP jsou pro zemědělce, kteří mají přístup do LPIS zdarma k dispozici na portálu eAGRI www.portal.mze.cz v modulu Evidence půdy. Data jsou k dispozici ve formě textových hodnotících zpráv i tabulkových výstupů. Kromě hodnot přímo zjištěných analýzou půd jsou na jejich základě dále stanoveny:

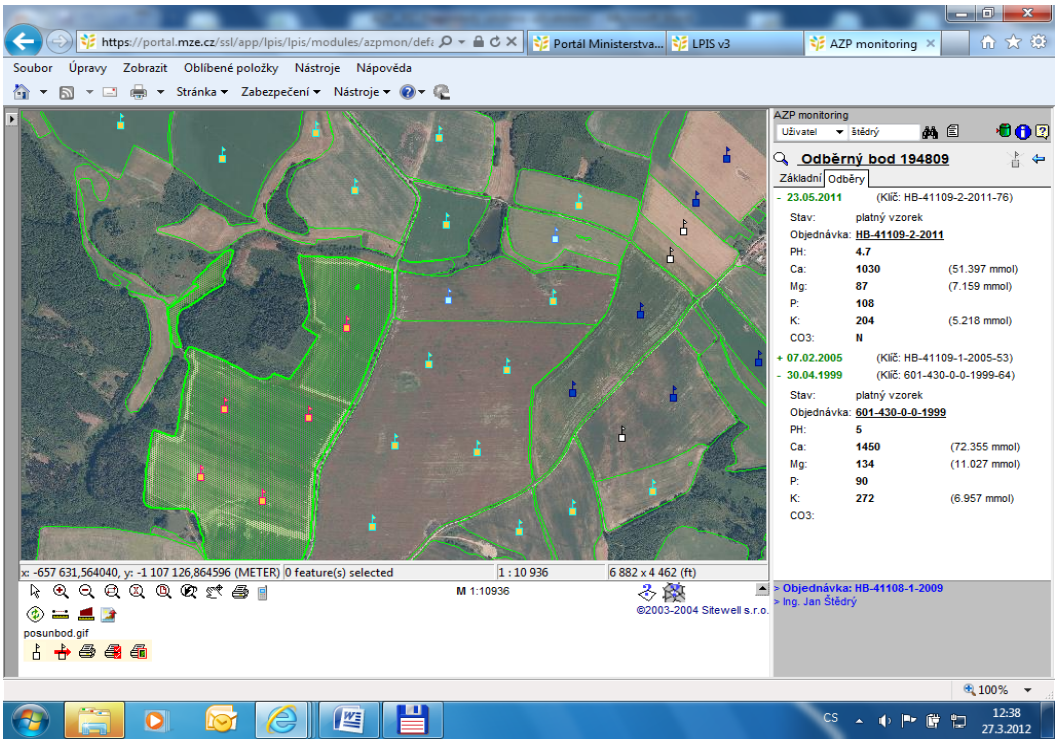
- průměrné roční dávky vápnění v tunách CaO/ha na základě hodnoty pH
- podle obsahu uhličitanů a obsahu přístupných živin je provedeno roztřídění pozemků do kategorií zásobenosti a na základě této kategorizace je doporučen agronomický zásah
- z hmotnostních obsahů živin se vypočítává poměr K:Mg, aktuální kationtová výměnná (sorpční) kapacita a procentické zastoupení kationtů (K^{+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}) v půdním sorpčním komplexu
- přístupné živiny fosfor, draslík, hořčík, vápník,
- mikroelementy bor, měď, zinek, mangan, železo
- rizikový prvek kadmium

Na žádost vlastníka nebo zemědělského podnikatele hospodařícího na zemědělské půdě může ÚKZÚZ předat v analogové podobě výsledky týkající se jím obhospodařované zemědělské půdy. Tento způsob předání výsledků podléhá poplatku podle zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích.

4.1 Grafické zobrazení odběrové plochy, přehled odběrů a výsledky analýz

Odběrové plochy jsou v mapě zobrazeny prostřednictvím bodů, rok odběru je barevně odlišen. Kliknutím na bod se zobrazí panel se všemi v minulosti provedenými odběry, kliknutím na odběr se otevře náhled výsledků analýz (obr. 4).

Obr. 4: Detail odběrového bodu



4.2 Hodnotící zpráva AZZP

Zpráva generuje výsledky AZZP k aktuálně platným půdním blokům zemědělce podle odběrového cyklu nebo jakéhokoliv roku (obr. 5). Tisk zprávy a odběrové mapy je umožněn ve formátu PDF.

Obr. 5: Ukázka zprávy o výsledcích AZZP zemědělského subjektu nebo vlastníka pozemku

Zpráva o výsledcích AZZP

zemědělský podnik:	46552	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
	Adresa:	Hroznová 63/2, Brno, 60300
	IČ:	00020338
	stav k:	2021

Agrochemické vlastnosti pozemků

kultura: **standardní orná půda** kod pozemku: **0701/4** výměra: **19,08 ha** počet vzorků: **3**

číslo vzorku	Rok	Druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	potřeba vápnění [CaO t.ha^{-1} rok^{-1}]	kategorie CO_3	P	K	Mg	Ca	S	Al	Cu	Zn	Mn	Fe	B
						[mg.kg^{-1} půdy]										
12	2021	S	6,0	0,40		89	182.2	206.8	1629	12.03	608.2	3.3	6.128	130.25	263.9	0.61
13	2021	S	5,8	0,40		86	178.5	212.4	1526	21.35	644.5	2.972	7.037	110.94	290.1	0.59
14	2021	S	5,9	0,40		84	230.9	189.8	1739	14.3	674.1	3.107	11.45	125.11	305.1	0.74
aritm. průměr			**5,9**	**0,40**		**86**	**197**	**203**	**1631**	**15.89**	**642.27**	**3.13**	**8.21**	**122.10**	**286.37**	**0.65**
hodnocení			SlaK	7,63	-	D	D	D	VH	N		D	V	D	D	N
variační koeficient			2	-	-	3	15	6	7	31	5	5	35	8	7	13
vyrovnanost			vyr.	-	-	vyr.	vyr.	vyr.	vyr.	nevyr.	vyr.	vyr.	nevyr.	vyr.	vyr.	vyr.

kultura: **standardní orná půda** kod pozemku: **0701/4** výměra: **19,08 ha** počet vzorků: **3**

číslo vzorku	Rok	Druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	Metoda Mehlich 3	
				Přístupný obsah Cd	Limitní hodnota Cd
				[mg.kg^{-1} půdy]	
12	2021	S	6,0	<0.1	0,30
13	2021	S	5,8	<0.1	0,30
14	2021	S	5,9	0.1645	0,30

kultura: **standardní orná půda** kod pozemku: **9001/23** výměra: **5,38 ha** počet vzorků: **1**

číslo vzorku	Rok	Druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	potřeba vápnění [CaO t.ha^{-1} rok^{-1}]	kategorie CO_3	P	K	Mg	Ca	S	Al	Cu	Zn	Mn	Fe	B
						[mg.kg^{-1} půdy]										
1	2021	S	5,6	0,40		42	174.5	246.6	2763	14.43	1049	3.669	3.207	112.24	261.5	<
hodnocení			SlaK	2,15	-	N	D	D	D	N		D	D	D	D	

kultura: **standardní orná půda** kod pozemku: **9001/23** výměra: **5,38 ha** počet vzorků: **1**

číslo vzorku	Rok	Druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	Metoda Mehlich 3	
				Přístupný obsah Cd	Limitní hodnota Cd
				[mg.kg^{-1} půdy]	
1	2021	S	5,6	<0.1	0,30

kultura: **vinice** kod pozemku: **0703/2** výměra: **1,17 ha** počet vzorků: **4**

číslo vzorku	Rok	Druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	potřeba vápnění [CaO t.ha^{-1} rok^{-1}]	kategorie CO_3	P	K	Mg	Ca	S	Al	Cu	Zn	Mn	Fe	B
						[mg.kg^{-1} půdy]										
15	2021	S	5,4	0,50		229	182.5	131.3	1411	15.97	841.6	7.685	8.57	66.85	404	<
14	2021	S	4,4	1,00		283	136.6	108.5	1219	26.48	942.6	6.225	7.48	47.19	522.2	<
13	2021	S	4,5	1,00		271	143.1	98.24	921.8	24.97	859.1	5.945	7.96	47.35	507.4	<
16	2021	S	5,1	0,50		224	146.4	128.9	1305	21.3	851.6	5.655	6.63	60.1	462.2	<
aritm. průměr			**4,9**	**0,75**		**252**	**152**	**117**	**1214**	**22.18**	**873.73**	**6.38**	**7.66**	**55.37**	**473.95**	
hodnocení			SilK	0,88	-	VV	VH	VH	VH							
variační koeficient			10	-	-	12	14	14	17	21	5	14	11	18	11	
vyrovnanost			nevyr.	-	-	vyr.	vyr.	vyr.	vyr.	nevyr.	vyr.	vyr.	vyr.	vyr.	vyr.	

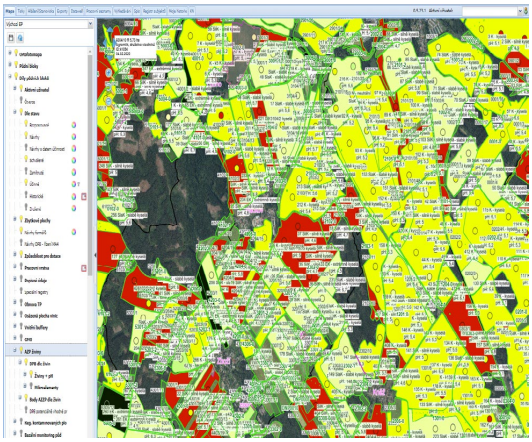
kultura: **vinice** kod pozemku: **0703/2** výměra: **1,17 ha** počet vzorků: **4**

číslo vzorku	Rok	Druh půdy	hodnota pH (v $CaCl_2$)	Metoda Mehlich 3	
				Přístupný obsah Cd	Limitní hodnota Cd
				[mg.kg^{-1} půdy]	
15	2021	S	5,4	0.11	0,30
14	2021	S	4,4	0.12	0,30
13	2021	S	4,5	0.11	0,30
16	2021	S	5,1	0.11	0,30

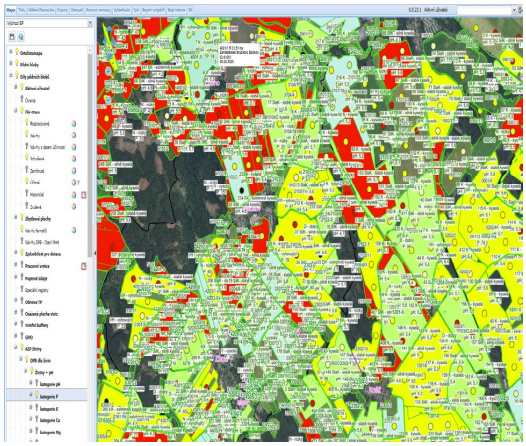
4.3 Kartogramy kategorií zásobenosti

Nad všemi půdními bloky jsou generovány mapy s grafickým vyjádřením zásoby živin P, K, Mg, Ca a mikroelementů B, Mn, Cu, Zn, Fe a pH. Mapy zobrazují v barevné škále úroveň zásobenosti podle kritérií hodnocení, které zahrnuje odběrové plochy a vážené průměry půdních bloků. Příklady vrstev půdní reakce, fosforu, draslíku a manganu reprezentují obrázky 6 - 9.

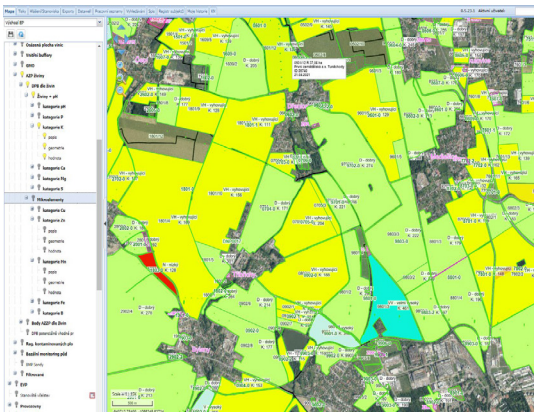
Obr. 6: Mapová vrstva půdní reakce



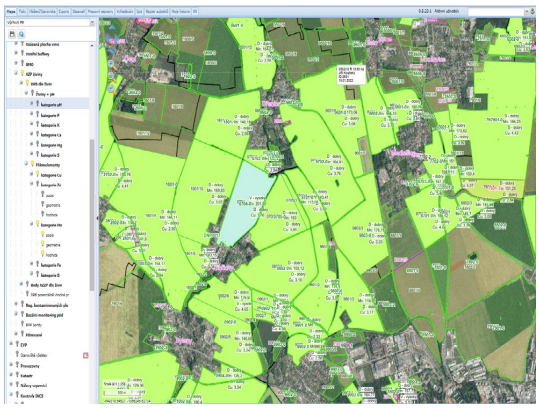
Obr. 7: Mapová vrstva fosforu



Obr. 8: Mapová vrstva draslíku



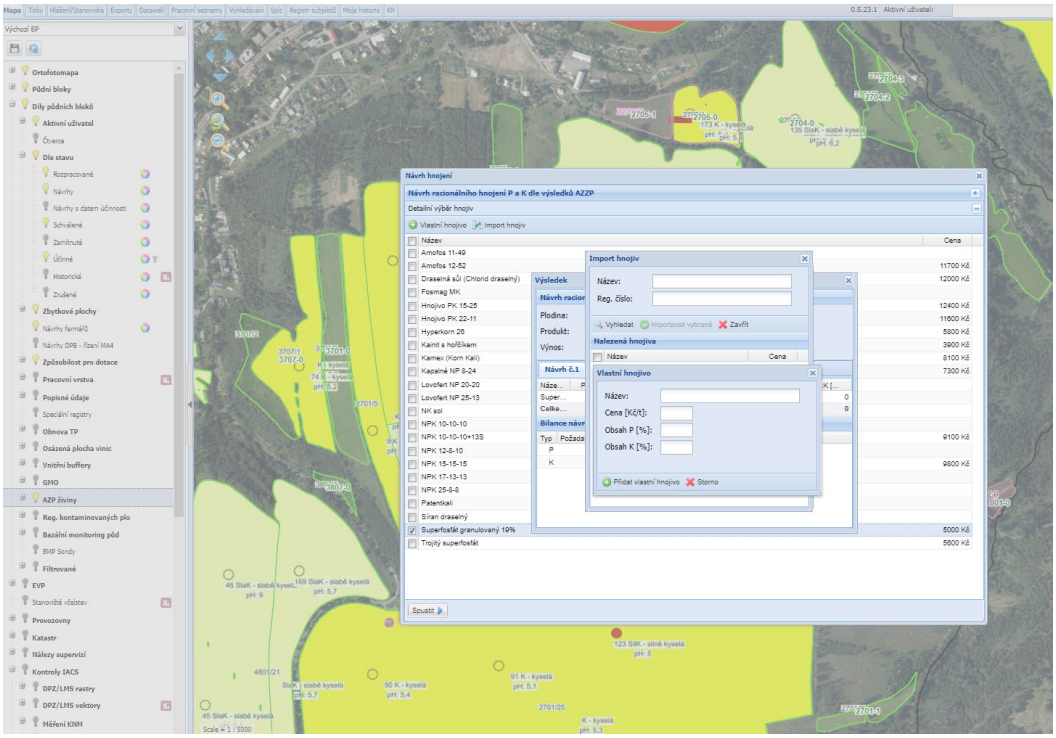
Obr. 9: Mapová vrstva manganu



4.4 Plány racionálního hnojení na základě údajů z AZZP

Expertní výpočty z dat AZZP v LPIS provádí aplikace *Racionálního hnojení*. Aplikace pro výpočet použití hnojiv na daném pozemku využívá zjištěný obsah prvku P a K v půdě a údaje o požadavcích pěstované plodiny. V návrhu hnojení je posuzován rok a dávka posledního hnojení hnojem a parametry daných hnojiv (z pohledu obsahu P a K a ceny hnojiv). Na základě těchto vstupních údajů je automaticky vytvořen návrh hnojení. Aplikace nabízí vždy několik návrhů racionálního hnojení pro různé typy hnojiv (obr. 10). U každého návrhu je uveden seznam použitých hnojiv, obsahy a dávky P a K, ceny za jednotlivá hnojiva a celková cena pro daný návrh hnojení. Vypočítána je i bilance vybraného návrhu. Zobrazuje požadavky plodiny na fosfor a draslík a výsledné dávky pro daný návrh hnojení. Vybraný návrh nabízí exporty a tisky.

Obr. 10: Návrh racionálního hnojení



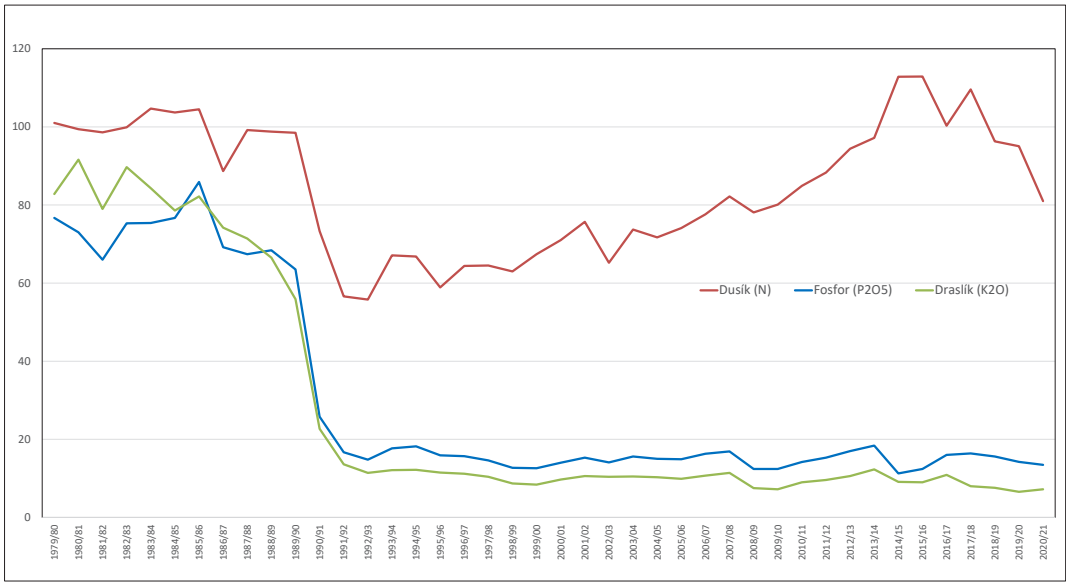
Pro potřeby celostátní či regionální agrární politiky jsou výsledky AZZP zpracovávány do sumárních statistických přehledů. Tabulky sumářů jsou členěny podle územních celků: ČR, krajů a okresů. Pro každý územně správní celek jsou vypočítány vážené průměry obsahu analyticky stanovené živiny, základní statistické zpracování za průběžné šestileté období a vyhodnocení dat podle kritérií zásobenosti. Data jsou členěna podle druhů pozemků (orná půda, chmelnice, vinice, ovocné sady, trvalé travní porosty) a za zemědělskou půdu. Výsledky posledního cyklu AZZP jsou uvedeny v příloze v kapitole 8.

5 HODNOCENÍ AGROCHEMICKÝCH VLASTNOSTÍ PŮD

Michaela Smatanová

Výsledky dlouhodobého sledování půdních vlastností prokazují, že spotřeba minerálních hnojiv a vápenatých hmot úzce koreluje s půdní reakcí a obsahem přístupných živin v půdě. V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století způsobil výrazný nárůst spotřeby vápenatých hnojiv snížení podílu kyselých půd, narůstající spotřeba fosforečných a draselných hnojiv úbytek ploch s nedostatečným obsahem těchto dvou živin. Hnojení před rokem 1989 bylo velmi intenzivní, počátkem 90. let nastal propad dávek minerálních hnojiv, související s významnými změnami v zemědělství. Patří k nim restituce půdy, nárůst cen hnojiv, snížení intenzifikace či legislativní opatření. V posledních několika letech se objemy používaných dusíkatých hnojiv zvyšují, ovšem spotřeba fosforečných i draselných hnojiv dlouhodobě stagnuje. Vývoj spotřeby minerálních hnojiv v ČR prezentuje graf 1.

Graf 1: Vývoj spotřeby minerálních hnojiv v ČR



Celková spotřeba minerálních hnojiv v českém zemědělství v roce 2021 činila 101 kg čistých živin na hektar zemědělské půdy, což je asi 46 % úrovně roku 1989. Z uváděného množství však naprostou většinu tvoří dusík (81 kg). Spotřeba fosforečných a draselných hnojiv (13 kg fosforu jako P_2O_5 a přibližně 7 kg draslíku jako K_2O) je při tomto srovnání přibližně 13 %.

V mezinárodním srovnání je využívání průmyslových hnojiv v České republice mírně podprůměrné. Ve srovnání se zeměmi EU stojí za povšimnutí hlavně nižší podíl fosforečných hnojiv na celkové spotřebě hnojiv.

5.1 Vývoj základních půdních vlastností

5.1.1 Půdní reakce

Do poloviny 70. let nepokrývala spotřeba vápenatých hnojiv potřebu vápnění odvozenou z půdních rozborů. Podíl kyselých zemědělských půd vzrostl v tomto období na téměř 37 % celkové výměry republiky. V následujícím období, charakterizovaném intenzivním vápněním pozemků (330 kg CaO. ha^{-1} v roce 1989), je naopak patrný výrazný pokles podílu kyselých půd až na hodnotu

13 %. Ani prudké snížení spotřeby vápenatých hnojiv po roce 1989 se zpočátku neprojevilo na půdní reakci negativně. Stagnace je způsobena pomalým uvolňováním vápníku z dříve aplikovaných, často i hruběji mletých vápenatých hnojiv.

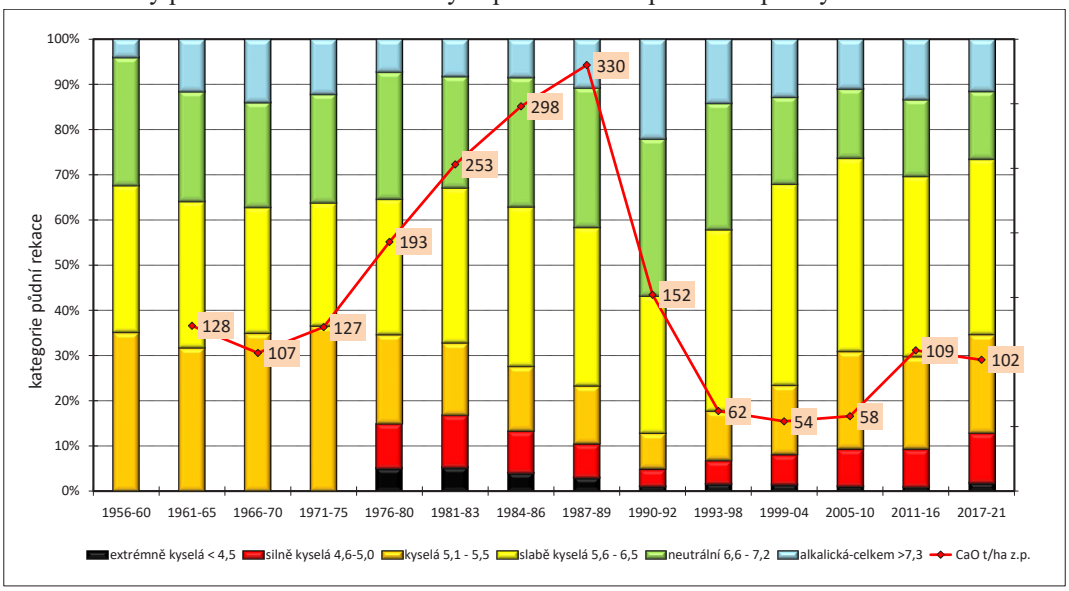
Tab. 19: Vývoj základních půdních vlastností AZZP v ČR od roku 1990 do roku 2021

Kultura	Cyklus zkoušení	Výměra (ha)	pH	P	K	Mg	Ca	K:Mg
				mg/kg				
orná půda	**A**: 1990-1992	2 727 315	6,4	108	279	178	3 216	1,57
	B: 1993-1998	2 235 838	6,4	101	253	186	3 238	1,36
	C: 1999-2004	2 535 519	6,3	95	225	184	3 031	1,22
	D: 2005-2010	2 696 398	6,2	90	239	185	2 999	1,29
	E: 2011-2016	2 210 830	6,2	91	254	191	3 052	1,33
	F: 2017-2021	2 233 983	6,1	91	258	198	3 013	1,53
chmelnice	**A**: 1990-1992	7 699	7,0	230	569	253	4 300	2,25
	B: 1993-1998	6 343	6,9	229	573	274	4 354	2,09
	C: 1999-2004	6 887	6,9	251	471	279	3 981	1,69
	D: 2005-2010	5 210	6,5	282	500	301	3 721	1,66
	E: 2011-2016	4 531	6,5	302	473	307	3 642	1,54
	F: 2017-2021	3 931	6,3	305	486	314	3 551	1,64
vinice	**A**: 1990-1992	10 157	7,3	129	414	357	7 794	1,16
	B: 1993-1998	6 861	7,3	111	360	349	8 029	1,03
	C: 1999-2004	8 318	7,3	102	323	349	8 673	0,93
	D: 2005-2010	10 487	7,3	97	303	356	9 387	0,85
	E: 2011-2016	3 032	7,2	106	335	316	7 510	1,06
	F: 2017-2021	8 576	7,2	95	314	353	8 176	1,1
ovocné sady	**A**: 1990-1992	21 417	6,7	143	428	266	4 621	1,61
	B: 1993-1998	14 021	6,8	126	390	287	4 803	1,36
	C: 1999-2004	14 506	6,7	124	353	274	4 528	1,29
	D: 2005-2010	17 146	6,5	115	352	259	4 219	1,36
	E: 2011-2016	13 541	6,4	115	342	235	3 850	1,45
	F: 2017-2021	11 958	6,3	117	368	260	3 755	1,63
travní porosty	**A**: 1990-1992	348 529	6,0	77	213	213	2 874	1,00
	B: 1993-1998	162 435	5,9	76	190	223	2 817	0,85
	C: 1999-2004	490 808	5,7	77	209	212	2 311	0,99
	D: 2005-2010	789 440	5,6	78	231	198	2 146	1,17
	E: 2011-2016	257 305	5,5	71	232	199	2 021	1,16
	F: 2017-2021	444 448	5,4	79	254	216	2 040	1,43

Rovněž nižší působení okyselujících faktorů, nízká intenzita hnojení a nižší podíl kyselých spadů, byl pro vývoj půdní reakce pozitivní. Výsledky odběrových cyklů od roku 1993 již zřetelně dokreslují tendenci poklesu půdní reakce u všech sledovaných druhů pozemků s výjimkou vinic.

Výsledky uvedené v tab. 19 ukazují pokles půdní reakce u orné půdy a ovocných sadů o 0,4 stupně, u půd trvalých travních porostů o 0,6 stupně a u chmelnic dokonce 0,7 stupňů pH. Příčinou je snižování spotřeby vápenatých hmot, jejichž množství používané v zemědělství k vápnění kleslo zhruba na 9 % stavu používaného před rokem 1990 (graf 2).

Graf 2: Změny půdní reakce v zemědělských půdách ČR a spotřeba vápenatých hmot



Podle výsledků posledního doposud neukončeného cyklu zkoušení (2016 - 2021) činí průměrná hodnota půdní reakce **zemědělské půdy** v ČR 6,0 stupně pH. Půda s extrémně kyselou, silně kyselou a kyselou půdní reakcí (tj. s pH do 5,5) zaujímá 34,65 % prozkoušené výměry. Dalších 38,69 % výměry zemědělské půdy vykazuje slabě kyselou půdní reakci (pH 5,6 až 6,5). Pravidelně vápnit (alespoň udržovací dávkou) by bylo třeba 73,34 % zemědělské půdy. Podíl alkalických půd s pH nad 7,2 zaujímá asi 11,51 % výměry zemědělské půdy.

Průměrná hodnota půdní reakce **orné půdy** ČR je 6,1 stupně pH. Podíl kyselých půd (do pH 5,5) zaujímá 27,74 % výměry. Největší podíl kyselých orných půd se nachází v kraji Vysočina (49,59 %), Jihočeském kraji (45,83 %), Plzeňském (42,33 %) a Karlovarském (36,55 %).

Trvalé travní porosty vykazují průměrnou hodnotu 5,4 stupně pH. Kyselé půdy (do pH 5,5) jsou zastoupeny na 70,44 % výměry ČR, nejvíce v kraji Jihočeském (82,82 %), Moravskoslezském (77,31 %), Olomouckém (75,71 %), Vysočina (73,41 %) a Plzeňském (73,49 %).

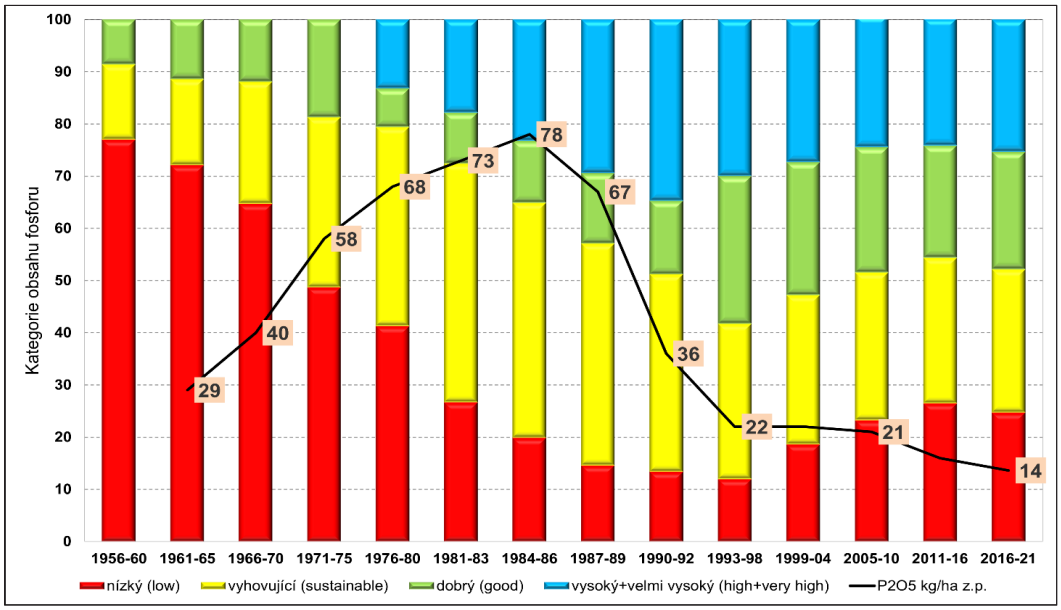
U **speciálních druhů pozemků** je stav půdní reakce dán výběrem pozemků při jejich zakládání. Nejvyšší průměrnou hodnotu půdní reakce mají vinice (pH 7,2), následují chmelnice a ovocné sady (pH 6,3). Podíl kyselých půd je u vinic zanedbatelný (3,23 %), vinice jsou situovány spíše na alkalických půdách (71,68 %). U chmelnic podíl kyselých půd činí 24,42 % a u ovocných sadů 20,98 %. Podíl sadů na alkalických půdách zaujímá 17,61 a chmelnic 13,8 %.

5.1.2 Obsah přístupného fosforu (P)

Postupné zvyšování intenzity fosforečného hnojení v 70. a 80. letech minulého století způsobilo pokles podílu půd nedostatečně zásobených fosforem ze 77 % v roce 1960 na 20 % v roce 1986. Současně se zvýšil podíl půd s vysokým obsahem fosforu až na 34 %. Nebezpečí přehnojování půdy fosforem vedlo v následujících letech k omezení spotřeby fosforečných hnojiv. Podíl nízké půdní

zásoby ovšem nadále klesal až na 12 % výměry v roce 1998. Propad spotřeby fosforečných hnojiv se však v půdách ČR začíná projevovat už od roku 1993 (graf 3). V tomto i následujících cyklech zkoušení dochází nejprve k mírnému, ale trvalému poklesu zásoby této živiny v půdě a následně i k nárůstu podílu slabě zásobených půd. Z porovnání výsledků (tab. 19) za období od roku 1990 do 2021, se snížil průměrný obsah přístupného fosforu v orných půdách o 17 mg/kg půdy. Také v půdách speciálních druhů pozemků došlo ve většině případů k poklesu obsahu přístupného P, mnohdy ještě výraznějšímu než u orné půdy. Na druhé straně je v půdách chmelnic patrný nárůst, o 75 mg P/kg. Obsah fosforu u půd TTP spíše stagnuje.

Graf 3: Změny obsahu přístupného fosforu v zemědělských půdách a spotřeba fosforečných hnojiv



Průměrná zásoba přístupného fosforu v **zemědělské půdě** ČR činí podle aktuálních výsledků 89 mg/kg. Zemědělská půda s nízkou zásobou fosforu, která potřebuje intenzivní hnojení, představuje více než 24,8 % výměry ČR. Půda s vyhovující zásobou, která také potřebuje mírné dosycení touto živinou, zahrnuje dalších 27,4 % výměry. Hnojit a zvýšit obsah fosforu by tedy potřebovalo 52,2 % výměry zemědělské půdy ČR. Vysokou a velmi vysokou zásobu přístupného fosforu vykazuje 25,3 % výměry ČR.

Průměrný obsah přístupného fosforu na **orné půdě** ČR je 91 mg/kg. Podíl orných půd s nízkým obsahem fosforu je zastoupen 26,50 %, naopak vysoký a velmi vysoký obsah je zastoupen na 24,31 % výměry. V regionech byl zjištěn největší podíl ploch s nízkým obsahem fosforu v kraji Plzeňském (40,55 %), v Praze (39,66 %) a Karlovarském (35,48 %). Největší podíl orných půd s vysokým a velmi vysokým obsahem fosforu vykazuje kraj Liberecký (43,93 %), Královéhradecký (33,16 %) a Vysočina (32,75 %).

Průměrná hodnota obsahu přístupného fosforu u půd **trvalých travních porostů** je 79 mg/kg. Nízký obsah fosforu byl zjištěn na 16,34 % výměry ČR. Největší podíl ploch s nízkým obsahem fosforu se nachází v kraji Zlínském 35,53 %, Pardubickém 24,48 % a v kraji Vysočina 23,37 %.

Průměrné hodnoty obsahu fosforu v půdách **speciálních druhů pozemků** jsou výrazně vyšší než na orné půdě. Chmelnice vykazují zásobu přístupného fosforu 305 mg/kg, ovocné sady 117 mg/kg a vinice 95 mg/kg.

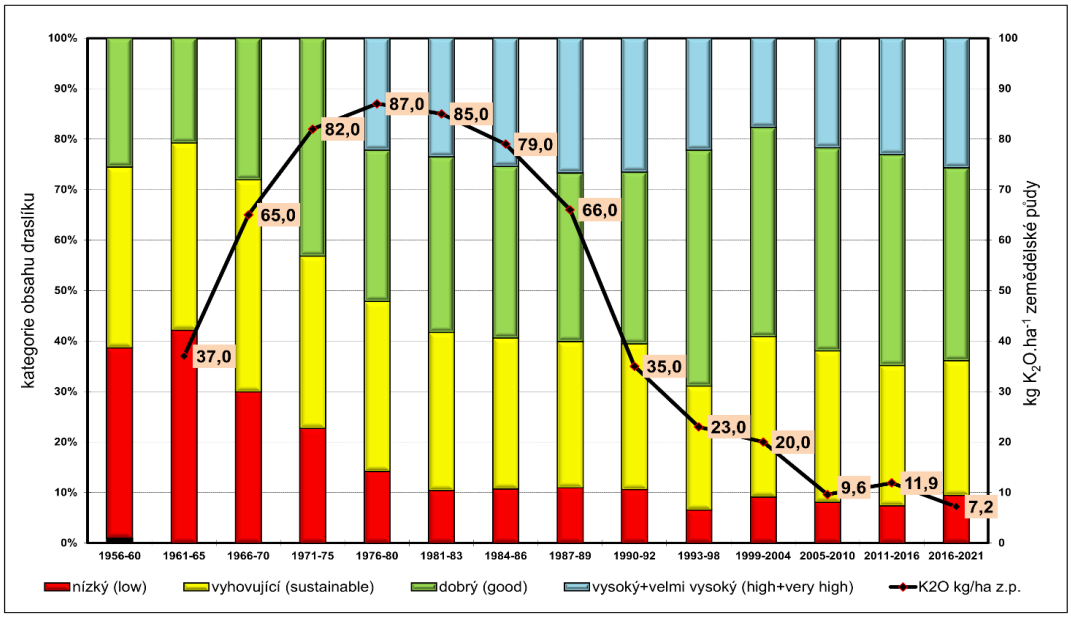
5.1.3 Obsah přístupného draslíku (K)

Hnojení draselnými hnojivy bylo poměrně intenzivní až do roku 1980, kdy bylo dosaženo spotřeby 87 kg K_2O/ha zemědělské půdy. Aplikace vysokých dávek hnojiv se projevila ve snížení podílu půd s nízkou zásobou. Naopak nárůst výměry ploch s vysokým obsahem v půdě signalizoval v mnoha případech přehnojování a nevhodný poměr K:Mg byl důvodem ke stagnaci a postupnému snižování dávek draselných hnojiv. Podíl špatně zásobených půd však dále klesal až na 9 % výměry v roce 1992. Propad spotřeby draselných hnojiv se projevil až v cyklech zkoušení po roce 1993.

Průměrný obsah přístupného draslíku na **zemědělské půdě** ČR je v současné době 259 mg/kg. Zemědělská půda s nízkou zásobou draslíku, která potřebuje intenzivní hnojení, představuje 9,42 % výměry, půda s vyhovující zásobou, která také potřebuje mírné dosycení touto živinou, dalších 26,68 % výměry. Hnojit tedy v současné době vyžaduje asi 36,1 % výměry ČR.

Naproti tomu vysoká a velmi vysoká zásoba draslíku byla zjištěna na 25,66 % výměry. Vzhledem k tomu, že draslík je v porovnání s ostatními kationty rostlinou nejlépe přijímán aktivním i pasivním transportem, působí jeho nadbytek v prostředí negativně na příjem dalších kationtů, zvláště pak hořčíku.

Graf 4: Změny obsahu přístupného draslíku v zemědělských půdách a spotřeba draselných hnojiv



5.1.4 Obsah přístupného hořčíku (Mg)

Spotřeba hořečnatých hnojiv je po celou dobu sledování půdních vlastností relativně zanedbatelná. Z toho lze usuzovat, že dynamika obsahu přístupného hořčíku v půdě s hnojením výrazněji nesouvisí. Významnějším faktorem jsou především geologické a pedologické podmínky stanoviště. Vývoj změn není dlouhodobě zcela jednoznačný, vykazuje stagnaci, ale i mírné kolísání. Tento stav do jisté míry souvisí se zastoupením jiných kationtů v sorpčním komplexu především draslíku a tím lepším nebo horším uplatněním méně aktivního hořčíku.

Průměrný obsah přístupného hořčíku na **zemědělské půdě** ČR je 202 mg/kg. Podíl půd s nízkým obsahem činí 13,7 %, půdy s vysokým a velmi vysokým obsahem zaujímají 22,65 % výměry. Průměrný obsah přístupného hořčíku na **orné půdě** ČR je 198 mg/kg. Podíl orných půd s nízkým obsahem činí 14,08 %, vysoký a velmi vysoký obsah představuje 17,66 % výměry. V regionech vykazují největší podíl orných půd s nízkým obsahem hořčíku kraje Středočeský (21,53 %) a Liberecký (20,52 %), naopak největší podíl ploch s vysokou a velmi vysokou zásobou hořčíku má kraj Jihomoravský (57,57 %) a Ústecký (40,24 %).

Průměrný obsah přístupného hořčíku v půdách **trvalých travních porostů** ČR je 216 mg/kg. Půdy TTP vykazují oproti orným půdám lepší poměr zásobenosti hořčíkem. Podíl ploch s nízkou zásobou hořčíku činí jen 12,25 %, vysokou a velmi vysokou zásobu vykazuje 47,57 % výměry.

U **speciálních druhů pozemků** jsou průměrné hodnoty přístupného hořčíku poměrně vysoké (vinice 353 mg/kg, chmelnice 314 mg/kg a ovocné sady 260 mg/kg). Nízký obsah hořčíku vykazují jen 2,45 % vinic, 6,73 % ovocných sadů a 7,39 % chmelnic.

5.1.5 Obsah přístupného vápníku (Ca)

Plošné sledování obsahu přístupného vápníku v půdách ČR je prováděno až od roku 1990. Předmětem hodnocení je tedy období, kdy se v českém zemědělství drasticky snížila spotřeba vápenatých hmot. Vývoj obsahu vápníku v půdě vykazuje po celou dobu sledování mírně se zhoršující tendenci, která úzce koreluje s hodnotou pH. Tendence okyselování půd je patrná i z kategorizace podle kritérií hodnocení. Kromě vinic existují u všech ostatních druhů pozemků, především u orné půdy a TTP, přesuny z kategorií velmi vysokého a vysokého, ale někdy i dobrého obsahu do kategorie obsahu vyhovujícího a nízkého.

Průměrný obsah přístupného vápníku na **orné půdě** ČR činí 3 013 mg/kg. Podíl půd s nízkým obsahem vápníku je 11,01 %, půdy s vysokým a velmi vysokým obsahem zaujímají 25,37 %. Z regionů vykazuje největší podíl orných půd s nízkou zásobou kraj Karlovarský (25,50 %) a Jihočeský (24,44 %). Naopak v Ústeckém kraji je 74,36 % ploch s vysokou a velmi vysokou zásobou přístupného vápníku a v Jihomoravském 64,55 %, což má přirozené příčiny v charakteru hornin a půdotvorného substrátu.

Průměrný obsah přístupného vápníku na půdách **trvalých travních porostů** (2 040 mg/kg) je nižší než u orné půdy, což je dáno polohou TTP většinou v horských a chladnějších oblastech. Podíl ploch s nízkou zásobou je u trvalých travních porostů dvojnásobný v porovnání s ornou půdou a činí 20,90 % výměry.

U **speciálních druhů pozemků** jsou průměrné hodnoty přístupného vápníku výrazně vyšší než u orné půdy a TTP. Vinice, které jsou převážně situovány na vápenitých půdách Jihomoravského kraje vykazují 8 146 mg/kg vápníku, chmelnice 3 551 mg/kg a ovocné sady 3 755 mg/kg.

5.1.6 Hmotnostní poměr draslík : hořčík

Doplňujícím kritériem pro stanovení dávky draslíku a hořčíku je vzájemný poměr těchto dvou živin. Je vypočítán tak, že se určí poměr K:Mg u každého vzorku, z něj se následně vypočítá vážený průměr za danou výměru dílu půdního bloku.

Hmotnostní poměr draslíku ku hořčíku se výrazně nemění. Zemědělské půdy ČR vykazují aktuálně průměrnou hodnotu 1,52. Při tomto poměru sice nelze očekávat problémy s výživou hořčíkem, ale nižší poměry než 1 v některých půdách svědčí o nedostatku draslíku a potřebě hnojení touto živinou.

5.2 Obsah mikroelementů

Mikroelementy jsou prvky, které z kvantitativního hlediska tvoří nepatrný podíl ve složení půd, jsou ale velmi významné z pohledu výživy pěstovaných plodin. Jejich potřeba je zpravidla pouze několik gramů na hektar ročně. V relaci k odběru je celková zásoba mikroelementů v půdě přibližně desetkrát vyšší než u makroelementů.

Rozsáhlé porovnání extrakčních metod a hodnocení výsledků umožnilo navržení kritérií (tab.15) pro vyhodnocení obsahu bóru, mědi, zinku, manganu a železa stanovených v extraktu Mehlich 3. Stanovení mikroelementů se stalo standardní součástí AZZP v roce 2015, od roku 2021 jsou stanovovány ve všech vzorcích simultánně s přístupnými živinami.

5.2.1 Bór (B)

Rozpustnost bóru v půdě je závislá na pH, nejvíce je rozpustný při pH 5 - 7 a nad pH 8,5. Značný význam kromě pH má i zrnitostní složení a obsah organické půdní hmoty. Vysoký obsah jílovitých částic snižuje příjem B rostlinami. S organickými sloučeninami vytváří komplexy, které jsou oproti minerálním sloučeninám pro rostliny přijatelnější. Většina přijatelného B se proto uvolňuje rozkladem organické půdní hmoty, zvláště v kyselejších půdách.

Nedostatek B se často vyskytuje v půdách převápněných a přehnojených draslíkem. Aktuální průměrný obsah B na **orné půdě** je 1,05 mg/kg (tab. 21). Podíl orných půd s nízkým obsahem bóru je 48,65 %, kategorie středního obsahu zaujímá 19,03 % a vysoký obsah má 32,32 % výměry. Ve speciálních kulturách (**chmelnicích, vinicích, ovocných sadech**) jsou vyšší výměry v kategorii vysokého obsahu bóru (kolem 60 %).

Tab. 21: Bór; základní statistické zpracování podle kultur za období 2016 - 2021

Kultura	vážený průměr (mg/kg)	Hodnocení obsahu bóru (% výměry)		
		nízký	střední	vysoký
orná půda	1,05	48,65	19,03	32,32
chmelnice	1,33	20,87	18,58	60,56
vinice	1,36	19,31	18,14	62,55
ovocné sady	1,46	18,82	20,21	60,97
trvalé travní porosty	0,68	80,70	12,41	6,89
zemědělská půda	1,01	52,51	18,17	29,32

5.2.2 Měď (Cu)

Nedostatek Cu se vyskytuje nejčastěji na lehkých podzolových půdách, v oblastech s vysokými srážkami, na půdách rendzin, na vápnitých sedimentech, ale také na půdách přehnojených dusíkem, fosforem, zinkem a při převápnění. Vysoké obsahy Cu v půdě jsou časté v půdách hnojených čistírenskými kaly. Nadměrný obsah Cu snižuje přijatelnost Fe. Vysoké obsahy Cu v půdním roztoku jsou pro rostliny toxické, toto nebezpečí je možné omezit vápněním a zvýšeným hnojením organickými hnojivy.

Mědí se hnojí půdy s nízkým obsahem, kladný účinek lze očekávat až do obsahu přístupné mědi 10 mg/kg půdy. Dávky se pohybují podle půdy do 20 kg Cu/ha, nejčastěji používaným hnojivem je síran měďnatý.

Tab. 22: Měď; základní statistické zpracování podle kultur za období 2016 - 2021

Kultura	vážený průměr (mg/kg)	Hodnocení obsahu mědi (% výměry)		
		nízký	střední	vysoký
orná půda	3,5	10,70	72,91	16,38
chmelnice	43,6	0,35	1,39	98,26
vinice	14,0	1,10	12,85	86,05
ovocné sady	8,2	1,26	32,29	66,46
trvalé travní porosty	2,8	22,61	66,16	11,23
zemědělská půda	3,6	12,15	71,50	16,35

Aktuální průměrný obsah Cu na **orné půdě** je 3,5 mg/kg (tab. 22). Podíl orných půd s nízkým obsahem Cu činí 10,70 %, kategorie středního obsahu je zastoupena 72,91 % a vysokého obsahu dosahuje 16,38 % výměry. Ve **speciálních kulturách**, zejména v chmelnicích (v průměru 43,6 mg/kg), vinicích, ovocných sadech je většina výměr v kategorii vysokého obsahu Cu (kolem 60 %), což souvisí s používanými přípravky na ochranu rostlin obsahujícími měď.

5.2.3 Železo (Fe)

Nedostatek Fe se vyskytuje zřídka, v oblastech alkalických, rašelinných a karbonátových půd a na půdách přehnojených P, kde zvláště na lehkých půdách vznikají málo pohyblivé Fe–fosfáty. Nedostatek může být způsoben i nadbytkem Mn, Cu, Ni, Cr, které působí konkurenčně tím, že vytvářejí cheláty a omezují tvorbu chelátů Fe.

Tab. 23: Železo; základní statistické zpracování podle kultur za období 2016 - 2021

Kultura	vážený průměr (mg/kg)	Hodnocení obsahu železa (% výměry)		
		nízký	střední	vysoký
orná půda	313	0,10	84,64	15,27
chmelnice	377	-	67,96	32,04
vinice	132	15,3	83,74	0,96
ovocné sady	277	0,42	90,04	9,54
trvalé travní porosty	359	-	77,18	22,82
zemědělská půda	318	0,12	83,67	16,21

Hnojení půdy anorganickými rozpustnými solemi je málo účinné, zvláště na alkalických půdách. Důležité je omezení faktorů, které blokují příjem Fe (nejčastěji alkalita půdy, přehnojení P apod.). V těchto podmínkách je vhodné používat kysele působící hnojiva, pravidelně organicky hnojit a železo dodávat mimokořenově.

Aktuální průměrný obsah Fe na **orné půdě** je 313 mg/kg. Převážná část tj. 84,64 % orných půd se nachází v kategorii středního obsahu, vysoký obsah Fe má 15,27 % orných půd. Ve všech kulturách převažují půdy středně zásobené Fe.

5.2.4 Mangan (Mn)

Nedostatek Mn se projevuje na suchých stanovištích, neutrálních až alkalických půdách s pH nad 7. Nadbytek Mn se vyskytuje většinou na silně kyselých stanovištích, po hnojení kysele působícími hnojivy a v půdách, kde je malá aktivita mikroorganismů oxidujících Mn^{2+} na méně přístupný Mn^{3+} a Mn^{4+}. Nadbytek Mn^{2+} v půdách omezuje příjem hořčíku a železa rostlinami. Nadbytek Mn v půdním roztoku působí na rostliny toxicky, zvláště na ty, které vyžadují vyšší hodnotu pH.

Manganem se hnojí na půdách s nízkým obsahem Mn. V suchých letech, zejména na neutrálních a alkalických půdách s obsahem do 150 mg Mn/kg v půdě, lze očekávat příznivý účinek foliárního hnojení. Při základním hnojení do půdy přichází v úvahu hlavně síran manganatý v dávkách 20 - 80 kg/ha.

Aktuální průměrný obsah Mn na **orné půdě** je 123 mg/kg (tab. 24). V kategorii středního obsahu se nachází 89,94 % a vysoký obsah Mn zaujímá 9,33 % orných půd. Ve všech kulturách převažují půdy středně zásobené manganem.

Tab. 24: Mangan; základní statistické zpracování podle kultur za období 2016 - 2021

Kultura	vážený průměr (mg/kg)	Hodnocení obsahu manganu (% výměry)		
		nízký	střední	vysoký
orná půda	123	0,73	89,94	9,33
chmelnice	126	-	93,56	6,44
vinice	157	1,32	69,30	29,37
ovocné sady	139	0,22	84,51	15,27
trvalé travní porosty	85	6,33	90,42	3,25
zemědělská půda	118	1,45	89,93	8,62

5.2.5 Zinek (Zn)

Přístupnost zinku rostlinám je značně ovlivňována i hnojením dusíkatými a fosforečnými hnojivy, použitím dusičnanu amonného nebo síranu amonného se sníží pH, a tím se zpřístupní zinek. Jeho nedostatek v minerálních půdách je většinou způsoben nízkým obsahem v matečné hornině, silnou fixací jílovými minerály s vyšším obsahem vápníku a vysokým odnosem z půdy. Nejčastěji se vyskytuje nedostatek v kyselých písčitých půdách humidních oblastí, v půdách s vysokým obsahem jílu a fosforu, v půdách karbonátových a v půdách s vysokým podílem organické hmoty. Při vysokém obsahu Ca může být vápník přímo odpovědný za nedostatek Zn v rostlinách, zvláště v půdách s pH vyšším než 6, kde se může příjem Zn v důsledku tvorby nerozpustných sloučenin snížit až na polovinu. Vysoké obsahy Zn se vyskytují v půdách městských aglomerací, v blízkosti důlních hald a úpraven rud. Toxicitu může způsobit i používání čistírenských kalů. V běžných podmínkách přichází toxicita v úvahu tam, kde se značně zvýší kyselost půdy. Ke zvýšenému příjmu Zn dochází i při nadbytku Fe.

Hnojení zinkem se provádí v půdách s nízkým obsahem, při základním hnojení do půdy se nejčastěji používá síran zinečnatý v dávce 5 - 25 kg Zn/ha. Podobně jako měď má sklon k tvorbě komplexních sloučenin. Celkový přirozený obsah v ornicích činí 10 - 300 mg/kg z převážné části v anorganické vazbě. Průměrný obsah výměnného Zn činí přibližně 0,2 - 2,0 mg/kg, z čehož vodorozpustný podíl je pouze 1 - 10 %.

Aktuální průměrný obsah Zn na **orné půdě** je 5,9 mg/kg (tab. 25). Podíl orných půd s nízkým obsahem Zn činí 6,75 %, kategorie středního obsahu je zastoupena 56,81 % a kategorie vysokého obsahu zaujímá 36,44 % ploch. Ve speciálních kulturách převážná většina půd náleží do kategorie vysokého obsahu Zn.

Tab. 25: Zinek; základní statistické zpracování podle kultur za období 2016 - 2021

Kultura	vážený průměr (mg/kg)	Hodnocení obsahu zinku (% výměry)		
		nízký	střední	vysoký
orná půda	5,9	6,75	56,81	36,44
chmelnice	15,6	-	5,28	94,72
vinice	6,7	9,25	39,26	51,49
ovocné sady	9,4	1,17	29,95	68,88
trvalé travní porosty	6,0	7,35	56,22	36,43
zemědělská půda	6,0	6,78	56,42	36,79

5.3 Obsah kadmia

Kadmium je karcinogenní prvek, který je nebezpečný pro zvířata i pro člověka, a to díky snadnému přechodu do rostlin a vstupu do potravního řetězce. Kumuluje se v ledvinách, játrech a plicích. Do organismu se z půdy může dostat vdechnutím prachových částic či aerosolu nebo potravou. Z antropogenních zdrojů je snadno dostupné a mobilní. Ke snížení příjmu kadmia rostlinami se doporučuje úprava půdní reakce vápněním.

Tab. 26: Deskriptivní charakteristika kadmia podle kultur za období 2019 - 2021

Kultura	Vážený průměr (%)	Medián (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Počet vzorků	Výměra (ha)
Orná půda	0,13	0,11	0,10	5,94	31 219	233 091
Chmelnice	0,11	0,10	0,10	0,19	22	50
Vinice	0,12	0,10	0,10	0,67	348	370
Ovocný sad	0,19	0,13	0,10	1,03	467	1 282
TTP	0,15	0,12	0,10	5,16	10 782	73 388
Zemědělská půda	0,14	0,11	0,10	5,94	42 838	308 181

Hodnocení kadmia je do AZZP standardně začleněno od roku 2019. Doposud prozkoušená výměra 308 tisíc ha neprokázala významnější kontaminaci, pouze ojediněle a lokálně mírně vyšší hodnoty, na něž je hospodařící subjekt nebo vlastník ve výsledkové zprávě v LPIS upozorněn a měl by se vyhnout pěstování citlivých plodin, které kadmium ochotně kumulují.

5.4 Hodnocení půdní organické hmoty

Součástí AZZP se od roku 2014 stalo i hodnocení organické hmoty. Pro analýzy se vzorky vybírají jednotlivě podle kódu BPEJ tak, aby ve výběru byly zastoupeny půdy odlišných půdních typů i druhů a pokud možno i z různých klimatických regionů. Databáze výsledků se rozšiřuje a hodnocení se tak zpřesňuje. Ze vzorkování se vynechávají mimoprodukční plochy.

5.4.1 Oxidovatelný uhlík (C_{OX})

Oxidovatelný (organický) uhlík, představuje primární organickou hmotu v podobě rozložených i nerozložených kořenů, kořenového vlášení, exudátů, posklizňových zbytků, odumřelých mikroorganismů, dodaných organických hnojiv a dále humusové kyseliny a fulvokyseliny. Kategorizaci výsledků podle využití půdy uvádí tab. 27.

Tab. 27: Deskriptivní charakteristika Cox podle kultur za období 2014 - 2021

Kultura	Vážený průměr (%)	Medián (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Počet vzorků	Výměra (ha)
Orná půda	1,58	1,58	0,35	5,05	21 163	299 593
Chmelnice	1,49	1,48	0,67	2,57	182	462
Vinice	1,62	1,47	0,86	2,66	111	168
Ovocný sad	1,75	1,7	0,73	3,35	228	917
TTP	2,22	2,24	0,35	4,31	1 944	26 539
Zemědělská půda	1,64	1,61	0,35	5,05	23 628	327 678

5.4.2 Celkový uhlík (C_{TOT})

Celkový uhlík (C_{TOT}) vyjadřuje množství uhlíku uloženého v organických sloučeninách, který se významně liší v různých půdních typech. Celkové množství uhlíku je ovlivněno především stářím půdy, podnebím, druhem vegetace, topografií, lidskými zásahy a fyzikálními (textura a struktura), chemickými (pH) a biologickými (vegetace) vlastnostmi půdy.

Tab. 28: Deskriptivní charakteristika C_{TOT} podle kultur za období 2014 - 2021

Kultura	Vážený průměr (%)	Medián (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Počet vzorků	Výměra (ha)
Orná půda	1,82	1,81	0,13	4,85	9 023	108 916
Chmelnice	1,49	1,41	1,16	1,95	34	103
Vinice	1,50	1,44	1,00	2,72	64	74
Ovocný sad	1,95	1,89	1,06	2,94	97	453
TTP	2,64	2,65	1,00	5,39	1 004	11 114
Zemědělská půda	1,90	1,86	0,13	5,39	10 222	120 661

5.4.3 Poměr C:N

Dusík je důležitou součástí půdní organické hmoty, přibližně 20-40 % z celkového obsahu je uloženo v organických sloučeninách. Ke zdrojům organického dusíku náleží biomasa mikrobů, metabolity organismů žijících v půdě, dále rostlinné a živočišné zbytky. V půdních vzorcích je stanovován i dusík, který slouží pro výpočet poměru C:N, který náleží k důležitým indikátorům kvality a zdraví půdy. Užší poměr uhlíku k dusíku je výsledkem vyšší kvality humusu, je-li v rozmezí 10:1 nebo nižší, je obsah N hodnocen jako vysoký. Naopak je-li poměr C:N širší, v půdě dochází k vyšší imobilizaci dusíku činností půdních mikroorganismů.

Tab. 29: Deskriptivní charakteristika poměru C:N podle kultur za období 2014 - 2021

Kultura	Vážený průměr	Medián	Minimum	Maximum	Počet vzorků	Výměra (ha)
Orná půda	10,8	9,6	1,4	52,0	8 970	108 473
Chmelnice	8,8	9,0	6,4	10,6	34	103
Vinice	9,6	9,6	7,1	12,5	64	74
Ovocný sad	11,0	9,9	7,7	32,6	91	429
TTP	10,4	9,8	5,0	23,8	1 002	11 054
Zemědělská půda	10,8	9,7	1,4	52,0	10 161	120 133

6 ZÁVĚR

Významným nástrojem, ale i indikátorem péče o půdu je pravidelná, státem garantovaná kontrola v systému Agrochemického zkoušení zemědělských půd. Pravidelně aktualizované výsledky AZZP umožňují účelnou regulaci chemizmu půd, optimalizaci stanovištních podmínek rostlin vápněním a racionálním hnojením půdy i pěstovaných rostlin. Výsledky AZZP poskytují podnikatelům v zemědělství a vlastníkům půdy cenné údaje o jejich pozemcích, které se využívají jako podklad pro plánování hnojení a v neposlední řadě i při tržních a nájemních vztazích s půdou. Sumární statistické přehledy zaujímají své místo v regionální a celostátní agrární politice. Třídění výsledků podle územně správních celků poskytuje informace o půdní úrodnosti, tedy o stavu půdní reakce a živinovém režimu P, K, Mg a Ca, popřípadě organické hmoty, které indikují současný potenciál půd pro udržení potravinové bezpečnosti země.

Z výše uvedeného dlouhodobého vývoje sledovaných půdních vlastností je patrný trend nárůstu silně kyselých a kyselých půd, jako následek silného a stále trvajícího snížení spotřeby vápenatých hnojiv. Obdobně výrazné snížení spotřeby fosforečných hnojiv se projevuje postupným nárůstem ploch s nízkým obsahem přístupného fosforu. U draslíku je obecně patrná stagnace zásobenosti půd touto živinou, i když dlouhodobé snížení spotřeby draselných hnojiv je podobné jako u fosforu. Pravděpodobně dochází v půdě k uvolňování draslíku z méně přístupných forem. Vývoj obsahu vápníku v půdě vykazuje po celou dobu sledování mírně se zhoršující tendenci, která úzce koreluje s hodnotou pH.

Agrární politika ČR si klade za cíl dosáhnout celospolečensky efektivního využívání půdního potenciálu krajiny v souladu s environmentálními zásadami hospodaření s půdou. Zabezpečení pěstovaných rostlin optimálním množství živin není možné bez účelného použití minerálních hnojiv. Při jejich aplikaci je třeba ovšem dbát na to, aby se nestaly zdrojem ohrožení životního prostředí a potravního řetězce. Zkušenosti s používáním minerálních hnojiv ukazují, že jednotlivé případy jejich záporného vlivu na okolní prostředí souvisí především s individuálními chybami v jejich použití. Hlavními kritérii hodnocení minerálních hnojiv musí být nejen agrochemická účinnost hnojiva a ekonomika hnojení, ale i hlediska ekologická a zdravotní.

7 POUŽITÁ LITERATURA

1. BENEŠ, S. (1993): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. I. část. Ministerstvo zemědělství České republiky. Agrospoj. Praha. 88 s. ISBN 80-7084-051-X
2. BENEŠ, S. (1994): Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část. Ministerstvo zemědělství České republiky. Agrospoj. Praha. 159 s. ISBN 80-7084-090-0
3. ČERMÁK P., MÜHLBACHOVÁ G., KÁŠ M., VAVERA R., PECHOVÁ M. (2018): Metodický postup pro stanovení obsahu mikroelementů metodou Mehlich 3 a návrh hodnocení kritérií jejich obsahu v zemědělských půdách; 2018 VURV, v.v.i. Praha, ISBN 978-80-7427-266-0
4. ČSU: Průměrná spotřeba minerálních hnojiv v ČR. (údaje MZe ČR), 2021.
5. LPIS (online) 2022 dostupné https://portal.mze.cz/ssl/app/lpis/lpis/ng/uvod/
6. MALÝ S., ZBÍRAL J., ČIŽMÁROVÁ E. (2021): Is Mehlich 3 soil extraction a suitable screening method for determination of some risk elements, Plant, Soil Environment (Published online on August 13, 2021)
7. SMATANOVÁ M., 2020: Jednotné pracovní postupy pro AZZP v České republice v období 2018 až 2022. Metodický pokyn ÚKZÚZ č.01/AZZP.
8. SMATANOVÁ M.: Výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd za období 2016 - 2021. ÚKZÚZ, Brno, 2021, ISBN 978-80-7401-216-7
9. ZBÍRAL J. (2016): Determination of plant-available micronutrients by the Mehlich 3 soil extractant - a proposal of critical values. Plant, Soil Environment (Vol. 62, 2016, No. 11: 527–531)
10. ZBÍRAL J., ČIŽMÁROVÁ, E., OBDRŽÁLKOVÁ, E.: Jednotné pracovní postupy, Analýza půd I,. vyd. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělsky, Národní referenční laboratoř, 2016, Brno, 290 s. ISBN 978-80-7401-123-8
11. ZBÍRAL J., MALÝ S., VÁŇA M. (2011): Jednotné pracovní postupy, Analýza půd III, ISBN 978-80-7401-044-6

8 PŘÍLOHA

Tab. 30: Vážené průměry obsahu přístupných živin, období 2016 - 2021

kultura	výměra v ha	pH	P	K	Mg	Ca	K:Mg
			mg/kg půdy				
Orná půda	2 233 983	6,1	91	258	198	3 013	1,53
Chmelnice	3 931	6,3	305	486	314	3 551	1,64
Vinice	8 576	7,2	95	314	353	8 146	1,10
Ovocný sad	11 958	6,3	117	368	260	3 755	1,63
Trvalý travní porost	444 448	5,4	79	254	216	2 040	1,43
Zemědělská půda	2 702 896	6,0	89	259	202	2 873	1,52

Základní statistické zpracování za období 2016 - 2021

kultura	půdní reakce (v % výměry)						
	EK	SilK	K	SlaK	N	A	SilA
Orná půda	1,29	7,86	18,59	41,51	17,39	13,27	0,09
Chmelnice	2,88	7,03	14,51	33,74	28,04	13,8	-
Vinice	0,21	0,7	2,32	9,07	16,01	68,9	2,78
Ovocný sad	1,87	5,07	14,11	40,5	20,84	17,48	0,13
Trvalý travní porost	5,41	26,63	38,4	25,08	3,58	0,89	0,01
Zemědělská půda	1,97	10,91	21,77	38,69	15,15	11,43	0,08

kultura	obsah přístupného FOSFORU (v % výměry)				
	N	VH	D	V	VV
Orná půda	26,5	27,85	21,34	17,24	7,07
Chmelnice	10,52	13,93	25,9	28,01	21,64
Vinice	29,56	32,9	27,35	7,79	2,4
Ovocný sad	12,84	33,8	37,62	11,96	3,78
Trvalý travní porost	16,34	25,12	27,77	19,72	11,05
Zemědělská půda	24,76	27,42	22,49	17,61	7,72

kultura	obsah přístupného DRASLÍKU (v % výměry)				
	N	VH	D	V	VV
Orná půda	9,04	25,74	41,22	13,75	10,25
Chmelnice	6,08	25,63	31,15	19,08	18,06
Vinice	7,49	35,4	32,8	16,87	7,44
Ovocný sad	3,37	28,75	37,63	17,92	12,32
Trvalý travní porost	11,53	31,19	23,45	18,99	14,84
Zemědělská půda	9,42	26,68	38,24	14,65	11,01

kultura	obsah přístupného HOŘČÍKU (v % výměry)				
	N	VH	D	V	VV
Orná půda	14,08	33,54	34,72	9,9	7,76
Chmelnice	7,39	24,97	37,8	20,8	9,04
Vinice	2,45	19,9	41,38	21,48	14,79
Ovocný sad	6,73	46,46	31,58	8,86	6,37
Trvalý travní porost	12,25	19,33	20,84	23,58	23,99
Zemědělská půda	13,7	31,2	32,45	12,2	10,45

kultura	obsah přístupného VÁPNÍKU (v % výměry)				
	N	VH	D	V	VV
Orná půda	11,01	38,97	24,65	12,56	12,81
Chmelnice	0,82	15,06	40,41	30,07	13,63
Vinice	1,99	5,66	11,37	16,95	64,03
Ovocný sad	6,49	30,01	26,68	17,4	19,42
Trvalý travní porost	20,9	49,96	19,5	6,83	2,81
Zemědělská půda	12,57	40,6	23,79	11,68	11,36

II 50 LET STACIONÁRNÍHO VÝŽIVÁŘSKÉHO POKUSU



1 ÚVOD

a výživy rostlin přesné polní pokusy v provozních podmínkách, s cílem zpřesnit hodnocení výsledků agrochemického zkoušení půd. Na základě získaných poznatků byly od roku 1972 zakládány na zkušebních stanicích ústavu dlouhodobé stacionární polní pokusy, řešící problematiku výživy rostlin a hnojení ve vztahu k dosahované produkci a změnám půdních vlastností.

Jejich cílem je hodnotit vztahy mezi intenzitou hnojení, výnosy, obsahem živin v půdě a příjmem živin rostlinami a jejich vývoj v čase. Toto komplexní hodnocení dovoluje během let sledovat vývoj zásobenosti půdy sledovanými základnímu živinami, dusíkem, fosforem a draslíkem. Pokusy umožňují nalezení optimální intenzity hnojení pro vyrovnanou bilanci.

Jako první byl v roce 1972 založen pokus s názvem *Sledování vlivu stupňované intenzity hnojení na výnosy plodin a agrochemické vlastnosti půdy,* nejdříve na stanici Uherský Ostroh a v následujících letech i na dalších stanicích umístěných v různých půdně-klimatických podmínkách řepařské a bramborářské oblasti. Výsledky pokusu poskytují podklady pro stanovení racionální intenzity hnojení, při které jsou dosahovány příznivé výnosy, za současného udržení odpovídající půdní úrodnosti. Další dlouhodobé pokusy s různými specifickými cíli byly zakládány po roce 1990.

Výsledky nabývají na významu zvláště v posledních letech, kdy se nízká intenzita hnojení základními živinami a vápnění promítá do poklesu zásoby přístupných živin v půdě a zvyšování podílu kyselých půd. Proto je třeba sumarizace výsledků a poznatků, prokazující účelnou potřebu hnojení a umožňující předcházet negativním změnám, které by mohly dlouhodobě poznamenat půdní úrodnost.

Záměrem této publikace je prezentace dosažených výsledků nejstaršího založeného pokusu, neboť výsledky jsou shromažďovány již od roku 1972, což představuje padesátiletou řadu dat, ze které je možno mnoho poznatků zobecnit a vytvořit seriózní závěry pro praktické využití.

2 HISTORIE ZALOŽENÍ POKUSŮ

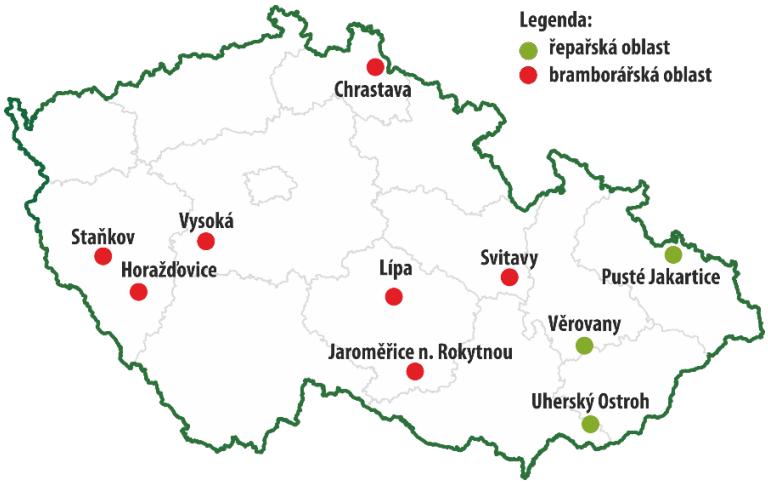
Michaela Smatanová

Do poloviny šedesátých let se zakládaly přesné polní výživářské pokusy na provozních plochách zemědělských podniků. Za účelem přesnějšího hodnocení výsledků agrochemického zkoušení půd byly v roce 1964 založeny polní pokusy se stupňovanými dávkami fosforu a draslíku. V průběhu čtyřletého období byl na 25 lokalitách v řepařské a bramborářské oblasti sledován vliv hnojení na výnosy pokusných plodin a na vývoj zásobenosti půdy přístupným fosforem a draslíkem. Ve spolupráci se zemědělskými podniky probíhalo vytipování vhodného umístění a půdních vlastností odpovídajících účelu zkoušení na pozemcích podniku. Zemědělské podniky zajišťovaly na pokusné ploše běžné agrotechnické zásahy. Pokusnické práce prováděli tehdejší pracovníci Referátu výživy rostlin (RVR) ve většině případů sami, při pracnějších zásazích (hnojení parcel, sklizeň) byli zapojeni pod jejich vedením zaměstnanci zemědělského podniku. Například sklizeň obilnin probíhala ručním pokosením parcel a po vyschnutí obilí v panácích následoval výmlat maloparcelní mlátičkou, která se převážela na nákladním automobilu na jednotlivá pokusná místa.

Tento systém vedení pokusů byl velmi pracný, časově i fyzicky poměrně náročný. Hlavní nevýhodou tohoto systému byly chyby vznikající při agrotechnických úkonech. Podle závažnosti byl pokus na dané vegetační období z hodnocení vyloučen nebo zrušen úplně. Vysoká pracnost, nižší kvalita pokusnických prací prováděných zaměstnanci podniku a rušení pokusů byly hlavními důvody pro zavedení nového systému zkoušení účinnosti hnojiv.

V této době byly vedeny na vysoké úrovni pokusy na odrůdových zkušebních stanicích ústavu, které byly dlouhodobě cíleně budovány a vybavovány pokusnickou technikou. Z tohoto důvodu bylo navrženo přesunout výživářské pokusy na tyto stanice. Tohoto nápadu se ujal ředitel brněnské pobočky Ing. Miroslav Kolář, který prosadil v roce 1967 založení prvních výživářských pokusů na stanici v Uherském Ostrohu. Pracovníci RVR měli i nadále plnou zodpovědnost za organizaci všech pokusnických prací. Výhodou této změny byla stabilita pokusného místa, využití maloparcelní techniky zkušební stanice a vysoká kvalita práce traktoristů i manuálních pracovníků zvyklých na přesnou pokusnickou práci. Na základě velmi dobré spolupráce s tehdejší Odrůdovou zkušebnou v Uherském Ostrohu byl systém polních pokusů postupně převáděn ze zemědělských podniků na další odrůdové stanice, kde byly zřizovány tzv. výživářské báze v uspořádání, které se udrželo do dnes. V roce 1972 bylo založeno prvních sedm dlouhodobých pokusů na stanicích Otice, Sedlec, Uherský Ostroh, Žatec, Trutnov, Horažďovice a Ždánice. Postupně od roku 1974 do roku 1981 přibylo deset dalších, na stanicích Pusté Jakartice, Chrastava, Jaroměřice, Krásné Údolí, Lípa, Libějovice, Měšice, Staňkov, Svitavy a Vysoká. V průběhu tohoto období však musely být tři pokusy zrušeny (Otice, Trutnov, Ždánice). V roce 2008 byl zrušen pokus v Sedleci z důvodu navracení pozemků původnímu majiteli. V Libějovicích byla v roce 2010 zrušena zkušební stanice a tím zde zanikly i dlouhodobé pokusy. V roce 2022 se výživářské pokusy provádějí na 10 zkušebních stanicích Odboru provozního a zkušebního (obr. 1), metodicky jsou vedeny Sekcí zemědělských vstupů.

Obr. 1: Současný stav rozmístění stacionárního pokusu



V souvislosti s popsaným založením výživářského pokusu je nutné vzpomenout dva významné pracovníky brněnské pobočky, Ing. Miroslava Koláře, ředitele Krajské pobočky ÚKZÚZ v Brně a vedoucího Oddělení agrochemie a výživy rostlin Ing. Miroslava Škorpila, kteří se na zakládání podíleli. Význačný vliv při zakládání pokusů, souhrnném zpracování výsledků měl i specialista na výživu rostlin Ing. Karel Trávník, který se po dobu 38 let stacionárními pokusy zabýval a vedl Oddělení agrochemie v Brně do roku 2003. Na prosazení nového systému stacionárních pokusů v celorepublikovém měřítku měl zásluhu vedoucí Oddělení agrochemie a výživy rostlin odboru v Praze Ing. Ladislav Pecina, CSc. Připomínáme i pana Miroslava Kotouče, znamenitého pokusníka výživáře, který s mimořádnou pečlivostí vedl pokusnickou agendu odboru.



Obr. 2: Instalace polního lyzimetru r. 1983, zprava Ing. Karel Trávník, Ing. Miroslav Škorpil, Ing. Zdeněk Nečas, vedoucí stanice v Lednici.

3 CHARAKTERISTIKA POKUSNÝCH MÍST

Ivana Komprsová

Základní půdní a klimatické údaje 10 zkušebních stanic, na nichž probíhá sledování dlouhodobého vlivu hnojení na výnosy a změnu půdních vlastností, jsou uvedeny v tabulce 1. Tři stanoviště se nacházejí v řepařské výrobní oblasti (ŘVO) a sedm stanovišť v bramborářské výrobní oblasti (BVO). Nadmořská výška stanic je od 196 metrů do 595 metrů, srážkový úhrn 481 mm až 738 mm a průměrná roční teplota od 7,1 °C do 9,2 °C. Stanoviště reprezentují rozdílnost půdních a klimatických podmínek ČR.

Tab. 1: Charakteristika pokusných míst

zkušební stanice	zkratka	výr. oblast	rok založení	nadm. výška (m)	dlouhod normál (mm)	dlouh. normál (°C)	půdní typ a druh
Horažďovice	HOR	BVO	1978	472	585	7,8	KAm - ph
Hradec n. Svit.	HRA	BVO	1981	460	616	7,4	HNm - jh
Chrastava	CHT	BVO	1977	345	738	8,0	HNl - ph
Jaroměřice n. R.	JAR	BVO	1975	425	481	8,0	HNm - jh
Lípa	LIP	BVO	1974	505	594	7,5	KAg - ph
P. Jakartice	PJA	ŘVO	1979	290	584	8,3	HNl - h
Staňkov	STV	BVO	1981	370	537	8,1	HNm - h
Uh. Ostroh	UHO	ŘVO	1972	196	521	9,2	KAm - h
Věrovany	VER	ŘVO	1990	207	502	8,7	CEl - h
Vysoká	VYS	BVO	1983	595	611	7,1	LUg - h

Geologický podklad pokusných stanovišť tvoří různé typy hornin. Na několika lokalitách jsou zastoupeny různé horniny Českého masivu, z hlediska chronostratigrafie náležící k starohorám až prvohorám. Na lokalitě Lípa tvoří podloží granit. Metamorfované horniny, biotické ruly, jsou přítomny na lokalitách Horažďovice a Jaroměřice. Geologický podklad lokality Staňkov tvoří fylitické břidlice a droby. Kvarterní deluviální sedimenty lokality Vysoká mají také svůj původ v drobách, arkózách a pískovcích ostrovní zóny středočeského plutonu Českého masivu.

Druhohorní křídový vápnito-jílový glaukonitický pískovec české křídové pánve tvoří geologický podklad lokality Svitavy. Lokalita Uherský Ostroh se nachází na třetihorních neogenních prachovitých jílech, píscích a místy štěrcích Vídeňské pánve. Neogenní štěrky, písčité štěrky a písky s vložkami jílů se v kontaktu s rulou vyskytují také na lokalitě Jaroměřice. Lokality Věrovany, Pusté Jakartice a Chrastava se nacházejí na spraších a sprašových hlínách.

4 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Ivana Komprsová

Pro posouzení klimatických podmínek celého padesátiletého období sledování byly pro řepařskou a bramborářskou oblast shrnuty údaje o průměrné roční teplotě, ročním úhrnu srážek a byl vypočítán Langův dešťový faktor (LDF), který vyjadřuje podmínky přirozeného zavlažení krajiny a dostupnosti vláhy v půdě pro rostliny (tab. 2, 3). Vyjadřuje se jako podíl průměrného ročního úhrnu srážek a průměrné roční teploty vzduchu.

Na územích aridních až semiaridních je doporučováno zavlažování, naopak na perhumidních je nezbytné odvodnění.

Tab. 2: Roční údaje o klimatických podmínkách

rok	řepařská oblast			bramborářská oblast		
	průměrná teplota (°C)	úhrn srážek (mm)	Langův dešťový faktor	průměrná teplota (°C)	úhrn srážek (mm)	Langův dešťový faktor
1972	8,5	550	64,7	7,3	607	83,2
1973	8,6	462	53,7	7,2	574	79,7
1974	9,3	629	67,6	8,0	805	100,6
1975	9,3	508	54,6	8,1	660	81,5
1976	8,5	509	59,9	7,3	603	82,6
1977	8,7	717	82,5	7,7	802	104,2
1978	7,8	503	64,5	6,9	657	95,2
1979	8,3	619	74,6	7,3	757	103,7
1980	7,3	550	75,4	6,4	706	110,3
1981	8,4	660	78,6	7,4	822	111,1
1982	8,8	456	51,9	7,8	533	68,3
1983	9,2	451	49,0	8,1	566	69,8
1984	8,1	516	63,7	7,0	595	85,0
1985	7,4	624	84,3	6,4	652	101,9
1986	8,0	526	65,8	7,1	685	96,5
1987	7,6	645	84,9	6,6	735	111,4
1988	8,9	512	57,6	7,9	669	84,7
1989	9,3	454	48,8	8,4	542	64,5
1990	9,4	505	53,7	8,4	520	61,9
1991	8,2	497	60,6	7,2	540	75,0
1992	9,5	468	49,3	8,6	555	64,5
1993	8,5	508	59,8	7,6	646	84,9
1994	9,9	563	56,9	8,9	619	69,5
1995	9,0	629	69,9	7,9	738	93,4
1996	7,3	641	87,7	6,3	651	103,3
1997	8,5	651	76,5	7,6	681	89,6
1998	9,1	601	66,1	8,2	645	78,6
1999	9,4	541	57,6	8,3	576	69,4
2000	10,2	573	56,2	9,1	667	73,3
2001	8,9	664	74,6	7,8	750	96,1
2002	9,7	651	67,1	8,7	855	98,3
2003	9,1	387	42,3	8,3	425	51,2
2004	8,8	503	57,2	7,7	612	79,5
2005	8,7	596	68,5	7,8	653	83,7
2006	9,0	552	61,3	8,2	636	77,6
2007	9,9	611	61,7	9,0	669	74,3
2008	10,0	523	52,3	8,8	569	64,7
2009	9,6	621	64,7	8,3	708	85,3
2010	8,5	787	92,6	7,1	806	113,5
2011	9,2	589	64,2	8,2	668	82,4
2012	9,6	539	56,1	8,5	591	69,5
2013	9,1	628	69,0	8,0	651	81,4
2014	10,6	563	53,1	9,5	605	63,7
2015	10,5	398	37,9	9,5	447	47,1
2016	9,9	601	60,7	8,7	566	65,1
2017	9,7	566	58,4	8,6	628	73,0
2018	10,9	419	38,4	9,7	533	54,9
2019	11,4	559	49,0	9,8	542	55,3
2020	11,0	727	66,1	9,5	684	72,0
2021	10,0	518	51,8	8,5	624	73,4

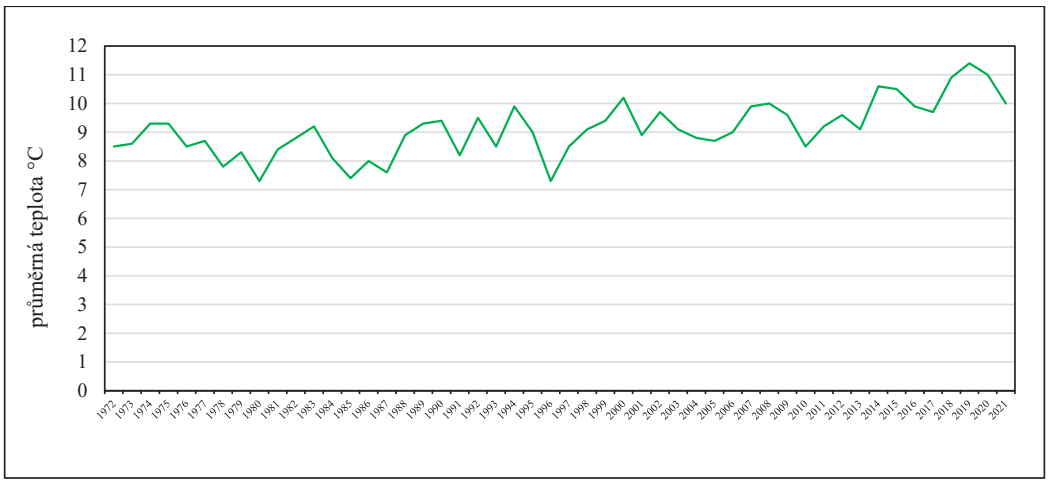
Tab. 3: Klasifikace klimatu podle hodnoty Langova dešťového faktoru

klima	hodnota LDF
výstředně aridní	< 10
aridní	10 - 40
semiaridní	40 - 50
semihumidní	50 - 60
humidní	60 - 160
perhumidní	> 160

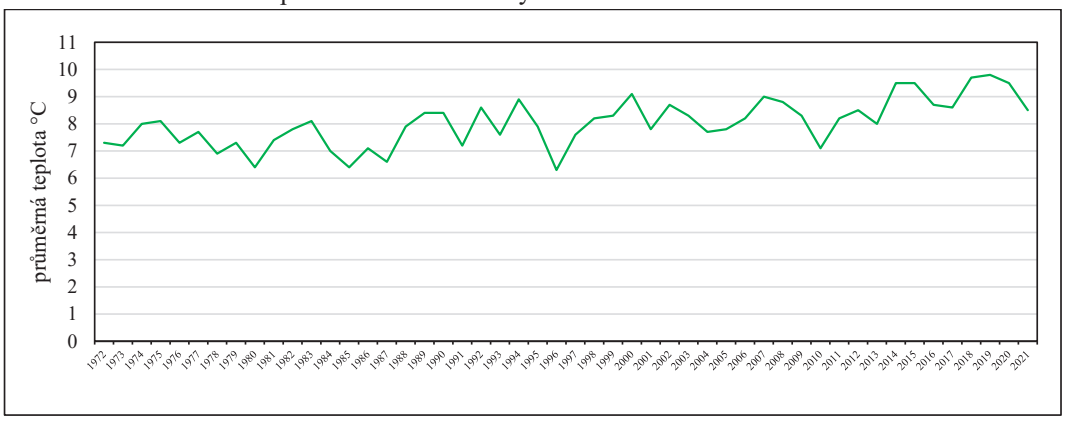
Dlouhodobé údaje (tab. 2) ukazují, že v řepařské výrobní oblasti se za 50 let sledování pohybovala průměrná roční teplota od 7,3 °C do 11,4 °C, přičemž od roku 1994 se pravidelně vyskytují průměrné teploty nad 9 °C a v posledním desetiletí i nad 10 °C. Roční úhrn srážek byl zaznamenán od 387 mm do 787 mm a Langův dešťový faktor vykazoval hodnoty od 37,9 do 92,6. Nejsuššími roky, které dle LDF klasifikujeme jako období se semiaridním klima (zde se doporučuje zavlažování) byly 1983, 1989, 1992, 2003, 2015, 2018, 2019. Častější výskyt je v posledním desetiletí a obecně lze konstatovat že v ŘVO jsou hodnoty LDF výrazně nižší než v BVO, řepařská výrobní oblast je sušší a teplejší.

Bramborářskou výrobní oblast je možno charakterizovat rozpětím průměrných ročních teplot od 6,3 °C do 9,7 °C, úhrnem srážek od 425 mm do 855 mm a Langovým dešťovým faktorem od 47,12 do 111,4. Vyšší průměrné roční teploty se vyskytovaly v druhé polovině sledovaného padesátiletého období, naopak vyšší úhrny srážek okolo 700 mm byly zaznamenány v prvním a třetím desetiletí, což je patrné i na hodnotách LDF, který se v BVO pohyboval převážně v příznivých hodnotách, nejméně příznivým z hlediska klima byl rok 2015. Postupné zvyšování průměrné roční teploty v posledních dvou dekádách prezentují grafy 1 a 2.

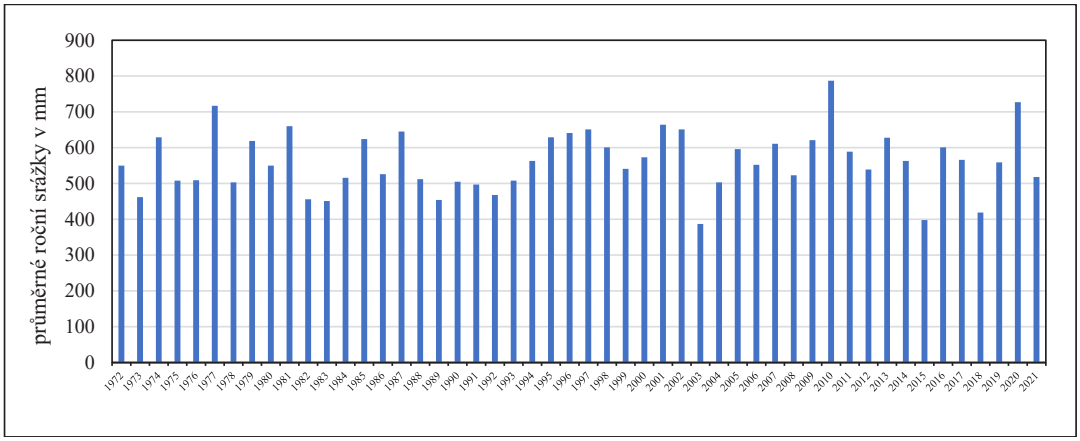
Graf 1: Průměrná roční teplota v ŘVO mezi roky 1972 - 2021



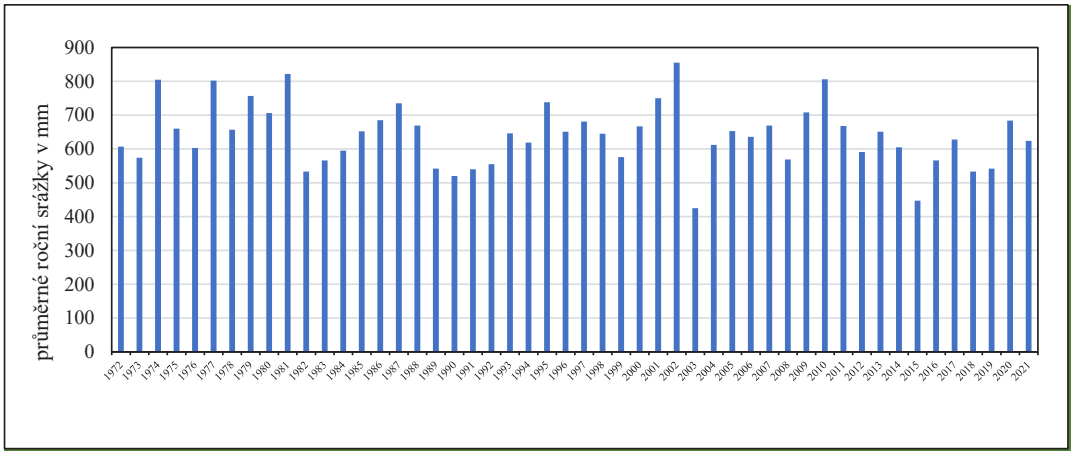
Graf 2: Průměrná roční teplota v BVO mezi roky 1972 - 2021



Graf 3: Průměrné roční úhrny srážek v ŘVO mezi roky 1972 - 2021



Graf 4: Průměrné roční úhrny srážek v BVO mezi roky 1972 - 2021



V posledním desetiletí je častější výskyt roků s nižším ročním úhrnem srážek, což může být v kombinaci se zvyšující se průměrnou roční teplotou limitním faktorem pro růst plodin (graf 3, 4).

5 METODIKA

Ivana Komprsová

5.1 Cíle pokusu

- Sledování závislostí mezi intenzitou hnojení a výrobností osevního postupu, stanovení optimálních dávek živin
- Sledování změn agrochemických vlastností půd při stupňované intenzitě hnojení a upřesňování kritérií pro hodnocení obsahu přístupných živin
- Sledování dodaných a odčerpaných živin – bilance živin
- Posouzení vlivu použitých hnojiv na kvalitu produkce

5.2 Osevní sled

Pokusné plodiny jsou řazeny do pravidelných osevních sledů (tab. 4). První dva osevní sledy (1972 - 1980 a 1981 - 1989) byly devítihonné, další čtyři (1990 - 1997, 1998 - 2005, 2006 - 2013 a 2014 - 2021) osmihonné, s 50 % zastoupením obilnin. Pro volbu plodin je určující výrobní oblast. Odrůdy jsou voleny pro všechna stanoviště jednotné, vybírány jsou plastické odrůdy s předpokladem výborného zdravotního stavu a odolností proti poléhání.

Tab. 4: Osevní sled podle výrobních oblastí

rok osevního sledu	výrobní oblast	
	řepařská (ŘO)	bramborářská (BO)
1	vojtěška	jetel
2	vojtěška	jetel
3	pšenice ozimá	
4	brambory rané	
5	pšenice ozimá	
6	ječmen jarní	
7	cukrovka	brambory
8	ječmen jarní	

5.3 Varianty hnojení

V pokusu je zařazeno 12 variant (tab. 5), které zahrnují organické i minerální hnojení a vápnění. Na všech zkušebních místech je uspořádání shodné, pouze varianta 12 je hnojena odlišně podle výrobní oblasti. Všechny varianty mají šest opakování, což je dostatečný počet k omezení působení náhodných půdních vlivů na dosahované výsledky. Jednotlivá opakování jsou šachovnicově rozmístěna v pokusném dílci. Toto uspořádání nejlépe zohledňuje případnou půdní nevyrovnanost.

Tab. 5: Schéma variant hnojení

Varianty hnojení	minerální hnojení			organické hnojení	vápnění
	N	P	K		
1. nehnojeno	0	0	0	nehnojeno	nehnojeno
2. hnůj	0	0	0	Hnojeno chlévským hnojem	dle potřeby zásobně
3. hn+N2P2K0	2	2	0		
4. hn+N2P2K1	2	2	1		
5. hn+N2P2K2	2	2	2		
6. hn+N2P2K3	2	2	3		
7. hn+N2P0K2	2	0	2		
8. hn+N2P1K2	2	1	2		
9. hn+N2P3K2	2	3	2		
10. hn+N1P1K1	1	1	1		
11. hn+N3P3K3	3	3	3		
12. hn+N2P2K2 [1)]	2	2	2		
12. hn+N3P3K3 [2)]	3	3	3		nevápněno

1) v řepařské výrobní oblasti (na rozdíl od varianty 5 hnojeno každoročně)
2) v bramborářské výrobní oblasti (na rozdíl od varianty 11 bez vápnění)

5.4 Úroveň hnojení a použitá hnojiva

Dusík, fosfor a draslík jsou aplikovány v minerálních hnojivech (tab. 6) ve třech hladinách (tab. 7) 1 - nízká, 2 - střední, 3 – vysoká. V řepařské výrobní oblasti jsou varianty 3 až 11 hnojeny fosforem a draslíkem zásobně, varianta 12 se střední hladinou všech živin je na rozdíl od varianty 5 hnojena každoročně. V bramborářské výrobní oblasti jsou zásobně hnojeny varianty 3 až 12. Varianty 11 a 12 s vysokou hladinou všech živin se liší vápněním. Varianta 12 se nevápní pro zjištění vlivu vysokých dávek hnojiv na půdní reakci.

Ke hnojení pokusů se používají běžná minerální hnojiva (tab. 6). Dusík je při přípravě půdy k setí a sázení aplikován v síranu amonném, k přihnojení na list se používá ledek amonný s vápencem. Zdrojem fosforu je granulovaný superfosfát, draslík je dodáván ve formě draselné soli. Hladiny fosforu a draslíku jsou pro všechna pokusná místa v řepařské i bramborářské oblasti shodné, hladiny dusíku jsou v ŘVO a BVO přizpůsobeny nárokům pěstovaných plodin. Chlévským hnojem v množství 40 t/ha se hnojí varianty 2 - 12 dvakrát za osevní postup k okopaninám.

Tab. 6: Obsah čistých živin v používaných hnojivech

Typ hnojiva	N %	P %	K %
Síran amonný	21,0	-	-
Ledek amonný s vápencem	27,5	-	-
Superfosfát	-	7,8	-
Draselná sůl	-	-	50

Během osevního postupu se dvakrát vápní mletým vápencem podle potřeby vyplývající z kritérií, tj. podle druhu půdy a průměrné hodnoty pH dané varianty.

Během vegetace se podle stavu zaplevelení porostu a výskytu chorob a škůdců provádí ošetření registrovanými přípravky na ochranu rostlin, podle doporučení k aplikaci uvedené v příbalovém letáku. Aplikace růstových regulátorů se neprovádí.

Tab. 7: Průměrné roční dávky živin v minerálních hnojivech

hladina živin	minerální hnojení v kg/ha čistých živin			
	N		P	K
	ŘVO	BVO		
1 - nízká	46	48	13	33
2 - střední	69	73	26	66
3 - vysoká	92	97	53	132

5.5 Přehled chemických analýz rostlin a půdy

Za účelem sledování změn agrochemických vlastností půd ovlivněných stupňovaným hnojením jsou každoročně po sklizni pěstované plodiny odebírány z každé varianty hnojení půdní vzorky z horizontu 0 - 30 cm. U těchto vzorků se stanovuje hodnota pH ve výluhu $CaCl_2$ a obsah přístupných živin (P, K, Ca, Mg) a mikroelementů (S, Zn, Cu, B, Mn, Fe) v extraktu připraveném metodou Mehlich 3 s následným stanovením jednotlivých prvků atomovou emisní spektrometrií (ICP-OES).

Po ukončení osevního postupu po sklizni jarního ječmene se ve vzorcích z orniční vrstvy všech variant a opakování stanovují následující parametry:

- zrnitostní složení (druh půdy), kationtová výměnná kapacita
- oxidovatelný uhlík (C_{OX}), celkový dusík (N_{TOT}), celkový uhlík (C_{TOT}), glomalin a poměr Q4/6 metodou NIR

Pro posouzení příjmu živin a výpočtu bilance živin jsou každoročně před sklizní pěstované plodiny odebrány z každé varianty hnojení vzorky hlavního a vedlejšího produktu v nichž je stanoven obsah N, P, K, Ca a Mg. Na základě výnosu a obsahu jednotlivých prvků ve sklizených produktech je poté vypočítáno množství živin odčerpaných sklizní. Bilance je počítána jako rozdíl mezi množstvím živin dodaných hnojením a odebraných sklizní.

5.6 Stanovení kvalitativních vlastností sklizených produktů

Pro zjištění vlivu stupňovaných dávek živin na kvalitativní vlastnosti sklizených produktů jsou prováděny u vybraných variant základní technologické rozbory. U obilnin se stanovuje hmotnost tisíce zrn (HTZ), obsah N-látek a u cukrovky cukernatost. Obsah N-látek byl pomocí koeficientu přepočten na obsah N v kg na 1 tunu zrna.

5.7 Způsob hodnocení výsledků

Výsledky pokusu jsou uspořádány podle stupňovaných hladin živin do tří samostatných skupin. Do první jsou zařazeny varianty 1 - nehnojeno, 2 - samotný chlévský hnůj a tři varianty hnojené hnojem a zároveň i minerálně, se stupňovanou dávkou živin v minerálních hnojivech - 10 (hnůj + N1P1K1), 5 (hnůj + N2P2K2), 11 (hnůj + N3P3K3). Ve druhé skupině variant je stupňována pouze dávka fosforu – P0, P1, P2, P3 při střední úrovni hnojení dusíkem a draslíkem (N2K2) - varianty 7, 8, 5, 9 a ve třetí skupině obdobně pouze dávka draslíku při střední hladině hnojení dusíkem a fosforem (N2P2) – K0, K1, K2, K3 (3, 4, 5, 6).

Na základě výnosů hlavního produktu je hodnocen rozdíl v produktivitě jednotlivých stanovišť v BVO a ŘVO, rozdíl mezi zásobním a každoročním hnojením (ŘVO), rozdíl mezi variantou vápněnou a nevápněou (BVO) a rozdíl účinnosti hnojení mezi ŘVO a BVO.

Průměrná hodnota výnosů jednotlivých plodin za výrobní oblast je vážený průměr, který zohledňuje počet hodnocených let na jednotlivých stanovištích. Hodnoceno je období od založení pokusu na stanovištích do roku 2021, který je posledním rokem 6. osevního sledu.

Rozdíly mezi variantami byly hodnoceny zvlášť za stanoviště v řepařské a v bramborářské výrobní oblasti. Statisticky hodnoceny byly rozdíly mezi všemi dvanácti variantami (tedy zahrnujícími varianty se stupňovanou dávkou všech živin, se stupňováním dávky P a se stupňovanou dávkou K. V ŘVO se navíc hodnotí varianta se zásobním (var. 5) a každoročním hnojením (var. 12) a v BVO varianta vápněná (var. 5) a bez vápnění (var. 12) Pro každou variantu byla použita data za celou dobu trvání pokusu.

K hodnocení statistických rozdílů mezi srovnávanými variantami byla použita vícefaktorová ANOVA. Mezi faktory byly zahrnuty varianta hnojení, rok a stanice. K následnému mnohonásobnému porovnání byl použit Tukeyho test. Statisticky průkazné rozdíly mezi variantami na hladině významnosti $p < 0,05$ jsou v tabulkách i grafech značeny rozdílnými písmeny.

Pro zhodnocení změny výše výnosů v průběhu pokusu byla vybrána kontrola a varianty se střední (5. hn + N2P2K2) a nejvyšší úrovní hnojení všemi živinami (11. hn + N3P3K3). Hodnoceny byly výnosy hlavního produktu vybraných plodin (cukrovka, brambory, pšenice, ječmen). Použita byla jednoduchá lineární regrese.

Všechny statistické analýzy byly provedeny s využitím programu STATISTICA verze 12, StatSoft, Inc. (2013).

6 VLIV HNOJENÍ NA PRODUKCI

Silvie Jančíková

6.1 Vliv hnojení na produkci v řepařské oblasti

6.1.1 Průměrný výnos hlavních produktů

Přehled ***výnosů hlavního (HP)*** a ***vedlejšího produktu (VP)*** všech variant jednotlivých plodin v ŘVO za celé období pokusu uvádí grafy 5 až 9. Pořadí dosahovaných výnosů jednotlivých variant je pro všechny plodiny přibližně stejné.

Stupňování dávky všech živin NPK

Oproti výnosu nehnojené kontroly se po aplikaci samotného hnoje výnos zvýšil dle typu plodiny o 6 až 26 %. Po aplikaci hnoje spolu s nejnižší dávkou minerálního hnojení byl výnos oproti kontrole vyšší o 12 až 55 %. Další zvyšování dávky všech živin výnos buď dále nezvyšuje, např. u pšenice, nebo se výnos zvyšuje jen omezeně, maximálně o 10 % dle druhu plodiny.

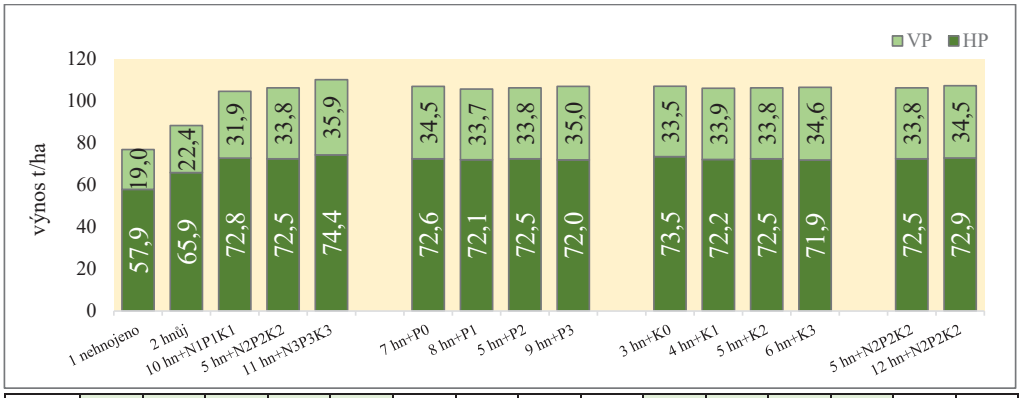
Stupňování dávky P

Výnosy při stupňování dávky P (P0, P1, P2 a P3) jsou vyšší než výnos kontroly. I varianta P_0 – fosforem nehnojená dosahuje výnos vyšší než kontrola, v případě brambor je to až o 55 %. Potřebné množství fosforu je tedy čerpáno z hnoje a půdní zásoby. Stupňování samotného fosforečného hnojení do úrovně P1, P2 a P3 není efektivní, výnos těchto variant je přibližně na stejné úrovni jako výnos varianty s úrovní fosforečného hnojení P0.

Stupňování dávky K

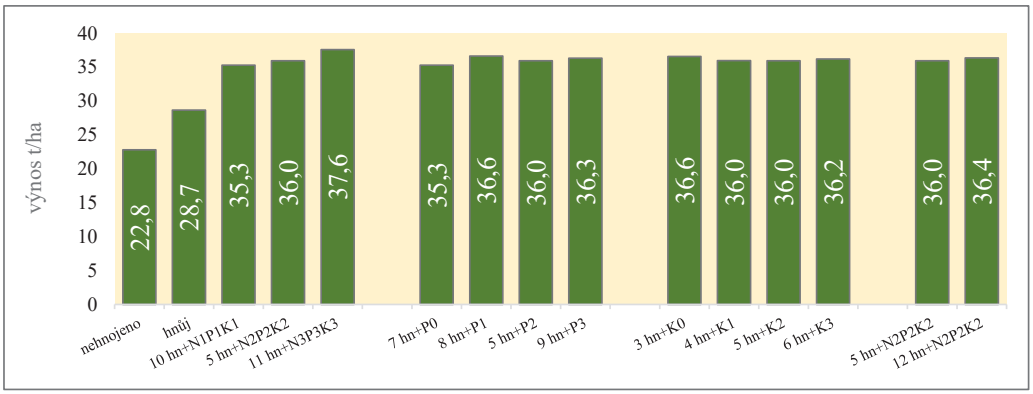
Výnosy všech variant stupňování dávky K (K0, K1, K2 a K3) jsou vyšší než výnos kontroly. Dostatečné množství draslíku pro dosažení výnosu při úrovni hnojení P0 je čerpáno z hnoje a půdní zásoby, výnos je zde vyšší až o 60 % u brambor oproti kontrole. Další stupňování draselného hnojení není příliš efektivní. Výnos zůstává přibližně na stejné úrovni jako výnos varianty K0, pokud se zvyšuje, pak maximálně do 5 %, např. u pšenice a rovněž statisticky neprůkazně.

Graf 5: Průměrný výnos cukrovky (t/ha), hlavní (bulvy) a vedlejší (chrást) produkt



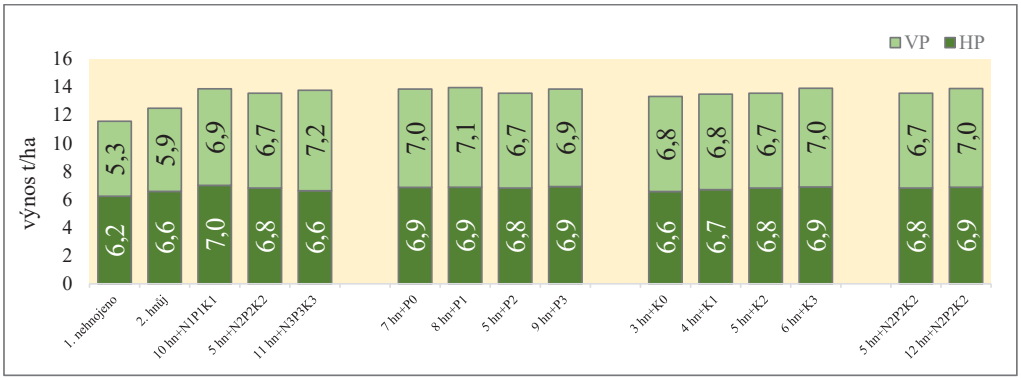
varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	5	12
t/ha	57,9	66,0	72,8	72,6	74,4	72,6	72,1	72,6	72,0	73,5	72,2	72,6	71,9	72,6	72,9
průkaznost	a	b	c	bc	c	bc	bc	bc	bc	c	bc	bc	bc	bc	c
%	100	113,8	125,7	125,2	128,4	125,2	124,4	125,2	124,3	126,9	124,6	125,2	124,1	125,2	125,8

Graf 6: Průměrný výnos brambor (t/ha)



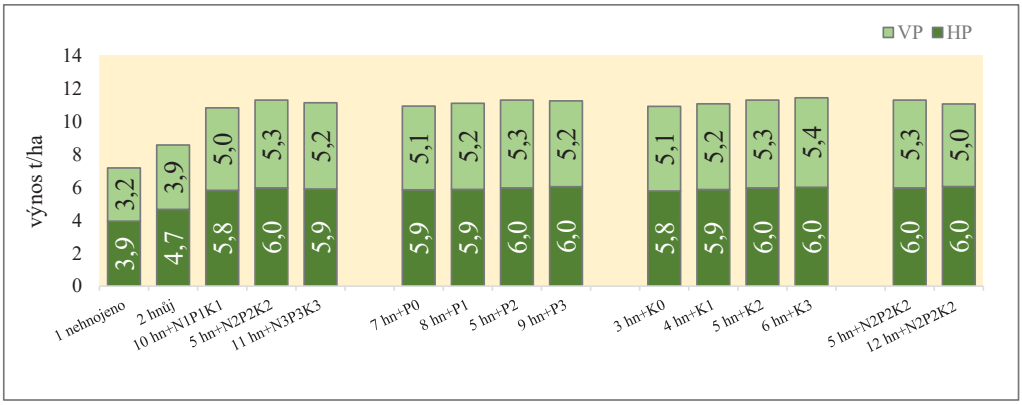
varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	5	12
t/ha	22,8	28,7	35,3	36,0	37,6	35,3	36,6	36,0	36,3	36,6	36,0	36,0	36,2	36,0	36,4
průkaznost	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
%	100	125,7	154,7	157,6	164,8	154,8	160,6	157,6	159,2	160,4	157,7	157,6	158,7	157,6	159,4

Graf 7: Průměrný výnos pšenice ozimé (t/ha), hlavní (zrno) a vedlejší (sláma) produkt



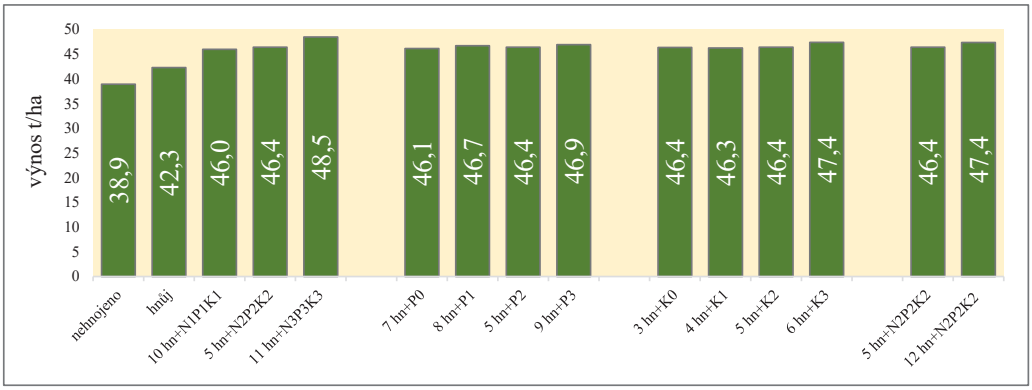
varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	5	12
t/ha	6,2	6,6	7,0	6,8	6,6	6,9	6,9	6,8	6,9	6,6	6,7	6,8	6,9	6,8	6,9
průkaznost	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
%	100	105,5	112,4	109,5	106,3	110,3	110,3	109,5	111,1	105,5	107,5	109,5	110,6	109,5	110,3

Graf 8: Průměrný výnos ječmene jarního (t/ha), hlavní (zrno) a vedlejší produkt (sláma)



varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	5	12
t/ha	3,9	4,7	5,8	6,0	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0	5,8	5,9	6,0	6,0	6,0	6,1
průkaznost	a	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
%	100	118,3	147,5	151,5	149,7	148,5	149,2	151,5	153,3	146,7	149,0	151,5	152,3	151,5	153,6

Graf 9: Průměrný výnos vojtěšky (t/ha)



varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	5	12
t/ha	38,5	42,3	46,0	46,4	48,5	46,1	46,7	46,4	47,0	46,4	46,3	46,4	47,4	46,4	47,4
průkaznost	a	ab	ab	ab	b	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	b	ab	b
%	100	109,9	119,5	120,6	126,0	119,8	121,4	120,6	121,9	120,4	120,2	120,6	123,1	120,6	123,1

6.1.2 Zhodnocení produktivity na jednotlivých stanovištích v řepařské oblasti

Tab. 8: Produktivita vybraných variant ŘVO (t/ha)

Plodina	varianty	Relativní srovnání výnosů řepařská oblast					
		UHO	%	PJA	%	VER	%
Pšenice ozimá	1. nehnojeno	5,8	100,0	5,8	100,0	7,5	100,0
	2. hnůj	6,2	106,1	6,3	107,7	7,6	102,3
	10. hn +N1P1K1	6,5	111,4	7,2	123,4	7,6	101,8
	5. hn +N2P2K2	6,2	105,9	7,1	121,4	7,5	100,8
	11. hn+N3P3K3	6,0	102,8	7,0	119,9	7,1	95,9
Ječmen jarní	1. nehnojeno	3,7	100,0	3,4	100,0	5,1	100,0
	2. hnůj	4,2	116,2	4,4	129,3	5,6	110,2
	10. hn +N1P1K1	5,4	149,2	5,8	169,1	6,4	125,7
	5. hn +N2P2K2	5,5	151,9	5,9	173,7	6,6	130,0
	11. hn+N3P3K3	5,6	154,4	6,1	179,4	6,0	117,2
Cukrovka	1. nehnojeno	62,3	100,0	45,4	100,0	72,3	100,0
	2. hnůj	70,0	112,4	56,7	124,9	75,0	103,7
	10. hn +N1P1K1	77,6	124,5	65,5	144,5	77,3	106,9
	5. hn +N2P2K2	75,5	121,2	67,3	148,4	76,5	105,8
	11. hn+N3P3K3	76,5	122,9	69,3	152,8	79,5	109,9
Brambory	1. nehnojeno	20,7	100,0	15,6	100,0	32,1	100,0
	2. hnůj	23,5	113,5	26,9	172,8	35,5	110,6
	10. hn +N1P1K1	30,4	146,5	34,0	218,3	41,5	129,2
	5. N2P2K2	30,1	145,2	35,0	224,7	42,8	133,1
	11. hn+N3P3K3	31,3	150,9	38,3	245,7	43,2	134,5
Vojtěška	1. nehnojeno	35,1	100,0	31,7	100,0	47,5	100,0
	2. hnůj	37,5	106,9	41,7	131,4	49,8	104,8
	10. hn +N1P1K1	41,3	118,0	47,0	148,2	52,6	110,8
	5. hn +N2P2K2	40,0	114,2	51,1	161,0	54,3	114,3
	11. hn+N3P3K3	43,0	122,7	52,3	165,0	55,3	116,5

Podle výše výnosů je pořadí produktivity stanovišť v ŘVO následující: *Věrovany* (černozem) > *Pusté Jakartice* (hnědozem) > *Uherský Ostroh* (kambizem). Pouze cukrovka dosahuje v Uherském Ostrohu výnosů vyšších než v Pustých Jakarticích.

6.1.3 Účinnosti zásobního a každoročního hnojení

Srovnání účinnosti zásobního a každoročního hnojení umožnuje srovnání variant se shodným vstupem živin (hnůj + N2P2K2), tj. varianty 5, která je zásobně hnojená, s variantou 12, která je hnojena každoročně (tab. 9).

Vyšší účinnost každoročního hnojení je patrná na kambizemi v Uherském Ostrohu. V Pustých Jakarticích na ilimerizovaná hnědozemi a černozemi ve Věrovanech je každoroční hnojení méně účinné. Statistické rozdíly mezi zásobním a každoročním hnojením nebyly prokázány na žádném stanovišti. Zásobní hnojení je i v provozních podmínkách vhodnější z důvodu omezení počtu vstupů na pozemek.

Tab. 9: Zhodnocení zásobního a každoročního hnojení

Plodina	varianta	UHO		PJA		VER	
		t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Pšenice ozimá	5. hn+N2P2K2	6,16	100,0	7,09	100,0	7,51	100,0
	12.hn+N2P2K2	6,36	103,2	7,20	101,6	7,24	96,5
Ječmen jarní	5. hn+N2P2K2	5,54	100,0	5,94	100,0	6,63	100,0
	12.hn+N2P2K2	5,76	103,9	6,20	104,3	6,27	94,6
Cukrovka	5. hn+N2P2K2	75,50	100,0	67,31	100,0	76,52	100,0
	12.hn+N2P2K2	77,07	102,1	66,53	98,8	76,77	100,3
Brambory	5. hn+N2P2K2	30,0	100,0	35,0	100,0	42,76	100,0
	12.hn+N2P2K2	31,60	105,0	34,7	99,0	42,84	100,2
Vojtěška	5. hn+N2P2K2	40,04	100,0	51,05	100,0	54,26	100,0
	12.hn+N2P2K2	42,82	107,0	49,92	97,8	53,28	98,2

6.2 Vliv hnojení na produkci v bramborářské oblasti

6.2.1 Průměrný výnos hlavních produktů

Přehled výnosů ***hlavního (HP)*** a ***vedlejšího produktu (VP)*** jednotlivých plodin v BVO je uveden v grafech 10 až 13. Podobně jako v ŘVO je pořadí v dosahovaných výnosech jednotlivých variant shodné pro jednotlivé plodiny.

Stupňování dávky všech živin NPK

Podobně jako v ŘVO se výnosy v BVO zvyšují po aplikaci samotného hnoje, a to v rozsahu 5 až 15 % oproti nehnojené kontrole. Výnos po hnojení hnojem a nejnižší dávkou minerálního hnojení je oproti kontrole navýšen o 26 až 66 %. Při stupňování všech živin podobně jako v ŘVO výnos vzrůstá již méně. Dalším zvyšováním vstupů všech živin se oproti nejnižší dávce zvyšuje o 5 až 27 %, například u brambor.

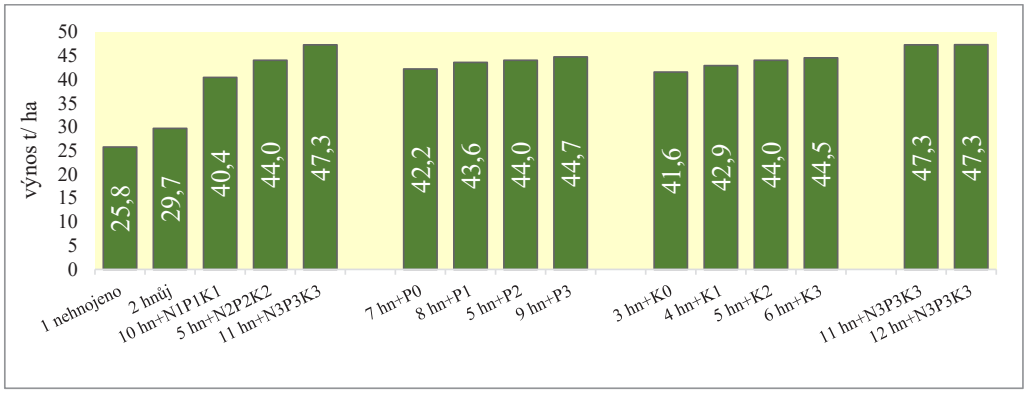
Stupňování dávky P

Výnosy všech variant se stupňovanou dávkou P (dávky P0, P1, P2 a P3) jsou vyšší než výnos nehnojené kontroly. Již varianta P0 – fosforem nehnojená dosahuje vyššího výnosu než kontrola, v případě ječmene je to až o 77 %. Potřebné množství fosforu je tedy čerpáno z hnoje a půdní zásoby. Stupňování samotného fosforečného hnojení do úrovně P1, P2 a P3 zvyšuje výnos oproti variantě P0 maximálně o 2 až 6 %.

Stupňování dávky K

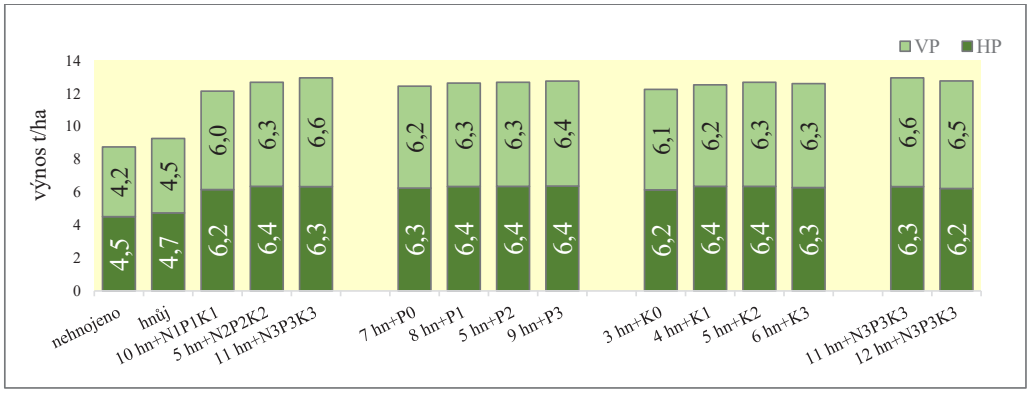
Výnosy všech variant stupňované dávky K (K0, K1, K2 a K3) jsou vyšší než výnos kontroly. Výnos ječmene varianty K0 dosahuje až o 69 % vyšší než kontrola. V průměru 114 kg/ha draslíku je za rok čerpáno z půdní zásoby, popřípadě z hnoje. Stupňováním draselného hnojení se výnos dále zvyšuje maximálně o 3 až 7 %.

Graf 10: Průměrný výnos brambor (t/ha)



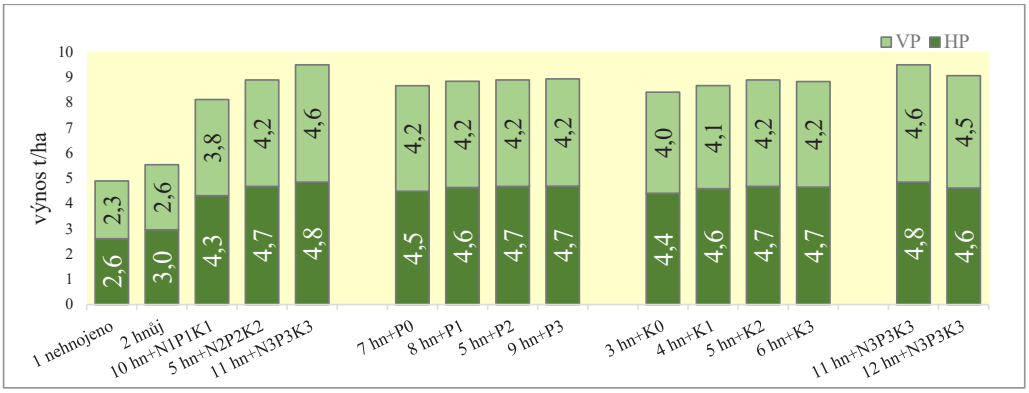
varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	11	12
t/ha	25,8	29,7	40,4	44,0	47,3	42,2	43,6	44,0	44,7	41,6	42,9	44,0	44,5	47,3	47,3
průkaznost	a	a	b	bc	c	bc	bc	bc	bc	b	bc	bc	bc	c	c
%	100	115,3	156,9	170,8	183,4	163,8	169,2	170,8	173,6	161,2	166,5	170,8	172,8	183,4	183,5

Graf 11: Průměrný výnos pšenice ozimé (t/ha), hlavní (zrno) a vedlejší (sláma) produkt



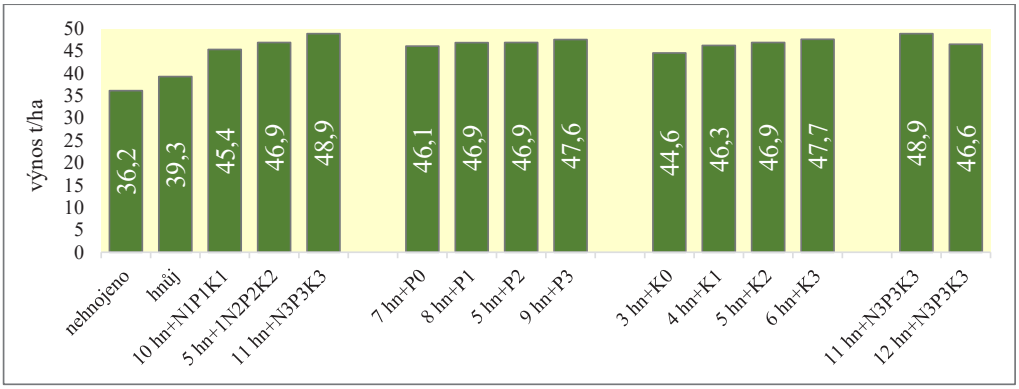
varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	11	12
t/ha	4,5	4,8	6,2	6,4	6,4	6,3	6,4	6,4	6,4	6,2	6,4	6,4	6,3	6,4	6,2
průkaznost	a	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
%	100	105,1	136,5	140,9	140,5	138,5	140,9	140,9	141,2	136,3	140,9	140,9	139,2	140,5	138,1

Graf 12: Průměrný výnos ječmene jarního (t/ha), hlavní (zrno) a vedlejší (sláma) produkt



varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	11	12
t/ha	2,6	3,0	4,3	4,7	4,8	4,5	4,6	4,7	4,7	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,6
průkaznost	a	a	c	cd	d	cd	cd	cd	cd	cd	cd	cd	cd	d	cd
%	100,0	113,8	165,8	180,0	186,5	172,7	178,1	180,0	180,4	169,6	176,5	180,0	178,8	186,5	177,3

Graf 13: Průměrný výnos jetele (t/ha)



varianta	1	2	10	5	11	7	8	5	9	3	4	5	6	11	12
t/ha	36,2	39,3	45,4	46,9	48,9	46,1	46,9	46,9	47,6	44,6	46,3	46,9	47,7	48,9	46,6
průkaznost	a	ab	bc	c	c	bc	c	c	c	bc	c	c	c	c	c
%	100	108,7	125,5	129,8	135,3	127,6	129,7	129,8	131,6	123,3	128,0	129,8	131,8	135,3	128,8

6.2.2 Zhodnocení produktivity jednotlivých stanovišť, bramborářská oblast

Produktivitu jednotlivých stanovišť nelze jednoznačně kvantifikovat, mírné rozdíly jsou pozorovány v závislosti na pěstované plodině a vlivech ročníku. Na Lípě dosahují nejvyšších výnosů brambory, na Chrastavě zaznamenáváme nejnižší výnosy pšenice. Jetel dosahuje nejvyšších výnosů v Hradci, nejnižší výnosy ječmene jsou obvykle na Vysoké (tab. 10).

Tab. 10: Produktivita vybraných variant BVO (t/ha)

plodina	varianta	Relativní srovnání výnosů bramborářská oblast													
		HOR	%	CHT	%	JAR	%	LIP	%	STV	%	HRA	%	VYS	%
Pšenice ozimá	1.Nehnojeno	5,6	100,0	4,1	100,0	4,7	100,0	3,5	100,0	5,5	100,0	4,9	100,0	4,3	100,0
	2. Hnůj	5,9	105,3	4,7	114,2	4,8	102,3	3,7	105,0	5,7	105,1	5,0	100,3	4,6	106,0
	10. hn+N1P1K1	7,1	126,8	6,3	152,6	5,5	117,8	5,5	154,1	6,7	121,9	7,1	144,1	6,3	145,3
	5. hn+N2P2K2	7,3	130,7	6,6	159,0	5,6	119,9	5,9	165,7	6,8	124,2	7,2	146,5	6,4	149,2
	11. hn+N3P3K3	7,5	135,2	6,4	154,5	5,3	113,6	5,9	166,1	6,6	121,2	7,3	147,8	6,7	155,2
Ječmen jarní	1.Nehnojeno	2,8	100,0	2,1	100,0	3,3	100,0	2,2	100,0	2,8	100,0	2,8	100,0	2,2	100,0
	2. Hnůj	3,4	122,2	2,8	134,8	3,6	109,0	2,2	100,5	3,3	116,0	3,1	108,8	2,4	109,4
	10. hn+N1P1K1	4,6	163,2	4,3	205,4	4,8	145,3	4,1	191,8	4,3	153,3	4,5	158,9	3,5	156,9
	5. hn+N2P2K2	5,0	179,0	4,7	223,2	5,0	150,4	4,8	220,7	4,4	157,8	5,0	178,0	3,8	169,8
	11. hn+N3P3K3	5,2	186,5	4,7	224,4	4,9	147,6	5,2	241,1	4,6	162,3	5,3	188,8	3,9	175,6
Brambory	1.Nehnojeno	21,4	100,0	29,4	100,0	24,7	100,0	29,0	100,0	23,4	100,0	26,2	100,0	25,9	100,0
	2. Hnůj	30,1	140,4	34,9	118,8	28,2	114,0	29,7	102,4	25,7	109,8	30,6	116,8	28,3	109,4
	10. hn+N1P1K1	36,9	172,3	46,5	158,3	36,2	146,6	45,5	156,7	33,8	144,6	41,0	156,4	42,6	164,4
	5. hn+N2P2K2	40,5	189,2	48,3	164,5	38,5	156,0	50,6	174,4	36,4	155,5	45,7	174,2	47,9	184,9
	11. hn+N3P3K3	45,6	212,8	51,9	176,9	39,2	158,7	54,6	188,0	40,8	174,3	47,5	181,3	50,8	196,1
Jetel	1.Nehnojeno	39,5	100,0	41,0	100,0	31,1	100,0	37,9	100,0	27,5	100,0	51,8	100,0	23,7	100,0
	2. Hnůj	41,7	105,6	48,6	118,6	34,5	111,0	40,4	106,7	28,7	104,2	54,9	106,0	25,1	106,1
	10. hn+N1P1K1	45,6	115,5	54,5	132,9	38,7	124,5	54,7	144,4	32,9	119,5	60,4	116,7	29,4	124,0
	5. hn+N2P2K2	48,0	121,6	55,5	135,3	40,4	130,1	56,2	148,5	33,1	120,2	62,4	120,5	31,3	132,1
	11. hn+N3P3K3	51,7	130,8	56,6	138,1	41,4	133,1	57,9	153,0	35,4	128,6	64,3	124,1	33,4	140,9

6.3 Porovnání efektivity hnojení v ŘVO a BVO

Rozdíl v efektivitě hnojení mezi ŘVO a BVO je zcela jasně patrný (tab. 11). V BVO je efektivita minerálního hnojení vyšší, to znamená, že při stejném zvýšení dávky dodaných živin se v BVO navýší výnos více než v ŘVO. Účinnost samotného hnoje je ale vyšší v ŘVO. Celkové dosahované výnosy pšenice a ječmene jsou vyšší v ŘVO, naopak brambory dosahují nejvyšších výnosů v BVO.

Účinnost hnojení se liší nejen mezi výrobními oblastmi, ale také mezi jednotlivými plodinami, jejich výnos je hnojením ovlivňován v tomto pořadí:

***ŘVO** – brambory > ječmen > cukrovka > vojtěška > pšenice*
***BVO** – ječmen > brambory > pšenice > jetel*

Tab. 11: Porovnání účinnosti minerálního hnojení vybraných plodin mezi oblastmi

Výnos a relativní srovnání		1.Nehnojeno	2. Hnůj	10. hn+N1P1K1	5. hn+N2P2K2	11. hn+N3P3K3	7. hn+N2P0K2	8. hn+N2P1K2	5. hn+N2P2K2	9. hn+N2P3K2	3. hn+N2P2K0	4. hn+N2P2K1	5. hn+N2P2K2	6. hn+N2P2K3
Pšenice ŘVO	t/ha	6,2	6,6	7,0	6,8	6,6	6,9	6,9	6,8	6,9	6,6	6,7	6,8	6,9
	%	100,0	105,5	112,4	109,4	106,3	100,0	100,0	99,3	100,7	100,0	102,0	103,8	104,9
Pšenice BVO	t/ha	4,5	4,8	6,2	6,4	6,4	6,3	6,4	6,4	6,4	6,2	6,4	6,4	6,3
	%	100,0	105,0	136,5	140,8	140,4	100,0	101,4	101,8	101,9	100,0	103,4	103,4	102,1
Ječmen ŘVO	t/ha	3,9	4,7	5,8	6,0	5,9	5,9	5,9	6,0	6,0	5,8	5,9	6,0	6,0
	%	100,0	118,2	147,5	151,3	149,7	100,0	100,5	102,1	103,3	100,0	101,6	103,3	103,8
Ječmen BVO	t/ha	2,6	3,0	4,3	4,7	4,9	4,5	4,6	4,7	4,7	4,4	4,6	4,7	4,7
	%	100,0	113,8	165,4	179,7	186,1	100,0	103,1	104,2	104,5	100,0	104,1	106,1	105,4
Brambory ŘVO	t/ha	22,8	28,7	35,3	36,0	37,6	35,3	36,6	36,0	36,3	36,6	36,0	36,0	36,2
	%	100,0	125,7	154,7	157,6	164,8	100,0	103,8	101,8	102,9	100,0	98,3	98,3	99,0
Brambory BVO	t/ha	25,8	29,7	40,4	44,0	47,3	42,2	43,6	44,0	44,7	41,6	42,9	44,0	44,5
	%	100,0	115,3	156,9	170,8	183,4	100,0	103,3	104,3	106,0	100,0	103,3	106,0	107,2
Cukrovka ŘVO	t/ha	57,9	66,0	72,8	72,6	74,4	72,6	72,1	72,6	72,0	73,5	72,2	72,6	71,9
	%	100	113,8	125,7	125,2	128,4	100,0	99,4	100,0	99,3	100,0	98,2	98,7	97,8
Vojtěška ŘVO	t/ha	38,5	42,3	46,0	46,4	48,5	46,1	46,7	46,4	47,0	46,4	46,3	46,4	47,4
	%	100,0	109,9	119,5	120,6	126,0	100,0	101,3	100,6	101,8	100,0	99,8	100,1	102,3
Jetel BVO	t/ha	36,2	39,3	45,4	46,9	48,9	46,1	46,9	46,9	47,6	44,6	46,3	46,9	47,7
	%	100,0	108,7	125,5	129,8	135,3	100,0	101,7	101,7	103,2	100,0	103,8	105,3	106,9

Celkové zhodnocení vlivu hnojení na výnos

V obou výrobních oblastech je efekt stupňování živin podobný. Výnos je zvyšován aplikací hnoje, vstupem minerálního hnojení již v nejnižší dávce (10. hnůj + N1P1K1) dochází k nejvyššímu nárůstu proti nehnojené kontrole a další stupňování všech živin zvyšuje výnos již méně, případně vůbec.

Také ve skupinách variant se stupňovanými dávkami fosforu nebo draslíku je nejvyšší nárůst výnosu už při nulovém vstupu minerálního hnojení fosforem nebo draslíkem, tedy u varianty 7. hnůj + N2P0K2 a 3. hnůj + N2P2K0. Výnos je tedy zvyšován převážně vstupem dusíku jako hlavního výnosotvorného prvku a hnůj spolu s půdní zásobou poskytuje dostatečné množství fosforu nebo draslíku k zajištění této úrovně. Stupňované hnojení fosforem nebo draslíkem do úrovně P3, případně K3 výnos dále nezvyšuje, u některých plodin lze pozorovat statisticky neprůkazné zvyšování výnosů, které se však většinou pohybuje v jednotkách procent.

Statistická průkaznost rozdílů mezi výnosy byla prokázána pouze mezi kontrolou a ostatními variantami, kde je hnojeno hnojem a zároveň minerálně, samotné stupňování živin nemá na výnos průkazný vliv.

Mezi BVO a ŘVO se projevuje rozdíl v účinnosti hnojení. V BVO je hnojení minerálními živinami účinnější, pozorujeme zde větší nárůst výnosu proti kontrole než v ŘVO, i když celkové dosahované výnosy zůstávají v BVO na nižší úrovni.

6.4 Účinnost vápnění

Účinnost vápnění byla ověřována v BVO srovnáním výnosů variant 11 a 12 hnojených hnojem a nejvyšší dávkou všech živin. Varianta 12 se od varianty 11 liší pouze absencí vápnění.

Absence vápnění se zřetelně projevuje poklesem výnosů, i když rozdíly nejsou statisticky průkazné. Nejvyšší deprese výnosů je viditelná na Chrastavě, naopak ve Staňkově tyto rozdíly nejsou téměř patrné (tab. 12).

Tab.12: Zhodnocení vlivu vápnění na výnosy

Plodina	HOR		CHT		JAR		LIP		STV		HRA		VYS	
Brambory	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
hn+N3P3K3 vápněno	45,55	100	51,91	100	39,19	100	54,59	100	40,79	100	47,52	100	50,78	100
hn+N3P3K3 nevápněno	46,73	103	49,54	95	38,99	99	54,30	99	40,81	100	47,00	99	53,63	105,6
Pšenice ozimá	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
hn+N3P3K3 vápněno	7,52	100	6,37	100	5,31	100	5,88	100	6,62	100	7,29	100	6,68	100
hn+N3P3K3 nevápněno	7,52	100	6,00	94	5,31	100	5,78	98	6,54	99	6,96	95	6,40	96
Ječmen jarní	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
hn+N3P3K3 vápněno	5,22	100	4,71	100	4,92	100	5,21	100	4,55	100	5,33	100	3,88	100
hn+N3P3K3 nevápněno	5,19	99	3,84	82	4,93	100	4,71	90	4,56	100	5,23	98	3,72	96
Jetel	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
hn+N3P3K3 vápněno	51,67	100	56,64	100	41,37	100	57,92	100	35,42	100	64,27	100	33,37	100
hn+N3P3K3 nevápněno	50,07	97	52,37	92	40,36	98	50,74	87	35,91	101	62,30	97	33,00	99

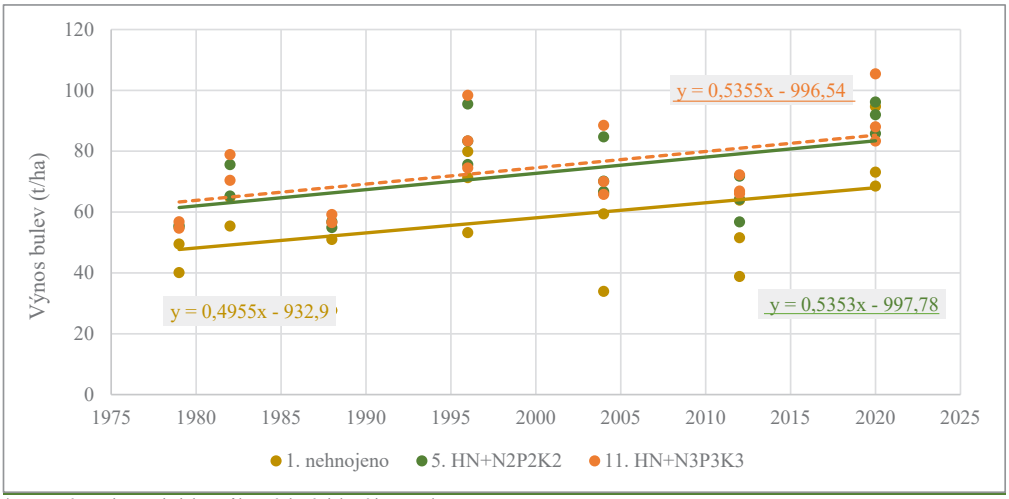
6.5 Změny výše výnosů v průběhu pokusu

Při hodnocení výnosů bylo zjišťováno, zda se výše dosažených výnosů jednotlivých plodin mění v čase. Pro hodnocení změn v průběhu pokusu byla vybrána kontrola a varianty se střední (5. hn + N2P2K2) a nejvyšší úrovní hnojení všemi živinami (11. hn + N3P3K3). Porovnávány byly výnosy hlavního produktu vybraných plodin (cukrovka, brambory, pšenice, ječmen). Hodnota meziroční změny výše výnosů byla odečtena ze směrnice přímky v grafech 14 až 17.

6.5.1 Změny výše výnosů - řepařská oblast

V průběhu hodnoceného období mezi roky 1972 - 2021 se statisticky průkazně zvyšoval výnos bulev cukrovky při střední a nejvyšší úrovni hnojení všemi živinami přibližně o 4 t/ha, což je vztaženo k osmiletému osevnímu sledu (graf 14). Výnos ostatních plodin převážně narůstá, avšak statisticky neprůkazně.

Graf 14: Změna výše výnosů bulev cukrovky (t/ha), (n = 18)



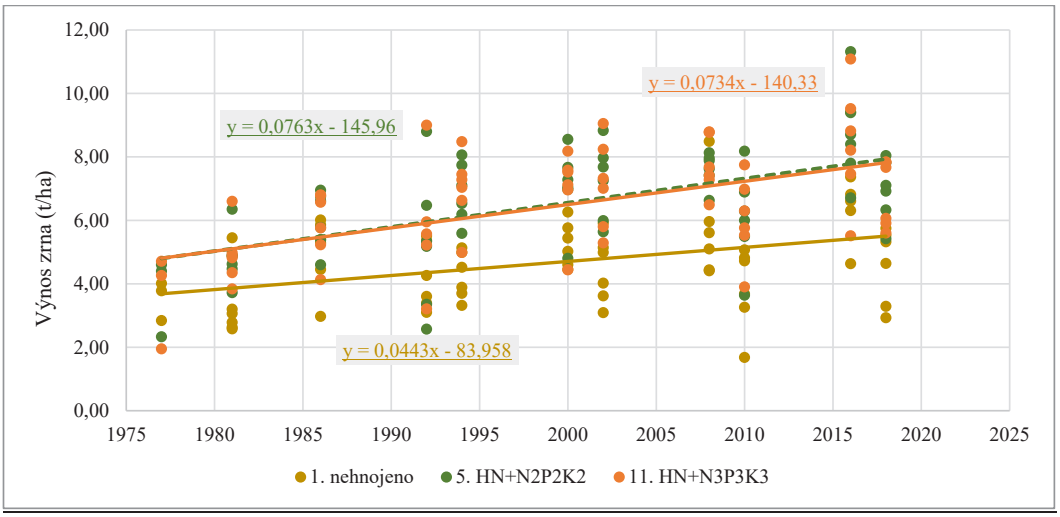
* regresní rovnice statisticky průkazných závislostí jsou podtrženy

6.5.2 Bramborářská oblast, změny výše výnosů

U ***pšenice*** v průběhu sledovaného období stoupá výnos nehnojené varianty přibližně o 350 kg/ha za osevní sled, střední a nejvyšší intenzita hnojení všemi živinami zvyšují výnos o 580 a 610 kg/ha za osmiletý osevní sled (graf 15).

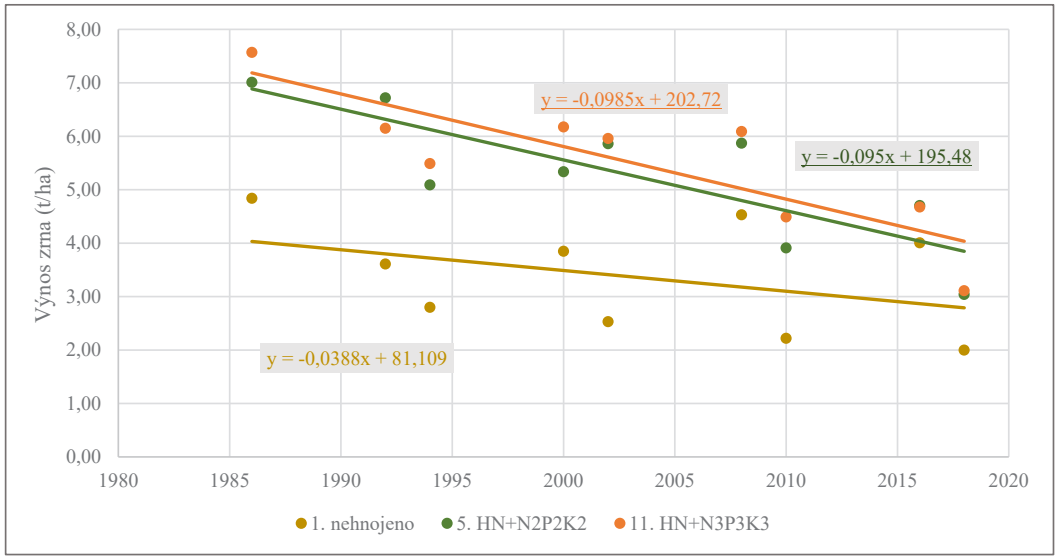
Odlišný trend pozorujeme na Vysoké (graf 16), kde naopak klesají výnosy všech variant. Hnojení nejvyšší dávkou všech živin snižuje výnos v průměru za osevní sled o 790 kg/ha, střední vstup vykazuje pokles 760 kg/ha, nejmírnější je pokles nehnojené kontroly, 310 kg/ha za osevní sled.

Graf 15: Změna výše výnosů zrna pšenice (t/ha), kromě Vysoké (n = 63)



* regresní rovnice statisticky průkazných závislostí jsou podtrženy

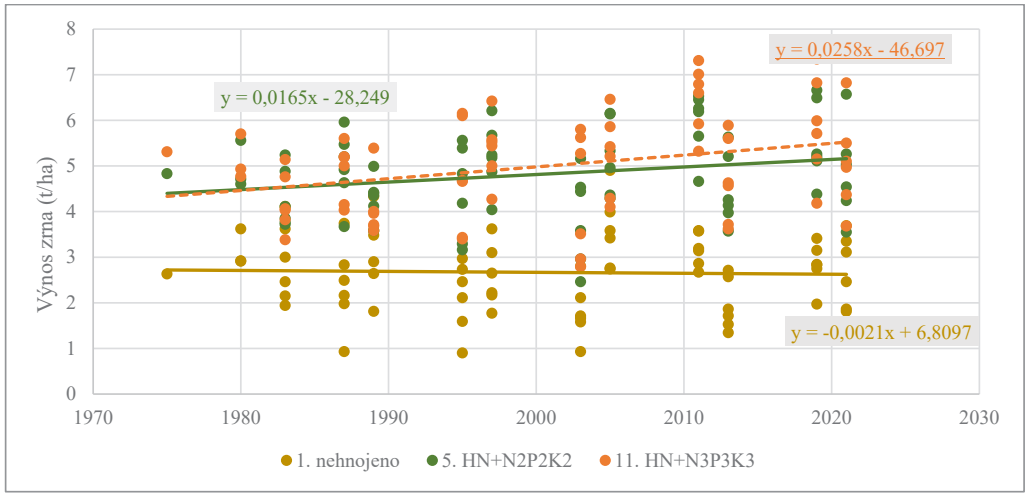
Graf 16: Změna výše výnosů zrna pšenice (t/ha), stanice Vysoká (n = 9)



* regresní rovnice statisticky průkazných závislostí jsou podtrženy

Výnos ***ječmene*** se zvyšuje v průměru přibližně o 140 kg/ha za osevní sled při střední úrovni hnojení N2P2K2 a o 210 kg/ha při nejvyšší úrovni hnojení N3P3K3 (kromě stanice Vysoká, graf 17). Výnos kontroly naopak klesá v průměru o 16 kg/ha za osevní sled.

Graf 17: Změna výše výnosů zrna ječmene (t/ha), kromě stanoviště Vysoká, BVO (n = 70)



* regresní rovnice statisticky průkazných závislostí jsou podtrženy

U ***brambor*** se výnos zvyšuje v průběhu sledovaného období (kromě Vysoké), kde dochází opět k poklesu výnosů všech variant, avšak bez statistických rozdílů.

Celkové zhodnocení: během hodnoceného období se projevuje trend nárůstu výnosů hnojených variant a převážně i nehnojené kontroly. Hnojené varianty vykazují vyšší nárůst výnosů. Naopak na stanovišti Vysoká v BVO klesají výnosy všech variant.

6.6 Bilance živin

Bilance živin se počítá za účelem zjištění efektivity hnojení. V našem pokusu počítáme jednoduchou bilanci, kde vstupy zahrnují živiny dodané v hnoji a v minerálním hnojení. Výstupem jsou živiny odčerpané výnosem hlavního a vedlejšího produktu.

6.6.1 Vstupy živin

Průměrné vstupy živin v minerální formě i vstupy dodávané v hnoji uvádí tab. 13 - 15.

Tab. 13: Průměrná roční dávka **dusíku** (kg/ha)

Vstupy	1. nehnojeno	2. hnůj	10. N1		5. N2		11. N3	
			ŘVO	BVO	ŘVO	BVO	ŘVO	BVO
min. hnojení	0	0	46	48	69	73	92	97
hnůj	0	69	69	69	69	69	69	69
celkem	0	69	115	117	138	142	161	166

Tab. 14: Průměrná roční dávka **draslíku** (kg/ha)

Vstupy	1. nehnojeno	3. K0	4. K1	5. K2	6. K3
min. hnojení	0	0	33	66	133
hnůj	0	63	63	63	63
celkem	0	63	96	129	196

Tab. 15: Průměrná roční dávka **fosforu** (kg/ha)

Vstupy	1. nehnojeno	7. P0	8. P1	5. P2	9. P3
min. hnojení	0	0	13	26	53
hnůj	0	14	14	14	14
celkem	0	14	27	40	67

6.6.2 Odběr živin produkcí

a) odběr živin jednotlivými plodinami

Průměrný roční odběr živin plodinami (tab. 16 - 20) je hodnocen na vybraných variantách: 1. kontrola, 2. hnojení hnojem, 10, 5 a 11 tj. stupňování dávky všech živin spolu s hnojem. Množství odebraných živin koresponduje do značné míry s množstvím vytvořené biomasy. Z pohledu odběru živin jsou nejnáročnější jeteloviny, následují okopaniny. Pouze odběr draslíku a hořčíku cukrovkou převyšuje odběr těchto dvou živin vojtěškou. Nejméně náročné jsou obilniny, přičemž ječmen odebírá méně živin než pšenice. Z porovnání odběru živin plodinami shodně zařazenými v ŘVO i BVO vyplývá, že v ŘVO je z důvodu dosahovaných vyšších výnosů odběr živin vyšší, výjimkou jsou brambory, které dosahují vyšší výnosy i vyšší odběr živin naopak v BVO.

Tab. 16: Průměrný roční odběr **dusíku** podle výrobní oblasti (kg/ha)

varianta	Řepařská oblast					Bramborářská oblast			
	pšenice	ječmen	brambory	cukrovka	vojtěška	pšenice	ječmen	brambory	jetel
Nehnojeno	121	68	75	116	244	86	51	83	218
hnůj	132	80	95	142	272	90	56	99	232
hn+N1P1K1	161	107	129	203	287	134	84	143	254
hn+N2P2K2	170	117	140	221	287	148	94	162	256
hn+N3P3K3	174	126	140	253	304	159	106	184	261

Tab. 17: Průměrný roční odběr **fosforu** podle výrobní oblasti (kg/ha)

varianta	Řepařská oblast					Bramborářská oblast			
	pšenice	ječmen	brambory	cukrovka	vojtěška	pšenice	ječmen	brambory	jetel
Nehnojeno	23	17	15	18	25	17	12	15	22
hnůj	24	21	19	22	28	19	14	16	25
hn+N1P1K1	27	24	23	29	30	24	18	22	28
hn+N2P2K2	27	26	25	30	30	25	20	23	28
hn+N3P3K3	28	26	25	33	31	26	21	27	30

Tab. 18: Průměrný roční odběr **draslíku** podle výrobní oblasti (kg/ha)

varianta	Řepařská oblast					Bramborářská oblast			
	pšenice	ječmen	brambory	cukrovka	vojtěška	pšenice	ječmen	brambory	jetel
Nehnojeno	59	43	101	158	164	46	29	118	161
hnůj	65	53	132	194	198	48	32	139	177
hn+N1P1K1	83	72	180	256	237	71	50	204	222
hn+N2P2K2	86	79	181	276	251	76	57	228	232
hn+N3P3K3	93	87	213	314	282	86	67	259	251

Tab. 19: Průměrný roční odběr **hořčíku** podle výrobní oblasti (kg/ha)

varianta	Řepařská oblast					Bramborářská oblast			
	pšenice	ječmen	brambory	cukrovka	vojtěška	pšenice	ječmen	brambory	jetel
Nehnojeno	10	7	6	27	20	8	5	7	23
hnůj	11	8	8	29	22	9	6	8	25
hn+N1P1K1	12	9	9	40	22	11	9	12	25
hn+N2P2K2	12	10	10	43	21	11	10	13	27
hn+N3P3K3	12	9	10	46	22	11	10	14	25

Tab. 20: Průměrný roční odběr **vápníku** podle výrobní oblasti (kg/ha)

varianta	Řepařská oblast					Bramborářská oblast			
	pšenice	ječmen	brambory	cukrovka	vojtěška	pšenice	ječmen	brambory	jetel
Nehnojeno	18	14	2	50	136	11	11	3	106
hnůj	19	17	3	56	143	12	9	4	115
hn+N1P1K1	24	22	4	67	149	18	15	5	121
hn+N2P2K2	26	24	4	69	155	18	17	6	120
hn+N3P3K3	27	24	4	72	160	19	19	7	121

b) celkový odběr živin všemi plodinami

Informace o celkovém odběru živin plodinami (tab. 21 - 25) je využita k výpočtu bilance. Odběr N, Mg a Ca je hodnocen pro varianty se stupňovanými dávkami všech živin. Odběr P je hodnocen pro varianty, kde je stupňována dávka P, tj. varianty 7, 8, 5 a 9 a odběr K je hodnocen pro varianty 3, 4, 5 a 6, kde je stupňována dávka K. Odběr živin odpovídá dosahované výši výnosů.

Tab. 21: Průměrný roční odběr **dusíku** podle lokality (kg/ha)

Stanice	Kontrola	Hnůj	hn+N1P1K1	hn+N2P2K2	hn+N3P3K3
UHO	130	139	165	174	185
PJA	95	117	161	169	183
VER	146	157	182	190	198
ŘVO	**124**	**138**	**169**	**178**	**189**
HOR	93	107	138	153	170
CHT	91	107	139	149	164
JAR	90	99	134	146	155
LIP	84	89	136	149	163
STV	91	96	126	137	148
HRA	101	105	139	151	163
VYS	71	78	112	126	142
BVO	**89**	**97**	**132**	**144**	**158**

Tab. 22: Průměrný roční odběr **fosforu** podle lokality (kg/ha)

Stanice	Kontrola	hn+N2P0K2	hn+N1P1K1	hn+N2P1K2	hn+N2P3K2
UHO	18	23	23	24	25
PJA	17	25	26	27	28
VER	24	28	29	30	30
ŘVO	**20**	**25**	**26**	**27**	**28**
HOR	15	21	23	23	25
CHT	16	23	25	25	26
JAR	15	20	22	23	24
LIP	14	21	22	23	24
STV	15	19	21	21	22
HRA	15	21	22	23	23
VYS	12	18	19	19	20
BVO	**15**	**20**	**22**	**22**	**23**

Tab. 23: Průměrný roční odběr **draslíku** podle lokality kg/ha

Stanice	Kontrola	hn+N2P2K0	hn+N2P2K1	hn+N2P2K2	hn+N2P2K3
UHO	102	149	151	159	166
PJA	66	111	123	137	155
VER	108	137	138	149	155
ŘVO	**92**	**132**	**137**	**148**	**159**
HOR	77	122	131	135	146
CHT	82	117	135	143	154
JAR	81	117	125	136	144
LIP	72	104	128	145	158
STV	65	101	104	114	120
HRA	91	128	137	145	148
VYS	60	107	110	122	127
BVO	**75**	**114**	**124**	**134**	**142**

Tab. 24: Průměrný roční odběr **hořčíku** podle lokality (kg/ha)

Stanice	Kontrola	Hnůj	hn+N1P1K1	hn+N2P2K2	hn+N3P3K3
UHO	12	13	15	15	16
PJA	13	14	18	18	19
VER	15	16	18	19	19
ŘVO	**13**	**14**	**17**	**17**	**18**
HOR	10	11	13	14	15
CHT	12	16	21	23	21
JAR	9	10	11	12	12
LIP	8	8	12	13	12
STV	9	10	11	11	12
HRA	8	9	11	11	12
VYS	7	7	9	10	10
BVO	**9**	**10**	**13**	**14**	**14**

Tab. 25: Průměrný roční odběr **vápníku** podle lokality (kg/ha)

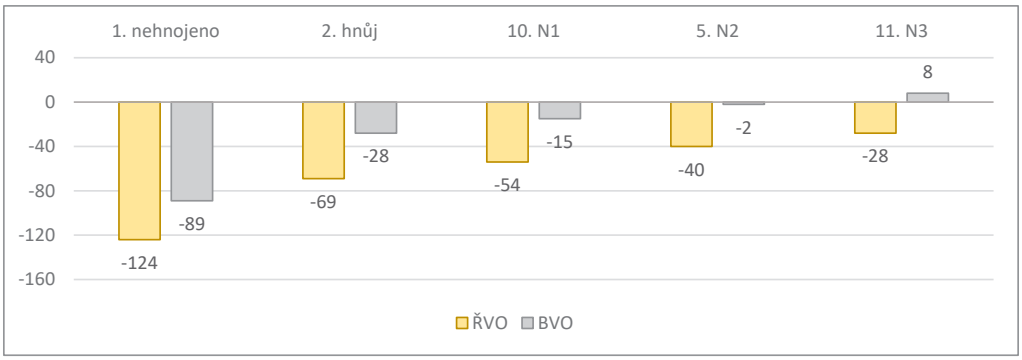
Stanice	Kontrola	Hnůj	hn+N1P1K1	hn+N2P2K2	hn+N3P3K3
UHO	39	42	48	48	51
PJA	30	35	40	44	43
VER	55	56	64	69	71
ŘVO	**40**	**44**	**50**	**52**	**54**
HOR	28	31	34	35	37
CHT	23	27	31	32	34
JAR	22	24	29	31	31
LIP	23	26	34	34	36
STV	21	21	25	26	27
HRA	31	31	38	38	41
VYS	15	17	20	21	24
BVO	**23**	**26**	**30**	**31**	**33**

6.6.3 Vypočtená bilance živin

V grafech 18 až 20 je uvedena bilance živin v ŘVO i BVO u vybraných variant. Záporná bilance může znamenat snižování půdní zásoby živin, vysoký bilanční přebytek může vést ke znečištění podzemních vod, eutrofizaci povrchových vod a v případě dusíku také znečištění ovzduší skleníkovými plyny.

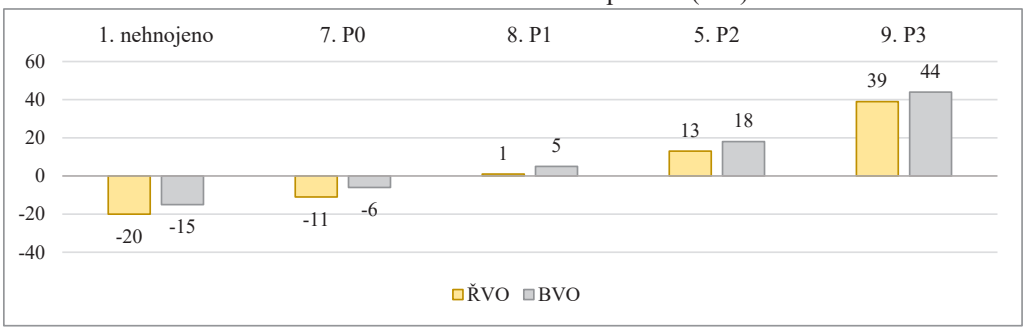
Bilance dusíku je při odvozu obou sklizňových produktů v ŘVO záporná až do nejvyšší úrovně hnojení všemi živinami, v BVO dochází při nejvyšší úrovni hnojení všemi živinami již k bilančnímu přebytku. Záporná bilance je reálně snižována vstupy dusíku dodanými jeho symbiotickou fixací jetelovin, fixací volně žijícími organismy, srážkovými spady.

Graf 18: Průměrná roční bilance **dusíku** za dobu trvání pokusu (kg/ha)



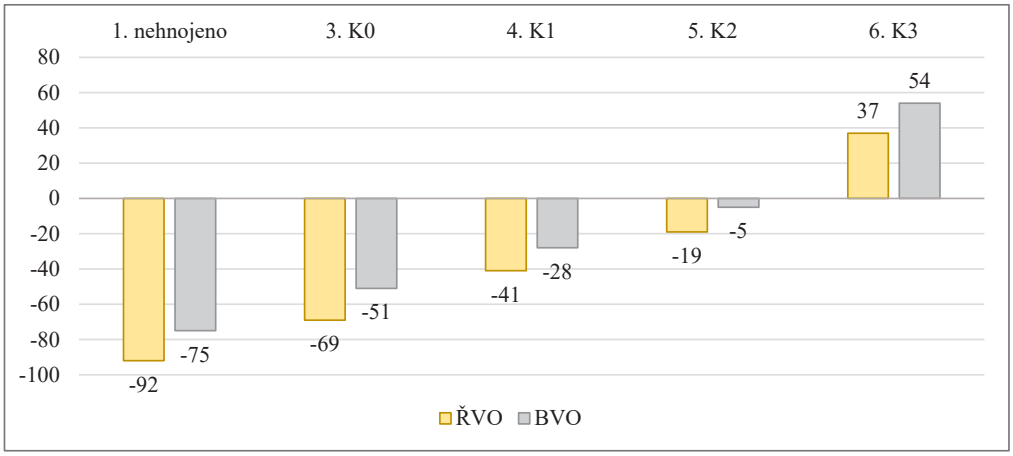
Bilance fosforu: fosfor nemůže být na rozdíl od dusíku doplňován atmosférickými vstupy, proto se při odvozu celého sklizňového produktu bez doplňování hnojivy odčerpává z půdní zásoby. Důležitý zdroj fosforu představuje jeho vstup ve statkových hnojivech (zde hnoji). K dosažení mírně kladné bilance postačuje fosfor dodaný hnojem (roční průměrný vstup 14 kg/ha) a již nejnižší dávkou minerálního hnojení (průměrně 13 kg/ha). Dávky fosforu na úrovni P2 (26 kg/ha) a P3 (53 kg/ha) jsou z hlediska využití produkcí nadbytečné a výnos zůstává přibližně na stálé úrovni, tj. odpovídající variantě 8. hnůj + N2P1K2.

Graf 19: Průměrná roční bilance **fosforu** za dobu trvání pokusu (t/ha)



Bilance draslíku: na rozdíl od fosforečného hnojení, kdy je kladné bilance fosforu dosaženo již při nejnižší úrovni hnojení fosforem, dosahuje draslík kladné bilance až při nejvyšším vstupu v minerálních hnojivech, tj. 133 kg/ha, varianta 9. hnůj + N2P2K3.
K negativní bilanci draslíku významně přispívá každoroční odvoz vedlejšího sklizňového produktu z pozemku. Hnojem je dodáváno přibližně 63 kg/ha K. I když stupňování dávky draslíku nemá prokazatelný vliv na nárůst výnosů, které zůstávají od úrovně K0 spíše konstantní, pro udržení půdní zásoby jsou dávky úrovně K1 a K2 nedostatečné.

Graf 20: Průměrná roční bilance **draslíku** za dobu trvání pokusu (t/ha)



Bilance vápníku a hořčíku: vápníkem ani hořčíkem se v pokusu minerálně nehnojí. Jedná se o prvky, které se však ve výživě rostlin významně uplatňují, a také jejich bilance by měla být vyvážená. Průměrný roční přívod v hnoji je asi 37 kg/ha Ca a 8 kg/ha Mg (nejsou prezentovány v grafech).

Přívod Ca v hnoji by postačoval na odběr výnosy v BVO, v ŘVO je tento vstup vzhledem k odběru výnosy nedostatečný, varianta hnojená nejvyšší úrovní všech živin odčerpá ročně v průměru 54 kg Ca/ha za rok (tab. 25). Dalším nezanedbatelným vstupem vápníku je superfosfát, LAV a především vápnění.

Přívod Mg v hnoji by přibližně postačoval k pokrytí odběru nehnojenou variantou v BVO. Odběr Mg výnosem v BVO a v ŘVO převážně převyšuje jeho vstupy v hnoji. Další vstup Mg však představuje vápnění. Snižování obsahu Mg v půdě a případné rozšiřování poměru K:Mg může vést k nedostatečnému příjmu Mg rostlinami. Nedostatek Mg by se v pokusu mohl týkat především nevápněné varianty, která je hodnocena v BVO.

Celkové zhodnocení bilance živin

Bilance ***dusíku*** v ŘVO je záporná až do nejvyšší úrovně hnojení všemi živinami, v BVO dochází při nejvyšší úrovni hnojení všemi živinami k bilančnímu přebytku. Dusík může být dále do značné míry doplňován dalšími vstupy, např. symbiotickou fixací, srážkovými spady atd.

Fosfor dosahuje téměř rovnovážné bilance již při úrovni P1, tj. 13 kg P/ha v průměru za rok.

Draslík dosahuje kladné bilance až při dávce K3, tj. 133 kg/ha v průměru za rok.

Vápník by dosahoval přibližně vyrovnané bilance v BVO, v ŘVO jsou jeho vstupy nedostačující, může však být doplňován vápněním a vápníkem v dusíkatých hnojivech. Bilance ***hořčíku*** je v obou oblastech převážně negativní, hořčík je však rovněž doplňován vápněním.

6.7 Kvalitativní vlastnosti

Ivana Komprsová

Hodnocení kvalitativních vlastností plodin je zaměřeno na pšenici ozimou, ječmen jarní a cukrovku.

6.7.1 Pšenice ozimá

U obilnin se sleduje ***hmotnost tisíce zrn*** (HTZ), (tab. 26). V ŘVO i BVO je vyšší HTZ dosahována na variantách s nižšími nebo nulovými vstupy dusíku, tj. 1. kontrola, 2. hnůj a 10. hnůj + N1P1K1. V obou oblastech se mírně projevuje vliv stupňování draselného hnojení. Při zvyšování úrovně draselného hnojení se HTZ zvyšuje, v ŘVO do úrovně N2P2K2 a v BVO až do úrovně N2P2K3. Nízké hodnoty dosahuje HTZ také při nejvyšší úrovni hnojení všemi živinami (varianta 11). Při stupňování fosforu zůstává HTZ v ŘVO i BVO přibližně na stejné úrovni. Rozdíly mezi variantami v HTZ byly statisticky neprůkazné.

Tab. 26: Průměrná HTZ (g) pšenice ozimé za dobu trvání pokusu

Výrobní oblast	1.Kontrola	2. Hnůj	10. hn+N1P1K1	5. hn+N2P2K2	11. hn+N3P3K3	7. hn+N2P0K2	8. hn+N2P1K2	5. hn+N2P2K2	9. hn+N2P3K2	3. hn+N2P2K0	4. hn+N2P2K1	5. hn+N2P2K2	6. hn+N2P2K3	5. hn+N2P2K2	12. hn+N2P2K2
HTZ BVO	42,0	41,9	40,1	39,8	38,9	39,5	39,4	39,8	39,6	37,7	39,0	39,8	39,8	39,8	39,2
Průkaznost	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
HTZ ŘVO	42,1	42,8	42,5	41,8	41,2	41,5	41,6	41,8	41,7	41,0	41,2	41,8	42,2	41,2	40,8
Průkaznost	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

Pekárenská pšenice na výrobu kynutých těst má podle normy ČSN 46 1100-2 obsahovat nejméně 11,5 % ***dusíkatých látek*** v sušině a pšenice pečivárenská pro výrobu oplatků nejvýše 11,5 % N-látek v sušině. To odpovídá obsahu N na úrovni 20 kg v 1 t zrna. V ŘVO by tak požadavky na pekárenskou kvalitu splňovaly všechny varianty minerálně hnojené (tab. 27). Pouze kontrola a varianta hnojená pouze chlévským hnojem by byly zařazeny do kategorie pečivárenské pšenice. V BVO je pekárenské kvality na většině stanic dosahováno až při nejvyšších dávkách živin (N2P2K2 – N3P3K3), (tab. 28).

Tab. 27: ŘVO, obsah N (kg) v 1 t zrna pšenice ozimé

stanice	1.Kontrola	2. Hnůj	10. hn+N1P1K1	5. hn+N2P2K2	11. hn+N3P3K3	7. hn+N2P0K2	8. hn+N2P1K2	5. hn+N2P2K2	9. hn+N2P3K2	3. hn+N2P2K0	4. hn+N2P2K1	5. hn+N2P2K2	6. hn+N2P2K3	5. hn+N2P2K2	12. hn+N2P2K2
PJA	16,9	17,0	19,2	20,5	20,9	20,5	20,4	20,5	19,8	20,2	20,4	20,5	20,1	20,5	20,2
UHO	17,5	18,0	20,8	22,1	22,7	22,0	22,4	22,1	21,9	21,5	22,1	22,1	21,8	22,1	20,0
VER	19,3	19,6	21,4	22,6	23,2	22,3	21,8	22,6	22,3	22,7	22,4	22,6	22,1	22,6	22,6
průměr	17,9	18,2	20,5	21,7	22,3	21,6	21,5	21,7	21,3	21,5	21,6	21,7	21,3	21,7	20,9
Průkaznost	a	ab	abc	c	c	bc	bc	c	abc	bc	bc	c	abc	c	abc

Tab. 28: BVO, obsah N (kg) v 1 t zrna pšenice ozimé

stanice	1.Kontrola	2. Hnůj	10. hn+N1P1K1	5. hn+N2P2K2	11. hn+N3P3K3	7. hn+N2P0K2	8. hn+N2P1K2	5. hn+N2P2K2	9. hn+N2P3K2	3. hn+N2P2K0	4. hn+N2P2K1	5. hn+N2P2K2	6. hn+N2P2K3	11 hn+N3P3K3	12. hn+N3P3K3
HOR	17,0	17,8	19,9	21,0	22,3	20,9	21,0	21,0	20,6	21,2	21,3	21,0	20,8	22,3	22,2
HRA	17,4	17,1	18,5	19,6	20,2	19,0	19,4	19,6	18,7	19,3	19,6	19,6	19,5	20,2	21,3
CHT	17,3	17,0	18,3	19,4	20,4	19,2	19,1	19,4	19,0	18,7	19,2	19,4	19,3	20,4	20,4
JAR	17,2	17,4	22,4	24,1	25,1	24,2	23,9	24,1	23,8	23,4	24,2	24,1	24,2	25,1	26,1
LIP	17,0	16,8	18,1	19,1	20,0	19,0	19,3	19,1	18,7	19,6	19,5	19,1	19,3	20,0	20,1
STV	17,4	16,7	20,5	21,7	23,1	21,4	21,7	21,7	21,3	21,4	21,9	21,7	20,8	23,1	22,9
VYS	17,3	17,1	18,7	19,7	21,4	19,5	19,9	19,7	20,1	19,2	19,8	19,7	19,9	21,4	21,0
průměr	17,2	17,1	19,5	20,7	21,8	20,5	20,6	20,7	20,3	20,4	20,8	20,7	20,5	21,8	22,0
Průkaznost	a	a	ab	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b

Zvyšování obsahu N-látek v zrnu pšenice se vzrůstající úrovní dusíkatého hnojení je dobře patrné. V obou oblastech při stupňování všech živin, a tedy i při stupňování hnojení dusíkem (varianty 1, 2, 10, 5 a 11) obsah dusíkatých látek v zrnu pšenice stoupá až do nejvyšší úrovně hnojení. V BVO dosahuje rovněž vysokého obsahu N-látek varianta 12, tj. nevápněná a hnojená nejvyšší dávkou dusíku N3.

6.7.2 Ječmen jarní

Tab. 29: Průměrná HTZ (g) ječmene jarního za dobu trvání pokusu

Výrobní oblast	1.Kontrola	2. Hnůj	10. hn+N1P1K1	5. hn+N2P2K2	11. hn+N3P3K3	7. hn+N2P0K2	8. hn+N2P1K2	5. hn+N2P2K2	9. hn+N2P3K2	3. hn+N2P2K0	4. hn+N2P2K1	5. hn+N2P2K2	6. hn+N2P2K3	5. hn+N2P2K2	12. hn+N2P2K2
HTZ BVO	45,1	46,1	45,0	43,8	42,5	43,7	43,3	43,8	44,1	43,7	43,8	43,8	44,2	43,8	43,4
Průkaznost	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
HTZ ŘVO	41,2	40,9	41,3	41,5	40,8	41,1	41,3	41,5	41,4	40,8	41,3	41,5	41,4	40,8	41,4
Průkaznost	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

V BVO je nejvyšší ***hmotnost tisíce zrn*** (tab. 29) dosažena rovněž při nižším vstupu živin (varianty 1, 2, 10). V ŘVO je HTZ jednotlivých variant spíše vyrovnaná, nižší po hnojení (varianta 2) a nejvyšší dávce všech živin (varianta 11). V ŘVO se zvyšuje rovněž při nejvyšší dávce fosforečného hnojení (varianta 9) i hnojení draselného (varianta 6) oproti variantám těmito živinami nehnojenými (varianty 7 a 3). Rozdíly mezi variantami však byly malé a statisticky neprůkazné.

Sladovnický ječmen by měl podle normy ČSN 46 1100-5 obsahovat 10 - 12 % ***dusíkatých látek*** v sušině, což odpovídá obsahu N v zrnu 16 - 19 kg N na 1 tunu. Při vyšších úrovních hnojení byla tato hodnota v některých případech překročena (tab. 30, 31). V BVO se obsah N-látek pohyboval od 10,4 do 12,0 % a v ŘVO od 9,9 do 12,1 %.

Tab. 30: ŘVO, obsah N (kg) v 1 t zrna pšenice ozimé

Stanice	1.Kontrola	2. Hnůj	10. hn+N1P1K1	5. hn+N2P2K2	11. hn+N3P3K3	7. hn+N2P0K2	8. hn+N2P1K2	5. hn+N2P2K2	9. hn+N2P3K2	3. hn+N2P2K0	4. hn+N2P2K1	5. hn+N2P2K2	6. hn+N2P2K3	5. hn+N2P2K2	12. hn+N2P2K2
PJA	16,1	16,1	17,5	17,7	18,6	18,1	17,7	17,7	17,5	18,0	18,2	17,7	17,5	17,7	17,5
UHO	16,1	16,1	16,8	17,9	19,1	17,6	18,0	17,9	17,5	17,7	17,7	17,9	17,5	17,9	17,6
VER	15,5	16,7	18,2	18,5	20,5	19,2	19,0	18,5	18,4	19,2	19,0	18,5	18,1	18,5	19,5
průměr	15,9	16,3	17,5	18,0	19,4	18,3	18,2	18,0	17,8	18,3	18,3	18,0	17,7	18,0	18,2
Průkaznost	a	ab	abc	bc	c	bc	bc	bc	abc	bc	bc	bc	abc	bc	bc

Obsah N-látek v zrnu ječmene stoupá úměrně se zvyšující se úrovní hnojení všemi živinami, a tedy i dusíkem v ŘVO i BVO.

Tab. 31: BVO, obsah N (kg) v 1 t zrna ječmene jarního

Stanice	1.Nehnojeno	2. Hnůj	10. hn+N1P1K1	5. hn+N2P2K2	11. hn+N3P3K3	7. hn+N2P0K2	8. hn+N2P1K2	5. hn+N2P2K2	9. hn+N2P3K2	3. hn+N2P2K0	4. hn+N2P2K1	5. hn+N2P2K2	6. hn+N2P2K3	11 hn+N3P3K3	12. hn+N3P3K3
HOR	16,7	16,6	16,9	18,1	18,7	18,3	18,0	18,1	17,6	18,4	18,1	18,1	17,4	18,7	18,9
HRA	17,0	16,7	17,2	17,2	18,5	17,9	17,9	17,2	17,9	17,5	17,6	17,2	17,7	18,5	19,7
CHT	15,8	16,0	16,3	16,6	17,2	17,0	16,8	16,6	16,6	16,6	16,8	16,6	16,7	17,2	17,4
JAR	15,7	15,5	17,6	18,5	20,4	18,7	19,3	18,5	18,5	18,8	19,2	18,5	18,4	20,4	20,5
LIP	17,0	16,8	16,2	16,7	17,1	16,9	16,5	16,7	16,7	17,1	16,4	16,7	16,5	17,1	16,9
STV	18,4	17,9	18,6	19,8	20,7	19,6	19,7	19,8	19,7	19,8	19,5	19,8	19,7	20,7	19,1
VYS	17,2	17,0	18,8	19,0	21,1	19,7	19,4	19,0	19,7	19,5	18,9	19,0	19,1	21,1	21,6
průměr	16,9	16,6	17,4	18,0	19,1	18,3	18,2	18,0	18,1	18,2	18,1	18,0	17,9	19,1	19,1
Průkaznost	a	a	ab	ab	b	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	b	b

6.7.3 Cukrovka

Cukernatost bulev u vybraných variant dosahuje nejčastěji 16 - 19 %, max. 20 - 22 %, klesá se zvyšující se úrovní hnojení.

Tab. 32: ŘVO, cukernatost (%)

Stanice	Kontrola	Hnůj	hn+N1P1K1	hn+N2P2K2	hn+N3P3K3
PJA	19,4	18,9	18,7	18,7	18,1
UHO	18,6	18,6	18,5	18,3	17,5
VER	18,0	18,6	18,6	18,0	18,0
průměr	18,7	18,7	18,6	18,3	17,8
Průkaznost	ab	b	ab	ab	a

7 VLIV HNOJENÍ NA PŮDNÍ VLASTNOSTI

Jaroslav Hynšt

7.1 Půdní reakce

Půdní reakce se zvyšuje s pravidelnou aplikací hnoje (tab.33). Hnůj dodává do půdy nejen bazické kationty (K, Mg a Ca), které přímo zvyšují hodnotu pH, ale také organickou hmotu, díky níž stoupá pufrovací kapacita půdy. Zvýšení pufrační kapacity následně brání změnám pH v důsledku různých forem okyselování. Rostoucí dávky minerálních hnojiv hodnotu pH naopak snižují v ŘVO, a především v BVO. Nejnižší hodnoty jsou zaznamenány v BVO při nejvyšší dávce N3P3K3 bez vápnění, kdy se pokles pH projevuje i na výnosu. U ostatních variant byl acidifikační vliv hnojení omezován pravidelným vápněním a změny byly proto menší. Jednou z příčin pozorovaného snížení pH by mohla být aplikace dusíku ve formě síranu amonného. Obsah síry v tomto hnojivu je přibližně stejný jako obsah dusíku. Odběr síry výnosem je však výrazně menší, a při rostoucí dávce se proto v půdě mohou hromadit kysele reagující anionty SO_4^{2-}, které vyvolávají pokles pH a mohou navíc přispívat k vyplavování kationtů z půdy, což pH ještě více snižuje. Do jisté míry podobný efekt mohou mít i ionty NO_3^- dodané v nadbytečném množství minerálním hnojením.

Tab. 33: Průměrné hodnoty výměnné půdní reakce v ŘVO a BVO

Oblast a průkaznost	Kontrola	Hnůj	hn+N1P1K1	hn+N2P2K2	hn +N3P3K3	hn+N3P3K3 nevápněná
řepařská	6,4	6,7	6,5	6,5	6,3	-
	a	c	b	b	a	-
bramborářská	5,5	6,2	6,1	6,0	5,9	5,0
	b	e	d	d	c	a

7.2 Obsah přístupného fosforu a draslíku v půdě

Vzhledem ke značným změnám obsahu P a K byly vypočítány průměrné hodnoty za 3 období v průběhu pokusu: 1972 – 1978, 1989 - 2004 a 2005 – 2021. Ve všech sledovaných obdobích stupňování dávky P z úrovně hnojení P0 na P3 zvyšuje obsah P v půdě. Obsah P v půdě rozdílně hnojených variant značně kolísal v průběhu pokusných let (tab. 34), vliv rozdílných dávek je přesto jasně patrný a zvýšení obsahu P v ŘVO i BVO s rostoucími vstupy hnojiv s obsahem P je průkazné (graf 21 - 22).

Tab. 34: Průměrný obsah přístupného P a K v řepařské oblasti (mg/kg) za období

Stanice	období	kontrola	7. P0	8. P1	5. P2	9. P3	kontrola	3. K0	4. K1	5. K2	6. K3
PJA	72-88	43	46	57	87	81	106	96	115	147	146
	89-04	53	57	72	104	132	83	76	89	119	147
	04-21	61	75	93	97	118	94	99	121	152	195
UHO	72-88	79	75	95	122	108	268	298	355	351	396
	89-04	50	58	78	104	118	201	243	257	288	341
	04-21	51	61	82	117	133	201	255	283	328	423
VER	72-88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	89-04	85	95	101	106	122	164	181	174	189	224
	04-21	74	93	110	100	127	129	146	153	161	184

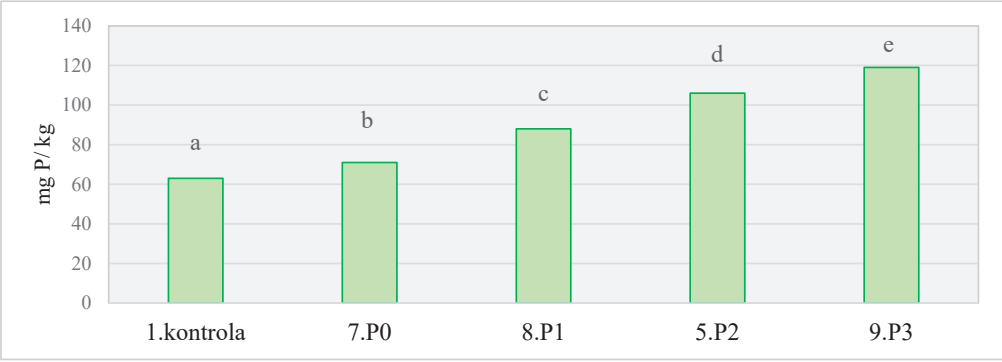
Ze srovnání výsledků se sledovanými výnosy vyplývá, že výnosy nejsou změnami obsahu P v půdě příliš ovlivněny. Obsah P v půdě mezi 50 - 60 mg P/kg je zřejmě, v podmínkách pokusů, dostatečný pro zásobování rostlin fosforem.

Podobně jako v případě fosforu, i obsah K se v jednotlivých variantách poměrně výrazně mění v průběhu pokusu (tab. 35). Přesto se varianty hnojené rozdílnými dávkami navzájem průkazně liší obsahem K v půdě a obsah K průkazně stoupá zvyšováním jeho vstupů do půdy (graf 23 - 24). Z hlediska vlivu na výnos by za optimální obsah v půdě mohly být považovány hodnoty v rozmezí 100 - 200 mg K/kg.

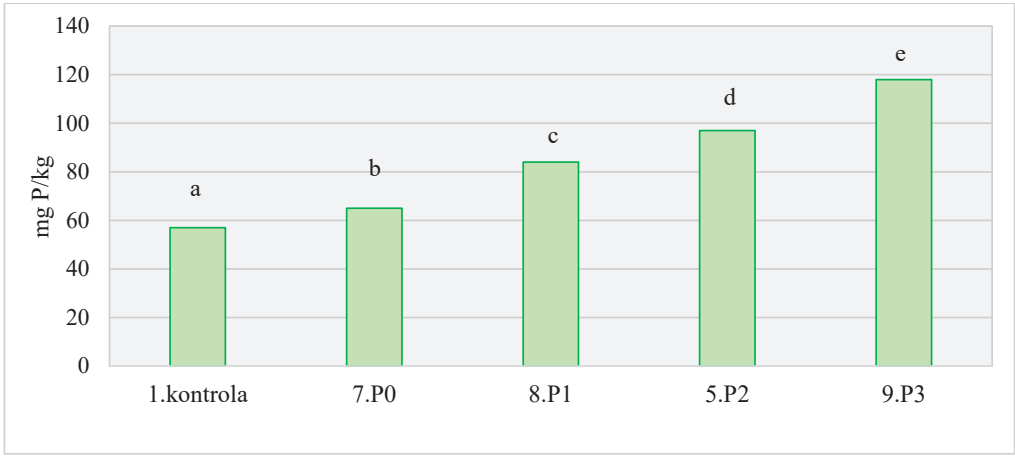
Tab. 35: Průměrný obsah přístupného P a K v bramborářské oblasti (mg/kg)

Stanice	období	kontrola	7. P0	8. P1	5. P2	9. P3	kontrola	3. K0	4. K1	5. K2	6. K3
HOR	72-88	51	51	71	77	92	120	121	130	151	155
	89-04	38	48	83	94	116	99	109	128	145	164
	04-21	39	53	77	85	112	99	109	134	144	196
CHT	72-88	67	67	78	92	96	172	185	216	221	250
	89-04	58	71	88	107	115	125	158	162	197	260
	04-21	56	60	77	86	102	127	142	174	202	221
JAR	72-88	66	66	74	95	110	118	118	142	167	174
	89-04	59	59	74	95	100	120	125	159	193	236
	04-21	59	80	109	127	164	155	179	196	235	301
LIP	72-88	64	71	95	108	128	126	126	173	200	240
	89-04	64	99	117	142	173	102	112	129	163	215
	04-21	62	64	77	101	124	89	95	112	142	193
STV	72-88	39	46	61	78	89	156	156	176	185	208
	89-04	44	44	63	77	98	143	146	167	176	208
	04-21	57	56	72	74	113	110	136	149	165	221
HRA	72-88	80	68	83	91	98	131	115	131	136	133
	89-04	66	60	83	92	115	107	114	131	141	164
	04-21	70	76	92	100	124	122	131	147	175	223
VYS	72-88	67	84	103	114	127	131	132	154	173	158
	89-04	61	76	100	105	135	109	134	155	247	179
	04-21	45	65	90	89	115	93	108	147	235	183

Graf 21: Průměrný obsah **fosforu v půdě v ŘVO**



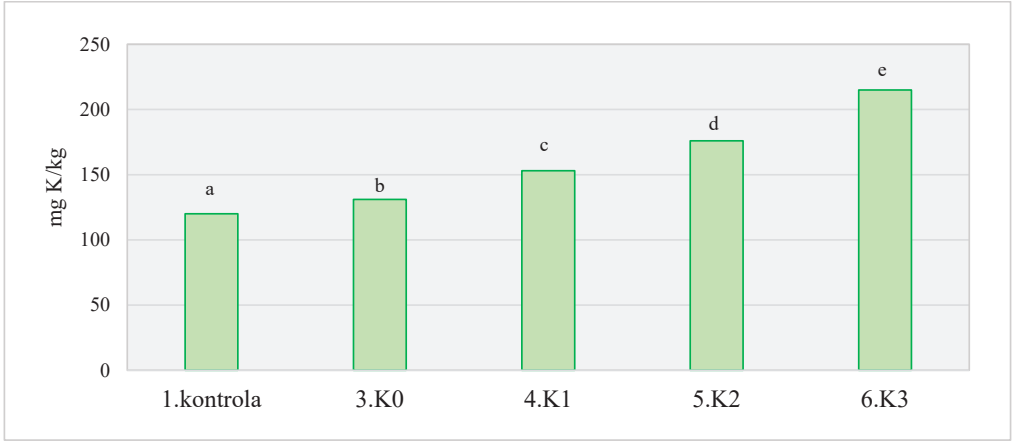
Graf 22: Průměrný obsah **fosforu v půdě v BVO**



Graf 23: Průměrný obsah **draslíku v půdě v ŘVO**



Graf 24: Průměrný obsah **draslíku v půdě v BVO**



7.3 Obsah přístupné síry a mikroelementů v půdě

S rostoucí úrovní hnojení narůstal obsah síry v půdě a nejvyšší hodnoty byly naměřeny v nejvíce hnojené variantě (tab. 36 – 37). Nárůst obsahu síry může být spojen s aplikací dusíku ve formě síranu amonného, který je zdrojem obou prvků a zvyšování dávky dusíku tak současně zvyšuje dávku síry. Pozorované rozdíly také dokládají využitelnost metody Mehlich 3 ke stanovení dostupnosti síry, která je v půdě vysoce mobilní. Zvyšování obsahu síranů v půdě může být jednou z příčin poklesu pH při vyšších dávkách hnojiv.

Hnojení nemělo vliv na obsah Cu a Mn. Obsah B byl ve většině půd nízký na hranici stanovení, mírně vyšší obsah byl zjištěn pouze v půdě ve Věrovanech, není však ovlivněn hnojením. Přestože mikroelementy nebyly dodávány přímo hnojením, neprojevilo se jejich očekávané vyčerpání výnosem. Pozorujeme určité zvýšení obsahu Zn v půdě v hnojených variantách ve srovnání s nehnojenou kontrolou. To může vysvětlovat hnojení hnojem, které bývá uváděno jako zdroj tohoto prvku.

Tab. 36: Průměrný obsah S, Cu a Zn v půdě v řepařské oblasti

Stanice	Prvek (mg/kg)	Kontrola	Hnůj	hn+N1P1K1	hn+N2P2K2	hn+N3P3K3
PJA	S	11,8	13,2	25,1	28,5	34,4
	Cu	3,0	3,3	3,3	3,1	3,1
	Zn	5,0	6,3	6,7	6,5	6,7
UHO	S	10,7	13,3	17,9	25,0	27,6
	Cu	5,1	4,9	4,7	4,8	4,6
	Zn	7,3	7,6	7,8	7,7	7,4
VER	S	10,6	12,1	18,7	24,7	26,4
	Cu	4,8	5,1	4,8	4,8	4,7
	Zn	4,0	4,6	4,6	4,4	4,9
Průměr oblasti	S	10,8 a	12,5 a	20,6 b	26,0 bc	29,5 c
	Cu	4,3 a	4,4 a	4,2 a	4,2 a	4,1 a
	Zn	5,4 a	6,1 a	6,4 a	6,2 a	6,4 a

Tab. 37: Průměrný obsah S, Cu a Zn na stanovištích v bramborářské oblasti

Stanice	Prvek (mg/kg)	Kontrola	Hnůj	hn+N1P1K1	hn+N2P2K2	hn+N3P3K3
HOR	S	12,1	13,1	22,2	28,4	44,6
	Cu	4,2	4,0	4,2	3,9	3,7
	Zn	2,7	2,6	3,3	3,9	3,0
CHT	S	26,9	21,9	26,1	28,5	30,0
	Cu	2,8	3,0	3,0	2,8	2,9
	Zn	3,3	3,3	3,6	3,6	3,6
JAR	S	17,8	21,9	31,0	36,9	70,6
	Cu	2,9	3,1	3,2	3,2	3,0
	Zn	3,6	4,3	4,3	4,5	4,1
LIP	S	17,1	13,1	23,3	28,5	36,3
	Cu	1,8	1,8	1,9	1,8	1,8
	Zn	2,0	1,5	1,7	1,9	2,0
STV	S	12,8	12,3	19,2	21,9	40,5
	Cu	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
	Zn	5,1	7,1	6,2	6,1	6,6
HRA	S	13,8	12,1	20,8	26,0	37,5
	Cu	1,5	1,8	1,9	1,9	1,8
	Zn	3,1	3,9	4,3	3,8	4,5
VYS	S	16,8	12,5	28,2	33,3	50,6
	Cu	3,5	3,6	3,1	3,4	3,1
	Zn	7,0	8,2	8,6	8,4	8,8
Průměr oblasti	S	16,5a	14,7a	24,2ab	28,8b	43,8c
	Cu	3,0a	3,1a	3,1a	3,1a	3,0a
	Zn	3,9a	4,5a	4,7a	4,7a	4,8b

7.4 Obsah organické hmoty

Posuzování vlivu pravidelného hnojení hnojem a minerálními hnojivy na organickou hmotu se věnujeme od roku 2014, kdy bylo zavedeno jako pravidelná součást hodnocení vlastností půdy.

Rostoucí úroveň hnojení zvyšovala obsah C a N v půdě (tab. 38 - 40). Zvýšení obsahu C_{OX} i N_{TOT} je zřejmé v půdě hnojených variant ve srovnání s kontrolou. Vliv hnojení byl větší v bramborářské oblasti, kde byl současně pozorován také větší vliv všech aplikovaných vstupů živin na výnos. Hlavním zdrojem půdního uhlíku jsou nejen organická hnojiva, ale především kořeny a posklizňové zbytky pěstovaných plodin, a i jejich růst je hnojením do určité míry podporován. Pozorované zvýšení tak může do značné míry souviset s většími vstupy posklizňových zbytků a kořenů při organickém i minerálním hnojení. Vyšší dávky živin však mohou mít na růst kořenů negativní vliv, což by mohlo vysvětlovat, proč stupňování dávky minerálních hnojiv obsah organické hmoty dále nezvyšovalo. Nicméně možné jsou i další mechanismy vlivu hnojení na obsah organické hmoty v půdě, v podmínkách pokusu je však nelze zcela odlišit. V řepařské oblasti pozorujeme menší vliv hnojení na plodiny i na obsah půdní organické hmoty. Předkládané výsledky reprezentují současný stav organické hmoty u vyhraných variant, tedy po 50. letech jednotného pokusnického managementu.

Z výsledků vybraných parametrů vyplývá, že v racionálně sestaveném osevním postupu s dvouletou jetelovinou a vyváženým poměrem jednotlivých plodin zvýšilo pravidelné hnojení chlévským hnojem a minerálními živinami obsah organického uhlíku za 50 let o 0,1 - 0,2 %.

Tab. 38: Průměrný obsah oxidovatelného uhlíku a celkového dusíku

Varianta	Obsah C_{OX} %		Obsah N_{TOT} %	
	Bramborářská o.	Řepařská o.	Bramborářská o.	Řepařská o.
Kontrola	1,629 a	1,839 a	0,136 a	0,154 a
HNŮJ	1,787 ab	1,904 a	0,146 ab	0,153 a
hn+N1P1K1	1,826 b	1,905 a	0,157 b	0,157 a
hn+N2P2K2	1,845 b	1,905 a	0,156 b	0,156 a
hn +N3P3K3	1,861 b	1,939 a	0,161 b	0,160 a

Tab. 39: Obsah oxidovatelného uhlíku (C_{OX} %)

Varianta	Bramborářská oblast							Řepařská oblast		
	HOR	CHT	JAR	LIP	STV	HRA	VYS	PJA	UHO	VER
Kontrola	1,834	1,805	1,353	1,228	1,531	1,709	1,940	1,829	1,676	2,011
HNŮJ	2,095	1,987	1,464	1,341	1,631	1,926	2,067	1,945	1,733	2,033
hn+N1P1K1	2,117	2,002	1,575	1,373	1,770	1,936	2,050	1,939	1,736	2,041
hn+N2P2K2	2,077	1,962	1,613	1,385	1,726	1,939	2,173	1,984	1,718	2,014
hn +N3P3K3	2,184	2,072	1,581	1,329	1,742	1,974	2,103	2,003	1,744	2,069

Tab. 40: Obsah celkového dusíku (N_{TOT} %)

Varianta	Bramborářská oblast							Řepařská oblast		
	HOR	CHT	JAR	LIP	STV	HRA	VYS	PJA	UHO	VER
Kontrola	0,135	0,162	0,118	0,108	0,147	0,146	0,166	0,126	0,168	0,156
HNŮJ	0,145	0,163	0,115	0,112	0,157	0,155	0,177	0,134	0,166	0,161
hn+N1P1K1	0,151	0,168	0,139	0,123	0,161	0,169	0,184	0,142	0,167	0,164
hn+N2P2K2	0,148	0,172	0,137	0,123	0,164	0,162	0,189	0,143	0,169	0,155
hn +N3P3K3	0,164	0,177	0,140	0,126	0,160	0,170	0,191	0,142	0,169	0,169

7.5 Stanovení účelné úrovně hnojení

Použitá úroveň hnojení by měla být dostatečná pro dosažení odpovídajícího výnosu pěstovaných plodin a současně by neměla vést k vyčerpání zásoby živin v půdě.

V případě dusíku z bilance nehnojených variant vyplývá, že půda může dlouhodobě dodávat plodinám až 100 kg N/ha za rok. Část tohoto dusíku pochází z atmosférických depozic, část je dodávána biologickou fixací N_2 a část je zpřístupňována mineralizací organické hmoty. Při započítání atmosférických vstupů a biologické fixace bude bilance s velkou pravděpodobností vyrovnaná i při zdánlivě záporných hodnotách na úrovni několika desítek kg N/ha. Naopak, kladná bilance znamená hromadění nevyužitého dusíku spojené s jeho ztrátami v různých formách. Dusík má proto smysl aplikovat spíše v dávce, která ještě přinese zvýšení výnosu, vyrovnávání bilance může už znamenat nadbytečný vstup dusíku. V podmínkách pokusu lze účelnou hranici dávek dusíku odvodit z reakce plodin na stupňování dávek všech živin (varianty N1P1K1 – N3P3K3). V ŘVO výnos narůstal do úrovně hnojení N1P1K1,

v BVO až do nejvyšší úrovně, nárůst však byl při nejvyšších dávkách živin poměrně malý a statisticky neprůkazný.

Z vyhodnocení dlouhodobých změn výnosu a obsahu P v půdě vyplývá, že pro udržení úrodnosti půdy postačuje v obou výrobních oblastech průměrná roční dávka fosforu na úrovni varianty minerálně fosforem nehnojené (N2P0K2) nebo varianty s nízkou hladinou hnojení (N2P1K2). Nejnižší dávka P je 13 kg P/ha a zhruba stejné množství P je dodáváno chlévským hnojem ke všem minerálně hnojeným variantám. Hnojení na úrovni P1 tak zhruba odpovídá roční spotřebě P, která dosahuje 20 - 30 kg/ha. Z výsledků 50 let sledování však nepozorujeme, že by záporná bilance snižovala obsah P případně výnos. I při variantě P0, kde jediným zdrojem P je hnůj bylo dosaženo zhruba srovnatelného výnosu. Půdy jsou z tohoto pohledu zřejmě dobře zásobené fosforem. Obsah P na úrovni 50 mg P/kg je patrně dostačující pro udržení úrodnosti půdy a i zásoby P. Tyto půdy mohou být po relativně dlouhou dobu zdrojem P pro pěstované plodiny. Další zvyšování dávek a obsahu P v půdě spíše přispívá ke hromadění nevyužitého P než ke zvyšování úrodnosti. V budoucnu však nelze vyčerpání zásob při nedostatečném hnojení vyloučit a půdní zásoby nepochybně nejsou neomezené. V podmínkách pokusu lze navíc předpokládat pozitivní vliv jetelovin a organického hnojení na dostupnost P, v jiných podmínkách může být dostupnost P pro plodiny více závislá na vstupech P.

Jako účelný systém hnojení by se dalo na základě výsledků doporučit udržování obsahu P v půdě na úrovni 50 mg P/kg hnojením v dávkách, které odpovídají úrovni P0 – P1, přínos dalšího zvyšování obsahu zvyšováním vstupů je sporný.

Velmi podobný trend byl pozorován také v případě draslíku. Potřebný obsah v půdě pro maximální výnos dosahuje hodnot v rozmezí 100 - 200 mg K/kg, což v podmínkách pokusu odpovídá úrovni hnojení K0 - K1.

Z dosažených výsledků současně vyplývá, že metoda Mehlich 3 dokáže spolehlivě zaznamenat rozdíly v dostupnosti živin mezi odlišně hnojenými variantami. Pro plné posouzení vztahu mezi dostupností živin a výnosem by však byla zapotřebí půda s nízkým obsahem živin, ve které je výnos výrazně limitován dostupností P a K a zvyšování jejich obsahu by se projevilo nárůstem výnosu. Ve sledovaných půdách je obsah P a K poměrně vysoký a závislost mezi jejich obsahem v půdě a výnosem je tím poněkud zkreslena.

8 BILANCE A VYPLAVOVÁNÍ ŽIVIN PŘI STUPŇOVÁNÍ ŽIVIN V LYZIMETRICKÉM SLEDOVÁNÍ

Renáta Prchalová

Lyzimetrická sledování jsou důležitým zdrojem informací o využití živin v agroekosystému, o vstupech, výstupech a jejich celkové bilanci. Významnou položkou bilance jsou atmosférické vstupy a také vyplavování živin. Srážková voda, která prosakuje půdou, rozpouští živiny a napomáhá jejich pohybu půdním profilem. Ve vodě rozpuštěné živiny, které se pohybují v protékající vodě mohou být využity kořeny rostlin. Pokud je ale pohyb živin příliš rychlý, ať už v důsledku jejich vysoké koncentrace v půdě, nebo jako následek zasakování velkého objemu vody, může dojít k jejich vyplavení do spodních vod. Zařízení k zachycení půdní vody (tzv. eluátu), která protéká půdním profilem nazýváme lyzimetr. Významné jsou živiny v eluátu zachycené v hloubce 80 cm, které prostupují mimo dosah kořenů a většinou představují ztrátu pro rostliny a současně nebezpečí pro kvalitu vod.



8.1 Metodika lyzimetrického sledování v návaznosti na dlouhodobý pokus

Stěžejní pro vyhodnocení je shromažďování informací o vstupech živin do půdy, výnosech plodin, obsahu minerálního dusíku v různých hloubkách během roku, což umožňuje hodnotit nejen ztráty vyplavováním, ale také bilanci živin v půdě. Měsíčně se hodnotí dešťové srážky a případné průsaky živin a průvodních látek.

Na stanicích Horažďovice, Jaroměřice nad Rokytnou a Uherský Ostroh byly tříhorizontové lyzimetry instalovány mezi lety 1987 až 1988 pod parcelami pokusu *Sledování vlivu stupňované intenzity hnojení na výnosy plodin, agrochemické vlastnosti půdy a bilanci živin*, který je detailně popsán v předchozích kapitolách. Hodnocení vlivu stupňovaného hnojení v dlouhodobém pokusu tak nabývá komplexnějšího rozměru.

Tab. 41: Schéma hnojení lyzimetrických parcel

stanice	Úroveň hnojení	Odpovídá variantě dlouhodobého pokusu
Horažďovice	N1P1K - nízká	10
	N3P3K3 - vysoká	11
Jaroměřice n. Rokytnou	N2P2K2 - střední	5
Uherský Ostroh	N2P2K2 - střední	5

Tab. 42: Průměrné roční dávky minerálních živin

dodané živiny	Dávky čistých živin kg/ha					
	N1P1K1		N2P2K2		N3P3K3	
N	46 ŘVO	48 BVO	69 ŘVO	73 BVO	92 ŘVO	97 BVO
P	13		26		53	
K	33		66		133	
Hnůj (t/ha) 2x za osevní sled	40		40		40	

Živiny dodané v hnoji každý čtvrtý rok (kg č.ž./ha): N - 276, P - 56, K - 252, Ca - 148 kg.

8.2 Vstupy živin atmosférickými srážkami

Srážková voda obsahuje malé, avšak nezanedbatelné množství živin (tab. 43). Průměrný roční přísun nitrátového a amonného dusíku za období 1989 - 2021 dosahuje v průměru téměř 5 kg/ha/rok. O něco nižší je přísun draslíku a hořčíku 3,8 kg/ha a téměř zanedbatelný je vstup fosforu. Relativně vyšší je množství síry v síranové formě v průměru 16 kg/ha a dotace vápníku 12 kg/ha.

Tab. 43: Průměrné roční vstupy živin ve srážkové vodě v kg/ha

Stanice	Srážky mm	pH	NO_3^-	NH_4^+	P	K	Mg	Ca	SO_4^{2-}
Horažďovice	630	6,1	4,7	8,4	0,7	6,6	1,6	7,5	26,1
Jaroměřice	514	5,8	5,7	3,8	0,3	1,2	0,8	6,7	12,7
Uh. Ostroh	526	6,4	4,4	2,3	0,5	3,7	1,4	21,9	10,0
Průměr		6,1	4,9	4,8	0,5	3,8	3,8	12,0	16,3

8.3 Ztráty živin vyplavováním

Průměrné ztráty vyplavováním jsou za období 1989 - 2021 nejvyšší na půdách s promyvným (Horažďovice) a periodicky promyvným režimem (Uherský Ostroh a Jaroměřice). Z těchto půd jsou vyplavovány především Ca, SO_4^{2-} a NO_3^-. Určitý význam může mít také vyplavování Mg. V případě P a K jsou ztráty zanedbatelné bez ohledu na vodní režim. Z porovnání ročních vstupů srážkami a ztrátami vyplavením (tab. 43 a 44) vyplývá, že ztráty NO_3^-, Ca a SO_4^{2-} jsou do jisté míry kompenzovány atmosférickými vstupy.

Tab. 44: Průměrné roční ztráty živin v kg/ha v odběrové vrstvě 80 cm

Stanice	Průsak eluátu ze srážek %	pH	$N\text{-}NO_3^-$	$N\text{-}NH_4^+$	P	K	Mg	Ca	SO_4^{2-}-
Horažďovice	12,1	7,4	7,3	-	-	0,3	1,6	22,1	16,4
Uh. Ostroh	12,8	7,8	14,5	0,1	-	0,8	2,0	43,3	30,4
Jaroměřice	1,6	7,8	4,0	-	-	0,1	1,7	6,2	9,0

8.4 Bilance dusíku na lyzimetrických stanovištích

Údaje o vstupech dusíku, jeho vyplavování a obsahu v půdě byly použity k výpočtu bilance, vypočítané jako rozdíl mezi měřitelnými vstupy dusíku do půdy a výstupy. Na rozdíl od ostatních živin, jejichž bilanci lze stanovit relativně spolehlivě, je bilancování dusíku značně ztíženo. Metodicky je obtížné stanovit fixaci a plynné ztráty N_2, oxidů dusíku a dalších plynů. Předložená bilance je v základní podobě, bez korekce na biologickou fixaci dusíku jetelovin. Základními údaji pro výpočet jsou vstupy dusíku z minerálních a organických hnojiv, dešťové srážky a obsah minerálního dusíku v půdě v hloubce 0 - 60 cm stanovený brzy na jaře. Výstupy zahrnují obsah N ve sklizeni hlavního a vedlejšího produktu a ztrátu N vyplavením v půdním profilu z hloubky 80 cm.

Tab. 45: Průměrná bilance dusíku na stanovišti Horažďovice

úroveň hnojení	deskriptivní charakteristika	Vstupy N (kg N/ha)			Výstupy N (kg N/ha)		Bilanční rozdíl
		Nmin	hnojení	srážky	Odběr sklizní	ztráty vyplavením	
N1P1K1	Průměr	126	91	9	148	5	73
	Minimum	35	0	3	56	0	-242
	Maximum	332	429	18	381	15	412
	Směr. odchylka	69	98	4	77	5	132
N3P3K3	Průměr	125	138	9	178	2	92
	Minimum	39	0	3	47	0	-224
	Maximum	349	509	18	407	12	417
	Směr. odchylka	65	116	4	81	4	161

Tab. 46: Průměrná bilance dusíku na stanovišti Jaroměřice n. Rokytnou

úroveň hnojení	deskriptivní charakteristika	Vstupy N (kg N/ha)			Výstupy N (kg N/ha)		Bilanční rozdíl
		Nmin	hnojení	srážky	odběr sklizní	ztráty vyplavením	
N2P2K2	Průměr	84	108	17	150	7	52
	Minimum	16	-	4	37	0	-223
	Maximum	235	200	38	284	70	281
	Směr. odchylka	48	63	8	56	18	119

Tab. 47: Průměrná bilance dusíku na stanovišti Uherský Ostroh

úroveň hnojení	deskriptivní charakteristika	Vstupy N (kg N/ha)			Výstupy N (kg N/ha)		Bilanční rozdíl
		Nmin	hnojení	srážky	odběr sklizní	ztráty vyplavením	
N2P2K2	Průměr	72	109	15	188	22	-18
	Minimum	15	0	0	97	0	-240
	Maximum	166	186	53	366	256	237
	Směr. odchylka	38	54	15	80	58	128

Rozhodující položkou výstupů je odběr dusíku hlavním i vedlejším produktem, ztráty vyplavením dusíku se na celkových výstupech podílí jen nižší měrou. Významný vliv na bilanci živin mají také pěstované plodiny. Z výsledků vyplývá, že u jetelovin a luskovin odběr značně převyšuje vstupy. Výsledkem je pak výrazně negativní bilance, ale deficit dusíku je do značné míry vyrovnáván biologickou fixací N_2, která může převyšovat skutečný odběr, reálná bilance jetelovin bývá kladná.

V Horažďovicích a Jaroměřicích jsou vstupy větší než výstupy a průměrná bilance dusíku za sledované období je proto kladná. Nejvyšší bilanční rozdíl 92 kg N/ha je v Horažďovicích na třetí hladině hnojení N3P3K3, nižší je na variantě N1P1K1 73 kg N/ha a nejnižší na variantě N2P2K2 v Jaroměřicích 52 kg/ha. Negativní bilanci dusíku -18 kg/ha pozorujeme v Uherském Ostrohu, kde byl příčinou vysoký odběr dusíku sklizní, ale také ztráty vyplavením, v průměru 22 kg N/ha. Nejvyšší ztráty dusíku byly zaznamenány v roce 2009 (256 kg/ha) a v roce 2006 (137 kg/ha), což bylo způsobeno přívalovými dešti a vysokým průsakem do hloubky 80 cm. Toto stanoviště se vyznačuje periodicky promyvným vodním režimem a průměrnými srážkami 540 mm ročně, v letech 2006 a 2009 byly srážky nad 577 mm.

V Horažďovicích na lyzimetrické parcele s nízkou úrovní hnojení N1P1K1 byla za sledované období zaznamenána záporná bilance dusíku 7x. Roční průměrná bilance N dosahuje 73 kg N/ha a průměrné ztráty do hloubky 80 cm činí 4,8 kg/ha. Po vysokých hladinách živin N3P3K3 byla záporná bilance 6x, průměrná roční bilance N dosahuje 91 kg/ha a ztráty vyplavením 2,4 kg/ha.

Průměrný obsah Nmin měřeného na jaře je na obou variantách shodný, tj. 125 kg/ha, odběr sklizní na variantě N3P3K3 je vyšší v průměru o 30 kg N/ha. Výnos pěstovaných plodin je při nižší úrovni hnojení limitován dostupností živin, ale zvýšené dávky dusíku dokázaly rostliny efektivně využít pro tvorbu zelené biomasy, zvýšily výnosy a ztráty vyplavením mimo kořeny rostlin byly proto nižší.

Lyzimetrická sledování potvrzují, že vysoké dávky dusíku N3P3K3 jsou z dlouhodobého pohledu nevhodné, protože do půdy je vnášeno větší množství dusíku, než je spotřeba na tvorbu výnosu a výsledkem je pak vysoká kladná bilance, kdy dochází k nežádoucímu přehnojení. Naopak nedostatečné hnojení dusíkem může znamenat, že rostliny čerpají dusík z půdních zásob v podobě organické hmoty, které nejsou dostatečně doplňovány a výsledkem je pak ochuzování půdy o humus. Vstupy dusíku by proto měly být udržovány na úrovni odpovídající nárokům plodin, aby se zamezilo negativním dopadům na agroekosystém.

9 ZÁVĚR

Výnos plodin se zvyšuje již pravidelnou aplikací hnoje bez minerálního hnojení. Aplikace minerálních hnojiv i v nejnižších dávkách výnos dále zvyšovala. Rostoucí dávky minerálních hnojiv však výnos ovlivňují jen omezeně a více v BVO než v ŘVO. Výnos stoupal zejména s rostoucí dávkou dusíku, zatímco stupňované dávky P a K zvyšují spíše obsah prvků v půdě bez většího vlivu na výnos. Půdy pokusných lokalit jsou zřejmě dobře zásobené těmito živinami a důležitým zdrojem obou prvků je také hnůj, který se v pravidelných intervalech aplikuje ke všem minerálně hnojeným variantám, což zřejmě dále snižuje nároky plodin na minerální vstupy P a K. Obsah P a K poměrně výrazně kolísal v průběhu pokusu, očekávaný pokles obsahu v půdě při záporné bilanci se doposud neprojevil.

Stupňování dávky dusíku, který se částečně dodává v síranové formě, zvyšovalo obsah síry. Rozdíly mezi variantami se projevily výraznými změnami obsahu živin v půdě a z výsledků vyplývá, že metoda Mehlich 3 dokáže zaznamenat změny v obsahu P, K a S vyvolané hnojením.

Rostoucí dávky minerálních hnojiv snižovaly hodnotu pH v obou výrobních oblastech. Pozorovaný pokles by mohl být způsoben rostoucí dávkou dusíku ve formě okyselujícího hnojiva síranu amonného. To pozorujeme v souladu se zvýšeným obsahem S v hnojených variantách. Pokles pH je obzvláště výrazný v BVO při aplikaci nejvyšší dávky bez vápnění, kde se projevuje se i poklesem výnosu. Výsledky tak dokládají význam regulace pH vápněním.

Výsledky byly použity k odvození účelné úrovně hnojení, za kterou lze v podmínkách pokusu považovat dávky živin na úrovni N1 - N2, P0 - P1 a K0 - K1 a udržování obsahu P na úrovni 50 - 60 mg P/kg a obsah K mezi 100 - 200 mg K/kg přiměřenou aplikací organických i minerálních hnojiv.

Padesát let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ

Šedesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice

Zpracoval:	Ing. Jaroslav Hynšt, Ph.D., Ing. Silvie Jančíková, Ing. Ivana Komprsová, Ing. Renáta Prchalová, Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.
Vydal:	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Sekce zemědělských vstupů
Náklad:	120 ks
Rok vydání:	2022
Počet stran:	82
Tisk a vazba	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Hroznová 2, 603 00 Brno, tel.: 543 548 111 e-mail: ukzuz@ukzuz.cz
	ISBN 978-80-7401-217-4
	Publikace neprošla jazykovou úpravou.

