

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA AGROBIOLOGIE, POTRAVINOVÝCH A PŘÍRODNÍCH ZDROJŮ

KATEDRA AGROENVIRONMENTÁLNÍ CHEMIE A
VÝŽIVY ROSTLIN



**Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu dusíkem u ozimé
pšenice a brambor v podmínkách východočeského regionu**

Bakalářská práce

Autor práce: Tomáš Javor

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Černý, Ph.D.

Praha 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „**Hodnocení obsahu N_{\min} v půdě a výživného stavu dusíkem u ozimé pšenice a brambor v podmínkách východočeského regionu**“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne:

.....

Tomáš Javor
autor bakalářské práce

Poděkování

Tímto mnohokrát děkuji panu Ing. Jindřichovi Černému, Ph.D. za umožnění zpracování navrženého tématu bakalářské práce, za její odborné vedení a velmi vstřícný přístup.

SOUHRN

Cílem práce bylo monitorovat a vyhodnotit změny obsahu minerálního dusíku ($N_{\min.}$) v půdě a výživný stav rostlin ozimé pšenice a konzumních brambor dusíkem na vybraných stanovištích východočeského regionu. Úkolem bylo zjistit vliv dávky a formy hnojiva na obsah $N_{\min.}$ v půdě a výživný stav rostlin dusíkem a posoudit vhodnost použití dostupných výživářsko-výrobních diagnostických metod pro optimalizaci hnojení dusíkem.

Monitoring probíhal v letech 2010 a 2011 v teplejší oblasti Královéhradecka a v chladnější oblasti podhůří Orlických hor (Rychnovsko a Orlickoústecko). Celkem bylo sledováno každý rok 14 stanovišť ozimé pšenice a 2 stanoviště konzumních brambor, v roce 2011 byly sledovány 3 stanoviště.

Výsledky laboratorních analýz byly hodnoceny podle diagnostických metod. Obsahy $N_{\min.}$ v půdě byly hodnoceny podle kritérií stupně zásoby v půdě. Výživný stav ozimé pšenice dusíkem byl hodnocen podle koncentračních křivek pro různé modelové výnosy. V případě brambor byly výsledky analýz středních listů vyhodnoceny podle diagramu vyhodnocení výsledků anorganických rozborů rostlin. Bylo zjištěno, že obsah $N_{\min.}$ v půdě se měnil podle aktuálních vláhových podmínek, podle použité dávky a formy hnojiva a podle příjmové schopnosti rostlin. V předjaří byly zjištěny vyšší obsahy $N_{\min.}$ v půdách po zámru do hloubky ornice. Obsah $N_{\min.}$ v půdě v porostech pšenic byl ovlivněn převážně produkčním přihnojením, kdy byly obsahy nejvyšší. Dále v metání po kvalitativní dávce již obsahy $N_{\min.}$ v půdě klesaly na malou až střední zásobu. V případě brambor byly zjištěny přibližně po 6 – 7 týdnech po základním hnojení velmi dobré zásoby $N_{\min.}$ v půdě, které setrvaly ještě po období kvetení. Výživné stavy rostlin jak ozimé pšenice, tak brambor za déletrvajících období beze srážek stagnovaly obdobně jako mineralizace $N_{\min.}$ v půdě. Příjem živin kořeny rostlin měl hlavní úlohu v odběru dusíku z půdy.

Posouzením použitých diagnostických metod bylo zjištěno, že v ozimé pšenici v obou letech sledování se výživově stanovené modelové výnosy v období kvetení se statistickou významností shodovaly se sklizňovým výnosem, těsnost vztahu byla nejužší ve srážkově bohatším roce 2011, zejména ve druhé polovině vegetace. Prognóza dosažení výnosu hlíz podle diagramu výživy N/P, který poukazoval na dobrý až vysoký obsah dusíku v sušině středních listů odpovídal dosažení efektivních sklizňových výnosů >40 t/ha. Metoda $N_{\min.}$ v celém diagnostickém komplexu doplňovala informace o podmínkách výživy rostlin dusíkem.

Klíčová slova: brambory, diagnostické metody, minerální dusík v půdě ($N_{\min.}$), ozimá pšenice, východočeský region, výživa rostlin dusíkem

SUMMARY

The aim of the work was to monitor and evaluate changes in mineral nitrogen ($N_{\min.}$) content in soil and plant nutritional status of winter wheat and consumable potato of nitrogen at selected sites in the East Bohemian region. The task was to determine the influence of dose and form of fertilizer on the content of $N_{\min.}$ in soil and plant nitrogen nutritional status and assess the appropriateness of using any available nutritional-production diagnostic methods for the optimization of nitrogen fertilization. A monitoring was conducted between 2010 and 2011 in a warmer area near Hradec Králové and colder site at the foothills of the Eagle Mountains (Rychnov nad Kněžnou and Ústí nad Orlicí). There were monitored in total 14 sites of winter wheat and 2 habitats of potatoes each year, in 2011 the monitoring included 3 habitats.

The results of the laboratory analysis were evaluated by diagnostic methods. $N_{\min.}$ contents in soil were evaluated according to the criteria of the amount of reserves in the soil. Nutritional status of winter wheat was assessed by nitrogen concentration curves for various model yields. For potatoes, the results of analysis of middle leaves were evaluated according to the diagram of evaluation of the results of inorganic analyses of plants. It was found that $N_{\min.}$ content in the soil varied according to the current moisture conditions, according to the dose and form of fertilizer, and according to resorptive capacity of plants. In early spring higher levels of content of $N_{\min.}$ in soil were observed after freezing in subsoil. $N_{\min.}$ content in the soil in the vegetation of wheat was affected mainly by productive fertilization, with the highest levels of nitrogen. Furthermore, in earing, after a qualitative fertilization dose, $N_{\min.}$ contents in the soil fell from the small to medium supply. In case of potatoes very good basic supplies of $N_{\min.}$ in the soil were detected after about 6 to 7 weeks after fertilization, which remained even after the blooming stage. Plants nutritional status of both winter wheat and potatoes stagnated in prolonged periods without precipitation similarly to the $N_{\min.}$ mineralization in the soil. The absorption of nutrients with the plant roots had a major role in an uptake of nitrogen from the soil.

It was found by the assessment of diagnostic methods that in winter wheat in both years of examination nutritionally specified model yields in the flowering stage coincided with the harvest yield in statistical significance, while the closeness of the relationship was closest in richer in precipitation year 2011, especially in the second half of the vegetation. The forecast yield potato tuber by achieving nutrition chart N/P which pointed from the good to high nitrogen content in dry mass of medium leaves corresponded to achieving effective crop

yields >40 t/ha. $N_{\min.}$ method within the complex diagnostic methods complemented information about the conditions of plant nutrition with nitrogen.

Keywords: diagnostic methods, East Bohemian region, mineral nitrogen in soil ($N_{\min.}$), plant nitrogen nutrition, potato, winter wheat

OBSAH

1 ÚVOD.....	9
2 CÍL PRÁCE.....	10
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	11
3.1 Požadavky sledovaných plodin na prostředí.....	11
3.1.1 Požadavky ozimé pšenice na prostředí.....	11
3.1.2 Požadavky brambor na prostředí.....	12
3.2 Výživa a hnojení sledovaných plodin.....	13
3.2.1 Nároky ozimé pšenice a brambor na výživu.....	13
3.2.2 Použití organických a statkových hnojiv.....	15
3.2.3 Použití minerálních hnojiv.....	16
3.2.4 Mimokořenová výživa a hnojení.....	17
3.2.5 Výživa a hnojení dusíkem.....	18
3.2.6 Výživa a hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem.....	21
3.2.7 Výživa a hnojení vápníkem.....	22
3.2.8 Výživa a hnojení mikroprvky.....	23
3.3 Dusík jako živina.....	24
3.4 Dusík v půdě.....	24
3.4.1 Faktory působící na přeměny dusíku v půdě.....	26
3.4.2 Mineralizace.....	26
3.4.3 Imobilizace.....	28
3.4.4 Nitrifikace.....	29
3.4.5 Denitrifikace.....	30
3.4.6 Biologická fixace atmosférického dusíku.....	31
3.4.7 Vedlejší zdroje dusíku v půdě.....	31
3.4.8 Volatilizace.....	32
3.4.9 Vyplavování.....	32
3.5 Dusík v rostlině.....	32
3.5.1 Význam a utilizace dusíku rostlinami.....	33
3.5.2 Zdroje a přijatelnost dusíku rostlinami.....	34
3.5.3 Faktory ovlivňující příjem dusíku rostlinami.....	34
3.5.4 Poruchy při nedostatku a nadbytku dusíku v rostlinách.....	35
3.6 Diagnostické metody výživy rostlin.....	35
3.6.1 Diagnostika podmínek výživy rostlin.....	36
3.6.2 Diagnostika výživného stavu rostlin.....	38
3.6.3 Diagnostika výživy ozimé pšenice.....	39
3.6.4 Diagnostika výživy konzumních brambor.....	40
3.6.5 Vliv prostředí na odběr vzorků pro diagnostiku výživy.....	41
4 METODIKA.....	42
4.1 Charakteristika zájmového území kontrolních stanovišť.....	42
4.2 Hnojení porostů kontrolních stanovišť.....	46

4.3 Odběr vzorků a popis užitých diagnostických metod	49
4.3.1 Postup při odběru vzorků půdy na obsah minerálního dusíku ($N_{\min.}$)	49
4.3.2 Postup při odběru vzorků nadzemních částí rostlin (NČR).....	50
4.3.3 Chemické analýzy	50
4.4 Vyhodnocení výsledků.....	51
4.4.1 Kritéria hodnocení výsledků rozborů půd na $N_{\min.}$ pro monitorování.....	52
4.4.2 Vyhodnocení výživného stavu rostlin ozimé pšenice dusíkem.....	52
4.4.3 Vyhodnocení výživného stavu rostlin konzumních brambor dusíkem	53
5 VÝSLEDKY	55
5.1 Sledování obsahu $N_{\min.}$ v půdě.....	55
5.1.1 Dynamika obsahu $N_{\min.}$ v půdě za vegetace 2010	55
5.1.2 Dynamika obsahu $N_{\min.}$ v půdě za vegetace 2011	59
5.2 Sledování výživného stavu rostlin dusíkem.....	62
5.2.1 Dynamika výživného stavu rostlin dusíkem během vegetace 2010.....	63
5.2.2 Dynamika výživného stavu rostlin dusíkem během vegetace 2011	66
5.3 Hodnocení $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu rostlin N diagnostickými metodami.....	70
5.3.1 Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu porostů N v roce 2010	70
5.3.2 Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu porostů N v roce 2011	75
5.4 Vliv ročníku na dynamiku $N_{\min.}$ v půdě a výživu rostlin N.....	80
5.5 Posouzení využitých diagnostických metod pro optimalizaci hnojení N	81
5.5.1 Modelové koncentrační křivky výnosového potenciálu ozimé pšenice	82
5.5.2 Diagram pro vyhodnocení výsledku ARR brambor	83
6 DISKUZE	86
7 ZÁVĚR	92
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	93
9 SEZNAM PŘÍLOH.....	97

1 ÚVOD

V České republice ozimá pšenice (*Triticum aestivum* L.) zaujímá první místo ve struktuře pěstovaných plodin, čímž zaujímá ca. 800 tis. ha ročně z celkových 2,5 mil. ha orné půdy. Zastoupení bramboru (*Solanum tuberosum* L.) se v posledních 20 letech značně změnilo, osázené plochy klesly ze 110 tis. ha v roce 1990 na pouhých 36 tis. ha v roce 2010. Obě plodiny v posledních letech dosahují rekordně objemných sklizní z jednotky provozních ploch, čímž se přibližují k maximální hranici biologického produkčního potenciálu. Konkrétně ozimá pšenice zaznamenala v posledních 30 letech nárůst průměrného výnosu zrna téměř o 1 t/ha, tedy na 5,5 t/ha v roce 2010. Konzumní brambory za stejné období dosahují až o 10 t vyšších hektarových výnosů hlíz, průměrný výnos v roce 2010 dosahoval až 27 t/ha.

Inovativní pěstební technologie a šlechtitelský pokrok s sebou nese celou řadu pozitivních vlastností. Šlechtění se promítá do podílu nových výkonných odrůd, které každoročně obohacují sortiment pšenic a brambor. Rostoucí nabídka ovšem vyžaduje znát komplexní informace o odrůdách a respektovat jejich výrobní, půdní a klimatické požadavky.

Pšenice ozimá je pěstována pro zrna, které z větší části putuje do finančně méně příznivých krmných fondů a druhá část osevních ploch je pěstována s cílem dosažení potravinářské jakosti. Úpravou zrna pekařské pšenice se získává mouka a zde má pšenice pro obsah bílkovin (především lepku) své nenahraditelné postavení. Hlízy brambor jsou významným a levným zdrojem vit. C a nezbytných antioxidantů (polyfenolických látek) v lidské výživě. Hlíza je zdužnatělý konec podzemního oddenku (stolonu) a rozhodujícím u sklizené hlízy je obsah sušiny, který ovlivňuje kvalitu a obsah škrobu (varný typ).

Ocenění produkce obilnin a bramborových hlíz (vyjma raných) je v průměru na trhu s komoditami ve srovnání s ostatními ekonomicky poměrně ustálené, s minimálními meziročními výkyvy, ovšem rentability v prvovýrobě není plně dosahováno, poněvadž zdaleka není využit výnosový potenciál pěstovaných druhů a odrůd.

Rentabilní pěstování plodin vyžaduje správnou rajonizaci, agrotechniku a především dostatečnou úroveň výživy všemi makro- i mikrobiogenními živinami, a to v harmonickém poměru, přičemž limitující živinou je především dusík. Efektivní výživu rostlin dusíkem lze zajistit celkovou optimalizací výživy, především zohledněním organických zdrojů dusíku a následným racionálním použitím hnojiv. Potřebu a úroveň hnojení lze stanovit podle obsahu živin v půdě nebo analýzou aktuálního výživného stavu rostlin. Tato bakalářská práce je příspěvkem k využití dostupných výživářsko-výrobních diagnostických metod pro ozimou pšenici a konzumní brambory, napomáhajících při celkové optimalizaci výživy.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je monitorovat a vyhodnotit změny obsahu minerálního dusíku ($N_{\min.}$) v půdě a výživný stav dusíkem v rostlinách ozimé pšenice a konzumních brambor na vybraných stanovištích na území východočeského regionu. Zároveň bude posouzena vhodnost použití dostupných výživářsko-výrobních diagnostických metod pro optimalizaci hnojení dusíkem.

Hypotéza

Předpokládá se, že průběh počasí (ročník) bude mít vliv na obsah minerálního dusíku ($N_{\min.}$) v půdě a na úroveň výživného stavu rostlin dusíkem během vegetace. Předpokládá se, že aplikovaná hnojiva k plodinám ovlivní obsah $N_{\min.}$ v půdě a následně výživný stav rostlin dusíkem. Předpokládá se, že využití diagnostické metody zjistí relevantní výživný stav dusíkem a zjištěné údaje budou vhodným podkladem pro optimalizaci hnojení dusíkem. Dále se předpokládá, že modelové koncentrační křivky dusíku pro různé výnosy se ztotožní v klíčových obdobích vývoje s objemem skutečně dosaženého sklizňového výnosu ozimé pšenice. U brambor se předpokládá, že úroveň naživení rostlin dusíkem bude limitující ve výživě, pro dosažení efektivního výnosu hlíz (40 t/ha) pro konzumní použití. Rovněž se předpokládá, že metoda $N_{\min.}$ bude z celé koncepce diagnostických metod vhodným indikátorem podmínek výživy rostlin dusíkem.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Literární přehled k dané problematice zahrnuje problematiku požadavků ozimé pšenice a raných (označení R) konzumních brambor na půdně-klimatické podmínky, problematiku požadavků ozimé pšenice a brambor na výživu, problematiku systémů hnojení plodin, problematiku transformace dusíku v půdě, zvláště se zaměřením na minerální dusík ($N_{\min.}$), problematiku příjmu a utilizace dusíku v rostlinách včetně faktorů, které na příjem působí. Dále v přehledu jsou popsány hlavní diagnostické metody výživy rostlin použitelné při optimalizaci hnojení zvláště dusíkem.

3.1 Požadavky sledovaných plodin na prostředí

Pro sledování obsahu minerálního dusíku ($N_{\min.}$) v půdě, výživného stavu rostlin dusíkem a faktorů na ně působících, byly zvoleny dvě na výživu náročné plodiny, botanicky zcela odlišné a takové, které jsou tradičně zastoupeny na českých polích. Z ozimých plodin je to obilnina ozimá pšenice a z jarních okopanina konzumní brambory. Jak uvádějí Zimolka a kol. (2005) ozimá pšenice je rajonizovaná plodina pěstovaná převážně teplejších oblastech s dobrými půdními a vláhovými podmínkami.

Naopak brambory, vyjma odrůd určených pro přímou letní spotřebu (velmi rané) jsou naopak nosnou plodinou pahorkatin a podhorských oblastí. V těchto oblastech jsou půdy obvykle kyselejší, sorpčně nenasycené, středně až mělce hluboké a často převážně skeletovité (Vokál a kol., 2000).

3.1.1 Požadavky ozimé pšenice na prostředí

I když jsou požadavky ozimé pšenice na půdně-klimatické podmínky z obilnin nejvyšší, pěstuje se pro nutričně-minerální vlastnosti zrna ve všech výrobních oblastech, včetně podhorských. Vyšší měrou ovlivňuje výnosovou stabilitu pšenice průběh počasí, půdní typ a druh ovlivňuje růst a výnos nižší měrou (Petr a Brychtová, 1985). Z hlediska vhodnosti půdně-klimatických podmínek pro dosahování potravinářské kvality pšenice lze území ČR rozdělit do těchto čtyř oblastí (Zimolka a kol., 2005):

1) Oblasti s velmi dobrými podmínkami

Jde o oblasti velmi teplé, převážně suché, s průměrnou teplotou v jarním a letním období 14 – 17 °C, nízkým úhrnem srážek 250 – 350 mm, zahrnuje kukuřičnou a teplou sušší řepařskou výrobní oblast, převažující půdním typem bývají nivní půdy, černozemě, hnědozemě, rendziny.

2) Oblasti s převážně vyhovujícími podmínkami

Jsou to oblasti poměrně až dostatečně teplé, podoblasti mírně suché až převážně suché. Průměrná jarní a letní teplota je 13 – 15 °C, úhrn srážek 350 – 400 mm. Zahrnuje obilnářskou a řepařskou výrobní oblast, z půdních typů převládá hnědozem, nivní půdy, rendziny, částečně černozemě.

3) Oblasti s převážně nevyhovujícími podmínkami

Do této skupiny patří oblasti mírně teplé až poměrně teplé s podoblastmi mírně vlhkými až mírně suchými. Průměrná jarní a letní teplota je 12 – 14 °C, úhrn srážek 400 – 500 mm. Převládajícími půdními typy jsou podzolové půdy, v nižších polohách i hnědozemě, obecně se v této výrobní oblasti pekařské jakosti dosahuje jen ve zvlášť příznivých letech.

4) Oblasti s nevhodnými podmínkami

Tyto oblasti jsou chladné a vlhčí, s průměrnou jarní a letní teplotou 11 – 13 °C a srážkovým úhrnem nad 500 mm. Půdy jsou zde většinou chladné, podzolové.

3.1.2 Požadavky brambor na prostředí

V ČR jsou brambory určené pro uskladnění (rané až pozdní odrůdy) pěstovány především v bramborářské výrobní oblasti, charakterizovanou nadmořskou výškou 400 – 600 m (Vokál a kol., 2000; 2004). Terén je obvykle zvlněný a výrazně členitý, převažují zde půdy středně hluboké, hlinitopísčité až písčitohlinité často středně až dosti skeletovité s výskytem šterku a kamene. Klimatické podmínky jsou mírně teplé, vlhké až mírně chladné. Více než třetina ploch brambor je rozmístěna v okresech Českomoravské vrchoviny. Brambory se převážně umísťují do obecně horších půdních i klimatických podmínek marginálních oblastí. Nevyhovující pro brambory jsou půdy silně kamenité, těžké jílovité, zamokřené, půdy s nepropustnou spodinou a půdy na vápenitých horninách (Vokál a kol., 2004). Vhodné oblasti pro pěstování brambor lze charakterizovat následující průměrnou denní teplotou a srážkami:

Tab. č. 1: Optimální teplota a srážky pro růst a vývoj brambor (Vokál a kol., 2000)

Období	Průměrná denní teplota °C	Srážky v mm
Duben	8 - 10	45
Květen	12 - 15	45 - 70
Červen	15 - 18	90
Červenec	18 - 20	80 - 90
Srpen	16 - 18	80 - 90

3.2 Výživa a hnojení sledovaných plodin

Poznáním chemizmu můžeme podle potřeby měnit půdní poměry např. zvýšením pohyblivosti, a tím i přijatelnosti jednotlivých živin (Bergmann a Čumakov, 1977). Například nedostatek živin v půdě, a tím i objevení se fyziologických poruch rostlin vznikají většinou tehdy, když je půda buď přirozeně chudá na živiny a nebo pohyblivost živin je působením některých vnějších nebo vnitřních faktorů snížena (Bergmann a Čumakov, 1977; Fecenko a Ložek, 2000).

3.2.1 Nároky ozimé pšenice a brambor na výživu

Nároky plodin jsou odlišné nároky v první řadě, z hlediska průběhu vegetace. Pšenice je ozimá plodina vyžaduje pro tvorbu výnosu vstupy dusíkatých hnojiv, zpravidla od brzkého jara (regenerační hnojení) do poloviny června (pozdní kvalitativní hnojení) (Zimolka a kol., 2005).

Brambory konzumní k zimnímu uskladnění jsou plodinou jarní, jejich nároky na výživu v průběhu vegetace jsou dány termínem založení porostu. Zpravidla se hnojí již na podzim předcházejícího roku organickými hnojivy a dále minerálně formou základního hnojení do půdy před nebo při zakládání porostu, mírné dohnojení je možné až do první poloviny vegetace (Vokál a kol., 2000; 2004).

Průměrné nároky sledovaných plodin na výživu znázorňuje tabulka č. 2, která uvádí příjem čistých živin rostlinami pro vytvoření 1 t hlavního nebo vedlejšího produktu.

Tab. č. 2: Střední odběr živin plodinami (Vaněk a kol., 2007)

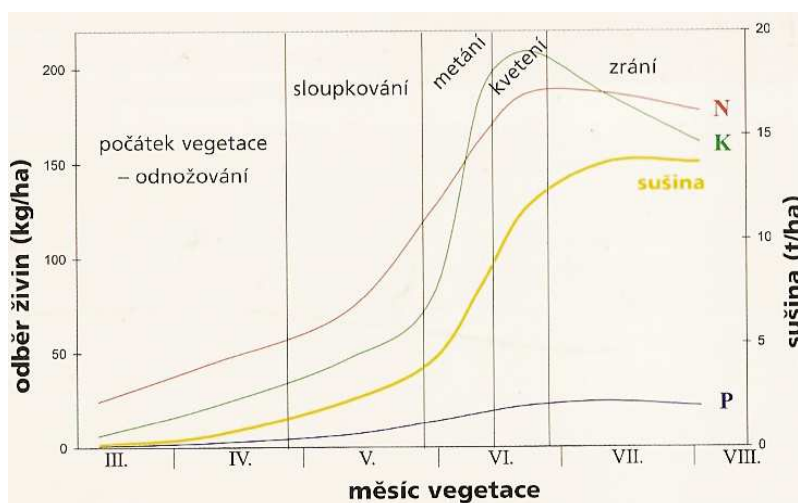
Plodina	Produkt	Střední odběr kg/t				
		N	P	K	Ca	Mg
Pšenice ozimá	zrno	22 - 26	4,4 - 6,2	16,6 - 21,0	2,8 - 5,7	1,2 - 3,0
	sláma	4,0 - 5,0	0,4 - 0,7	4,6 - 5,4	0,7 - 1,1	0,2 - 0,5
Brambory pozdní	hlízy	3,0 - 4,0	0,4 - 0,7	4,6 - 5,4	0,07 - 0,35	0,2 - 0,6
	hlízy + nat'	4,5 - 5,5	0,7 - 0,9	6,2 - 7,5	1,1 - 2,8	0,5 - 0,9

Jak uvádí tabulka č. 2, podle Vaňka a kol. (2007) při výnosu zrna pšenice okolo 6 t z 1 ha a přibližně stejném výnosu slámy je odčerpáváno z půdy okolo 144 kg N a dále pak až 30 kg P, 108 kg K, 24 kg Ca a 12 kg Mg. Richter a Hřivna (2000) uvádějí, že rostliny ozimé pšenice přijmou většinu živin v krátkém období, a tedy je nutné vytvořit takové podmínky v půdě, aby rostliny měly potřebné živiny k dispozici.

Průběh nárůstu sušiny rostlin a odběru živin N, P, K po dobu vegetace ozimé pšenice (III. – VIII. měsíc) znázorňuje graf č. 1, který poukazuje na rozhodné období počátku sloupkování, kdy dochází k výraznému vzestupu odběru dusíku z půdy pro utilizaci v rostlině. V období konce odnožování až počátku sloupkování je hnojení dusíkem k ozimé pšenice nejvíce cílené, respektive dodaný dusík do půdy je nejvíce rostlinou využitelný, viz graf č. 1 (Richter a Hřivna, 2000).

Graf č. 1: Dynamika odběru živin ozimou pšenicí a nárůst sušiny během vegetace

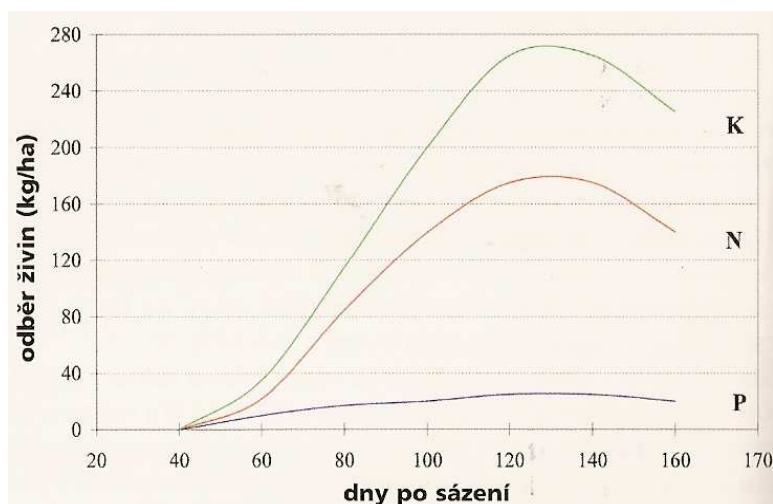
(Vaněk a kol., 2007)



Vokál a kol. (2000; 2004) uvádějí, že rostlina bramboru přijímá živiny téměř po celou dobu své vegetace. Čepl a Vokál (1995) uvádějí pro zajištění efektivního výnosu hlíz ve výši 35 t/ha, že odeberou rostliny z půdy 140 – 175 kg N, 30,8 kg P, 245 kg K, 77 kg Ca a 29,4 kg Mg. Kasal a kol. (2010) upřesnili šetření Čepla a Vokála (1995) a zjistili průměrné hodnoty odběru živin u současně pěstovaných odrůd v přepočtu na výnos 10 t hlíz spolu s nadzemní částí a kořeny (vedlejším produktem) ve výši 40 – 50 kg N, 8,8 kg P, 70 kg K, 22 kg Ca a 8,4 kg Mg.

Protože brambory odebírají značné množství živin z půdy zejména ve druhé polovině vegetace, viz graf č. 2, má nezastupitelnou roli použití tuhých organických a statkových hnojiv, před orbou, které v procesu mineralizace organické hmoty pozvolna uvolňují živiny v půdě po dobu celé vegetace (Vokál, 2000).

Graf č. 2: Dynamika odběru základních makroživin celou rostlinou polopozdní odrůdy brambor (Vaněk a kol., 2007)



3.2.2 Použití organických a statkových hnojiv

Statková hnojiva jsou vyráběna přímo v zemědělském podniku. Jejich složení a obsah živin uvádí tabulka č. 3 a jsou z velké části odrazem živinného režimu půd dané oblasti a způsobu ošetřování (Vaněk a kol., 2007). Používání statkových hnojiv má nezastupitelnou roli v přívodu organických látek a živin do půdy, a tím i v udržování a zvyšování půdní úrodnosti (Čepl, 2005). Organické hnojení, zejména hnůj a komposty, zlepšují nejen produkční schopnost půdy, ale zlepšují i půdní úrodnost zvýšením obsahu půdní organické hmoty. Zařazení organického hnojení do systému hospodaření podporuje výskyt a aktivitu prospěšných půdních bakterií, včetně dusík fixujících bakterií rodu *Azotobacter* (Mikanová a kol., 2010). Statková hnojiva pozitivně ovlivňují biologickou činnost půdy, zvyšují stabilitu půdních agregátů, příznivě působí na řadu fyzikálně-chemických vlastností půdy (tvorbu drobtovité struktury, poměr vody a vzduchu, poutání živin,) příznivě ovlivňují obsah přístupného fosforu v půdě a mohou působit na vyvázání (imobilizaci) cizorodých prvků (Žalmanová, 2010).

Statkovými hnojivy jsou do půdy dodávány (Vaněk a kol., 2007):

- rostlinné živiny (makroelementy i mikroelementy),
- organické látky,
- mikroorganismy,
- látky stimulační, růstové a hormonální

Tab. č. 3: Průměrné složení organických a statkových hnojiv

(Vaněk a kol., 2007; Žalmanová, 2010)

Druh a původ	Obsah v čestvém stavu %						
	Sušina	Org. látky	N	P	K	Ca	Mg
Hnůj skotu	24	17	0,48	0,11	0,52	0,37	0,08
Hnůj prasat	23	16	0,62	0,25	0,42	0,36	0,15
Ovčí hnůj	25	20	0,85	0,14	0,66	0,25	0,12
Močůvka	2,4	2	0,25	0,02	0,44	0,007	0,01
Kejda skot	7,8	6	0,32	0,07	0,40	0,14	0,04
Kejda prasat	6,8	5,3	0,50	0,13	0,19	0,24	0,04
Kejda drůbeže	11,8	8,1	0,96	0,28	0,32	0,94	0,06
Digestát ^{*)}	6,5	6,9	0,89	0,37	0,76	-	0,09
Sláma obilnin	86	82	0,45	0,09	0,79	0,24	0,06

*) Digestát – organické hnojivo s vyšším obsahem amonného dusíku jako zbytek při výrobě bioplynu přeměnou statkových hnojiv v procesu mikrobiální anaerobní fermentace v bioplynové stanici.

Brambory příznivě reagují na hnojení hnojem, který se aplikuje na podzim v dávce okolo 30 t/ha a bezprostředně se zapravuje orbou do půdy. O výši dávky na 1 ha rozhoduje celkové množství hnoje, které je k dispozici. V případech nedostatku by měla platit zásada, že raději vyhnojíme větší plochu nižší dávkou hnoje než naopak (Čepl, 2005; Kasal, 2010). Kejda je vzhledem ke značnému obsahu dusíku v amonné formě účinným dusíkatým hnojivem. Kejdu k bramborám proto neaplikujeme na podzim, nýbrž na jaře před založením porostu (Škarda, 1982; Čepl, 2005). Statkovým hnojivem je také sláma (Vaněk a kol., 2007). Při zaorávce slámy předplodiny brambor je nutno vyrovnat poměr C : N přidáním 5 – 10 kg N na 1 t slámy (Čepl, 2005).

Ze statkových hnojiv lze s úspěchem v porostu ozimé pšenici aplikovat kejdu speciálním aplikátorem s tzv. systémem vlečných hadic při regenerační přihnojení dusíkem (Neuberg a kol., 1990). Dávky kejdy se řídí podle obsahu dusíku, popř. obsahu draslíku v hnojivu a podle nároků plodin, u obilnin volíme dávku do 30 t/ha, u ozimých obilnin uhradit lze až 50 % celkového dusíku (Škarda, 1982).

3.2.3 Použití minerálních hnojiv

Ozimá pšenice a brambory vyžadují vyšší nároky na hnojení dusíkem, které se hradí z větší části vnosem minerálních hnojiv (Vokál a kol., 2000; Zimolka, 2005). Pro optimalizaci hnojení dusíkem či ostatními živinami, zvláště v minerálními hnojivy, jsou vyvinuty více než 20 letým výzkumem tzv. výživářsko-výrobní diagnostické metody, které mají v praxi stále

své uplatnění a jsou průběžně aktualizovány z monitoringu poradenských organizací (Trčková a kol., 2009). Pro stanovení potřeby hnojení dusíkem, popř. dalšími limitujícími živinami v pěstebním postupu, lze využít výživařsko-výrobních diagnostických metod využívajících anorganické rozboru rostlin (Baier a kol., 1988), stanovení obsahu pohotového dusíku v půdě metodou N_{min} . (Baier a kol., 1988; Hoegen a Werner, 1991), použití N senzorů pro snímání barvy horních pater porostu nebo fluorescenci chlorofylu (chlorofylmetr) (Trčková a kol., 2009).

Při použití minerálních hnojiv je cílem zajistit pěstovaným rostlinám optimální množství živin potřebné pro tvorbu výnosu a zároveň udržet nebo zvýšit půdní úrodnost daného stanoviště (Čepl, 2005; Richter a Hlušek, 1996; 2003). Z hlediska půdní úrodnosti je nejvýhodnější kombinace organického hnojení doplněná o vyrovnanou dávku minerálního hnojení (Richter, 1997). Z chemického hlediska jsou minerální (koncentrovaná) hnojiva jednoduché chemické sloučeniny (soli) nebo jejich směsi a jen výjimečně se používají složité (vysokomolekulární) sloučeniny (např. pomalu působící hnojiva) (Richter a Hlušek, 1996).

Minerální hnojiva rozdělujeme podle obsahu hlavní živiny na hnojiva (Richter a Hlušek, 1996; Vaněk a kol., 2007):

- dusíkatá: s dusíkem nitrátovým, amonným, amidovým, ve dvou a více formách,
- fosforečná: s fosforem rozpustným ve vodě,
- draselná: chloridového a síranového typu,
- hořečnatá: s formou síranovou, oxidovou,
- vápenatá: s formou uhličitanovou (použití pro úpravu půdní reakce),
- vícesložková: dvojitá, plná, speciální.

Při hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem uplatňujeme zásadu, že se hnojí půda především podle výsledků agrochemického zkoušení zemědělských půd stanovující vyluhovatelné formy živin metodou Mehlich (Balík, 1993).

3.2.4 Mimokořenová výživa a hnojení

Mimokořenová neboli listová výživa je speciální opatření, které řeší určité výživové problémy v rámci pěstebních technologií (Mráz, 2009). Listová výživa je způsob hnojení, kterým během vegetace dodáváme rostlinám živiny ve vodném roztoku bezprostředně přes listy (Baier a Baierová, 1985). Při příjmu živin listy ionty a molekuly pronikají do rostlin jemnými póry v kutikule, která ve vodě bobtná a stává se propustnější (Baier a kol., 1988). Příznivých výsledků listové výživy lze dosáhnout při dohnojení brambor dusíkem, a to při použití roztoku močoviny v koncentraci do 9 % (Vokál a kol., 2000; 2004; Kasal a kol.,

2010). Jak uvádějí Baier a kol. (1988) přihnojení dusíkem ve formě listové výživy postříkáním močoviny je účinné i v ozimé pšenici, kde se uplatní v době kvalitativního přihnojení, pro příznivé ovlivnění ukládání bílkovin v zrně. Na tento hnojařský zásah poukazují také Zimolka a kol. (2005). Postříkání rostlin ozimé pšenice roztokem močoviny je nutné provést do počátku metání, později již hrozí nebezpečí popálení (Baier a kol., 1988; Zimolka, 2005).

Listovou výživou lze řešit aktuální nedostatky živin během vegetace, tato forma aplikace je vhodná pro aplikaci deficitních mikroelementů u náročných plodin na chudých půdách (Zelený, 1984). V každém případě účinek použití listové výživy je značně podmíněn aktuálním výživným stavem rostliny (Mráz, 2009).

3.2.5 Výživa a hnojení dusíkem

V rostlinách se dusík (N) nachází v nejdůležitějších dusíkatých látkách, v aminokyselinách, z kterých se tvoří bílkoviny v nukleových kyselinách, v chlorofylu, v mnohých glycidech, v alkaloidech a v jiných látkách (Bergmann a Čumakov, 1977). Účinek dusíku na vegetaci je pronikavý a rostliny reagují na jeho nedostatek či nadbytek velmi citlivě (Vaněk a kol., 2007).

Dávka a aplikace dusíku ovlivňuje velkou měrou u ozimé pšenice počet odnoží, počet zrn v klase a HTS (Baier a Baierová, 1985), u brambor dusík ovlivňuje počet nasazených hlíz pod trsem a velikost hlíz (Vokál a kol., 2004). Dusíkaté hnojení pšenice působí na obsah žádoucích bílkovin v zrně, především lepku jako kvalitativního pekařského ukazatele (Zimolka a kol., 2005), u brambor ovlivňuje dusíkatá výživa vařivost (lojovitost) a skladovatelnost hlíz (Vokál a kol., 2004).

Přehnojení dusíkem zhoršuje přezimování a zdravotní stav rostlin a vede k nevyrovnanému dozrání pšenic, přebujení porostů brambor snižuje skladovatelnost, hlízy mají nižší obsah sušiny a jsou náchylné na poškození (Vokál a kol., 2004; Kasal a kol., 2010). Nedostatek dusíku, spojený s deficiencí ostatních živin (P, K, Mg, Ca, S), omezuje produkční orgány, vede pšenici k redukci odnoží a počtu zrn v klase (Zimolka a kol., 2005). Nedostatek dusíku u brambor redukuje růst stolonů a nasazení hlíz pod trsem (Čepl a Vokál, 2005).

Při stanovení celkové dávky dusíku se vychází z odběru dusíku rostlinou. Na základě odběrových normativů a podle předpokládaného výnosu se vypočte celková potřeba dusíku. Od této hodnoty se provedou korekce, tzn. započtou se do celkové bilance ostatní zdroje dusíku. Vyšší potřeba dusíku se naopak předpokládá na horších stanovištích, kde se větší část dusíku imobilizuje mikroorganismy v půdě (Balík, 1993).

Zjištěná potřeba dusíku podle odběrových normativů se dále bilancuje z těchto zdrojů (Neuberg a kol., 1990):

- z obsahu minerálního dusíku v půdě (biologická činnost půdy),
- z organických a statkových hnojiv (odečet podle dávky a kvality hnojiv),
- z bobovitých předplodin (přívod vzdušného N₂ jetelovinami, luskovinami),
- při založení podsevu v hlavní plodině (bobovité plodiny).

Pro optimální využití aplikovaných dusíkatých hnojiv je rozhodující jejich rovnoměrné rozmetání po celé ploše pozemku (Baier a Baierová, 1985). Optimalizaci hnojení dusíkem lze dosáhnout také diferencovaným hnojením pozemku na základě použití N senzorů na aplikační technice (Trčková a kol., 2009). Dostupná dusíkatá hnojiva uvádí tabulka č. 4.

Tab. č. 4: Vhodná minerální dusíkatá hnojiva pro úhradu dusíku v porostech ozimé pšenice a brambor (Balík, 1993; Vaněk a kol., 2007; Kasal a kol., 2010)

Hnojivo	Ozn.	Dusík		Doprovodné živiny	Období použití
		Obsah	Forma	Obsah	
Síran amonný	SA	21 %	NH ₄ ⁺	24 % S	Základní hnojení
Močovina	MO	46 %	NH ₂	-	Základní hnojení, přihnojování ve formě vodného roztoku
Močovina Urea ^{stabil}	UREA ^{stabil}	46 %	NH ₂	NBPT inhibitor ureázy	Základní hnojení – lokální aplikace v blízkosti semen a hlíz, produkční přihnojování ozimů za vegetace
Ledek amonný s vápencem	LAV	27,5 %	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	8 % Ca	Základní hnojení, přihnojování za vegetace
Ledek amonný s dolomitem	LAD	27,5 %	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	4 % Ca, 3 % Mg	Základní hnojení, přihnojování za vegetace
Ledek amonný se sírou	LAS	24 %	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	6 % S	Základní hnojení, přihnojování za vegetace
Ledek vápenatý	LV	15 %	NO ₃ ⁻	20 % Ca	Přihnojování za vegetace v pevné formě nebo list ve vodném roztoku
Dusičnan (ledek) amonný	LA	34 %	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	-	Přihnojování za vegetace
DAM 390	DAM	39 % objem.	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻ NH ₂	-	Základní hnojení, za vegetace kapkový postřik
DASA	DASA	26 %	NH ₄ ⁺ NO ₃ ⁻	13 % S	Základní hnojení, přihnojování za vegetace

Pro podzimní hnojení ozimé pšenice dusíkem lze využít hnojiva typu síranu amonného. Pro regenerační (časně jarní) přihnojování ozimé pšenice jsou vhodná hnojiva obsahující jak nitrátovou (NO₃⁻), tak amonnou (NH₄⁺) formu dusíku. K produkčnímu

přihnojení lze použít přednostně všechna ledková (dusičnanová) dusíkatá hnojiva. Pro pozdní (kvalitativní) přihnojení dusíkem je vhodné v porostech pšenice použít pevné i kapalné formy dusíkatých hnojiv (Neuberg a kol., 1990). Jarní regenerační dávka se řídí podle obsahu N_{\min} v půdě, obvykle činí od 30 do 60 kg N/ha. Produkční dávka následuje za 2 až 3 týdny, tj. v růstové fázi BBCH 29 – 30, ta se řídí podle obsahu dusíku v sušině zjištěného laboratorní analýzou, optimální koncentrace činí 4,8 – 5,5 % N v sušině (Richter a Hřivna, 2000). Obvyklá dávka produkčního hnojení činí 20 – 60 kg N/ha. Pozdní kvalitativní přihnojení se provádí ve dvou obdobích, u slabších porostu ve fázi BBCH 37 (objevení posledního listu), u ostatních porostů v růstové fázi BBCH 51, tzn. na počátku metání (Zimolka a kol., 2005).

Brambory hnojíme pevnými dusíkatými hnojivy (granule, krystaly, prášek) zpravidla 2 – 3 týdny před sázením pomocí rozmetadel na celou plochu ornice (na široko) (Vokál a kol., 2000). Rovnoměrné aplikace hnojiv docílíme při pěstování v technologii odkamenění půd, kde se provádí lokální aplikace minerálních hnojiv při sázení, při kterém je hnojivo cíleně umístěováno v hrůbku do okolí hlíz. To zvýší koncentraci dostupných živin v zóně intenzivního prokořenění, a tím se snižuje dávka až na 80 % normativu uvedeného v tabulce č. 5 (Kasal a kol., 2010). Dávka dusíku se upravuje podle ostatních zdrojů dusíku na stanovišti a délce vegetační doby odrůdy. Se zvyšující se dávkou dusíku klesá jeho účinnost, tzn. v rámci nízkých dávek (do 50 kg N/ha) připadá na 1 kg dusíku přírůstek výnosu kolem 100 – 120 kg hlíz, ale u dávek nad 120 kg N/ha již jen 20 – 30 kg hlíz (Vokál a kol., 2000; 2004; Čepl, 2005).

Tab. č. 5: Doporučené dávky dusíku u konzumních brambor

(Vokál a kol., 2000; 2004; Kasal a kol., 2010)

Dávka hnoje (t/ha), nebo ekvivalentní množství kejdy	Délka vegetační doby zvolené odrůdy	Dávka N v kg č.ž./ha
		Brambory konzumní a pro potravinářské výroby
Bez hnoje	velmi rané a rané	120
	polorané	110
	polopozdní a pozdní	100
20	velmi rané a rané	110
	polorané	100
	polopozdní a pozdní	90
40	velmi rané a rané	100
	polorané	90
	polopozdní a pozdní	80
60	velmi rané a rané	90
	polorané	80
	polopozdní a pozdní	70

3.2.6 Výživa a hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem

Zpravidla se těmito živinami hnojí půda, poněvadž jsou vázány jílovito-humusovým komplexem či jílovými minerály v půdě, což představuje poutání těchto živin půdou, z toho plyne, že lze jimi hnojit do zásoby (Vokál, 2000). Toho se využívá při vlastním stanovení potřeby hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem, které se řídí podle výsledků agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP) prováděného na území ČR pravidelně v 6 letém cyklu opakování. Při hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem se uplatňuje zásada, že se hnojí průměrnými ročními dávkami v rámci celého osevního postupu. Základní roční normativy těchto živin jsou stanoveny na základě výrobní intenzity osevního postupu či konkrétního pozemku, charakterizované příslušnou hodnotou ekologické výrobní hladiny (EVH) pro jednotlivý půdní druh a s ohledem na obsah přístupné živiny v půdě (Richter a Hlušek, 1996).

Fosfor je v půdě málo pohyblivý, jeho obsah je v půdním roztoku většinou nízký, vyskytuje se ve formě minerální a organické. V rostlinném organismu dochází při jeho nedostatku ke značným funkčním poruchám, které se projevují nápadnými vnějšími příznaky (Bergmann a Čumakov, 1977). Zvláště škodlivý pro rostliny je jeho nedostatek v období tvorby generativních orgánů (Vaněk a kol., 2007). Brambory mají střední schopnost příjmu fosforu z půdního roztoku. Optimální zásoba fosforu by se měla pohybovat kolem 100 – 125 mg/kg půdy (stanovení dle Mehlich III) (Vokál a kol., 2000). Při hnojení půdy fosforem pro následnou pšenici uplatňujeme úpravu normativu na základě znalosti předpokládaného výnosu (na 1 t produkce zrna 5 kg P) a obsahu přístupného fosforu v půdě (Zimolka a kol. 2005).

Draslík se v půdách vyskytuje hlavně v primárních a sekundárních křemičitanech (Vaněk a kol., 2007). V rostlinách se v jeho přítomnosti zvyšuje přijímání dusíku a syntézy bílkovin. Draslík podporuje normální průběh přeměny látek, zejména při pronikání vody do buněk. Je přítomný ve veškerých aktivně rostoucích pletivech a má tedy úlohu při růstových projevech a dělení buněk (Bergmann a Čumakov, 1977). Draselné hnojení uplatňujeme u ozimé pšenice obdobně jako hnojení fosforem, vhodné je spojit aplikaci těchto hnojiv. Mimo obsah draslíku v půdě a potřeby pro tvorbu předpokládaného výnosu je nutné při stanovení dávek zohlednit zaorávky posklizňových zbytků, které jsou poměrně bohaté na draslík (Zimolka a kol., 2005). Brambory mají střední nároky na obsah draslíku v půdě, i když ho z půdy odčerpávají poměrně velké množství. Optimální hodnota obsahu v půdě pro brambory je 140 – 220 mg/kg (stanovení dle Mehlich III). Při nižších zásobách je nutné dohnojení podle normativu a nejlépe ve formě draselné soli na podzim, pro jarní aplikace draslíku již volíme

síranové formy draselných hnojiv. Chlór obsažený v draselné soli, která se aplikuje na jaře těsně před výsadbou má negativní vliv na obsah a kvalitu škrobu (Vokál a kol., 2000).

Půdy obsahují v průměru 0,4 – 0,6 % hořčíku, na dolomitech až 10 %. Lehké, písčité a rašelinné půdy s nízkým pH vykazují velmi nízký obsah Mg (Vaněk a kol., 2007). Hořčík v rostlinách je nevyhnutelnou složkou chlorofylu, aktivuje enzymy a syntézu bílkovin (Vokál a kol., 2000). Má vliv na přemísťování živin, zejména fosforu ze starých listů a stonků do růstových orgánů (Bergmann a Čumakov, 1977). Přístupnost hořčíku výrazně ovlivňuje draslík, který je vůči hořčíku silně antagonistický (Vokál a kol., 2000; Vaněk a kol., 2007). Hnojení ozimé pšenice hořčíkem je směrodatné provádět výhradně podle přístupného obsahu v půdě (Zimolka a kol., 2005). Na rozdíl od pšenice jsou brambory na nedostatek hořčíku citlivé a příznaky tohoto nedostatku se vyskytují poměrně často, a to ve formě chloróz nejmladších listů. Pro brambory je optimální obsah hořčíku ve středních půdách 110 – 180 mg/kg (stanovení dle Mehlich III). Hořčík je nutné dodat s předstihem, tj. zapravení do půdy na podzim výhodně spolu fosforem či draslíkem, poněvadž i opakovaná foliární aplikace v porostech brambor již deficit hořčíku ve výživě neřeší (Vokál a kol., 2000; Čepl, 2005; Kasal a kol., 2010). Pro hnojení hořčíkem, ale i fosforem a draslíkem, lze použít hnojiva uvedená v tabulce č. 6, která jsou prověřená svou účinností a běžně jsou dostupná na trhu s hnojivy.

Tab. č. 6: Hnojiva vhodná pro udržení dobré zásoby P, K a Mg v půdě

Plodina	Fosfor	Období	Draslík	Období	Hořčík	Období
Ozimá pšenice (Zimolka a kol., 2005)	Superfosfáty	VIII.-IX.	Draselná sůl	VIII.-IX.	Kieserit	III.-V.
	Amofos	VIII.-IX.	Síran draselný	VIII.-IX.	Hyperkali	III.-IV.
	Dol. vápenec	VII.-VIII.	Kornkali	VIII.-IX.	Hořká sůl	IV., XI.
Brambory konzumní (Vokál a kol., 2000)	Superfosfáty	IX.-X.	Draselná sůl *)	IX.-X.	Hyperkali	III.-IV.
	Amofos	III.-IV.	Síran draselný	III.-IV.	NPMg	III.-IV.
	NPK	III.-IV.	NPK	III.-IV.	Kieserit	III.-IV.

*) Dávky hnojiva do 150 kg/ha lze aplikovat v jarním období.

Poznámka: Období je orientační kalendářní termín vhodný pro aplikaci hnojiv.

Při stanovení dávek hnojiv pro dosycení půdy P, K a Mg aplikovaných přímo pro porosty brambor se zohledňuje aplikace statkových hnojiv, respektive podzimní dávka hnoje nebo ekvivalentní množství kejdy (Kasal a kol., 2010).

3.2.7 Výživa a hnojení vápníkem

Rostliny přijímají vápník převážně pasivně kořenovými špičkami. Úloha vápníku v rostlině spočívá ve stabilizaci buněčných stěn a membrán. Při stanovení dávky vápenatého hnojiva vycházíme z hodnoty pH/KCl nebo pH/CaCl₂ a zohledňujeme půdní druh a

orientujeme se i podle obsahu přístupného Ca v půdě (Zimolka a kol., 2005). Cílem vápnění je dosáhnout a udržet optimální reakci půd (pH). Vápnění vyžadují především půdy, které nedosahují optimálních hodnot pH (meliorační vápnění), ale pro udržení současného pH (udržovací vápnění) i půdy s optimální hodnotou pH (Balík, 1993). Optimální hodnota pH půdy pro pěstování brambor je důležitá nejen z pohledu výživy rostlin (sorbcí kationů a anionů), ale patří mezi základní činitele omezující výskyt Aktinomycetové strupovitosti hlíz (Vokál a kol., 2000). Bramborám vyhovuje kyselá půdní reakce s pH 5,5 – 6,5, ovšem vápníku spotřebovávají za vegetace značné množství (Kasal a kol., 2010). Naopak ozimá pšenice je citlivá ke kyselým půdám, pod hranicí pH 6,0 již rostlina pšenice redukuje maximální výnos o více jak 10 %, optimální pH půdy je 6,5 – 7,5 (Zimolka a kol., 2005). Pro udržovací vápnění lze použít mleté vápence, dolomitické vápence, pro meliorační vápnění žíravé vápenaté hmoty, jako je pálené vápno, to se aplikuje výhradně na půdu bez vegetace (Balík, 1993).

3.2.8 Výživa a hnojení mikroprvky

Mikroelementy, podobně jako i makroelementy, se nacházejí v půdách v různých sloučeninách, a tím i ve formách s různou mírou přístupnosti rostlinám. Význam faktorem působící na pohyblivost, a tím i přijatelnost mikroelementů je půdní reakce a obecně lze říci, že v kyselém prostředí jsou pohyblivější kationy (měď, mangan, zinek) a v alkalickém prostředí aniony (molybden) (Zelený, 1984). Při vysokém obsahu humusu v půdě se mnohé mikroelementy naopak vážou do forem rostlinám málo přístupných (Bergmann a Čumakov, 1977). Níže tabulka č. 7 uvádí reakci ozimé pšenice a brambor na přihnojení mikroelementy na půdách s jejich deficitem.

Tab. č. 7: Reakce sledovaných plodin na přihnojení mikroelementy (Zelený, 1984)

Plodina	Mikroelementy				
	Bór	Mangan ^{*)}	Molybden	Měď	Zinek
Ozimá pšenice	Malá	Dobrá	Střední	Dobrá	Střední
Brambory	Střední	Střední	Střední	Střední	Střední

^{*)} při pH půdy 5,5

Plodinám zařazených do kategorie málo reagujících na přihnojení postačuje i nízký přístupný obsah prvku v půdě. Plodiny dobře reagující na stopové živiny vyžadují vyšší přijatelnou zásobu v půdě (Zelený, 1984).

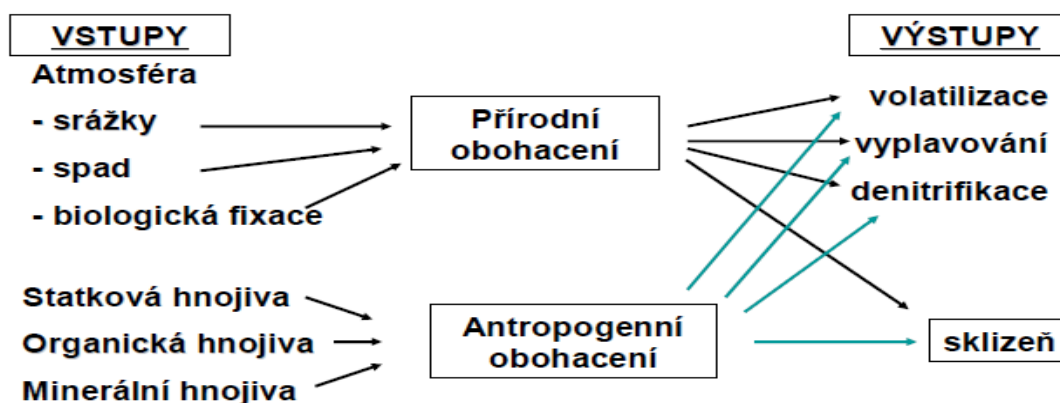
3.3 Dusík jako živina

Dusík je jednou z hlavních živin, nezbytných pro tvorbu biomasy a řízení životně důležitých buněčných funkcí všech organismů (Šimek, 2000). Také Úlehlová (1989) popisuje živinu dusík jako klíčovou ve všech metabolických procesech, v buněčných strukturách a v genetickém kódování a často v živých soustavách bývá limitujícím faktorem prostředí.

Na naší planetě je celkové množství dusíku odhadováno na $2,170 \cdot 10^{17}$ t, z toho přibližně 98 % připadá na litosféru, necelá 2 % na atmosféru a pouze minimální podíl 0,01 % je součástí biosféry (Ryers a Branson, 1973). Dusík v biosféře je ze značné části nahromaděn v pedosféře. Za rozhodující se považují procesy formování atmosféry s molekulárním dusíkem, dále procesy nebiologicky formující organické látky a v neposlední řadě samozřejmě procesy biologických přeměn dusíku (Stevenson, 1965).

V přírodě se dusík vyskytuje ve dvou formách, a to jako izotop ^{14}N , který zaujímá z celkového podílu 99,62 % a jako izotop ^{15}N tvořící zbývajících 0,38 % (Fecenko a Ložek, 2000). Pro poznání složité problematiky dusíku v rostlinné produkci a jeho vlivu na ekosystém je třeba vyjít z koloběhu dusíku v přírodě (Richter a Hlušek, 2006). Pro zemědělce má zvláště význam porovnání vstupů a výstupů, které uvádí níže schéma v obrázku č. 1.

Obr. č. 1: Schéma vstupů a výstupů dusíku (Richter a Hlušek, 2006)



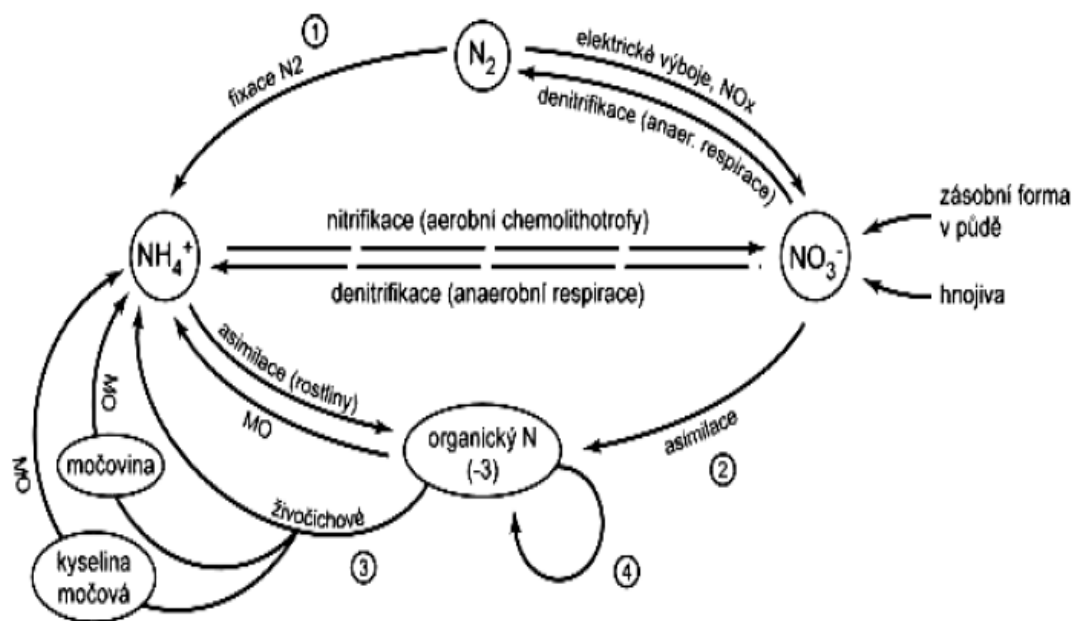
3.4 Dusík v půdě

Celkový dusík v půdě je tvořen dvěma složkami. Největší podíl půdního dusíku je vázán v organických sloučeninách (N_{org}), a to 98 – 99 % z celkového množství dusíku (Richter a Hlušek, 2003). Pouze zbývajících malou část tvoří samotný anorganický, neboli minerální dusík (N_{min}). Nejvíce dusíku se soustřeďuje v každé půdě v ornici (Fecenko a Ložek, 2000). Richter (1997) uvádí, že největším rezervoárem půdního dusíku je humus, jehož množství závisí na charakteru stanoviště, vegetace a způsobu exploatace půdy.

Organický dusík je dočasně nepřístupný pro rostliny a mikroorganismy a jen jeho malá část se mineralizuje činností půdních mikroorganismů (Šimek, 2000). Fecenko a Ložek (2000) uvádějí, že organický dusík se dělí na tzv. hydrolyzovatelný (rostlinné a živočišné zbytky, biomasa mikroorganismů, jejich metabolity a všechny druhy organických hnojiv) a tzv. nehdrolyzovatelný (stabilnější humusové látky se složitějšími chemickými vazbami). Anorganický půdní dusík, čili minerální, je reprezentován amoniakálními (NH_4^+), nitrátovými (NO_3^-) a dusitanovými (NO_2^-) ionty, přechodně se také vyskytují v půdě oxidy dusíku (N_2O , NO , NO_2).

V půdě se také nacházejí meziprodukty mikrobiálních procesů, jako například hydroxylamin nebo nitramid (Bielek, 1984). Kromě toho obě formy dusíku v půdě podléhají neustálým změnám. U organických dusíkatých látek dochází k mineralizaci, naproti tomu u minerálního dusíku dochází k imobilizaci. Obsah dusíku se formuje také ztrátami, hlavně denitrifikací, volatilizací amoniaku a vyplavováním, tyto procesy schématicky uvádí níže obrázek č. 2. Úlohu v rychlosti mineralizace dusíku z organických vazeb má také poměr C : N v půdě (Sharifi a kol., 2007). Podle šetření Richtera a Hluška (2003) je průměrně v našich půdách dosahováno poměru C : N v rozmezí 10-12 : 1. Podle Úlehlové (1989) nejnižší obsahy vykazují půdy písčité. Richter a Hlušek (2003) také uvádějí, že je dusík v půdě vázán na aromatická jádra humínových kyselin, fulvokyselin a humínů.

Obr. č. 2: Koloběh dusíku v půdě (Kodíček, 2004)



Ve výše uvedeném koloběhu jsou znázorněny biochemických procesy:

- č. 1 – fixace dusíku volně a symbioticky žijícími fixátory
(bakterie hlízkové)
- č. 2 – biosorpce do organických molekul (nitrátreduktáza)
- č. 3 – transformace dusíkatých látek uvnitř živočišných těl
- č. 4 – přeměny dusíku uvnitř těl mikroorganismů (transaminace)

V průměru se hodnoty obsahu N_{\min} v půdě pohybují v rozpětí od 8 do 20 mg N/kg zeminy, což představuje podle specifické hmotnosti zeminy od 30 do 80 kg N/ha (Richter a Hlušek, 2006).

3.4.1 Faktory působící na přeměny dusíku v půdě

V přirozených ekosystémech obsah půdního dusíku zůstává relativně stálý, ale vztah dusík – půda je proces dynamický a každá změna vlastností prostředí může vést k nové hladině půdního dusíku. Nejvýrazněji obsah dusíku v půdě ovlivňuje klima, konkrétně určujícími faktory jsou teplota a srážky a z nich vyplývající typ vegetace. V neposlední řadě faktorem obsahu dusíku v půdě je přítomnost a činnost půdních mikroorganismů (Stevenson, 1965).

Značný vliv na změny dusíku v půdě má intenzita a způsob obdělávání půd, který způsobuje pokles množství dusíku v půdě. Jakýkoli výraznější v obdělávání půdy či meliorační zásah snižuje obsah minerálního dusíku v půdě. Dusík z hnojiv zapravený do půdy může při mělkém zpracování do půdy v plynné formě unikát (volatilizovat), tak převážně formou amoniaku (Moeller a Stinner, 2009).

Bielek (1984) zjistil, že celkový obsah dusíku v našich půdách se váže na půdní typ. Konkrétně v ornici kvalitních a vysoce produkční půd je dusíku znatelně více v porovnání s málo produkčními půdami. Největší zásoby dusíku se vážou v lužních půdách, méně se ho nachází v černozemích a relativně nejméně v hnědozemích a jiných illimerizovaných půdách. V lužních, ale i v ostatních středně těžkých až těžkých půdách dochází často kapilárním vzlakem podzemních vod k posunu vyplaveného minerálního dusíku ze spodních vrstev do půdní vrstvy ornice.

3.4.2 Mineralizace

Mineralizace je biochemický proces, který lze definovat jako rozklad organických látek za současného uvolňování minerálního dusíku v amoniakální formě (amonizace), který je dále oxidován přes dusitany a dusičnany (nitrifikace) (Bielek, 1984; Kandeler a kol., 1994).

Černý a kol., (1997) popisují proces mineralizace jako velmi složitý, ve kterém jsou především výchozím materiálem proteiny. Jejich rozklad začíná roztrhnutím složitých bílkovinných molekul na polypeptidy, potom následuje jejich hydrolýza a uvolňování aminokyselin za účasti katalytických peptidáz. Další etapou je jejich deaminace, která již uvolňuje NH_3 , který ve vodném prostředí přijímá proton ($\text{NH}_3 + \text{H}^+$) a přechází na kation NH_4^+ . Tento děj může být aerobní a anaerobní.

Mineralizace organických sloučenin probíhá ve dvou fázích. V první fázi dochází k rozkladu bílkovin na aminy a aminokyseliny pomocí proteolytických enzymů a heterotrofních půdních mikroorganismů, přičemž je získávána energie pro další metabolické procesy. Tato část mineralizace se nazývá aminizace (Tesař a Vaněk, 1992). Druhou fází je reakce nazvaná amonizace, kdy vzniklé aminy a aminokyseliny se dále rozkládají pomocí deaminizačních enzymů a dalších skupin heterotrofních mikroorganismů na amoniak, přičemž je opět uvolňována energie. Do této činnosti jsou zapojeny jak bakterie (*Bact. vulgare*, *subtilis*, *mezentericus* aj.), tak plísně (*Penicillium*, *Aspergillus* aj.). Těmito reakcemi je zajišťováno spojení mezi organickými dusíkatými sloučeninami a minerálním dusíkem v půdě (Tesař a Vaněk, 1992; Richter a Hlušek, 1999). Pro tyto procesy je nutné zajistit pravidelný přísun organické hmoty (Šimek, 2000).

Tesař a Vaněk (1992) uvádějí, že rychlost mineralizace organického dusíku na dusík minerální je stimulován celou řadou povětrnostních a půdních podmínek (teplota, vlhkost, pH, aerace, obsah organických látek aj.).

Černý a kol. (1997) uvádějí, že mineralizace je velmi malá při nízkých teplotách (kolem 0 °C). S rostoucí teplotou se výrazně zvyšuje, především v oblasti 30 až 40 °C. Zvýšení teploty o 10 °C zrychlí průběh mineralizace 2 až 3 x. Wheatley a Ritz (1995) uvádějí rychlost mineralizace v organicky hnojené půdě za vegetace brambor 0,6 – 1,5 mg N/kg suché zeminy za den. Hamid a Ahmad (1993) experimentem zjistili, že vnosem minerálního dusíkatého hnojiva do půdy (ledek amonný, 34 % N) se stimuluje započatí či se vyvolá vyšší intenzita mineralizace organického dusíku v půdě, nazývají tento vztah „priming efektem“. Nejvyšší hodnota tohoto podpůrného efektu byla autory zjištěna v porostu ozimé pšenice ve výši 11,4 kg N/ha, kterou vyvolala přímým vlivem dávka 20 kg N/ha v ledku amonném. Hoegen a Werner (1991) uvádějí, že o intenzitě mineralizace dusíku v půdě rozhoduje obsah jednak již obsažených organických látek v půdě (C_{org}), tak poměr C : N organických látek (hnojiv) vnesených do půdy. Například také Kandeler a kol. (1994) ve vlastním experimentu s hnojením kejdou prasat zjistili silnou závislost vztahu mezi obsahem C_{org} a mineralizovaným dusíkem v půdě. Nejvyšší intenzitu mineralizace zjistili v ornici, v půdní vrstvě 0 – 10 cm,

kde při obsahu $C_{org.} > 3,5 \%$ se mineralizuje až 100 kg N/ha bez aplikace kejdy a až 250 kg N/ha při aplikaci 50 m³/ha kejdy prasat.

Matula (1987) zjistil, že amonizace je v procesu mineralizace organické hmoty jedním z nejčastějších mikrobiálních procesů v našich půdách. Probíhá v širokém rozmezí pH, dokonce i v kyselé půdní reakci (pod pH 5).

Vzniklý amoniak (NH_3) může být dále přijímán rostlinami, imobilizován mikroorganismy a využit pro další rozklad organické hmoty, fixován v mezivrstvách jílových minerálů, volatilizován, vázán fyzikálně-chemickou sorpcí na půdní sorpční komplex nebo biologicky oxidován při nitrifikačních procesech (Tesař a Vaněk, 1992). Nízkou intenzitu mineralizace dusíku vykazují dusíkem nehnojená stanoviště s podzoly a zasolenými půdami. Střední intenzitu mineralizace mají luvizemě, pseudogleje, kambizemě a rendziny. Nejvyšší intenzita mineralizace dusíku probíhá v záhřevných půdách, v černozemích, fluvizemích a hnědozemích (Bielek, 1984).

3.4.3 Imobilizace

Imobilizace je opačný proces mineralizace, kdy minerální formy dusíku, především NH_4^+ , jsou spotřebovány mikroorganismy na výstavbu své biomasy (Vaněk a kol. 2007).

Imobilizace je známa také nebiologická, což představuje zabudování amonných iontů do krystalických mezivrstev jílovitých minerálů (Wheatley a Ritz, 1995). V našich půdách převládá imobilizace biologická, tj. spotřebování dusíku mikroorganismy (Richter a Hlušek, 2003; 2006; Vaněk a kol. 2007).

Při mineralizaci se na jedné straně spotřebovává organický dusík a uvolňuje se v minerální formě, ale současně tvorbou mikrobiálních těl destruentů se syntetizuje nová organická dusíkatá hmota a minerální dusík se imobilizuje (Richter a Hlušek, 2003). Wheatley a Ritz (1995) zjistili za vegetace brambor založených po sóje na pozemku, který byl v minulosti pravidelně organicky hnojen, že rychlost imobilizace dusíku se může pohybovat v rozmezí 0,1 – 4 mg N/kg suché zeminy za den.

V půdě může nastat stav, kdy mineralizace a imobilizace jsou v dynamické rovnováze, a vlastně tak rozklad ani syntéza dusíkaté organické hmoty v půdě neprobíhá (Bielek, 1984). Jestliže převládá mineralizace nad imobilizací, obsah minerálního dusíku ($N_{min.}$) se v půdním prostředí zvyšuje. Naopak, pokud je mineralizace menší než imobilizace, dusík se spotřebovává, je pro rostliny prakticky nedostupný a může dojít k dusíkové depresi (Richter a Hlušek, 2003). V této situaci vzniká vztah, kdy půda konkuruje rostlinám (Vostal a

Matousch, 1988). Obsahy minerálního dusíku bezprostředně souvisí s jeho mobilitou v půdě (Haberle, 1997).

3.4.4 Nitrifikace

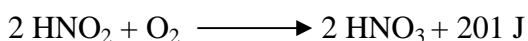
Nitrifikace je součástí mineralizace organických dusíkatých látek v půdě, je zdrojem přijatelného dusíku pro rostliny (Bielek, 1984). Při nitrifikaci je amonný iont postupně enzymaticky oxidován mikroorganismy až na nitráty (aniony NO_3^-). Tyto mikroorganismy jsou klasifikovány jako autotrofní bakterie, protože získávají oxidací amonných iontů energii nezbytnou pro syntézu organických látek a současně jsou tyto sloučeniny pro ně také zdrojem dusíku (Mosier a kol., 1996).

Tato přeměna probíhá ve dvou krocích (Nyle a Ray, 2002; Vaněk a kol. 2007):

1. nitritace – přeměna amonného iontu na nitrity (toxické pro rostliny) za působení aerobních bakterií *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrospira* aj.



2. nitratace – přeměna nitritů na nitráty, na které se podílejí bakterie rodu *Nitrobacter*



Richter a Hlušek (1999) poukázali na uvolněné ionty H^+ při nitrifikaci, které okyselují půdu, poněvadž vzniká kyselina dusičná (HNO_3). Ta je ovšem neutralizována bázemi sorpčního komplexu nebo půdního roztoku.

Nitrifikace vyžaduje zásobu amonných iontů v půdě, ale jejich přebytek je toxický pro bakterie rodu *Nitrobacter*, což může způsobit hromadění nitritů. Pokud jsou příznivé podmínky pro obě reakce, nitratace následuje bezprostředně po nitritaci a nedochází k akumulaci pro rostliny toxických nitritů. Nitrifikační bakterie jsou do značné míry adaptabilní k hodnotám pH půdy, intenzivní průběh nitrifikace je v rozpětí pH 6,2 – 9,2, přičemž pro nitritaci je optimální hodnota pH 6,5 – 9 a pro nitrataci pH 5 – 7. Za optimální teplotu pro průběh nitrifikace je považováno 20 – 30 °C. Pod 5 °C nastává výrazné snížení intenzity nitrifikace (Wheatley a Ritz, 1995; Nyle a Ray, 2002). Také Richter a Hlušek (1999) uvádějí, že při dostatečném provzdušení půdy, teplotě 15 – 30 °C, vlhkosti 40 – 60 % MVK a pH 6,2 – 9,2, probíhá nitrifikace velmi intenzivně. Při teplotě 5 – 10 °C je velmi nízká a při teplotách pod 5 °C se prakticky zastavuje.

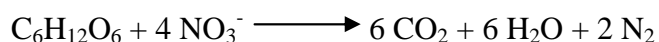
Obsah nitrátů v půdě se během roku velmi mění a činí v našich půdách obvykle 2 – 20 mg na 1 kg půdy. Během roku se obsah nitrátů může změnit i několikrát, přičemž značné změny mohou nastat dokonce během několika hodin (Haberle, 1997). Rychlost

nitřifikace dusíku v pravidelně organicky a minerálně hnojené půdě za vegetace brambor se pohybuje 1 až 5 mg N/kg zeminy za den (Wheatley a Ritz, 1995). Nitráty jsou dobře rozpustné, negativně nabité a v půdě velice pohyblivé ionty, a pokud nejsou přijaty kořeny rostlin, může dojít k jejich vyplavení do spodních vrstev nebo k přeměně denitrifikací (Haberle, 1997; Vaněk a kol. 2007).

3.4.5 Denitrifikace

Proces denitrifikace může probíhat dvěma způsoby, biologicky nebo chemicky (Nyle a Ray, 2002). Denitrifikace je redukční proces, kdy jsou nitráty v přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku a dále pak až na elementární dusík. V našich podmínkách převažuje denitrifikace biologická způsobená fakultativně anaerobními mikroorganismy (*Bact. denitrificans*), které během rozkladu využívají dusík nitrátů (Vaněk a kol., 2007). Pokud se nitrátový dusík dostane mimo kořenovou zónu (pod 80 – 100 cm), je denitrifikace jediným způsobem snížení obsahu nitrátů v podzemních vodách (Haberle, 1997). Na druhou stranu, denitrifikací se ztrácí ročně v průměru až 8 % mineralizovaného půdního dusíku a až 20 % dusíku z hnojiv v závislosti na celkové dávce dodaného dusíku. Denitrifikační bakterie převedou část dusičnanů v půdě na plynný dusík, unikající do atmosféry, a tím se ochuzuje půda o dusíkaté látky (Mosier a kol., 1996; Richter a Hlušek, 1999).

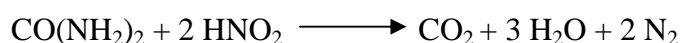
Průběh biologické denitrifikace lze chemicky vyjádřit sumární rovnicí:



Při přeměně NO_3^- na NO_2^- se uplatňuje enzym nitrátreduktáza a při redukci NO_2^- na N_2 nitritreduktáza. Redukci podporuje přítomnost kationů Mn a Zn (Tesař a Vaněk, 1992). Denitrifikační mikroorganismy využívají velmi aktivně kořenové výluhy a průběžně odumírající části kořenů žijících rostlin. Proto se v rhizosféře rostlin zaznamenává obvykle vyšší intenzita denitrifikace než ve volné půdě (Mosier a kol., 1996).

Vedle denitrifikace biologické může probíhat i denitrifikace chemická. Při ní kyselina dusitá reaguje s aminokyselinami, aminy, amidy nebo močovinou až na elementární dusík (Nyle a Ray, 2002). Chemická denitrifikace je intenzivnější v kyselém prostředí ($\text{pH} < 5,5$) (Richter a Hlušek, 1999).

Průběh chemické denitrifikace lze vyjádřit sumární rovnicí:

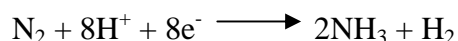


Společnou podmínkou průběhu denitrifikace je přítomnost nitrátů v půdě, dále nedostatek kyslíku v půdě, který se vyskytuje hlavně v půdách zamokřených a

neobdělávaných a dostatek lehce dostupných organických látek nebo sulfidů (Tesař a Vaněk, 1992; Richter a Hlušek, 1999; Nyle a Ray, 2002). Optimální teplota pro průběh denitrifikace je 25 – 35 °C, ale může probíhat v rozpětí od 2 – 50 °C (Nyle a Ray, 2002). Denitrifikací mohou nastávat dosti značné ztráty dusíku a pro jejich omezení je žádoucí, aby nebylo v půdě přítomno větší množství N-NO₃⁻ v mimovegetačním období, kdy je kromě ztrát denitrifikací i zvýšené nebezpečí vyplavení N-NO₃⁻ z ornice (Vaněk a kol., 2007).

3.4.6 Biologická fixace atmosférického dusíku

Zdrojem dusíku je také fixace atmosférického dusíku (N₂) symbioticky a nesymbioticky žijícími mikroorganismy v půdě (Vaněk a kol. 2007). Biologická fixace jako redukce atmosférického dusíku na amoniak se uskutečňuje za pomoci mnohých a současně rozmanitých prokaryotních bakterií a modrozelených řas, a to buď volně žijícími nebo žijícími v symbiózách s houbami a vyššími rostlinami (Bielek, 1984). Jde o mikroorganismy (bakterie a sinice) vybavené enzymem nitrogenázou, jenž dokáže redukovat jinak velmi stabilní a inertní molekulu dusíku (Šimek, 2000). Chemicky lze fixaci vyjádřit jako redukcí N₂ až na NH₃ za pomoci enzymu nitrogenázy a lze ji znázornit takto:



K nejvýznamnějším nesymbiotickým fixátorům patří bakterie rodu *Azotobacter* (aerobní) a *Clostridium* (anaerobní) a asi 60 druhů modrozelených řas (Bielek, 1984). Nesymbiotická fixace je výrazně ovlivňována podmínkami prostředí, v ČR se takto fixuje asi 5 – 15 kg N/ha za rok (Vostal a Matousch, 1998).

Symbiotická fixace se uskutečňuje specializovanými skupinami fixátorů indikujících kořenou soustavu rostlin (Šimek, 2000). Tímto se zabývali Vostal a Matousch (1988), kteří odhadují, že fixace u jetelovin je okolo 250 kg N na ha za rok a u luskovin od 62 až 116 kg na ha za rok. Šimek (2000) uvádí, že symbiotické fixaci připadá hlavní podíl z biologické fixace a činí téměř 80 %. Hlavním symbiotickým mikroorganismem je rod *Rhizobium*, žijící na kořenech bobovitých rostlin. Principem symbiózy v tomto případě je, že rostlina poskytuje fixátorovi uhlíkaté zdroje a fixátor dodává dusík (Vostal a Matousch, 1988). Symbiotickou fixaci vzdušného dusíku podporuje přítomnost přijatelných forem molybdenu a vanadu v půdě, toho je běžně dosahováno v půdách neutrálních až zásaditých (Zelený, 1984).

3.4.7 Vedlejší zdroje dusíku v půdě

Podle Vaňka a kol. (2007) lze uvažovat se vnosem dusíku do půdy také ve formě srážek a pevných spadů, což činí v ČR asi 15 kg N/ha za rok a v silněji zatížených oblastech i

přes 20 kg N/ha. Zároveň jestliže uvážíme pravidelný přísun dusíku srážkami a spadem během celého roku, je nutné si uvědomit, že tento přísun dusíku je více intenzivní v mimovegetačním období, kdy nemůže být ve většině případů rostlinami na zemědělské půdě využit.

3.4.8 Volatilizace

Amonná forma dusíku (NH_4^+), pokud není imobilizována mikroorganismy, přijímána rostlinnou nebo fixována na půdní organickou hmotu, může být přeměněna na amoniak, který může být předmětem ztrát plynné fáze dusíku volatilizací amoniaku (Fecenko a Ložek, 2000). Volatilizace je intenzivnější ve vyšších polohách a na zásaditých půdách (Bielek, 1984). Ztráty NH_3 volatilizací se pohybují průměrně do 5 %, což představuje přibližně 25 % dávky dusíku dodaného hnojivy (Follett a Delgado, 2002).

3.4.9 Vyplavování

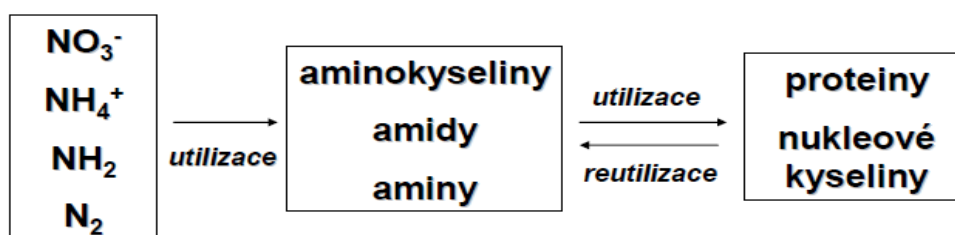
Minerální dusík může být také významně ztracen z půdy i samotným vyplavením. Z půdy se dusík vyplavuje především ve formě nitrátů (NO_3^-), a z písčitých půd může být vyplaven i ve formě amonné NH_4^+ (Stevenson, 1965; Baier a Baierová, 1985). Ztráty dusíku kapalnou fází jsou podmíněny dobrou rozpustností vnesených dusíkatých hnojiv, poměrně rychlou nitrifikací amonných iontů na nitrátové ionty a dobrou pohyblivostí nitrátů v půdě, které se v podstatě pohybují v souladu s pohybem půdní vody (Fecenko a Ložek, 2000; Nyle a Ray, 2002). V důsledku vyplavování se větší či menší množství dusíku postupně posunuje profilem a v konečném důsledku se vyplavuje z dosahu kořenů plodin. V podorničí lehkých půd a půd dlouhodobě organicky bohatě hnojených lze nalézt 100 kg i více dusíku v nitrátové formě, tj. ve formě nejlépe přístupné pro rostliny, ale současně rizikové na proplavení, zejména mimo období vegetace (Haberle, 1997). Celkově nejvyšší negativní předpoklady pro vyplavování minerálního dusíku z půdy je ve formě nitrátů, a to až ve výši 97 % (Bielek, 1984).

3.5 Dusík v rostlině

Obsah dusíku v rostlinách se s nárůstem sušiny během vegetace snižuje, ovšem množstevně se s růstem biomasy celkové množství sušinou zvyšuje (Baier, Baierová, 1985). Pokles sušiny v průběhu vegetace je označován jako proces koncentračního zředování, respektive zředovací efekt (Vostál, 1983; Baier a kol., 1988). V období zrání pak přechází značná část dusíkatých látek z vegetativních orgánů do zásobních orgánů, např. obilek

(Dvořák, 1984). Rostlina bramboru obsahuje v nadzemní části rostlin v období zapojování řádků průměrně 5,88 % N v sušině rostliny, v době kvetení pak obsah poklesne průměrně na 4,58 % N. Pro srovnání rostlina pšenice v období 1. kolénka obsahuje průměrně 3,36 % N v sušině rostlin, v období kvetení poklesne obsah až na 1,54 % N (Baier a kol., 1988). Na poklesu koncentrace živin v sušině s nárůstem objemu sušiny rostlin se podílejí biochemické procesy uvedené níže v schématu obrázku č. 3.

Obr. č. 3: Koloběh dusíku v rostlinách (Richter a Hlušek, 2006)



3.5.1 Význam a utilizace dusíku rostlinami

Dusík (N) patří mezi základní rostlinnou živinu, je základní součástí bílkovin, nukleových kyselin a chlorofylu. Z půdy ho přijímají rostliny vázaný v iontech dusičnanových (nitrátových) a amonných. Rostliny vytvořily řadu regulačních mechanismů, jimiž je příjem dusíku řízen s potřebami rostliny, určenými rychlostí jejich příjmu (Dvořák, 1984). V celém procesu utilizace dusíku je limitující redukce nitrátů nitrátoreduktázou, která je regulována především množstvím přijatého nitrátu (Bielek, 1984). Po vstupu NO_3^- do rostliny je uložen do zásobního poolu ve vakuole nebo je redukován, buď ihned v kořenech, nebo až v listech na amoniak. Nitrát je redukován ve dvou stupních, nejprve nitrátoreduktázou probíhá redukce NO_3^- za vzniku NO_2^- , průběh reakce je katalyzován. Dále je NO_2^- redukován za vzniku NH_4^+ s uplatňuje se enzym nitritoreduktázy, energii poskytuje dýchání a fotosyntéza. Amoniak je ve vysokých koncentracích toxický pro rostlinu, proto je zabudováván do organických sloučenin za vzniku aminokyselin (Dvořák, 1984). Dusík ve formě amoniaku přijatý rostlinou z venkovního prostředí je zabudován podobným způsobem do aminokyselin (Fecenko a Ložek, 2000). Metabolismus dusíku je také orgánově specifický a závisí na stáří orgánů a pletiva, mladší orgány ukládají různé látky za rychlejší syntézy bílkovin, ve stárnoucích listech převládá jejich rozklad (Dvořák, 1984).

3.5.2 Zdroje a přijatelnost dusíku rostlinami

Rostliny přijímají dusík ve formě iontů, a to v kationu amonném (NH_4^+), nebo anionu nitrátovém (NO_3^-). O příjmu obou iontů rozhodují hlavně vnější podmínky, ale i sama rostlina (Matula, 1977). Většinou rostliny přijímají záporně nabitého ionty dusíku z půdy, tj. ve formě dusičnanové. Na rostlině mají prvotní úlohu v příjmu minerálního dusíku rostlinou mají metabolické procesy kořenové soustavy, včetně schopnosti příjmu iontů jemným vlášením rostliny (Dvořák, 1984). Největší množství dusíku bezprostředně využitelného pro výživu rostlin je obsaženo v půdě (Richter a Hlušek, 2006).

Významným zdrojem dusíku v pohotové, respektive ihned přijatelné formě pro rostliny jsou minerální hnojiva (Baier a Baierová, 1985). Hnojiva se aplikují podle obsahu N_{min} v půdě a aktuálního výživného rostlin. Příjmový potenciál je v podstatě dán objemem přístupných minerálních forem dusíku, kdežto vlastní příjem je podmíněn především obsahem živin v půdním roztoku (Baier a kol., 1988). Příjem dusíku rostlinou z půdy je podmíněn také teplotou, hranice příjmu nitrátového dusíku je kolem 5 °C, zatímco dusík amoniakální přijímají rostliny i při teplotě nižší (Lošák a kol., 2008).

3.5.3 Faktory ovlivňující příjem dusíku rostlinami

Na příjem dusíku, ale i ostatních živin působí mnoho faktorů vnějších (ekologických), ale i vnitřních (biologických) (Baier a kol., 1988). Sorpční procesy v půdě a příjem živin rostlinami jsou významně ovlivněny vzájemnými interakcemi iontů. Ovlivnění příjmu dusíku ostatními prvky např. iont vápníku jako málo mobilní potlačuje NO_3^- a to se projevuje ve stimulaci příjmu NH_4^+ . Naproti tomu iont draslíku stimuluje příjem iontu NO_3^- a potlačuje příjem iontu NH_4^+ . Aniony SO_4^{2-} a H_2PO_4^- stimuluje příjem NO_3^- a naopak iont chlóru podporuje příjem amoniaku (Matula, 1977; Baier a kol., 1988). Se zvyšujícím se pH směrem do neutrální až zásadité půdní reakce se příjem iontu NH_4^+ prudce zvyšuje a naproti tomu klesá příjem NO_3^- (Fecenko a Ložek, 2000; Torma, 2005). Maximální příjem kationů je při hodnotách pH 8 a maximální příjem anionů připadá na pH 3 (Baier a kol., 1988). Také Vaněk a kol. (2007) uvádějí, že v kyselější oblasti převažuje příjem NO_3^- , naopak a v neutrální až alkalické oblasti pH dochází k rovnováze příjmu iontů, nebo spíše převládá vyšší příjem NH_4^+ .

Příjem dusíku rostlinou je ovlivňován také okolním prostředím, především průběhem počasí. Se snižující se teplotou se snižuje příjem NO_3^- a naopak stoupá příjem kationu NH_4^+ (Fecenko a Ložek, 2000; Torma, 2005). Při krátkodobém slunečním ozáření rostlin se zpomaluje metabolizace NO_3^- a projevuje se určitá preference NH_4^+ výživy. Enzymem

nitrátreduktázou je v rostlině redukován NO_3^- za vzniku NO_2^- , katalyzátorem je zde molybden. Dále při následné redukci NO_2^- v rostlině na NH_4^+ se uplatňuje enzym nitritreduktáza a katalyzátorem reakce je železo, měď, mangan a hořčík (Dvořák, 1984).

3.5.4 Poruchy při nedostatku a nadbytku dusíku v rostlinách

Při nedostatečném zásobení rostlin dusíkem se obsah dusíkatých látek v rostlině silně snižuje a rostliny se slabě vyvíjejí. Podle stupně nedostatku dusíku se mění barva nejstarších listů od bledě zelené do žluté (Richter a Hlušek, 1999). Mezi další vizuální symptomy deficitu dusíku patří slabý vzrůst nadzemní části a nitkovité kořeny (Dvořák, 1984; Vaněk a kol., 2007).

Nadbytek dusíku v rostlinách může nastat z relativně vyššího příjmu dusíku, které už rostlina není schopna zabudovat do bílkovinných sloučenin (Dvořák, 1984). Rostliny produkují relativně více vegetativní hmoty na úkor generativních orgánů, mají větší asimilační plochu a listy jsou tmavozeleně zbarvené. Porosty bývají náchylné k polehnutí a napadení chorobami a snižuje se obsah cukrů a tuků, což má za následek snížení chladuvzdornosti jarních plodin a mrazuvzdornosti ozimých (Torma, 2005). Prodlužuje se délka vegetační doby a s tím je spojené pozdější dozrávání, u brambor se snižuje obsah sušiny, škrobu a zhoršuje se tak chuť hlíz po uvaření a také existuje nebezpečí zvýšené kumulace nitrátů v hlízách (Vokál a kol., 2000; 2004).

3.6 Diagnostické metody výživy rostlin

Diagnostiku výživy rostlin dělíme podle jejího účelu a poslání na diagnostiku podmínek výživy rostlin a na diagnostiku výživného stavu (Matula, 1977). Diagnostika podmínek výživy zjišťuje obsah živin a jejich forem v prostředí (především půdě), které rostlina může přijmout a využít, ale posuzuje i vnějšími faktory, které příjem a využití živin ovlivňují (Baier a kol., 1988).

Nejpoužívanější a dosud nejspolehlivější metodou určení výživného stavu zůstávají anorganické rozborů rostlin, kdy se potřeba hnojení určuje z celkového obsahu a vzájemného poměru jednotlivých živin v analyzovaných částech rostlin (Trčková a kol., 2009). Diagnostika stavu výživy zjišťuje chemickou analýzou obsah živin v rostlinách (popř. jejich frakcí) z reprezentativního vzorku během vegetace (Neuberg a kol., 1990). Základní kritéria pro hodnocení výživného stavu obilnin byla publikovaná již před více než 20 lety (Baier a kol., 1987; 1988). Nyní jsou kritéria pro hodnocení výživy průběžně upřesňována formou aktualizací z provozních monitoringů poradenských organizací pro v současnosti pěstované

druhy a odrůdy (Trčková a kol., 2009). Metoda modelových koncentračních křivek sestavené Baierem a Baierovou (1987) slouží nejen k průběžné bonitaci výživného stavu, ale i k vymezení limitujících živin a dalších existenčních faktorů či agroekologických bariér (Vaněk, 1989; Zimolka a kol., 2005). Získané výsledky slouží například k určení dávky dusíku k produkčnímu hnojení včetně její korekce při nevyrovnaném poměru živin (Trčková a kol., 2009). Stanovuje se vzájemný poměr živin a jejich přijatý objem, stupeň utilizace přijatých živin, popř. jejich rozmístění v orgánech důležitých pro asimilaci, jakož i vnitřní faktory, které příjem a využití živin ovlivňují (Baier a Baierová, 1985; Baier a kol., 1988). Bodová diagnostika výživného stavu se používá ke stanovení koncentrace živin v sušině v určitých fázích vývoje a růstu plodin. Metoda průběžné diagnostiky spočívá v soustavném (periodickém) sledování změn výživného stavu a fotosyntetické produktivity rostlin během celé vegetace (Baier a kol., 1988; Neuberger a kol., 1990). Rychlou „polní“ diagnostickou metodou je i vizuálního určení symptomů nedostatků, popř. nadbytků živin v rostlinách a biotesty, při nichž se působí na rostliny nebo jejich části indikátory (Matula, 1977; Neuberger, 1990). Na výživě rostlin se podílí také vlivy vnějšího prostředí, zejména pak půdně-povětrnostních podmínky, které je nutné také v průběhu vegetace na daném stanovišti také diagnostikovat (Baier a kol., 1988; Vaněk, 1989).

Pro podzimní a jarní nástup vegetace se pro účely předseťového a regeneračního hnojení využívá metody stanovení $N_{\min.}$ v půdě, který vyjadřuje okamžitý stav dusičnanového a amoniakálního dusíku přístupného rostlinám (Matula, 1977; Vaněk, 1989; Vaněk a kol., 2007; Miransari a Mackenzie, 2010).

3.6.1 Diagnostika podmínek výživy rostlin

Hlavním prostředkem jsou chemické analýzy vzorků půdy, obsahy přijatelných živin v půdě, o nichž se dá předpokládat, že budou v průběhu jedné vegetace rostlinám k dispozici. Při využívání agrochemických metod diagnostiky podmínek výživy rostlin je nutné nespouštět ze zřetele tu skutečnost, že vztah mezi živinami v půdě a jejich příjmem rostlinou je interferován biologickými podmínkami příjmu živin pramenící nejen z druhových či odrůdových rozdílů, ale i z průběhu intenzity a kvality metabolických pochodů působících na absorpční schopnost rostlin (příjmovou kapacitu) (Baier a kol., 1988).

Jedním z prostředků pro zjištění podmínek výživy rostlin je stanovení obsahu pohotového (přístupného) dusíku, označovaného $N_{\min.}$, tzn. stanovení minerální forem dusíku ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$). Vzorky zeminy se odebírají pomocí sondovací tyče z orničního profilu 0 – 30 cm a popř. podorničního profilu z hloubky 30 – 60 cm (Baier a kol., 1988; Miransari a

Mackenzie, 2010). Důležitá období pro stanovení podmínek výživy rostlin dusíkem metodou odběru vzorků půdy za účelem stanovení obsahu N_{\min} jsou následující (Baier a kol., 1988; Vacek, 2010):

- ozimá pšenice: před regeneračním, produkčním, časným a pozdním kvalitativním hnojením (celkem 3 – 4x odběr vzorků, vždy během vegetace),
- brambory konzumní: týden před sázením, období plně vyvinutého 4 listu, období poupat až kvetení, období dozrávání (žloutnutí natě), odběr vzorků celkem 4 – 5x (1 x před založením porostu, ostatní za vegetace).

Pro určení využití dusíku rostlinou je účelné uskutečnit odběr půdy na obsah N_{\min} bezprostředně po sklizni, nejlépe z ornice (0 – 30 cm) a podorničí (30 – 60 cm), výsledky analýz dokládají reziduální minerální dusík, který již na nárůstu biomasy a tvorbě výnosu se nepodílel, to poukazuje na optimalizaci dávek dusíku (Vacek, 2010). Také Hoegen a Werner (1991) doporučují využití N_{\min} metody pro stanovení obsahu minerálního dusíku v půdě pro účel optimalizaci hnojení dusíkem, zvláště na organicky hnojených a biologicky činných půdách. Obdobně uvádějí také Miransari a Mackenzie (2010), jež tuto metodu označují jako užitečný nástroj pro stanovení dávek dusíku v půdách s přiměřeným přísunem organické hmoty. Metoda má zemědělsko-environmentální význam, omezuje se nevyužití dusíku v půdě rostlinami, zvláště mobilní formy NO_3^- (Haberle, 1997).

Doplňující je ke stanovení aktuálního obsahu minerálního dusíku (N_{\min}) v půdě, tedy přístupného dusíku rostlinám, stanovení potenciální mineralizace dusíku v půdě, kterou ovlivňuje použití laboratorní metody a následný výpočet bilance utilizace tohoto dusíku pěstovanou plodinou (Sharifi a kol., 2007). Výživa dusíkem pokazuje na využití dávek dusíku z aplikovaných minerálních hnojiv rostlinou na tvorbu výnosu. Utilizaci dusíku rostlinami lze zjistit podrobným mapováním, například na kterém bodě (místě) pozemku se projevila celoplošně aplikovaná jednotná dávka dusíku na tvorbu výnosu, zjistitelné pomocí navigačního systému GPS instalovaného na sklízecí mlátičce. Zaznamenaná výnosová data slouží jako podklad pro další hnojení následných plodin podle zón naživení pozemku, jedná se o tzv. diferencované hnojení pozemků (Matějková a kol., 2010). Při problémech s příjmem živin do rostlin se vyšetřují fyzikální vlastnosti půdy (utužení půd) (Baier a kol., 1988; Vaněk, 1989).

Další informace o půdě pro hodnocení podmínek výživy rostlin nám poskytuje dlouhodobé sledování úrodnosti půd v rámci tzv. agrochemického zkoušení zemědělských půd, které se provádí celostátně v 6 letém cyklu opakování. Zjišťován je obsah přijatelného fosforu, draslíku, hořčíku a vápníku a součástí je také určení půdní reakce pH. Podle Vaňka a

kol., (2007) hnojením bychom měli vytvořit a udržovat vyhovující (střední) obsah přijatelných živin, zajišťující přiměřený a stabilní výnos. Dávky živin jsou určovány podle zásoby živiny v půdě a výnosové úrovně.

Prostředkem diagnostiky podmínek výživy je bezpochyby také průběh povětrnosti (Baier a kol., 1988). Zejména resorpci, nebo-li příjem dostupných živin kořeny rostlin z půdy ovlivňuje vláha (Matula, 1977). Při nízké intenzitě světla stoupá příjem nitrátového dusíku, při déletrvající suchu klesá příjem fosforu a nitrátů, za vlhkého počasí intenzivní příjem draslíku může potlačit příjem hořčíku (Baier a Baierová, 1985). Například Petr a Brychtová (1985) vypracovali model optimálního průběhu počasí v jednotlivých kritických obdobích pro tvorbu výnosových prvků, do kterého lze dosadit konkrétní empirické hodnoty průběhu povětrnosti a vyhodnotit tak vliv na tvorbu výnosu a dosažení kvality.

3.6.2 Diagnostika výživného stavu rostlin

Cílem metod rostlinné diagnostiky zahrnující anorganické rozboru rostlin a sledování dynamiky tvorby výnosu, není nenahradit všechny ostatní agrochemické metody, ale získat od rostlin co neúplnější „odpověď“ na otázky, týkající se podmínek jejich růstu během vegetace, a to spolu s plným využitím i jiných agrochemických metod (Cerling, 1978; Baier a kol., 1988). Diagnostika výživy rostlin se skládá ze tří na sebe navazujících částí: diagnostika výživného stavu (rozbor), prognóza a terapie (určení způsobu úpravy daného stavu) (Vaněk, 1989). V posledních letech byl v zahraničí vypracován velmi přesný způsob hodnocení pro N status (způsob diagnostiky výživného stavu) u řady polních plodin, který používá jako hodnotící kritérium tzv. index výživy N (NNI – Nitrogen Nutrition Index). Vzhledem k náročnosti jeho stanovení je použití NNI vhodné spíše jen pro výzkumné účely (Trčková a kol., 2009).

V provozních podmínkách průkazného měření se docílí jedině chemickou analýzou rostlin. Lze jí sledovat vztah koncentrace živin v rostlině k růstu a výnosu jednotlivých plodin (Matula, 1977; Baier a kol., 1988; Vokál a kol., 2000). Monitorování výživy rostlin je periodické sledování změn výživného stavu a fotosyntetické produktivity rostlin během vegetace prováděné například metodou tzv. kontrolních stanovišť za účelem (Baier a kol., 1988; Vaněk, 1989):

- zjištění vlivu agroekologických faktorů prostředí (včetně povětrnostních podmínek) a lidské činnosti (agrotechnické, zejména hnojařské zásahy) na vývoj výživného stavu sledovaných zemědělských plodin,

- zjištění a posouzení půdní úrodnosti sledovaného stanoviště, tzn. schopnost půdy uspokojovat požadavky kulturních zemědělských plodin na živiny a vodu v potřebném množství po celou vegetaci,
- návrh volby vhodných opatření k optimalizaci, popř. reparaci výživného stavu rostlin.

Principem průběžné diagnostiky stavu výživy rostlin je stanovení koncentrace živin v sušině nadzemní biomasy rostlin a hmotnosti rostlin v určitých časových intervalech v průběhu vegetace anorganickými rozborů rostlin a interpretace jejich vzájemného působení. Metoda slouží jak k bonitaci a optimalizaci dusíkatého hnojení, tak i ke korekci nedostatků ve výživě (Baier a kol., 1988; Neuberger a kol., 1990). Cerling (1978) poukazuje na to, že diagnostika výživného stavu rostlin nenahrazuje půdní rozborů, ale, a to je důležité, slouží ke hlubšímu pochopení stavu zabezpečení rostlin živinami během vegetace v závislosti na konkrétních podmínkách jejich pěstování a umožňuje úpravu výživného stavu vhodnými hnojařskými opatřeními.

Pro operativnější zjištění výživného stavu rostlin dusíkem byly vyvinuty senzory, které jako součást aplikační techniky snímají barvu horních pater porostu (N senzor) nebo fluorescenci chlorofylu (chlorofylmetr) a na základě bezprostředně vyhodnocených výsledků regulují dávku aplikovaných dusíkatých hnojiv (Trčková a kol., 2009).

3.6.3 Diagnostika výživy ozimé pšenice

Pro zjištění výživného stavu ozimé pšenice během vegetace je možné zvolit diagnostiku buď bodovou, nebo průběžnou s periodickým sledování výživného stavu metodou kontrolního stanoviště (Baier a Baierová 1985; Baier a kol., 1988; Vaněk, 1989). Obě tyto metody jsou u této plodiny důkladně propracované několikaletým výzkumem. Diagnostikovat lze výživný stav ozimé pšenice téměř po celou dobu vegetace, tj. na podzim od 4 listu až do období kvetení. Metoda modelových koncentračních křivek (Baier a Baierová, 1987) pro vyhodnocení výsledku anorganického rozboru nadzemních částí rostlin není zpracována pouze pro hlavní vývojová období, nýbrž jde o model koncentrace dusíku v sušině podle nárůst sušiny biomasy rostlin během vegetace pro různé výnosové hladiny (3 – 9 t/ha zrna). Model je uveden v metodice pokusu v kapitole 4.4.2 a je zpracován graficky, viz graf č. 3, v němž na ose x je vynesena sušina 1 rostliny v logaritmickém měřítku (hmotnostně v g) a na ose y obsah živin v aritmetickém měřítku (obsahová % v sušině).

Odběr vzorků rostlin v rámci diagnostiky výživy rostlin buď periodické nebo bodové (v kritických obdobích tvorby výnosu) spočívá v odběru celých nadzemních částí rostlin (bez

kořenů), zbavených jakýchkoliv příměsí zeminou apod. a v čerstvém stavu podrobeny laboratorní analýze (Baier a kol., 1988; Vaněk, 1989).

Koncepce monitoringu výživy za vegetace je v případě ozimé pšenice zaměřena na diagnostiku rostlin, diagnostika prostředí slouží jako ověřovací, zejména se zaměřením na stanovení obsahu $N_{\min.}$ v půdě během vegetace (před regeneračním, produkčním a kvalitativním hnojením) (Baier a kol., 1988; Neuberg a kol., 1990; Zimolka a kol., 2005).

3.6.4 Diagnostika výživy konzumních brambor

Koncepce využití diagnostických metod u brambor pokládá za prioritní diagnostiku půdy respektive stanovení obsahu minerálního (anorganického) dusíku ($N_{\min.}$) před výsadbou pro aplikaci základní dávky dusíku v minerálním hnojivu s následnou kontrolou výživného stavu porostu za vegetace pomocí anorganických rozborů rostlin (ARR) a případným dohnojením dusíkem (Vokál a kol., 2000; 2004; Kasal a kol., 2010; Vacek, 2010).

Stanovení dávky dusíku spočívá ve zjištění obsahu $N_{\min.}$ v půdě před sázením a vypočte se vzorce (Vokál a kol., 2000):

$$N_p = (N_v - N_{\min.} - N_m) \cdot k_1 \cdot k_2$$

Kde: N_p = dávka v kg N/ha v průmyslových hnojivech,

N_v = množství živin potřebné pro dosažení předpokládaného výnosu (40 – 50 kg N/ 1 t hlíz)

$N_{\min.}$ = analyzovaný obsah $N_{\min.}$ ve vzorku zeminy v mg/kg přepočtený na množství $N_{\min.}$ v půdě v kg/ha (bramborářské půdy 3,5 mil. kg/ha),

N_m = očekávaná mineralizace během vegetace (velmi rané a rané odrůdy 25 kg N/ha, polorané a polopozdní odrůdy 50 kg N/ha),

k_1 = koeficient předpokládaného využití dusíku z průmyslových hnojiv ($k = 2,7$),

k_2 = koeficient pro úpravu dávky podle užitkového směru pěstování (konzumní brambory 1,2).

Tento výpočet je účelné využít v rozpětí $N_{\min.}$ 20 – 30 mg/kg zeminy. Při hodnotách nižších (do 10 mg/kg zeminy) je třeba se řídit tabulkovými hodnotami a zvýšit dávku dusíku o 20 – 40 kg N/ha. Při hodnotách 10 – 20 mg/kg zeminy musíme dávku zvýšit o 10 – 30 kg N/ha. Při hodnotách $N_{\min.}$ nad 30 mg/kg je možné hnojení dusíkem vypustit, nebo aplikovat dávku do 40 kg N/ha (Vokál a kol., 2000; 2004; Kasal a kol., 2010).

V průběhu vegetace je účelné zjistit výživný stav porostu a při nedostatku dusíku dohnojit. K tomuto účelu slouží diagnostická metoda založená na rozboru vzorku rostlin odebraných ve fázi poupat. Testovaným orgánem je pouze čtvrtý list, tj. čtvrtý nejvíce vyvinutý list středních patra, zjištěný odpočtem od vrcholu, přičemž první dva nevyvinuté se nepočítají. Zhodnocení laboratorní analýzy se provede podle procentické koncentrace dusíku v sušině a procentické koncentrace fosforu v sušině, tyto hodnoty se vynesou do diagramu pro

vyhodnocení výsledku anorganického rozboru rostlin (Čepl a Vokál, 1995; Vokál a kol., 2000).

Diagram pro vyhodnocení výživného stavu rostlin bramboru podle Čepla a Vokála (1995) je uveden dále v metodice tohoto pokusu, v kapitole 4.4.3., obr. č. 4. Kasal a kol. (2010) mimo jiné u brambor uvádí kritickou hranici obsahu živin v listech zjištěný na začátku tvorby pupat, která signalizuje nutnou potřebu dohnojení dusíkem. Kritickou hranicí pro dusík je hodnota 4,5 % N v sušině listů středního patra (zpravidla čtvrtý list od vrcholu).

Periodický monitoring výživného stavu brambor metodou kontrolního stanoviště se koncepcí diagnostiky zaměřuje na diagnostiku půdy a jako ověřovací diagnostiku rostlin, která vypovídá o resorpci živin kořeny z půdy (Baier a kol., 1988; Vokál a kol., 2000; Vacek, 2010). Vzorky rostlin odebrané v jiném období růstu, než ve fázi pupat, tj. např. v období zapojování řádků porostu a později ve fázi přirozeného dozrávání (žloutnutí natě), lze posuzovat podle metodik uvádějící průměrné koncentrace dusíku v sušině rostlin (Baier a kol., 1988; Kasal, 2010). Dosadit lze také výsledky anorganického rozboru listů do diagramu podle Čepla a Vokála (1995), ovšem již s méně vypovídající schopností (Čepl, 2005).

3.6.5 Vliv prostředí na odběr vzorků pro diagnostiku výživy

Stav živin v rostlinách, jejich zásobu a dostupnost ovlivňují vnitřní a vnější faktory, které je třeba při odběru vzorků rostlin respektovat, poněvadž mohou ovlivnit negativně přesnost měření zvolené diagnostické metody (Bergmann a Čumakov, 1977; Baier a kol., 1988; Vaněk, 1989; Trčková a kol., 2009):

- vliv růstového a vývojového stádia – jde o nejnápadnější působící faktor, který má vliv na pokles koncentrace živin v celkové sušině rostlin v důsledku nárůstu sušiny,
- vliv denního rytmu příjmu živin – projevuje se zejména u rozpustných frakcí živin v rostlinách (např. maximum nitrátů v sušině rostlin v ranních hodinách),
- vliv částí rostlin, orgánu – mladší orgány obsahují vyšší koncentraci živin v sušině než orgány starší (kromě Ca),
- vliv vzájemných vztahů mezi prvky – příjem živin se neřídí jen hladinou a dostupností jednotlivých prvků, ale i antagonistickými vztahy (např. K : Mg),
- vliv povětrnostních podmínek – při déletrvajícím suchu je omezen příjem P, při delším vlhkém období může intenzivní příjem K snížit příjem Mg,
- vliv patogenních činitelů – mohou zesílit nebo překrýt vliv nedostatku živin,
- vliv znečištění vzorků rostlin zeminou – po odebrání opláchnou v destilované vodě (důležité zejména při sledování obsahu manganu a železa).

4 METODIKA

Zde je popsán postup vedoucí k naplnění cíle této bakalářské práce. Popsán je způsob odebírání vzorků, použité laboratorní analýzy a postup zpracování výsledků měření. Dále je popsána charakteristika zájmového území, zohledňující půdně-klimatickou charakteristiku, včetně průběhu počasí v letech 2010 a 2011. Rovněž je v této stati popsáno hnojení porostů dusíkem a ostatními živinami, uveden je typ, dávka a období použití hnojiv.

4.1 Charakteristika zájmového území kontrolních stanovišť

Zájmové území kontrolních stanovišť s porosty ozimé pšenice a konzumních brambor se bezprostředně rozléhá ve východočeského regionu. Podle Baiera a kol. (1988) kontrolní stanoviště jsou 1 ha plochy umístěné na provozních honech, které reprezentují agroekologické podmínky sledování území při vhodně volených agrotechnických, hnojařských a ochranných opatřeních.

Pro hodnocení chování minerálního dusíku ($N_{\min.}$) v půdě a výživného stavu rostlin a celkové dynamiky transformace dusíku v rostlinách ozimé pšenice byly zvoleny dvě půdně-klimaticky odlišné lokality. Jedná se o lokalitu ve Středním Polabí v okolí Hradce Králové (nadmořská výška 220 – 280 m n. m.) a o lokalitu v podhůří Orlických hor rozléhající se na okresech Ústí nad Orlicí a Rychnov nad Kněžnou v nadmořské výšce 375 – 435 m n. m.

Stanoviště konzumních brambor byly zvoleny v tradiční podhorské oblasti v okrese Ústí nad Orlicí v nadmořské výšce 440 – 495 m n. m. V roce 2011 bylo zahrnuto do sledování i stanoviště ve Středním Polabí, konkrétně ve Mžanech (nadmořská výška 250 m n.m.).

Kontrolní stanoviště pšenice ozimé se nacházely ve 4 okresech:

Okres Ústí nad Orlicí (ÚO): Písečná, Lukavice, Kameničná, Skrovnice, Libchavy, Česká Rybná a Sloupnice

Okres Rychnov nad Kněžnou (RK): Dlouhá Ves

Okres Hradec Králové (HK): Světí, Nechanice, Mžany, Králíky, Libčany a Lovčice

Okres Náchod (NA): Rožnov

Kontrolní stanoviště konzumních brambor se nacházely ve 2 okresech:

Okres Ústí nad Orlicí (ÚO): Žamberk a Klášterec nad Orlicí

Okres Hradec Králové (HK): Mžany

Z geomorfologického hlediska se zájmové území člení na skupiny, které patří do provincie Česká Vysočina. Vrchní část území se rozléhá v soustavě Sudetské a podsoustavě Střední sudety, kde se rozkládají tyto celky: Orlické hory, Podorlická pahorkatina s

podcelkem Náchodská vrchovina a Žamberská pahorkatina. Západní část zájmového území se rozléhá v soustavě Česká tabule a v podsoustavě Polabská tabule, kam patří celek Orlická tabule s podcelkem Třebechovická tabule a celek Východolabská tabule s podcelkem Cidlinská tabule zajímaví především okrsek Nechanické tabule (Brabenec a kol., 1977).

Z geologického hlediska se převážná část východočeského regionu nachází v turonském (křídovém) útvaru dělený na vododržný turon svrchní (jílovce a slínovce, písčité a slídnaté jílovce), střední a spodní (slínovce, písčité spongility, pískovce slínité a vápnité). Území je také lokálně rozloženo na spraších či sprašových hlínách. Sudetská část se nachází na různým stupněm metamorfovaných kyselých horninách, jako jsou migmatity a ortoruly. Lokálně se vyskytuje drobně zrnitý biotický granodiorit a zájmovým územím také prochází brázda permu se svrchní červenou jalovinou (především stanoviště Písečná).

Klimatické podmínky zájmového území, kde se nacházely kontrolní stanoviště obou plodin, lze zahrnout do rozpětí klimatických regionů 3 až 8:

- klimatický region 3 – teplý mírně vlhký, průměrný roční úhrn srážek 550 – 650 mm s průměrnou roční teplotou 8 – 9 °C, sumou teplot nad 10 °C 2400 – 2800, výskyt suchých vegetačních období od 10 do 60 % a reliéf terénu rovinný až mírně zvlněný,
- klimatický region 8 – mírně chladný vlhký, průměrný roční úhrn srážek více než 700 mm, s průměrnou roční teplotou 5 – 6 °C, suma teplot nad 10 °C je pod 2200, výskyt suchých vegetačních období do 5 % a reliéf terénu horizontálně členitý s vysokou svažítostí.

Oblast Hradce Králové tvoří klimatický region 3 – 5 a oblast Ústeckoorlicka a Rychnovska klimatický region 5 – 8.

Půdní podmínky zájmového území stanovišť ozimé pšenice a brambor jsou půdního druhu písčitého až jílovitohlinitého s různým stupněm skeletovitosti. Zejména stanoviště v podhůří Orlických hor se vyznačují skeletovitostí, která je tvořena především kamenitostí (skelet nad 4 cm), než štěrkem a nižší mocností ornice (17 – 19 cm).

Pro zjištění průběhu povětrnostních podmínek na sledovaných stanovištích v roce 2010 a 2011 byly pro sledované porosty přiřazeny nejbližší meteorologické stanice z portfolia provozovaných firmou AGROEKO Žamberk spol. s r.o., na kterých se denně měří teplotní údaje a srážky. Meteorologické stanice jsou umístěny na okrese Ústí nad Orlicí, a to na třech lokalitách (Žamberk, Podlesí a Svatý Jiří). Umístěné meteorologické stanice se nacházejí v nadmořských výškách 380 m. n. m. (Podlesí) až 411 m. n. m. (Žamberk). Průběh počasí na jednotlivých meteorologických stanicích za vegetace obou sledovaných ročníků je znázorněn graficky v příloze č. 1 a č. 2.

Tab. č. 8: Půdně-klimatická charakteristika stanovišť ozimé pšenice v roce 2010

Zájmové území	Výměra (ha)	Nadmořská výška (m)	Výrobní oblast a podoblast	Klimatický region		Půdní typ a subtyp	Půdní druh	Meteostanice
				Kód	Popisné označení			
Písečná	25,17	390	P1	8	mírně chladný, vlhký	Kambizem modální	hlinitopísčítá	Žamberk
Skrovnice	27,65	415	O3	7	mírně teplý, vlhký	Kambizem glejová	jílovitohlinitá	Podlesí
Libchavy	20,86	345	O2	7	mírně teplý, vlhký	Kambizem modální	písčitohlinitá	Podlesí
Česká Rybná	31,60	380	O3	7	mírně teplý, vlhký	Kambizem modální	hlinitopísčítá	Žamberk
Dlouhá Ves	11,86	360	O4	5	mírně teplý, mírně vlhký	Kambizem arenická	písčitohlinitá	Žamberk
Sloupnice	50,30	350	O1	5	mírně teplý, mírně vlhký	Hnědozem illimerizovaná	hlinitopísčítá	Svatý Jiří
Lišice	20,40	242	R2	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	jílovitohlinitá	Žamberk
Převýšov	60,00	233	R2	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitá	Žamberk
Králíky	35,00	235	R4	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem illimerizovaná	písčitohlinitá	Žamberk
Nechanice	48,00	230	R3	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitá	Žamberk
Mžany	48,82	272	R1	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitá	Žamberk
Světí	39,70	259	R1	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitopísčítá	Žamberk
Rožnov 01	49,31	270	R2	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	jílovitohlinitá	Žamberk
Rožnov 02	29,21	284	R2	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	jílovitohlinitá	Žamberk

Tab. č. 9: Půdně-klimatická charakteristika stanovišť konzumních brambor v roce 2010

Zájmové území	Výměra (ha)	Nadmořská výška (m)	Výrobní oblast a podoblast	Klimatický region		Půdní typ a subtyp	Půdní druh	Meteostanice
				Kód	Popisné označení			
Žamberk	2,00	440	O3	8	mírně chladný, vlhký	Kambizem arenická	písčitohlinitá, kamenitá	Žamberk
Kláštepec nad Orlicí	7,50	495	P1	8	mírně chladný, vlhký	Kambizem arenická	písčitohlinitá, kamenitá	Žamberk

Tab. č. 10: Půdně-klimatická charakteristika stanovišť pšenice ozimé v roce 2011

Zájmové území	Výměra (ha)	Nadmořská výška (m)	Výrobní oblast a podoblast	Klimatický region		Půdní typ a subtyp	Půdní druh	Meteostanice
				Kód	Popisné označení			
Písečná	11,09	380	O4	7	mírně teplý, vlhký	Kambizem modální	hlinitopísčítá	Žamberk
Lukavice	26,84	480	P1	8	mírně chladný, vlhký	Kambizem arenická	písčítohlinitá, kamenitá	Žamberk
Skrovnice	17,15	415	O3	7	mírně teplý, vlhký	Kambizem glejová	jílovitohlinitá	Podlesí
Kameničná	49,16	445	O3	7	mírně teplý, vlhký	Kambizem arenická	písčítohlinitá, kamenitá	Žamberk
Dlouhá Ves	30,92	350	O4	5	mírně teplý, mírně vlhký	Kambizem arenická	písčítohlinitá, kamenitá	Žamberk
Sloupnice	62,73	350	O1	5	mírně teplý, mírně vlhký	Hnědozem illimerizovaná	hlinitopísčítá	Svatý Jiří
Hájek	67,00	235	R2	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	písčítohlinitá	Žamberk
Černá	20,23	240	R2	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitá	Žamberk
Králíky	43,12	243	R4	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem illimerizovaná	písčítohlinitá	Žamberk
Nechanice	42,10	230	R3	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitá	Žamberk
Mžany	27,00	280	R1	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitá	Žamberk
Světí	62,53	259	R1	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitopísčítá	Žamberk
Rožnov	43,00	270	R2	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	jílovitohlinitá	Žamberk
Libčany	60,00	235	R1	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	písčítohlinitá	Žamberk

Tab. č. 11: Půdně-klimatická charakteristika stanovišť konzumních brambor v roce 2011

Zájmové území	Výměra (ha)	Nadmořská výška (m)	Výrobní oblast a podoblast	Klimatický region		Půdní typ a subtyp	Půdní druh	Meteostanice
				Kód	Popisné označení			
Žamberk	2,00	440	O3	8	mírně chladný, vlhký	Kambizem arenická	písčítohlinitá, kamenitá	Žamberk
Kláštelec n. O.	7,50	495	P1	8	mírně chladný, vlhký	Kambizem arenická	písčítohlinitá, kamenitá	Žamberk
Mžany	16,00	260	R1	3	teplý, mírně vlhký	Hnědozem modální	hlinitá	Žamberk

4.2 Hnojení porostů kontrolních stanovišť

Pro účely zhodnocení využití dusíku rostlinami pšenice a brambor za vegetace 2010 a 2011, byly zjišťovány u vedoucích agronomů výživy sledovaných porostů údaje o předplodině, toho z pohledu managementu posklizňových zbytků a údaje o přímém organickém a minerálním hnojení a následně byla vypočtena celková dávka dusíku na daném stanovišti, jež uvádí níže tabulka č. 12 pro rok 2010 a tab. č. 13 pro rok 2011. Při stanovení celkové dávky dusíku k jednotlivým porostům je zohledněn management posklizňových zbytků předplodiny a aplikace organických a statkových hnojiv podle Vaňka a kol. (2007), jako zdroje organických látek, respektive dusíku mineralizace.

Sledované porosty ozimé pšenice a konzumních brambor byly hnojeny podle nároků odrůd, užitkového směru pěstování, předpokládaného výnosu za korekce podle doporučení firmy AGROEKO Žamberk spol. s r. o. vyplývajícího z periodického monitoringu výživy během vegetace. Porosty ozimé pšenice byly hnojeny především minerálně, a to ve většině případů pouze dusíkem nebo kombinovanými hnojivy NP (Amofos) a hnojivy se sírou (LAS, DASA). V intenzivnější zemědělské výrobě byly aplikovány deficitní mikroživiny, viz příloha č. 5 a č. 6.

Porosty brambor byly hnojeny zpravidla stájovými organickými hnojivy, jako je hnůj skotu a hnůj skotu produkovaný formou hluboké podestýlky. Stájová hnojiva byly aplikovány na podzim po sklizni obilní předplodiny a následně klasicky zapraveny střední orbou. Na jaře (obdobně jako u pšenice za monitoringu firmy AGROEKO Žamberk spol. s r.o.) každého sledovaného roku byla na základě obsahu N_{\min} v půdě 1. týden před výsadbou podle metody Vokála a kol. (2000) a Kasala a kol. (2010) stanovena dávka dusíku podle délky vegetační doby a užitkového směru. Podle Kasala a kol. (2010) na základě výsledků agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP), délky vegetační doby odrůdy brambor a užitkového směru pěstování byly stanoveny i dávky fosforečných, draselných a případně hořečnatých hnojiv, v harmonickém poměru pro tuto plodinu.

Tab. č. 12: Předplodina a použítá dusíkatá hnojiva na stanovištích v roce 2010

Kontrolní stanoviště	Předplodina	Statková, organická hnojiva (podzim)		Minerální hnojiva									Celkem dávka N (kg/ha)
		Druh	Dávka t/ha	Fáze DC	Typ N hnojiva	Dávka kg N/ha	Fáze DC	Typ N hnojiva	Dávka kg N/ha	Fáze DC	Typ N hnojiva	Dávka kg N/ha	
PŠENICE OZIMÁ													
Písečná	Pšenice ozimá	Hnůj skotu	30,0	21	LAD 27	54	30	LAD 27	54	50	LAD 27	32,4	185,4
Skrovnice	Kukuřice silážní	-	-	22	Kejda skotu 15 t/ha	60	31	DAM 390	36,8	50	LAD 27	32,4	129,2
Libchavy	Řepka ozimá	Sláma	-	21	LAD 27	54	30	LAD 27	40,5	-	-	-	94,5
Česká Rybná	Řepka ozimá	Sláma	-	21	LAD 27	54	31	LAD 27	54	50	DASA	26	134
Dlouhá Ves	Řepka ozimá	Sláma	-	22	LAD 27	54	30	LAD 27	40,5	51	LAD 27	40,5	135
Sloupnice	Jetel luční	Obrost 12 cm	-	22	DASA	52	30	DAM 390	78	51	DASA	39	229
Lovčice - L.	Řepka ozimá	Sláma + N	-	22	LAD 27	67,5	30	DAM 390	50	51	DAM 390	50	187,5
Lovčice - P.	Pšenice ozimá	-	-	21	LAD 27	54	30	DAM 390	50	51	DAM 390	60	164
Králíky	Řepka ozimá	Sláma + N	-	21	LAD 27	54	30	DAM 390	78	51	DAM 390	40	192
Nechanice	Kukuřice silážní	-	-	21	LAV 27	54	30	DAM 390	70	51	LAD 27	54	178
Mžany	Cukrovka	Chrást	-	21	LAD 27	54	30	DAM 390	70	51	LAD 27	40	180
Světí	Řepka ozimá	Sláma + N	-	21	LAV 27	65	30	DAM 390	80	51	DAM 390	39	204
Rožnov 01	Hrách setý	Sláma	-	21	LAS 24	60	30	SAM 24	50	51	SAM 24	40	190
Rožnov 02	Cukrovka	Chrást	-	21	LAS 24	50	30	SAM 24	60	51	SAM 24	40	166
BRAMBORY KONZUMNÍ													
Žamberk	Tritikále ozimé	Hnůj skotu	55	00	Močovina Amofos	120 12	30	Močovina na list	4,6	50	Močovina na list	4,6	223,7
Kláštorec nad Orlicí	Tritikále ozimé	Hnůj skotu	40	00	LAD 27	94,5	40	Močovina na list	4,6	-	-	-	159,1

Pozn.: Sláma + N = aplikace dusíku na slámu pro zúžení poměru C : N, podpora mikrobiálního rozkladu v půdě.

Tab. č. 13: Předplodina a použitá dusíkatá hnojiva na stanovištích v roce 2011

Kontrolní stanoviště	Předplodina	Statková, organická hnojiva (podzim)		Minerální hnojiva									Celkem dávka N (kg/ha)
		Druh	Dávka t/ha	Fáze DC	Typ N hnojiva	Dávka kg N/ha	Fáze DC	Typ N hnojiva	Dávka kg N/ha	Fáze DC	Typ N hnojiva	Dávka kg N/ha	
PŠENICE OZIMÁ													
Písečná	Pšenice ozimá	Hněj skotu	30,0	21	LAD 27	54	30	LAD 27	54	49	LAD 27	40,5	193,5
Lukavice	Pšenice ozimá	-	-	21	LAD 27	40,5	31	LAD 27	54	47	LAD 27	40,5	135
Skrovnice	Jetel luční	Obrost 10 cm	-	21	LAD 27	40,5	30	Kejda skotu 19 t/ha	75	45	DAM 390	50,0	225,5
Kameničná	Řepka ozimá	Sláma odvoz Kejda prasat	12,5	21	LAD 27	54	31	DAM 390	54	45	Močovina na list	4,6	162,6
Dlouhá Ves	Kukuřice silážní	-	-	22	LAV 27	40,5	30	LAV 27	40,5	51	LAV 27	40,5	121,5
Sloupnice	Hrách setý	Sláma	-	22	DASA	52	30	DAM 390	78	51	DASA	50	220
Lovčice - H.	Pšenice ozimá	-	-	22	LAV 27	54	30	DAM 390	78	51	DAM 390	46,8	178,8
Lovčice - Č.	Cukrovka	Chrást	-	21	LAV 27	54	30	DAM 390	78	51	DAM 390	46,8	194,8
Králíky	Kukuřice silážní	-	-	21	LAV 27	67,5	30	DAM 390	78	51	DAM 390	31,2	176,7
Nechanice	Kukuřice silážní	-	-	21	LAV 27	54	30	DAM 390	78	51	LAV 27	40,5	172,5
Mžany	Vojtěška setá	Obrost 15 cm	-	22	LAV 27	54	30	DAM 390	58,5	51	DAM 390	58,5	221
Světí	Řepka ozimá	Sláma + N	-	22	LAV 27	67,5	30	DAM 390	78	51	DAM 390	39	204,5
Rožnov	Hrách setý	Sláma	-	22	LAS 24	60	30	SAM 24	48	51	SAM 24	48	196
Libčany	Cukrovka	Chrást	-	21	LAS 24	48	30	DAM 390	66,3	51	LAS 24	38,4	168,7
BRAMBORY KONZUMNÍ													
Žamberk	Tritikále ozimé	Hněj skotu	55	00	Močovina Polidap	120 18	40	Močovina na list	4,6	-	-	-	225,1
Kláštrec nad Orlicí	Tritikále ozimé	Hněj skotu	40	00	LAD 27	81	40	Močovina na list	4,6	-	-	-	145,6
Mžany	Pšenice ozimá	Sláma + N	-	00	Močovina	115	-	-	-	-	-	-	135

Pozn.: Sláma + N = aplikace dusíku na slámu pro zúžení poměru C : N, podpora mikrobiálního rozkladu v půdě.

4.3 Odběr vzorků a popis užitých diagnostických metod

Při odběru vzorků půdy pro stanovení minerálních forem dusíku v půdě bylo postupováno podle vyhlášky č. 275/1998 Sb. pro agrochemické zkoušení zemědělských půd (AZZP), uchování a transport vzorků do laboratoře podle Baiera a kol. (1988) a podle poznatků ze sdělení Růžka (2010). Odběr vzorků nadzemních částí rostlin pro zjištění obsahu dusíku v rostlinách, respektive úrovně výživy rostlin dusíkem bylo postupováno v případě pšenice ozimé podle Baiera a kol. (1988), v případě brambor podle Čepa a Vokála (1995).

4.3.1 Postup při odběru vzorků půdy na obsah minerálního dusíku ($N_{\min.}$)

Při odběru vzorku byla dodržována zásada reprezentativnosti vzorku půdy, která se docílí odběrem sondovací tyčí s minimálně 30 dílčími vpichy, to představuje odběr ca. 200 – 300 g zeminy v definované hloubce ornice 0 – 30 cm. Před vlastním odběrem bylo dbáno na to, aby byly odstraňovány posklizňové zbytky a vrchní vrstvička půdy (zhruba 1 cm) a zjišťována přítomnost hnojiva (granule). Vzorek půdy byl odebrán do uzavíratelných igelitových sáčků, které se popisovaly (stanoviště, plodina, datum), na doporučení Růžka (2010) byl ze sáčku vytěsněn vzduch a následně vzduchotěsně uzavřen. Směr vlastního odběru byl veden kolmo až úhlopříčně pojezdu zemědělské techniky při ošetřování porostu (např. hnojení) a po převažujícím zastoupení genetického půdního typu a stupni skeletovitosti (vzorky se neodebíraly na lokálních převlhčených místech aj.).

V případě porostů brambor, byl odběr vzorků půdy po založení porostu prováděn kolmo napříč směru řádků na pozemku a vlastní odběr sondovací tyčí byl veden šikmo podle sklonu hrůbku, znázornění odběru viz příloha č. 3.

Na konkrétních stanovištích bylo nutné individuálně posuzovat další nespécifické nepříznivé vlivy na reprezentativnost vzorku zeminy pro stanovení pohotového dusíku v půdě (tj. např. blízkost polního složiště hnoje, časový odstup 3 – 4 týdny od posledního minerálního a organického hnojení porostu, časový odstup okolo 3 dnů od vydatnějších srážek apod.). Vzorek půdy se při transportu do laboratoře uchovával v přenosném chladícím boxu při teplotě +2 až +4 °C. Vzorky byly bezprostředně v den odběru podrobeny homogenizaci a sušení.

Odběr vzorků zemin na obsah $N_{\min.}$ byl u pšenice ozimé prováděn standardně 3x za vegetaci v období fenologické fáze BBCH 17 – 50, což odpovídá vývojovému období počátku odnožování až počátku metání. U brambor byly vzorky na obsah minerálního dusíku z pohledu diagnostické koncepce odebírány intenzivněji, vždy 1 týden před sázením (obvykle polovina dubna) a následně standardně 4x, tj. ve fenologických fázích růstu BBA 31, 35 – 40,

51 – 52 a 61 – 65, což představuje vývojové období od počátku prodlužovacího růstu až do plného kvetení. Detailní monitoring v kratších intervalech byl proveden na stanovišti Žamberk.

4.3.2 Postup při odběru vzorků nadzemních částí rostlin (NČR)

Metoda odběru nadzemních částí vzorků ozimé pšenice vycházela především z návodů uvedených v původní literatuře Baiera a kol. (1988). Jednalo se tedy o odběr vzorků rostlin jako celé nadzemní části, tj. celých rostlin bez kořenů (odstříhnutí kořenů nad odnožovacím uzlem) spolu se spočítáním počtu rostlin ve vzorku (pro stanovení sušiny 100, respektive 1 rostliny) a očištěním od zeminy a jiných nežádoucích příměsí. V případě odběru vzorků nadzemních částí rostlin bramboru bylo postupováno podle Čepla a Vokála (1995). Jednalo se tedy o odběr lichozpeřených listů bramboru, konkrétně tzv. čtvrtých (středních) listů, což jsou nejvíce vyvinuté listy středního patra, zjištěné odpočtem od vrcholu, přičemž první dva nevyvinuté listy se nepočítají.

Odběry vzorků nadzemních částí rostlin ozimé pšenice byly prováděny v průběhu vegetace pravidelně od nástupu vegetace do počátku kvetení (od předjaří do 1. kolénka 1x týdně, dále po 14 dnech až do počátku kvetení). Odběry vzorků rostlin brambor – čtvrtých listů byly prováděny vždy 3x za vegetační období, tj. v období zapojování řádků porostu, v období tvorby poupat a naposledy v období dozrávání, tj. na počátku žloutnutí natě. Kalendářně lze odběry vzorků definovat u nadzemní části rostli ozimé pšenice od 29. března v roce 2010 a 28. března v roce 2011, tj. v období jarní regenerace až do období hmatatelného 1. kolénka každý týden v pondělí, od 1. kolénka 1x za 14 dní až do počátku kvetení.

V plné zralosti byly odebrány vzorky rostlin pro stanovení výnosu při sklizni z 1 m² (4x 0,25 m²), které byly podrobeny přirozenému sušení a poté laboratornímu výmlatu. V případě porostů brambor, byly vzorky nadzemních částí rostlin odebírány od 16.6. do 23.8. v roce 2010, v roce 2011 od 23.5. do 17.8. Jednalo se vždy o odběr 3 časově navazujících vzorků středních listů. V období sklizně brambor byl stanoven provozní výnos hlíz.

4.3.3 Chemické analýzy

Pro zajištění chemické analýzy vzorků půdy a rostlin bylo využito nejbližší zemědělské akreditované laboratoře – firmy EKO-LAB Žamberk s.r.o. (akreditovaná ČIA pod registračním číslem 1254), kde vlastní rozbor zeminy na obsah N_{min.} je akreditován pro standardní operační postup (SOP) 251 a 252 (metoda JPP ÚKZÚZ Brno, 2004, analýza půd III), vzorky zeminy byly rozborovány spektrofotometricky (ICP) na obsah minerálních forem dusíku v půdě N_{min.} (NO₃⁻ + NH₄⁺). Rozbor nadzemních částí rostlin (NČR) je akreditován pro

SOP 120 (metodika f. LECO), vzorky NČR ozimé pšenice byly analyzovány na hmotnost sušiny 1 rostliny a přepočteny na 100 rostlin. Vzorky listů brambor byly analyzovány na hmotnost sušiny středních listů (celého počtu ve vzorku), příp. obsah sušiny v procentickém vyjádření. Součástí každého zjištění sušiny ze vzorku NČR byla následná analýza obsahu základních živin: N, P, K, Ca a Mg.

4.4 Vyhodnocení výsledků

Výsledky laboratorních analýz byly seřazeny do tabulek, kde ke každému stanovišti byly přiřazeny data týkající se předplodiny, přímého organického a minerálního hnojení. Na tyto jednotlivá data byly navázány zjištěné obsahy minerálního dusíku v půdě a výživný stav rostlin dusíkem na daném stanovišti.

Dynamika změn $N_{\min.}$ v půdě během vegetace byla znázorněna graficky podle pro výnos rozhodných fenologických fází.

Výživný stav rostlin dusíkem byl uveden v obsahových procentech v sušině, sušina byla vyjádřena hmotnostně v gramech. V případě pšenice byla sušina 100 rostlin přepočtena na sušinu 1 rostliny v gramech, v případě listů brambor přepočteno množství ve vzorku na hmotnost sušiny 10 reprezentativních střední listů. Výživný stav pšenice ozimé byl znázorněn graficky podle modelových koncentračních křivek, které vytvořil Baier a Baierová (1987), tzn. dynamika obsahu dusíku v rostlině (výživy rostlin dusíkem) byla promítnuta do nárůstu sušiny 1 rostliny během vegetace.

Dále byly pro obě plodiny tabelárně zpracovány výsledky monitoringu obsahu $N_{\min.}$ v půdě a vyjádřena aktuální zásoba přijatelného dusíku podle kritérií Baiera a Baierové (1988). V návaznosti byly přiřazeny ke konkrétním obsahům $N_{\min.}$ ve fenofázi BBCH 31 a ve BBCH 50 – 65 na jednotlivých stanovištích uvedeny celkové dávky dusíku a formy použitých hnojiv a zhodnocen tak vliv hnojení na obsah $N_{\min.}$ a výživný stav rostlin.

Úroveň výživy rostlin dusíkem se hodnotila přímo podle originálu koncentračních křivek pro různé výnosové hladiny (Baier a Baierová, 1987), kde na ose x je vynesena sušina 1 rostliny v logaritmickém měřítku a na ose y obsah živin – dusíku v aritmetickém měřítku. Zjištěné modelové výnosy ve fenofázi BBCH 31 a BBCH 65 byly porovnány se skutečně dosaženými sklizňovými výnosy a posouzena vhodnost použití této diagnostické metody. Vyhodnocení vztahu mezi výživářským modelovým výnosem a sklizňovým výnosem bylo provedeno metodou experimentálně statistických výpočtů korelace a regrese pomocí grafů software Microsoft Excel 2003. Posouzen byl také vliv průběhu počasí na výživný stav rostlin.

Úroveň výživy rostlin brambor byla vyhodnocena podle Čepla a Vokála (1995), kteří koncentraci dusíku v sušině rostlin promítli do Diagramu pro vyhodnocení výsledku ARR u brambor. V tomto diagramu se uvažuje s koncentrací dusíku v sušině čtvrtých (středních) listů (osa x) a s koncentrací fosforu (osa y). Tyto dvě živiny spolu korespondují v určitém poměru, poměru N/P pak v diagramu odpovídá jedna z 5 oblastí naživení. Tyto oblasti naživení porostu dusíkem charakterizují možnost kumulace nitrátů v hlízách, tím indikují potřebu dohnojení nebo naopak nadbytek dusíku ve výživě. Dále byly při posuzování vhodnosti použití diagnostické metody – diagramu pro vyhodnocení ARR brambor stanoveny možnosti kritéria minimální úrovně výživy dusíkem a fosforem ve čtvrtých listech (listy středního patra) pro efektivní výnos konzumních 40 t/ha či výše, který byl v minulosti z pohledu legislativy, zejména při nedostatečné výživě fosforem již rizikový pro možnost nadměrné kumulace nitrátů, zejména u méně olistěných odrůd. Posouzen byl také vliv počasí na výživu dusíkem.

4.4.1 Kritéria hodnocení výsledků rozborů půd na minerální dusík pro monitorování

Zásoba minerálního dusíku ($N_{min.}$), respektive dusíku přijatelného rostlinami byla zjišťována odběrem vzorků zeminy, o čemž je pojednáno v předcházejícím kapitole 4.3.1. Výsledek analýzy obsahu $N_{min.}$ ve vzorku zeminy byl klasifikován do těchto kritérií:

Tab. č. 14 Kritéria hodnocení obsahu $N_{min.}$ v půdě (Baier a kol., 1988)

Obsah		Hodnocení	Označení
do 5 mg N/kg	zeminy při 100 % sušině	velmi malá	VM
5 až 10 mg N/kg	zeminy při 100 % sušině	malá	M
10 až 20 mg N/kg	zeminy při 100 % sušině	střední	S
20 až 40 mg N/kg	zeminy při 100 % sušině	dobrá	D
nad 40 mg N/kg	zeminy při 100 % sušině	velmi dobrá	VD

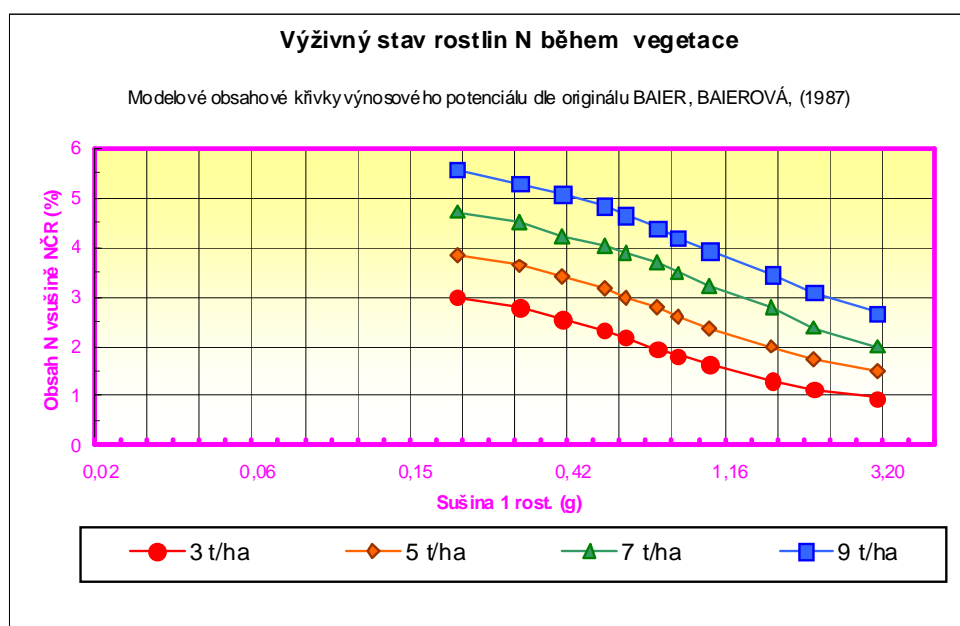
Přepočet obsahu $N_{min.}$ v půdě na zásobu $N_{min.}$ v kg/ha byl proveden podle stechiometrického výpočtu, který je uveden příloze č. 4.

4.4.2 Vyhodnocení výživného stavu rostlin ozimé pšenice dusíkem

Vyhodnocení výsledků laboratorních analýz celých nadzemních částí rostlin ozimé pšenice podle kritérií modelu vývoje výživného stavu rostlin pšenice pro různé hladiny výnosu sestavený Baierem a Baierovou (1987), na základě znalosti sušiny 1 rostliny (v g) a na znalosti obsahu dusíku (% $N_{tot.}$) v sušině nadzemních částí (tj. stéblo, listy, klas) zjištěných laboratorní analýzou určitého počtu rostlin ve vzorku.

Graf č. 3: Modelové koncentrační křivky výnosového potenciálu

(Baier a Baierová, 1987)



Zdroj: Archiv firmy AGROEKO Žamberk spol. s r.o., pracovní hypotéza používaná při diagnostice výživy rostlin ozimé pšenice, upraveno podle originálu Baiera a Baierové (1987).

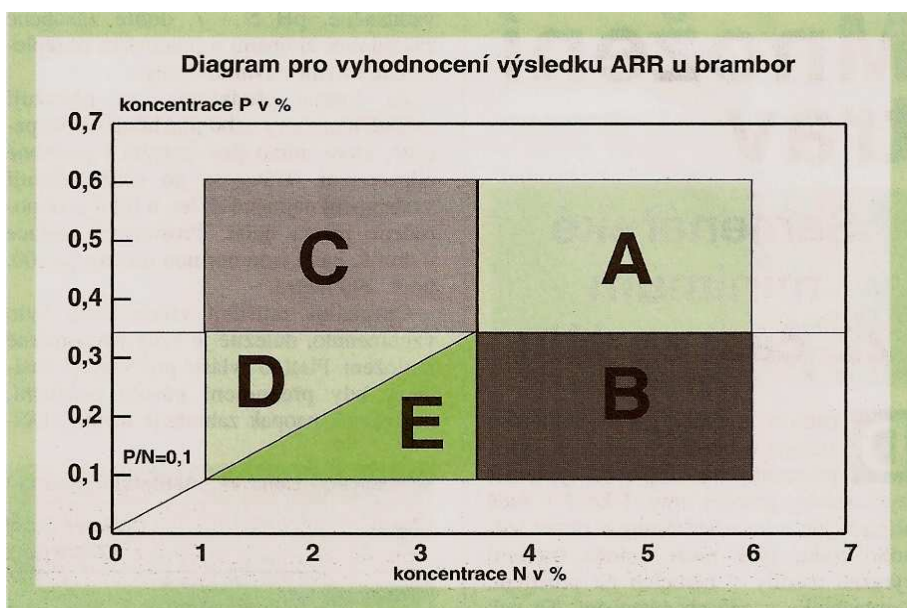
4.4.3 Vyhodnocení výživného stavu rostlin konzumních brambor dusíkem

Vyhodnocení výsledků laboratorních analýz rané (označení R) odrůdy brambor podle Čepla a Vokála (1995) a Vokála a kol. (2000) bylo provedeno na základě znalosti procentického obsahu dusíku a procentického obsahu fosforu v sušině rostlin, respektive v sušině diagnostikovaného orgánu reprezentativního počtu čtvrtých (středních) listů brambor ve vzorku.

V níže uvedeném diagramu (obr. č. 4) pro vyhodnocení výživy brambor podle Čepla a Vokála (1995) je nutné znát mimo koncentraci dusíku v sušině čtvrtých listů (osa x) i koncentraci fosforu v sušině čtvrtých listů (osa y), tyto dvě živiny spolu korespondují v určitém poměru, a tomuto poměru N/P pak v diagramu odpovídá jedna z 5 oblastí označených A, B, C, D a E. Tyto oblasti naživení porostu dusíkem v kontextu s naživením fosforem charakterizují možnost kumulace nitrátů v hlízách, tím se indikuje potřeba dohnojení dusíkem, či naopak nadbytek dusíku ve výživě. Podrobnou charakteristiku oblastí výživného stavu brambor dusíkem a navazující korekční opatření ve výživě uvádí níže tabulka č. 15.

Přihnojování N podle vzájemného vztahu N a P vneseného do diagramu umožňuje určit charakteristiku stavu porostu a navazující opatření (Vokál a kol., 2000).

Obr. č. 4: Diagram pro vyhodnocení výsledků analýz středních listů brambor



Zdroj: Čepl a Vokál (1995)

Tab. č. 15: Klasifikace výživného podle diagramu a navazující opatření

(Vokál a kol., 2000)

Oblast A	Charakterizuje dobrý až vysoký obsah dusíku s odpovídajícím množstvím fosforu. Existuje předpoklad vyšších výnosů s optimální hodnotou dusičnanů. Tento stav je dobrou výchozí pozicí pro využití listových hnojiv, které neřeší schodky ve výživě základních živin, ale zlepšují celkový stav porostů.
Oblast B	Charakterizuje dobrý až vysoký obsah dusíku s nedostatečným obsahem fosforu. Existuje sice předpoklad vyššího výnosu, ale nedostatečný obsah fosforu rovněž signalizuje zvýšení nebezpečí nadměrné kumulace nitrátů.
Oblast C	Charakterizuje obecně nedostatek dusíku s dostatečným obsahem fosforu. V této situaci je velmi účelné provést přihnojení porostu roztokem močoviny v 9 % koncentraci a přihnojení zhruba po 10 dnech opakovat, protože předpoklad využití dusíku k tvorbě sušiny je vysoký.
Oblast D	Charakterizuje nedostatek dusíku a nedostatek fosforu, avšak obsah fosforu je vzhledem k vymezenému obsahu dusíku ještě na úrovni, kdy lze předpokládat úspěšnost zásahu přihnojení. Je doporučeno provést jedenkrát aplikaci roztoku močoviny v koncentraci 9 %.
Oblast E	Charakterizuje obecně nedostatek dusíku s nedostatkem fosforu. Přihnojením dusíkem ve formě močoviny lze dosáhnout zvýšení výnosu, avšak zároveň existuje nebezpečí kumulace dusičnanů.

5 VÝSLEDKY

Tato část práce zahrnuje výsledky měření, získané v rámci monitoringu obsahu minerálních forem dusíku v půdě a monitoringu výživného stavu rostlin pšenice a brambor na kontrolních stanovištích ve východočeském regionu v letech 2010 a 2011. Hodnocení monitoringu bylo zaměřeno na poznání vlivů počasí (ročníku), úrovně hnojení a plodiny na obsah $N_{\min.}$ v půdě a výživný stav rostlin N. Rovněž bylo hodnocení zaměřeno na posouzení vhodnosti využití diagnostických metod v kontextu s dosaženým výnosem hlavního produktu.

5.1 Sledování obsahu $N_{\min.}$ v půdě

Monitoring obsahu $N_{\min.}$ v půdě byl proveden za vegetace porostů ozimé pšenice a brambor ve dvou letech sledování, tj. za vegetace roku 2010 a 2011. Jednalo se o sledování obsahu $N_{\min.}$ v ornici (0 – 30 cm) v celkem 16 porostech v roce 2010 a v 17 porostech v roce 2011. Stanoviště ozimé pšenice byly rozděleny do dvou oblastí pěstování, tj. oblast příznivými podmínkami pro pěstování (Hradce Králové – HK) a okrajová oblast (Ústí nad Orlicí – ÚO a Rychnov nad Kněžnou – RK) pěstování ozimé pšenice za účelem dosažení potravinářské jakosti. Stanoviště konzumních brambor se nacházely v oblasti ÚO, která je pro pěstování brambor specifická, v roce 2011 byl monitoring obohacen také o lokalitu v teplé oblasti na hnědozemích (Mžany). Monitoringem bylo zjištěno, že celková dynamika $N_{\min.}$ v půdě, kterou znázorňují grafy č. 4 až č. 9. byla ovlivněna formou, dávkou hnojiva při přihnojování porostů během vegetace a intenzitou mineralizace organické hmoty v půdě, např. posklizňových zbytků předplodiny, nebo přímo aplikovaných statkových hnojiv.

5.1.1 Dynamika obsahu $N_{\min.}$ v půdě za vegetace 2010

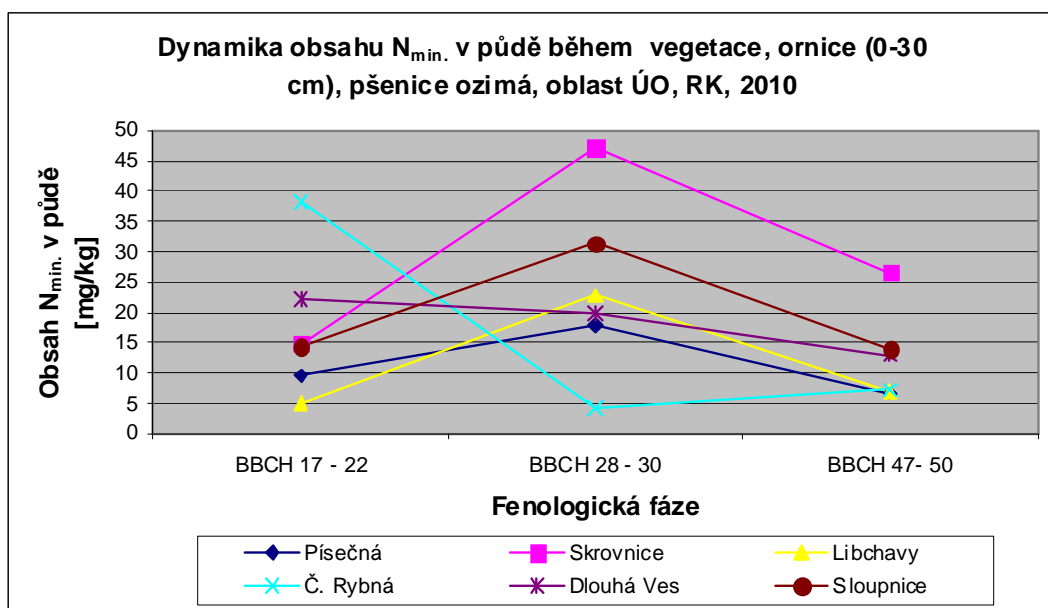
Změny v obsahu minerálních forem dusíku ($N_{\min.}$) v půdě v chladnější oblasti pěstování ozimé pšenice (ÚO a RK) s méně produkčními půdami ukazuje graf č. 4. V předjaří byly odebrány první vzorky zeminy dne 29.3. a zásoby $N_{\min.}$ byly hodnoceny podle kritérií Baiera a kol. (1988) po zimě jako malé až střední. Pouze stanoviště Česká Rybná vykazovalo velmi dobrou zásobu, která již byla ovlivněna brzkým regeneračním přihnojením v předjaří v dávce 54 kg N/ha ve hnojivu LAD 27. Na stanovišti v Písečné byl použit hnůj skotu na podzim před založením porostu v dávce 30 t/ha, na tomto stanovišti se nachází hlinitopísčité až písčité svrchní červená jalovina permských sedimentů, což je půda, která se vyznačuje promyvným režimem. Hnůj jako zdroj dusíku mineralizace v nástupu vegetace zabezpečil disponibilní zásobu $N_{\min.}$ téměř 10 mg/kg zeminy (ca. 40 kg N/ha), což odpovídalo malé

zásobě podle kritérií Baiera a kol. (1988). Stanoviště Skrovnice, kde byla použita pro regenerační přihnojení kejda skotu v dávce 15 t/ha při aplikaci systémem vlečných hadic, vykazovala po tomto vnesení ca. 60 kg N/ha dominantně nejvyšší obsah N_{\min} v půdě ještě v období hmatatelného 1. kolénka, ve srovnání s minerálně přihnojenými stanovišti. Ostatní stanoviště byly přihnojeny ve stejné růstové fázi minerálními dusíkatými hnojivy v dávce 52 – 54 kg N/ha, z nichž nejvyšší obsah N_{\min} v období 1. kolénka (BBCH 30 – 31) byl zjištěn ve Sloupnici, kde byl porost ozimé pšenice založen po zadiskovaném obrostu kvalitního porostu jetele lučního. V období tvorby 1. kolénka (BBCH 30) byla zjištěna nejnižší zásoba (malá) N_{\min} v půdě na stanovišti Česká Rybná, úbytek oproti stavu v počátku odnožování činil o 33,84 mg/kg. Mírný úbytek obsahu N_{\min} byl zjištěn také v Dlouhé Vsi po aplikaci produkční dávky 40,5 kg N/ha v LAV 27. V období počátku metání (BBCH 47 – 50) byly zjištěny velmi dobré obsahy N_{\min} obdobně jako v období 1. kolénka na stanovišti ve Skrovnici, kde stále mohla probíhat mineralizace organické složky kejdy v půdě spolu s možností priming efektu mineralizace vyvolaného dalším přihnojením minerálními hnojivy (DAM 390, LAV 27). Na ostatních stanovištích obsahovaly půdy v období počátku metání malé až střední zásoby N_{\min} a ve většině případů bylo v této době kvalitativní přihnojení již ukončeno.

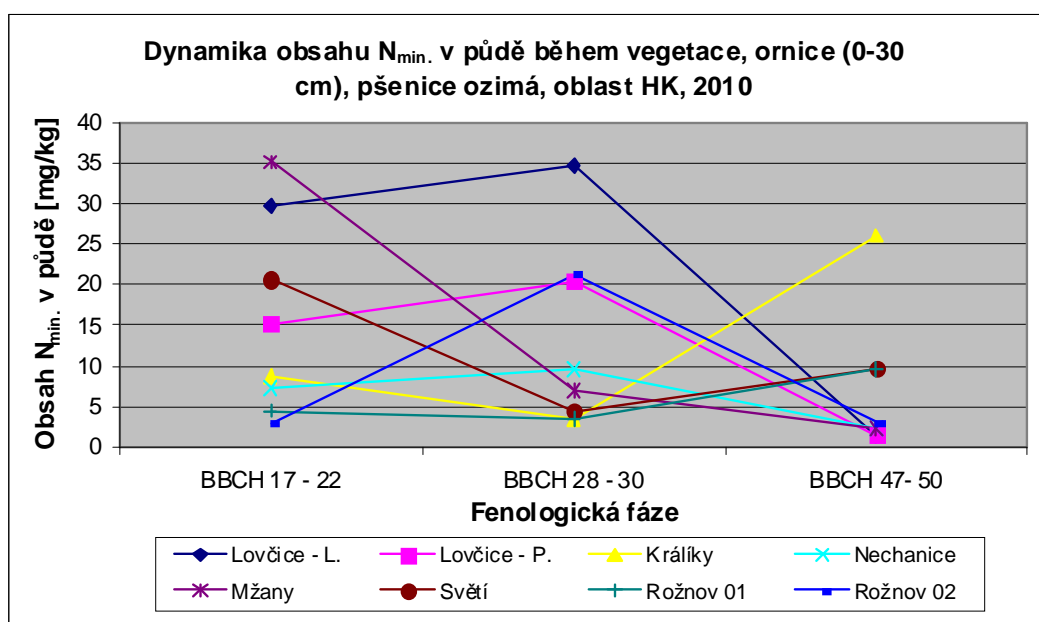
Graf č. 5 ukazuje dynamiku N_{\min} v půdě v teplejší oblasti pěstování pšenice ozimé. Porosty již byly bez sněhové pokrývky, a tak ve většině případů již časně v předjaří byly přihnojovány dusíkem, ve všech případech pouze minerálně v dávce 54 – 65 kg N/ha. Po tomto hnojení byly zjištěny střední až dobré zásoby N_{\min} v půdě na počátku jarní vegetace. V případě Králík, Nechanic, Rožnovu 01 a Rožnovu 02 byla zjištěna malá zásoba, porosty byly těsně po, nebo ještě před regeneračním hnojením. Přihnojení v období 1. kolénka (produkční přihnojení) zpravidla kapalnými dusíkatými hnojivy (DAM 390, SAM 24) přispělo ke střední až dobré zásobě N_{\min} v půdě pouze na obou stanovištích Lovčicích a v Rožnově 02, na ostatních stanovištích došlo ke značnému snížení obsahu N_{\min} na hodnoty pod 10 mg/kg, tj. malá zásoba. Obdobný stav byl zjištěn i po druhém produkčním, respektive časném kvalitativním přihnojení na počátku metání kapalnými dusíkatými hnojivy (DAM, SAM) i při dávkách 78 kg N/ha. Byla zjištěna výrazná změna v Králíkách, kde se zvýšil obsah N_{\min} v půdě na střední zásobu, a to po přihnojení DAM 390 v dávce 40 kg N/ha v období metání (celkem doposud aplikováno 118 kg N/ha při produkčním a kvalitativním přihnojení). Mírné zvýšení obsahu N_{\min} po přihnojení v metání bylo zjištěno v Rožnově 01 a Světí, k dispozici v půdě bylo přibližně 40 kg N/ha pro rostliny v období tvorby hmotnosti tisíce semen.

Dynamiku obsahu $N_{\min.}$ v půdě pod porosty brambor ukazuje níže graf č. 6. Na obou stanovištích byl aplikován na podzim po sklizni obilní předplodiny (tritikále ozimé) kvalitní hnůj skotu, v Žamberku v dávce 55 t/ha, v Klášterci n. O. v dávce 40 t/ha a následně zapraven střední orbou do půdy. Bylo zjištěno, že na obou stanovištích po zimě, respektive v období 1 – 2 týdnů před sázením (okolo 15. dubna) byla pouze malá zásoba $N_{\min.}$ v půdě (do 10 mg/kg). Po základním hnojení dusíkem do půdy určeného na základě výsledku analýzy $N_{\min.}$ před nebo při sázení, které obvykle následovalo do 5 dní po odběru vzorku, bylo zjištěno markantní navýšení obsahu $N_{\min.}$ v půdě, tj. z hodnoty malé zásoby (nejnižší stupeň) se za 6 – 7 týdnů zásoba navýšila na hodnotu velmi dobrou (nejvyšší stupeň). Po základním hnojení a nástupu mineralizace bylo na obou stanovištích dosaženo obdobné výše obsahu $N_{\min.}$ v půdě, tj. okolo 50 mg/kg (200 kg N/ha) v období počátku prodlužovacího růstu brambor (BBA 31), kdy jsou již vyvinuty kořeny a začíná odběr živin pro růst nadzemní části. Na stanovišti Žamberk byla uplatněna základní dávka dusíku 132 kg N/ha (120 kg N/ha v močovině a 12 kg N/ha v Amofosu), aplikovaná plošně 1 týden před sázením. V Klášterci n. O. bylo obdobně aplikováno 94,5 kg N/ha v LAD 27. V Žamberku bylo zjištěno, že aplikovaná dávka 132 kg N/ha před sázením v průběhu 5 týdnů (4 týdnů vegetace = plné vzejití porostu) po aplikaci zvýšila obsah $N_{\min.}$ až 5,6x, ovšem s určitým podílem k nástupu mineralizace 55 t/ha hnoje aplikovaného na podzim. V případě Klášterce n.O. po aplikaci 94,5 kg N/ha v LAD 27 za 5 týdnů se zvýšil obsah $N_{\min.}$ v půdě téměř 6,1x, zde tedy oproti Žamberku s větším podílem dusíku mineralizace (40 t/ha hnoje skotu). S nástupem období tvorby pupat – fáze BBA 51 – 52, kdy začíná dorůstání a nasazování dalších hlíz na stolonech, a tím předpoklad zvýšeného odběru živin, byl patrný mírný pokles $N_{\min.}$ pouze v Žamberku. V Klášterci n. O. se ukazovalo, že nedocházelo k odběru živin rostlinami, mineralizace $N_{\min.}$ byla intenzivnější, než odběr dusíku rostlinami na výstavbu nové biomasy až do období kvetení (BBA 65). V dlouhodobém monitoringu $N_{\min.}$ až do sklizně, který probíhal jen v Žamberku byl zjištěn významný pokles $N_{\min.}$ ca. 2 týdny po odkvětu, tzn. přibližně ve fázi BBA 71 (nasazování bobulí) na střední zásobu, tj. 20 mg/kg (rezidua přibližně 80 kg N/ha).

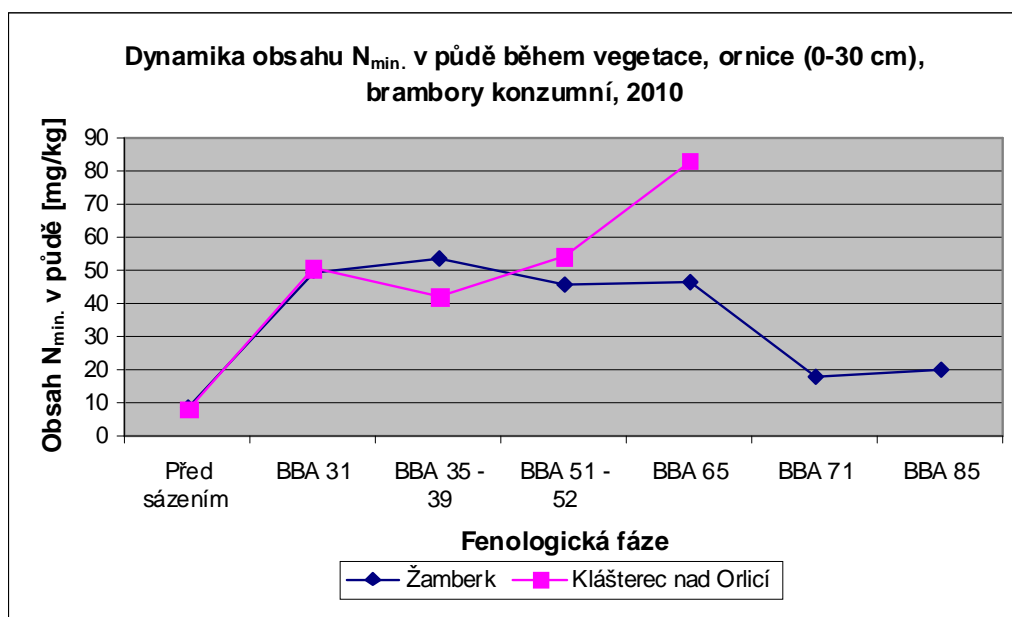
Graf č. 4: Dynamika obsahu $N_{min.}$ v půdě pod pšenicí ozimou (ÚO, RK, 2010)



Graf č. 5: Dynamika obsahu $N_{min.}$ v půdě pod pšenicí ozimou (HK, 2010)



Graf č. 6: Dynamika obsahu N_{\min} v půdě pod bramborami (ÚO, 2010)



5.1.2 Dynamika obsahu N_{\min} v půdě za vegetace 2011

Obdobně jako v roce 2010 probíhal monitoring v roce 2011. První odběr vzorků zemín na obsah N_{\min} v půdě byl proveden 28.3. a v tento den byly porosty ve fázích BBCH 17 – 22 (odnožování). Celkově bylo zjištěno, že rok 2011 se vyznačoval z pohledu tvorby N_{\min} a jeho dynamiky během vegetace vyššími obsahy N_{\min} v půdě, na Královéhradecku nebylo výjimkou, že obsahy dosahovaly zásoby velmi dobré.

Graf č. 7 znázorňuje rozdílné obsahy N_{\min} v půdě na počátku jarní vegetace. Byla zjištěna velmi dobrá zásoba N_{\min} v půdě na stanovišti Kameničná, kde byla na ke konci podzimu aplikována kejda prasat po odvozu řepkové slámy v dávce 12,5 t/ha a následně zapravena radličkovým kypřením. Ve Sloupnici byla zasetá pšenice po hrachu na semeno, kde sláma byla po sklizni ponechána a byla zde zjištěna dobrá zásoba N_{\min} v ornici (30,67 mg/kg, přibližně 120 kg N/ha) na počátku vegetace. Obdobně vliv leguminózy byl zjištěn i na chudším stanovišti ve Skrovnici, kde byl porost ozimé pšenice založen po obrostu kvalitního porostu jetele lučního. Byla zde zjištěna střední zásoba N_{\min} a na základě toho následovala korekce, tj. aplikace nižší regenerační dávky (40,5 kg N/ha), než na ostatních stanovištích po obilnině a řepce. Porost v Lukavici byl založen bez organického hnojení a po méně vhodné předplodině pšenici ozimé, přesto byla zjištěna dobrá zásoba N_{\min} v půdě. V tomto případě ovšem bylo zjištěno, že tomu tak bylo z důvodu brzkého regeneračního přihnojení v předjaří, tedy zde byl proveden méně vhodný rozbor po přihnojení. V Písečné byl aplikován na podzim hnůj v dávce 30 t/ha a zjara se dostavila mírná mineralizace, zásoba N_{\min} byla střední, a po

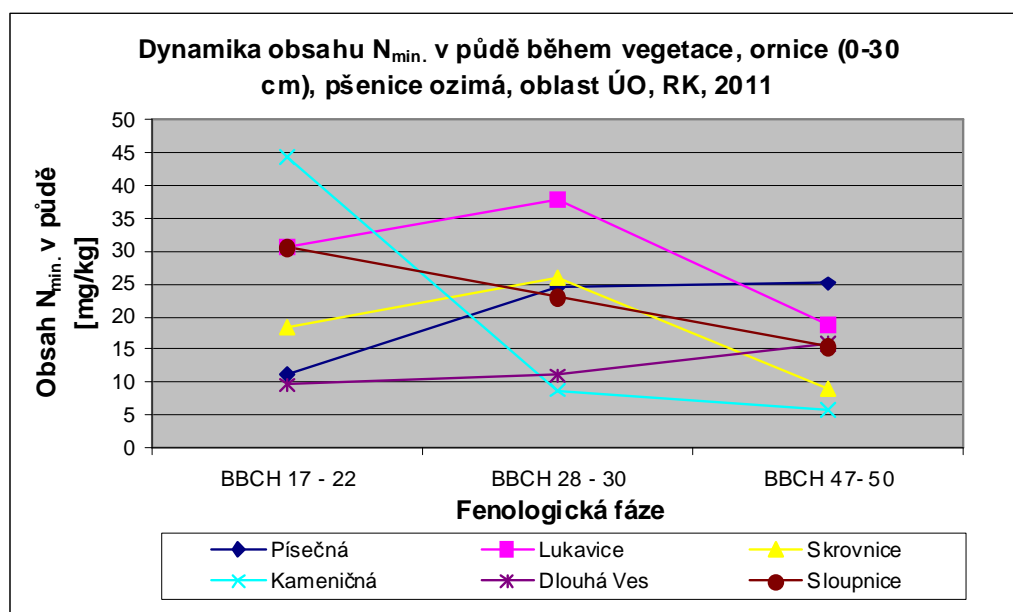
této korekci činila dávka regeneračního hnojení 54 kg N/ha. Obdobně tak bylo zjištěno v Dlouhé Vsi. V období počátku tvorby 1. kolénka (BBCH 30) byl zjištěn markantní pokles obsahu $N_{\min.}$ v půdě na stanovišti Kameničná, (po aplikaci kejdy na podzim). Následná dávka 54 kg N/ha aplikovaná v DAM 390 na porost klasickými tryskami, již dusík do půdy nedodala, zásoba klesala a dále v metání byla zjištěna již jen velmi malá. Druhý nejnižší obsah $N_{\min.}$ ve fázi BBCH 28 – 30 byl zjištěn v Dlouhé Vsi, v porostu po kukuřici na siláž, kde bylo regeneračně a produkčně hnojeno pouze po 40,5 kg N/ha, ovšem v LAD 27, který je ve formě granulí a na povrch půdy dopadnul, ale přesto obsah $N_{\min.}$ stagnoval. Ve Sloupnici po hrachu, klesl ve fázi BBCH 28 – 30 obsah $N_{\min.}$ v půdě, dusík mineralizace hrachové slámy byl odebrán rostlinami, a následně bylo zjištěno, že aplikací DAM 390 v BBCH 30 v dávce 78 kg N/ha se obsah $N_{\min.}$ v půdě zvýšil obdobně jako v Kameničné zcela nepatrně. Ve fázi BBCH 28 – 30 bylo zjištěno zvýšení obsahu $N_{\min.}$ v Lukavici nad 35 mg/kg, a to ještě před aplikací produkčního hnojení (na pozemku aplikován hnůj k předplodině). Ve Skrovnici byla produkční dávka dusíku uhrazena kejdou skotu v dávce přibližně 19 t/ha (75 kg N/ha) a po tomto hnojení byla zvýšena zásoba $N_{\min.}$ ze střední na dobrou. V metání obsahy $N_{\min.}$ rapidně poklesly na zásobu malou až střední u všech stanovišť, vyjma hnojem hnojeného v Písečné, kde mohlo dojít k intenzivnější mineralizaci a zásoba v metání činila 25 mg/kg (přibližně 100 kg N/ha).

Monitoring obsahu $N_{\min.}$ v půdě v oblasti Královéhradecka vystihuje graf č. 8, kde byl zjištěn v období nástupu vegetace po zimě extrémě vysoký obsah $N_{\min.}$ (111,82 mg/kg, tj. přibližně 445 kg N/ha) na stanovišti Lovčice – Černá, kde byl porost založen v pozdějším agrotechnickém termínu po sklizni cukrovky. Chrást cukrovky byl zapraven do půdy střední orbou. Na ostatních stanovištích byly zjištěny také vyšší obsahy $N_{\min.}$ v půdě, zásoba byla střední až velmi dobrá, oproti v oblasti chladnější. Bylo patrné v období hmatatelného 1. kolénka, že se rapidně zvýšil obsah $N_{\min.}$ v půdě na stanovišti ve Mžanech, který byl založen po kvalitní vojtěšce s obrostem. Dále v období sloupkování byly zjištěny velmi dobré zásoby $N_{\min.}$ v půdě, velmi vysokých hodnot dosahovalo stanoviště Králíky (přes 140 mg/kg), kde bylo přihnojeno regeneračně LAV 27 v dávce 67,5 kg N/ha, produkčně v dávce 78 kg N/ha v DAM 390. V období nástupu metání (BBCH 47 – 50) byly zjištěny v 5 případech ještě velmi dobré zásoby $N_{\min.}$ (>40 mg/kg), stanoviště Rožnov, Libčany a Světí vykazovaly již zásobu malou až střední.

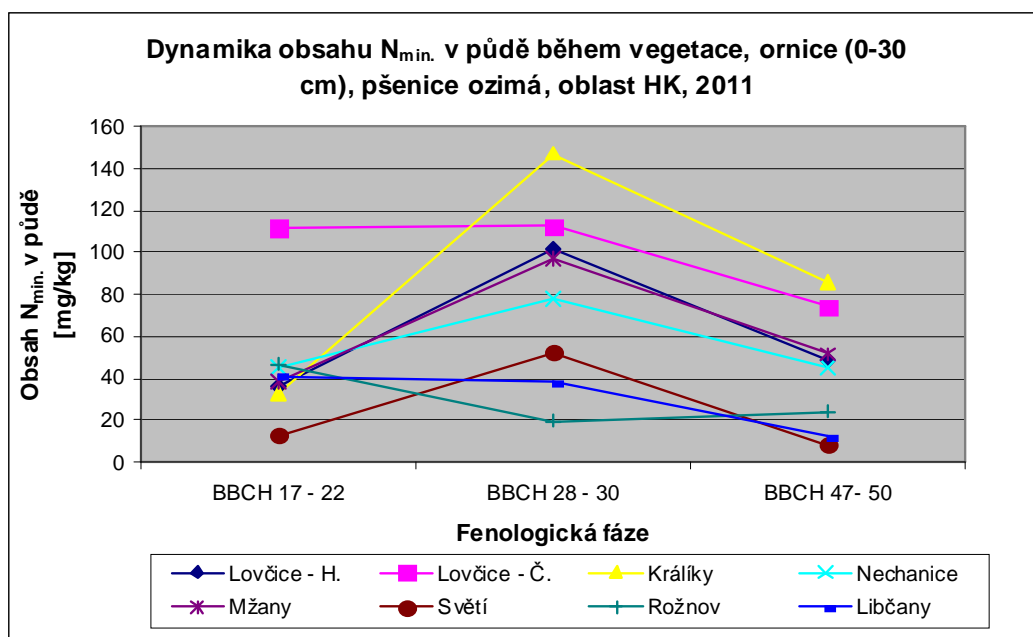
Změny v obsahu $N_{\min.}$ v půdě pod porosty brambor v roce 2011 ukazuje graf č. 9, kde byl obohacen monitoring o stanoviště v teplejší oblasti s hnědozemí ve Mžanech. Podobně jako v roce 2010 byl odběr vzorků zemin proveden kolem 15. dubna. To bylo provedeno 1 – 2

týdny před výsadbou pro určení dávky základního hnojení dusíkem. Stanoviště ve Mžanech vykazovalo velmi dobrou zásobu $N_{min.}$ v půdě, která byla zjištěna také v tomto časovém období i u začínající vegetace ozimých pšenic. Tento porost brambor nebyl, oproti ostatním standardně hnojen organicky, nýbrž byl založen po ozimé pšenici se zaorávkou slámy s vyrovnávací dávkou dusíku. Před sázením, po analýze $N_{min.}$, byla aplikována plošně dávka 115 kg N/ha v močovíně, která se podílela na velmi dobré zásobě $N_{min.}$ v půdě až do fáze tvorby pupat (BBA 51 – 52). V chladnější oblasti Ústeckoorlicka vykazovaly první jarní analýzy půdy na obsah $N_{min.}$ téměř dvojnásobné hodnoty oproti roku 2010, přesto byla zjištěna na těchto organicky hnojených stanovištích zásoba pouze střední ve srovnání se Mžany. Organické hnojení na podzim v Žamberku bylo uhrazeno hnojem skotu v dávce 55 t/ha a v Klášterci n. O. v dávce 40 t/ha. Před sázením bylo aplikováno plošně v Žamberku 120 kg N/ha v močovíně a 18 kg N/ha v Polidapu, na stanovišti v Klášterci n. O. bylo aplikováno 81 kg N/ha v LAD 27. Ve fázi prodlužovacího růstu (BBA 35 – 39) byly zjištěny nejvyšší obsahy $N_{min.}$ v porostech brambor v chladnější oblasti pěstování. Dále bylo zjištěno, že se obsahy $N_{min.}$ úměrně snižovaly odběrem dusíku rostlinami podle nárůstu vegetace, přesto ve fázi tvorby pupat (BBA 51 – 52) byly zásoby $N_{min.}$ velmi dobré, v Klášterci n. O. a v Mžanech přesahovaly hodnoty hranici 80 mg/kg. V dlouhodobém sledování v Žamberku byl zjištěn významný pokles obsahu $N_{min.}$ až ve fázi BBA 83 (polovina listů zežloutlých), kdy rostlina začíná přirozeně odumírat, pokles se dostavil tedy později, než v roce 2010 (BBA 71).

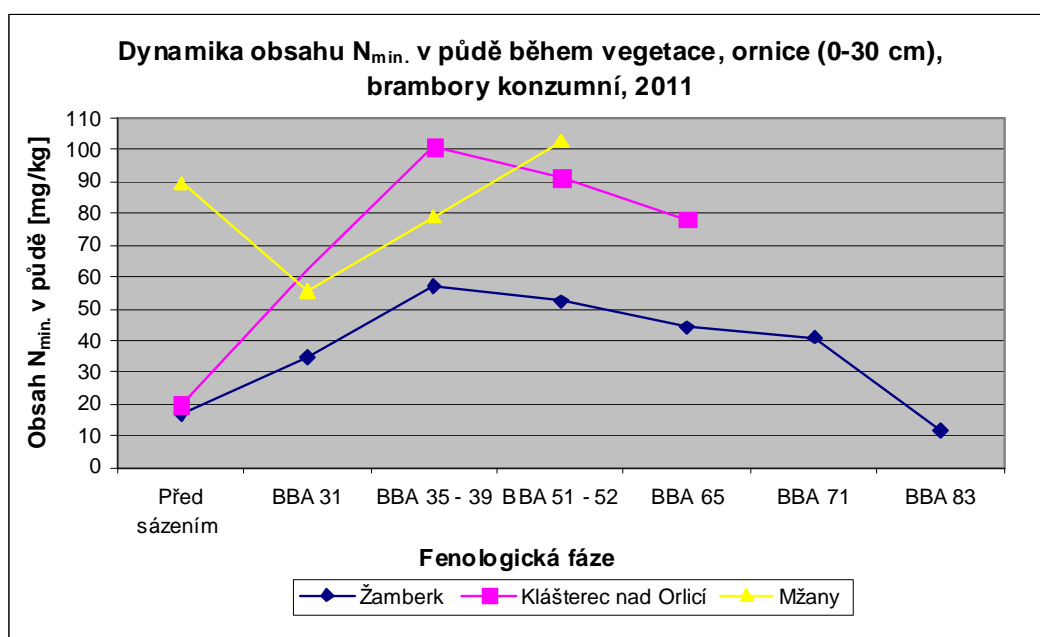
Graf č. 7: Dynamika obsahu $N_{min.}$ v půdě pod pšenicí ozimou (ÚO, RK, 2011)



Graf č. 8: Dynamika obsahu $N_{min.}$ v půdě pod pšenicí ozimou (HK, 2011)



Graf č. 9: Dynamika obsahu $N_{min.}$ v půdě pod bramborami (ÚO, HK, 2011)



5.2 Sledování výživného stavu rostlin dusíkem

Spolu s monitoringem obsahu $N_{min.}$ v půdě ve dvou letech sledování (2010, 2011) byl proveden monitoring výživného stavu rostlin dusíkem, jako limitujícím prvkem ve výživě rostlin, který především se podílí na utváření výnosotvorných prvků. V roce 2011 byly zjištěny extrémní obsahy $N_{min.}$ v půdě zejména v oblasti Královéhradecka, ze kterých mohly snadněji formovat výživné stavy rostlin dusíkem podle nárůstu sušiny za vegetace. Do grafů

koncentrace dusíku v sušině rostlin ozimé pšenice byla sušina vnesena v logaritmickém měřítku (v g), poněvadž nárůsty hodnot sušiny 1 rostliny jsou velmi nízké v první polovině vegetace a v obvyklém aritmetickém měřítku jsou graficky hůře čitelné. Odpovídající obsah N_{tot} v sušině byl uveden v aritmetickém měřítku (v %).

5.2.1 Dynamika výživného stavu rostlin dusíkem během vegetace 2010

Výživný stav rostlin během vegetace v okrajové oblasti pěstování ozimé pšenice, tj. v oblasti ÚO a RK uvádí graf č. 10. Bylo patrné, že obsah dusíku v sušině jedné rostliny je po dobu vegetace odlišný, respektive obsahy dusíku v sušině byly kolísavé. Tendence dynamiky během vegetace byla patrná, s nárůstem sušiny klesal obsah dusíku v rostlinách.

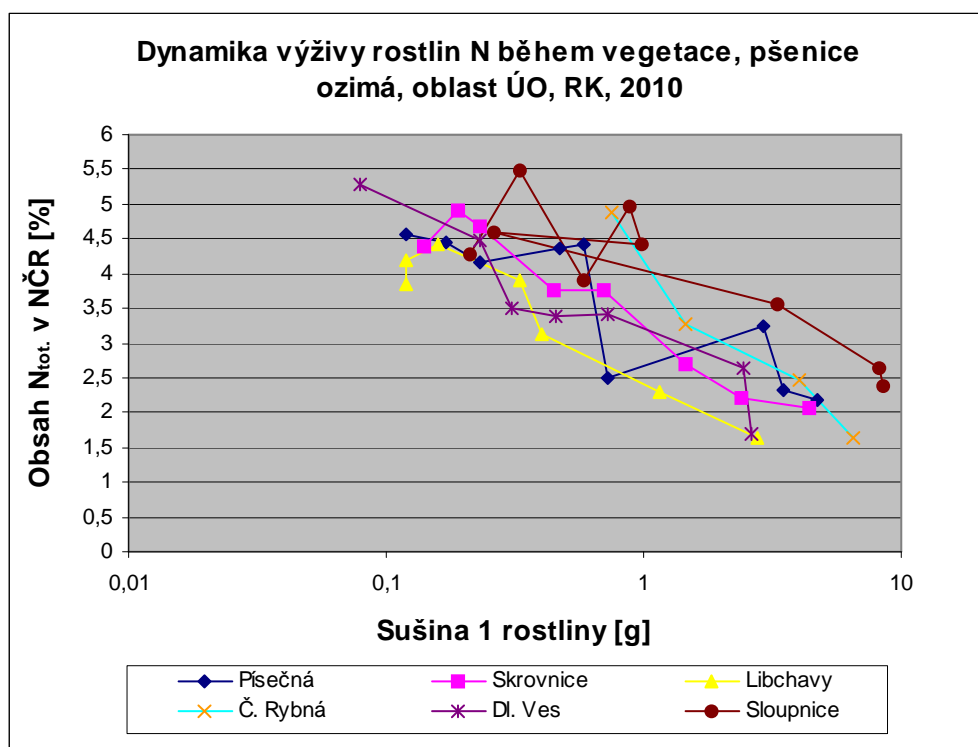
Nejvyšší obsah dusíku (N_{tot}) v sušině během celé vegetace byl zjištěn u ozimé pšenice na stanovišti ve Sloupnici, kde byl porost založen po předplodině kvalitním jeteli a celkově k němu bylo aplikováno 229 kg N/ha. Výživný stav po celou vegetaci odpovídal hranici 9 t/ha modelového výnosu podle koncentračních křivek, viz graf č. 3. Ostatní porosty dosahovaly hranice modelových výnosů v rozpětí 3 – 9 t/ha. K porostům bylo celkově po dobu vegetace aplikováno od 94,5 kg N/ha (Libchavy) do 229 kg N/ha (Sloupnice) s hlavním podílem minerálního hnojení dusíkem. Nejvyšší zásoby N_{min} v půdě byly ve fázi BBCH 28 – 31, kdy bylo zpravidla provedeno produkční přihnojení porostů. Bylo zjištěno, že na odezvu dalšího přihnojení reagovaly zvýšením koncentrace dusíku v sušině a odpovídajícím nárůstem stanoviště ve Sloupnici a dále byl zjištěn vzestup sušiny a výživného stavu také v Písečné, kde byl na podzim aplikován hnůj a celkově 140,4 kg N/ha minerálně ve třech postupných dávkách. Většina ostatních stanovišť vykazovala snižující se tendenci výživného stavu a zvyšující tendenci nárůstu sušiny, a to bylo v kontextu se zředovací efektem. Sušina 1 rostliny byla zjištěna v období jarního odnožování (BBCH 21 – 24) v rozmezí 0,08 – 0,21 g, tomu odpovídala koncentrace dusíku v sušině v rozmezí 3,86 – 5,28 %. Dále během vegetace došlo k nárůstu sušiny rostlin, v období kvetení byla již v rozmezí 2,6 – 8,5 g, tomu odpovídala již nižší koncentrace dusíku v rozmezí 1,65 – 2,37 %. Sušina rostlin mezi fázemi BBCH 21 – 24 až BBCH 61 – 65 narůstala 33x – 40x, avšak tomu odpovídalo snížení koncentrace dusíku v sušině v průměru 2,2x.

Výživný stav rostlin v teplejší oblasti Královéhradecka znázorňuje graf č. 11 a byla zjištěna obdobná tendence jako v chladnější oblasti. Nejlepší výživný stav dusíkem byl zjištěn po celou vegetaci na stanovišti v Rožnově 02, kde byl porost založen pozdějším výsevem po zaorávce řepného chrástu. Celkově byla zjištěna výživa rostlin dusíkem na úrovni modelového výnosu 3 – 9 t/ha), a to ve většině případů až do fáze BBCH 37. Rapidní výkyv

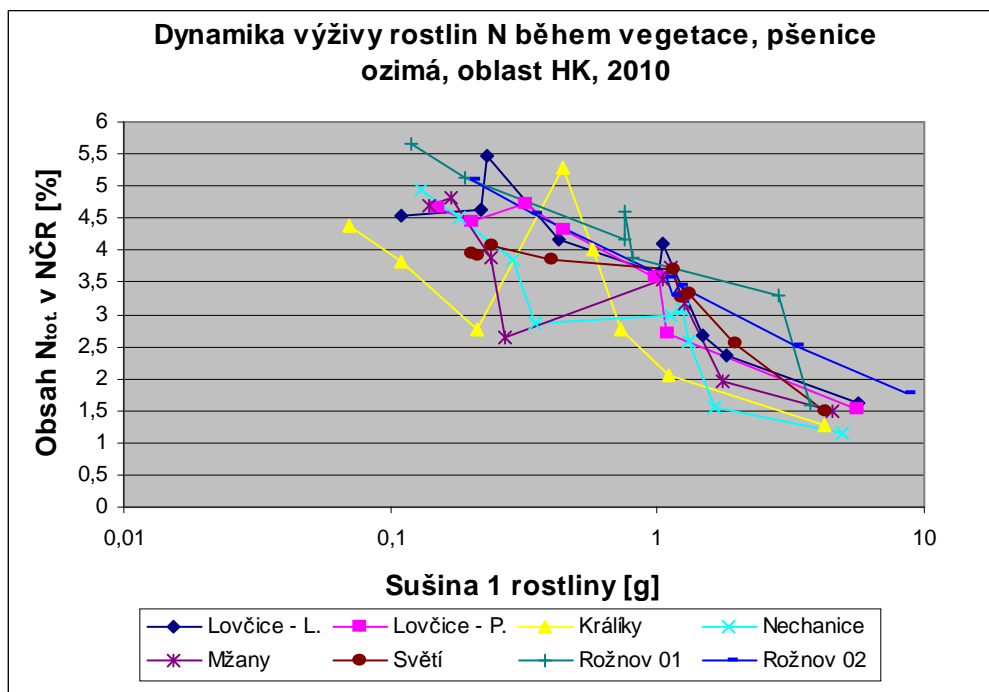
ve výživném stavu, respektive jeho strmý nárůst byl zjištěn v Králíkách u Nového Bydžova v období 1 týdne po produkčním přihnojení DAM 390 (78 kg N/ha). Přihnojení se podílelo na zvýšení naživení rostlin dusíkem. Později byl na všech stanovištích již zaznamenán pokles výživného stavu, tj. období počátku metání (BBCH 50), kromě Rožnova 01, kde došlo ke zvýšení obsahu $N_{\min.}$ v půdě na střední zásobu vlivem přihnojení. Pokles výživných stavů porostů korespondoval s poklesem obsah $N_{\min.}$ v půdě (zásoby velmi malé až malé). Výjimkou byl pouze porost na stanovišti v Králíkách, kde se po kvalitativním přihnojení DAM 390 (40 kg N/ha) rapidně zvýšil obsah $N_{\min.}$ v půdě z velmi malé na dobrou zásobu, ovšem zjištěný vyšší výživný stav po produkčním přihnojení nadále stagnoval a $N_{\min.}$ se podílel na výživě rostlin zcela nepatrně. Byla zjištěna vyšší sušina 1 rostliny v období kvetení (BBCH 65) oproti chladnější oblasti, poněvadž se pohybovala v rozmezí 3,74 – 8,57 g. Tomu odpovídal také výrazně nižší obsah dusíku ($N_{\text{tot.}}$), který se pohybovala v rozmezí 1,16 – 1,76 %.

Výživný stav rostlin dusíkem diagnostikovaný formou analýzy středních (čtvrtých) listů bramboru (30 – 50 ks) zjistitelných odpočtem od vrcholu, přičemž nevyvinuté listy se nepočítají, uvádí graf č. 12. V rámci pokusu byl proveden odběr vzorků a zjištěn výživný stavu dusíkem ve fázi BBA 35 – 39, BBA 52 – 61 a BBA 79 – 81. Obsah dusíku ($N_{\text{tot.}}$) v listech na stanovišti v Klášterci n. O. (po aplikaci 40 t/ha hnoje skotu) se zvyšoval s intenzitou mineralizace dusíku v půdě, která ve fázi BBA 51 zabezpečila velmi dobrou zásobu. Byl zjištěn pokles výživného stavu, respektive obsahu $N_{\text{tot.}}$ v listech středního patra, který byl patrný v fázi BBA 79 – 81, kdy sušina listů byla obdobná, ovšem dusík v sušině poklesl pod hranici obsahu 4 %, i přes stále se zvyšující obsah $N_{\min.}$ v půdě (v BBA 65 obsah 82,64 mg/kg). Výživný stav v Žamberku (na podzim 55 t/ha hnoje skotu) byl zjištěn zpočátku vegetace na vyšší úrovni, oproti Klášterci n. O. obsah dusíku v sušině ve fázích BBA 35 – 39 dosahoval téměř 5 %, což odpovídalo oblasti naživení B až B/A dle diagramu, viz obr. č. 4, což poukazovalo na dobrý až vysoký obsah dusíku s nedostatečným obsahem fosforu. Dále v období poupát, kdy se tvoří výnosotvorné prvky, byla zjištěna výživa dusíkem mírně nad úrovní 5 %, ovšem vlivem zředovacího efektu došlo ke snížení obsahu dusíku ve fázi BBA 79 – 81 neobvykle spolu se snížením sušiny středních listů. Ve fázi BBA 71 došlo mimo jiné již k rapidnímu poklesu $N_{\min.}$ v půdě a nadále bylo spočteno, že měly porosty k dispozici v období žloutnutí prvních listů (BBA 81) přibližně 70 kg N/ha.

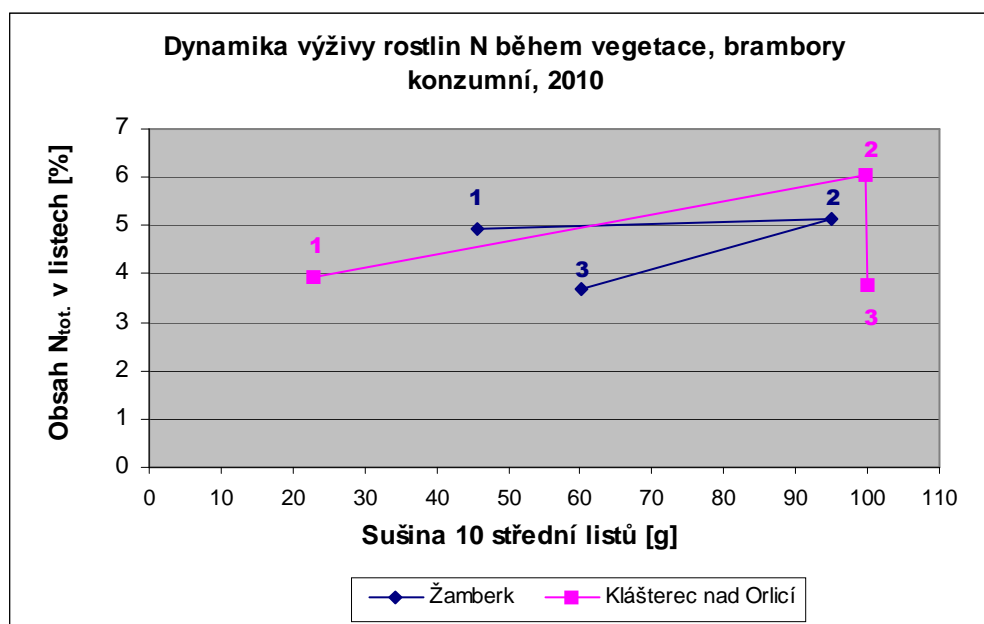
Graf č. 10: Dynamika výživného stavu pšenice ozimé N (ÚO, RK, 2010)



Graf č. 11: Dynamika výživného stavu pšenice ozimé N (HK, 2010)



Graf č. 12: Dynamika výživného stavu brambor N (ÚO, 2010)



Pozn.: 1 = první odběr vzorků v rozmezí fází BBA 35 – 39

2 = druhý odběr vzorků v rozmezí fází BBA 52 – 61

3 = třetí odběr vzorků v rozmezí fází BBA 79 – 81

5.2.2 Dynamika výživného stavu rostlin dusíkem během vegetace 2011

Výživa rostlin dusíkem v roce 2011 je znázorněna v grafu č. 13, kde chladnější oblasti pěstování bylo zjištěno, že v počátku vegetace (odnožování) byly obsahy dusíku, jako $N_{tot.} > 4\%$ v sušině 1 rostliny, která byla v průměru 0,1 g. Porosty v tuto dobu byly po ukončeném regeneračním přihnojení dusíkem obvykle v LAV v dávce kolem 50 kg N/ha. Dále byl zjištěn vyšší výživný stav po regeneračním a produkčním přihnojení (celkem 94,5 kg N/ha) na úrovni 7 – 9 t/ha podle modelového výnosu na stanovišti v Lukavici, které bylo na horší kambizemi bez organického hnojení. Tento porost byl vyrovnaný, vizuálně tmavě zelenomodré barvy, ovšem řídký po celou vegetaci. Rovněž byl zjištěn na stanovišti ozimé pšenice v Písečné po organickém hnojení hnojem skotu na podzim výživný stav na úrovni 7 t/ha v období sloupkování a dále pak až do metání. Bylo zde aplikováno až do fáze metání celkem 148,5 kg N/ha v LAD 27 a obsah $N_{min.}$ v půdě setrval na úrovni dobré zásoby. Stanoviště Kameničná, kde byla aplikována kejda skotu (12,5 t/ha) na podzim, vykazovalo zvýšení obsahu dusíku v sušině rostlin v období sloupkování (modelový výnos téměř 9 t/ha), dále však zásoba $N_{min.}$ prudce klesala až do metání, a s tím i výživný stav porostu dusíkem. Na stanovišti ve Sloupnici, kde předplodinou byl hrách na semeno, byla zjištěna vyšší úroveň výživného stavu dusíkem po produkčním přihnojení DAMem 390 (78 kg N/ha). Modelovou

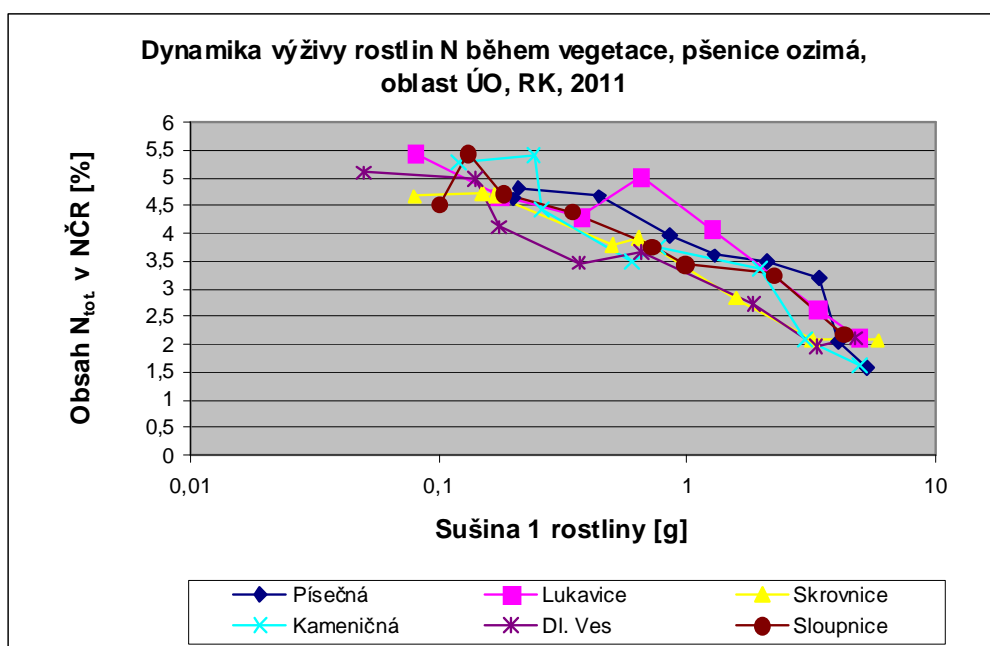
hranici výnosu 7 t/ha podle obsahu dusíku v sušině vykazovalo v období metání až kvetení, i přes nepříznivé beze srážkové počasí (lokálně červen jen 30 mm srážek) téměř celé portfolio stanovišť v oblasti, jen nižší naživení dusíkem v metání bylo zjištěno na stanovišti Kameničná, kde nebyla aplikována kvalitativní dávka dusíku, pouze přihnojení ve formě 5 % roztoku močoviny na list. Pokles výživného stavu spolu s nárůstem sušiny v období červnového sucha byl zaznamenán pouze na výsušném stanovišti v Písečné (červená jalovina na permských sedimentech), a to i přes dobrou zásobu $N_{\min.}$ v půdě.

Graf č. 14 znázorňuje průběh výživy rostlin ozimé pšenice v teplejší oblasti pěstování. S jarním nástupem vegetace, který zde začínal ca. o 14 dní dříve, než v oblasti ÚO a RK, byly zjištěny výživné stavy mírně nižší ve srovnání s grafem č. 11. Obsahy dusíku v sušině rostlin v odnožování byly často v rozpětí 3 – 5 %, nejnižší obsah 2,6 % byl u později setého porostu v Libčanech. Zde odběr dusíku porostem byl pomalejší a pro očekávaný nástup intenzivnějšího odběru byla aplikována regenerační dávka dusíku v LAS 24 (48 kg N/ha). Po regeneračním přihnojení bylo zjištěno, že reagoval na zvýšení výživného stavu nejvíce porost ve Mžanech, kde bylo aplikováno 54 kg N/ha v LAV 27, ovšem také porost byl založen po zlepšující předplodině vojtěšce. Na všech stanovištích v počátku sloupkování (BBCH 30) byly zjištěny výživné stavy rostlin na úrovni 5 – 9 t/ha modelového výnosu a následně v metání zřed'ovacím efektem živin začal klesat obsah dusíku v sušině. Porosty tedy dále vykazovaly úroveň naživení na 5 – 7 t/ha modelového výnosu. V metání byl zjištěn pokles koncentrace dusíku hlavně v Králíkách, kde úroveň výživy byla zjištěna na úrovni 3 – 5 t/ha. Sledované porosty vyjma Světí a Libčan měly k dispozici v půdě střední až velmi dobré zásoby $N_{\min.}$, které doposud zabezpečovaly naživení porostu na vyšší úrovni. Dále bylo zjištěno, že v Lovčicích – Hájku velmi dobrá zásoba $N_{\min.}$ v počátku metání, nekorespondovala s udržení, či zvýšením obsahu dusíku v rostlinách, výživný stav rostlin v květu se přibližoval k úrovni 5 t/ha modelového výnosu. Obdobný pokles výživného stavu v květu byl také na sousedním pozemku v Lovčicích – Černé. Na stanoviště ve Světí bylo zjištěno při střední zásobě $N_{\min.}$ v období květu (BBCH 61 – 65) zvýšení výživného stavu přesahující hranici modelového výnosu 9 t/ha, porost měl k dispozici celkem 204 kg N/ha.

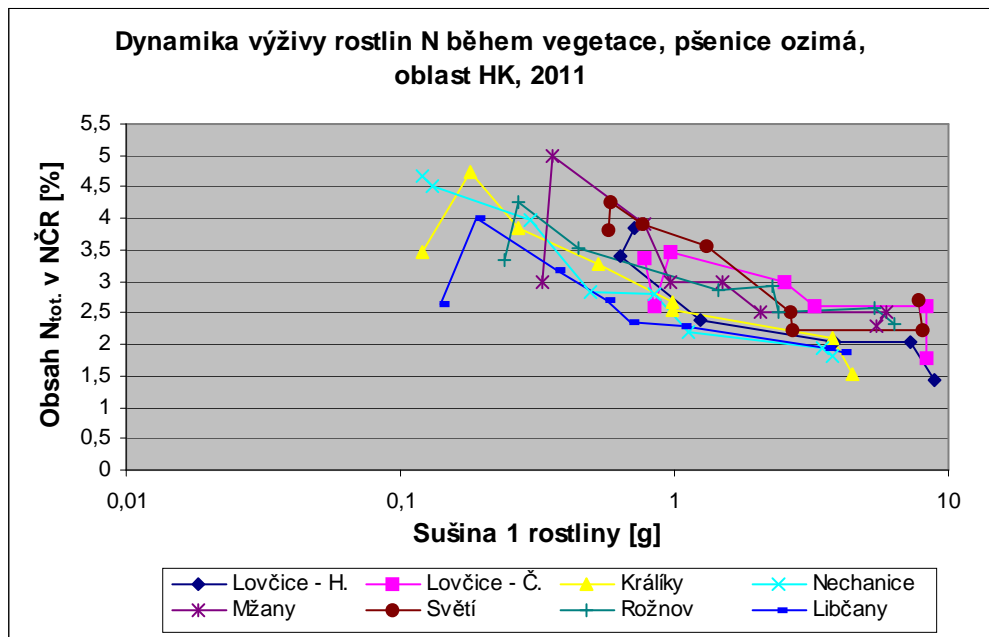
Dynamiku výživy brambor dusíkem uvádí graf č. 15, ve kterém se ukazuje, že stanoviště v Žamberku na počátku vegetace ve fázi BBA 35 – 39 mělo nejvyšší obsah dusíku (6,31 %) v sušině středních listů. Bylo zde aplikováno 138 kg N/ha v minerálních hnojivech před sázením a po 7 týdnech od aplikace byla zjištěna již výše zmíněná úroveň naživení porostu. Dále bylo zjištěno, že výživný stav spolu s úrovní výživy fosforem odpovídal oblasti A dle diagramu výživy, tj. dobrý až vysoký obsah dusíku s odpovídajícím množstvím fosforu.

Nadále bylo zjištěno, že obsah dusíku poklesl ve fázi BBA 51 – 52, s tím korespondoval i mírný pokles N_{\min} v půdě, ovšem porost byl stále naživený podle oblasti A diagramu. V období prožloutávání prvních listů (BBA 81) bylo zjištěno, že obsah dusíku v sušině poklesl až na hodnotu 2,95 %, ovšem poklesla také vlastní sušina 10 středních listů, obdobně jako roce 2010. Stanoviště v Klášterci n. O. vykazovalo v období tvorby pupat obsah dusíku nad úrovní 5 %, ještě vyšší obsah byl dále v období prožloutávání natě (5,74 %). Sušina 10 středních listů byla ovšem na rozdíl od ostatních stanovišť vyšší (250 g) v období prožloutávání prvních listů (BBA 81), než v období pupat (BBA 51 – 52). Stanoviště v teplé lokalitě Mžany nebylo hnojeno organicky, pouze minerálně před sázením 115 kg N/ha v močovíně. Bylo zjištěno, že obsah dusíku na počátku vegetace se pohyboval nad hranicí 5 % a spolu s poměrem k fosforu byl výživný stav klasifikovaný do oblasti A diagramu, tzn. obdobně jako v Žamberku. Tento trend výživy si porost udržel i v období pupat (BBA 51 – 52). V období prožloutávání natě byl však zjištěn pokles obsahu dusíku neobvykle spolu se sušinou 10 středních listů.

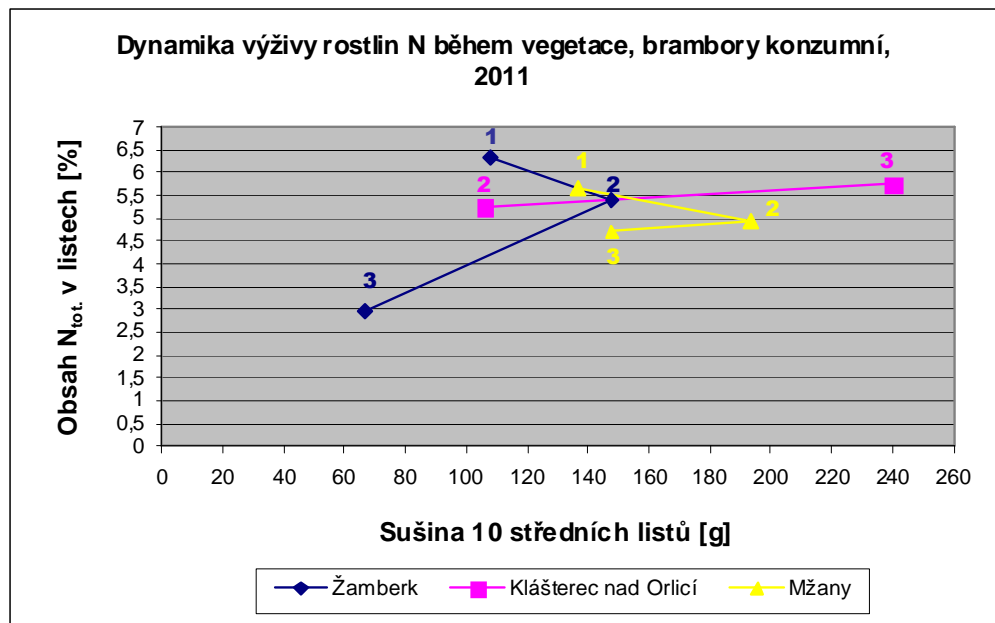
Graf č. 13: Dynamika výživného stavu pšenice ozimé N (ÚO, RK, 2011)



Graf č. 14: Dynamika výživného stavu pšenice ozimé N (HK, 2011)



Graf č. 15: Dynamika výživného stavu brambor N (ÚO, HK, 2011)



Pozn.: 1 = první odběr vzorků v rozmezí fází BBA 35 – 39

2 = druhý odběr vzorků v rozmezí fází BBA 52 – 61

3 = třetí odběr vzorků v rozmezí fází BBA 79 – 81

5.3 Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu rostlin N diagnostickými metodami

V této stati jsou uvedeny výsledky monitoringu mezi rozhodným obdobím (fáze BBCH 31 a BBCH 65), ve kterém v rámci jarní a letní vegetace největší měrou výživný stav rostlin ovlivňuje tvorbu výnosotvorných prvků. Monitoringem bylo zjištěno, že výživný stav rostlin byl závislý na hustotě porostu (počet klasů na ploše 1 m^2), dávce dusíku v hnojivech (aplikace celkem a z toho v organických a statkových hnojivech), které ovlivňovalo v půdním prostředí obsah $N_{\min.}$. V monitoringu byl poslední odběr vzorků zemin na obsah $N_{\min.}$ proveden ve fázi BBCH 47 – 50 (před a v počátku metání), tj. pro ověření potřeby kvalitativního přihnojení. Rovněž výživný stav bylo nutné vždy vztahovat k aktuálnímu nárůstu sušiny rostlin během vegetace, což bylo patrné v grafickém znázornění dynamiky výživy dusíkem, zpravidla výsledky poukazovaly na zředovací efekt živin, respektive úbytek dusíku v sušině rostlin s postupem vegetace.

5.3.1 Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu porostů N v roce 2010

Níže v tabulkách č. 15 a č. 16 jsou uvedeny výsledky monitoringu v rozhodných obdobích tvorby výnosu v roce 2010. Sledováním bylo zjištěno, že hustota porostu měla vliv na ukazatel výživného stavu vztahovaný na modelový výnos. Bylo zjištěno, že porost v Písečné byl řídký, měl pouze 349 klasů na ploše 1 m^2 ve fázi BBCH 65 a vykazoval výživný stav na úrovni 7,1 t/ha, kdežto skutečný výnos sklizně činil pouhých 3,8 t/ha. Obdobně porost ve Skrovnici vykazoval 538 klasů na 1 m^2 a výživný stav na 6,8 t/ha, ovšem skutečný výnos byl 5,4 t/ha. Oba porosty dosáhly průměrného počtu zrn v klase i HTS. Dále v Libchavách nebyl odebrán vzorek pro analýzu v květu, ale poukazuje na to, že při 460 klasech na 1 m^2 byl sklizňový výnos 5,4 t/ha. Naopak ve třech případech bylo zjištěno, že při počtu klasů nad 600 ks/m^2 odpovídal výživný stav na 6 – 7 t/ha modelového výnosu podle Baier a Baierové (1987), který ve sklizni byl překročen.

Vliv dávky na obsah $N_{\min.}$ v půdě ve fázi BBCH 31 a BBCH 47 – 50 v roce 2010 nebyl zjištěn nikterak výrazný. Bylo zjištěno, že obsah $N_{\min.}$ v půdě klesá, pokud převládá příjem živin rostlinami z půdy, především za dostatku vláhy. Bylo dále zjištěno, že obsah $N_{\min.}$ byl vyšší v těch případech, kdy převládalo období beze srážek, nebo tomu tak bylo těsně po přihnojení především granulovaným dusíkatým hnojivem, které dopadá na půdu. Z pohledu vývojového období vegetace byla zjištěna zásoba $N_{\min.}$ ve fázi BBCH 31 v 1 případě velmi dobrá, ve 6 případech dobrá, ve 2 případech střední, v 1 případě malá a ve 4 případech

velmi malá. Ve fázi BBCH 47 – 50 nebyla již zjištěna na žádném stanovišti velmi dobrá zásoba $N_{\min.}$ v půdě. V tomto období byly zjištěny zásoby: v 1 případě dobrá, ve 2 případech střední, ve 7 případech malá a ve 4 případech velmi malá.

Úroveň výživy ozimé pšenice byla vnesena do grafového diagramu koncentračních křivek pro různé výnosové hladiny ve fázi BBCH 31 a 65. Úroveň naživení porostu byla ovlivněna dávkou dusíku a schopností rostlin využít živiny z půdy. Jak již bylo uvedeno výše, řídké porosty vykazovaly značně vyšší výživné stavy na modelový výnos, než skutečně dosažený při sklizni v plné zralosti. Ve fázi BBCH 31 bylo dosaženo vyšších sklizňových výnosů, než uvádí výživný stav na modelový výnos. V průměru to bylo o 1,1 t/ha ve 4 případech, naopak nižších výnosů bylo dosaženo v průměru o 1,5 t/ha v 9 případech a srovnatelných výnosů s modelových naživení porostu dusíkem bylo dosaženo v 1 případě (6,8 t/ha, stanoviště Nechanice) z celkového počtu 14 stanovišť. Vyšších výnosů sklizně bylo zjištěno také v období květu (BBCH 65), kdy byl překonán modelový výnos podle výživného stavu v průměru o 1,6 t/ha, a to v 7 případech, naopak nižších výnosů, než udával model výživy bylo dosaženo v průměru o 0,8 t/ha v 5 případech a srovnatelných v 1 případě (6,5 t/ha), z celkového počtu 13 stanovišť. Na 6 stanovištích ze celkových 7 v teplé oblasti s hnědozemí na Královéhradecku byl dosažen vyšší sklizňový výnos, než uvádí jejich výživný stav podle modelového výnosu, pouze shodný výnos byl v Rožnově 02.

Porosty brambor v roce 2010 byly založeny sponem výsadby, kde odpovídaly počtu trsů v rozmezí 45 – 47 tis. ks/ha. Celková dávka dusíku v Žamberku činila téměř 224 kg N/ha, z toho 82,5 kg N/ha byla využitelná část z podzimní aplikace hnoje skotu v dávce 55 t/ha. Dávka dusíku v Klášterci nad Orlicí se skládala také z organického hnojení hnojem skotu na podzim v dávce 40 t/ha a následně 99,1 kg N v minerálních hnojivech před výsadbou. Bylo zjištěno, že obsah $N_{\min.}$ odpovídal mezi fázemi BBA 35 – BBA 61 velmi dobré zásobě na obou stanovištích, v Klášterci n. O. se dokonce zvýšil obsah ještě v období tvorby poupatek (BBA 51 – 52) na hodnotu 82,84 mg/kg, což představovalo v mělčí kambizemi přibližně zásobu 320 kg N/ha. V Žamberku byl hodnocen výživný stav (středních listů) ve fázi BBA 35 – 39 (prodlužování růst) na úrovni oblasti B až přechodu B/A dle diagramu výživy, viz obr. č. 4. To představuje oblast s dobrým až vysokým obsahem dusíku s nedostatečným obsahem fosforu. V období kvetení byl zjištěn poměr N/P ještě širší, stoupl obsah dusíku a klesl obsah fosforu. V Klášterci n. O. byl výživný stav dusíkem hodnocen do oblasti A v obou fázích odběru listů a výživa fosforem zde nebyla ve schodku. Bylo zjištěno, že vyšší úroveň výživného stavu dusíkem, i přes limitující výživu fosforem na počátku vegetace zabezpečila v Žamberku výnos >40 t/ha, při příznivé kvalitě hlíz.

Tab. č. 15: Hodnocení obsahu N_{\min} v půdě a výživného stavu ozimé pšenice N, oblast ÚO, RK, 2010

Stanoviště	Fenologická fáze	Počet klasů	Dodaný N (kg/ha)		N_{\min} v půdě		Obsah sušiny v rostlině (g)	Obsah N_{tot} v sušině (%)	Úroveň výživy N (t/ha)	Dosažený výnos (t/ha)
		ks/m ²	celkem (ve fenofázi)	z toho organicky	obsah (mg/kg)	zásoba				
Písečná	BBCH 31	-	153	45	17,98	S	0,47	4,35	6,8	3,8
	BBCH 65	349	185,4	45	6,70	M	4,74	2,19	7,1	
Skrovnice	BBCH 31	-	96,8	60	47,10	VD	0,70	3,77	6,9	5,9
	BBCH 65	534	129,2	60	26,62	D	4,42	2,08	6,8	
Libchavy	BBCH 31	-	94,5	0	22,83	D	0,40	3,13	4,8	5,4
	BBCH 65	460	94,5	0	6,96	M	-	-	-	
Č. Rybná	BBCH 31	-	108	0	4,25	VM	0,75	4,87	8,8	6,1
	BBCH 65	550	134	0	7,17	M	3,99	1,65	7,0	
Dlouhá Ves	BBCH 31	-	94,5	0	19,73	S	0,31	3,50	5,0	6,7
	BBCH 65	568	135	0	12,94	S	2,60	1,68	4,9	
Sloupnice	BBCH 31	-	190	60	31,42	D	0,99	4,43	8,8	7,8
	BBCH 65	697	229	60	14,01	S	8,50	2,37	7,1	

Pozn.: Odběr vzorků zeminy pro analýzu obsahu N_{\min} v půdě byl proveden ve fázi BBCH 28 – 31 a BBCH 47 – 50.

Tab. č. 16: Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu ozimé pšenice N, oblast HK, 2010

Stanoviště	Fenologická fáze	Počet klasů ks/m ²	Dodaný N (kg/ha)		$N_{\min.}$ v půdě		Obsah sušiny v rostlině (g)	Obsah $N_{\text{tot.}}$ v sušině (%)	Úroveň výživy N (t/ha)	Dosažený výnos (t/ha)
			celkem (ve fenofázi)	z toho organicky	obsah (mg/kg)	zásoba				
Lovčice – L.	BBCH 31	-	137,5	20	34,68	D	1,02	3,65	8,7	7,4
	BBCH 65	610	187,5	20	1,39	VM	5,70	1,61	6,8	
Lovčice – P.	BBCH 31	-	104	0	20,52	D	0,97	3,57	7,1	6,9
	BBCH 65	690	164	0	1,48	VM	5,53	1,52	6,2	
Králíky	BBCH 31	-	152	20	3,44	M	0,57	4,02	8,5	6,7
	BBCH 65	690	192	20	26,04	D	4,22	1,28	4,7	
Nechanice	BBCH 31	-	124	0	9,59	M	1,12	2,97	6,8	6,8
	BBCH 65	720	178	0	2,22	VM	4,92	1,16	4,9	
Mžany	BBCH 31	-	140	16	6,87	M	1,04	3,54	7,1	7,9
	BBCH 65	760	180	16	2,24	VM	4,56	1,48	5,0	
Světí	BBCH 31	-	165	20	4,38	VM	1,15	3,69	7,7	8,8
	BBCH 65	750	204	20	9,65	M	4,22	1,48	4,7	
Rožnov 01	BBCH 31	-	150	40	3,38	VM	0,76	4,17	7,5	7,4
	BBCH 65	620	190	40	9,54	M	3,74	1,59	5,5	
Rožnov 02	BBCH 31	-	126	16	21,30	D	1,08	3,57	8,6	6,5
	BBCH 65	630	166	16	3,05	VM	8,57	1,76	6,5	

Pozn.: Odběr vzorků zeminy pro analýzu obsahu $N_{\min.}$ v půdě byl proveden ve fázi BBCH 28 – 31 a BBCH 47 – 50.

Tab. č. 17: Hodnocení obsahu N_{\min} v půdě a výživného stavu konzumních brambor N, oblast ÚO, 2010

Stanoviště	Fenologická fáze	Počet trsů (tis. ks/ha)	Dodaný N (kg/ha)		N_{\min} v půdě		Střední listy		Úroveň výživy (N/P)	Dosažený výnos (t/ha)
			celkem (ve fenofázi)	z toho organicky	obsah (mg/kg)	zásoba	Obsah N_{tot} (%)	Obsah P (%)		
Žamberk	BBA 35 - 39	47	219,1	82,5	53,60	VD	4,92	0,33	B, B/A	41,8
	BBA 52 - 61	47	223,7	82,5	46,39	VD	5,14	0,28	B	
Kláštorec n. O.	BBA 35 - 39	45	159,1	60	42,21	VD	3,95	0,34	A, A/B	36,0
	BBA 52 - 61	45	159,1	60	82,84	VD	6,05	0,36	A	

5.3.2 Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu porostů N v roce 2011

Hustota porostů ovlivňovala obdobně jako v roce 2010 výživné stavy rostlin dusíkem během vegetace. Jak uvádí tabulka č. 18 a č. 19, v roce 2011 bylo zjištěno na stanovištích široké rozpětí počtu klasů na ploše 1 m^2 (326 – 960). Stanoviště v Písečné (421 klasů) a v Lukavici (326 klasů) vykazovaly vyšší úroveň výživného stavu jak ve fázi BBCH 31, tak BBCH 65, ovšem skutečný sklizňový výnos byl dosažen podprůměrný. Nejlepších výživných stavů rostlin dusíkem, které zároveň korespondovaly se stejným nebo vyšším sklizňovým výnosem bylo dosaženo na stanovištích v průměru s více jak 520 klasy na 1 m^2 a nejvyšších výživných stavů v kontextu se sklizňovými výnosy v průměru s více jak 700 klasy na ploše 1 m^2 . Zcela nejvyšší výnos byl dosažen ve Světí, kde výživný stav rostlin v BBCH 65 podle modelového výnosu Baier a Baierová (1987) ukazoval $>11 \text{ t/ha}$ a skutečný sklizňový výnos dosáhl ze všech sledovaných stanovišť rekordního výnosu $9,6 \text{ t/ha}$ v čistém stavu.

Celková dávka dusíku, která byla porostům k dispozici jak z hnojiv, tak z mineralizace posklizňových zbytků aplikovaných organických a statkových hnojiv se pohybovala v rozmezí $121,5 - 225,5 \text{ kg N/ha}$. Dávka dusíku byla rozdělena ve většině případů obdobně jako v roce 2010, tj. na regenerační, produkční a kvalitativní přihnojení. Na stanovišti v Písečné, kde byl aplikován hnůj skotu (30 t/ha) na podzim převládala dobrá zásoba $N_{\min.}$ v půdě již v období sloupkování a dále až do počátku metání. Dobré zásoby ve sloupkování vykazovalo rovněž stanoviště v Lukavici po aplikaci dvou dávek LAD 27 (celkem $94,5 \text{ kg N/ha}$), ovšem porost byl bez přímého organického hnojení. Dobrou zásobu ve sloupkování vykazovalo dále stanoviště ve Sloupnici založeného po hrachu. Ve Skrovnici po aplikaci kejdy skotu (19 t/ha) v produkčním přihnojení byla zjištěna dobrá zásoba $N_{\min.}$ v půdě. Bylo zjištěno, že stanoviště na Královéhradecku vykazovaly v 5 případech velmi dobré zásoby jak ve sloupkování, tak v metání, pouze ve Mžanech velmi dobré zásoby dosažené ve sloupkování poklesly v metání až na $8,47 \text{ mg/kg}$, tj. malou zásobu. Minerální hnojení bylo na stanovištích provedeno v obvyklých jednorázových dávkách ($50 - 70 \text{ kg N/ha}$) a hnojivech (LAV 27) regeneračně, DAM 390 produkčně (do 78 kg N/ha) a kvalitativně (do 60 kg N/ha).

Výživný stav rostlin na modelový výnos podle koncentračních křivek byl zjištěn odlišný od skutečně dosaženého sklizňového výnosu. Ve fázi BBCH 31 bylo ve vztahu modelového výnosu podle výživy dusíkem dosaženo vyšších výnosů při sklizni v průměru o $1,8 \text{ t/ha}$, a to v 11 případech. Ve stejném vztahu bylo nižších výnosů dosaženo v průměru o $2,8 \text{ t/ha}$ ve 3 případech. V období kvetení (BBCH 65) bylo dosaženo nižšího sklizňového výnosu v průměru o $1,2 \text{ t/ha}$, a to v 7 případech ve srovnání s modelovým výnosem výživy

dusíkem. Naopak vyšších sklizňových výnosů, než modelový výnos bylo dosaženo v průměru o 1,3 t/ha v 7 případech.

V porostech brambor byly zjištěny velmi dobré zásoby $N_{\min.}$ v půdě, viz tab. č. 20, v růstové fázi BBA 35 – 61. Hustota porostů byla 45 – 47 tis. trsů/ha. Dávka dusíku se pohybovala od 135 do 225,1 kg N/ha, organické hnojení nebylo uplatněno pouze ve Mžanech, zde byla aplikována před výsadbou močovina (135 kg N/ha). V Žamberku bylo aplikováno 55 t/ha a v Klášterci n. O. 40 t/ha hnoje skotu. Výživné stavy rostlin zjištěné analýzou středních listů byly hodnoceny ve všech fázích růstu a na všech stanovištích do oblasti A diagramu. Porosty měly velmi příznivé podmínky pro tvorbu výnosu hlíz. Nakonec byly dosaženy sklizňové výnosy v rozmezí 49 – 54,3 t/ha, které korespondovaly s výborným výživným stavem dusíkem i fosforem (udržoval se v oblasti A diagramu), velmi dobrou zásobou $N_{\min.}$ v půdě, ta s dávkou aplikovaného dusíku a dusíku mineralizace.

Tab. č. 18: Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu ozimé pšenice N, oblast ÚO, RK, 2011

Stanoviště	Fenologická fáze	Počet klasů	Dodaný N (kg/ha)		$N_{\min.}$ v půdě		Obsah sušiny v rostlině (g)	Obsah $N_{\text{tot.}}$ v sušině (%)	Úroveň výživy N (t/ha)	Dosažený výnos (t/ha)
		ks/m ²	celkem (ve fenofázi)	z toho organicky	obsah (mg/kg)	zásoba				
Písečná	BBCH 31	-	153	45	24,36	D	1,27	3,60	8,5	5,1
	BBCH 65	421	193,5	45	25,09	D	5,28	1,56	6,8	
Lukavice	BBCH 31	-	94,5	0	38,03	D	0,65	5,02	9,2	4,5
	BBCH 65	326	135	0	18,92	S	4,88	2,12	7,9	
Skrovnice	BBCH 31	-	175,5	60	25,89	D	0,63	3,92	7,1	6,9
	BBCH 65	551	225,5	60	8,97	M	5,82	2,07	7,0	
Kameničná	BBCH 31	-	158	50	8,80	M	0,59	3,50	5,8	6,3
	BBCH 65	581	162,6	50	5,71	M	4,97	1,63	6,4	
Dlouhá Ves	BBCH 31	-	81	0	11,05	S	0,65	3,67	6,8	7,3
	BBCH 65	454	121,5	0	15,92	S	4,76	2,11	7,2	
Sloupnice	BBCH 31	-	170	40	23,00	D	0,71	3,77	6,7	9,8
	BBCH 65	592	220	40	15,44	S	4,23	2,19	7,3	

Pozn.: Odběr vzorků zeminy pro analýzu obsahu $N_{\min.}$ v půdě byl proveden ve fázi BBCH 28 – 31 a BBCH 47 – 50.

Tab. č. 19: Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu ozimé pšenice N, oblast HK, 2011

Stanoviště	Fenologická fáze	Počet klasů	Dodaný N (kg/ha)		$N_{\min.}$ v půdě		Obsah sušiny v rostlině (g)	Obsah $N_{\text{tot.}}$ v sušině (%)	Úroveň výživy N (t/ha)	Dosažený výnos (t/ha)
		ks/m ²	celkem (ve fenofázi)	z toho organicky	obsah (mg/kg)	zásoba				
Lovčice – H.	BBCH 31	-	132	0	101,76	VD	1,24	2,38	5,2	8,3
	BBCH 65	960	178,8	0	48,56	VD	8,90	1,44	5,1	
Lovčice – Č.	BBCH 31	-	148	16	112,41	VD	0,97	3,47	7,0	7,3
	BBCH 65	519	194,8	16	74,10	VD	8,30	1,78	6,8	
Králíky	BBCH 31	-	145,5	0	147,25	VD	0,53	3,29	4,3	7,1
	BBCH 65	760	176,7	0	85,97	VD	4,48	1,53	5,2	
Nechanice	BBCH 31	-	132	0	78,04	VD	0,49	2,84	4,1	7,3
	BBCH 65	744	172,5	0	45,23	VD	3,46	1,81	6,8	
Mžany	BBCH 31	-	162,5	50	97,14	VD	0,97	2,99	6,2	8,9
	BBCH 65	715	221	50	51,38	VD	5,50	3,30	9,9	
Světí	BBCH 31	-	165,5	20	52,49	VD	1,31	3,57	9,1	9,6
	BBCH 65	761	204,5	20	8,47	M	7,80	3,69	>11	
Rožnov	BBCH 31	-	148	40	19,71	S	1,44	2,87	6,8	8,3
	BBCH 65	579	196	40	24,20	D	6,36	2,32	8,7	
Libčany	BBCH 31	-	130,3	16	38,14	D	0,56	2,71	4,4	7,1
	BBCH 65	437	168,7	16	12,27	S	4,13	1,86	6,8	

Pozn.: Odběr vzorků zeminy pro analýzu obsahu $N_{\min.}$ v půdě byl proveden ve fázi BBCH 28 – 31 a BBCH 47 – 50.

Tab. č. 20: Hodnocení obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživného stavu konzumních brambor N, oblast ÚO, HK (Mžany), 2011

Stanoviště	Fenologická fáze	Počet trsů (tis. ks/ha)	Dodaný N (kg/ha)		$N_{\min.}$ v půdě		Střední listy		Úroveň výživy (N/P)	Dosažený výnos (t/ha)
			celkem (ve fenofázi)	z toho organicky	obsah (mg/kg)	zásoba	Obsah $N_{\text{tot.}}$ (%)	Obsah P (%)		
Žamberk	BBA 35 - 39	47	225,1	82,5	57,20	VD	6,31	0,47	A	54,3
	BBA 52 - 61	47	225,1	82,5	44,08	VD	5,40	0,48	A	
Klášteřec n. O.	BBA 35 - 39	45	145,6	60	101,13	VD	-	-	-	49,0
	BBA 52 - 61	45	145,6	60	78,23	VD	5,24	0,40	A	
Mžany	BBA 35 - 39	45	135	0	55,37	VD	5,66	0,39	A	50,0
	BBA 52 - 61	45	135	0	102,95	VD	4,95	0,39	A	

5.4 Vliv ročníku na dynamiku $N_{\min.}$ v půdě a výživu rostlin N

Vliv ročníku, respektive průběhu počasí na dynamiku obsahu $N_{\min.}$ v půdě a výživné stavy rostlin dusíkem uvádí níže tab. č. 21 a č. 22. Bylo zjištěno, že pro výživu ozimé pšenice dusíkem do období sloupkování, byl příznivější rok 2010, průměrné výživné stavy všech sledovaných stanovišť dosahovaly úrovně 7,4 t/ha modelového výnosu. Z měření meteorologických stanic umístěných poblíž stanovišť bylo pozorováno, že v období odnožování až sloupkování spadlo v dubnu okolo 80 mm srážek a dále srážkově velmi bohatý byl květen (>140 mm), podrobný průběh počasí v roce 2010 je uveden příloze č. 1. V květnu 2010 byly naměřeny průměrné denní teploty okolo 10 °C a spolu s výše uvedeným úhrnem srážek (170 % normálu) převládalo období příznivé pro příjem živin. V období metání až kvetení pšenic byl zaznamenán výrazný úbytek srážek. Nadále převládalo srážkově již poněkud méně vydatné období, v červnu napršelo maximálně 70 % normálu, lokálně pouze 40 % a v tuto dobu byl zjištěn pokles jak obsahu $N_{\min.}$ v půdě, tak výživných stavů rostlin.

Sledované porosty brambor v průměru vykazovaly po celou vegetace velmi dobré zásoby $N_{\min.}$ v půdě a bylo pozorováno, že tomuto stavu odpovídala i vyšší úroveň výživy rostlin dusíkem. Zároveň bylo zjištěno, že dusík převyšoval výživu fosforem a panovala disharmonie poměru N/P, jež byla vyhodnocena zařazením do oblasti naživení B dle diagramu. V červenci byly zaznamenány na meteorologické stanici v Žamberku úhrny srážek přes 138 mm srážek (180 % normálu). Následně bylo pozorováno, že se zvýšila úroveň výživy rostlin dusíkem. Obsah $N_{\text{tot.}}$ ve středních listech byl zjištěn v Žamberku 5,14 %, což představovalo nárůst o 0,22 % a v Klášterci n. O. byl zjištěn obsah $N_{\text{tot.}}$ v listech 6,05 %, což představovalo nárůst až o 2,1 %.

V roce 2011 byly zjištěny v průměru 2 – 3 násobně vyšší obsahy $N_{\min.}$ v půdě, oproti roku 2010. Již v odnožování a dále až do počátku sloupkování převládalo sušší počasí a výživa rostlin byla na průměrné úrovni 6,5 t/ha. Srážkově velmi chudé období trvalo již od února, celý březen a duben, v sumě za tyto tři měsíce spadlo celkem do 90 mm srážek, což představovalo za toto období naplnění pouze 50 % normálu. Průměrná teplota vzduchu byla naměřena v dubnu 10 °C, denní maxima dokonce kolem 20 °C. Srážkově v normálu byl již dále květen, především ve druhé dekádě a ve většině případů porosty přicházely do metání. Postupně bylo zjištěno, že porosty se výživově na počátku metání zlepšily, což se na druhé straně projevilo na poklesu obsahů $N_{\min.}$ v půdě. V červnu napršelo 120 % normálu, v červenci lokálně až 200 % normálu. Při posledním odběru vzorků ozimých pšenic byly

zjištěny v období květu (BBCH 65) v průměru modelové výnosy okolo 7,4 t/ha, což představovalo o 1,5 t/ha více, než v roce 2010.

Porosty brambor vykazovaly v roce 2011 také velmi dobré zásoby $N_{\min.}$ v půdě až do doby kvetení, tedy do období zvýšené potřeby živin. Porosty byly optimálně naživeny jak dusíkem, tak fosforem. Poměr N/P byl užší a odpovídal oblasti naživení A dle diagramu (vysoký obsah N a odpovídající obsah P). V období nasazování poupát (BBA 51), byly zjištěny velmi dobré zásoby $N_{\min.}$ v půdě, které mohly rostliny využít.

Tab. č. 21: Průměrné obsahy $N_{\min.}$ v půdě a výživný stav rostlin ozimé pšenice

Rok	$N_{\min.}$ v půdě (mg/kg)			Výživný stav (t/ha)		
	BBCH			BBCH		
	17 - 22	28 - 30	47 - 50	30 - 31	47 - 50	65
2010	16,29	17,68	9,29	7,4	6,8	5,9
2011	36,45	55,58	31,45	6,5	7,3	7,4
Průměr	26,37	36,63	20,37	7,0	7,1	6,7
$\pm s$	14,26	26,80	15,67	0,6	0,4	1,1

Tab. č. 22: Průměrné obsahy $N_{\min.}$ v půdě a převažující výživný stav rostlin brambor

Rok	$N_{\min.}$ v půdě (mg/kg)					Výživný stav (oblast)		
	Před sázením	BBA				BBA		
		31	35 - 39	51 - 52	65	35 - 39	52 - 61	79 - 81
2010	8,6	50,06	47,91	49,92	64,42	B-A	B	B
2011	41,96	45,15	79,17	82,28	61,16	A	A	A
Průměr	25,28	47,61	63,54	66,1	62,79	A	A-B	A-B
$\pm s$	23,59	3,47	22,10	22,88	2,31	-	-	-

5.5 Posouzení využitých diagnostických metod pro optimalizaci hnojení N

Pro vyhodnocení monitoringu obsahu $N_{\min.}$ v půdě bylo využito kritérií podle Baiera a kol. (1988), viz tabulka č. 14, do které byl dosazen zjištěný obsah $N_{\min.}$ laboratorní analýzou vzorku zeminy. Ve většině případů ozimých pšenic minerální dusík přímo nekorespondoval s úrovní výživy rostlin dusíkem, nejvíce korespondoval v roce 2011 v teplejší lokalitě Královéhradecka. Bylo zjištěno, že pro diagnostiku výživy rostlin pšenice je vhodné využívat metodu analýzy nadzemních částí rostlin, která podává informace o aktuálním výživném stavu. Z monitoringu bylo vyvozeno, že metodu $N_{\min.}$ je vhodné používat jako kontrolní pro zjištění obsahu $N_{\min.}$ v půdě, zejména v počátcích jarní vegetace, kdy převládá pomalý vývoj

rostlin a v případě ověřování, zda je dostatek disponibilní zásoby N_{\min} v půdě na počátku metání (v období před posledním přihnojováním).

V případě brambor bylo zjištěno, že metoda N_{\min} je stěžejní, určovala stanovení celkové jednorázové dávky dusíku pro porost před sázením podle obsahu N_{\min} . Dále za vegetace sloužila jako ověřovací metoda informující o intenzitě mineralizace v půdě, poněvadž byly zpravidla pozemky pro brambory hnojeny tuhými statkovými hnojivy. Na metodu N_{\min} v případě brambor navazovaly tři odběry středních listů, kterými byl zhodnocen a ověřen příjem dusíku rostlinami spolu s fosforem (diagram) a návazně byla stanovena prognóza výnosů a kvality hlíz ve sklizni. Bylo pozorováno, že propojením metody N_{\min} s metodou odběru nadzemních částí rostlin se zjistí případné poruchy ve výživě či přímo důsledek vyvolání poruch.

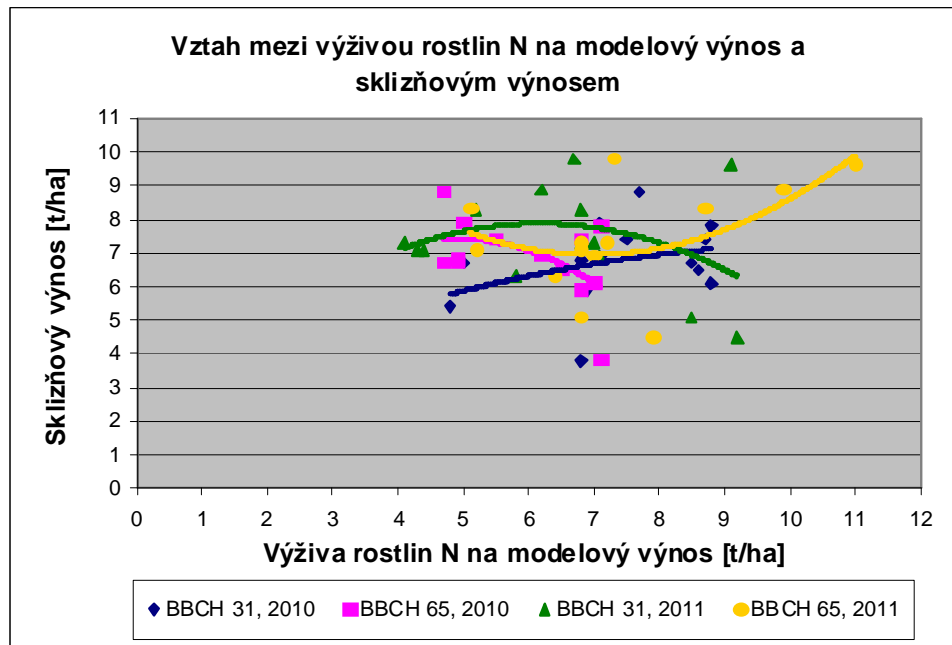
5.5.1 Modelové koncentrační křivky výnosového potenciálu ozimé pšenice

Pro vyhodnocení výživného stavu ozimé pšenice na základě AR NČR bylo využito modelových koncentračních křivek sestavených Baierem a Baierovou (1987) vztažené pro různé výnosy zrna při sklizni, viz graf č. 3. Výsledek analýz byl vnesen do grafu koncentračních křivek a z něho vyčten tzv. modelový výnos, který udává naživení porostu dusíkem, resp. obsah dusíku v rostlině, jež dostačuje pro tvorbu daného výnosu. Do jaké míry tento výnos byl dosažen i při vlastní sklizni zralého porostu udává níže graf č. 16 a souhrnně graf č. 17, kde bylo metodou experimentální statistických výpočtu regrese a korelace zjišťován vztah mezi výživově prognózovaným výnosem ve fázi BBCH 31 (počátek sloupkování) a ve fázi BBCH 65 (plné kvetení) a skutečně dosaženým sklizňovým výnosem zrna v plné zralosti (BBCH 90). Statistická významnost vztahu šetřeného v grafech č. 16 a č. 17 byla pro přehlednost uvedena níže v tab. č. 23 a ukazatele byly hodnoceny podle hodnot výběrového korelačního koeficientu pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$.

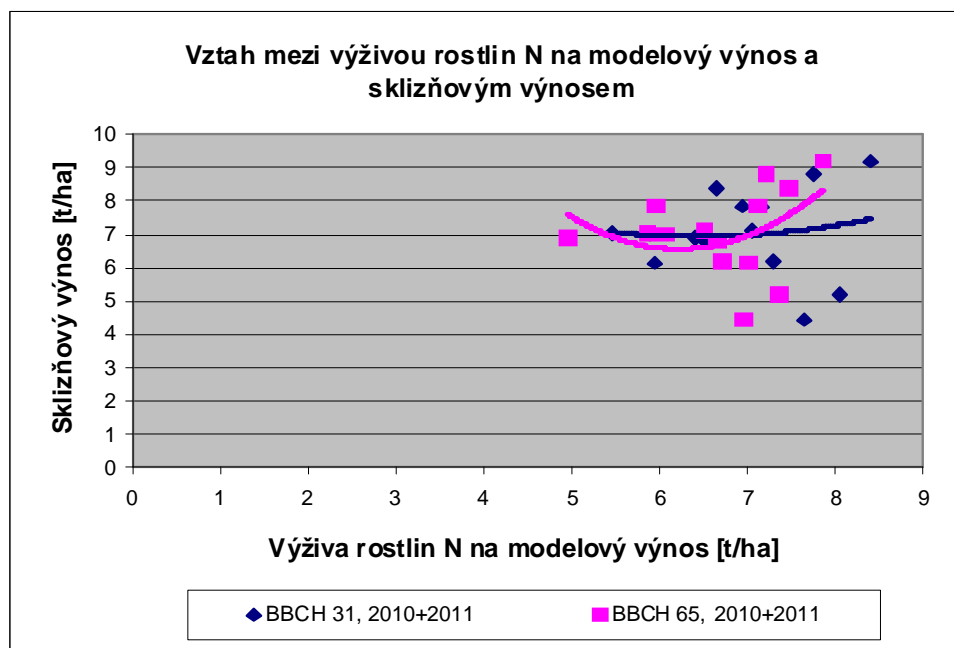
Prognóza dosažení předpokládaného sklizňového výnosu na základě modelových koncentračních křivek podle Baiera a kol. (1988) byla nejvíce potvrzena ve fázi BBCH 65 v roce 2011, kde těsnost vztahu nabývala statistické významnosti s kladným regresním průběhem ($R = 0,553^*$, při $n = 14$). V rámci dvouletého sledování (2010 + 2011) byla těsnost vztahu ve fázi BBCH 65 zjištěna již slabší, ovšem hodnota korelace nabývala také statistické významnosti ($R = 0,389^*$, při $n = 28$). Dále byly zjištěny kladné tendence závislosti bez statistické významnosti. Konkrétně regresní průběh šetřeného vztahu byl zjištěn ve fázi BBCH 31 v roce 2010 s hodnotou korelace $R = 0,351$, při $n = 14$. Ve zbývajících šetřeních bylo zjištěno, že vztah nabýval již hodnoty regrese ve fázi BBCH 31 v roce 2011 a ve fázi

BBCH 65 v roce 2010, kdy převládal sušší charakter počasí v době odběru vzorků a klesající výživa rostlin dusíkem.

Graf č. 16: Vztah mezi výživou rostlin na modelový výnos a sklizňovým výnosem podle jednotlivých fází růstu a roků sledování



Graf č. 17: Vztah mezi výživou rostlin na modelový výnos a sklizňovým výnosem v souhrnu let podle růstových fází



Závislosti ve výše uvedených vztazích (graf č. 16 a č. 17) byly stanoveny metodou experimentálních statistických výpočtů regrese a korelace za pomoci nástrojů software Microsoft Excel 2003, viz tab. č. 23.

V grafu č. 17 je patrné, že modelové výnosy podle koncentračních křivek nabývaly kladné regrese ve vztahu ke sklizňovému výnosu se statistickou významností ve fázi BBCH 65, především od úrovně 7 t/ha modelového výnosu a výše. Dříve, tzn. ve fázi BBCH 31 byla zjištěna tendence vztahu téměř lineární až do 7 t/ha modelového výnosu, poté závislost byla více těsnější, ovšem v souhrnu byl vztah bez statistické významnosti ($R = 0,117$, při $n = 28$).

Tab. č. 23: Statistické ukazatele závislosti mezi výživou rostlin na modelový výnos a sklizňovým výnosem

Graf	Období	Fáze růstu	Rovnice regrese	Korelační koeficient (R)	Počet sledování (n)
č. 16	2010	BBCH 31	$y = 0,0418x^2 + 0,9028x + 2,4038$	0,351	14
č. 16	2010	BBCH 65	$y = -0,3059x^2 + 3,0187x - 0,0349$	0,501	13
č. 16	2011	BBCH 31	$y = -0,171x^2 + 2,1086x + 1,3779$	0,356	14
č. 16	2011	BBCH 65	$y = 0,1828x^2 - 2,5527x + 15,861$	0,553*	14
č. 17	2010 + 2011	BBCH 31	$y = 0,1365x^2 - 1,7584x + 12,602$	0,117	28
č. 17	2010 + 2011	BBCH 65	$y = 0,6584x^2 - 8,1844x + 31,973$	0,389*	28

Pozn.: šetření na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$ ($P = 0,05$)

5.5.2 Diagram pro vyhodnocení výsledku ARR brambor

Pro zhodnocení potřeby dohnojení dusíkem, případně fosforem, bylo využito diagramu pro vyhodnocení analýz, sestavený Vokálem a Čeplem (1995), který je pěstiteli v praxi využíván a Výzkumným ústavem bramborařským je nadále inovován s ohledem na nástup změn v pěstební technologii a rozšiřování sortimentu odrůd. V průběhu dvouletého monitoringu obsahu N_{\min} v půdě pod porosty brambor bylo zjištěno, že ty porosty, které dosáhly sklizňového výnosu >40 t hlíz z plochy 1 ha vykazovaly ve fázi BBA 35 – 39 zásobu >50 mg/kg zeminy a ve BBA 52 – 61 vykazovaly zásobu >40 mg/kg zeminy. Z pohledu výživného stavu na sledovaných stanovištích ve výše uvedených fázích růstu bylo dosaženo výnosu hlíz >40 t/ha na těch stanovištích, kde minimální obsah dusíku a fosforu ve středních (čtvrtých) listech odpovídal oblasti naživení A podle diagramu. Tato oblast charakterizuje dobrý až vysoký obsah dusíku s odpovídajícím množstvím fosforu. V této oblasti naživení lze předpokládat dosažení vyšších výnosů s optimální hodnotou dusičnanů. Monitoringem bylo zjištěno, že oblast naživení dle diagramu dostačovala zcela pro dosažení efektivního výnosu

hlíz 40 t/ha u porostů brambor určených pro konzumní účely. Níže tabulka č. 24 uvádí z monitoringu odvozená kritéria výživného stavu brambor dusíkem a fosforem, při kterých lze předpovídat dosažení efektivního výnosu (>40 t/ha). V případě výživného stavu rostlin, respektive středních listů uvádějí hodnoty minima minimální hodnoty obsahu N_{tot.} a P v sušině listů, optimum uvádí průměrné obsahy, které vykazovaly porosty s dosaženým sklizňovým výnosem >40 t/ha. Při hodnocení výnosového potenciálu podle naživení byl zohledněn stav porostu, zejména hustota a aktuální zdravotní stav (infekční tlak *Phytophthora infestans*).

Tab. č. 24: Úroveň výživného stavu brambor N a P během vegetace při výnosové hladině hlíz >40 t/ha

Fenologická fáze	Počet trsů	N _{min.} v půdě		Střední (čtvrté) listy			
	tis. ks/ha	obsah (mg/kg)	zásoba	obsah N _{tot.} (%)		obsah P (%)	
	optimum		stupeň	minimum	optimum	minimum	optimum
BBA 35 - 39	45 - 47	>50	VD	4,92	5,63	0,33	0,40
BBA 52 - 61	45 - 47	>40	VD	4,95	5,18	0,28	0,39

6 DISKUZE

Sledování změn obsahu N_{\min} v půdě a výživného stavu rostlin ozimé pšenice a brambor dusíkem byl uskutečněn v rámci agroekologického monitoringu vedeného metodou tzv. kontrolních stanovišť. Monitoring probíhal ve dvou oblastech s rozdílnými půdně-klimatickými podmínkami a zatížením zemědělské půdy živočišnou výrobou. V teplejší nížinné oblasti Královéhradecka převládá nižší zatížení půdy živočišnou výrobou (0,21 – 0,60 DJ/ha), a tedy nižší intenzita použití animálních statkových hnojiv na orné půdě, jako zdroje organických látek v rámci bilance živin. V chladnější oblasti podhůří Orlických hor (oblast ÚO a RK) převládá vcelku stabilní zatížení živočišnou výrobou na úrovni 0,81 – 0,90 DJ/ha (lokálně 1,0 DJ/ha) a úhrada potřeby organických látek orné půdy je hrazena z převažující části stájovými hnojivy.

Kontrolní stanoviště představuje reprezentativní plochu 1 ha, která byla zvolena na konvenčně obhospodařovaném pozemku (půdní bloku podle systému evidence půdy LPIS) v provozech zemědělské prvovýroby. Na reprezentativní ploše byly odebírány vzorky zemin a rostlin, vždy ve stejné denní době a ve stejném odběrovém bodu. Tento způsob monitoringu výživy rostlin popisuje již také Baier a Baierová (1985); Baier a kol. (1988); Vaněk (1989); Vokál a kol. (2000); Zimolka a kol. (2005). Výsledků prezentované touto bakalářskou prací bylo dosaženo podle základních aspektů výše uvedených autorů.

V rámci roku 2010 byla sledována dynamika změn obsahu N_{\min} v půdě a návazně na identických stanovištích dynamika výživného stavu rostlin za vegetace celkem na 14 stanovištích ozimé pšenice (6 v chladnější oblasti, 8 v teplejší) a celkem na 2 stanovištích konzumních brambor. V roce 2011 bylo obdobně sledováno celkem 14 stanovišť ozimé pšenice a 3 stanoviště brambor, datová řada byla obohacena o 1 stanoviště v teplejší oblasti Mžany.

Rok 2010 byl poměrně příznivý pro vegetaci, bylo dosaženo uspokojivých výnosů ozimé pšenice i konzumních brambor. Pouze na stanovišti s hlinitopísčitou půdou utvořené v brázdě červených vyvěřelin permských sedimentů v Písečné byl výnos pšenice podprůměrný (3,8 t/ha). Rok 2011 byl srážkově vydatnější v období druhé poloviny vegetace, což mohlo mít značný vliv na dosažené rekordní sklizňové výnosy ozimé pšenice, kde průměr sklizně činil 7,4 t/ha. V případě brambor byl dosažen průměrný výnos hlíz 51,1 t/ha. Podprůměrných výnosů ozimé pšenice bylo dosaženo pouze v půdně-klimaticky horších stanovištních podmínkách v kamenité kambizemi v Lukavici (4,5 t/ha) a v kambizemi na permských sedimentech v Písečné (5,1 t/ha).

Z výsledků je patrné, že na obsahu $N_{\min.}$ v půdě a jeho celkové dynamice změn během vegetace se podílel vliv průběhu počasí v daném roce, dávka a forma použitého hnojiva a pěstovaná plodina. V roce 2010 v období počátku metání (BBCH 47 – 50) byly zjištěny velmi dobré obsahy $N_{\min.}$ obdobně jako v období 1. kolénka na stanovišti ve Skrovnici, kde byla aplikována kejda skotu v systému vlečných hadic, což mělo vliv na mineralizaci organické složky kejdy v půdě a následně po další aplikaci minerálních dusíkatých hnojiv se mohl dostavit priming efekt, tedy zintenzivnění mineralizace vlivem dalšího přihnojení (DAM 390, LAD 27) a následně zvýšení obsahu $N_{\min.}$ v půdě. Vliv priming efektu minerálních hnojiv na zvýšenou intenzitu mineralizace organické hmoty popisují také Hamid a Ahmad (1993). Dále z pohledu použitých hnojiv se ukázalo, že vyšší úroveň obsahů $N_{\min.}$ v půdě byly na stanovištích po kvalitních porostech leguminóz (jetele, vojtěšky, hrachy) a po organickém hnojení statkovými hnojivy, jak při přihnojování pšenic za vegetace kejdou, tak po aplikaci hnoje a kejdy před setím. Hnůj se podílel na vyšší zásobě $N_{\min.}$ v půdě především ve srážkově bohatším roce 2011 v období metání a kvetení pšenic, v případě brambor v období tvorby poupat a kvetení. Vliv dostatku vláhy na mineralizaci byl pozorován během vegetace obou plodin. Stagnace obsahu $N_{\min.}$ v půdě, poklesy výživných stavů a stagnace růstu rostlin převládala pokaždé při delším období (ca. více jak 2 týdny) bez výrazných srážek. Je zřejmé, že vliv srážek, respektive optimální vlhkost půdy je dominantním faktorem počátku a následné úrovně intenzity mineralizace. Z dlouhodobého měření v rámci východočeského regionu bylo zjištěno, že teplota půdy během vegetace se mění pozvolněji, než teplota vzduchu. Teplota půdy v obou rocích byla obdobná během sledovaného období vegetace, ukázala se jako dostatečná pro mineralizaci organické hmoty v půdě, tak i následnou nitrifikaci amonných iontů. V případě určení termínu výsadby brambor byla rozhodující teplota půdy, která okolo 20. dubna, kdy se zpravidla započala výsadba dosahovala 8 °C v hloubce ornice a dále se zvyšovala. Vliv teploty na započatí mineralizace, zejména po zimě uvádějí Černý a kol. (1997), kteří uvádějí, že mineralizace je velmi malá při nízkých teplotách (kolem 0 °C) a s každými 10 °C zrychlí průběh mineralizace 2x – 3x. Optimální vlhkost půdy pro pozvolný průběh mineralizace a ostatních půdních procesů se ukazuje podle dlouhodobého monitoringu firmy AGROEKO Žamberk spol. s r.o. v rozmezí 20 – 24 %. Vliv organických hnojiv na obsah $N_{\min.}$ byl zjištěn především v oblasti s vyšším zatížením půdy živočišnou výrobou. V pšenicích v rámci této oblasti, kde bylo hnojeno hnojem či kejdou, byla po aplikaci na podzim či zjara po přihnojení, zjištěna vyšší úroveň zásoby $N_{\min.}$ v půdě s ohledem na dostatek vláhy, a s tím spojené období nástupu intenzivní mineralizace. Domnívám se, že aplikace statkových hnojiv (tuhých a tekutých) na půdách méně biologicky

činných a sorpčně méně nasycených (oblast ÚO a RK) pufruje tyto poruchy chemizmu, které následně působí podle Bergmanna a Čumakova (1977) celkovou disharmonii výživného stavu rostlin. Tento puфраční, respektive tlumivý účinek negativních dopadů v biologický méně činných půdách popisuje také Škarda (1982) a Richter a kol. (2002). V teplejší oblasti pěstování byly zjištěny vyšší obsahy $N_{\min.}$, v roce 2011 následně také vyšší výživné stavy rostlin na počátku vegetace, které mohly být ovlivněny již provedenou aplikací regenerační dávky hnojiva. Bylo zřejmé, že relevantní výsledek analýzy obsahu $N_{\min.}$ v půdě byl zjištěn na těch stanovištích, kde vzorek půdy byl odebrán s časovým odstupem od posledního hnojení dusíkem. Odstup od posledního hnojení při odběru vzorků zeminy pro analýzu $N_{\min.}$ uvádějí také Baier a kol. (1988). Ti doporučují provádět vlastní odběr min. 7 dní po poslední aplikaci průmyslových dusíkatých hnojiv a min. 14 dní po aplikaci tekutých statkových hnojiv.

Diagnostická metoda zjišťování $N_{\min.}$ v půdě informovala jednak na počátku vegetace (po zimě), tak v průběhu vegetace o dynamice zásobenosti půdy $N_{\min.}$, na základě které bylo optimalizováno další použití dusíkatých hnojiv. V souhrnu dvou let sledování, nejvyšší obsahy $N_{\min.}$ v půdě v porostech ozimých pšenic byly zjištěny v období počátku sloupkování (BBCH 31), kdy již často bylo produkčně přihnojeno, tedy celková dávka hnojiv po dvou přihnojeních činila 95 – 140 kg N/ha. S nástupem období metání (BBCH 50) byly obsahy $N_{\min.}$ v půdě již odlišné, ve většině případů představoval trend poklesu na zásoby malé až střední. Rok 2011 se mimo jiné vyznačoval z pohledu tvorby $N_{\min.}$ a jeho dynamiky během vegetace vyššími obsahy $N_{\min.}$ v půdě, ve srovnání s rokem 2010 a na Královéhradecku nebylo výjimkou, že obsahy dosahovaly zásoby velmi dobré, hypoteticky až extrémní (luxusní), v některých případech ještě ve fázi BBCH 65 (plné kvetení). Při detailním zhodnocení vlivu dávek a formy hnojiv dále bylo zjištěno, že při přihnojení porostů ve fázi sloupkování až metání dusíkatými kapalnými hnojivy typu DAM 390 nemělo ve většině případů vliv na zvýšení obsahu $N_{\min.}$ v půdě. Je zřejmé, že při optimálně zahoustlém porostu nedocházelo k transportu hnojiva na půdu. Po zjištění způsobu vlastní aplikace bylo zjištěno, že v některých případech hnojivo bylo aplikováno tryskami pro obvyklý postřik („nedamové“) spolu s přípravky ochrany rostlin, tedy hnojivo z převážné části zůstávalo zachyceno na porostu a při nedostavení se srážek mohlo dále docházet k volatilizaci amonné složky hnojiva. Výživné stavy rostlin dusíkem po aplikaci kapalného dusíkatého hnojiva se zlepšovaly různou měrou a především tam, kde se dostavily srážky. Na stanovišti v Králíkách se domnívám, že nárůst výživného stavu byl způsoben chybou odběru vzorků rostlin, a to velmi krátce po přihnojení, kdy suspenzní roztok tohoto hnojiva mohl ulpět na rostlině.

V souhrnu dvou let půda pro porosty brambor vykazovala na počátku jara (okolo 15. dubna) přibližně 1 – 2 týdny před sázením malé až střední zásoby $N_{\min.}$ v půdě. To bylo zřejmě dáno, že se převážně brambory pěstovaly v chladnější oblasti na kambizemích, středně hlubokých až mělkých a často s obsahem skeletu (až 20 %), tudíž nástup mineralizace byl pozdější a v maximech nedosahovala takové intenzity jako v půdách záhřevných a bez skeletu (stanoviště Mžany). V případě brambor, jarní plodiny, která se zpravidla hnojí pouze jedinou, a to základní dávkou do půdy před nebo během sázení se domnívám, že aplikovaný dusík se podílel formou priming efektu na stimulaci mineralizace organické hmoty, zejména aplikovaného hnoje na podzim. Po aplikaci minerálních hnojiv byly zjištěny ca. po 6 – 7 týdnech vzestupy zásoby $N_{\min.}$ v půdě z malé až střední zásoby na velmi dobrou, občasně až hypoteticky luxusní. V roce 2011 po holomrazech v nižších polohách (únor až první dekáda března) a lokálně i ve vyšších polohách byly zjištěny střední zásoby $N_{\min.}$. Tyto vyšší obsahy $N_{\min.}$ v půdě v časném jaru, ve srovnání s jarem rokem 2010, mohly být způsobeny zámrzem půdy (místy 40 – 50 cm), což za této situace prezentuje také Růžek (2012). Při promrznutí půdy zřejmě docházelo k perkolaci minerálního dusíku, především ve formě nitrátů (NO_3^-) z podorničí, a tedy k posunu do orničního horizontu, což mohlo způsobit zjištěné vyšší obsahy $N_{\min.}$. Následně mohla započnout intenzivnější mineralizace mrazem narušené organické hmoty a zvýšená mikrobiální aktivita mineralizačních bakterií, které při zámrzu bývají zcela neaktivní.

V rámci sledování výživného stavu rostlin dusíkem bylo navázáno na odběry zemin za účelem zjištění obsahu $N_{\min.}$ v půdě. Výživné stavy rostlin byly monitorovány průběžně od počátku vegetace ozimé pšenice po týden až do fáze BBCH 31, následně již v intervalu 2 týdnů až do plného kvetení (BBCH 65). V porostech ozimé pšenice v počátku jarní vegetace bylo zjištěno, že až do fáze počátku sloupkování (BBCH 30) přirůstají na sušinu v přepočtu na 1 rostlinu velmi pomalu. Proto pro grafické vyhodnocení výživného stavu rostlin dusíkem bylo použito logaritmické měřítko (osa x) pro nárůst sušiny rostlin během vegetace, obdobně jako uvedeno v modelu koncentračních křivek pro různé výnosy podle Baiera a Baierové (1987). Dále bylo v rámci monitoringu potvrzeno pravidlo tzv. zředovacího efektu živin s nárůstem sušiny rostlin během vegetace, které uvádí také např. Baier a kol. (1988); Vaněk a kol. (2007). Obsah dusíku ($N_{\text{tot.}}$) v rostlinách úměrně klesala s nárůstem sušiny rostlin během vegetace až do období posledního analýzy ve fázi plného kvetení pšenic. Dále bylo zjištěno, že lepší úroveň naživení porostů dusíkem, tj. na modelový výnose 7 – 9 t/ha byla na stanovištích po organickém hnojení a po předplodině kvalitního porostu leguminózy. Obsah $N_{\min.}$ zde byl také vyšší, než u variant bez organického hnojení, u kterých byly zjištěny sice až

velmi dobré zásoby, ale při posledním odběru vzorků na obsah N_{\min} . (BBCH 47 – 50) byly zjištěny poklesy, které pokračovaly dále a spolu s tím klesaly i výživné stavy. Na příjem živin ozimou pšenicí působilo v souhrnu sledování pokaždé počasí, dominantní vliv měly srážky. Pokud byl zjištěn propad výživných stavů či stagnace po delší dobu, bylo to pokaždé v období s nízkými srážkami, či při úplném beze srážkovém období. Vyjma stanoviště Libchavy v roce 2010 bylo vždy uplatňováno standardní 3 stupňové hnojení dusíkem. Bylo zřejmé, že na příjem živin kořeny rostlin i při pokročilé fázi, kdy bývá kořenový systém rozvětvený a prorostlý hlouběji do půdy, byly limitujícím faktorem srážky a jakékoliv další přihnojení dusíkem a jeho využití rostlinou bylo stále podmíněno přítomností vláhy v půdě.

Výživný stav rostlin brambor byl sledován na základě diagnostikovaného orgánu čtvrtých (středních) listů. Výživa brambor dusíkem nebyla ani v jednom roce sledování v deficitu, porosty byly hnojeny stájovými hnojivy a základní dávka hnojení před výsadbou činila 80 – 135 kg N/ha. V souhrnu byla zjištěna velmi dobrá zásoba N_{\min} . v půdě po celou dobu vegetace až do období kvetení. Výživné stavy rostlin dusíkem byly klasifikovány do oblasti A, podle diagramu Čepla a Vokála (1995). Ta klasifikovala dobrý až vysoký obsah dusíku s odpovídajícím množstvím fosforu. V případě přísušků během vegetace nebyly zpozorovány stagnace, či poklesy výživného stavu brambor během vegetace. Porosty vykazovaly dobré až vysoké obsahy dusíku v sušině středních listů. Domnívám se, že zjištěně stabilnější úroveň výživného stavu brambor dusíkem převládající takřka po celou vegetaci byly zabezpečeny velmi dobrou zásobou N_{\min} . v půdě, která se ukazovala ještě po období kvetení. Poklesy obsahu dusíku ve středních listech byly zjištěny téměř ve všech případech až ve fázi BBA 79 – 81 (opad bobulí až první listy prožloutávají), kdy se snížila i nečekaně sušina středních listů. Při retrospektivní analýze byla zjištěna možnost nesprávného odběru vzorků listů na rostlině. Bylo možné, že listy odebrané pro poslední rozbor byly mladší, než ty minulé, které v tuto dobu vegetace bývají opadlé, prožloutlé, nebo poškozeny plísní bramborovou, tedy nevhodné do vzorku pro analýzu. Na problematiku odběru reprezentativního vzorku listů na rostlině bramboru při periodickém sledování porostů narazili také Čepl a Vokál (1995).

Monitoringem bylo dále potvrzeno tvrzení Matuly (1977), že o rychlosti či schopnosti příjmu dusíku rostlinami rozhoduje vyvinutý kořenový systém, dostatek vláhy, a s tím spojený příjem živin a v neposlední řadě stupeň mineralizace dusíku, respektive pro rostliny je nejdostupnější nitrátová forma dusíku (NO_3^-). Podle Vaňka a kol. (2007) je tato forma dusíku produktem přeměny v aerobním procesu nitrifikace. V některých kyselejších půdách a

chladných lokalitách nitrifikace probíhá pomalu a na jaře nastupuje později, než v teplejších oblastech, tím se může N_{\min} podílet pouze malou měrou na aktuálním výživném stavu rostlin.

Domnívám se, pro optimalizaci hnojení polních plodin je nutné zohlednit poměr minerálních forem dusíku, tedy amonné (NH_4^+) a nitrátové (NO_3^-). Pro přihnojování porostů za vegetace zohlednit především NO_3^- formu, kterou rostliny v brzké době za dobrých vláhových přijmou a zlepší se tak jejich výživný stav. Amonná forma (NH_4^+) by měla být určující především při stanovení základní dávky dusíku před založením porostu např. brambor, které vzchází 4 týdny a odběr živin rostlinou začíná 5. – 6. týden po výsadbě.

V roce 2011 ukazuje, diagnostická metoda modelových výnosů podle úrovně výživy dusíkem podle Baiera a Baierové (1987) relevantnější údaje o výživě porostů, respektive předpovídá výživově přesnější sklizňové výnosy. V roce 2011 bylo také příznivější počasí v červnu a červenci, tedy v období metání až zrání bylo dostatek vláhy, a tak příjem živin z půdy byl intenzivnější a mohlo být využito více živin v rostlinách. Statisticky významnou závislost ve vztahu modelové výživy k dosaženému sklizňovému výnosu v roce 2011 mohlo ovlivnit srážkově bohatší období v metání až kvetení ozimé pšenice, příjem živin z půdy byl intenzivnější. Dále bylo zjištěno v ostatních šetření, že vztah nabýval již hodnot deprese (tab. č. 23) ve fázi BBCH 31 v roce 2011, ve fázi BBCH 65 v roce 2010, kdy mimo jiné v těchto obdobích odběru vzorků převládal přísušek na většině stanovištích. Domnívám se, že na přesnosti určení optima výživného stavu se převážně podílí dostatek vláhy v půdě.

V souhrnu sledování výživy brambor bylo zjištěno, že metoda N_{\min} je u této plodiny stěžejní, určovala výši korekce pro stanovení jediné základní dávky dusíku aplikované před nebo během sázení. Metoda N_{\min} dále za vegetace sloužila jako ověřovací, informovala o odběru dusíku rostlinami, vypovídala o mineralizaci a celkově o disponibilní zásobě N_{\min} v půdě. Navazující metodou určování výživných stavů brambor byly hodnoceny výsledky anorganických rozborů rostlin podle Čepla a Vokála (1995). Tato diagnostická metoda předpovídala ve všech případech dosažení vyšších výnosů hlíz. V případě, že v roce 2010 bylo dosaženo oblasti naživení B dle diagramu, indikovalo to nedostatek fosforu, přesto výnosy hlíz překračovaly hranici efektivního výnosu 40 t/ha. Výživa brambor v oblasti A a B korespondovala s dosažením vyšších výnosů hlíz. Z toho byly odvozeny na těch stanovištích, kde výnos činil >40 t/ha kritéria pro obsah N_{tot} a P v sušině středních listech ve fázi BBA 35 – 39 a BBA 52 – 61, viz tab. č. 24. Minimální hodnota dusíku na stanovištích s výnosem >40 t/ha byla zjištěna 4,92 % v prodlužovacím růstu a 4,95 % v období tvorby pupat až kvetení. Kritickou hranici obsahu dusíku v sušině listů zjišťovali také Kasal a kol. (2010), kteří dospěli k min.obsahu 4,5 % N v sušině listů středního patra (čtvrtý list od vrcholu).

7 ZÁVĚR

Z dosažených výsledků dvouletého sledování obsahu N_{\min} v půdě a výživného stavu rostlin dusíkem na území východočeského regionu vyplývá:

Počasí mělo dominantní vliv během vegetace na obsah N_{\min} v půdě příjem dusíku rostlinami,

- dynamika zásoby N_{\min} v půdě dominantně korespondovala s vláhovými poměry,
- po zimním zámrazu celého profilu ornice byly na počátku jarní vegetace dobré až velmi dobré zásoby N_{\min} v půdě, především v oblasti Královéhradecka v roce 2011,
- vyšší utilizace dusíku rostlinami převládala za dostatku vláhy, zejména ve druhé polovině vegetace srážkově bohatšího roku 2011.

Vnosy hnojiv zvyšovaly obsahy N_{\min} v půdě a následně výživné stavy rostlin dusíkem,

- vyšší obsahy N_{\min} v období nástupu jarní vegetace byly na stanovištích pšenic po regeneračním přihnojení, na Královéhradecku se krátce na to zvýšily i výživné stavy,
- po použití stájových hnojiv byly zjištěny vyšší obsahy N_{\min} a po následném minerálním hnojení byl patrný priming efekt především v bramborách,
- produkční přihnojení kapalnými hnojivy (DAM 390 apod.) v různých dávkách v ozimých pšenicích následně nezvýšilo obsah N_{\min} v půdě.

Použité diagnostické metody podaly relevantní údaje o výživném stavu rostlin pro další optimalizaci hnojení dusíkem průkazněji v období příznivých vláhových podmínek,

- metoda modelových výnosů podle koncentračních křivek dusíku v sušině rostlin byla ve vztahu ke skutečnému sklizňovému výnosu signifikantní v období kvetení (BBCH 65) ozimých pšenic a zároveň při počtu min. 550 klasů/m²,
- výživa brambor dusíkem pro dosažení efektivního výnosu hlíz 40 t/ha nebyla limitujícím faktorem, udržovala se stále v oblasti A – B podle diagramu,
- metoda zjišťování obsahu N_{\min} v půdě doplňovala do komplexu diagnostických metod informace o podmínkách výživy dusíkem a o jeho odběru rostlinami.

Zemědělské praxi doporučuji využívat komplexu výživářsko-výrobních diagnostických metod pro optimalizaci hnojení a uplatňovat periodické sledování, např. metodou kontrolních stanovišť. Před odběrem vzorků doporučuji informovat se o termínu posledního hnojení.

Výzkumu doporučuji pokračovat v ověřování a v aktualizaci diagnostických metod výživy rostlin. Toho docílit stanovením metodou experimentálních výpočtů korelace a regrese vztahu mezi výživným stavem rostlin a sklizňovým výnosem. Zjištěné závislosti budou podkladem pro další aktualizaci diagnostického optima výživy rostlin.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Baier, J., Baierová, V. 1985. Abeceda výživy rostlin a hnojení. SZN. Praha. 360 s.
- Baier, J., Baierová, V. 1987. Model vývoje výživného stavu pšenice pro různé výnosy. Rostlinná výroba. 33. IVV MZVŽ ČSR. Praha. 33 (4). s. 367-372.
- Baier, J., Smetánková, M., Baierová, V. 1988. Diagnostika výživy rostlin. IVV MZVŽ ČSR. Praha. 284 s.
- Balík, J. 1993. Základy výživy rostlin. IVVZMZe ČR. Praha. 36 s. ISBN: 80-7105-056-3.
- Bergmann, W. Čumakov, A. 1977. Klúč na určovanie porúch vo výžive rastlín. Príroda Bratislava – VEB G. Fischer Verlag. Jena. 296 s.
- Bielek, P. 1984. Dusík v pôde a jeho premeny. Príroda. Bratislava. 135 s.
- Brabenec, J. (ed.). 1977. Příroda Orlických hor a Podorlicka. Okresní muzeum Rychnov nad Kněžnou s Krajským muzeem Hradec Králové, SZN. Praha. 660 s.
- Cerling V. V. 1978. Agrochimičeskie osnovy diagnostiki mineral'nogo pitaniya sel'skochozjajstvennykh kul'tur. Nauka Moskva. 154 s.
- Čepl, J. 2005. Hnojení brambor. VÚB. Havlíčkův Brod. 8 s.
- Čepl, J., Vokál, B. 1995. Hnojení a ochrana brambor v marginálních oblastech. Úroda. 43 (10). 20-21.
- Černý, J., Balík, J., Tlustoš, P., Němeček, R. 1997. Minerální a organický dusík v půdě. In: Sborník ze 3. konference „Racionální použití průmyslových hnojiv“. ČZU. Praha.
- Dvořák, M. 1984. Příjem a pohyb minerálních látek v rostlině. Univerzita Karlova. SPN. Praha. 77 s.
- Fecenko J., Ložek J. 2000. Výživa a hnojenie rásťlin. SPU. Nitra. 345 s.
- Follett, R.F. Delgado, J.A. 2002. Nitrogen fate and transport in agricultural systems. Journal of Soil and Water Conservation. 50 (6). 402-406.
- Geologická mapa ČSSR. 1979. Mapa předčtvrthorních útvarů. Ústřední geologický úřad. Ústřední ústav geologický.
- Haberle, J. 1997. Dostupnost a využití zásoby dusíku z různých hloubek půdního profilu v závislosti na rozvoji kořenového systému. In: Sborník ze 3. mezinárodní konference „Racionální použití průmyslových hnojiv“. ČZU v Praze. Praha. s. 82-84.
- Hamit, A., Ahmad, M. 1993. Priming effects of ¹⁵N-labelled amonium nitrate on uptake of soil N by wheat (*Triticum aestivum* L.) under field conditions. Biology and Fertility of Soils. 15 (4). 297-300.

- Hoegen, B., W. Werner 1991. Chemische und mikrobiologische Charakterisierung des N-Haushalts langjährig begüllter bzw. mineralisch gedüngter Podsolflächen. VDLUFA-Schriftenreihe. 33. Kongressband. 263-268. ISBN: 3-922712-43-6.
- Kandeler, E., Eder, G., Sobotik, M. 1994. Microbial Biomass, N-Mineralization, and the Activities of Various Enzymes in Relation to Nitrate Leaching and Root Distribution in a Slurry-Amended Grassland. *Biology and Fertility of Soils*. 18 (1). 7-12.
- Kasal, P., Čepl, J., Vokál, B. 2010. Hnojení brambor. Praktické informace č. 28. VÚB. Havlíčkův Brod. 23 s.
- Kodíček, M. Biochemické pojmy výkladový slovník [online]. VŠCHT. Praha. 2004. (cit. 2011-12-6). Dostupné z: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002_v1/>.
- Lošák, T., Hlušek, J., Žalud, Z., Trnka, M., Semerádová, D., Dobrovský M. 2008. Výživa rostlin v podmínkách měnícího se klimatu. In: Bulletin sekce úřední kontroly. ÚKZÚZ. Brno. 16 (1). s. 4-10. ISSN: 1212 – 5458.
- Matějková, Š., Kumhálová, J., Lipavský, J. 2010. Evaluation of crop yield under different nitrogen doses of minerál fertilization. *Plant Soil and Environment*. 56 (4). 163-167.
- Matula, J. 1977. Výživa rostlin. IVV MZVŽ ČSR. Praha. 181 s.
- Matula, J. 1987. Agrochemie. VŠZ. Praha. 128 s.
- Mikanová, O., Šimon, T., Cerhanová, D. 2010. Hodnocení kvality půdy biologickými metodami. VÚRV. Praha. 22 s. ISBN: 978-80-7427-044-4.
- Miransari M., Mackenzie, A.F. 2010. Wheat grain nitrogen uptake, as affected by soil total and mineral nitrogen, for the determination of optimum nitrogen fertilizer rates for wheat production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 41 (13). 1644-1653.
- Moeller, K., Stinner., W. 2009. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *European Journal of Agronomy* 30. 1-16.
- Mosier, A.R., Duxbury, J.M., Trendy, J.R., Henemeer, O., Minami, K. 1996. Nitrous oxide emissions from agricultural fields: Assessment, measurement and mitigation. *Plant Soil*. 181 (1). 95-108.
- Mráz, J. 2009. Listová výživa dokáže řešit problémy. *Úroda*. 57 (3). 80-81.
- Neuberg, J. (ed.). 1990. Komplexní metodika výživy rostlin. ÚVTIZ. Praha. 327 s.
- Nyle, C.B., Ray, R.W. 2002. *The Nature and Properties of Soil*. Prentice Hall. New Jersey. 960 s.

- Petr, J., Brychtová, H. 1985. Vliv počasí na tvorbu výnosu obilnin. In: Počasí a výnosy hlavních plodin. SZN. Plzeň. s. 47-55.
- Richter, R. 1997. Půdní úrodnost. IVVV MZe ČR. Praha. 36 s.
- Richter, R., Hlušek, J. 1996. Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití. IVVZMz ČR. Praha. 50 s. ISBN: 80-7105-121-7.
- Richter, R., Hlušek, J. 1999. Výživa a hnojení rostlin. MZLU. Brno. 187 s. ISBN: 80-7221-130-8.
- Richter, R. Hřivna, L. 2000. Regenerační hnojení ozimé pšenice a ozimé řepky. Agromagazín. 1 (3). 19-21. ISSN: 1212-667.
- Richter, R., Hlušek, J., Ryant, P., Lošák, T. 2002. Organická hnojiva a jejich postavení v zemědělské praxi. Úroda 50 (9). s. 9-12.
- Richter, R., Hlušek, J. 2003. Půdní úrodnost. ÚZaPI. Praha. 44 s.
- Richter, R., Hlušek, J. 2006. Využití dusíku rostlinami z aplikovaných hnojiv. In: Sborník z konference „Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv“. VÚRV. Praha. s. 5-14. ISBN: 80-86555-96-8.
- Ryers, R.S.R., Branson, R.L. 1973. Nitrates in the Upper Santa Ana Rives Basin in relation to groundwater pollution. Berkley. Calif. In: Bielek, P. 1984. Dusík v půdě a jeho premeny. Příroda. Bratislava. 135 s.
- Sharifi, M., Zebarth, B.J., Burton, D.L., Grant, C.A., Porter, G.A., Cooper, J.M., Leclerc, Y., Moreau, G., Arsenault, W.J. 2007. Evaluation of laboratory-based measures of soil mineral nitrogen and potentially mineralizable nitrogen as predictors of field-based incidences of soil nitrogen supply in potato production. Plant and Soil. 301 (1). 203-214.
- Statistické ročenky, výkazy osetých ploch a sklizní [on-line]. ČSÚ. (cit. 2011-11-29). Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/zemedelstvi_zem>.
- Stevenson, F.J. 1965. Gross chemical fractionation of organic matter. In: Bartholomew, W.H., Clarke, F.E. Soil nitrogen. Madison. Wisconsin. 309-315.
- Šimek, M. 2000. Nitrifikace v půdě – terminologie a metodologie (studie). In: Rostlinná výroba. 46 (9). 385 – 395.
- Škarda, M. 1982. Hospodaření s organickými hnojivy. SZN. Praha. 1982. 328 s.
- Tesař J., Vaněk, V. 1992. Výživa rostlin a hnojení. VŠZ. Praha. 151 s.
- Torma, S. 2005. Dusík nenahraditelný prvek v půdě a rostlině. Agro. 10 (1). s. 27-29.
- Trčková, M., Raimanová, I., Svoboda, P. 2009. Listová výživa obilnin. VÚRV. Praha. 39 s. ISBN: 978-80-7427-030-7.

- Úlehlová, B. 1989. Koloběh dusíku v travních ekosystémech. Academia. Praha. 112 s.
- Vacek, J. 2010. Principy dusíkatého hnojení a kořenová soustava brambor. Úroda. 58 (11). 46-48. ISSN: 0139-6013.
- Vaněk, P. 1989. Výsledky a využití kontrolních stanovišť diagnostiky výživy pšenice ozimé v podmínkách okr. Semily. ČSVTS při Agropodniku-SP. Lomnice nad Popelkou. 64 s.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. 176 s. ISBN: 976-80-86726-25-0.
- Vokál, B. (ed.). 2000. Brambory. Agrospoj. Praha. 245 s.
- Vokál, B., Čepl, J., Čížek, M., Domkářová, J., Hausvater, E., Rasocha, V., Diviš, J., Hamouz, K. 2004. Technologie pěstování brambor (Rozhodovací systém pro optimalizaci pěstitelských technologií u jednotlivých užitkových směrů brambor). ÚZPI. Praha. 91 s. ISBN: 80-7271-155-5.
- Vostál, J. 1983. Sledování dynamiky minerálního dusíku v půdách vybraných stanovišť. In: Sb. Optimalizace využití dusíku na tvorbu výnosů. ČSAZ. 109-114.
- Vostal, J., Matousch, O. 1988. Bilance dusíku v zemědělství. I. Část: Aktivní složky, VŠZ. Praha. 104 s.
- Wheatley, R.E., Ritz, K. 1995. Dynamics of mineral nitrogen in soils supporting potato crops. Biology and Fertility of Soils. 19 (1). Springer-Verlag. 36-40.
- Zelený, F. 1984. Reakce plodin na hnojení stopovými prvky. In: Nové poznatky ve výživě rostlin stopovými prvky. Sborník referátu odborného školení. Brno. s. 25 – 29.
- Zimolka, J. (ed.). 2005. Pšenice, pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press. Praha. 179 s. ISBN: 80-86726-09-6
- Žalmanová, A. Analýza statkových a organických hnojiv [online]. ÚKZÚZ. 16. listopadu 2010 (cit. 2011-11-29). Dostupné z: <<http://www.ukzuz.cz/.../161872-7-Analyza+statkovych+a+organickych+hnojiv.pdf>>.

Normy a zákony

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, v platném znění.

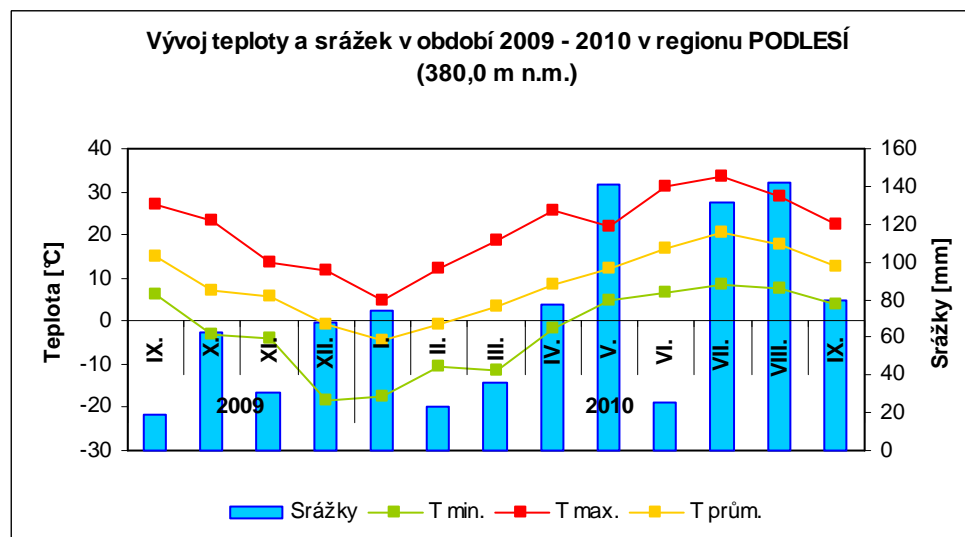
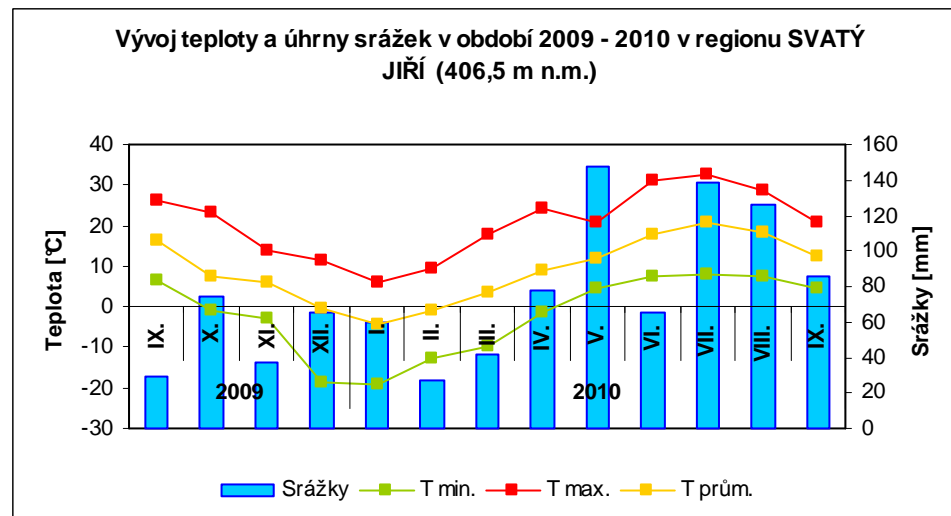
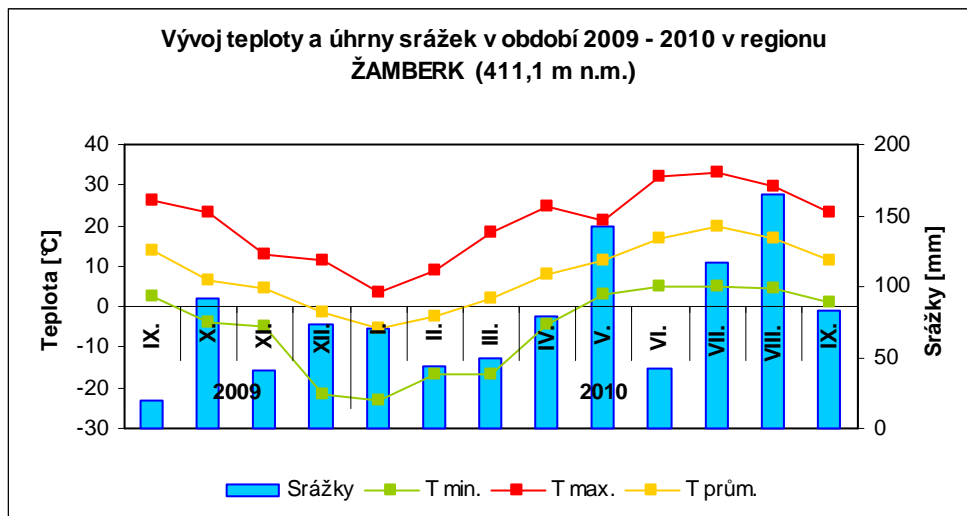
Ústní sdělení

Růžek, P. 2012. Dynamika N_{\min} v půdě v letech 2010 až 2011. Ruzyňský den výživy a agrotechniky. VÚRV Praha. 28. února 2012.

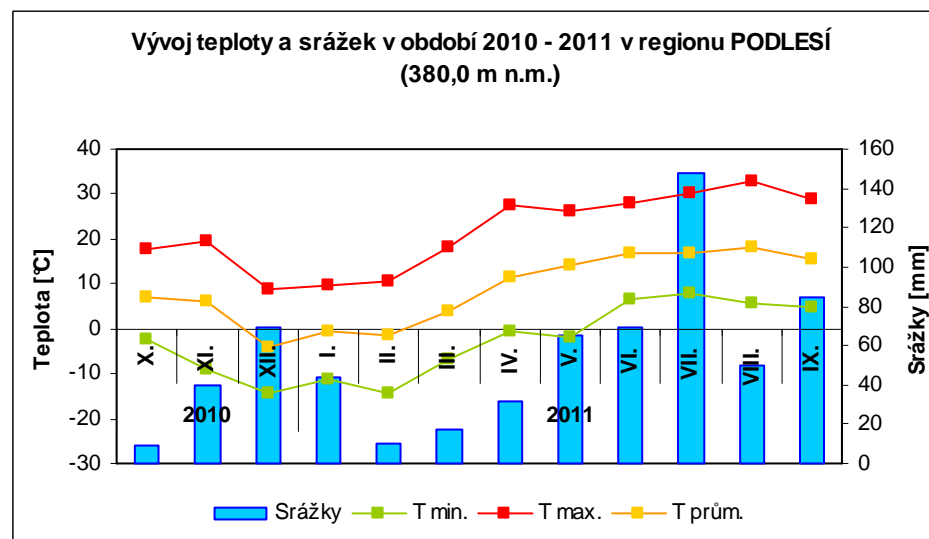
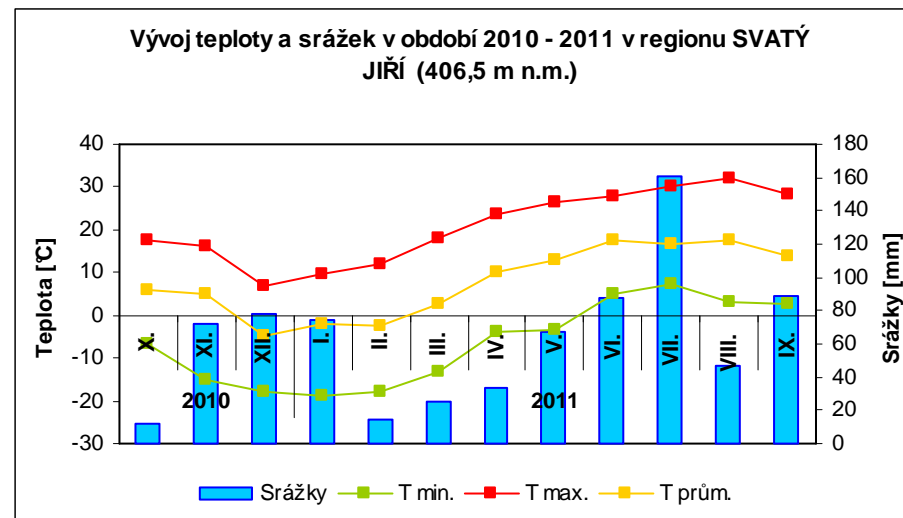
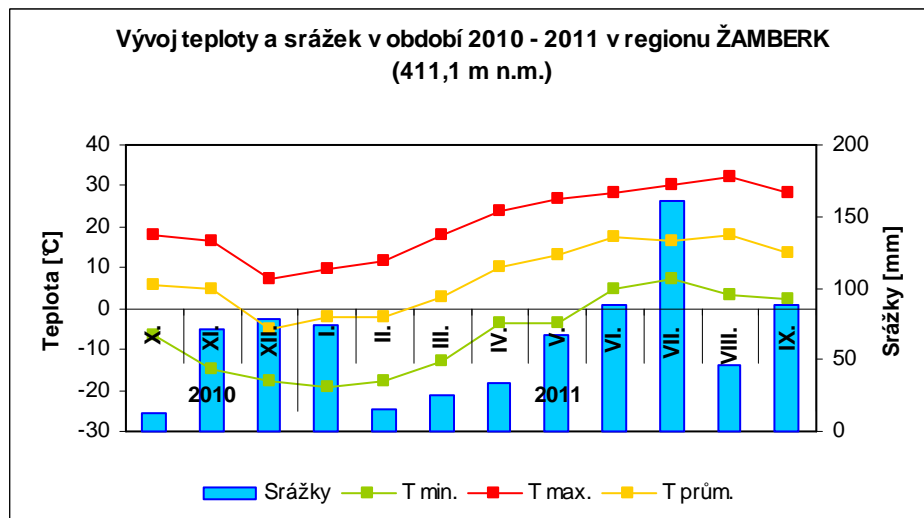
9 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1: Průběh teploty a úhrn srážek podle jednotlivých měsíců v období září 2009 až září 2010
- Příloha č. 2: Průběh teploty a úhrn srážek podle jednotlivých měsíců v období říjen 2010 až září 2011
- Příloha č. 3: Způsob odběru vzorků půdy na obsahu $N_{\min.}$ v hrůbku za vegetace brambor.
- Příloha č. 4: Matematický vzorec pro přepočet výsledku analýzy obsahu $N_{\min.}$ v mg/kg zeminy na zásobu $N_{\min.}$ v kg na ploše 1 ha
- Příloha č. 5: Použitá ostatní hnojiva na sledovaných stanovištích v roce 2010
- Příloha č. 6: Použitá ostatní hnojiva na sledovaných stanovištích v roce 2011
- Příloha č. 7: Použití fenologické stupnice obilnin a brambor pro potřeby diagnostiky výživy rostlin

Příloha č. 1: Průběh teploty a úhrn srážek podle jednotlivých měsíců v období září 2009 až září 2010

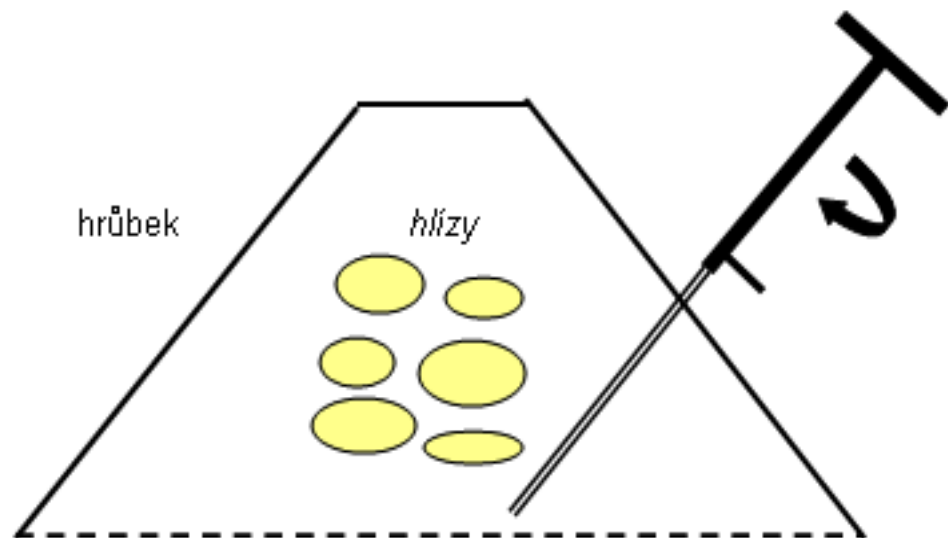


Příloha č. 2: Průběh teploty a úhrn srážek podle jednotlivých měsíců v období říjen 2010 až září 2011



Příloha č. 3: Způsob odběru vzorků půdy na obsahu $N_{\min.}$ v hrůbku za vegetace brambor

Ruční sondovací tyč (agrochemická sondýrka) se žlábkovým hrotem pro odběr zeminy z ornice, tj. z definované hloubky 0 – 30 cm.



Technika odběru vzorků zeminy na obsah $N_{\min.}$ v půdě z ornice (0-30cm) za vegetace brambor

**Příloha č. 4: Matematický vzorec pro přepočet výsledku analýzy
obsahu $N_{\min.}$ v mg/kg zeminy na zásobu $N_{\min.}$ v kg na ploše 1 ha**

$$N \text{ (kg/ha)} = \frac{N_{\min.} \text{ (mg/kg)} * \rho \text{ (g/ml)} * H * [100 - S]}{100}$$

Legenda: ρ = měrná hmotnost půdy (lehká = 1,3; střední = 1,5; těžká = 1,7)
 H = hloubka ornice (dm)
 S = skeletovitost půdy (%)

Příloha č. 5: Použitá ostatní hnojiva na sledovaných stanovištích v roce 2010

Stanoviště	Období použití	Hnojivo	
		Typ	Dávka na 1 ha
PŠENICE OZIMÁ			
Libčany	ve fázi BBCH 31	Mikrokomplex Cu-Mn-Zn	1,0 l
	ve fázi BBCH 50	Hořká sůl 6 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	12 kg
Rožnov	před setím IX./2009	ESTA Kieserit, 25 % MgO, 20 % S	150 kg
	ve fázi BBCH 32	Mikrokomplex Cu-Mn-Zn	
	ve fázi BBCH 47	Hořká sůl 6 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	12 kg
Světlí	ve fázi BBCH 32	Mikrokomplex Cu-Mn-Zn	1,0 l
	ve fázi BBCH 47	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	10 kg
BRAMBORY KONZUMNÍ			
Žamberk	14 dní před sázením	Draselná sůl, 60 % K ₂ O	300 kg
	14 dní před sázením	ESTA Kieserit, 25 % MgO, 20 % S	200 kg
	14 dní před sázením	Amofos 12-52, 12 % N, 52 % P ₂ O ₅	100 kg
	ve fázi BBA 40	PK sol, 20 % P ₂ O ₅ , 24 % K ₂ O	3,0 l
	ve fázi BBA 50	PK sol, 20 % P ₂ O ₅ , 24 % K ₂ O	3,0 l
	ve fázi BBA 40	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg
	ve fázi BBA 50	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg
Kláštorec nad Orlicí	14 dní před sázením	Draselná sůl, 60 % K ₂ O	200 kg
	ve fázi BBA 40	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg
	ve fázi BBA 50	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg

Příloha č. 6: Použitá ostatní hnojiva na sledovaných stanovištích v roce 2011

Stanoviště	Období použití	Hnojivo	
		Typ	Dávka na 1 ha
PŠENICE OZIMÁ			
Sloupnice	X. 2010	Dolomitický vápenec, min. 85 % CaCO ₃ + MgCO ₃	1,60 t
Dlouhá Ves	X. 2010	Dolomitický vápenec, min. 85 % CaCO ₃ + MgCO ₃	1,40 t
Libčany	ve fázi BBCH 31	Mikrokomplex Cu-Mn-Zn	1,0 l
Rožnov	ve fázi BBCH 32	Mikrokomplex Cu-Mn-Zn	1,0 l
	ve fázi BBCH 50	Hořká sůl 7 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	14 kg
Světí	ve fázi BBCH 32	Mikrokomplex Cu-Mn-Zn	1,0 l
	ve fázi BBCH 47	Hořká sůl 6 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	12 kg
Nechanice	po sklizni předplodiny	Vápnění cukrovarnickou šámou	6,0 t
BRAMBORY KONZUMNÍ			
Žamberk	14 dní před sázením	Draselná sůl, 60 % K ₂ O	300 kg
	14 dní před sázením	ESTA Kieserit, 25 % MgO, 20 % S	200 kg
	14 dní před sázením	Polidap 18-46, 18 % N, 46 % P ₂ O ₅ , 5 % S	100 kg
	ve fázi BBA 40	PK sol, 20 % P ₂ O ₅ , 24 % K ₂ O	3,0 l
	ve fázi BBA 50	PK sol, 20 % P ₂ O ₅ , 24 % K ₂ O	3,0 l
	ve fázi BBA 40	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg
	ve fázi BBA 50	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg
Klášteřec nad Orlicí	14 dní před sázením	Draselná sůl, 60 % K ₂ O	200 kg
	ve fázi BBA 40	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg
Mžany	ve fázi BBA 40	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg
	ve fázi BBA 50	Hořká sůl 5 % roztok, 16 % MgO, 13 % S	20 kg

Příloha č. 7: Fenologická stupnice obilnin a brambor

Fenologická stupnice obilnin (BBCH)	Fenologická stupnice brambor (BBA)
Klíčení	00 hlíza nenarašena
00 suchá obilka	01 klíčky vyrašené, délka max. 2 mm
01 začátek bobtnání (absorpce vody)	05 hlíza naklíčená, klíčky větší jak 2 mm
03 nabobtnaná obilka	09 pokročilá fáze klíčení, tvorba kořínků
05 viditelný primární kořen	11 klíčky na povrchu půdy
07 objevení koleoptile	15 vývin prvních listů
09 list právě u vršku koleoptile	21 vývoj dalších listů
Vzcházení	25 objevení se dalších stonků
10 1. list vyrostlý z koleoptile	31 počátek prodlužovacího růstu (cca 15 cm)
11 1. list vyvinutý	35 plný prodlužovací růst (cca 25 cm)
12 2. list vyvinutý	39 konec prodlužovacího růstu (nad 25 cm)
13 3. list vyvinutý	41 první rostliny v sousedních řádcích se dotýkají
14 4. list vyvinutý	49 porost je uzavřen
15 5. list vyvinutý	51 rostlina začíná tvořit poupata
16 6. list vyvinutý	52 tvorba pupat ukončena
17 7. list vyvinutý	61 počátek kvetení
18 8. list vyvinutý	65 plné kvetení
19 9. nebo více listů vyvinutých	69 kvetení ukončeno
Odnožování	71 počátek nasazování bobulí
20 pouze hlavní stéblo	75 plné nasazování bobulí
21 hlavní stéblo + 1 odnož	79 první bobule odpadávají
22 hlavní stéblo + 2 odnože	81 první listy žlutnou
23 hlavní stéblo + 3 odnože	83 polovina listů zežloutla
24 hlavní stéblo + 4 odnože	85 listy převážně žluté, stonky počínají žloutnout
25 hlavní stéblo + 5 odnoží	87 stonky zažloutlé
26 hlavní stéblo + 6 odnoží	89 rostlina plně odumřelá
27 hlavní stéblo + 7 odnoží	91 hlízy ještě nemají pevnou slupku
28 hlavní stéblo + 8 odnoží	95 hlízy mají pevnou slupku
29 hlavní stéblo a 9 nebo více odnoží	99 hlízy odloučené od stonků
Sloupkování	
30 Vzpřímení neprav. stébla, veg. vrchol o 1 cm	
31 1. kolénko hmatatelné	
32 2. kolénko hmatatelné	
33 3. kolénko hmatatelné	
34 4. kolénko hmatatelné	
35 5. kolénko hmatatelné	
36 6. kolénko hmatatelné	
37 objevení posledního listu	
39 objevení jazýčku posledního listu	
Naduřování listové pochvy	
41 objevení se pochvy posledního listu	
43 začátek naduřování pochvy posledního listu	
45 naduřelá pochva posledního listu	
47 rozevřená pochva posledního listu	
49 objevení osin	
Metání	
51 První klásky klasu viditelné	
53 klasu vymetána	
55 ½ klasu vymetána	
57 ¾ klasu vymetány	
59 celý klas vymetán	
Kvetení	
61 začátek kvetení	
65 plné kvetení	
69 konec kvetení	
Dále: Mléčná zralost, Vosková zralost, Zrání	

Pozn.: Stupnice pro ozimou pšenici uvedena pouze do období poslední diagnostiky výživy. Červeně vyznačené růstové fáze uvádějí období periodického či bodového sledování výživného stavu rostlin během vegetace. Modře růstové fáze uvádějí orientační rozpětí období odběru vzorků na obsah N_{min} v půdě za vegetace.