

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin

Bilance N po aplikaci čistírenských kalů v dlouhodobých
stacionárních pokusech

Diplomová práce

Vedoucí práce : prof. Ing. Jiří Balík, CSc.

Autor práce : Bc. Kamila Lindauerová

2009

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Bilance N po aplikaci čistírenských kalů v dlouhodobých stacionárních pokusech“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Praze dne 9. dubna 2009

.....

podpis autora práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Jiřímu Balíkovi, Csc. za odbornou pomoc, vstřícnost a vysokou profesionalitu při odborném vedení, dále bych chtěla poděkovat doc. Ing. Ivaně Capouchové, CSc. a Ing. Matyášovi Orsákovi, Ph.D. za ochotu a poskytnutí cenných rad.

AUTHOR'S REPORT

The diploma thesis “The Balance of N after Sewage Sludge Application in Long Term Field Experiments “ has carried out a research into the yields of winter wheat, spring barley and potatoes, nitrogen contents and its absorption by these crops. The work analyses records of the long-term experiments kept over the period of 9 years, assessing figures from five locations with different soil and climate conditions.

The main goal was to monitor the influence of different fertilising systems on the yields, the content of nitrogen in these plants and the absorption of the nitrogen by the crops in different soil and climate conditions. The thesis was mainly focused on the issue of sewage sludge.

The experiment was started at experimental establishments of the Czech Agriculture University in 1997. The results of these experiments were compiled in years 1997 – 2005. Potatoes (mutation Karin), winter wheat (mutation Samanta) and spring barley (mutation Akcent) were grown in patches in three-phase rotation of crops. In the location Červený Újezd the potatoes were replaced by maize for silage. The area of the patches varied from 60 to 80 sqm. The experiments were established in five locations: Červený Újezd – a production area of beet, Hněvčeves – a production area of beet, Humpolec – a production area of potatoes, Lukavec – a production area of potatoes and Suchdol – a production area beet.

Only the first crop in the rotation system is fertilised by organic fertilisers, and thus the potatoes (or optionally the maize) are monitored in terms of the direct impact of the application of organic fertilisers, whereas with the winter wheat and spring barley the subsequent influence is evaluated. Nitrogen doses in the fertilisers are given in the following chart:

A scheme of the experiment:

o.n.	option	potatoes	winter wheat	spring barley
1	kontrola (check-up)	0	0	0
2	kal 1 (sludge)	330 kg N	0	0
3	kal 3	990 kg N	0	0
4	manure	330 kg N	0	0
5	N	120 kg N	140 kg N	70 kg N
6	N + straw	120 kg N + straw	140 kg N	70 kg N

The entire system was based on a unified dose of nitrogen so that the total dose of nitrogen in 3 years (potatoes + winter wheat + spring barley) amounted to 330 kg N/ha. This includes the organic as well as mineral fertilisers, or perhaps the combination of the two. Only the option ka3, 990 kg N/ha was delivered in the form of sewage sludge.

Conclusions from the experiments results (years 1997 – 2005)

- In most locations the sewage sludge affected the yields of potato bulbs more than the manure, apart from the location Humpolec where the option fertilised by manure meant a significant increase of the yields compared to the sewage sludge.
- Fertilising the potatoes by straw with added nitrogen at the same dose as with the option fertilised by nitrogen only, resulted in a 10 % depression of potato bulbs yields.
- Fertilising by sewage sludge brought about the increase in the content of nitrogen in the potato bulbs, compared to the dose of nitrogen in the manure.
- Fertilising the wheat by sewage sludge achieves significantly higher yields in the subsequent impact than when using the manure. Only in a less productive location of Lukavec, the subsequent influence of the manure used was 1 % more efficient for the wheat grain yields.
- Mineral-fertilised options, on average 9-year repetition in five locations reached higher yields of the wheat grain than the options fertilised by the sewage sludge.
- Subsequent influence of the sewage sludge on the nitrogen content in the grain of the wheat was bigger than the efficiency of manure with the same content of nitrogen.
- The highest effect on increase in the nitrogen content in grain of the spring barley was caused by nitrogen applied directly to the barley in mineral fertilisers.

Key words:

- Nitrogen
- Fertilising
- Sewage sludge
- Balance
- Environmental

AUTORSKÝ REFERÁT

Diplomová práce „Bilance N po aplikaci čistírenských kalů v dlouhodobých stacionárních pokusech“ zkoumá výnosy ozimé pšenice, jarního ječmene a brambor, obsahy dusíku a odběry dusíku těmito plodinami. Práce vyhodnocuje podklady dlouhodobých pokusů v délce trvání 9 let, přičemž zpracovává hodnoty z pěti stanovišť s různými půdně-klimatickými podmínkami.

Cílem práce bylo sledovat vliv různých systémů hnojení na výnosy, obsah dusíku v rostlinách a odběr dusíku sklizněmi v různých půdně-klimatických podmínkách. Těžiště práce bylo zaměřeno zejména na problematiku čistírenských kalů.

Experiment byl založen na pokusných stanicích České zemědělské univerzity v roce 1997. Výsledky pokusů jsou zpracovány z období let 1997 až 2005. Na parcelkách byly pěstovány v tříhonném osevním sledu brambory (odrůda Karin), ozimá pšenice (odrůda Samanta) a jarní ječmen (odrůda Akcent). Na stanovišti Červený újezd jsou brambory nahrazeny kukuřicí na siláž. Velikost parcel se pohybuje od 60 do 80 m². Pokusy jsou založeny na pěti stanovištích: Červený Újezd - výrobní oblast řepařská, Hněvčeves - výrobní oblast řepařská, Humpolec - výrobní oblast bramborářská, Lukavec - výrobní oblast bramborářská a Suchdol - výrobní oblast řepařská.

Organickými hnojivy je hnojeno pouze k první plodině v osevním sledu, proto je u brambor (resp. Kukuřice) sledováno přímé působení aplikace organických hnojiv, u ozimé pšenice a jarního ječmene působení následné. Dávky dusíku v hnojivech u jednotlivých variant uvádí tabulka:

Schéma pokusu:

č.v.	varianta	brambory	ozimá pšenice	jarní ječmen
1	kontrola	0	0	0
2	kal 1	330 kg N	0	0
3	kal 3	990 kg N	0	0
4	hnůj 1	330 kg N	0	0
5	N	120 kg N	140 kg N	70 kg N
6	sláma + N	120 kg N + sláma	140 kg N	70 kg N

Celý systém byl založen na jednotné dávce dusíku tak, aby celková dávka dusíku za 3 roky (brambory + ozimá pšenice + jarní ječmen) činila 330 kg N/ha. To platí pro organická i minerální hnojiva, popřípadě jejich kombinaci. Pouze u varianty kal 3 bylo dodáno 990 kg N/ha ve formě čistírenských kalů.

Závěry z výsledků pokusů (období 1997 – 2005)

- Čistírenský kal měl na většině stanovišť větší vliv na výnos hlíz brambor než hnůj, kromě stanoviště Humpolec, kde varianta hnojená hnojem zaznamenala výrazného zvýšení výnosu v porovnání s kalem.
- Hnojení brambor slámou s přidavkem dusíku ve stejné dávce jako u varianty hnojené pouze dusíkem se projevilo depresí výnosu hlíz o 10%.
- Hnojení čistírenskými kaly se projevilo zvýšením obsahu dusíku v hlízách brambor v porovnání s dávkou N ve hnoji.
- Hnojení pšenice čistírenským kalem v následném působení dosahuje výrazně vyšších výnosů, než při použití hnoje. Pouze na méně úrodném stanovišti Lukavec bylo využito následné působení hnoje pro tvorbu výnosu zrna pšenice o necelé 1% lépe.
- Minerálně hnojené varianty, v průměru 9 let opakování na pěti stanovištích dosáhly vyšších výnosů zrna pšenice než varianty hnojené kaly.
- Následné působení kalu na obsah dusíku v zrně pšenice bylo větší než působení hnoje se stejným obsahem dusíku.
- Nejvyšší vliv na zvýšení obsahu dusíku v zrně jarního ječmene měl dusík aplikovaný přímo k ječmeni v minerálních hnojivech.

Klíčová slova:

- dusík
- hnojení
- čistírenské kaly
- bilance
- environment

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE	2
2.1.	Dusík	2
2.1.1.	Chemická a fyzikální charakteristika dusíku	2
2.1.2.	Koloběh dusíku	3
2.1.3.	Dusík v půdě	5
2.1.3.1.	Zdroje	5
2.1.3.2.	Ztráty	9
2.1.3.3.	Amonizace	10
2.1.3.4.	Nitrifikace	12
2.1.3.5.	Denitrifikace	14
2.1.3.6.	Imobilizace	15
2.1.3.7.	Fixace dusíku	16
2.1.4.	Dusík v rostlině	17
2.1.4.1.	Dusík v obilce	19
2.1.4.2.	Dusík v hlíze	20
2.1.4.3.	Význam dusíku pro rostlinu	21
2.1.4.4.	Nedostatek dusíku	21
2.1.4.5.	Nadbytek dusíku	22
2.2.	Pěstitelská charakteristika plodin	23
2.2.1.	Pěstitelská charakteristika pšenice	23
2.2.2.	Pěstitelská charakteristika ječmene	25
2.2.3.	Pěstitelská charakteristika kukuřice	26
2.2.4.	Pěstitelská charakteristika brambor	27
2.3.	Hnojení dusíkem	28
2.3.1.	Hnojení jednotlivých plodin	30
2.3.2.	Vliv hnojení na výnos a obsah dusíku v rostlinách	33
2.4.	Hnojiva	35
2.4.1.	Ledek amonný s vápencem	35
2.4.2.	Organická hnojiva	36
2.5.	Čistírenské kaly	39
2.5.1.	Produkce kalů	39

2.5.2.	Složení čistírenských kalů	40
2.5.3.	Využití kalů	41
2.5.4.	Zpracování, stabilizace a hygienizace kalů	43
2.5.5.	Rizikové látky v kalech	45
2.6.	Legislativa	47
2.6.1.	Závazné mezinárodní předpisy	48
2.6.2.	Nitrátová směrnice v legislativě ČR	48
2.6.3.	Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech	48
2.6.4.	Zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech, novelizovaný z.č. 9/2009 Sb., ...	49
2.6.5.	Kalová vyhláška	50
3	CÍL	52
4	METODIKA	52
4.1.	Charakteristika pokusu	52
4.2.	Půdní a klimatická charakteristika stanovišť	53
4.3.	Chemická analýza rostlinného materiálu	55
5	VÝSLEDKY A DISKUSE	56
5.1.	Výnosy	57
5.1.1.	Výnos zrna pšenice	57
5.1.2.	Výnos zrna ječmene	59
5.1.3.	Výnos hlíz brambor	60
5.2.	Obsahy dusíku	63
5.2.1.	Obsah dusíku v zrně pšenice	63
5.2.2.	Obsah dusíku v zrně ječmene	64
5.2.3.	Obsah dusíku v hlízách brambor	66
5.3.	Odběry dusíku	68
5.3.1.	Odběr dusíku zrnem pšenice	68
5.3.2.	Odběr dusíku zrnem ječmene	69
5.3.3.	Odběr dusíku hlízami brambor	70
5.4.	Odběry zrnem a slámou	72
5.4.1.	Odběr dusíku zrnem a slámou pšenice	72
5.4.2.	Odběr dusíku zrnem a slámou ječmene	73
6	ZÁVĚR	74
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	76
8	PŘÍLOHY	

SEZNAM PŘÍLOH:

Tabulky 1 – 85	Výsledky pokusu z jednotlivých stanovišť
Tabulka 1 – 5	výnos zrna ozimé pšenice
Tabulka 6 – 10	výnos slámy ozimé pšenice
Tabulka 11 – 15	obsah dusíku v zrně ozimé pšenice
Tabulka 16 – 20	obsah dusíku ve slámě ozimé pšenice
Tabulka 21 – 25	odběr dusíku zrnem ozimé pšenice
Tabulka 26 – 30	odběr dusíku slámou ozimé pšenice
Tabulka 31 – 35	odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice
Tabulka 36 – 40	výnos zrna jarního ječmene
Tabulka 41 – 45	výnos slámy jarního ječmene
Tabulka 46 – 50	obsah dusíku v zrně jarního ječmene
Tabulka 51 – 55	obsah dusíku ve slámě jarního ječmene
Tabulka 56 – 60	odběr dusíku zrnem jarního ječmene
Tabulka 61 – 65	odběr dusíku slámou jarního ječmene
Tabulka 66 – 70	odběr dusíku zrnem a slámou jarního ječmene
Tabulka 71	výnos biomasy kukuřice
Tabulka 72 – 75	výnos sušiny hlíz brambor
Tabulka 76	obsah dusíku v biomase kukuřice
Tabulka 77 – 80	obsah dusíku v hlízách brambor
Tabulka 81	odběr dusíku biomasou kukuřice
Tabulka 82 – 85	odběr dusíku slámou hlízami brambor
Tabulky 86 - 102	Průměrné výsledky plodin ze všech sledovaných stanovišť
Tabulka 86 - 92	průměrné výsledky ozimé pšenice z 5 stanovišť
Tabulka 93 - 99	průměrné výsledky jarního ječmene z 5 stanovišť
Tabulka 100 - 102	průměrné výsledky brambor ze 4 stanovišť

1 ÚVOD

Rozumné hospodaření v krajině je podmínkou udržitelného rozvoje zemědělství. Předpokládá uchovávání, nebo alespoň únosnou spotřebu neobnovitelných zdrojů. Z tohoto pohledu je nutné si přiznat, že současné hospodaření s půdou je nevhodné, a mnohdy má jednostranné využívání a malá péče za následek zhoršování některých parametrů půdy, které snižují její přirozené funkce. Tím se postupně omezuje schopnost obnovy půdní úrodnosti, mající za následek celkový pokles výnosů a kvality produkce.

Bylo již mnohokrát konstatováno a upozorňováno, že pokud značně poklesne půdní úrodnost, její obnova je obtížná, nákladná a vyžaduje dlouhodobé úsilí. Měli bychom proto hospodařit tak, aby byly zajištěny potřebné podmínky pro reprodukci půdní úrodnosti. Dostatečná půdní úrodnost je zárukou stabilních a kvalitních sklizní i za méně příznivých povětrnostních podmínek, protože rostliny snáze překonávají stresová období.

Jedním z nejvýznamnějších prvků, který ovlivňuje produkci plodin je dusík. Dusík se podílí velmi významně na výnosu i kvalitě produkce. Projevuje se na jedné straně jako intenzifikační faktor, na straně druhé však může poškozovat životní prostředí (vyplavením do podzemních vod), a proto musíme potřebnou dávku v hnojivech poměrně přesně stanovovat. Také formě, způsobu a termínu aplikace dusíku je nutné věnovat velkou pozornost. Velmi důležitá je využitelnost živiny – schopnost rostlin přijmout dusík ve dané formě z konkrétního hnojiva.

Značně omezené hnojení, které zatím většina zemědělských podniků uskutečňuje již delší období (od roku 1992), vede k odčerpávání živin z půdní zásoby. Pochopitelně tam, kde byly vysoké zásoby některé živiny v půdě, je omezené hnojení oprávněné, ale na většině stanovišť se půdy vyčerpávají a snižuje se jejich výnosový potenciál (Vaněk et al., 1997b).

Díky rozvoji oborů a změně legislativy, došlo k podstatnému zvýšení procenta čištění odpadních vod z 69% v roce 1991 na 95 % v roce 2000. S tím je spojen nárůst produkce čistírenských kalů. Otázkou zůstává jejich likvidace. Je snaha o jejich využití pro hnojení na zemědělské půdě, případně pro kompostování. Výrazná legislativní podpora využití čistírenských kalů je vyjádřena v zákonech č. 185/2001 Sb., o odpadech, z. č. 156/1998 Sb., o hnojivech a vyhlášce MŽP č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě, které stanoví podmínky používání kalů z ČOV k hnojení na zemědělské půdě či jejich využití při výrobě kompostů.

Upravené kaly, jakožto odpady využitelné na zemědělské půdě jsou svým obsahem živin podobné některým organickým hnojivům a jsou přínosem pro výživu rostlin. Proto také byla kontrola využívání upravených kalů zařazena do věcné působnosti zákona o hnojivech a způsob použití na zemědělské půdě je v zásadě obdobný jako u používání statkových hnojiv (Budňáková, 2005).

Čistírenský kal využitý k hnojení je výrazným donorem organické hmoty, živin, ale také rizikových prvků. Využití čistírenských kalů má 2 výrazná pozitiva – ekologická likvidace čistírenského kalu považovaného za odpad z čištění odpadních vod, a významný zdroj organické hmoty a živin. Pokud tato pozitiva převýší nad negativním aspektem, jež představuje obsah rizikových prvků v kalech z ČOV, je použití těchto kalů jistě cestou k udržitelnému způsobu hospodaření a součástí péče o biosféru.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1. Dusík

Dusík je makrobiogenním prvkem, který ze všech nejčastěji limituje produkci plodin a působí současně nejvíce environmentálních problémů.

Celkové množství dusíku na naší planetě se odhaduje na $2,17 \times 10^{17}$ tun. Je soustředěn hlavně v litosféře, ale pro koloběh dusíku v přírodě má největší význam dusík atmosféry. Volný dusík tvoří ve vzduchu dominantní složku a jeho podíl činí 75,51 % hmotnostních, tj. 78,08 % objemových. Převážně jde o elementární plynný dusík N_2 (Vaněk et al., 2002).

2.1.1. Chemická a fyzikální charakteristika dusíku

DUSÍK - N (*lat. Nitrogenium*), je plynný chemický prvek, tvořící hlavní složku zemské atmosféry. Patří mezi biogenní prvky, které jsou základními stavebními kameny živé hmoty.

Byl objeven roku 1772, v roce 1777 ho pojmenoval Francouz Antoine Lavoisier jako *azote*, což znamená dusivý plyn. Po té co bylo zjištěno, že je kyselina dusičná odvozena od dusíku, navrhl Chaptal název *nitrogéne* - ledkotvorný, který se udržel v latinském označení *nitrogenium*.

Dusík náleží do skupiny V.A. – nekovy. Přírodní dusík sestává ze dvou izotopů ^{14}N a ^{15}N , z nichž druhý je zastoupen pouze asi z 0,37% (Dolejšková et al., 2008).

Vlastnosti

Dusík je plyn bez barvy, chuti a zápachu. Není toxický ani jinak nebezpečný. Volný dusík tvoří dominantní složku ovzduší, mnohem menší část je vázána ve sloučeninách

Dusík je v atmosféře tvořen dvouatomovými molekulami spojené trojnou vazbou, která je velmi pevná. Tato trojná vazba má za následek jeho nízkou reaktivitu - je inertním plynem. Vzhledem k tomu ztelně reaguje s jinými prvky jen za vysokých teplot, případně za použití katalyzátorů. Za vysokých teplot se dusík slučuje s většinou prvků (např. s kyslíkem okolo teploty 2 500°C) (Dolejšková et al., 2008).

Za normální teploty dochází k reakcím dusíku pouze prostřednictvím některých půdních mikroorganismů, kdy je produktem pravděpodobně amoniak a přesný mechanismus reakcí zatím není znám (Dolejšková et al., 2008).

Naproti tomu atomární dusík je velmi reaktivní a nelze ho uchovávat. Jeho vysoká reaktivita spočívá v tom, že má ve valenční vrstvě 3 nepárové elektrony.

Atomové (protonové) číslo dusíku je 7, relativní atomová hmotnost 14,006, teplota tání -209,86 °C, teplota varu -195,8 °C. Vyskytuje se v oxidačních číslech -3, 1, 2, 3, 4, 5. Dusík má po kyslíku a fluoru třetí největší hodnotu elektronegativity a proto u něj převládá schopnost vytvářet anion, který se nazývá nitridový N^{3-} . Pouze ve sloučeninách s kyslíkem a fluorem je schopen tvořit ionty, kde se uplatňuje v kladné valenci. Například v dusičnanech má dusík oxidační číslo N^{5+} .

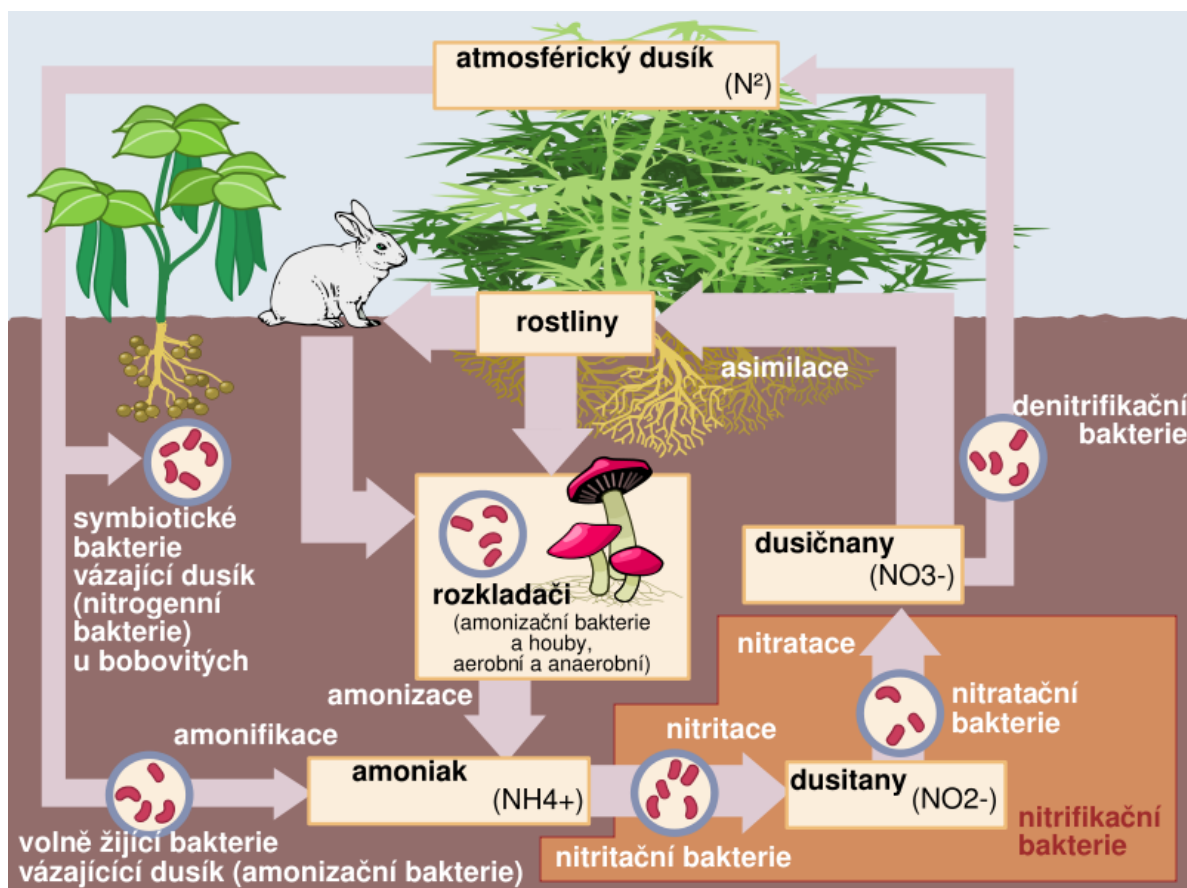
Volné elektronové páry umožňují vytváření chelátových vazeb (Vaněk et al., 1998).

2.1.2. Koloběh dusíku

Dusík je v přírodě značně rozšířený prvek. V elementární podobě se s dusíkem setkáváme prakticky neustále, tvoří totiž 78 % (objemových) zemské atmosféry. Ve stopách se v atmosféře vyskytuje také amoniak, který se uvolňuje tlením organických sloučenin, při elektrickém výboji (například blesku). Při blesku může také dojít v atmosféře k reakci dusíku s kyslíkem za vzniku oxidu dusnatého, který ihned reaguje s kyslíkem za vzniku oxidu dusičitého a ten reaguje s vzdušnou vlhkostí a kyslíkem za vzniku kyseliny dusičné, která se vyskytuje v kyselých deštích.

Je obsažen v živých organismech (bílkoviny obsahují v průměru více než 16% dusíku), v půdě se však nalézá jen jeho velice malá část, která je většinou vázána ve formě anorganických sloučenin (dusičnany, dusitany a amonné soli) (Dolejšková et al., 2008).

Obr. 1 Koloběh dusíku umožňuje výměnu různých forem dusíku mezi atmosférou, půdou a živými organismy.

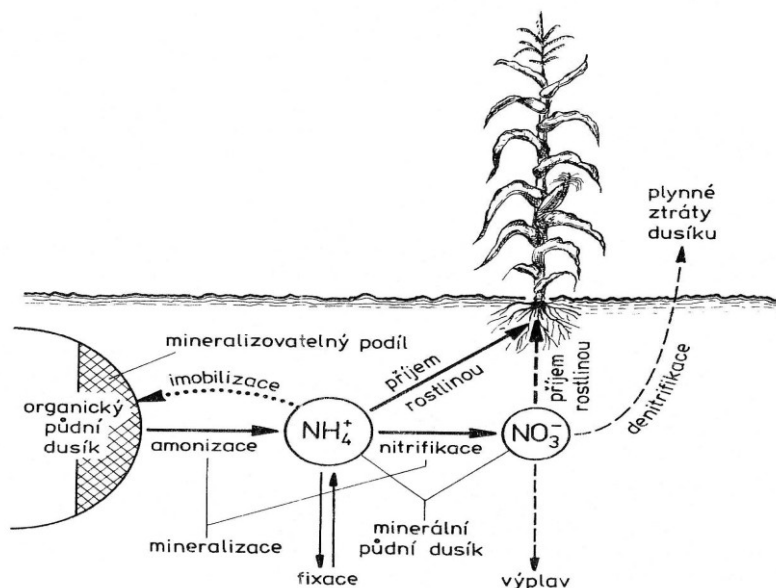


Dusík je významný biogenní prvek, který se vyskytuje ve významných organických sloučeninách a ve všech živých organismech. Rostliny ho využívají k růstu a nevyučují ho. Živočichové ho využívají k tvorbě bílkovin a vylučují ho v podobě močoviny nebo amoniaku.

Vzhledem k rozpustnosti prakticky všech svých anorganických solí se dusík téměř nevyskytuje v běžných horninách. Všechny tyto látky byly v průběhu času dávno spláchnuty do oceánů a tam se opět zapojily do různých biologických cyklů. Výjimkou je např. chilský ledek neboli dusičnan sodný $NaNO_3$, který pravděpodobně vznikl rozkladem rostlinných a živočišných látek zejména na chilském pobřeží. Významným zdrojem organického dusíku jsou především objemné vrstvy ptačího trusu, nazývané guano a využívané především jako hnojivo.

2.1.3. Dusík v půdě

Základním stanovištěm pěstovaných plodin je půda, která se fyzikálními, chemickými i biologickými vlastnostmi podílí na utváření výnosů. Základním předpokladem příjmu živin je rozvinutý kořenový systém, optimální půdní vlastnosti a dostatek živin v půdě (Ivanič et al., 1984).



Obr. 2 Zjednocené schéma dynamiky půdního dusíku (Ivanič et al., 1984).

Bilance dusíku v přirozených půdních podmínkách je velmi problematická vzhledem k různé rychlosti dějů, které okamžitý stav koncentrace dusíku v půdním roztoku ovlivňují – mineralizaci půdních organických látek, imobilizaci minerálního dusíku, denitrifikaci, plynné ztráty dusíku atd. (Kolář, 1997).

Obecně je nutné konstatovat, že celková bilance N v půdě (porovnání vstupů a výstupů) není vyrovnaná – do půdy je přiváděno méně N, než je odčerpáváno. Mělo to do jisté míry pozitivní vliv na omezení ztrát a zlepšení využití N rostlinami, ale na druhé straně došlo k poklesu výnosů a většinou i ke snížení kvality produkce. Přitom je nutné podotknout, že jsou z půdy odčerpávány kromě minerálního N i lehčeji hydrolyzované organické sloučeniny, čímž se postupně snižuje potenciální půdní úrodnost, jejíž obnova je velmi obtížná, nákladná a vyžaduje dlouhodobé úsilí (Vaněk et al., 1997b).

2.1.3.1. Zdroje

Prvotním zdrojem dusíku je atmosféra, odkud se do půdy dostává fixací mikroorganismy, srážkami a spadem (Vaněk et al., 1997b). Srážkami se dostává ročně do půdy asi 5 - 15 kg N (NH_4^+ , NO_3^-) na jeden hektar (Ivanič et al., 1984).

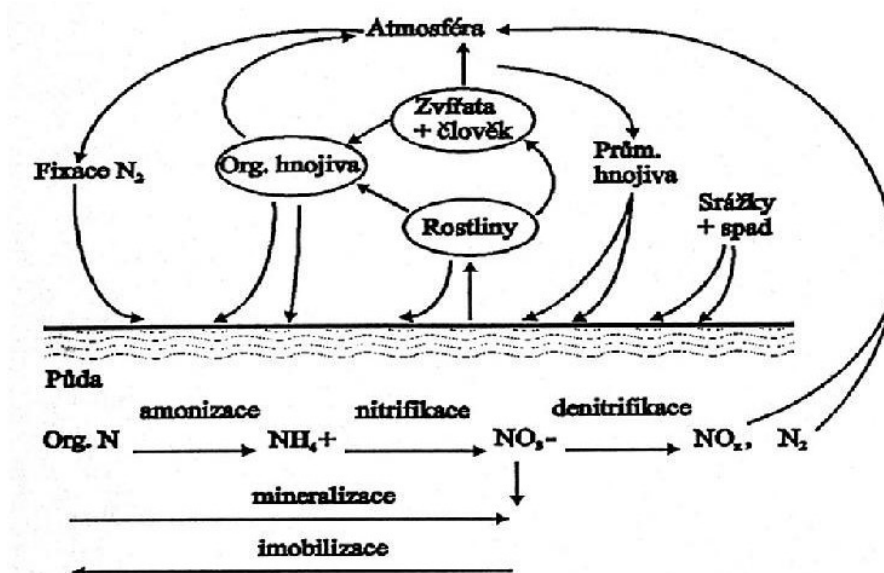
V půdě jsou hlavním zdrojem dusíku organické dusíkaté látky dodávané do půdy jako

organická hnojiva, posklizňové zbytky, rostlinné zbytky, biomasa mikrobů, metabolity organismů žijících v půdě (Černý et al., 1997), dále průmyslová hnojiva a vzdušný dusík poutaný hlízkovými bakteriemi vikvovitých rostlin. Převážná část půdního dusíku se nachází v organických vazbách (95 – 99 %), zbytek ve formě minerální (především nitrátové a amoniakální), přístupné rostlinám (Baier et al., 1985).

Dusík v půdě podléhá různým přeměnám. Jsou to procesy mineralizační, kdy je z organických látek (je v nich soustředěna převážná část půdního N) uvolňován NH_3 a ten je většinou dále oxidován na NO_3^- . Obě formy jsou zdrojem N pro rostliny (Vaněk et al., 1997b).

Převod z formy organické do minerální (i naopak) je vesměs závislý na mikrobiální činnosti půdy (Baier et al., 1985). Mikrobiální rozklad organicky vázaného dusíku na NH_4^+ se nazývá mineralizace. Tvoří se nejdříve NH_3 , který ve vodném prostředí přijímá proton a přehází na NH_4^+ . Na tomto procesu se účastní řada fyziologicky velmi odlišných heterotrofních mikroorganismů. Ke stanovení Netto-mineralizace půd se kromě jiných metod používají inkubační testy. Je zřejmé, že část dusíku v půdě nemohou mikroorganismy rozložit a pro zásobování rostlin má tento dusík malý význam. Z výsledků dlouhodobých inkubačních pokusů vyplývá, že celkové mineralizované množství N je v těsné korelaci především s celkovým obsahem dusíku v půdě a není výrazněji závislé na poměru C:N. Mineralizace je velmi malá při nízkých teplotách (kolem 0 °C). S rostoucí teplotou se výrazně zvyšuje, především v oblasti 30 – 40 °C. Zvýšení teploty o 10 °C urychlí průběh mineralizace 2 - 3x. Vliv půdní reakce v rozmezí pH 5 - 8 na mineralizaci je velmi malý (Černý et al., 1997).

Obr. 3 Koloběh N v přírodě (Vaněk et al., 1997a)



Celkový obsah dusíku v orniční vrstvě půd se pohybuje většinou v rozmezí hodnot 0,1 – 0,2 % hmotnosti zeminy, může kolísat ve značném rozmezí (0,03 – 0,5 %) (Tesař et al., 1992). Černozemě a hnědozemě bývají dusíkem zásobeny více než půdy ostatních typů (Baier et al., 1985). Při uvedeném obsahu je v ornici asi 3000 – 6000 kg N na 1 ha. Z tohoto množství jsou jen 1 – 2 % z celkového obsahu dusíku dostupná rostlinám v minerální formě v iontech NH_4^+ , NO_3^- , případně NO_2^- . Celkové množství minerálního dusíku v orniční vrstvě může dosahovat 5 – 10 % , je to však převážně nevýměnně sorbovaný NH_4^+ , fixovaný v jílových minerálech.

Převážná část dusíku v půdách se vyskytuje v organických dusíkatých sloučeninách, jejichž dusík je až na výjimky rostlinám nedostupný (Černý et al., 1997). Hovoříme o dusíku hydrolyzovatelném a nehydrolyzovatelném zbytku. Hydrolyzovatelný dusík je tvořen zejména amidy, alfa –aminokyselinami, aminocukry, purinovými a pyrimidinovými bázemi a dalšími hydrolyzovatelnými organickými látkami. Ivanič et al. (1984) uvádějí, že 50 - 60% všeho dusíku půdách je soustředěno v orniční vrstvě a lze tedy počítat s celkovou zásobou tohoto prvku v ornici 3000 až 9000 kg na 1ha, tj. maximálně 0,1 – 0,3 % hmotnosti zeminy.

Obsah anorganického dusíku v půdě podléhá rychlým kvalitativním změnám i v průběhu roku. Vedle mineralizačně – imobilizačních procesů ovlivňují jeho obsah v půdě přirozené a antropogenní vstupy a ztráty. Obsah N_{\min} kolísá od 20 - 30 do 110 - 120 kg/ha. Obvykle je nízký obsah minerálního N v amoniakální a dusičnanové formě v půdě zaznamenáván v zimním období (do 10 ppm). Během vegetativního období se nejčastěji formují jarní a podzimní maxima (až na úroveň 40 - 60 ppm) a jedno letní minimum. Uvedené sezónní rozdíly zapříčiňuje hlavně větší kvantitativní dynamika dusičnanů v porovnání s amoniakem. V únoru se zaznamenává výrazně nízká hladina dusičnanů, a to nejen z důvodů slabé intenzity jejich produkce, ale i jako důsledek možnosti jejich vyplavování. V březnu a dubnu se zjišťuje vysoký obsah dusičnanů v půdě v důsledku zvýšení aktivity mineralizace a nitrifikace a vcelku ještě nedostatečného příjmu N rostlinami. Od května do července probíhá výrazná deprese obsahu NO_3^- a to nejen z důvodu vysokého odběru rostlinami, ale i z nedostatku vláhy pro nitrifikační procesy. V období srpen až říjen dochází opětovně ke zvýšení obsahu dusičnanů, pravděpodobně z důvodů zlepšení vlhkostních poměrů, možnosti mineralizace posklizňových zbytků a nakonec i slabším, resp. žádným odběrem N rostlinným pokryvem. Zimní období se vyznačuje nízkým obsahem NO_3^- , protože je jeho biologická produkce tlumená (Bielek, 1984).

Významný přímý i nepřímý vliv na výživu rostlin má živá složka půdy a intenzita její činnosti. Činnost půdních organismů je důležitá především při rozkladu organických látek (uvolňování živin pro rostliny) a při jejich další přeměně. Na biologické činnosti půdy se nejvíce podílejí mikroorganismy.

Za příznivých podmínek se mikrobiální činností z organických látek ročně uvolňuje do forem přístupným rostlinám asi 60 - 160 kg minerálního dusíku (NH_4^+ a NO_3^-) na 1 hektaru. Na mineralizaci organického dusíku se podílí amonizační a nitrifikační bakterie. Amonizačními procesy vzniká amoniakální dusík (NH_4^+), který je nitrifikačními procesy (nitritací a nitratací) přeměněn na nitrátový dusík (NO_3^-). Obsah NH_4^+ je v půdách s intenzivní mikrobiální činností malý, protože se prakticky nitrifikuje stejnou měrou, jakou se tvoří. S vyššími obsahy se setkáváme na půdách s omezenou biologickou činností, kde kyselá půdní reakce, nedostatek kyslíku, nadbytek vody či nízká teplota nevytvářejí příznivé podmínky pro nitrifikace. Vliv dostatečné provzdušněnosti půdy na mineralizaci dusíku je významný. Aktivita mikroorganismů je při mineralizačních pochodech závislá i na dostatku fosforu v půdě. Rychlost mineralizace organicky vázaného dusíku je silně podmíněna poměrem C:N. Čím je tento poměr užší, tím se rychleji dusík uvolňuje. Naproti tomu při přívodu látek s širokým poměrem (např. 30:1) může docházet i k částečné imobilizaci (poutání) minerálního dusíku. V našich zemědělských půdách je průměrná hodnota poměru C:N kolem 10:1. Je-li poměr C:N užší než 20:1, dochází k mírnému hromadění NH_3 v půdě. Při poměru širším, než 25:1 nestačí krýt vzniklý NH_3 ani vlastní potřebu mikrobů (na každých 25 g C potřebují mikroby 1g N) a je spotřebováván minerální dusík půdy. V tomto případě jde o imobilizaci N mikroby (Tesař et al., 1992). Podle Sirového a Facka (1967, in Tesař et al., 1992) lze za dostatečné pro zásobování rostlin dusíkem považovat ještě poměr C:N 15 – 18:1. Část dusíkového cyklu, která je uskutečňována mikrobiálním metabolismem je rozdělena na několik stupňů:

- mineralizace organického dusíku (Amonizace)
- asimilace minerálního N mikroby (Imobilizace N)
- mikrobiální transformace minerálního N (Nitrifikace a denitrifikace)
- fixace elementárního N_2

Jednotlivé procesy přeměn N v půdách, především nitrifikace a denitrifikace, se značně podílejí a spolurozhodují o distribuci N v půdě, a tím o jeho využití rostlinami (Vaněk et al., 1997b).

2.1.3.2. Ztráty

Půda je o živiny ochuzována odběrem rostlinami a v různé míře i ztrátami, které vznikají především vyplavením.

Ztráta živin, konkrétně dusíku z půdy vyplavením se může pohybovat mezi 5 – 70 kg na ha. Největší podíl tvoří nitrátová forma dusíku (Baier et al., 1985). Je-li vyšší obsah minerálního dusíku v ornici, především na lehkých půdách a pokud reziduální dusík není využit následnou plodinou (např. ozimá pšenice) dochází v koloběhu dusíku k jeho ztrátám. V těchto případech je vhodné zařadit do osevního postupu zelené hnojení, které biologickou imobilizací ztráty dusíku omezí (Černý et al., 2008).

Iont NO_3^- může být vyplaven vodou z kořenové zóny rostlin a uniknout drenážními vodami či jiným způsobem z půdy. Iont NO_3^- se většinou nachází v půdním roztoku, se kterým se v půdním profilu i pohybuje. Množství vyplaveného NO_3^- lze omezit při vhodné soustavě hospodaření na půdě, vhodné technologii pěstování jednotlivých plodin, včetně hnojení a sortimentu hnojiv. Tyto ztráty jsou průměrně asi 10 - 20 % (Ivanič et al., 1984).

Nepříznivým pochodem pro zásobení rostlin dusíkem z půdy je i denitrifikace, která může způsobit únikem N_2 do ovzduší ztráty až $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ročně (Baier et al., 1985).

Denitrifikace je doprovázena vznikem těkavých dusíkatých složek, kdy je půda ochuzována o dusík. Pro rozsah denitrifikace je rozhodující přítomnost nitrátů, rozložitelné organické hmoty a snížená aerace. Se zesílenou denitrifikací je proto třeba počítat v půdách nedostatečně provzdušněných, jako je tomu při silné závlaze nebo déle trvající zátopě (Ivanič et al., 1984).

Intenzita denitrifikace je v rhizosféře často několikanásobně vyšší proti okolní zóně. Je to vysvětlováno tím, že je kyslík spotřebováván také kořeny a tím se zvětšují anaerobní podmínky. Na pozemcích dochází vegetací k plynným ztrátám především během prvních 3 - 4 týdnů po aplikaci hnojiva. Po této době je většinou i nižší obsah minerálního dusíku v půdě. Na úhoru dosahují plynné ztráty až 70 % z aplikovaného množství dusíku. V našich půdně ekologických podmínkách rozsah denitrifikace dosahuje asi 10 - 25 % z aplikované dávky dusíku (Vostal et al., 1989).

Vedle biologické denitrifikace mohou plynné ztráty oxidů dusíku na N_2 vznikat i při denitrifikaci chemické (nepřímé), kdy kyselina dusitá reaguje s aminokyselinami, amoniakem a jeho solemi, případně s aminy a amidy.

Denitrifikací se v orných půdách ztratí během vegetačního období asi 10 – 40 kg N na 1 ha (Ivanič et al., 1984).

Ke ztrátám v plynné formě může dojít i u amoniakálního dusíku na povrchu půd bohatých na vápník (Baier et al., 1985).

Rozsah mineralizace organického dusíku je ovlivňován především:

- Množstvím organické hmoty v půdě
- Jejím složením, zejména poměrem C:N
- Vodním, vzdušným a teplotním režimem půdy
- Půdní reakcí a živinným režimem půdy (Baier et al., 1985).

Do ztrát N je dále nutné z půdy zahrnout odběr živin v podobě sklizně.

Tab. 1 Odběr živin sklizní zemědělských plodin za různých podmínek

Plodina	Výnos (t.ha ⁻¹)	Odběr N (kg.ha ⁻¹)	
Ozimá pšenice	3,08	76	průměr let
Jarní ječmen	3,97	98	suchý rok
Jarní ječmen	3,53	87	vlhký rok

Tab. 2 Střední odběr N sklizní v přepočtu na jednotku hlavního produktu

Druh plodiny	hlavní produkt	odběr N (v kg.t ⁻¹ hlavního produktu)
Ozimá pšenice	zrno	28
Jarní ječmen	zrno	24
Kukuřice na siláž	zelená hmota	2,1
Brambory	hlízy	5

V každém případě je nutné počítat s tím, že dusík představuje vysokou nákladovou položku (Vaněk et al., 1997b), a proto je nutné znát mechanismus ztrát N z půdy a vhodnými achrotechnickými zásahy tyto ztráty omezit na minimum.

2.1.3.3. Amonizace

Amonizační bakterie rozkládají dusíkaté organické látky. Dochází k uvolňování amoniakálního dusíku (Baier et al., 1985).

Amonizace bílkovin a jiných organických dusíkatých látek, je v půdách jedním z nejrozšířenějších mikrobiálních procesů. Může probíhat za aerobních i anaerobních podmínek.

Hlavní zplodinou je amoniak, podle kterého se celý proces nazývá. V průběhu amonizace jsou bílkoviny nejdříve štěpeny proteolytickými enzymy mikrobů na menší fragmenty – peptony, polypeptidy a aminokyseliny. Aminokyseliny mikrobi velmi rychle metabolizují, takže se v půdách ve volném stavu prakticky nevyskytují.

V půdách je běžnou metabolickou drahou aminokyselin jejich desaminace na ketokyseliny. Za anaerobních podmínek dochází k fermentaci za vzniku velmi pestré směsi vedlejších produktů, představovaných různými organickými kyselinami, zvláště mastnými, alkoholy, uhlovodíky i některými zápachajícími látkami, typickými pro hnilobné procesy, jako jsou sirovodík, merkaptany, methylaminy, indol, skatol aj. (Haider, 1995).

Amonizační mikroflóra je velmi početná a pestrá. V orných půdách mají hlavní význam při rozkladu rostlinných zbytků bakterie. Pokud rozklad probíhá za přítomnosti vzduchu, zápachající látky se netvoří a proces je označován jako tlení. Při rozkladu živočišných bílkovin se uplatňují ve větší míře organismy anaerobní, vzniká velké množství zplodin se zápachajícími látkami a mluvíme pak o hnití. V kyselějších půdách jsou vedle bakterií důležitými rozkladači organických dusíkatých látek i mikromycety.

Vzniklé amonné ionty se do značné míry adsorbují na povrch jílových minerálů a humusových látek, čímž se značně omezí až zastaví jejich pohyb v půdě. Způsob a síla vazby pak ovlivňuje následující biologické přeměny. V případě, že se tvoří amoniak z nahromaděných organických zbytků v přebytku, a v prostředí není dostatek sorpčních elementů, prchá do atmosféry a půda je tím ochuzována o dusík. Část amoniaku spotřebují rostliny, mnohem větší část však může být využita mikroflórou, takže mezi rostlinami a mikrobi může dojít za určitých okolností ke kompetici o dusík (Scherer, Balík, 1997).

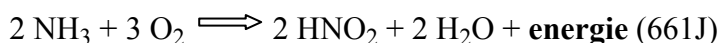
Podle Irtaniho a Arnolda (1960 in Bielek 1984), je pro uvolnění dusíku do prostředí nutné, aby rozkládaná hmota obsahovala nejméně 1,66 – 1,88 % N. Nedostatek kyslíku, nadbytek vláhy, velmi nízké teploty, popř. sucho, snižují intenzitu amonizačních procesů. Určité množství amoniaku se při přeměnách N látek v půdě může stát zdrojem plyných ztrát, vytěkáním na povrch půdy, u lehkých a alkalických zemin. Dusík ve formě NH_3 , uvolněný biochemickými reakcemi, se stává přímým zdrojem dusíku pro rostliny, nebo je výměnně sorbován na půdní sorpční komplex, fixován do jílových minerálů, biologicky vázán mikroorganismy, nebo nitrifikován.

2.1.3.4. Nitrifikace

Nitrifikace je oxidační proces, kdy je amonný dusík postupně oxidován autotrofními organismy až na nitráty (Vaněk et al., 1997b).

Ivanič et al. (1984) nitrifikaci rozumí biologickou oxidací amonného iontu ve dvou stupních: Nejdříve na nitrit NO_2^- (bakterie *Nitrosomonas*, *Nitrosovibrio*, *Nitrosolobus*, *Nitrosococcus* apod.) a pak na nitrát NO_3^- (*Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*). Nitrifikační bakterie převádějí dusík amoniakální na nitrátový a využívají energii uvolňovanou během oxidace (Vaněk et al., 1997b). Oxidace nitritu na nitrát je zpravidla rychlejší (proto se v přírodě nehromadí toxický nitrit, snad jen s výjimkou situací za velmi vysokého pH). Nitrifikační bakterie jsou hojné ve všech aerobních prostředích, jejich růst je ovlivňován koncentrací substrátu, teplotou, pH a množstvím kyslíku. Substrátem chemolitotrofní nitrifikace je amoniak, který se uvolňuje při mineralizaci organických látek a v menší míře vzniká i asimilační a disimilační redukcí nitrátů. Reakční produkty nitrifikace jsou nitrit a nitrát, ale také plynné dusíkaté sloučeniny, zejména oxid dusnatý a molekulární dusík. Z hlediska následných emisí těchto plynů do atmosféry a jejich úlohy v chemii atmosféry je zvláště významná tvorba oxidů dusíku nitrifikací, jež může i převážet nad tvorbou těchto látek denitrifikací (Ivanič et al., 1984).

Reakce probíhají ve dvou fázích a lze je znázornit takto:



Nitrifikace je proces velmi citlivý na vnější podmínky, je výrazně ovlivňován jako většina biologických procesů hydrotermickými podmínkami (Vaněk et al., 1997b). Nitrifikace probíhá s dostatečnou intenzitou v rozmezí pH 5,0 – 8,5 a optimální teplota je 20 - 35 °C. Při teplotách pod 5 °C téměř ustává. Žádoucí je dostatek vzduchu v půdě a vlhkost okolo 70 % maximální vodní kapacity. *Nitrobacter* je citlivější k nedostatku vzduchu v půdě, vyšší koncentraci NH_3 a také k vyšším hodnotám pH, což může být příčinou rozdělení obou fází nitrifikace a hromadění nitritů v půdě (Scherer, Balík, 1997).

Na některých půdách alkalických, neutrálních i slabě kyselých může docházet k značnému hromadění dusitanů, když je omezena činnost *Nitrobacteria*. Činnost *Nitrobacteria* je možno omezit vysokou hodnotou pH (hranice se udává 7,7), vysokou koncentrací

amoniakálního dusíku, samotným nahromaděním dusitanů. Důkazy toxicity dusitanů v polních podmínkách jsou sporné, příčinou může být kterýkoli jiný faktor (Matula, Knop, 1970).

Nitráty nejsou v půdě sorbovány, jsou dobře rozpustné a snadno difundují, což je výhodné pro dobré zásobování kořenů rostlin dusíkem. Jestliže je v půdě větší množství nitrátů, než mohou rostliny spotřebovat, migrují do spodních vrstev půdy, kde buď přecházejí do podzemní vody, nebo jsou dále mikroby transformovány (Dolejšková et al., 2008).

Nitrifikace je často uváděna do souvislosti s půdní úrodností – čím vyšší půdní úrodnost, tím je vyšší nitrifikace. Tento ač naprosto přirozený proces může vést ke ztrátám dusíku (vyplavení či následná denitrifikace NO_3^-). S ohledem na tyto skutečnosti, jsou hledány možnosti omezení a usměrnění (inhibice) nitrifikace různými preparáty, při jejichž použití se mohou snížit ztráty dusíku i omezit hromadění NO_3^- v pletivech rostlin (Tesař et al., 1992). Šimek (2000) uvádí tytéž důvody pro použití látek s inhibičním účinkem na nitrifikaci (dikyandiamin, thiomčovina).

Ve většině půd je podle Šimka (2000) rychlost nitrifikace přirozeně a silně závislá na dostupnosti amoniaku, druhým nezbytným předpokladem pro autotrofní nitrifikaci je dostatečný přísun kyslíku. Zásobení nitrifikujících buněk těmito dvěma látkami přímo závisí na obsahu, složení, koncentraci a dalších vlastnostech půdního roztoku, kterým difundují molekuly látek k jednotlivým mikrobiálním buňkám. Pro průběh nitrifikace je důležitá určitá rovnováha mezi obsahem vody a vzduchu v půdě. Zjednodušeně lze říci, že nízký obsah vody v běžné minerální půdě sice umožňuje dobrou aeraci s výměnou plynů mezi půdou a atmosférou (a tedy přísun O_2 do půdy), ale zároveň se při vysychání půdy ztenčuje vodní film na povrchu půdních částic, a tím se prodlužuje a komplikuje cesta pro difúzi molekul v půdním prostředí. Nedostatek vody také přímo inhibuje mikrobiální aktivitu, neboť se snižuje nitrobuněčný vodní potenciál a redukuje hydratace, a tím i aktivita enzymů. Naopak, zvyšuje-li se obsah vody v půdě, usnadňuje se pohyb molekul v půdním roztoku, avšak současně se do určité míry zpomaluje výměna plynů, a tím se snižuje dostupnost O_2 pro nitrifikátory.

Důležitý faktor ovlivňující aktivitu nitrifikační mikroflóry je hnojení průmyslovými hnojivy, zvláště dusíkatými. Řadou pokusů je dokázáno, že přídavné dusíkaté hnojivo zvyšuje intenzitu nitrifikace. Stimulační vliv dusíkatých hnojiv se však nemusí vždy okamžitě projevit. Platí to zvláště o amoniakálních hnojivech, která se mohou při vysokých dávkách

dočasně inhibovat nitrifikaci (Ambrož, Haslbach, 1978).

2.1.3.5. Denitrifikace

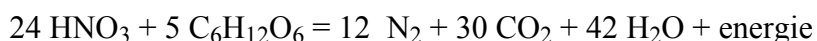
Je naopak od nitrifikace redukční proces, kdy jsou nitráty za přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku až elementární dusík (Vaněk et al., 1997b). Je to biologická disimilační redukce nitrátů (přes nitrity) nebo nitritů na plynné NO, N₂O a posléze na N₂. Je hlavní cestou návratu N do atmosféry a nebýt této reakce, v půdě by se hromadily sloučeniny N a jeho obsah v atmosféře by klesal. Bakterie pocházejí z různých taxonomických skupin, např. Pseudomonas, Alcaligenes, Paracoccus, Bacillus (Barták, 2002).

Podmínkou průběhu denitrifikace je nedostatek kyslíku v půdě, přítomnost nitrátů a dostatek lehce dostupných organických látek (Vaněk et al., 1997b).

Při nepříznivých půdních podmínkách (nedostatek vzduchu, vody, tepla) je značně omezována činnost nitrifikačních bakterií, projevující se zvýšeným podílem amoniakálního dusíku na celkovém objemu minerálního dusíku v půdě (Baier et al., 1985). Denitrifikační (anaerobní) bakterie v půdách s nedostatkem vzduchu redukují nitrátový dusík na volný dusík, který uniká do vzduchu.

Ztráty denitrifikací jsou v agroekosystému nepříznivým jevem, ale v přírodních ekosystémech regulují přirozenou eutrofizaci půd a vod a udržují koncentraci N v atmosféře (Barták, 2002). Intenzita denitrifikace roste s rostoucím množstvím nitrátů, teplotou a množstvím C zdrojů. Inhibuje ji kyslík. Dále na denitrifikaci působí pH a také pěstovaná plodina svými exudáty a spotřebou kyslíku kořeny. Obvyklé ztráty jsou do 10 – 25 % dodaného dusíku. V extrémních podmínkách (zaplavený pozemek rýže apod.) mohou ztráty denitrifikací dosahovat až 200 kg na 1 ha za rok (Vostal et al., 1989).

V našich podmínkách převažuje denitrifikace působená fakultativně anaerobními mikroorganismy, které během rozkladu využívají kyslík nitrátů (Vaněk et al., 1997b). Lze ji sumárně znázornit takto:



Pokud nejsou nitráty využity vyššími rostlinami, jsou mikroby dále přetvářeny. Některé skupiny mikrobů využívají dusík nitrátů po jejich předchozí redukci na amoniak ke stavebním účelům a imobilizují ho ve svých tělech, jiná skupina bakterií má schopnost využívat za anaerobních podmínek kyslík nitrátů, jako náhradní akceptor vodíku při dýchacích procesech, místo vzdušného kyslíku. Nitráty jsou při těchto procesech postupně redukovány až na

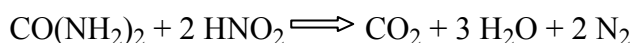
kysličníky dusíku, nebo elementární dusík.

Redukce nitrátů probíhá pak takto:



Je známo, že denitrifikaci mohou nastávat výrazné ztráty dusíku, mající za následek snížení efektivnosti hnojařských zásahů i negativní ovlivnění životního prostředí. Znalosti těchto dějů umožňují, aby tyto ztráty byly přiměřené a větší část minerálních forem N byla využita rostlinami. Jedná se především o to, aby v půdách nebyl vysoký obsah nitrátů, zvláště koncem vegetace a v mimovegetačním období. Je proto žádoucí aplikovat dávky dusíku přiměřené potřebě pěstovaných plodin a převážně na počátku vegetace (Vaněk et al., 1997b).

Chemická denitrifikace probíhá intenzivněji (na rozdíl od biologické) v kyselém prostředí při pH 5,5 a nižším. Tak např. močovina může s kyselinou dusitou reagovat takto:



V našich podmínkách však převažuje denitrifikace biologická, pouze na půdách vyšších poloh a po hnojení močovinou jsou příznivější podmínky pro chemickou denitrifikaci (Tesař et al., 1992).

Tyto ztráty jsou přírodou částečně nahrazovány např. elektrickými výboji v atmosféře, které jsou příčinou slučování elementárního dusíku a kyslíku na oxid dusnatý. Ten se ihned oxiduje kyslíkem na oxid dusičitý, který tvoří s vodou kyselinu dusičnou a kyselinu dusitou. Její neutralizací vznikají soli. Těmito pochody se dle propočtů dostává do půdy každoročně přibližně 5 - 15 kg vázaného dusíku na 1 ha. Dalším způsobem doplňování obsahu vázaného dusíku je činností bakterií nitrogenních, které poutají elementární dusík a převádějí jej v amoniak (Vostal, Matousch, 1987).

2.1.3.6. Imobilizace

Je vázání minerální formy N, především NH_4^+ - N mikroorganismy, ale i rostlinnou biomasou do organických sloučenin, nebo do stabilních forem půdní organické hmoty (Vaněk et al., 1997b). Během dekompozice dochází vlivem respirace dekompozitorů k oxidaci uhlíku z půdní organické hmoty na CO_2 a zabudování jak C, tak N do biomasy mikroorganismů. Dusičnany nejsou v našich podmínkách v půdě zadržovány jiným typem sorpce kromě sorpce biologické.

Pokud poměr mezi snadno asimilovatelným uhlíkem organických látek a $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ nepřevyší hodnotu 20 - 25, nemá množství amonného N vliv ani na rychlost, ani na celkový rozsah imobilizace. Jestliže je však tato hodnota překročena, nastává relativní nedostatek N a imobilizace se progresivně zvyšuje. Imobilizovaný dusík se uvolňuje z těl mikrobů až po odumření a remineralizaci jejich těl. Pro výživu rostlin a další mikrobiální transformace NH_4^+ je proto žádoucí, aby se v půdě nahromadily určité přebytky minerálního dusíku. Čím je tedy vyšší relativní obsah dusíku v rostlinných zbytcích ve srovnání s uhlíkatou složkou, tím je vyšší efektivnost amonizace, tj. množství mikroby nespotřebovaného NH_4^+ . Hnojení slámou je opatřením, které výrazně zvyšuje aktivitu imobilizace, neboť se při něm půda obohatí rozložitelným organickým materiálem s širokým poměrem C:N. Pokud není hnojení slámou kompenzováno dusíkatým hnojením, může docházet k blokování anorganického dusíku a k negativnímu ovlivnění výnosů (Vostal et al., 1989).

2.1.3.7. Fixace dusíku

Biologická fixace je asimilační redukční fixace plynného N_2 . Provádějí ji některé mikroorganismy pomocí enzymu nitrogenázy. Jde o reakci energeticky nenáročnou: nesymbiotičtí fixátoři jsou plně závislí na energetických zdrojích organicky vázaného C v půdě a proto jsou většinou volně asociovány s kořeny rostlin, symbiotičtí pak využívají přímé zdroje rostlin (asimiláty). Intenzita fixace (kromě množství N a C) závisí na teplotě, vlhkosti, provzdušnění, druhu přítomných rostlin, přítomnosti některých mikroživin atd.

Nitrogení bakterie mají schopnost biologicky poutat (fixovat) dusík z ovzduší (př. Azotobacter, nebo symbioticky žijící hlízkové bakterie na kořenech vikvovitých rostlin – Rhizobium). Obohacování půdy dusíkem poutaným z ovzduší nitrogenními bakteriemi může být výrazné. Např. u vojtěšky může množství poutaného dusíku dosáhnout až $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Baier et al., 1985).

Proces symbiotické fixace dusíku rodu Rhizobium, podle popisu Procházky et al. (1998), začíná interakcí rostliny a bakterie pomocí chemických signálů. Fenolické sloučeniny (flavonoidy) vylučované kořeny působí v nízkých koncentracích jako signál pro chemotaxi bakterie. Rhizobium rozpoznává povrch buněk kořenového vlásku. Bakterie pak vysílá signály, které navozují změnu tvaru kořenového vlásku. Infekční vlákno proniká do rostliny. Aktivuje se mitóza korových buněk a vytváří se primordium hlízky, do jejíchž buněk bakterie pronikne. Primordium se pak vyvine v hlízku, v níž bakterie vytvářejí bakteroid, obklopený peribakteriální membránou. Bakteroid s membránou je označován jako symbiozom. Vzniklý

amoniak je exportován do rostliny výměnou za sacharidy a aminokyseliny (Tesař et al., 1992). Leguminózami poutané množství elementárního dusíku v symbióze s hlízkovými bakteriemi (r. *Rhizobium*) je odhadováno až na 150 – 250 kg dusíku na 1 ha za vegetační období (často i více) (Ivanič et al., 1984).

Ivanič et al. (1984) dále uvádějí, že nesymbiotická fixace dusíku bakteriemi rodu *Azotobacter* a *Clostridium* je inhibována přítomností minerálního dusíku, který pochází v tomto případě zejména z intenzivního hnojení dusíkatými minerálními hnojivy. Dále uvádějí, že lze tímto způsobem získat za vegetační období asi 10 – 15 kg dusíku na ha, popřípadě bakterie žijící v rhizosféře rostlin (*Azospirillum* a další) mohou nahromadit 30 - 50 kg N.ha⁻¹.

K redukci atmosférického N₂ je zapotřebí značného množství energie, která je dodávána ve formě ATP. Na redukci N₂ je třeba 28 ATP a proto je na 1 kg N potřeba asi 30 MJ energie. Vytvořený amoniak je bezprostředně vázán na oxokyseliny za vzniku kyseliny glutamové až glutaminu, tedy podobně jako při vázání amoniaku přijatého rostlinou z půdy nebo po redukci nitrátů.

Biologická fixace u symbiotických systémů využívá energii získanou rostlinou fotosyntézou a u volně žijících organismů z organických látek v půdě. S ohledem na poměrně vysokou energetickou náročnost biologické fixace je jasné, že rozhodujícím činitelem intenzity fixace je dostatečný přísun energeticky bohatých látek (Vostal, Matousch, 1987).

Poutání dusíku volně žijícími mikroorganismy je v současných podmínkách dosti omezené a je odhadováno, že ročně se fixuje 3 – 12 kg na ha a většinou dosahuje průměru okolo 6 kg N na ha. Tato symbiotická fixace N je významným přínosem N zvláště při dostatečném zastoupení jetelovin v osevních postupech (Tesař et al., 1992).

2.1.4. Dusík v rostlině

Dusík patří mezi živiny, což jsou chemické látky potřebné pro normální životní pochody organismu rostlin. Jejich funkce nemůže být nahrazena jinou chemickou látkou (Baier et al., 1985). Je obsažen hlavně v mladých orgánech, dělivých pletivech, enzimech, nukleoproteidech, chlorofylu a dalších látkách, které se podílejí na vlastním růstu rostliny a tvorbě nejdůležitějších orgánů a celkové tvorbě biomasy. Podporuje růst výhonků a tvorbu listové hmoty – celkové asimilační plochy. Při porušení syntézy bílkovin dochází k hromadění dusíku v rostlinách ve formě nitrátů (Marschner, 2003).

Rostliny mohou přijímat živiny všemi orgány. Pro mimokořenovou aplikaci je možno

použít klasická hnojiva. Pochopitelně existují vhodná hnojiva, která jsou dobře rozpustná ve vodě, jako močovina, ledek vápenatý, případně hnojiva kapalná, např. NP roztoky. Mimokořenová výživa nemůže plně nahradit výživu kořenovou, proto je třeba ji chápat jako speciální opatření (Vaněk et al., 2007).

Kořeny jsou hlavním místem příjmu iontů. Vaněk et al. (2007) uvádějí, že transport iontů z půdního roztoku do živých buněk kořenového vlášení je složitý proces. V podstatě však jde o difúzi podmíněnou osmotickými tlaky a neustále se ustavujícími rovnováhami.

Základními zdroji dusíku pro rostliny jsou ionty NO_3^- a NH_4^+ (Ivanič et al., 1984). Dusík v NH_4^+ formě přijímají rostliny z minerálních solí a jen v malé míře v organických solích (močovina).

Příjem nitrátů kořeny rostlin a jeho následná redukce a asimilace představují hlavní způsob, jímž je anorganický dusík přeměňován na organický. Rostliny vytvořily řadu regulačních mechanismů, jimiž je příjem dusíku řízen víceméně v souladu s „potřebami“ rostliny, určenými rychlostí jejich růstu. Uvedenou „potřebu“ rostlin lze definovat jako takové množství dusíku, které je potřeba pro zajištění růstu (produkce biomasy) odpovídajícího množství dostupných nebo vytvářených asimilátů. Rychlost příjmu nitrátů obvykle nedosahuje maximální možné rychlosti, jíž se vyznačují kořeny. To znamená, že kontrola příjmu nitrátů je spíše negativní v tom smyslu, že je řízena na nižší než možnou úroveň. Nitrát, jako hlavní zdroj dusíku pro rostliny, je do buněk transportován aktivním transportním systémem a postupně redukován nitrát – a nitrit – reduktázou (Procházka et al., 1998). Redukce dusičnanů na amoniak probíhá ihned po jejich vstupu do rostliny, především v tenkých kořincích. Jestliže kořeny neobsahují dostatek redukujících látek, přechází dusičnanový dusík do nadzemních orgánů rostlin, kde může redukce pokračovat. Při nadbytku dusičnanů se jen 30 - 50% redukuje v kořenech a zbytek přechází do stonků a listů. Neprobíhá-li ani zde redukce, hromadí se dusičnany a kontaminují rostlinu (Marschner, 2003). Rozhodující podmínkou pro příjem nitrátů rostlinou je jejich koncentrace v bezprostřední blízkosti povrchu kořenů. Se zvyšováním vnější koncentrace NO_3^- rychlost příjmu velmi rychle stoupá a brzy dosahuje maxima. Příliš vysoké koncentrace živin mají za následek zpomalování růstu kořenů a v některých případech dochází k pasivnímu, to znamená nekontrolovanému vstupu nitrátů do rostliny (Trčková, 1997).

Naopak poruchy v příjmu dusíku rostlinami se projevují narušením metabolismu, omezením růstu, snížením výnosu a většinou i zhoršením kvality produkce. Zjevné jsou i změny v zabarvení rostlin jako důsledek omezené tvorby chlorofylu, nebo jeho odbourávání

ve starších listech (Vaněk et al., 1998).

2.1.4.1. Dusík v obilce

Zrno obilnin – obilka – je jednosemenný plod, kdy charakter semene a plodu téměř splývá. Obilka má tři základní části: obalové vrstvy, endosperm, klíček. Dle toho, zda jsou po výmlatu zachovány kvítkové orgány – plucha a pluška – rozlišujeme obilky pluchaté a nahé. Obilky pšenice a ječmene mají na vnitřní straně rýhu a při klíčení vytvářejí několik zárodečných kořínků.

Chemické složení obilnin záleží na druhu, odrůdě a podmínkách prostředí, zejména na podnebí, půdě, počasí, hnojení, způsobu pěstování a sklizně apod.

Tab. 3 Chemické složení obilky Špaldon et al., 1982

Druh	Složení zrna v %					
	bílkoviny	škrob	tuky	vláknina	popeloviny	Sušina
Pšenice	12,4	65,3	1,7	2,7	1,8	85,4
Ječmen	10,5	66,0	2,1	4,8	2,7	86,2

Rezervní látky (glycidy, z nichž hlavní podíl tvoří škrob (60 – 70 %)) jsou v obilkách různých obilnin obsaženy hlavně v endospermu. Vnější alerunová vrstva obsahuje 9 – 15 % bílkovin. Tuk je v klíčku a alerunové vrstvě. Dále obilky obsahují 1,5 – 3 % tuku a 1,8 - 3,8% minerálních látek (Špaldon et al., 1982).

Pro zpracování chlebových obilovin, zejména pšenice na pečivo, mají největší význam bílkoviny (bílkoviny obsahují v průměru více než 16 % dusíku). Jejich jakost a obsah v obilkách záleží na druhu, odrůdě a na podmínkách prostředí. Vedle odrůdy má zvláště velký vliv na pekařskou hodnotu podnebí: čím je podnebí sušší (kontinentální), tím obsahují obilky více a jakostnějších bílkovin. Vliv na množství a jakost bílkovin má rovněž půda, hnojení, kultura a její činitelé (Petr et al., 1997).

Potravinářskou kvalitu pšenice určuje množství a složení bílkovin v zru. Zvláště u pšenice je dodržení požadavku 28 % lepku, tedy vysoké hladiny bílkovinných frakcí protaminů a glutelinů, potřebných pro dobré rheologické vlastnosti těsta a schopnost mouky vázat vodu, bez racionální výživy dusíkem ve vztahu k četným ostatním faktorům nemožný (Kolář, 1997). Celková jakost lepku vychází z pružnosti, tažnosti a pevnosti. Gliadin formuje lepek a dodává mu pružnost a tažnost. Glutenin pevnost. Vitamíny B, E, D se nacházejí v klíčku. Tuku mají obilniny poměrně málo (1,5 – 3 %), na rozdíl od škrobu. Odrůdovým znakem obilnin jsou

charakteristická škrobová zrnka, na základě jejich charakteristického tvaru lze mikroskopicky zjistit druh obilniny.

Obilka ječmene obsahuje dusíkaté látky ve formě bílkovin. Ani u ječmene nelze jednoznačně říci, že vysoké dávky dusíku snižují sladovnickou hodnotu zrna, rozhodující je, jak byl aplikovaný dusík využit pro tvorbu výnosu (Voňka (1987) in Kolář 1997) a opět zde hraje dominantní roli harmonický poměr přijatých živin ve vztahu k dusíku. U sladovnických ječmenů vyžadujeme 9 – 11 % bílkovin v sušině. Pro běžnou výrobu pivovarnických sladů se připouští až 12,5 %. Naopak krmné ječmeny mají mít více než 13 % bílkovin. Bílkoviny v ječné obilce obsahují zejména leukosin, edestin, hordein a ječný glutein. Obsah hordeinu a gluteinu je odrůdovým znakem (Špaldon et al., 1982).

2.1.4.2. Dusík v hlíze

Hlíza je zkrácený vzrostný vrchol stolonu. Je důležitým prvkem vegetativního rozmnožování a hospodářsky nejcennější částí bramborové rostliny. Bramborové hlízy obsahují 23,7 % sušiny. Hlavní zásobní látkou je škrob, jeho obsah se pohybuje přibližně mezi 13 až 23 % (Šnobl et al., 2007).

Působením dusíku se vytváří velká asimilační plocha, což je předpokladem pro dobrý vývin hlíz brambor a vysokou produkci škrobu. Dusík ovlivňuje výnos brambor v závislosti na odrůdě, ovlivňuje však současně i kvalitativní ukazatele jako je velikost hlíz apod. Vyšší dávky dusíku nepříznivě působí na zbarvení hlíz a na obsah vody v hlízách. Dusík dále ovlivňuje chemické složení hlíz, při vyšších dávkách dusíku je snížen obsah sušiny, ale i škrobu a dalších nutričně významných látek. Zvětšením dávek dusíku dojde ke snížení ukazatelů vhodného poměru hmotnosti hospodářsky cenných orgánů (hlízy) k hmotnosti celkové biomasy (Minx et al., 1994).

Tab. 4 Chemické složení hlíz v původní hmotě

Špaldon et al., 1982

Druh	Složení zrna v %					
	škrob	tuky	N látky	celk. cukry	popeloviny	sušina
Brambory	17,5	0,1	2,0	0,5	1,1	23,7

Obsah dusičnanů se mění v závislosti na velikosti hlízy i v závislosti na částech hlízy. Obecně lze říci, že nejvyšší obsah dusičnanů, a to jak v % původní hmoty, tak i v % sušiny, byl nalezen v nejmenších hlízách. U hlíz v příčném průměru 3,5 – 4,5 cm byl obsah

dusičnanů nejmenší. V bazální části je obsah dusičnanů vždy vyšší a to u všech velikostí hlíz (Míča et al., 1991).

Obsah dusičnanů v hlíze brambor by neměl být vysoký, způsobuje totiž zhoršení kvality hlíz. U sadbových brambor nám jde o výtěžnost sadbových hlíz, vitalitu a vysokou biologickou hodnotu sadby. Toho lze dosáhnout pouze s nižšími dávkami dusíku.

U průmyslových brambor se soustředíme na výnos škrobu. Ten je tvořen výnosem hlíz a obsahem škrobu v hlízách. Škrobnatost nepříznivě ovlivňuje dusíkaté hnojení a přítomnost chlóru. Výnos hlíz je většinou příznivě ovlivněn dusíkatým hnojením. Tento „střet“ zájmů vyřešíme středními dávkami dusíku.

U konzumních brambor a brambor určených na výrobky je prvořadý výnos hlíz, jejich stolní hodnota, obsah sušiny, skladovatelnost a obsah dusičnanů. Volíme vyšší dávky dusíku (Čepl, Vokál, 1997).

2.1.4.3. Význam dusíku pro rostlinu

Nejvýrazněji ze všech živin zasahuje do životních pochodů rostlin výživa dusíkem. Klíčové postavení dusíku pro růstové pochody rostlin vyplývá z jeho základní úlohy v metabolismu rostlin. Dusík má nejvýraznější vliv na objem rostlinné produkce a při vyrovnané optimální výživě všemi žádoucími živinami příznivě ovlivňuje její kvalitu (Ivanič et al., 1984).

Dusík je prvkem, u něhož se nejčastěji setkáváme se synergickým účinkem. Jeho zvýšený příjem vyvolaný hnojením je doprovázen zvýšeným příjmem ostatních živin (pokud jsou v prostředí přítomné), což má velmi pozitivní účinek (Marschner, 2003).

Dusík je také významnou součástí chlorofylu, kde s hořčíkem tvoří centrální část této velmi důležité organické sloučeniny (Vaněk et al., 1998).

2.1.4.4. Nedostatek dusíku

Výrazným znakem nedostatku dusíku u polních plodin je světlejší zbarvení rostlin (snížená tvorba chlorofylu). Lodyhy mají tenký vřetenovitý vzhled, listy jsou malé, zpočátku světle zelené, později až žluté popř. i načervenalé a vzpřímené, starší usychají a často předčasně opadávají (Marschner, 2003). Omezená tvorba listů a chlorofylu vede ke snížení fotosyntézy a k nižší tvorbě biomasy, k omezení tvorby kořenů, k jejich snížené příjmové kapacitě a obecně se snižuje i příjem dalších živin (Vaněk et al., 1998).

Nedostatek dusíku od počátku vegetace má za následek omezení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, růstu (listů, stébel atd.) (Vaněk et al., 1998).

Rostliny s nedostatkem N mají kratší vegetační dobu, rychleji dozrávají, ale s nižším výnosem a nižší kvalitou produkce, především semen. U obilnin je snížena intenzita odnožování (Marschner, 2003).

Nedostatek se projevuje rozdílně u jednotlivých druhů rostlin, např., u obilovin se v době diferenciacce vegetačních vrcholů omezuje počet zrn v klasu, tvorba bílkovin v zrně, takže je značně omezen výnos. U okopanin je žádoucí, aby rostliny měly dostatek N na počátku vegetace, ale ke konci již omezené množství (Vaněk et al., 1998). Dobrým indikátorem nedostatku dusíku v půdě jsou kukuřice, řepka a krmná kapusta (Baier et al., 1985).

Při nerovnoměrné aplikaci dusíkatých hnojiv je patrná nevyrovnanost porostů jak z hlediska zabarvení, tak z hlediska vývinu (Vaněk et al., 1998).

2.1.4.5. Nadbytek dusíku

Nadbytek dusíku je méně častý. Většinou je latentní, projevuje se jen u některých druhů rostlin (květák, jeteloviny) (Vaněk et al., 1998).

Extrémní výživa touto či onou formou dusíku může ovlivnit průběh základních metabolických pochodů. Při nadměrné výživě dusíkem stoupá zpravidla obsah dusíku v rostlinách, avšak vyšší obsah N v těchto rostlinách je často hlavně nebílkovinné povahy; nadměrnou jednostrannou výživou dusíkem tedy nelze vždy výrazně zvýšit produkci kvalitních bílkovin (Ivanič et al., 1984). Je proto vhodné a vzhledem k efektivnosti nezbytné znát množství dusíku v hnojivech, potřebu a potenciální spotřebu dusíku danou plodinou. Na základě těchto znalostí lze plánovat velmi přesně množství druh a způsob aplikace hnojiv. Zvýšený obsah dusíkatých látek v rostlinné produkci neznamená vždy zvýšení kvality produkce, protože v metabolismu monogastričních organismů (včetně člověka) jsou dusíkaté látky nebílkovinné povahy a neplnohodnotné bílkoviny podmíněně využitelné (Ivanič et al., 1984).

Rostliny s nadbytkem N jsou sytě zelené, dobře vyvinuté až robustní, prodlužuje se období dozrávání. Porosty obilovin jsou vyšší s bohatým olistěním. S ohledem na celkově vyšší povrch rostlin a do jisté míry i nižší pevnost mechanických pletiv je při deštivém a větrném počasí nebezpečí poléhání. Navíc hustší porosty zvyšují vlhkost a tím vytvářejí vhodnější mikroklima pro napadení rostlin chorobami, zvláště houbovými (Vaněk et al., 1998). Nadměrné jednostranné hnojení dusíkem ovlivňuje tedy nepříznivě nejen kvalitu potravin, ale i krmiv a tím i živočišnou výrobu (Ivanič et al., 1984).

Za optimální bezpečnou koncentraci dusičnanů v vnějším prostředí rostliny, která

zajišťuje maximální růst lze považovat kolem 10 mg NO₃ na 1 kg půdy (Marschner, 2003). Příčinou zvýšeného obsahu NO₃⁻ mohou být i horší světelné podmínky (nižší intenzita fotosyntézy). Na vyšší či nižší obsah NO₃⁻ v píce může mít pravděpodobně vliv i ročník – čím více slunečných dnů během vegetace, tím může být obsah NO₃⁻ v píce nižší (Ivanič et al., 1984).

Za podmínek intenzivní výživy nitráty, nebo při nevyváženém jednostranném hnojení se můžeme setkávat s kumulací NO₃⁻ v rostlinných pletivech. Nitráty se mohou v rostlině oproti amonným iontům ve větší míře akumulovat bez zjevného toxického poškození rostliny (Minx et al., 1994).

2.2. Pěstitelská charakteristika plodin

Obilniny mají klíčové postavení v rostlinné výrobě. Výnos obilovin je ovlivňován počtem klasů na jednotku plochy, počtem zrn v klase a HTS (hmotnost tisíce semen).

Výnos brambor ovlivňuje počet trsů na jednotce plochy, počet hlíz pod trsem a hmotnost hlíz.

Tab. 5 Sklizňové plochy, produkce a průměrný hektarový výnos plodin České republiky v letech 2004 až 2006 (Šnobl et al., 2007).

plodina	ukazatel	jednotka	2004	2005	2006	průměr
pšenice ozimá	sklizňová plocha	ha	801 719	762 792	719 529	761 347
	produkce	t	3 694 503	3 931 811	3 297 658	3 641 324
	hektarový výnos	t/ha	5,96	5,15	4,58	5,23
jarní ječmen	sklizňová plocha	ha	353 390	396 723	425 633	391 915
	produkce	t	1 734 671	1 646 233	1 512 851	1 631 252
	hektarový výnos	t/ha	4,91	4,15	3,75	4,27
brambory celkem	sklizňová plocha	ha	35 974	36 071	30 026	34 024
	produkce	t	861 798	1 013 000	692 174	855 657
	hektarový výnos	t/ha	23,96	28,08	23,05	25,03
kukuřice na zeleno a siláž	sklizňová plocha	ha	213 547	192 501	185 700	197 249
	produkce	t	6 462 231	6 870 443	6 065 651	6 466 108
	hektarový výnos	t/ha	30,26	35,69	32,66	32,87

2.2.1. Pěstitelská charakteristika pšenice

Pšenice obecná (*Tritium aestivum L.*), rod pšenice *Tritium L.* patří do čeledi lipnicovitých *Poaceae* a zahrnuje celou řadu druhů. Pšenice vyniká velkou genetickou rozmanitostí a její druhy se vytvořily rostoucím počtem chromozómů – rostoucí ploeditou (polyploiditou). Pšenice má klas složený z klásků. Klásky jsou 1 - 2, ale též 5 - 7 květů, zpravidla 1 - 4 kvítky jsou plodné. Pšenice je obilovinou teplejších a převážně sušších agroklimatických podmínek, spíše kontinentálního klimatu. Pěstuje se od 40° jižní šířky do 60° severní šířky. Průběh srážek má vliv na mlynářskou a pekařskou jakost pšenice. Protože velké množství srážek v období tvorby obilky působí nepříznivě, je vyššího obsahu lepku dosahováno v sušších oblastech, tzn. kukuřičné a sušší řepařské oblasti, kde je větší jistota dosažení požadované jakosti potravinářské pšenice (Capouchová et al., 2000).

Pšenice je naší nejrozšířenější obilninou. Jedná se v současnosti o cca 95% plochy osévané pšenicí (Situacní a výhledová zpráva Mze, 2008). Pěstují se převážně kultivary ozimé pšenice, především z důvodu větších výnosů. Vzhledem k vysoké přizpůsobivosti a kultivarové pestrosti, se pšenice pěstuje úspěšně i v méně příznivých podmínkách, kde však vyžaduje nejlepší půdy a dobré hnojení (Vaněk et al., 1998). Je velmi náročnou plodinou na půdní podmínky a obsah živin v půdě. Nejvhodnější jsou půdy střední až těžší s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí (pH 6,2 – 7,0) (Šnobl et al., 2007).

Tab. 6 Vývoj ploch a sklizní ozimé pšenice v ČR (ČSÚ)

plodina		1960	1970	1980	1990	2000	2003	2004
ozimá	plocha tis. ha	357,6	641,3	748,1	807,7	886,6	541,7	831,7
pšenice	výnos t.ha ⁻¹	2,65	3,02	4,45	5,65	4,34	4,14	5,99

Ozimá pšenice je na předplodinu nejnáročnější a se snižující se úrodností vliv předplodiny na výnos roste. Zařazení po obilninách není vhodné. Eliminovat negativní vliv tohoto zařazení v osevním postupu můžeme použitím tolerantní odrůdy, organickým hnojením (zelené hnojení a menší dávky hnoje), vyššími dávkami průmyslových hnojiv (o 10 – 15 %), namořením osiva, vyšším výsevkem, důslednou regulací plevelů, chorob a škůdců (Petr et al., 1997).

Významným faktorem ovlivňujícím úspěšnost pěstování ozimých obilnin je přezimování porostů. Pšenice ozimá je odolná proti mrazu -15 až -20 °C. Rostliny by měly

před nástupem zimy dobře zakořenit, částečně odnožit a vytvořit nízký habitus. Hlavní živinou podporující nárůst biomasy je dusík (Šnobl et al., 2007).

Rozhodujícím činitelem, nejvíce ovlivňujícím výnos a kvalitu zrna pšenice je výživa a hnojení dusíkem. Pro zajištění vysokých výnosů zrna s dobrou kvalitou jsou rozhodujícími faktory vysoká půdní úrodnost, vhodná předplodina a správná výživa a hnojení. Z uvedeného výčtu je vidět, že se přímý vliv hnojení projevuje hlavně na půdách s nižší úrodností, méně příznivých podmínkách, nebo po nevhodné předplodině (Ivanič et al., 1984).

2.2.2. Pěstitelská charakteristika ječmene

Jediný kulturní druh Ječmen setý (*Hordeum vulgare L.*) patří k nejstarším pěstovaným obilninám (Šnobl et al., 2007).

Ječmen je naší druhou nejrozšířenější obilninou. Vyšlechtění krátkostébelných kultivarů jarního ječmene umožnilo intenzivnější hnojení a tím se také podstatně zvýšily výnosy zrna této plodiny (Ivanič et al., 1984).

Ječmen má horší osvojovací schopnost živin a nejhůře snáší kyselější půdy (Vaněk et al., 1998).

Ječmen má největší počet zárodečných kořínků z našich obilnin (4 - 10), nejčastěji 5 - 6. Větší obilky zpravidla tvoří i více zárodečných kořínků. Zrno pěstovaných odrůd ječmene je pluchaté. Plucha a pluška je se zrnem srostlá. Ječmen je morfologicky velmi variabilní: ječmen dvouřadý (jedna obilka na jednom článku klasového větene) pěstovaný u nás většinou v jarní formě a posledních letech sporadicky také v ozimé formě. Víceřadý ječmen, který má na jednom článku klasového větene tři obilky, se pěstuje jen v ozimé formě. Zrno zabezpečuje dobrou surovinu pro sladařský a krmivářský průmysl, kde se podílí na dobré jakosti masa. K těmto účelům se využívají téměř tři čtvrtiny produkce jarního ječmene a veškerý ozimý ječmen (Petr et al., 1997).

Tab. 7 Vývoj ploch a sklizní jarního ječmene v ČR (ČSÚ)

plodina		1960	1970	1980	1990	2000	2003	2004
jarní ječmen	plocha tis. ha	362,2	487,3	598,5	335,7	352,9	451,1	353,4
	výnos t.ha ⁻¹	2,71	3,01	3,81	5,44	3,03	3,91	4,99

Jak uvádějí Strnad et al. (1972), má hnojení, zvláště ve vyšších polohách, na půdách s nižší úrodností a po méně vhodné předplodině, rozhodující vliv na dosažení vysokého

výnosu zrna (Ivanič et al., 1984).

Z výsledků Špaldona et al. (1982), při sledování vlivu termínu výsevu na výnos jarního ječmene vyplývá, že doba výsevu ovlivňuje nejen výnos, ale i technologickou hodnotu zrna. Tím, že má ječmen nízkou minimální teplotu klíčení, lze ho sít ihned, když to vlhkost půdy dovolí. Z průměrných údajů 3 let sledování je zřejmé, že každý den zpoždění výsevu jarního ječmene sníží výnos o 40 - 60 kg zrna na 1 ha, a to podle normy výsevu. Při opožděném výsevu se však snižuje i sladařská hodnota zrna.

Pro jarní ječmen jsou nejlepší předplodinou hnojem hnojené brambory a cukrovka, po kterých dosahuje stabilních výnosů. V řepařské oblasti dosahuje dobrých výnosů i po ozimé pšenici (Šnobl et al., 2007).

Od 17. století se rozšiřuje sladování ječmene. Ke sladování je používán jarní dvouřadý ječmen. Prokázalo se, že ječná dieta výrazně snižuje hladinu cholesterolu v krvi. Souvisí to s obsahem β -glukanů, které právě ječmen z obilovin v největším podílu obsahuje. Je také zdrojem vitamínů B-komplexu, minerálních látek (zejména železa), biologicky aktivních antioxidantů, tokoferolů, vitamínu E, bílkovin a řady enzymů z naklíčeného zrna (Petr et al., 1997). Využitelnost jarního ječmene je široká. Pěstuje se pro sladařský i krmivářský průmysl, především ke krmení prasat, u nichž se podílí na dobré jakosti masa (Šnobl et al., 2007).

2.2.3. Pěstitelská charakteristika kukuřice

Kukuřice (*Zea mays L.*) patří do čeledi lipnicovitých *Poaceae* a skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*).

Kukuřice je rostlina jednodomá, má samičí i samčí květenství na jedné rostlině. Rostlina je cizosprašná. Samičí květenství je tvořeno palicí, což je přeměněný klas. Kořenový systém je svazčitý, druhotně vyrůstají kořeny i na nejnižších kolénkách stébla (Šuk et al., 1998).

Je původně plodinou z tropických oblastí (Vaněk et al., 1998). Patří sice k obilninám, ale nároky a způsobem pěstování má charakter okopaniny. Má vysokou produkční schopnost, ale její pěstování je omezeno vysokými nároky na teplo. Jisté výnosy poskytuje jen v nejteplejších oblastech republiky. V méně příznivých podmínkách se osvědčily hybridy s kratší vegetační dobou, nebo se pěstuje jen kukuřice na siláž a zelené krmení. Kukuřičné zrna hraje důležitou úlohu při výkrmu prasat a drůbeže. Silážní kukuřice hraje důležitou roli při výrobě objemových krmiv pro skot a řadí se mezi rozhodující krmné plodiny (Šnobl et al., 2007).

Kukuřice je velmi náročná na přípravu půdy. Vyžaduje půdy hluboko zpracované

(Šnobl et al., 2007). Kukuřice vytváří mohutný kořenový systém a vzhledem k delšímu období příjmu využívá velmi dobře živiny z půdy (Ivanič et al., 1984).

2.2.4. Pěstitelská charakteristika brambor

Brambor hlíznatý (*Solanum tuberosum*) je botanicky zařazený do rodu lilek *Solanum* Tourn. a čeledi lilkovitých (*Solanaceae*).

Brambory jsou samosprašné, mohou však být opyleny i cizím pylem, který přenáší hmyz (Capouchová et al., 2000).

Hlíza je zkrácený vzrostný vrchol stolonu. Je důležitým prvkem vegetativního rozmnožování a hospodářsky nejcennější částí bramborové rostliny. Na hlíze jsou v genetické spirále uspořádány pupeny. Bramborové hlízy obsahují 23,7 % sušiny. Hlavní zásobní látkou je škrob, jeho obsah se pohybuje přibližně mezi 13 až 23 % s tím, že u konzumních odrůd činí 13 – 16 % a u průmyslových nad 17% (Minx et al., 1994).

Tab. 8 Průměrné chemické složení hlíz a natě brambor (podíl čerstvé hmoty v %) (Ivanič et al., 1984)

	N	P	K	Ca	Mg
Hlízy	0,34	0,07	0,48	0,02	0,03
Nat'	0,49	0,07	0,36	0,45	0,2

Hnojením se dá částečně ovlivnit počet a velikost hlíz. Je známo, že hnojení více ovlivňuje počet hlíz, kdežto příznivě rozdělené srážky působí příznivě na velikost hlíz. Optimální hnojení velmi výrazně působí na kvalitu hlíz (Ivanič et al., 1984).

Kořeny bramborů pronikají do hloubky 30 – 40 cm, takže mohou využívat jen živiny nacházející se v tomto profilu (Vaněk et al., 2007).

Brambory nemají zvláštní požadavky na předplodiny, zejména jsou-li hnojeny statkovými hnojivy. Mají vysoké požadavky na pohotovost živiny ze staré půdní síly po celou dobu vegetace. Při nižší úrovni hnojení je potřeba počítat s větším kolísáním výnosů podle průběhu počasí v jednotlivých letech (Šnobl et al., 2007). Za zlepšující plodinu platí, jsou-li hnojeny organickými hnojivy (Capouchová et al., 2000).

Jsou považovány za důležitou potravinu i krmivo a dále jsou významné pro příznivé působení v osevním postupu. V České republice plocha i produkce brambor klesá, dnes

představuje asi 1,2 % z výměry orné půdy (Šnobl et al., 2007).

Optimální podmínky pro pěstování brambor jsou ve středních a vyšších polohách republiky, kde jim vyhovují zrnitostně lehčí a propustnější půdy a vyšší srážky, zajišťující příznivější vláhové podmínky, a kde také dosahují nejvyšších výnosů. Brambory jsou nejintenzivnější plodinou bramborářské výrobní oblasti (Ivanič et al., 1984). Úroveň našeho bramborářství se v poslední době výrazně zvýšila, ale stále zaostáváme ve výnosech za nejlépejšími evropskými státy. Např. Francie, Holandsko, Německo, Belgie dosahují stabilně výnosů kolem 40 t.ha⁻¹ (Šnobl et al., 2007).

Tab. 9 Vývoj ploch a sklizní brambor v ČR (ČSÚ)

plodina		1970	1980	1990	2000	2002	2003	2004
	plocha tis. ha	229,3	130	109,7	69,2	38,3	35,9	35,9
brambory	výnos t.ha ⁻¹	16,9	15	16	21,3	23,5	19	24,6

2.3. Hnojení dusíkem

Hnojení dusíkem je na rozdíl od ostatních živin vždy cíleno k rostlině. I když se na výnosu významně podílí půdní dusík, je přímé dusíkaté hnojení plodiny významným faktorem výše i stability výnosu a kvality produkce. (Vaněk et al., 1998)

Snahou je zajistit rostlinám dostatek dusíku v půdě v období jeho potřeby, a proto musí vlastní hnojení vycházet z biologických zvláštností odrůd, půdní úrodnosti, průběhu povětrnosti a stavu porostu. Značná pohyblivost minerálních forem N v půdě a s tím související možnosti ztratit dusík v našich podmínkách většinou neumožňují jednorázové použití dusíkatých hnojiv. Převážnou část dusíku v minerálních hnojivech je zapotřebí aplikovat na počátku jarní vegetace, aby měly rostliny dostatek dusíku v období intenzivního růstu. Z hlediska časové aplikace N hnojiv lze hnojení rozdělit na základní hnojení (realizované nejpozději do období setí) a přihnojení během vegetace – hnojení na list (regenerační, produkční, kvalitativní).

Celkovou potřebu rostlin na dusík stanovíme podle středního odběru na jednotku produkce a předpokládaného výnosu (Vaněk et al., 2007).

Tab. 10 Střední odběr dusíku v kg na 1 t hlavního produktu (je zahrnut i vedlejší produkt)

Plodina	Produkt	Střední odběr kg N na 1 t
Ozimá pšenice	zrno	22-26 (prům. 24)

Jarní ječmen	zrno	20-24 (prům. 22)
Kukuřice	zel. hmota, siláž	3,5 – 4,0 (prům. 3,7)
Brambory ranné	hlízy (bez natě)	3,6 – 3,8 (prům. 3,7)

Jestliže předpokládáme např. výnos ozimé pšenice 6t zrna, tak při středním odběru 24 kg N/t je celková potřeba dusíku okolo 144 kg N/ha.

Střední odběry na jednotku produkce se mohou dosti výrazně měnit vlivem stanoviště, ročníku, odrůdové skladby, úrovně dusíkaté výživy, ale především výnosu a poměru hlavního a vedlejšího produktu. I přes určité kolísání hodnot je to jeden z „nejpřesnějších“ údajů pro stanovení dávky dusíkatého hnojení (Vaněk et al., 2007).

Dávku je dále nutné upravit v závislosti na použití organických hnojiv (- 0,15 až -3,25 kg N/ha), na množství posklizňových zbytků (0 až +8 kg N/ha) a v závislosti na předplodině (+20 až -80 kg N/ha nebo pouze 40% dávky N po obilnině s podsevem). V minerálních hnojivech pak uhradíme zbytek, případně upravíme výpočet ještě dle stanoviště. Pro zohlednění stanoviště se korekce provede tak, že na úrodných stanovištích (černozemě a hnědozemě) s dostatkem srážek se odpočítává až 30 kg N z ha (předpokládá se využití půdního N), na méně vhodných stanovištích, kambizemích s vyššími srážkami je nutné dávky zvýšit až o 20 kg N/ha (Vaněk et al., 2007).

Na půdách, kde intenzivně probíhají biologické procesy a není nebezpečí ztrát N vyplavením se provádí odečet (0 – 40 kg N). Naopak na půdách propustných s malou biologickou činností a ve vlhkých oblastech je třeba zvýšit hnojení o 0 – 40 kg . ha⁻¹ (Neuberg et al., 1974).

Obecně lze konstatovat, že za suššího počasí je zapotřebí i na biologicky činných a úrodných půdách zvýšit dávky N hnojiv a používat hnojiva typu LAV a naopak ve vlhčím a teplejším období je zapotřebí s výjimkou velmi lehkých půd dávky N snížit (Vaněk et al., 1997b).

Takto se vypočítají dávky pro všechny plodiny a určí se doba aplikace, druh a dávka hnojiva.

Při stanovení termínu aplikace N je třeba vycházet ze zásady, že by se převážná část dusíku v minerálních hnojivech měla aplikovat před obdobím potřeby rostlin, tzn. před počátkem vegetace nebo v průběhu vegetace tak, aby měly rostliny dusík v půdě k dispozici v období jeho nejvyšší potřeby. N hnojiva musí být aplikována před obdobím, kdy mohou výrazně ovlivnit jednotlivé výnosové prvky (výnos a kvalita produkce) a jsou předpoklady efektivního využití N rostlinami.

Termín aplikace hnojiv nutně souvisí i s jejich sortimentem. Pokud nejsou k dispozici hnojiva vhodná k základnímu hnojení (hnojení uskutečněné nejpozději před setím), je nutné přesunout vyšší dávky do období vegetace a naopak (Vaněk et al., 2007).

V současném sortimentu dusíkatých hnojiv u nás je pouze síran amonný hnojivem, kterým je možné hnojit na delší období (Vaněk et al., 1998).

2.3.1. Hnojení jednotlivých plodin

Pšenice

Optimální výživa dusíkem je nevýznamnější opatření, ovlivňující utváření výnosových prvků i vlastní výnos a kvalitu zrna pšenice (Vaněk et al., 1998).

Na výnos 1 t zrna a odpovídající výnos slámy odčerpá pšenice v průměru okolo 28 kg N. Přehnojení i nedostatečná výživa dusíkem se projevují negativně. Při přehnojení je nebezpečí polehnutí porostu, které vede vždy ke snížení výnosu i kvality zrna. Nedostatečná výživa taktéž snižuje výnos i kvalitu zrna (Ivanič et al., 1984).

Při výpočtu dávky dusíku je nutné vycházet z požadovaného výnosu zrna a vypočtenou dávku upravit dle předplodiny, hnojení organickými hnojivy, úrodnosti půd a klimatu. Běžné dávky dusíku v průmyslových hnojivech k pšenici se pohybují od 60 do 160 kg . ha⁻¹ (Ivanič et al., 1984). Šnobl et al. (2007) uvádějí, že se celková dávka dle předplodiny pohybuje mezi 70 - 120 kg N . ha⁻¹. Obvykle se dávky dusíku aplikují jako regenerační (po zimě) v dávce 30 – 40 kg N.ha⁻¹ a produkční (počátkem sloupkování) v dávce 40 – 50 kg N.ha⁻¹. Pozdní dávka (od konce sloupkování do metání) je vhodná u pekárenských pšenic a aplikuje se jen dle okolností v dávce 30 kg N.ha⁻¹.

Vaněk et al. (2007) doporučují regenerační přihnojení po přezimování brzy na jaře, jakmile to půdní a povětrnostní podmínky dovolí v dávce 20 – 60 kg N nejlépe v LAV. Produkční přihnojení v rozmezí 20 – 60 kg N/ha hnojivem LAV nebo DAM 390 po odnožení na počátku sloupkování, kdy dochází k diferenciaci vegetačního vrcholu a zakládá se počet zrn v klasu. Pozdní přihnojení uskutečněné těsně před metáním, nebo krátce po něm je kvalitativní. Lze tak ovlivnit kvalitu zrna a HTS. Dávkujeme 20 – 30 kg LV nebo LAV. Účinnost je značně závislá na počasí. Za sucha nejsou předpoklady k příjmu N, za vlhka může dojít k rozvoji houbových chorob a naopak k poklesu výnosu a zhoršení kvality zrna.

Ječmen

Jarní ječmen se řadí k nejcitlivějším obilninám na hnojení. Jakákoli nerovnoměrnost v půdě nebo při hnojení se projeví v nevyrovnanosti porostu, na výnosu zrna i na jeho kvalitě (Šnobl et al., 2007).

Ječmen z obilnin reaguje nejcitlivěji na nedostatek živin v půdě a velmi pozitivně reaguje na hnojení minerálními hnojivy, zvláště za méně vhodných pěstitelských podmínek. Příjem živin je u jarního ječmene velmi rychlý a rostliny přijmou převážnou část živin ve velmi krátké době (6 týdnů). Příjem N sleduje křivku tvorby sušiny nadzemní biomasy a má před ní výrazný předstih (Ivanič et al., 1984).

Dusík má největší vliv na výnos a kvalitu zrna (Vaněk et al., 2007). Výnos 1t zrna a odpovídající výnos slámy v průměru odčerpá 20 - 22 kg N. Vyšší odběr je u krmného ječmene, zatímco nižší hodnoty platí pro sladovnický ječmen.

Nejdůležitější je stanovení optimální dávky dusíku. Aplikujeme od 60 do 80 kg N/ha jednorázově před setím ve formě síranu amonného, močoviny, případně DAM 390, zvláště v sušších oblastech a na středních a těžších půdách. Je-li nutné dávku rozdělit, aplikujeme 2/3 před setím a zbytek během vegetace (na 3. – 4. list). K přihnojení volíme LAV nebo DAM 390. Výhodou dělené dávky je možnost úpravy přihnojovací dávky na základě posouzení porostu a průběhu počasí, případně rozborů půd nebo rostlin (Vaněk et al., 2007). Poslední možností úpravy dávky N je na základě posouzení stavu porostů před přihnojením. Hodnotíme celkový stav porostu, jeho vývin, vyrovnanost, počet rostlin na jednotce plochy, zdravotní stav a vitalitu rostlin (Ivanič et al., 1984).

Obecně vyšší dávky dusíku můžeme použít pro krmné ječmeny. U sladovnického ječmene je vyšší obsah minerálního N v půdě po vymetání a jeho zvýšený příjem rostlinami nežádoucí (Vaněk et al., 2007).

Oproti pšenici je mnohem jednodušší stanovení optimální doby hnojení (Ivanič et al., 1984). Hnojení dusíkem se provádí zpravidla před setím (Šnobl et al., 2007). Většinu dusíku musíme aplikovat již na počátku vegetace (Ivanič et al., 1984).

Organické hnojení přímo k ječmeni se běžně neužívá. Ovšem v osevních postupech s vysokým zastoupením obilnin, kde se ječmen často pěstuje po obilnině a ve velkém odstupu od okopaniny, reaguje ječmen na organické hnojení velmi dobře (Ivanič et al., 1984). Velmi se osvědčuje zelené hnojení v kombinaci se zaorávkou slámy (Vaněk et al., 2007).

Kukuřice

Pro kukuřici je charakteristický velmi pomalý počáteční růst a malý příjem živin

(Vaněk et al., 1998). V globále však kukuřice vysokou produkcí odčerpává s půdy značné množství živin. Dostatek dusíku je rozhodující pro zajištění vysokých výnosů. Hnojení dusíkem je podstatně jednodušší než u ostatních obilnin, protože nebezpečí poškození porostu z přehnojení dusíkem není tak velké (Ivanič et al., 1984).

Systém hnojení je stejný u kukuřice na zrno i siláž. Podstatné je zvolit úroveň hnojení podle předpokládaného výnosu (Vaněk et al., 2007). Na vytvoření 1t zrna a odpovídajícího množství slámy odebere kukuřice průměrně okolo 24 kg N (Ivanič et al., 1984).

Celková dávka dusíku v minerálních hnojivech by se měla podle výnosu a organického hnojení pohybovat mezi 80 až 200 kg/ha (Vaněk et al., 2007).

Před setím se aplikuje celá dávka, nebo 2/3 dávky dusíkatých hnojiv, přičemž zbývající 1/3 formou přihnojení během vegetace, kdy porosty dosáhly 20 – 40 cm (Šnobl et al., 2007). Příjem N mírně předbílá tvorbu sušiny (Ivanič et al., 1984). Vysoký odběr N rostlinami je sice až v období intenzivního růstu, (maximum biomasy vytvoří během července a srpna), ale hnojit ve vegetačním období je problematické kvůli častému poškození porostů (popálení paždí listů). Menší poškození lze předpokládat po použití LAV než LV a při výšce porostu asi 20 cm (Vaněk et al., 2007).

Ke hnojení kukuřice se běžně užívají organická hnojiva, zvláště na půdách s nižší úrodností a po horších předplodinách. Nejběžněji se používá hnůj v dávce 30 - 40 t na 1 ha. Výhodné je také použití kejdy, nebo zeleného hnojení, případě jejich kombinace (Ivanič et al., 1984).

Brambory

Dusík je stejně jako u ostatních plodin, nejvýznamnější základní živinou brambor; nejvíce ovlivňuje objem sklizně. Hnojením se dá částečně ovlivnit počet a velikost hlíz. Je známo, že dobrá výživa více ovlivňuje počet hlíz, kdežto příznivé rozložení srážek ovlivňuje jejich velikost (Vaněk et al., 1998).

Dusík má obecně velký vliv na tvorbu nadzemní biomasy. Větší dávky dusíku zvyšují výnos, ale od určité hranice se zhoršuje kvalita hlíz a je vyšší nebezpečí napadení plísní bramborovou v důsledku prodloužení vegetace (Vaněk et al., 2007).

Na produkci 10 t hlíz s natí a kořeny spotřebují brambory 50 kg dusíku (Šnobl et al., 2007). V případě výnosu 30 t/ha to znamená více než 150 kg N. V průměru se uvádí spotřeba 5 - 6 kg N na tvorbu 1 t hlíz a odpovídajícího množství natě (Ivanič et al., 1984).

Zdrojem dusíku pro rostliny brambor je půdní anorganický dusík, jehož nejcharakterističtější vlastností je jeho kvantitativní a kvalitativní sezónnost. Dávky dusíku je

třeba pod brambory přísně diferencovat se zřetelem na užitkový směr pěstování (Čepl, Vokál, 1997).

Vysoké nároky na živiny a celkově nižší úrodnost půd bramborářské výrobní oblasti naznačuje velký význam hnojení pro dosažení vysokých a stálých výnosů. Základem úspěšného pěstování je přiměřené hnojení kvalitními hnojivy organického původu (Ivanič et al., 1984). Nejvhodnějším organickým hnojivem je chlévský hnůj (případně kompost), který se zaorává v dávce 30 - 40 t . ha⁻¹ v období žní od konce října – čím lehčí půda, tím později. Hnůj úspěšně nahradí kejda skotu (45 - 60 t .ha⁻¹), prasat (30 - 35 t .ha⁻¹) nebo drůbeže (15 - 20 t) – pokud je kvalitní, rovnoměrně rozmetaná a jako u hnoje ihned zapravená do půdy (Šnobl et al., 2007).

Ukazuje se, že není účelné ani ekonomické použití vyšších dávek N než 120 kg/ha. S ohledem na to, že brambory dobře snášejí fyziologicky kyselá hnojiva a pěstují se převážně na propustnějších půdách, dáváme přednost síranu amonnému a hnojivu DAM 390, případně močovině. Značnou výhodou tekutých hnojiv je možnost jejich rovnoměrné aplikace. Doporučené dávky: je-li celková dávka do 80 kg N/ha aplikujeme celou dávku před výsadbou, u vyšších dávek aplikujeme zhruba 2/3 před výsadbou a 1/3 formou přihnojení během vegetace (Vaněk et al., 2007).

Přihnojení dusíkem během vegetace je ojedinělé a používá se jen při poškození porostů. Jak vykazují pokusy, nemělo dělení dávky N vliv na výnos a kvalitu hlíz. U současně pěstovaných kultivarů je ekonomické používat dávky do 120 kg N/ha (Ivanič et al., 1984).

2.3.2. Vliv hnojení na výnos a obsah dusíku v rostlinách

Obecně je zatím nejobtížnější právě zajištění optimální výživy rostlin dusíkem. Nároky jednotlivých druhů, ale často i kultivarů na množství, formu a časovou potřebu, obzvláště v souvislosti s měnícími se podmínkami prostředí (počasí v různých letech) jsou značně rozdílné (Ivanič et al., 1984). Je nutné si uvědomit, že při nedostatečné výživě N, stejně jako při nevyrovnané a nadbytečné výživě mohou pěstované plodiny produkovat větší množství nutričně nežádoucích až nebezpečných látek a tím může být ohrožena zdravá výživa zvířat i lidí. Je proto třeba ustoupit od opatření a zásahů, která nejsou podložena vědeckými poznatky (Vaněk et al., 1997b).

Domácí i zahraniční zkušenosti dokazují, že na dosažení vysoké výnosové úrovně nestačí jen mechanické zvyšování dávek minerálních hnojiv. Nevyhnutelným předpokladem

pro úspěšné řízení výživy rostlin je znalost základních zvláštností výživy jednotlivých druhů plodin, vlastností půdy i agrochemických vlastností hnojiv, tj. komplexní systémový přístup k vypracování programů výživy rostlin při maximálním využití vědeckých poznatků (Ivanič et al., 1984).

Dudáš (1987) uvádí, že nedostatečný příjem dusíku do fáze sloupkování, může negativně ovlivnit vegetativní vývoj **ozimé pšenice**. Nedostatek dusíku od samého začátku vegetace omezí tvorbu bílkovin, což se projeví zbrzděním růstu všech orgánů a urychlením fyziologického stárnutí porostu. Rostliny s takto porušenou dusíkatou výživou dříve kvetou, rychleji dozrávají, ale za cenu snížení výnosu včetně kvality.

Dryšlová (2000) zjišťovala v přesném maloparcelkovém pokusu vliv rozdílné dusíkaté výživy na výnos zrna **ozimé pšenice**. Sledovala dvě varianty s výrazně odlišnými dávkami dusíku. Dávka 40 kg N . ha⁻¹ jako příklad současného trendu hospodaření s nízkými vstupy a dávka 120 kg N . ha⁻¹ jako standardně volené hnojařské opatření. U odrůdy Hana při dávce 40 kg N . ha⁻¹ byl dosažen průměrný výnos zrna 4,36 t.ha⁻¹, u dávky 120 kg N . ha⁻¹ byl výnos 4,97 t.ha⁻¹. U odrůdy Astella při dávce 40 kg N . ha⁻¹ byl dosažen průměrný výnos zrna 6,69 a u dávky 120 kg N . ha⁻¹ činil výnos 7,25 t.ha⁻¹.

Růžek (1997) zjistil, že se výnos zrna **ozimé pšenice** zařazené v osevním postupu po obilnině zvyšoval až do celkové dávky 150 kg N . ha⁻¹. Přitom efektivnost hnojení byla u nižších dávek N podstatně větší než u vyšších dávek N. Hnojení ozimé pšenice nad 150 kg N . ha⁻¹ bylo neefektivní. Vyšší celková dávka dusíku aplikovaná ve více dílčích dávkách v jarním období se zpravidla projevila pozitivně na kvalitě zrna. Nejnižší hodnoty byly naopak zjištěny u nehnojených variant a variant s jednorázovou dávkou aplikovanou na podzim před setím.

Hřivna a Pelikán (1997) porovnávali vliv organických hnojiv využívajících kaly a konvenčního hnojení s průmyslovými hnojivy na výnosy a potravinářskou kvalitu **ozimé pšenice**. Varianta hnojená kaly měla značně vyšší obsah proteinu a lepku ve srovnání s variantami hnojenými minerálními hnojivy. Výnosy byly vyšší, v průměru o 24,8 %. Efekt hnojení kaly nezvýšil jenom výnosy a kvalitu zrna, ale zmírnil dopad nepříznivých podmínek počasí (teplotních a vodních stresů).

Ukázalo se, že kaly stimulují růst a výnosy **brambor** bez úbytku obsahu škrobu. Sledovali dále vliv organických hnojiv využívajících kaly na výnosy a kvalitu **sladovnického**

ječmene. V roce 1994 byl nedostatek srážek v červnu a tropické teploty v červenci. Díky tomuto počasí měl ječmen vyšší obsah proteinu a nižší obsah škrobu, proto nemohl být akceptován jako sladovnický. Dokonce ještě v těchto extrémních podmínkách počasí vedla aplikace kalů k nižším obsahům proteinů a lepší sladovnické kvalitě.

Vokál a Rindoš (1987) sledovali vliv výživy na výnosovou stabilitu a kvalitu **brambor**. Společným znakem variant s nižší výnosovou úrovní bylo, že se jednalo o varianty buď organicky nehnojené (výnos hlíz 34,6 t.ha⁻¹), nebo varianty, kde byla použita sláma, případně kombinace slámy se zeleným hnojením (34,9 t.ha⁻¹). Naopak nejlepší výnosové úrovně bylo dosaženo u variant, kde byla použita kejda prasat a její kombinace se zeleným hnojením (49 t.ha⁻¹). Při použití samotného hnoje, který byl aplikován v dávce 35 t.ha⁻¹ byl výnos podobný jako u varianty hnojené kejdou skotu (41 t.ha⁻¹), tento výnos byl velmi významně pod úrovní varianty s kejdou prasat. Minerální hnojiva aplikovaná spolu s organickými zvýšila v průměru výnos hlíz o 8,6 tun, tj. o 23,6 %. Čím byl nižší průměrný výnos hlíz, tím byl vyšší přírůstek výnosu při použití minerálních hnojiv.

Zkoušené kombinace hnojení měly velký vliv na obsah dusíku v sušině hlíz. Z hlediska variant organického hnojení byl zaznamenán nižší obsah u variant hnojených slámou (1,1 %), při kombinaci slámy se zeleným hnojením a u varianty, kde bylo použito zelené hnojení formou strništní meziplodiny. Bylo-li však toto hnojení kombinováno s hnojem nebo kejdou skotu či prasat, došlo k výraznému zvýšení obsahu dusíku na 1,3 %.

Míča et al. (1991) v pokusu s různou úrovní hnojení **brambor** dusíkem zjistili výrazný nárůst obsahu dusičnanů v hlíze, při srovnání varianty nehnojené N s variantou hnojenou dávkou 120 kg č.ž. N/ha. U varianty 160 kg č.ž. N/ha, ve srovnání s variantou 120 kg č.ž. N/ha, došlo k mírnému poklesu obsahu dusičnanů ve sledovaných vrstvách bramborové hlízy.

2.4. Hnojiva

Hnojení je třeba chápat jako součást celého komplexu faktorů - tedy všech agrotechnických opatření a stanovištních podmínek. Hnojařská opatření je nutné chápat tak, že z větší části hnojíme půdu, a tím upravujeme půdní vlastnosti a obnovujeme obsah živin v půdě a z menší části má hnojení přímý vliv hnojení na výnosy plodin (Vaněk et al., 2007). Vhodně zvolená soustava hnojení zvyšuje efektivní půdní úrodnost (Ivanič et al., 1984).

2.4.1. Ledek amonný s vápencem

Ledek amonný s vápencem patří mezi minerální (průmyslová) hnojiva, vyrábí se z dusičnanu amonného a jemně mletého vápence ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$). Z celkového dusíku je v tomto hnojivu $\frac{1}{2}$ ve formě amonné a $\frac{1}{2}$ ve formě nitrátové. Z hlediska kvality hnojiva je nutné, aby přísávek vápence (nebo dolomitu) neklesl pod 20 %. Přítomnost rychleji působící nitrátové formy i pozvolněji působící amonné formy činí z tohoto hnojiva téměř universální N hnojivo. Dá se použít jak při předset'ovém hnojení, tak i v průběhu vegetace na list. Jeho universálnost je třeba hodnotit i z hlediska půdních vlastností (Šnobl et al., 2007).

Značnou výhodou LAV ve srovnání s klasickými ledky je to, že k přihnojení můžeme používat vyšší dávky, a tím omezit počet vstupů do porostu (Vaněk et al., 2007).

2.4.2. Organická hnojiva

Organické hnojení má v systému rostlinné výroby nezastupitelnou úlohu. Z hlediska udržování či zvyšování půdní úrodnosti nelze dlouhodobě úspěšně hospodařit bez přísunu organických látek do půdy (Vaněk et al., 2007).

Organické hnojení přispívá ke zlepšení struktury půdy, upravuje půdní reakci, dodává živiny a půdní mikroorganismy, které příznivě ovlivňují půdní činnost (Šnobl et al., 2007).

Mezi organická hnojiva patří stájová hnojiva (chlévký hnůj, kejda, močůvka), zelené hnojení, sláma, rašelina, komposty, biodegradabilní odpad, upravený čistírenský kal (Ivanič et al., 1984).

Efektivní využití statkových hnojiv v systému hnojení, bilance spotřeby a přísunu organických látek na orné půdě vyžaduje znalost složení hnojiv, která jsou používána ke hnojení (Škarda, 1982).

Statková (organická) hnojiva mají vysokou hnojivou hodnotu a jsou jimi do půdy dodávány rostlinné živiny (N, P, K, Ca, Mg) – makroelementy i mikroelementy, organické látky (celulóza, hemicelulóza, lignin, glycidy, aminokyseliny, bílkoviny, auxiny apod.), mikroorganismy, látky stimulační, růstové a hormonální.

Představují univerzální hnojiva, jejichž působení je většinou pozvolnější a dlouhodobé. Půdy pravidelně hnojené statkovými hnojivy jsou úrodnější, protože mají lepší fyzikální vlastnosti, lépe přijímají vodu, lépe zadržují živiny, jsou odolnější k výkyvům pH, umožňují vhodnější dávkování minerálních hnojiv a lepší využití živin rostlinami (Vaněk et al., 2007).

Statková hnojiva je třeba aplikovat na pozemky v přiměřených dávkách – rozhodující je obsah dusíku, popř. draslíku (dávka by neměla poskytovat více těchto živin, než je potřeba plodiny) (Vaněk et al., 2007).

Chlévský hnůj

Ing. Škarda (1982) říká: „Hnůj je a ještě dlouho zůstane nejrozšířenějším organickým hnojivem v Českém zemědělství. V hnoji se produkuje 70 % celkového množství organických látek a 50 – 70 % celkového množství NPK-živin ve statkových hnojivech“. Ještě donedávna to bylo pravdou, dnes už na pozici hnoje útočí spolu s komposty i upravené čistírenské kaly.

Směs výkalů a steliva, případně zbytků krmiva, která opouští stáj, se nazývá chlévská mrva. Uzráním na hnojišti vzniká chlévský hnůj. Aby v průběhu zrání nedocházelo k vysokým ztrátám organické hmoty a živin je nutné omezit přístup vzduchu (vrstvením do vysokých bloků). Průměrný obsah dusíku v hnoji od hovězího dobytka je 0,48 % N v čerstvém stavu (Šnobl et al., 2007).

Chlévská mrva a chlévský hnůj jsou kolonizovány velkým počtem druhově pestrých mikroorganismů, které jsou schopny se rychle množit, protože zde nachází bohatý substrát a způsobují dalekosáhlé přeměny. Velké množství různých mikrobiálních skupin je sem vneseno jednak výkaly ustájených zvířat, jednak stelivem. Epifytní mikroflóra steliva obohacuje chlévskou mrvu hlavně o xerofytní organismy – tedy aktinomycety a mikromycety (vláknité houby). Kombinace těchto skupin organismů umožňuje velký rozsah mineralizace substrátů s následným uvolňováním a ztrátami dusíku. Největší intenzita rozkladu organických látek probíhá za aerobních podmínek. Jak ubývá organický substrát, blíží se poměr C:N hodnotě 10, což je hranice pro dlouhodobou chemickou vazbu mezi organickou hmotou v půdě a v organických hnojivech (Tesař et al., 1992).

Hnůj obohacuje půdu o snadno rozložitelné uhlíkaté a dusíkaté látky. Obsahuje ve 100 kg asi 1 - 2 kg mikroorganismů, které příznivě ovlivňují biologickou půdní činnost a značné množství vody - přibližně 60 – 80 % (Ivanič et al., 1984).

Proces zrání mrvy představuje kvašení, telní a hnití, při kterém se komponenty rozkládají a následně přeměňují a transformují na látky jiného kvalitativního složení (Vaněk et al., 2007).

Dobře vyzrálý hnůj je tmavá snadno rýpatelná hmota (v povrchových vrstvách hnědočerná, ve spodních nazelenalá, která při styku se vzduchem rychle černá). Páchne slabě amoniakem. Zbytky steliva jsou patrné, dají se však snadno mechanicky oddělit. Zrání mrvy by mělo probíhat zásadně na hnojišti. Vlastní fermentace je složitý biochemický proces. O intenzitě tohoto procesu rozhoduje přístup vzduchu (kyslík), vlhkost a teplota. Čím vyšší je

přístup vzduchu, tím je proces intenzivnější a tím větší jsou ztráty na organické hmotě i na dusíku (Richter et al., 2001).

O účinnosti hnoje rozhoduje více kvalita než aplikovaná dávka. Kvalita však bývá často neuspokojivá. Ztráty organické hmoty dosahují v průměru 40 %. Při nekvalitním skladování mohou ztráty dosáhnout i 60 %. Ztráty dusíku kolísají v rozpětí 30 – 40 % (Škarda, 1982).

Tab. 11 Jakost hnoje podle průměrného obsahu organických látek a živin

jakost hnoje	obsah organických látek a živin v %						
	sušina	organické látky	N	P	K	Ca	Mg
špatná	18	14	0,29	0,07	0,33	0,25	0,04
střední	22	17	0,48	0,11	0,51	0,37	0,05
dobrá	24	18	0,56	0,14	0,58	0,43	0,06

Za vyhovující úroveň hnojení hnojem lze považovat dávku 25 - 40t hnoje/ha, aplikovanou na pozemek 1x za 4 - 5 let při běžném zastoupení plodin v osevním postupu (55 - 60 % zrnin, 20 - 25 % okopanin a kukuřice, 10 – 15 % víceletých píceňin). Hlavní zásadou je okamžité zaorání hnoje, neboť se jinak snižuje jeho hnojivá účinnost (Vaněk et al., 2007). Hnůj zapravený až po 24 hodinách ztrácí 15 % a po 4 dnech až 35 % své účinnosti. Nevyhovující jakost hnoje není účelné kompenzovat vyšší dávkou (Škarda, 1982).

Hnojem se hnojí hlavně plodiny s delší vegetační dobou, které jsou náročné na plynulé a dlouhodobé dodávání živin v pohotové formě (Vaněk et al., 2007).

Dosavadní výsledky ukazují, že mnohem větší význam mají stájová hnojiva v obnově půdní úrodnosti na méně úrodných půdách středních a vyšších poloh, tedy bramborářské výrobní oblasti než v nížinných polohách. V řepařské oblasti lze většinou půdní úrodnost poměrně dobře udržovat i bez klasických stájových hnojiv. Důležitou podmínkou však je pravidelné pěstování jetelovin a zeleného hnojení (Vaněk et al., 2001).

Sláma

Sláma je univerzálním organickým hnojivem, použitelným ve všech výrobních podmínkách (Škarda, 1982). Sláma potřebuje ke svému rozkladu 4 - 6 kg N na tunu. Přednostně kryjeme potřebu dusíku k rozkladu slámy tekutými statkovými hnojivy v dávce do 80 kg N/ha (Vaněk et al., 2007).

Tab. 12 Průměrné hodnoty obsahu živin a organických látek ve slámě

Sláma	Sušina %	Organické	N	P	K	Ca	Mg	Poměr C:N
-------	----------	-----------	---	---	---	----	----	-----------

		látky %	% v čerstvém stavu					(N=1)
pšeničná	86	82	0,45	0,07	0,64	0,21	0,07	80-90
žitná	86	82	0,34	0,07	0,52	0,33	0,05	100-110
ječná	86	82	0,5	0,18	0,94	0,28	0,05	70-80
ovesná	86	80	0,42	0,13	1,12	0,24	0,07	80-90
průměr	86	82	0,43	0,09	0,79	0,24	0,06	80
kukuřičná	86	82	0,46	0,16	1,26	0,32	0,14	60-80

2.5. Čistírenské kaly

Čistírenský kal je jedním z konečných produktů procesu čištění odpadních vod (OV) v čistírnách odpadních vod (ČOV). V procesu klasického čistírenského postupu se z OV odstraňují nežádoucí složky a koncentrují se do objemově nevýznamného vedlejšího produktu - kalu.

Zpracování a likvidace čistírenských kalů se stává jedním z nejdůležitějších a nejkritičtějších problémů čištění odpadních vod. Kaly představují přibližně 1 – 2 % objemu čištěných vod, je v nich však zkoncentrováno až 50 – 80 % původního znečištění odpadních vod (Jeníček, 2000).

Kuraš (1994) uvádí, že čistírenské kaly jsou složitou heterogenní suspenzí anorganických a organických látek odsazených z odpadních vod nebo vzniklých při technologických procesech čištění odpadních vod. Kal může také obsahovat přebytečnou biomasu z biologického čištění.

2.5.1. Produkce kalů

Množství kalů závisí především na množství a kvalitě čištěných odpadních vod a na použité technologii jejich čištění.

Intenzifikační postupy v oblasti kalového hospodářství jsou zaměřeny především na minimalizaci konečného množství produkovaných kalů, na získání stabilizovaného a hygienicky zabezpečeného materiálu, který již nezpůsobuje problémy při jeho konečném využití. To vše při maximálním využití energetického potenciálu organických látek zachycených v kalech a možného využití i anorganické složky kalu (Kutil, Dohányos, 2005).

Opodstatněný tlak na kvalitu povrchových vod vede nutně ke zvýšené péči o odpadní vody, což zároveň přispívá ke stále větší produkci čistírenských kalů (Balík et al., 1999).

Celosvětová produkce čistírenských kalů se odhaduje na $20 \cdot 10^9$ tun. Velká část z tohoto množství byla vypouštěna do moří a oceánů, ale v 90. letech byl ve vyspělých zemích tento způsob zakázán (v zemích Evropské Unie od 31. 12. 1998) (Chvátal, 2001).

V zemích EU je recyklováno 40 – 45 % celkové produkce čistírenských kalů, přičemž většina je využívána v zemědělství. Příkladem důsledné recyklace kalů a jejich využití může být Norsko, kde je v současné době využíváno v zemědělství téměř 70 % z celkové produkce kalů. Vysoký podíl využití kalů v zemědělství byl dosažen realizací přísných hygienických předpisů na výskyt patogenních a podmíněně patogenních mikroorganismů a limitů pro obsahy těžkých kovů v kalech (Kusá, Hrazdíra, 2000).

Z údajů českého statistického úřadu vyplývá, že se v Čechách v současné době ročně vyprodukuje cca 25 milionů tun odpadů (z toho podnikových 22 mil. t), z toho asi 6,4 % (1,59 mil. tun) představují kaly z ČOV. V rámci nakládání s odpady se využívá 1,9 % kalů z ČOV (30 tis. t) předáním k použití na zemědělské půdě a 11,3 % (180 tis. tun) ke kompostování.

2.5.2. Složení čistírenských kalů

Čistírenský kal je bohatým zdrojem organické hmoty a živin, zejména dusíku a fosforu. V současné situaci nedostatečného přísunu těchto látek do půdy v důsledku nízkého stavu hospodářských zvířat, poklesu ploch jetelovin a krmných plodin, je možnost aplikace kalů z ČOV v zemědělství nejen ekonomicky výhodným způsobem využití dopadu, ale i jednou z cest, jak půdě navracet chybějící látky (Dohányos, 2006).

Obecně je obsah přístupných živin v kalech významný, ale značně variabilní. Jedná se o variabilitu mezi různými čistírnami díky různé technologii zpracování, obsahy v kalech u jednotlivých ČOV jsou většinou poměrně stabilní. Z živin jsou v kalech významně zastoupeny především dusík a fosfor, tedy živiny, které stojí v popředí zájmu zemědělské praxe. Obsah draslíku bývá většinou nízký (Balík et al., 1999).

Naším hlavním cílem je maximální využití všech cenných látek z kalu, pokud tomu nebrání jiné faktory (patogeny, těžké kovy, toxické látky) (Dohányos, 2006).

Surový kal obsahuje okolo 70 % organických látek v sušině (Dohányos, Zimová, 2002). Obsah sušiny je ve stabilizovaných kalech velice variabilní. Závisí především na konečné úpravě kalu. U kalů odstředěných se pohybuje okolo 15 %, lisovaných okolo 30 % a u kalů uložených na kalových polích od 15 – 50 %, v závislosti na době uložení a povětrnostních podmínkách (Hauptman et al., 2000).

Obsah živin, především dusíku závisí na druhu ošetření kalu. Vlivem některých postupů může obsah dusíku ve stabilizovaném kalu výrazně klesnout. Vyvápňení kalů vede téměř

vždy ke snížení obsahu dusíku, ale současně i k snazší aplikovatelnosti kalu (Balík et al., 1999).

Obsah dusíku může představovat omezující kritérium aplikované dávky kalu (Balík et al., 2000).

Reakce pH je ve většině případů neutrální. Jednotlivé hodnoty se pohybují mezi 6,3 – 10,9. V průměru pak zjišťujeme pH 7,6 (Hauptman et al., 2000).

2.5.3. Využití kalů

Aplikace čistírenských kalů na zemědělskou půdu má významný vliv na výnosy pěstovaných plodin. Kromě přísunu živin zajišťují kaly také úpravu pH a úprava struktury půdy (Vaněk et al., 1997a).

Při aplikaci kalů je nutno zvážit jejich kladné i záporné vlastnosti. K pozitivům je třeba zařadit obsah živin a organických látek. V tabulce 13 jsou uvedeny průměrné obsahy organických látek a makroelementů, které získal ÚKZÚZ v rámci dlouhodobého monitoringu kalů v České republice. Při aplikaci 5 t sušiny kalu se dodá v průměru 160 kg dusíku, 60 kg fosforu, 15 kg draslíku, 20 kg hořčíku, 125 kg vápníku a 2,3 t organických látek. Ze srovnání s klasickými organickými hnojivy je zřejmý především nižší obsah draslíku a vyšší obsah dusíku a fosforu (Balík et al., 1999).

Tab. 13 Průměrný obsah organických látek a živin (v %) v sušině kalů (ÚKZÚZ Plzeň)

sušina	Org. látky	N _t	P	Ca	Mg	K	pH
27,7	45,5	3,2	1,2	2,5	0,4	0,3	5,6

K negativním vlastnostem patří možný obsah patogenů, organických polutantů a přítomnost rizikových prvků.

V tabulce 14 jsou uvedeny obsahy makroelementů v souboru 36 různých čistírenských kalů. Je zřejmé, že obdobně jako u RP také obsahy živin velmi kolísají. Z pohled praktického použití kalů je důležité hledisko kvality aplikace stanovené dávky a její skutečné dodržení v praxi. Proto je také důležité vycházet z dostupné mechanizace (Balík et al., 1999).

Tab.14 Obsah makroelementů v čistírenských kalech (% v sušině)

	N	P	K	Ca	Mg
min	1,89	0,78	0,09	0,70	0,22
max	6,56	4,18	1,78	30,64	2,77
x (n=36)	3,89	1,75	0,36	3,97	0,51

(zdroje: ČZU Praha, ÚKZÚZ, ČOV)

Při nízkém zastoupení těžkých kovů a hygienicky závadných prvků se mohou kaly vyrovnat i kvalitnímu kompostu, zvláště v podmínkách při trvalém nedostatku kvalitních statkových hnojiv, kdy představují zdroj humifikovatelných organických látek (Beneš, 1994).

Na základě praktických zkušeností s aplikací kalu lze uvažovat s minimální dávkou přibližně 5 t sušiny kalu na ha. V České republice je kromě RP důležitým omezujícím kritériem dávky kalu také obsah N v kalech. Jestliže vycházíme ze souboru našich analýz, potom při minimálním obsahu dusíku lze dávkou 5t sušiny kalu dodat 94,5 kg N/ha, ale při maximálním obsahu až 328 kg N/ha. Je proto nezbytné před vlastní aplikací kaly analyzovat na obsah N i dalších makroelementů. Při průměrném obsahu dusíku je 5ti tunami sušiny kalu dodáno 194,5 kg N/ha, což je ještě akceptovatelné množství. Proto je také z pohledu kritéria dusíku uvažovaná dávka 5 t sušiny kalu na hektar vyhovující (Balík et al., 1999).

Hnojení kaly z komunálních ČOV je vhodný způsob zužitkování těchto vedlejších produktů, jsou – li aplikovány cíleně, kontrolovaně a v odpovídajících přírodních a výrobních podmínkách. Pro nesporné ekonomické výhody, které přímé hnojení kaly přináší je tento způsob využití čistírenských kalů celosvětově preferován a prosazován (Chaloupka, 1996).

V zásadě je obsah živin v kalech, s výjimkou draslíku, srovnatelný s jinými organickými hnojivy, jako je kompost apod. Výzkumy ukázaly, že celkové množství čistírenských kalů, produkovaných komunálními čistírnami, byl svým obsahem živin (tj. dusíku, fosforu, draslíku) mohly nahradit asi 5% množství používaných minerálních hnojiv stav z roku 1994). To platí ale za předpokladu, že by byl obsah živin v komunálních čistírenských kalech tak nízký, že by se využilo celé množství produkované ČOV (Balík et al., 1999).

Kal z čistíren odpadních vod se využívá i při výrobě kompostů. Tato surovina je donorem organických látek, makro a mikroživin, ale i těžkých kovů. Proto se na chemické

analýzy kalů z ČOV klade mimořádný důraz (Ložek et al., 1999), a kontrola složení kalů na obsah toxických kovů probíhá soustavně.

2.5.4. Zpracování, stabilizace a hygienizace kalů

Čistírenský kal je směsí inertních organických látek, živých a mrtvých buněk mikroorganismů účastnících se čistírenských procesů (čištění odpadních vod, stabilizace kalů) (Jeníček, 2000). Kal může také obsahovat přebytečnou biomasu z biologického čištění (Dohányos, 2006).

Pro zemědělské využití a rekultivace je prioritním požadavkem hygienická nezávadnost a stabilizace kalu (Dohányos, 2006).

Cílem úpravy kalů je zabránit nepříznivým dopadům na životní prostředí a lidské zdraví. Koncentrace prospěšných i znečišťujících složek v kalu (a zdravotní rizika s nimi spojená) závisí na počáteční kvalitě odpadní vody a na úrovni požadované technologie, která zaručí dosažení kvalitativních požadavků na vyčištěnou odpadní vodu (Dohányos, Zimová, 2002).

Koncentrace kalů se vyjadřuje jako obsah sušiny kalu (vyjádřený buď v mg.l^{-1} nebo v %). Složení a obsah sušiny kalu závisí především na charakteru znečištění odpadních vod (druhu odpadních vod) a na čistírenských procesech, kterými daná odpadní voda prošla (mechanické čištění, biologické čištění nebo jejich kombinace, fyzikálně-chemické čištění, dočištění apod.) (Dohányos, Zimová, 2002).

Neexistuje žádná univerzální metoda pro zpracování, využití, eventuelně likvidaci čistírenských kalů a tak rozdílnost přístupů k nakládání s čistírenskými kaly je značná.

Zpracování, resp. nakládání s kaly se dělí na dva zásadní postupy:

- Zpracování surového kalu (SSK), tj. směsi kalu primárního a přebytečného aktivovaného kalu, který je nebezpečným odpadem
- Zpracování tzv. vyhnílého kalu (VK), který vzniká po anaerobní stabilizaci surového kalu, jehož nebezpečnost, spočívající v hygienické závadnosti je eliminována při použití termofilní anaerobie (Kutil, Dohányos, 2005).

„Stabilizace“ kalu

je způsobem úpravy kalu. Stupeň stabilizace kalu je pojímán jako míra určitých vlastností kalu, vyjadřující vhodnost kalu pro určitý způsob jeho využití. Obecně se pokládá za stabilizovaný kal takový, který nezpůsobuje žádné škody na životním prostředí a nevyvolává obtíže (nepříjemnosti) při zacházení s ním (Kutil, Dohányos, 2005).

Stabilizované kaly jsou kaly, které prošly takovou úpravou, že množství rozložitelných organických látek v % celkového množství kalu a biologická aktivita kalu je snížena na takovou hodnotu, že již nepodléhá spontánnímu biologickému rozkladu. Z hlediska technologického se v praxi za dobře stabilizovaný kal pokládá kal, ve kterém byl obsah organických látek snížen pod hodnotu 50 % (Dohányos et al., 1996).

Toho se docílí především:

- aerobní fermentací
- anaerobní fermentací
- tepelnou stabilizací

Nejrozšířenější metodou biologické stabilizace kalů je anaerobní stabilizace, při níž vzniká jako vedlejší produkt bioplyn (Kuraš, 1994).

Konečným produktem anaerobní stabilizace je potom vyhnilý kal (který obsahuje zbylé nerozložené organické látky a anorganický podíl) a kapalná fáze - kalová voda. Pro další využití je nutné tento kal odvodnit na co nejvyšší obsah sušiny (Kutil, Dohányos, 2005).

Hygienizace kalů

Hlavním požadavkem pro další zpracování a využívání kalů je ve většině případů jejich hygienické zabezpečení (odstranění patogenních mikroorganismů). Toto se často vydává za hlavní cíl stabilizace. Přitom hygienizace kalu nemusí znamenat jeho stabilizaci z hlediska technologického a naopak stabilizovaný kal ještě nemusí být hygienizovaný (Dohányos, Zimová, 2002).

Větší část mikroorganismů vyskytujících se v odpadních vodách, majících původ ve střevním traktu, tedy i potenciálně patogenních mikroorganismů, je zničena v průběhu procesů probíhajících na ČOV. Přesto v závislosti na technologii čištění, a zejména zpracování kalů ještě značná část těchto mikroorganismů přežívá (Jeníček, 2000).

Jako potenciální patogeny se sledují především tyto skupiny bakterií: termotolerantní koliformní, enterokoky a *Salmonella* sp., vajíčka helmintů a enteroviry. Pro bezpečnou aplikaci kalů do půdy udávají závazné normy množství organismů v jednom gramu sušiny kalu. U nás vyhláška č. 382/2001 Sb. dělí dle obsahu patogenních organismů kaly na

kategorie I. a II. (Dohányos, Zimová, 2002).

Kategorie I. – kaly, které je možno obecně aplikovat na půdy využívané v zemědělství při dodržení ostatních ustanovení vyhlášky.

Kategorie II. – kaly je možno aplikovat na zemědělské půdy určené k pěstování technických plodin a na půdy, na kterých se nejméně 3 roky po použití čistírenských kalů nebude pěstovat polní zelenina ani intenzivně plodící ovocná výsadba, při dodržení zásad ochrany zdraví při práci a ostatních ustanovení vyhlášky č. 382/2001 Sb.

Tab. 15 Mikrobiologická kritéria pro použití kalů na zemědělské půdě.

kategorie kalů	přípustná množství mikroorganismů (KTJ*) v 1 gramu sušiny aplikovaných kalů		
	termotolerantní koliformní bakterie	enterokoky	Salomella sp.
I.	$< 10^3$	$< 10^3$	negativní nález
II.	$10^3 - 10^6$	$10^3 - 10^6$	nestanovuje se

KTJ* - kolonie tvořící jednotku

Za hygienizovaný se pokládá kal, který prošel takovou úpravou, že počty indikátorů patogenních mikroorganismů byly sníženy na požadovanou hodnotu. Stabilizace a hygienizace může, ale nemusí probíhat současně tou samou technologií (Dohányos, Zimová, 2002).

Obecně lze dle Jeníčka (2000) k hygienizaci použít všech metod, při kterých dochází k usmrcování mikroorganismů. V praxi se využívá hygienizačního účinku technologií pro stabilizaci kalů. Ne všechny metody zpracování kalů za všech podmínek poskytují produkt požadované kvality. V takovém případě je nutno volit buď dodatečnou hygienizaci nebo některou z metod předúpravy. Volba hygienizace závisí v první řadě na požadovaném stupni hygienického zabezpečení a na možnostech místních podmínkách dané ČOV. Důležitou roli hrají také ekonomické otázky.

2.5.5. Rizikové látky v kalech

Čistírenské kaly jsou velice specifické látky, které obsahují organické látky, množství živin, ale současně také spektrum rizikových prvků, patogenních látek a organických polutantů (Balík et al., 1999).

Po aplikaci čistírenských kalů na zemědělskou půdu dochází vždy k riziku vyššího hromadění potenciálně škodlivých látek v pěstovaných rostlinách. Látky ovlivňující kvalitu

roślin dělíme do tří základních skupin na: rizikové prvky, organické polutanty a patogenní organismy (Tlustoš et al.,1999).

Rizikové prvky

Sledování rizikových prvků v kalech je velmi důležité pro jejich značnou toxicitu, karcinogenní, terarogenní nebo mutagenní účinky, proto mohou být tyto prvky souborně nazývány jako škodlivé kovy. Do této kategorie dle kalové vyhlášky patří As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn. V odpadních vodách se ve zvýšených koncentracích vyskytují především Zn, Cu, Co, Pb, Hg, Cr a Cd (Kuraš, 1994). Z celé řady rizikových prvků (Cd, Ni, Zn atd.), kterým je věnována pozornost výzkumu, převyšuje nejčastěji dle výsledků ÚKZÚZ povolenou úroveň obsah rtuti v kalech (Balík et al., 1999).

Příjem rizikových prvků rostlinami závisí nejen na jejich obsazích v aktivovaném kalu, ale i na celkovém a častěji přístupném obsahu prvků v půdě. Kromě množství přítomných rizikových prvků v prostředí, spolurozhodují o jejich příjmu rostlinami i fyzikální a chemické vlastnosti půd, kde byl kal aplikován (Tlustoš et al.,1999).

Organické rizikové látky

Z organických rizikových látek se v kalech ČOV sledují především perzistentní nebo obtížně degradovatelné látky, které se mohou v procesu zahušťování ve výsledném produktu vyskytnout ve zvýšené koncentraci. Jedná se o polyaromatické uhlovodíky (PAH), polychlorované bifenyly (PCB), dibenzodioxiny a dibenzofurany (PCDD a PCDF). Jako celkovou charakteristiku organické kontaminace se sleduje suma halogenorganických sloučenin (AOX) a nepochlorné extrahovatelné látky (NEL).

Tab. 16 Mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek a prvků kalech pro jejich použití na zemědělské půdě (ukazatele k hodnocení kalů) dle „Kalové vyhlášky“

Riziková látka	Mezní hodnoty koncentrací v kalech (mg.kg⁻¹ sušiny)
As - arzén	30
Cd - kadmium	5
Cr - chrom	200
Cu - měď	500
Hg - rtuť	4
Ni - nikl	100

Pb - olovo	200
Zn - zinek	2500
AOX	500
PCB (suma 6 kongenerů 28+52+101+138+153+180)	0,6

Patogenní organismy

Skupina patogenních organismů zahrnuje bakterie, viry, protozoa a helminty. Jejich počty a druhy závisejí na místních geografických, klimatických a demografických faktorech. Patogenní organismy se do odpadů a odpadních vod dostávají z různých zdrojů, jako hlavní zdroj lze označit exkrementy lidí a zvířat

Vlastní proces čištění odpadních vod nebo úpravy kalů snižuje počty patogenních organismů. Přesto patogeny, které přežijí čištění kalů, mohou znovu vyvolat onemocnění u lidí a zvířat. I po zpracování se v čistírenských kalech vyskytují viry, bakterie čeledi Enterobacteriaceae (zvláště Salmonelly a Shigely), mycobakterie, protozoa a vajíčka parazitických červů. Jako potenciální patogenní mikroorganismy jsou uváděny termofilní aktinomycety a micromycety. Kromě těchto mikroorganismů jsou často z čistírenských kalů izolovány fekální streptokoky – enterokoky. Navíc jsou často patogenní mikroorganismy obsažené v kalech rezistentní na antibiotika v důsledku působení různých faktorů vnějšího prostředí (Zimová, Matějů, 2000).

2.6. Legislativa

Legislativní podpora využívání čistírenských kalů v České republice měla řadu let skluz za ostatními státy EU, kde již 12. června 1986 vstoupila v platnost směrnice 86/278/EEC, o ochraně životního prostředí a zvláště půdy při používání čistírenských kalů v zemědělství.

Současná právní úprava v oblasti používání čistírenských kalů na zemědělské půdě na území České republiky ratifikovala směrnice 86/278/EEC, 91/271/EHS, 91/676/EU a je již kompletně zpracována.

Ve vyspělých zemích jsou zákonné normy pro přímou aplikaci čistírenských kalů konstruovány na těchto principech:

- Maximální množství jednorázově aplikovaného kalu
- Minimální časový interval mezi jednotlivými aplikacemi
- Vhodnost plodin, ke kterým lze přímo použít kal
- Limitní obsahy rizikových prvků v kalech
- Limitní obsahy rizikových prvků v půdách

2.6.1. Závazné mezinárodní předpisy

Směrnice Rady 80/68/EHS z roku 1979 o ochraně podzemních vod před znečištěním určitými nebezpečnými látkami, Směrnice Rady 91/271/EHS z roku 1991 o čištění městských odpadních vod, Směrnice Rady 91/676/EHS z roku 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů (tzv. Nitrátová směrnice), Směrnice Rady 91/156/EHS z roku 1991, kterou se mění směrnice 75/442/EHS o odpadech, Směrnice Rady 86/278/EHS z roku 1986 o ochraně ŽP a zejména půdy při používání kalů z ČOV v zemědělství.

2.6.2. Nitrátová směrnice v legislativě ČR

Nitrátová směrnice je Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů.

U nás je nitrátová směrnice uplatněna v § 33 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) ve znění poslední právní úpravy z. č. 181/2008 Sb.. Prováděcím předpisem je nařízení vlády č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí, o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech, ve znění nařízení vlády č. 219/2007 Sb..

Zranitelné oblasti, v Česku zabírají zhruba polovinu z celkové výměry zemědělské půdy. Z orné půdy tyto oblasti tvoří 58 %.

2.6.3. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech

Kalem se pro účely zákona rozumí kal z městských čistíren odpadních vod a jemu podobné kaly včetně kalů ze septiků. Upraveným kalem je kal, který byl podroben biologické, chemické nebo tepelné úpravě, dlouhodobému skladování nebo jinému vhodnému procesu tak, že se významně snížil obsah patogenních organismů, a tím zdravotní riziko spojené s jeho aplikací. Použitím kalu se rozumí zapracování kalu do půdy, program použití kalů je dokumentace zpracovaná dle právního předpisu.

Zákon upravuje **povinnosti při používání kalů:**

- Osoba, která užívá půdu, je povinna používat pouze upravené kaly s ohledem na nutriční potřeby rostlin a v souladu s programem použití kalů tak, aby použitím kalů nebyla zhoršena kvalita půdy, povrchových a podzemních vod.
- Původce kalů je povinen stanovit program použití kalů a v tomto programu doložit splnění zákonných podmínek použití kalů. Program použití kalů je povinen předat osobě, která užívá půdu.

Použití kalů je mimo jiné zakázáno:

- na zemědělské půdě, která je součástí chráněných území přírody a krajiny,
- na lesních porostních půdách běžně využívaných klasickou lesní pěstební činností,
- v pásmu ochrany vodních zdrojů, na zamokřených a zaplavovaných půdách,
- na trvalých travních porostech,
- v intenzivních ovocných výsadbách,
- na pozemcích využívaných k pěstování polních zelenin v roce jejich pěstování a v roce předcházejícím,
- v průběhu vegetace při pěstování pícnin, kukuřice a při pěstování cukrové řepy s využitím chrástu ke krmení,
- jestliže z půdních rozborů plyne, že obsah vybraných rizikových látek v průměrném vzorku překračuje jednu z hodnot stanovených v prováděcím právním předpisu,
- na půdách s hodnotou výměnné půdní reakce nižší než pH 5,6 a
- jestliže kaly nesplňují mikrobiologická kritéria.

Ministerstvo ŽP stanoví technické podmínky použití upravených kalů na zemědělské půdě (vyhl.č. 382/2001) a mezní hodnoty koncentrací vybraných rizikových látek v půdě.

2.6.4. Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, novelizovaný z. č. 9/ 2009 Sb.,

Ve sbírce zákonů byla 8. 1. 2009 vydána novela zákona o hnojivech a pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) a dalších souvisejících zákonů.

Zemědělští podnikatelé jsou povinni používat upravené kaly způsobem stanoveným tímto zákonem, zákonem o odpadech a zákonem o ochraně zemědělského půdního fondu.

Nejdůležitější změny dané novelou jsou v terminologii hnojiv, skladování a uvádění hnojiv do oběhu a evidence hnojení. Novela upravuje podmínky, za kterých se nesmí hnojit (promrznutí půdy) i povinnost evidování hnojení (do 1 měsíce po ukončení hnojení).

Hnojiva a pomocné látky včetně upravených kalů a sedimentů nesmějí být používány na zemědělské půdě a lesních pozemcích, pokud:

- je nelze použít rovnoměrně,
- jejich použití může vést k poškození fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností půdy,
- půda je zaplavená, přesycená vodou, pokrytá vrstvou sněhu vyšší než 5 cm, nebo promrzlá.

Zemědělský podnikatel:

- nesmí používat upravené kaly, pokud mu nebyl původcem kalu předán program použití kalů,
- je povinen řádně vést evidenci o upravených kálech a sedimentech použitých na zemědělské půdě (uchovává se nejméně 7 let).

2.6.5. „Kalová vyhláška“

Vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě – novelizovaná vyhláškou č. 504/2004 Sb., je prováděcím předpisem z. č. 185/2001 Sb., o odpadech.

Technické podmínky použití upravených kalů na zemědělské půdě:

- Kaly musí být do půdy zapraveny nejpozději do 48 hodin od umístění na zemědělskou půdu;
- Potřeba dodání živin do půdy na pozemku určeném k umístění kalů musí být doložena výsledky rozborů agrochemických vlastností půd.
- Nesmí se použít více než 5 tun sušiny kalů na jeden hektar v průběhu 3 po sobě následujících let. Toto množství může být zvýšeno až na 10 tun sušiny kalů v průběhu 5 po sobě následujících let, pokud použité kaly obsahují méně než polovinu limitního množství každé ze sledovaných rizikových látek a prvků.
- Přesné stanovení dávky sušiny se vypočte ze zjištěného obsahu dusíku. Dávka dusíku dodaného v kálech nesmí překročit 70 % celkového potřebného množství dusíku pro hnojenou plodinu.
- Dávka kalů (množství a doba užití) se řídí i požadavkem rostlin na živiny s přihlédnutím k přístupným živinám a organické složce v půdě, jakož i ke stanovištním podmínkám.

- Celkový povolený vnos rizikových látek do zemědělské půdy použitím kalů v průběhu 10 po sobě následujících let je definován povolenou dávkou kalů a mezními hodnotami koncentrací rizikových látek a látek uvedených v příloze č. 3 této vyhlášky.
- Dávka kalu je na pozemek aplikována v jedné agrotechnické operaci a v jednom souvislém časovém období za příznivých fyzikálních a vlhkostních podmínek.
- Minimální obsah sušiny kalu pro tlakové zapravení do půdy radlicovými aplikátory je 5 %, minimální obsah sušiny kalu pro aplikaci mechanickými rozmetadly organických hnojiv je 18 %.

Na zemědělskou půdu mohou být kaly použity v případě, že půda i kaly vyhovují:

- mezním hodnotám koncentrací vybraných rizikových *prvků v půdě* (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn),
- mezním hodnotám koncentrací vybraných rizikových *látek a prvků v kalech* (adsorbovatelné organické halogeny AOX, polychlorované bifenyly PCB, z prvků se sleduje As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn),
- mikrobiologickým kritériím (termotolerantní koliformní bakterie, enterokoky a Salmonela).

Původce kalů je dle z. č. 185/2001 Sb., o odpadech povinen vypracovat **program použití kalů na zemědělskou půdu**, který musí mimo jiné obsahovat:

- vyhodnocení kalů z hlediska jejich použití na zemědělské půdě,
- výčet pozemků určených k použití kalů včetně ukazatelů pro jejich hodnocení,
- zařazení použití kalů do osevního postupu,
- plán odběru vzorků.

Kalová vyhláška stanoví odběry a analýzy vzorků půdy (dále jen "**monitoring půdy**") i konkrétní metody zkoumání jejich vlastností. Monitoring půdy zajišťují původci kalů, provádí jej osoby pověřené Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským, vždy před prvním použitím kalu a dále v pravidelných desetiletých intervalech.

Výsledky monitoringu kalů a monitoringu půdy se uvádí na evidenčním listu využití kalů a hlášení archivuje původce kalů po dobu 30 let.

Tab. 17 Sledované ukazatele při zjišťování vlastností čistírenských kalů

ztráta žiháním-organické látky
N - celkový dusík

NH ₄ -N - amoniakální dusík
NO ₃ -N - dusičnanový dusík
Ca - vápník
Mg - hořčík
K - draslík
P - fosfor
Hodnota pH čistírenských kalů

3 CÍL

Cílem práce bylo sledovat vliv různých systémů hnojení na výnosy, obsah dusíku v rostlinách a odběr dusíku sklizněmi v různých půdně-klimatických podmínkách. Těžiště práce bylo zaměřeno zejména na problematiku čistírenských kalů.

4 METODIKA

Dlouhodobé stacionární pokusy ČZU byly založeny v roce 1997. Pokusy jsou založeny na pěti stanovištích s rozdílnými půdně – klimatickými podmínkami, jsou to Červený újezd, Hněvčeves, Humpolec, Lukavec a Suchdol. Na jednotlivých parcelách jsou v trojhonném osevním sledu pěstovány brambory (odrůda Karin), ozimá pšenice (odrůda Samanta) a jarní ječmen (odrůda Akcent). Na stanovišti Červený újezd jsou brambory nahrazeny kukuřicí na siláž (hybrid Rivaldo).

4.1. Charakteristika pokusu

V dlouhodobých pokusech byly sledovány výnos, obsah a odběr dusíku pěstovanými plodinami. Pokus byl založen na pěti stanovištích s různými půdně-klimatickými podmínkami v šesti variantách. Parcely měří na stanovištích Hněvčeves, Humpolec, Lukavec 60 m², na stanovišti Suchdol 60,5 m² a na stanovišti Červený Újezd 80 m².

Na všech stanovištích jsou porovnávány varianty hnojení různých forem a dávek hnojiv, přičemž 1. kontrolní varianta není hnojena. Minerální dusíkatá hnojiva jsou aplikována každoročně na jaře, organická hnojiva a kaly jsou aplikovány na podzim v tříletém cyklu pod brambory (případně ke kukuřici).

Organickými hnojivy je hnojeno pouze k první plodině v osevním sledu, proto je u brambor (resp. kukuřice) sledováno přímé působení aplikace organických hnojiv, u ozimé pšenice a jarního ječmene působení následné. Pro potřeby pokusu jsou používány kaly z ČOV Praha – Trója. Živiny z průmyslových hnojiv jsou dodávány v ledku amonném s vápencem (27,5 % N). U všech pěti (hnojených) variant je před bramborami (resp. kukuřicí) zaorávána

ječná sláma (Kulhánek, 2006).

Celý systém byl založen na jednotné dávce dusíku tak, aby celková dávka N za 3 roky (brambory + ozimá pšenice + jarní ječmen) činila 330 kg N . ha⁻¹. To platí pro organická i minerální hnojiva, popřípadě jejich kombinaci. Pouze u varianty kal 3 bylo dodáno 990 kg N. ha⁻¹ ve formě čistírenských kalů (Kulhánek, 2006).

Schéma pokusu:

Tab. 18

č.v.	varianta	brambory	ozimá pšenice	jarní ječmen
1	kontrola	0	0	0
2	kal 1	330 kg N	0	0
3	kal 3	990 kg N	0	0
4	hnůj 1	330 kg N	0	0
5	N	120 kg N	140 kg N	70 kg N
6	sláma + N	120 kg N + sláma	140 kg N	70 kg N

4.2. Půdní a klimatická charakteristika stanovišť

Červený Újezd

Pokusné pozemky výzkumné stanice ČZU Červený Újezd jsou situovány na východní straně katastru obce Červený Újezd. Pokusná lokalita se nachází ve výrobní oblasti řepařské Leží v nadmořské výšce 410 m n. m.. Genetickým půdním představitelem je hnědozem se sprašovitým pokryvem. Reliéf tvoří rovina přecházející ve velmi mírný svah s jižní expozicí. Hlavním půdotvorným procesem je ilimerizace.

Ornice (28 až 40 cm) je šedohnědá, drobtovitá, hlinitá s ojedinělými úlomky opuky, se středním až silným prokořeněním a biologickou činností, pH 6,5. Podorniční horizont (40 až 70 cm) je rezivě hnědý s polyedrickou strukturou, hlinitý až jílovitohlinitý s úlomky opuky. Prokořenění ojedinělé, hojné jsou koloidní povlaky. Přechodný horizont (68 až 100 cm) je narezivěle plavý, bezstrukturní, hlinitý s ojedinělými zátoky koloidních povlaků.

Pokusná stanice spadá do oblasti mírně teplé, klimatického okrsku mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,7 °C, průměrný úhrn srážek je 493 mm. Průměrná teplota za vegetační období je 13,9 °C, průměrný vegetační úhrn srážek je 361 mm.

Hněvčeves

Pokusná lokalita se nachází v řepařské výrobní oblasti, v nadmořské výšce 265 m n. m., na hlubokých středně těžkých půdách. Humusový horizont je shodný s ornici (25 cm), iluviální horizont je do hloubky 100 cm světle hnědé barvy. Půdy mají intenzivní biologickou činnost, pH 5,9.

Pokusná stanice spadá do klimatické oblasti mírně teplé, klimatický okrsek je charakterizován jako mírně teplý, mírně vlhký s mírnou zimou. Průměrný roční úhrn srážek je 573 mm, průměrná roční teplota vzduchu činí 8,2 °C.

Humpolec

Pokusná lokalita se nachází ve výrobní oblasti bramborářské, v nadmořské výšce 525 m n. m.. Geologický podklad tvoří diluvium ruly, půdní typ kambizem slabě oglejená, půdní druh písčitohlinitá půda. Půda je středně hluboká, sorpční nasycenost 49 – 62 %, pH 5,1.

Pokusná stanice spadá do oblasti mírně teplé, klimatický okrsek je charakterizován jako mírně teplý, mírně vlhký vrchovinný. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,0 °C, za vegetační období 12,7 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 665 mm, za vegetační období 400 - 450 mm. Počet srážkových dní za rok v této lokalitě je 148, z toho 15 se srážkami nad 10 mm. Průměrný počet dní se sněhovou pokrývkou je 63.

Lukavec

Pokusná lokalita se nachází v bramborářské výrobní oblasti v nadmořské výšce 610 m n. m. Půdotvorný substrát tvoří biologická pararula, v hloubce 150 cm rulová hornina. Půdní typ na stanovišti je kambizem, půdní druh písčitohlinitá půda, pH 5,3. Ornice je 15 – 20 cm hluboká. V ornici jsou 1,5 – 2 % humusu nízké kvality, v podornici 0,6 % a v hloubce 80 cm 0,1 % humusu.

Pokusná stanice spadá do klimatického okrsku, který je charakterizován jako mírně teplý, vlhký, vrchovinný. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,7 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 666 mm.

Suchdol

Pokusná lokalita se nachází v řepařské výrobní oblasti, v nadmořské výšce 286 m n. m. Pokusy byly založeny na černozemi, orniční horizonty dosahují hloubky 30 cm. Mají neutrální reakci - pH 7,5, drobtovitou strukturu a obsah humusu 2,5 %. Půdní koloidní systém je nasycený, zásoba živin příznivá. Pod ornici se vyskytují illuviální horizonty se zvýšeným

obsahem jílu. V hloubce cca 60 – 70 cm přecházejí do karbonátových spraší. V důsledku potřebné hloubky, biologické aktivity, příznivého zrnitostního složení a vhodných fyzikálních vlastností jsou tyto půdy zemědělsky velmi produktivní.

Území spadá do klimatického okrsku mírně teplého, mírně suchého, převážně s mírnou zimou, náleží do mírné klimatické oblasti. Průměrná roční teplota vzduchu činí 9,1 °C. Hlavní vegetační období trvá průměrně 172 dnů (teploty vzduchu nad 10 °C). Průměrný roční úhrn srážek činí 495 mm.

4.3. Chemická analýza rostlinného materiálu

Vypěstovaný rostlinný materiál byl po sklizni vysušen při teplotě místnosti, homogenizován a uskladněn až do doby analýzy.

Ke stanovení celkového obsahu dusíku v rostlinném materiálu byl v letech 1997 – 2005 využit přístroj LECO CNS – 2000. Principem měření je spalování navážky vzorku v proudu kyslíku. Dusík se spalovacím procesem převádí na NO₂ a NO_x. Tyto plyny jsou následně vypláchnuty inertním nosným plynem do ohřívaného katalyzátoru, kde jsou plyny NO_x redukovány na N₂. Vyčištěné plyny vzorku následně procházejí infračervenou celou kde se stanoví obsah dusíku. Výstupní napětí z infračervené cely měří, zpracovává a zaznamenává počítač.

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Dlouhodobé stacionární pokusy ČZU byly založeny na pěti stanovištích s rozdílnými půdně – klimatickými podmínkami, a to Červený Újezd - výrobní oblast řepařská, Hněvčeves - výrobní oblast řepařská, Humpolec - výrobní oblast bramborářská, Lukavec - výrobní oblast bramborářská a Suchdol - výrobní oblast řepařská. Na jednotlivých parcelách jsou v trojhonném osevním sledu pěstovány brambory (na stanovišti Červený újezd jsou brambory nahrazeny kukuřicí na siláž), ozimá pšenice a jarní ječmen.

Cílem této práce bylo sledovat a vyhodnotit vliv různých systémů hnojení na výnos, obsah a odběr dusíku pěstovanými plodinami. U pšenice a ječmene se tyto ukazatele hodnotily odděleně u zrna, u brambor jsou hodnoceny hlízy, u silážní kukuřice biomasa. Cílem bylo vyhodnotit využitelnost dusíku dodaného do půdy ve formě čistírenských kalů rostlinou v porovnání s dalšími druhy hnojení. Sledované ukazatele byly hodnoceny u 6 variant hnojení – nehnojená kontrola, kal, trojnásobná dávka kalu, hnůj, N, N + sláma.

Organickými hnojivy je hnojeno pouze k první plodině v osevním sledu, proto je u brambor (resp. kukuřice) sledováno přímé působení aplikace organických hnojiv, u ozimé pšenice a jarního ječmene působení následné. U varianty N+sláma je před bramborami (resp. kukuřicí) zaorávána ječná sláma. Pro potřeby pokusu jsou používány jednotně kaly z ČOV Praha – Trója. Živiny z minerálních hnojiv jsou dodávány v ledku amonném s vápencem (27,5 % N). Minerální dusíkatá hnojiva byla aplikována každoročně na jaře, organická hnojiva a kaly jsou aplikovány na podzim v tříletém cyklu pod brambory (kukuřici).

Celý systém byl založen na jednotné dávce dusíku tak, aby celková dávka N za 3 roky (brambory + ozimá pšenice + jarní ječmen) činila 330 kg N . ha⁻¹. Pouze u varianty kal 3 bylo dodáno 990 kg N. ha⁻¹ ve formě čistírenských kalů.

Pokusy byly založeny roku 1997, tato práce vyhodnocuje období let 1997 – 2005, pokus však pokračuje dosud.

5.1. Výnosy

5.1.1. Výnos zrna pšenice

Průměrný výnos ozimé pšenice ze všech pěti stanovišť je uveden v tabulce 19 a znázorněn grafem 1. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť dosažen výnos 3,4 tuny sušiny z hektaru.

Tab. 19 Průměrný výnos zrna ozimé pšenice na 5 stanovištích [t sušiny . ha⁻¹]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					průměr
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	
1	kontrola	3,7	4,31	4,82	2,63	4,44	3,98
2	kal 1	5,05	6,4	6,56	3,57	5,16	5,35
3	kal 3	5,28	6,82	6,09	4,77	5,68	5,73
4	hnůj	4,85	6,17	5,67	3,6	4,45	4,95
5	N	5,53	6,9	6,5	6,01	5,38	6,06
6	N + sláma	5,24	6,94	6,48	5,76	5,45	5,97

Pořadí variant dle získaných průměrných výnosů zrna ozimé pšenice ze všech stanovišť je následující: N, N + sláma, kal 3, kal 1, hnůj.

Stanoviště Lukavec mělo největší výkyvy ve výnosech v závislosti na variantě hnojení. Stanoviště Hněvčeves nejvyšší výnosy. Zde se zřejmě projevuje kvalita půdní úrodnosti.

Hnojení variantou kal 3 se kromě stanoviště Hněvčeves projevilo většími rozdíly ve výnosu než varianty N, N+sláma, srovnatelným výnosem s variantou kal 1 na stanovištích Červený Újezd a o 20 % vyššími výnosy na stanovištích Lukavec a Suchdol než varianta hnojená hnojem. Vzhledem k průměrnému zvýšení výnosu na všech stanovištích pouze o 7 % oproti variantě kal 1, je použití trojnásobné dávky kalu v následném působení na výnos pšenice neefektivní. Ke stejným závěrům došel i Juhás (2002), kdy zjistil, že se s množstvím

dodaného dusíku velikost úrody pšenice nezvyšuje přímo úměrně. Při použití nejvyšších dávek zaznamenal stagnaci, nebo i mírný pokles úrody zrna pšenice.

Nejnižší výnosy z hnojených variant byly zaznamenány na všech stanovištích u varianty hnůj (15 % nárůst proti kontrole) a následoval kal 1 (34 % nárůst proti kontrole), v obou případech jde o varianty s následným působením organického hnojiva bez přímého hnojení dusíkem.

Srovnáme-li varianty kal 1 a hnůj na všech stanovištích, je spektrum výnosů velmi podobné a až na méně úrodné stanoviště Lukavec, jsou výnosy při hnojení variantou kal 1 vyšší než u varianty hnůj. Zvýšení výnosů u varianty kal 1 v porovnání s variantou hnůj: Červený Újezd (2%), Hněvčeves (3%), Humpolec (15%), Suchdol (14%). Varianta kal 1 dosáhla o 8 % vyšších výnosů než varianta hnojená hnojem. Stanoviště Lukavec mělo nižší výnos při hnojení variantou kal 1 pouze o 0,9 %.

Na výnosu pšenice se nejvíce projevilo hnojení minerálními hnojivy N i N+sláma. Došlo k nárůstu výnosu v porovnání průměru všech stanovišť s kontrolou o 52 % u varianty N a o 50 % u varianty N + sláma. Červený Újezd zaznamenal při hnojení variantou N vyšší výnos než byl u kontroly o 49 %, Hněvčeves o 60 %, Humpolec o 35 %, Lukavec o 128 %, Suchdol o 21 %. Hnojivý účinek na výnos je u variant N a N + sláma srovnatelný na všech stanovištích, jen u N + sláma je výnos oproti variantě N nižší na stanovišti Červený Újezd cca o 5 % a na stanovišti Lukavec o cca 4 %. U stanoviště Lukavec se hnojení projevilo nejdramatičtěji v Lukavci byl zaznamenán největší rozdíl mezi kontrolou a variantou N.

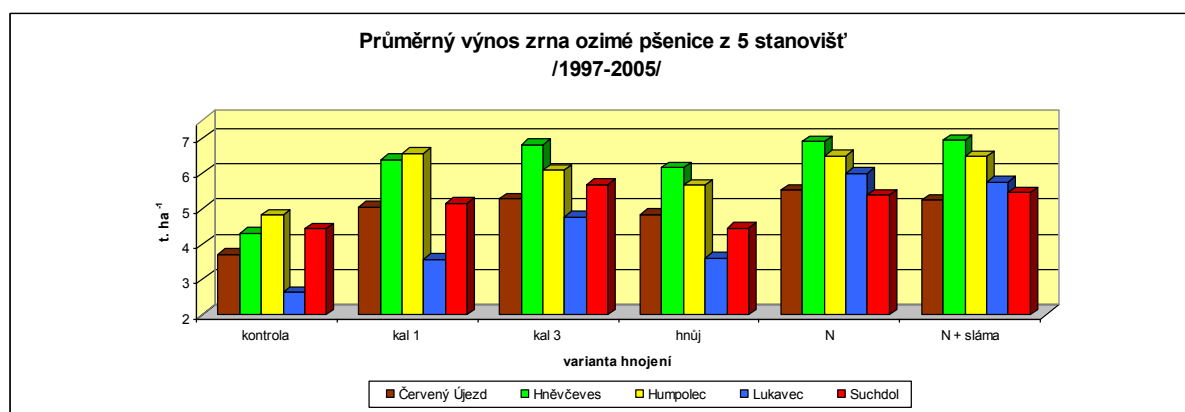
Pšenice výborně zareagovala na hnojení minerálními hnojivy, což dobře koresponduje s výsledky pokusu, který provedli Chrpová et al. (2001), a kterým dokumentovali význam dusíkaté výživy pro dosažení vysokého výnosu zrna z jednotky plochy.

Porovnáme-li hnojení organickými hnojivy a minerálními hnojivy, případně minerálními hnojivy se slámou, docházíme v průměru k vyššímu výnosu o 12,6 %. Dokonce i jednotlivá stanoviště vykazují vyšší výnosy oproti všem variantám následného působení organického hnojení. Jedinou výjimkou je stanoviště Humpolec, kde se hnojení variantou kal 1 umístilo na 1 místě o 1 % před variantou N a o 1,1 % variantou N+sláma. Tento výkyv lze vyhodnotit jako vliv vhodného stanoviště, zvláště vzhledem k nízkému rozdílu ve výnosu.

Přesto je tato ojedinělá hodnota mnohem menší, než údaj Hřivny a Pelikána (1997), kteří došli k opačným závěrům, než ukazují průměrné hodnoty z 5ti stanovišť v průběhu 9 let. Hřivna a Pelikán (1997) porovnávali vliv organických hnojiv využívajících kaly a minerálních hnojiv na výnosy a kvalitu pšenice v letech 1992 - 1994. Při použití kalů zaznamenali zvýšení výnosů o 24,8 %. Zde by bylo nutné znát půdně-klimatické podmínky stanovišť a vlhkostně teplotní průběh počasí pro objektivní zhodnocení zjištěných rozdílů.

Nehnojená kontrola je v celém spektru výnosově nejnižší v průměru o 41 %, jen u nejúrodnějšího stanoviště Suchdol přineslo následné působení hnojení hnojem pouze nepatrné zvýšení výnosu o 0,2 %.

Graf 1



5.1.2. Výnos zrna ječmene

Průměrný výnos jarního ječmene ze všech pěti stanovišť je uveden v tabulce 20 a znázorněn grafem 2. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť dosažen výnos 2,8 tun sušiny z hektaru.

Tab. 20 Průměrný výnos zrna jarního ječmene na 5 stanovištích [t sušiny · ha⁻¹]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					průměr
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	
1	kontrola	2,70	3,03	2,93	1,99	3,46	2,82
2	kal 1	3,39	3,91	3,31	2,27	3,60	3,30
3	kal 3	3,87	4,12	3,72	2,64	4,48	3,76
4	hnůj	3,33	3,56	3,30	2,35	3,26	3,16
5	N	4,10	4,84	3,92	3,18	4,03	4,01
6	N + sláma	3,96	5,11	4,20	3,10	4,25	4,12

Výnos ječmene zaznamenal velké výkyvy nejen v závislosti na variantě hnojení, ale i

v závislosti na stanovišti. Stanoviště Červený Újezd, Hněvčeves a Humpolec reagovala na varianty hnojení téměř shodně, na stanovišti Lukavec měly varianty hnojení podobný průběh, ale s mnohem nižšími výnosy a stanoviště Suchdol mělo výnosy extrémně vyšší v jiném pořadí variant.

Na stanovištích Červený Újezd a Lukavec bylo zaznamenáno toto pořadí výnosů: N, N+sláma, kal 3, kal 1 a nejnižší výnosy byly u varianty hnůj. Stanoviště Hněvčeves a Humpolec měly jako první N+sláma, následovaly varianty N, kal 3, v Hněvčevsi dále kal 1 a hnůj, v Humpolci hnůj a kal 1. Stanoviště Suchdol: kal 3, N + sláma, N, kal 1, hnůj.

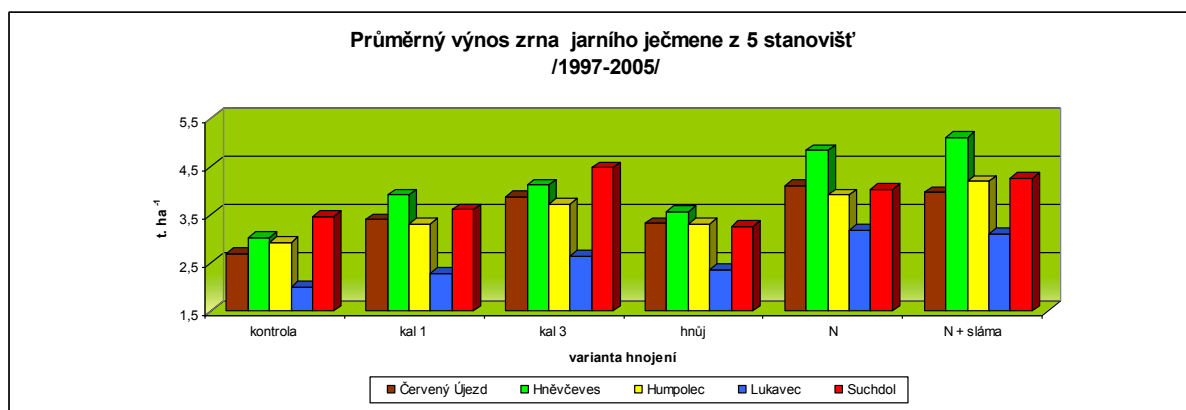
Zanedbáme-li trojnásobnou dávku kalu, dají se výsledky generalizovat, jako nejúspěšnější hnojení minerálními hnojivy ve formě N + sláma, následované variantou N, dále kal 1 a nejhorší výnosy u varianty hnůj. Pouze u méně úrodného stanoviště Lukavec, kde jsou chudší hlinitopísčité půdy se hnojení hnojem projevilo jako výhodnější než hnojení základní dávkou kalu a to o 3,4 %. U ostatních stanovišť je výnos u varianty kal 1 v průměru o 5 % vyšší než u varianty hnůj. Naše výsledky se tak plně shodují se závěry Vaňka et al. (2001), kteří uvádějí, že stájová hnojiva mají mnohem větší význam v obnově půdní úrodnosti na méně úrodných půdách v bramborářské oblasti, než na úrodnějších půdách v řepářské oblasti, kde lze půdní úrodnost udržovat i bez stájových hnojiv. Hnůj totiž obsahuje dusík v transformovaných organických sloučeninách, jejichž pozvolnější mineralizace zajišťuje dlouhodobější působení dusíku zejména na propustnějších půdách. Jako podmínku však uvádí pěstování jetelovin a používání zeleného hnojení.

Varianty kal 1 a hnůj jsou z hlediska výnosů srovnatelné. Stejně tak jsou srovnatelné i varianty N, N + sláma a kal 3. U varianty kal 3 je nižší výnos jen u stanovišť Hněvčeves o 21% a Lukavec o 19 %. Na stanovišti Suchdol byl vyšší výnos u varianty kal 3 o 8 %. Ani zde se podobně jako u pšenice varianta kal 3 neprojevila zásadním zvýšením výnosu.

Následné působení organického hnojení slámou v kombinaci s minerálním N mělo na výnos zrna ječmene kladný dopad. V průměru došlo k 3 % zvýšení výnosu než byl výnos varianty N.

Variantami N a N+sláma se dodávalo do půdy shodně 70 kg N . ha⁻¹, což je dle Bujnovského et al. (1994) ekonomické optimum dávky dusíku pro jarní ječmen bez ohledu na předplodinu.

Graf 2



5.1.3. Výnos hlíz brambor

Průměrný výnos hlíz brambor ze všech pěti stanovišť je uveden v tabulce 21 a znázorněn grafem 3. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť dosažen výnos 5,6 tun sušiny z hektaru.

Tab. 21 **Průměrný výnos sušiny hlíz brambor ze 4 stanovišť [t sušiny . ha⁻¹]**

/ 1997 - 2005 /		stanoviště				průměr
č.v.	varianta	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	
1	kontrola	5,38	5,74	6,47	4,96	5,64
2	kal 1	7,74	7,33	8,66	5,89	7,41
3	kal 3	7,86	8,09	9,96	6,27	8,05
4	hnůj	7,59	8,12	8,46	5,59	7,44
5	N	7,83	8,61	9,63	5,73	7,95
6	N + sláma	7,97	7,54	9,38	5,72	7,65

Z hlediska dosaženého výnosu se jeví jako nejefektivnější a nejvyrovnanější varianta č. 5, hnojení minerálním dusíkem. Tento výnos je v průměru všech stanovišť o 41 % vyšší než kontrola. Druhou nejvýnosnější se jeví varianta kal 3, ale vzhledem k trojnásobné dávce kalu a značné nevyrovnanosti v závislosti na stanovišti je efektivita nízká. Jako druhá nejvýhodnější varianta se tedy jeví varianta č. 6 (N + sláma). Varianta hnojená hnojem sice na všech stanovištích vykazuje nižší, ale zato nejvyrovnanější výnosy.

Nejvíce a nejméně úrodné stanoviště Suchdol a Lukavec měly stejný profil reakce na varianty hnojení. Nejlépe zareagovaly na hnojení trojnásobnou dávkou kalu, následovaly kal 1, N, N + sláma a nejnižší výnos se projevil při hnojení hnojem. Stanoviště Suchdol mělo výrazně nižší výnosy u všech variant, a to o 35 % oproti stanovišti Lukavec a celkem o 28 % proti průměrným výnosům všech dalších stanovišť. Vzhledem k tomu, že tak bylo i u kontroly, dá se přepokládat, že se na nízkém výnosu nepodílí hnojení, ale spíše půdně klimatické podmínky.

Ostatní stanoviště reagovala na hnojení dobře. Oproti kontrole se zvýšil průměrný výnos ze všech variant na stanovišti Humpolec o 38 %, na stanovišti Lukavec o 42 %, na stanovišti Suchdol o 36,5 % a na stanovišti Hněvčeves v průměru o 37,5 % (varianta N+sláma o 48 %, varianta kal3 o 46 %, varianta N o 45,5 %, varianta kal 1 o 44 % a varianta hnůj o 41 %). Rozdíly mezi jednotlivými variantami na všech stanovištích jsou minimální, a hnojení základní dávkou kalu je z hlediska výnosu zcela srovnatelné s hnojením hnojem, naopak je výnos hlíz kromě stanoviště Humpolec ještě mírně vyšší (v průměru o 3 %).

Stanoviště Humpolec má jedině nepříznivý propad mezi variantou kal 1 a hnůj. Zde je pořadí výnosů následující: N, hnůj, kal 3, N+sláma, kal 1. Na tomto stanovišti se výnos hlíz varianty hnojené hnojem dostává již na druhé místo a varianta kal 1 je na posledním místě s propadem o 10 % oproti variantě „hnůj“.

Brambory reagovaly na hnojení (s výjimkou stanoviště Suchdol) velmi dobře. Oproti kontrole se výnos hlíz v průměru všech stanovišť zvýšil o 36,5 %.

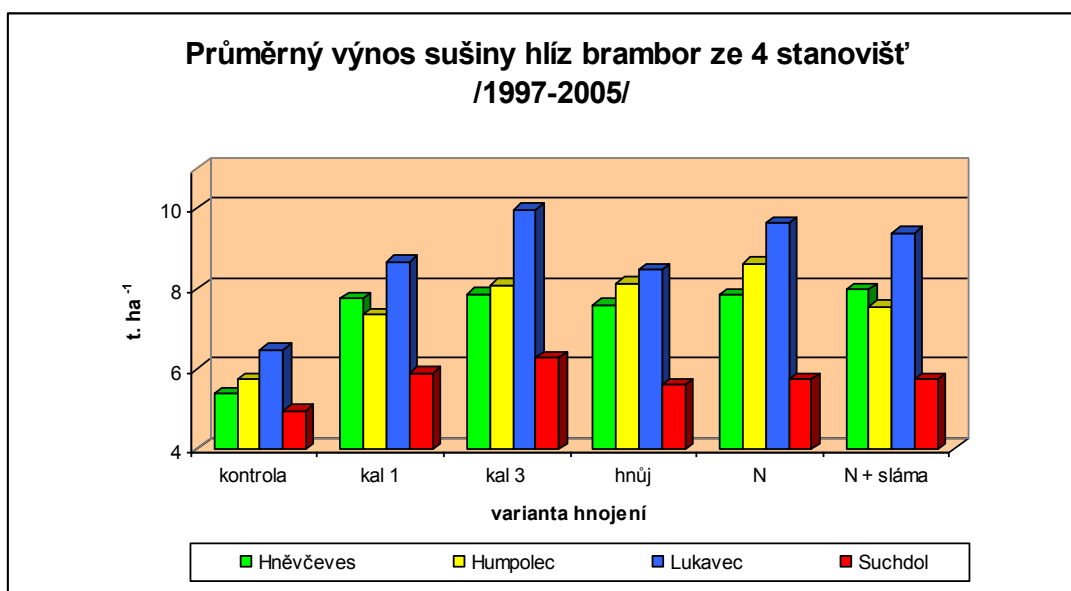
Varianta kal 1 je na všech stanovištích srovnatelná s variantou hnůj, přičemž na stanovišti Suchdol je největší rozdíl ve výnosu a to 5 %.

Forma organického hnojiva tedy nerozhoduje o výnosu. Čepl et al. (1997) zjistili vyšší efekt na zvýšení výnosu hlíz brambor při aplikaci kalu z ČOV ve shodných dávkách dusíku jako ve srovnatelné dávce hnoje. Tohoto efektu dosáhli ve všech sledovaných letech, přičemž osmiprocentní rozdíl výnosu vysvětlují vyšším množstvím uvolňovaného minerálního dusíku v prvním roce po aplikaci kalu na rozdíl od pozvolnější mineralizace chlévského hnoje.

V celkovém průměru reagovaly brambory nejlépe na variantu hnojení kal 3, ale zde je třeba počítat se zhoršenou kvalitou hlíz. Tato varianta má extrémně vysoké výnosy na stanovištích Lukavec a Suchdol, na stanovišti Hněvčeves se umístila jako 2 hned za variantou N+sláma, na stanovišti Humpolec jako třetí za variantami N a hnůj. V průměru vychází jako první, ale vzhledem k trojnásobné dávce dusíku se jeví jako neefektivní. Hamouz (1987) pozoroval v pokusech stejně nevýznamný nárůst výnosu brambor při stupňování dávky dusíku v rozmezí 60 - 240 kg/ha. Doporučuje tedy používat dávku dusíku do 120 kg/ha.

Pomineme-li předimenzované hnojení dusíkem, umístila se nejlépe varianta N (41 % nárůst) proti kontrole, následují N + sláma (36 % nárůst), hnůj (32 % nárůst) a kal 1 (31 % nárůst). Varianta N + sláma dosáhla navýšení výnosu oproti kontrole na všech stanovištích v průměru o 35,6 %, což koreluje s výsledky pokusu Vokála a Rindoše (1987), kdy dosáhli zvýšení výnosu brambor o 9 tun proti kontrole při aplikaci minerálních hnojiv v kombinaci s organickými hnojivy.

Graf 3



5.2. Obsahy dusíku

5.2.1. Obsah dusíku v zrně pšenice

Průměrné obsahy dusíku v zrně ozimé pšenice ze všech pěti stanovišť jsou uvedeny v tabulce 22 a znázorněny grafem 4. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť stanoven obsah dusíku 1,7 tun sušiny na hektar.

Tab. 22 Průměrný obsah N v zrně ozimé pšenice na 5 stanovištích [% v sušině]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					průměr
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	
1	kontrola	1,67	1,63	1,73	1,69	1,73	1,69
2	kal 1	1,86	1,98	1,91	1,74	1,91	1,88
3	kal 3	2,16	2,19	2,20	1,86	2,10	2,10
4	hnůj	1,89	1,82	1,76	1,68	1,78	1,78
5	N	2,41	2,31	2,37	1,93	2,19	2,24
6	N + sláma	2,41	2,29	2,34	2,01	2,15	2,24

Průměrný obsah dusíku v zrně pšenice kontrolní varianty ze všech let na všech stanovištích byl velmi vyrovnaný. Jednotlivá stanoviště se od sebe lišila maximálně o 3,5 %. Průměrný obsah N v jedné variantě ve spektru všech stanovišť se již lišil výrazněji. Nejmenší nárůst obsahu N v zrně pšenice jsme zaznamenali u všech variant na stanovišti Lukavec a to o 9 %, naopak průměrně největší nárůst obsahu dusíku u všech variant zaznamenala stanoviště Červený Újezd (28 %) a Hněvčeves (30 %). Zde se dá předpokládat působení kvality stanoviště. Z uvedené statistiky vyplývá, že se v našem případě podílela kvalita stanoviště na projevu zvýšení obsahu dusíku v zrně ozimé pšenice maximálně dvaceti procenty.

Nejvyšší průměrný obsah N v zrně pšenice byl zjištěn shodně u varianty N a N + sláma, kde bylo aplikováno 140 kg N/ha. Byl o 32 % vyšší než kontrola, následovala varianta kal 3 (následné působení trojnásobné dávky kalu) s 24 % nárůstem proti kontrole, dále následné působení základní dávky kalu s 11 % nárůstem a nejnižší obsah dusíku v zrně pšenice byl zjištěn po následném působení hnoje s 5 % nárůstem oproti kontrole.

Hnojení trojnásobnou dávkou kalu je za účelem získání vyššího obsahu dusíku v zrně zcela kontraproduktivní, jelikož při 1/3 dávce dusíku u přímého hnojení k plodině získáváme o 8 % lepší výsledky.

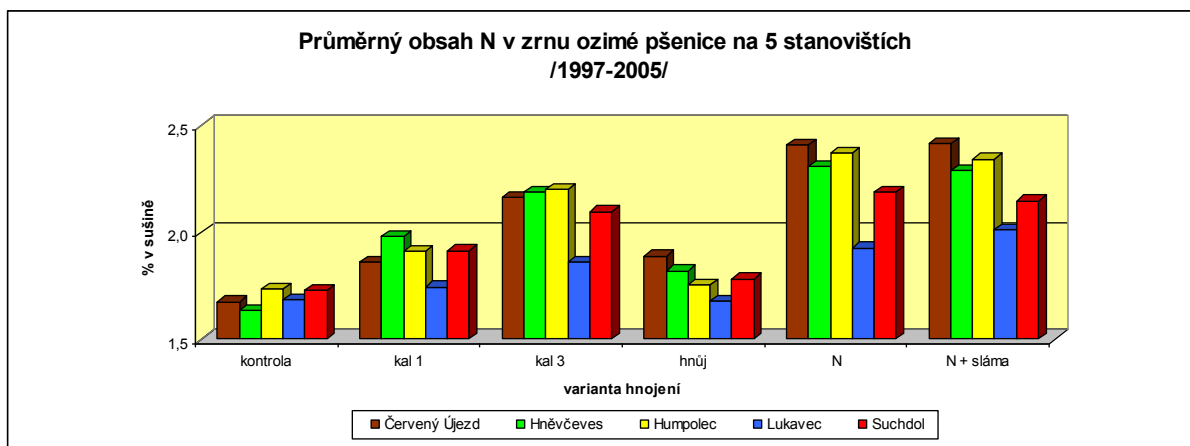
Zato varianta základní dávky kalu při srovnání s hnojem dosahuje o 6 % lepších výsledků při dodání stejného množství dusíku ve formě organických hnojiv k předplodině (330 kg N/ha). Hřivna a Pelikán (1997) uvádějí, že varianta hnojená kaly měla v jejich pokusu (1992 – 1994) značně vyšší obsah proteinu a lepku ve srovnání s variantami hnojenými minerálními hnojivy. Náš pokus dosahuje opačných hodnot.

Rozdíl mezi obsahem dusíku v zrně ozimé pšenice při přímé aplikaci minerálního hnojiva (popřípadě minerálního hnojiva s kombinací s organickým hnojením) a následného působení hnojení organickými hnojivy k předplodině činí u aplikace základní dávky kalu 19% ve prospěch minerálních hnojiv a u aplikace hnoje dokonce 25 % ve prospěch minerálních hnojiv. Tento rozpor by se mohl dát vysvětlit hodnocením rozdílných ročníků, nízkým počtem opakování pokusu, nebo aplikací organických hnojiv přímo před plodinu a ne následné působení.

Na základě našich výsledků se jeví jako nejefektivnější přímé minerální hnojení dusíkem, ve srovnání s variantami organického hnojení předplodiny, kde bylo významnějšího výsledku dosaženo pouze u varianty kal 3 při aplikaci extrémně vysokého množství dusíku (990 kg/ha). Tyto závěry plně odpovídají výsledkům Chrpové et al. (2001), kteří dokumentují význam dusíkaté výživy pro dosažení vysokého výnosu dusíkatých látek z jednotky plochy.

Nižší obsah dusíku v zrně ozimé pšenice u organicky hnojených variant vysvětluje Dudáš (1987) podobně, a to tím, že dochází k nedostatečnému příjmu dusíku od samého počátku vegetace, čímž je omezena tvorba bílkovin a brzděn růst všech orgánů. Souvisí to s tím, že u variant s organickým hnojením bylo hnojeno pouze k předplodině.

Graf 4



5.2.2. Obsah dusíku v zrně ječmene

Průměrné obsahy dusíku v zrně jarního ječmene ze všech pěti stanovišť jsou uvedeny v tabulce 23 a znázorněny grafem 5. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť stanoven obsah dusíku 1,7 % v sušině z hektaru, stejně jako varianta č. 4 (hnůj), která zkoumá následné působení organických hnojiv hnojených k předplodině (brambory / kukuřice).

Tab. 23 Průměrný obsah N v zrně jarního ječmene na 5 stanovištích [% v sušině]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					průměr
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	
1	kontrola	1,66	1,56	1,76	1,70	1,66	1,67
2	kal 1	1,67	1,74	1,79	1,71	1,64	1,71
3	kal 3	1,93	1,92	1,83	1,73	1,94	1,87
4	hnůj	1,62	1,70	1,74	1,71	1,58	1,67
5	N	2,02	1,80	1,96	1,74	2,00	1,90
6	N + sláma	2,03	1,81	1,94	1,73	1,87	1,88

Průměrný obsah dusíku v zrně jarního ječmene se od nehnojené kontroly příliš neliší. Tento ukazatel je dokonce jediný, ve kterém měla kontrola na třech stanovištích vyšší hodnoty než 1 - 2 varianty hnojení. Jedná se o stanoviště Červený Újezd, Humpolec a Suchdol.

U varianty hnůj došlo k zřetelnému zvýšení obsahu dusíku v zrně ječmen pouze na stanovišti Hněvčeves a naopak k propadu na stanovištích Červený Újezd, Humpolec a Suchdol.

Varianta s následným působením základní dávky kalu (kal 1) vykazuje stejný profil jako varianta hnojená hnojem, ale obsah dusíku v zrně je v průměru o 2 % vyšší než u následného působení hnoje a stejně tak u nehnojené kontroly. Graf 5 velmi dobře znázorňuje

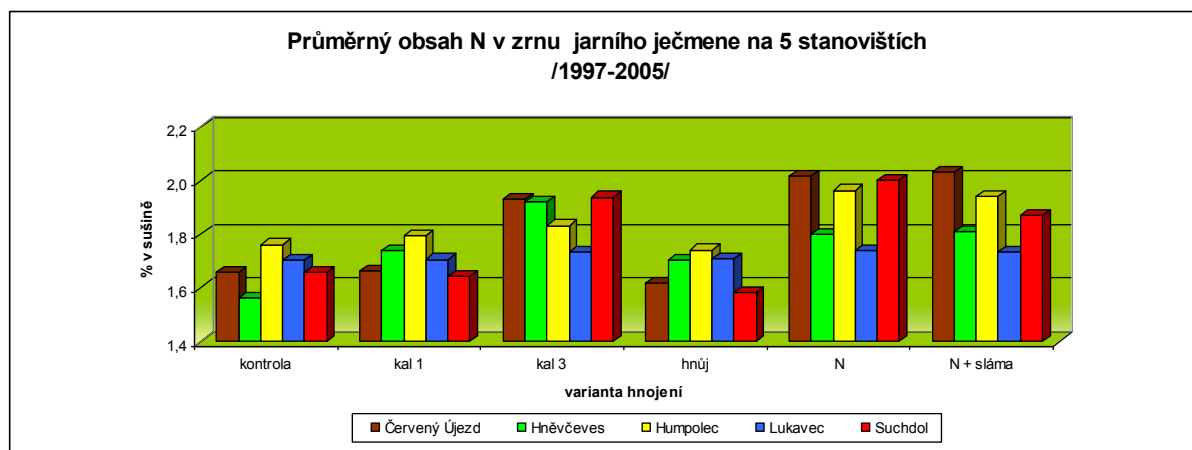
srovnání varianty č. 2 (kal 1) a varianty č. 4 (hnůj).

Třetí nejvyšší a současně nejvýznamnější nárůst obsahu N v zrně ječmene byl zaznamenán u následného působení trojnásobné dávky kalu (990 kg N/ha). Ve srovnání s přímým působením základní dávky dusíku (70 kg N/ha) minerálních hnojiv, se ale obsah dusíku trojnásobně nezvedl. V celkovém průměru činil nárůst oproti kontrole 12 % a vzhledem k minerálně hnojeným variantám zaznamenal dokonce propad na všech stanovištích kromě Humpolce v průměru o 1,6 %.

Varianty č. 5 (N) a č. 6 (N + sláma) se od sebe liší zcela nepatrně a zaznamenaly nejvyšší nárůst obsahu N v zrně jarního ječmene proti kontrole. Varianta N ve výši 13,7 % a varianta N + sláma ve výši 12,5 %. Co se týče obsahu dusíkatých látek, jeví se tento druh hnojení jako nejvhodnější. Přídavek slámy pod brambory (kukuřici) se neprojevil zvýšením obsahu N, na třech stanovištích z pěti došlo spíše k nezatelnému poklesu obsahu N v zrně. Tento výsledek je však natolik nevýrazný, že jej nelze brát jako směrodatný – činí cca 1%.

Minerálně hnojené varianty N a N + sláma mají vyšší obsah N v zrně jarního ječmene o 10,5 % než varianta kal 1, což je v souladu s výsledky Hřivny a Pelikána (1997).

Graf 5



5.2.3. Obsah dusíku v hlízách brambor

Průměrné obsahy dusíku v hlízách brambor ze všech pěti stanovišť jsou uvedeny v tabulce 24 a znázorněny grafem 6. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť stanoven obsah dusíku 1,4 % v sušině na hektar.

Tab. 24 **Průměrný obsah dusíku v hlízách brambor ze 4 stanovišť [% v sušině]**
/ 1997 - 2005 /

č.v.	varianta	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	1,36	1,47	1,35	1,47	1,41
2	kal 1	1,75	1,65	1,64	1,61	1,66
3	kal 3	1,87	1,71	1,81	1,8	1,80
4	hnůj	1,41	1,44	1,48	1,41	1,44
5	N	1,65	1,65	1,59	1,65	1,64
6	N + sláma	1,65	1,65	1,63	1,58	1,63

Průměrný obsah dusíku v hlízách brambor se zřetelně štěpí do 3 skupin. V první skupině jsou obě varianty hnojení čistírenskými kaly, ve druhé skupině jsou minerální hnojiva a ve třetí hnůj společně s nehnojenou kontrolou.

V průměru se obsah dusíku v hlízách u nehnojené kontroly a varianty č. 4 (hnůj) liší pouze o 2 % ve prospěch hnoje. Zaměříme-li se na stanoviště, tak dvě stanoviště (Hněvčeves, Lukavec) po hnojení hnojem vykazují mírný nárůst obsahu dusíku (3,5 a 9,6 %) a naopak dvě stanoviště (Humpolec a Suchdol) vykazují mírný propad o 2 a 4 %. Na obsah dusíku v hlízách brambor má na rozdíl od všech ostatních variant hnojení dominantní vliv při hnojení hnojem kvalita stanoviště.

Srovnatelných výsledků dosahují minerálně hnojené varianty N a N + sláma, kdy došlo k nárůstu obsahu N v hlízách brambor oproti kontrole shodně o 16 %. Velmi zřetelně lze tuto skutečnost odečíst z grafu č. 6.

Nejvyšší průměrný obsah dusíku v hlízách byl zjištěn po hnojení čistírenskými kaly. Trojnásobná dávka kalu (990 kg N/ha) se sice umístila jako první, ale rozdíl mezi ní a základní dávkou kalu (330 kg N/ha) činí pouze 8,4 %.

Rozdíl v obsahu dusíku v hlízách při hnojení shodným množstvím dusíku (330 kg N/ha) v základní dávce organických hnojiv je pravděpodobně způsoben obsahem vyššího množství mobilního dusíku v kalech než v hnoji. To odpovídá tvrzení Pospíšila (2002), který uvádí, že je dusík z kalu přijímán rychleji než z chlévského hnoje, ale pomaleji než z průmyslových hnojiv.

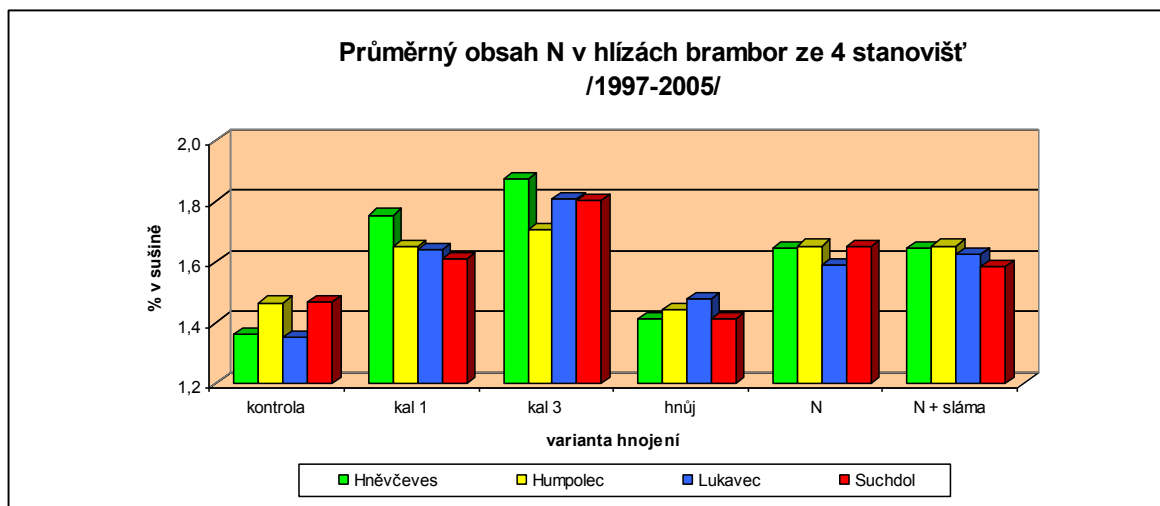
Srovnáme – li hnojení čistírenskými kaly (330 kg N/ha) a hnojení minerálními hnojivy (120 kg N/ha), vychází nám v hlízách brambor vyšší obsah dusíku po hnojení variantou kal 1 o 1,2 % než u varianty N a o 1,8 % než u varianty N + sláma. Přídavek slámy zaoráním pod brambory se v průměru všech let a stanovišť kladně neprojevil. Jen u nejméně úrodného stanoviště by se dal konstatovat 2,5 % nárůst obsahu N v hlízách oproti variantě hnojené čistě

minerálními hnojivy, zatímco na nejurodnějším stanovišti Suchdol naopak dosahuje o 4 % nižších výsledků.

Vzhledem k tomu, že při hnojení minerálními hnojivy dodáváme k plodině pouze 1/3 dusíku dodávaného základní dávkou organických hnojiv, není zjištěný vyšší obsah dusíku u varianty kal 1 nijak dramatický. Docházíme tak ke shodnému závěru jako Míča et al. (1991), kdy byl v pokusu s různou mírou dusíkatého hnojení brambor zjištěn výrazný nárůst dusičnanů v hlíze mezi variantou bez N hnojení a variantou hnojenou dávkou 120 kg č.ž. N/ha. U varianty 160 kg č.ž. N/ha, ve srovnání s variantou 120 kg č.ž. N/ha již nedošlo k výraznému zvýšení obsahu dusíku v hlízách. To odpovídá výsledkům jak z varianty kal 1, tak varianty kal 3.

Jůzl (1993) doporučuje hnojit, s ohledem na obsah dusičnanů v hlízách brambor, dávkou kolem 120 kg N/ha.

Graf 6



5.3. Odběry dusíku

5.3.1. Odběr dusíku zrnem pšenice

Průměrné odběry dusíku zrnem ozimé pšenice ze všech pěti stanovišť uvádí tabulka 25 a znázorňuje graf 7. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť zjištěn odběr 67,2 kg N z hektaru.

Tab. 25

Průměrný odběr N zrnem ozimé pšenice na 5 stanovištích [kg . ha⁻¹]
(výnos * obsah N v sušině)

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	62,22	69,92	83,11	43,58	77,26	67,22
2	kal 1	93,31	129,33	123,76	61,27	100,25	101,59
3	kal 3	113,99	152,46	133,34	88,44	118,95	121,43
4	hnůj	91,40	113,32	98,36	59,81	80,08	88,59
5	N	133,08	160,46	152,90	113,84	117,16	135,49
6	N + sláma	126,47	159,62	150,82	114,83	116,91	133,73

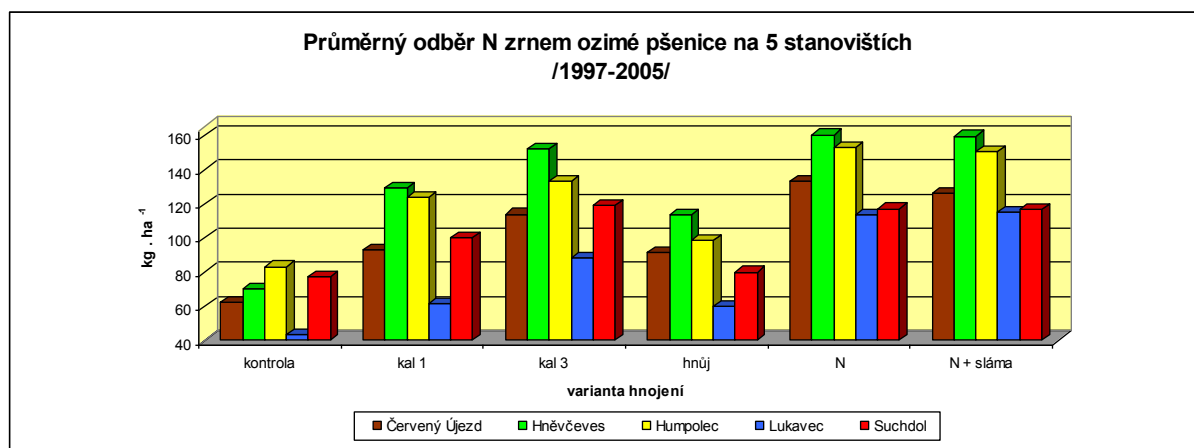
Nejvyšší odběr zrnem pšenice byl zaznamenán v průměru na všech stanovištích u přímého hnojení minerálním N k plodině v dávce 140 kg N/ha. Pouze u méně úrodného stanoviště Lukavec se o 1 % lépe projevila kombinace minerálního N se slámou. Po minerálním hnojení následuje kal 3, kal 1 a nejmenší odběr dusíku zrnem pšenice byl zaznamenán po následném působení hnoje hnojeného k předplodině.

Porovnáme-li varianty kal 3 a kal 1 není trojnásobná dávka kalu využita v plné míře, oproti variantě kal 1 totiž došlo k průměrnému zvýšení odběru N při použití varianty kal 3 pouze o 20 %, což je zcela neefektivní nárůst.

Srovnáme-li varianty kal 1 a hnůj, kdy se hnojilo stejnou dávkou dusíku k předplodině, je naopak použití kalu výrazně výhodnější. Odběr N zrnem pšenice se totiž zvýšil oproti variantě hnůj v průměru o 14 %. Na nejlepším stanovišti Humpolec je to o 26 %, následují Suchdol s 25 %, Hněvčeves se 14 %, Lukavec s 2,5 % a Červený Újezd se 2 %.

Rozdíl mezi variantou kal 1 a variantami N a N + sláma činí v průměru 35%. Průměrný nárůst u variant N a N + sláma je oproti kontrole 100 %. U hnoje došlo k 32 %, u varianty hnojené základní dávkou kalu k 51 % nárůstu odběru dusíku oproti kontrole.

Graf 7



5.3.2. Odběr dusíku zrnem ječmene

Průměrné odběry dusíku zrnem jarního ječmene ze všech pěti stanovišť uvádí tabulka 26 a znázorňuje graf 8. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť zjištěn odběr 47,3 kg N z hektaru.

Tab. 26 **Průměrný odběr N zrnem jarního ječmene na 5 stanovištích** [kg · ha⁻¹]
(výnos · obsah N v sušině)

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					průměr
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	
1	kontrola	44,64	47,33	52,67	34,16	57,66	47,29
2	kal 1	56,45	67,32	60,20	38,98	59,04	56,40
3	kal 3	74,92	79,24	69,13	46,03	87,16	71,30
4	hnůj	53,94	59,73	58,56	40,29	51,82	52,87
5	N	82,69	85,77	77,28	54,80	78,58	75,82
6	N + sláma	79,93	90,05	82,25	53,47	78,92	76,92

V průměru všech stanovišť měly varianty hnojení toto pořadí: N + sláma, N, kal 3, kal 1, hnůj, kontrola. Varianta N + sláma byla nejuspěšnější na třech, varianta čistého N na dvou stanovištích.

V průměru byl odběr N zrnem ječmene o 35 % vyšší, než u základní dávky kalu a o 44 % vyšší než po hojení hnojem k předplodině. N + sláma měla o 62 % vyšší odběr N než kontrola, varianta N o 60 %, varianta kal 3 o 50 %, varianta kal 1 o 19 % a varianta hnůj o 12%.

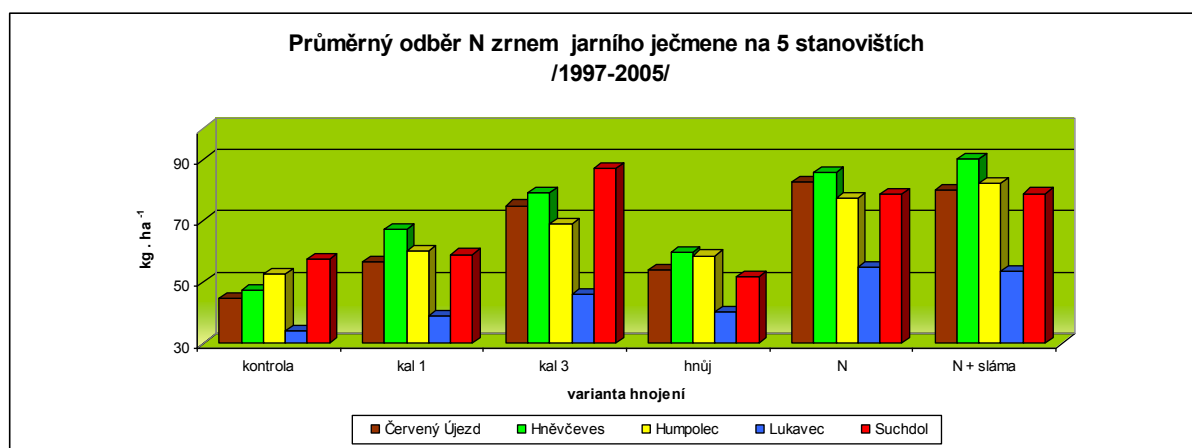
Pouze nejúrodnější stanoviště Suchdol mělo nejvyšší odběr dusíku po následném působení trojnásobné dávky kalu.

Srovnáme – li odběr N po trojnásobné dávce kalu, byl u varianty kal 3 odběr N v průměru všech stanovišť o 26 % vyšší, než u varianty kal 1.

Varianta hnůj se, kromě nejméně úrodného stanoviště Lukavec umístila na posledním místě z hnojených variant. V Lukavci bylo lépe využito následné působení hnoje na odběr N zrnem jarního ječmene o 3,4 % na rozdíl od využití základní dávky kalu.

Varianty kal 1 a hnůj jsou srovnatelné a v celém spektru stanovišť je odběr dusíku zrnem ječmene vyšší při následném působení základní dávky kalu o 6,5 % než odběr N po hnojení hnojem.

Graf 8



5.3.3. Odběr dusíku hlízami brambor

Průměrné odběry dusíku hlízami brambor ze všech pěti stanovišť uvádí tabulka 27 a znázorňuje graf 9. U kontrolní varianty byl v průměru všech let ze sledovaných stanovišť zjištěn odběr 76,9 kg N z hektaru.

Tab. 27 **Průměrný odběr dusíku hlízami brambor** ze 4 stanovišť [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$] (výnos * obsah N v sušině)

/ 1997 - 2005 /		stanoviště				průměr
č.v.	varianta	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	
1	kontrola	73,43	77,27	86,11	70,68	76,87
2	kal 1	132,98	110,82	143,43	93,36	120,15
3	kal 3	144,06	129,22	178,63	111,37	140,82
4	hnůj	107,76	113,07	124,88	78,01	105,93
5	N	122,95	135,95	151,98	91,16	125,51
6	N + sláma	127,43	118,75	149,86	90,26	121,58

Brambory reagovaly na hnojení na všech stanovištích velmi výrazným nárůstem odběru N oproti kontrole. V průměru všech stanovišť i variant činil tento nárůst celých 60 %.

U přímého působení organických hnojiv aplikovaných pod brambory se odběr dusíku hlízami brambor projevil nejvíce po hnojení trojnásobnou dávkou kalu. Stalo se tak na všech stanovištích v porovnání se všemi variantami hnojení kromě Humpolce (varianta N). Varianta kal 3 ve srovnání s ostatními hnojenými variantami měla vyšší odběr u hnoje o 32 %, u kalu 1 o 15 %, u varianty N + sláma o 14 % a u varianty N o 10 %.

Z tohoto vyčíslení je zřetelné srovnatelné působení základní dávky kalu a minerálních variant hnojení, a současně propad hnojení hnojem. Pouze na stanovišti Humpolec je citelný

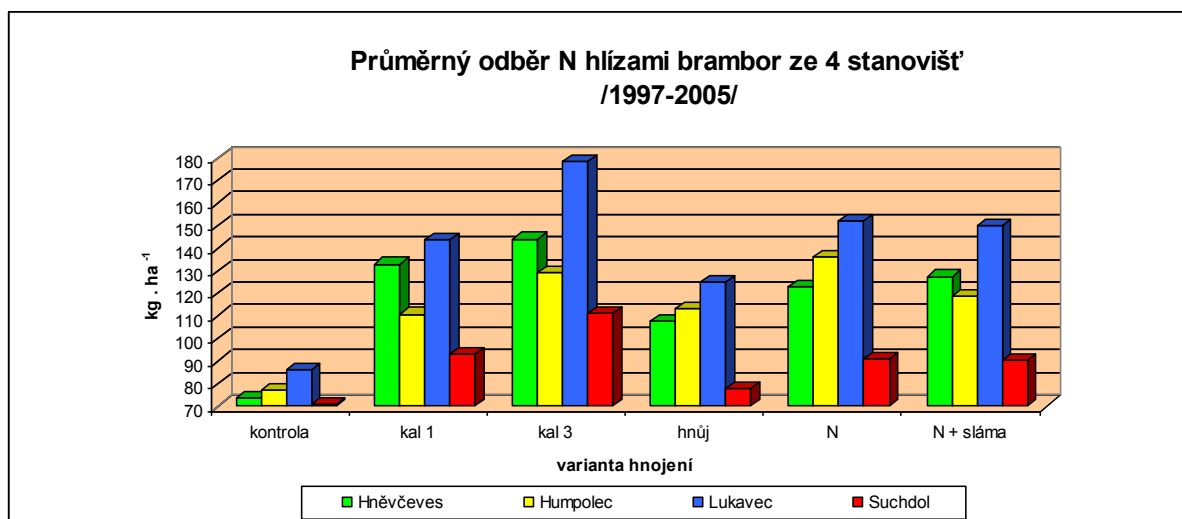
propad varianty č. 2 (kal 1) proti variantě č. 5 (N) a to o 18 %.

Budeme-li porovnávat působení základní dávky kalu a hnoje, je hnůj co se týče odběru N hlízami brambor velmi dobře nahraditelný kalem.

Nejvýraznější rozdíly v hnojených variantách se projevily na stanovišti Lukavec, přičemž toto stanoviště dosáhlo rekordního rozdílu mezi variantou kal 3 a nehnojenou kontrolou (107 %). Nárůst odběru N variantou kal 3 oproti ostatním variantám se základní dávkou dusíku byl v průměru 25 %. Méně úrodná stanoviště tedy reagují velmi silně na hnojení k předplodině, a až na hnojení hnojem (kde je citelnější propad) jsou srovnatelná hnojení minerálními hnojivy, hnojení kombinací minerálních a organických hnojiv, i hnojení čistírenskými kaly v základní dávce. Pokles odběru N u varianty hnůj oproti ostatním variantám se základní dávkou dusíku byl v průměru o 16 %.

Trojnásobná dávka dusíku ve variantě kal 3 se na nejméně úrodném stanovišti Lukavec projevila mnohem výrazněji než na dalších stanovištích a to nárůstem odběru dusíku o 20 % oproti průměrnému nárůstu u variant N + sláma, N a kal 1.

Graf 9



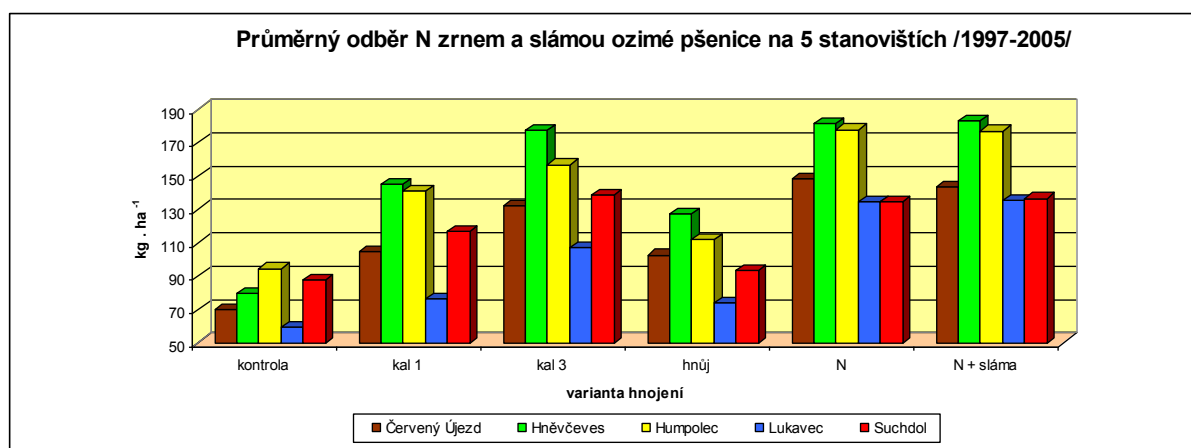
5.4. Odběry zrnem a slámou

Pro porovnání přidávám grafy průměrného odběru zrnem a slámou ozimé pšenice a zrnem a slámou jarního ječmene.

5.4.1. Odběr dusíku zrnem a slámou pšenice

Průměrné odběry N zrnem a slámou ozimé pšenice ze všech pěti stanovišť znázorňuje graf 10. Při porovnání grafů č. 7 a 10 je jasně vidět shoda při odběru N zrnem i při celkovém odběru zrnem a slámou ozimé pšenice. Odběry N celou rostlinou se neliší ani dle varianty hnojení, ani dle stanoviště.

Graf 10



5.4.2. Odběr dusíku zrnem a slámou ječmene

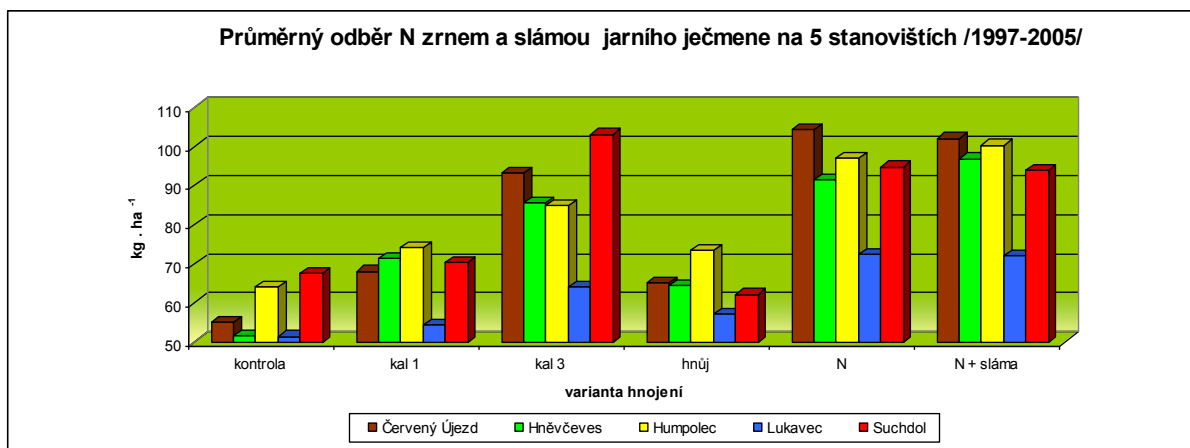
Průměrné odběry N zrnem a slámou jarního ječmene ze všech pěti stanovišť znázorňuje graf 11. Při porovnání grafů č. 8 a 11 které znázorňují odběr N zrnem jarního ječmene a odběr N zrnem, a slámou jarního ječmene již nedocházíme k takové shodě jako u ozimé pšenice, avšak rozdíly nejsou nijak dramatické.

V porovnání jednotlivých variant na jednom stanovišti, docházíme k podobným výsledkům v odběru N. Pouze jediné stanoviště Hněvčeves vykazuje zhruba poloviční odběr N slámou na rozdíl od ostatních stanovišť.

Dle tabulky přílohy č. 52 zjistíme, že obsah N ve slámě ječmene ze stanoviště Hněvčeves je srovnatelný s ostatními stanovišti, ale vykazuje dle tabulky přílohy č. 42 zhruba poloviční výnosy slámy.

To se projevuje poklesem celkového odběru dusíku vzhledem k ostatním stanovištím v celém spektru variant.

Graf 11



6 ZÁVĚR

Nešetrné postupy hospodaření mohou vést ke snížení obsahu půdní organické hmoty, s následným snížením půdní úrodnosti z důvodu zhoršení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půd (Perucci et al., 1997 in Nedvěd et al., 2008). Určitou možností zlepšení těchto vlastností je aplikace čistírenských kalů do půdy. Dle Speir et al. (2003) (in Nedvěd et al., 2008) má přidavek čistírenských kalů do půdy příznivý vliv na výnos plodin a na fyzikálně chemické vlastnosti půd, jako je půdní struktura, pórovitost, doplnění rostlinných živin, zvýšení obsahu humusu a kationtové výměnné kapacity. Dodání organické hmoty, kterou představují čistírenské kaly do půdy, také zlepší její mikrobiální aktivitu (Saviozzi et al., 1999 in Nedvěd et al., 2008). Je nutné si uvědomit, že celková spotřeba N rostlinami během vegetace (biologický odběr) je u většiny plodin vyšší, než množství N obsažené v rostlinách v době sklizně, zvláště výrazný rozdíl je u brambor, uvažujeme-li odběr jen

hlízami (Vaněk et al., 1997).

Závěry z výsledků pokusů z let 1997 – 2005:

- Čistírenský kal měl na většině stanovišť větší vliv na výnos hlíz brambor než hnůj, kromě stanoviště Humpolec, kde varianta hnojená hnojem zaznamenala výrazného zvýšení výnosu v porovnání s kalem.
- Hnojení brambor slámou s přidavkem dusíku ve stejné dávce jako u varianty hnojené pouze dusíkem se projevilo depresí výnosu hlíz o 10%
- Použití vysoké dávky dusíku (990 kg.ha-1) aplikované ve formě čistírenského kalu, nebylo při srovnání s variantou hnojenou pouze minerálně dusíkem v dávce 120 kg.ha-1 se shodným výnosem efektivní ve vztahu k tvorbě výnosu hlíz.
- U varianty s trojnásobnou dávkou kalu nebyl zjištěn výrazný nárůst výnosu u brambor a kukuřice ve srovnání se základní dávkou kalu. Vyšší dávky kalů se tedy z hlediska dosažených výnosů jeví jako neefektivní.
- Hnojení čistírenskými kaly se projevilo zvýšením obsahu dusíku v hlízách brambor v porovnání s dávkou N ve hnoji.
- Hnojení pšenice čistírenským kalem v následném působení dosahuje vyšších výnosů, než při použití *hnoje*. Pouze na méně úrodném stanovišti Lukavec bylo využito následné působení hnoje pro tvorbu výnosu zrna pšenice o necelé 1% lépe.
- Minerálně hnojené varianty, v průměru 9 let opakování na pěti stanovištích dosáhly vyšších výnosů zrna pšenice než varianty hnojené kaly (dokonce i v případě použití trojnásobné dávky N v kalu).
- Jednorázovým hnojením organickými hnojivy bylo dosaženo za období 9 let opakování nižšího výnosu sušiny zrna pšenice než při každoročním hnojení minerálními hnojivy.
- Obsah dusíku v zrnu ozimé pšenice byl závislý na celkové dávce N aplikované přímo k pšenici.
- Následné působení kalu na obsah dusíku v zrnu pšenice bylo větší než působení hnoje se stejným obsahem dusíku.
- Varianta, u které bylo použito kombinace slámy k předplodině a dusíkatého hnojení a varianta hnojená pouze dusíkem, dosáhla shodně vysokého obsahu dusíku v zrnu pšenice.
- Čistírenské kaly aplikované na brambory (následné působení na ječmen), měly na úrodnějších stanovištích Suchdol, Hněvčeves a Červený Újezd větší vliv na výnos zrna než

varianta hnojená hnojem. Na méně úrodných stanovištích Lukavec a Humpolec byly pozorovány menší rozdíly mezi působením hnoje a kalů na výnos ječmene, přičemž na nejméně úrodném stanovišti Lukavec bylo pozorováno větší působení hnoje na výnos ječmene ve srovnání s působením čistírenských kalů.

- Hojení minerálními hnojivy mělo větší vliv na výnos zrna jarního ječmene než následné působení organických hnojiv.
- Hnojení čistírenskými kaly před brambory dosahovalo mírně vyššího obsahu dusíku v zrně jarního ječmene v porovnání s působením hnoje se stejným obsahem dusíku.
- Nejvyšší vliv na zvýšení obsahu dusíku v zrně jarního ječmene měl dusík aplikovaný přímo k ječmeni v minerálních hnojivech.
- Na odběr dusíku zrnem ozimé pšenice i jarního ječmene nejlépe působilo hnojení minerálními hnojivy přímo k plodině a to v průměru o 35 % vyšším odběrem N, než u následného působení organického hnojení aplikovaného k předplodině.
- Na odběr dusíku hlízami brambor mělo shodný vliv hnojení přímo k bramborám základní dávkou kalů (330 kg N/ha) a minerálního hnojení (120 kg N/ha). Působení hnoje v dávce 330 kg N/ha se projevilo poklesem odběru dusíku v průměru o 16 %.

7. Seznam použité literatury

1. AMBROŽ, Z., HASLBACH, J.: Vybrané kapitoly z půdoznalectví a mikrobiologie půd. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR Praha, 1978
2. BAIER, J., BAIEROVÁ, V.: Abeceda výživy rostlin a hnojení. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 1985, ISBN 07-033-85-04
3. BALÍK, J., PETRÁŠEK, K., TLUSTOŠ, P., SZÁKOVÁ, J.: Kaly z čistíren odpadních vod. In: „Sborník z konference racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku půdní organické hmoty, použití organických hnojiv a potřeby hnojení minerálními hnojivy“, KAVR ČZU v Praze, 1999. ISBN 80-213-0560-6, s. 47 - 53
4. BALÍK, J., TLUSTOŠ, P., PAVLÍKOVÁ, D.: Efektivnost a rizikovost použití čistírenských kalů při hnojení rostlin. In: Sborník „Půdní úrodnost“, Brno MZLU, 2000
5. BARTÁK, M.: Ekologie řízených autotrofních ekosystémů. ČZU v Praze, 2002, ISBN 80-213-0941-5
6. BIELEK, P.: Dusík v pode a jeho premeny. Příroda Bratislava, 1984
7. BUJNOVSKÝ, R., FÖLDEŠOVÁ, D.: K ekonomickému optimu dávek dusíka. Agrochémia, 34, 1994, 11-12, s.198 - 1999

8. CAPOUCHOVÁ, I., FAMĚRA, O., HOSNEDL, V., BARANYK, P., PULKRÁBEK, J., HAMOUZ, K., VAŠÁK, J., ŠNOBL, J., ŠTOLCOVÁ, M.: Cvičení ze speciální produkce rostlinné. Praha ČZU – katedra rostlinné výroby AF, 2000, s. 190
9. ČEPL, J., VOKÁL, B.: Použití dusíkatých hnojiv u brambor. In: „Sborník z konference racionální použití průmyslových hnojiv“, KAVR ČZU Praha, 1997, ISBN 80-213-0366-2, s. 57-61
10. ČERNÝ, J., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P., NĚMEČEK, R.: Minerální a organický dusík v půdě. In: „Sborník z konference racionální použití průmyslových hnojiv“, KAVR ČZU v Praze, 1997, ISBN 80-213-0366-2, s. 72-78
11. ČERNÝ, J., KULHÁNEK, M., BALÍK, J., BALÍKOVÁ, M., NEDVĚD V.: Obsah minerálního dusíku v půdě při různém hnojení. In: „Sborník z konference racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku výživy a hnojení fosforem“, KAVR ČZU v Praze, 2008, ISBN 978-80-213-1856-4, s. 78-81
12. CHALOUPKA, V.: Zkušenosti z praktického využívání čistírenských kalů v zemědělství. Plzeň, Česká vědeckotechnická společnost 1996, s. 64
13. CHRPOVÁ, J., ŠÍP, V., ŠKORPÍK, M.: Vliv pěstitelských opatření na výnos zrna a potravinářskou jakost současných odrůd pšenice ozimé. Farmář, 7, 2001, s. 22-24
14. CHVÁTAL, V.: Obsahy rizikových prvků v kalech z ČOV a možnosti využití kalů. In: Sborník „Mikroelementy“, Rabyně, 2001
15. DOHÁNYOS, M., ZIMOVÁ, M.: Metodika vyhodnocování podle navržených kritérií. In: Hygienizace čistírenských kalů, Praha, VŠCHT 2002
16. DOLEJŠKOVÁ, J., MAREK, Z., HEJTMÁNKOVÁ, A., MADER, P.: CHEMIE I., ČZU v Praze, 2008, ISBN 978-80-213-1684-3
17. DRYŠLOVÁ, T.: Vliv některých agrochemických faktorů na růst a výnos zrna ozimé pšenice. Rostlinná výroba, 46, 2000, 10 s. 451-455
18. DUDÁŠ, F.: Jakost zrna ozimé pšenice a jarního ječmene a její závislost na agroekologických činitelích. Autoreferát doktorské disertační práce. Vysoká škola zemědělská v Brně, 1987
19. HAIDER, K.: Biochemie des Bodens. Pflanzenernährung und Bodenkunde, Fal Braunschweig, 1995
20. HAMOUZ, K.: Výzkum účinku stupňovných dávek dusíku u ranných zavlažovaných brambor. VŠZ v Praze, 1987
21. HAUPTMAN, I., SÁŇKA, M., KŇÁKAL, P.: Hodnocení čistírenských kalů z hlediska obsahu živin a rizikových látek. In: Sborník „Možnosti využití kalů z ČOV v zemědělství“, Praha, VÚVR 2000, s. 23 – 28
22. HŘIVNA, L., PELIKÁN, M.: The effect of Organic and Conventional Fertilization on the Quality and Yields of Winter Wheat, Malting Barely and Potatoes. Acta univ. Agric. et silvic. Mendel. Brun. (Brno), XLV, 1997, 1, 77-81
23. IVANIČ, J., HAVELKA, B., KNOP, K.: Výživa a hnojenie rastlín, Príroda Bratislava – SZN Praha, 1984
24. JENÍČEK, P.: Hygienizace kalů v rámci čistírenského procesu. In: Sborník „Možnosti využití kalů z ČOV v zemědělství“, Praha, VÚVR 2000, s. 31
25. JUHÁS, V.: Tvorba a kvalita úrody ozimej pšenice v závislosti od hnojení dusíkom. Agrochémia, VI., 2002, 2, s. 4-8
26. JÚZL, M.: Výživa dusíkem ve vztahu k výnosu a obsahu dusičnanů v hlízách velmi ranných brambor. Rostlinná výroba, 39, 1993, 11, s. 987-993
27. KOLÁŘ, L.: Výživa rostlin dusíkem a kvalita produkce. In: „Sborník z konference racionální použití průmyslových hnojiv“, KAVR ČZU v Praze, 1997, ISBN 80-213-0366-2, s. 37-42

28. KULHÁNEK, M., Transformace fosforu v půdě při různých systémech hnojení a porovnání rozdílných extrakčních metod. (disertační práce), Praha 2006, s. 8 - 11
29. KURAŠ, M.: Kaly z městských čistíren odpadních vod. In: Odpady, jejich využití a zneškodňování, Praha VŠCHT 1994
30. KUSÁ, H., HRAZDÍRA, J.: Současná a připravovaná legislativa pro recyklaci kalů v evropských zemích. In: Sborník „Možnosti využití kalů z ČOV v zemědělství“, Praha, VÚRV 2000, s. 9-13
31. LOŽEK, O., FENECKO, J., KULICH, S.: Využití odpadních látek pro výrobu kompostů na Slovensku. In: „Sborník z konference racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku půdní organické hmoty, použití organických hnojiv a potřeby hnojení minerálními hnojivy“, KAVR ČZU v Praze, 1999. ISBN 80-213-0560-6
32. MARSCHNER, Horst: Mineral Nutrition of Higher Plants. Institute of Plant Nutrition, University of Hehenheim, Germany, 2003, ISBN 0-12-473543-6 (PB)
33. MÍČA, B., VOKÁL, B., PENK, J.: Dusičnany v bramborách a možnosti snížení jejich obsahu. MZE ČR, 1991
34. MINX, L., DIVIŠ, J. a kolektiv: Rostlinná výroba – III (okopaniny). VŠZ v Praze, 1994
35. NEUBERG, J. a kol.: Zásady soustavy hnojení v podmínkách koncentrace zemědělské výroby. Metodiky pro zavádění výsledků do praxe. ÚVTIZ 1974
36. PETR, J., HÚSKA, J. a kolektiv: Rostlinná výroba – I (Obecná část, obiloviny). ČZU v Praze, 1997
37. POSPÍŠIL, R.: Možnosti využitia vyhnílého kalu. Farmář, 8, 2002, 3, s.30-31
38. PROCHÁZKA, S., MACHÁČKOVÁ, I., KREKULE, J., ŠEBÁNEK, J. a kolektiv: Fyziologie rostlin. Academia Praha, 1998
39. RICHTER, R., HLUŠEK, J., RYANT, P., LOŠÁK, T.: Organická hnojiva a jejich postavení v zemědělské praxi. MZLÚ v Brně, Úroda, L, 2002, 9, s. 9-12
40. RŮŽEK, P.: Použití dusíkatých hnojiv u obilnin. In: „Sborník z konference racionální použití průmyslových hnojiv“, KAVR ČZU v Praze, 1997, ISBN 80-213-0366-2, s. 51-56
41. SCHRERER, H. W., BALÍK, J.: Fixovaný N-NH₄(F) v půdách a jeho změny během vegetace. In: Racionální použití průmyslových hnojiv, KAVR ČZU Praha, 1997, s. 21-28
42. ŠIMEK, M.: Nitrifikace v půdě – terminologie a metodologie (studie). Rostlinná výroba, 46, 2000, 9 s. 385 – 395
43. ŠKARDA, M.: Hospodaření s organickými hnojivy, SZN v Praze, 1982, ISBN 07-109-82-04/17
44. ŠNOBL, J., PULKRÁBEJ, J. a kol.: Základy rostlinné produkce, FAPPZ ČZU v Praze, 2007, ISBN 978-80-213-1340-8
45. ŠPALDON, E. a kolektiv: Rostlinná výroba. Příroda Bratislava, 1982
46. ŠUK, J., BALÍK, J., JACOB, P., JAMBOR, V., KOHOUT, V., LOUČKA, R., TÁBORSKÝ, V., VRZAL, J.: Kukuřice. VP AGRO spol. s.r.o., Kněžves 1998
47. TESAŘ, S., VANĚK, V. a kolektiv: Výživa rostlin a hnojení. VŠZ Praha, 1992
48. TRČKOVÁ, M.: Rychlost příjmu nitrátů v závislosti na vývojové fázi ozimé pšenice. In: „Sborník z konference racionální použití průmyslových hnojiv“, KAVR ČZU v Praze, 1997, ISBN 80-213-0366-2, s. 121
49. VANĚK, V., BALÍK, J., NĚMEČEK, R., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P.: Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny, Redakce odborných časopisů, 1998, ISBN 80-902413-1-X
50. VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P.: Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. Redakce odborných časopisů, 2002

51. VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P.: Výživa polních a zahradních plodin. Profi press, Praha 2007
52. VANĚK, V., PAVLÍKOVÁ, D., BALÍK, J., TLUSTOŠ, P.: Dusík v půdě a jeho přeměny. In: „Sborník z konference racionální použití průmyslových hnojiv“, KAVR ČZU v Praze, 1997b, ISBN 80-213-0366-2, s. 8-14
53. VANĚK, V., ŠTÍPEK, V., ŠTIHLA, J.: Statková hnojiva a jejich použití. Farmář, 7, 2001 11, s. 28-29
54. VANĚK, V., TRÁVNÍK, K., BALÍK, J., HODANOVÁ, J.: Zásady racionálního hnojení dusíkem. In: „Sborník z konference racionální použití průmyslových hnojiv“, KAVR ČZU v Praze, 1997a, ISBN 80-213-0366-2, s. 43-49
55. VOKÁL, B., RINDOŠ, E.: Vliv výživy na výnosovou variabilitu a kvalitu brambor. Výzkumný šlechtitelský ústav bramborářský, Havlíčkův Brod, 1987
56. VOSTAL, J., BALÍK, J., TESAŘ, S.: Bilance dusíku v zemědělství, II. část – Pasivní složky. VŠZ Prahy, 1989
57. VOSTAL, J., MATOUSCH, O.: Bilance dusíku v zemědělství, I. část – Aktivní složky. VŠZ Praha, 1987
58. ZIMOVÁ, M., MATĚJŮ, L.: Kontaminace kalů z čistíren odpadních vod patogenními mikroorganismy a organickými látkami. In. Sborník „Možnosti využití kalů z ČOV v zemědělství“, Praha, VÚVR 2000, s. 15 – 16
59. SMĚRNICE Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. (tzv. Nitrátová směrnice)
60. SMĚRNICE 86/278/EEC, 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod a
61. SMĚRNICE Rady 80/68/EHS z roku 1979 o ochraně podzemních vod před znečištěním určitými nebezpečnými látkami doplněná směrnicemi Rady 90/656/EHS a 91/692/EHS, Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod, Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů,
62. ZÁKON č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
63. ZÁKON č. 185/2001 Sb., o odpadech a změně některých dalších zákonů
64. ZÁKON č. 156/1998 Sb., o hnojivech
65. VYHLÁŠKA č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě novelizována VYHLÁŠKOU č. 504/2004 Sb.,
66. VYHLÁŠKA č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv
67. NV č. 103/2003 Sb., o stanovení zranitelných oblastí, o používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření v těchto oblastech, ve znění nařízení vlády č. 219/2007 Sb.
68. BUDŇÁKOVÁ, M.: Využití odpadů v zemědělství. Biom.cz. 2005-09-12 [cit. 2009-02-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadu-v-zemedelstvi>>. ISSN: 1801-2655.
69. DOHÁNYOS, M.: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. Biom.cz 2006-05-09, [cit. 2009-02-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu>>. ISSN: 1801-2655
70. DOHÁNYOS, Michal: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. Biom.cz [online]. 2006-05-09 KUTIL, J., DOHÁNYOS, M.: Efektivní využití a likvidace čistírenských kalů. Biom.cz .2005-01-05 [cit. 2009-02-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/efektivni-vyuziti-a-likvidace-cistirenskych-kalu-2>>. ISSN: 1801-2655.

8. Přílohy											
Tab. 1 Výnos zrna ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Červený Újezd											
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	5,29	3,41	4,12	3,64	3,31	3,69	3,12	3,97	2,79	3,70
2	kal 1	5,36	4,65	5,07	5,07	5,07	5,51	4,06	6,49	4,13	5,05
3	kal 3	5,34	5,21	5,35	5,96	4	5,21	4,57	5,98	5,86	5,28
4	hnůj	5,39	4,39	4,89	4,29	4,35	5,36	3,48	7,03	4,43	4,85
5	N	6,22	5,08	5,94	6,56	4,36	5,01	4,69	6,25	5,62	5,53
6	N + sláma	5,79	5,45	5,24	6,39	3,32	4,01	5,24	6,67	5,08	5,24
Tab. 2 Výnos zrna ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Hněvčeves											
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	3,65	4,63	4,11	3,61	4,57	2,06	5,97	3,56	6,63	4,31

2	kal 1	3,56	5,58	6,41	8,37	8,09	4,4	7,6	4,17	9,41	6,40
3	kal 3	3,55	6,58	7,06	9,07	8,88	5,95	8,17	4,19	7,9	6,82
4	hnůj	3,48	4,97	6,16	7,61	6,8	5,35	7,58	5,36	8,2	6,17
5	N	6,17	7,71	5,49	8,71	7,81	6,05	7,26	4,83	8,06	6,90
6	N + sláma	6,55	9,09	5,91	7,18	7,71	5,81	7,27	4,59	8,37	6,94

Tab. 3 Výnos zrna ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Humpolec

Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	3,3	5,56	5,05	4,79	6,19	5,7	3,96	4,15	4,7	4,82
2	kal 1	3,38	6,67	6,29	6,57	7,1	7,73	5,63	8,6	7,07	6,56
3	kal 3	3,1	3,7	6,89	6,87	6,53	7,89	6,38	8,56	4,88	6,09
4	hnůj	3,16	5,68	6,94	5,99	6,81	6,34	4,32	6,09	5,71	5,67
5	N	3,72	6,42	6,93	8,2	6,84	7,23	4,64	8,04	6,44	6,50
6	N + sláma	3,9	3,94	7,41	7,96	7,16	7,78	5,66	8,3	6,17	6,48

Tab. 4 Výnos zrna ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Lukavec

Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,59	2,9	3,04	2,91	3,1	2,8	3,15	2,17	2,01	2,63
2	kal 1	1,63	3,8	2,8	3,32	4,45	2,81	4,17	5,66	3,52	3,57
3	kal 3	2,09	5,48	3,42	4,93	5,77	3,01	6,36	6,47	5,39	4,77
4	hnůj	2,3	3,73	2,78	4,47	4,66	2,86	4,95	2,87	3,74	3,60
5	N	2,87	5,18	5,46	6,85	6,84	6,37	6,53	7,59	6,42	6,01
6	N + sláma	2,52	5,08	5,35	6,03	6,27	5,88	6,52	7,25	6,93	5,76

Tab. 5 Výnos zrna ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Suchdol

Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	Výnos zrna ozimé pšenice v t.ha ⁻¹	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	4,55	4,05	4,05	3,84	5,18	3,43	3,31	5,87	5,68	4,44
2	kal 1	4,27	4,72	4,67	4,14	5,19	3,66	4,03	8,05	7,71	5,16
3	kal 3	4,7	5,52	5,46	4,92	5,46	3,89	4,78	8,11	8,32	5,68
4	hnůj	3,53	4,13	3,73	3,03	4,87	2,98	3,33	7,36	7,06	4,45
5	N	4,58	4,17	5,72	5,21	4,63	3,91	4,65	8,39	7,14	5,38
6	N + sláma	5,29	4,28	5,65	4,95	5,03	3,25	4,73	7,47	8,41	5,45

Tab. 6 Výnos slámy ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Červený Újezd

Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	3,2	2,17	0,84	1,81	2,31	2,86	2,47	2,67	1,42	2,19
2	kal 1	2,75	3,17	1,47	2,91	4,15	4,85	2,61	4,56	2,56	3,23
3	kal 3	2,99	2,98	1,75	3,73	3,66	5,59	3,21	5,59	4,05	3,73
4	hnůj	3,41	2,53	1,49	2,35	2,99	4,38	2,04	5,02	2,73	2,99

5	N	4,77	3,12	2,11	4,54	4,44	4,06	3,29	6,06	4,15	4,06
6	N + sláma	5,46	3,68	2,22	4,3	4,84	4,29	3,65	6,58	3,56	4,29

Tab. 7 Výnos slámy ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Hněvčeves

Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	5,18	3,54	2,33	2,68	2,83	1,79	3,99	3,21	5,62	3,46
2	kal 1	5,69	4,9	3,42	5,85	5,83	3,6	5,17	2,48	4,6	4,62
3	kal 3	5,99	6,73	3,91	7,04	7,53	5,28	5,48	4,58	4,91	5,72
4	hnůj	5,13	4,5	3,45	5,46	4,62	4,89	5,03	4,31	4,84	4,69
5	N	5,76	6,55	2,81	6,09	6,64	5,51	4,8	6,26	5,02	5,49
6	N + sláma	5,73	5,47	3,01	5,51	5,97	5,1	4,57	5,01	6,29	5,18

Tab. 8 Výnos slámy ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Humpolec

Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	4,68	4,25	2,86	3,55	3,83	4,95	2,64	3,74	3,99	3,83
2	kal 1	5,4	5,86	3,36	4,59	5,12	6,32	3,84	5,12	6,46	5,12
3	kal 3	5,23	3,78	3,82	5,33	5,54	7	4,28	9,35	5,51	5,54
4	hnůj	4,65	5,14	3,89	4,3	4,62	5,79	2,87	4,9	5,46	4,62
5	N	5,28	5,45	3,55	5,73	5,19	6,58	3,07	5,42	6,41	5,19
6	N + sláma	5,2	3,67	3,78	6,11	5,17	6,83	3,56	6,08	6,11	5,17

Tab. 9 Výnos slámy ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Lukavec

Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	3,21	2,7	2,1	2,06	4,58	3,2	3,2	2,83	3,37	3,03
2	kal 1	2,64	4,49	3,29	2,88	3,32	5,25	3,24	4,46	2,62	3,58
3	kal 3	2,96	4,57	3,6	3,46	3,65	3,93	4,25	4,53	5,13	4,01
4	hnůj	2,8	5,45	2,84	3	3,52	4,05	3,69	4,51	4,99	3,87
5	N	3,67	6,49	4,96	4,28	4,85	6,45	5,37	7,35	5,59	5,45
6	N + sláma	3,21	3,99	4,74	4,66	4,15	5,65	5,53	6,9	6,62	5,05

Tab. 10 Výnos slámy ozimé pšenice [t.ha⁻¹]; stanoviště Suchdol

Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,17	2,98	3,61	1,88	3,46	1,92	2,14	1,97	3,54	2,63
2	kal 1	1,96	3,64	4,49	2,62	3,51	4,44	2,95	2,86	4,47	3,44
3	kal 3	2,07	4,03	6,01	4,41	3,35	4,11	3,99	2,86	4,94	3,97
4	hnůj	2,05	2,42	3,93	1,46	3,34	3,71	2,14	2,69	4,22	2,88
5	N	1,72	2,62	3,92	3,57	3,5	4,57	4,62	2,71	4,75	3,55
6	N + sláma	3,12	3,91	3,72	4,03	3,81	3,97	4,51	2,97	5,43	3,94

Tab. 11 Obsah dusíku v zrnu ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Červený Újezd

Červený Újezd		rok									
----------------------	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,9	1,85	1,72	1,63	1,48	1,76	1,63	1,28	1,82	1,67
2	kal 1	1,91	2,07	1,78	2,03	1,71	1,98	1,78	1,5	2	1,86
3	kal 3	1,93	2,47	1,84	2,32	2,24	2,29	2,07	1,91	2,39	2,16
4	hnůj	2,03	2,21	1,95	1,79	1,65	2,02	1,62	1,61	2,13	1,89
5	N	2,74	2,61	1,99	2,44	2,4	2,39	2,21	2,15	2,74	2,41
6	N + sláma	2,75	2,43	2,01	2,56	2,35	2,56	2,29	2,16	2,62	2,41
Tab. 12 Obsah dusíku v zrnu ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Hněvčeves											
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,69	1,44	1,67	1,69	1,68	1,84	1,76	1,42	1,52	1,63
2	kal 1	1,71	1,66	1,92	2,25	2,12	1,94	2,15	1,98	2,09	1,98
3	kal 3	1,72	1,99	2,12	2,35	2,45	2,06	2,44	2,24	2,33	2,19
4	hnůj	1,71	1,57	1,85	2,13	1,82	1,95	2,03	1,7	1,62	1,82
5	N	2,29	1,99	2	2,5	2,27	2,3	2,56	2,22	2,64	2,31
6	N + sláma	2,21	2,12	2,09	2,33	2,25	2,35	2,49	2,16	2,61	2,29
Tab. 13 Obsah dusíku v zrnu ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Humpolec											
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,12	1,81	1,58	1,61	1,79	1,67	1,85	1,43	1,74	1,73
2	kal 1	2,16	1,85	1,94	1,9	1,93	1,89	2,02	1,59	1,94	1,91
3	kal 3	2,03	2,15	2	2,18	2,37	2,14	2,3	2,01	2,62	2,20
4	hnůj	2,12	1,91	1,76	1,65	1,85	1,67	1,76	1,38	1,7	1,76
5	N	2,44	2,28	2,22	2,29	2,43	2,21	2,59	2,25	2,64	2,37
6	N + sláma	2,46	2,22	2,14	2,29	2,49	2,19	2,52	2,23	2,55	2,34
Tab. 14 Obsah dusíku v zrnu ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Lukavec											
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,15	1,83	1,54	1,49	1,53	1,67	1,62	1,44	1,91	1,69
2	kal 1	2,32	1,89	1,53	1,54	1,74	1,66	1,67	1,69	1,66	1,74
3	kal 3	2,12	2,15	1,65	1,68	1,88	1,7	1,59	1,9	2,06	1,86
4	hnůj	2,14	1,85	1,59	1,46	1,65	1,66	1,77	1,43	1,54	1,68
5	N	2,32	2,05	1,61	1,87	2	1,87	2,2	1,43	2	1,93
6	N + sláma	2,15	2,25	1,89	1,9	2,01	2,02	2,17	1,6	2,12	2,01
Tab. 15 Obsah dusíku v zrnu ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Suchdol											
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,99	2,07	1,63	1,44	2	1,53	1,63	1,5	1,79	1,73
2	kal 1	2,08	1,98	1,73	1,79	1,86	1,63	1,96	1,77	2,43	1,91
3	kal 3	1,65	2,35	1,94	2,33	2,18	2,08	2,3	1,99	2,06	2,10

4	hnůj	2,12	2,05	1,46	1,44	2,08	1,58	1,74	1,72	1,85	1,78
5	N	1,94	2,57	1,9	2,24	2,38	1,96	2,34	1,98	2,4	2,19
6	N + sláma	2,14	2,54	2,01	2	2,31	1,89	2,27	2	2,18	2,15

Tab. 16 **Obsah dusíku ve slámě ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Červený Újezd**

Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,53	0,18	0,4	0,37	0,43	0,44	0,4	0,2	0,22	0,35
2	kal 1	0,5	0,19	0,37	0,36	0,43	0,44	0,45	0,2	0,25	0,35
3	kal 3	0,52	0,24	0,45	0,51	0,59	0,72	0,54	0,33	0,37	0,47
4	hnůj	0,489	0,19	0,42	0,36	0,54	0,46	0,39	0,23	0,31	0,38
5	N	0,71	0,21	0,56	0,51	0,6	0,72	0,63	0,38	0,49	0,53
6	N + sláma	0,7	0,21	0,52	0,53	0,65	0,73	0,589	0,38	0,49	0,53

Tab. 17 **Obsah dusíku ve slámě ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Hněvčeves**

Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,31	0,16	0,34	0,39	0,44	0,51	0,24	0,24	0,14	0,31
2	kal 1	0,34	0,16	0,36	0,45	0,57	0,35	0,26	0,38	0,18	0,34
3	kal 3	0,42	0,17	0,39	0,6	0,68	0,41	0,41	0,47	0,25	0,42
4	hnůj	0,3	0,16	0,32	0,38	0,54	0,31	0,28	0,28	0,14	0,30
5	N	0,39	0,16	0,44	0,36	0,61	0,37	0,42	0,41	0,32	0,39
6	N + sláma	0,46	0,17	0,48	0,46	0,63	0,56	0,45	0,58	0,33	0,46

Tab. 18 **Obsah dusíku ve slámě ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Humpolec**

Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,49	0,16	0,37	0,29	0,4	0,28	0,31	0,21	0,16	0,30
2	kal 1	0,67	0,15	0,47	0,3	0,48	0,32	0,33	0,25	0,16	0,35
3	kal 3	0,47	0,19	0,63	0,46	0,67	0,33	0,39	0,37	0,33	0,43
4	hnůj	0,52	0,17	0,36	0,27	0,4	0,31	0,29	0,22	0,15	0,30
5	N	0,68	0,18	0,61	0,36	0,71	0,45	0,53	0,6	0,32	0,49
6	N + sláma	0,84	0,18	0,55	0,52	0,7	0,47	0,51	0,49	0,27	0,50

Tab. 19 **Obsah dusíku ve slámě ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Lukavec**

Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,24	0,17	0,39	0,39	0,48	0,45	0,56	0,38	0,55	0,51
2	kal 1	0,93	0,18	0,58	0,55	0,54	0,41	0,37	0,28	0,22	0,45
3	kal 3	1	0,2	0,41	0,6	0,46	0,37	0,33	0,57	0,46	0,49
4	hnůj	0	0,18	0,45	0,56	0,37	0,41	0,41	0,42	0,18	0,33
5	N	0	0,18	0,48	0,53	0,43	0,42	0,46	0,31	0,22	0,34
6	N + sláma	0	0,18	0,44	0,49	0,48	0,44	0,5	0,3	0,31	0,35

Tab. 20 Obsah dusíku ve slámě ozimé pšenice [% v sušině]; stanoviště Suchdol											
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,46	0,17	0,41	0,31	0,48	0,86	0,32	0,26	0,36	0,40
2	kal 1	0,59	0,2	0,46	0,31	0,6	1,06	0,37	0,39	0,24	0,47
3	kal 3	0,53	0,16	0,49	0,4	0,53	1,21	0,48	0,34	0,33	0,50
4	hnůj	0,6	0,17	0,4	0,29	0,52	0,89	0,48	0,34	0,32	0,45
5	N	0,52	0,19	0,42	0,39	0,55	0,91	0,64	0,37	0,2	0,47
6	N + sláma	0,58	0,22	0,47	0,46	0,48	1,19	0,59	0,34	0,22	0,51
Tab. 21 Odběr dusíku zrnem ozimé pšenice [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Červený Újezd											
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	100,51	63,09	70,86	59,33	48,99	64,93	50,6	50,89	50,79	62,22
2	kal 1	102,38	96,26	90,25	102,92	86,7	109,07	72,32	97,28	82,64	93,31
3	kal 3	103,06	128,69	98,44	138,27	89,6	119,36	94,62	113,86	140,03	113,99
4	hnůj	109,42	97,02	95,36	76,79	71,78	108,21	56,36	113,06	94,59	91,40
5	N	170,43	132,59	118,2	160,06	104,64	119,84	103,65	134,38	153,96	133,08
6	N + sláma	159,23	132,44	105,3	163,58	78,02	102,66	120	144,07	132,92	126,47
Tab. 22 Odběr dusíku zrnem ozimé pšenice [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Hněvčeves											
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	61,69	66,67	68,64	61,01	76,78	37,86	105,06	50,4	101,13	69,92
2	kal 1	60,88	92,63	123,1	188,33	171,51	85,44	163,34	82,41	196,4	129,33
3	kal 3	61,06	130,94	149,7	213,15	217,56	122,6	199,45	93,88	183,79	152,46
4	hnůj	59,51	78,03	114	162,09	123,76	104,27	153,88	91,1	133,24	113,32
5	N	141,29	153,43	109,8	217,75	177,29	139,15	185,86	106,98	212,62	160,46
6	N + sláma	144,76	192,71	123,5	167,29	173,48	136,54	181,02	98,91	218,33	159,62
Tab. 23 Odběr dusíku zrnem ozimé pšenice [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Humpolec											
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	69,96	100,64	79,79	77,12	110,8	95,22	73,19	59,28	81,95	83,11
2	kal 1	73,01	123,4	122	124,83	137,03	146,12	113,79	136,31	137,35	123,76
3	kal 3	62,93	79,55	137,8	149,77	154,76	168,76	146,77	171,57	128,13	133,34
4	hnůj	66,99	108,49	122,1	98,84	125,99	105,85	75,98	84,03	96,96	98,36
5	N	90,77	146,38	153,9	187,78	166,21	159,78	120,18	180,9	170,27	152,90
6	N + sláma	95,94	87,47	158,6	182,28	178,28	170,38	142,63	184,68	157,15	150,82
Tab. 24 Odběr dusíku zrnem ozimé pšenice [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Lukavec											
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	34,19	53,07	46,82	43,36	47,43	46,71	51,03	31,2	38,38	43,58

2	kal 1	37,82	71,82	42,84	51,13	77,43	46,7	69,72	95,74	58,19	61,27
3	kal 3	44,31	117,82	56,43	82,82	108,48	51,23	101,12	122,85	110,86	88,44
4	hnůj	49,22	69,01	44,2	65,26	76,89	47,47	87,67	40,88	57,69	59,81
5	N	66,58	106,19	87,91	128,1	136,8	119,12	143,66	108,16	128,08	113,84
6	N + sláma	54,18	114,3	101,1	114,57	126,03	118,78	141,48	116	147,02	114,83

Tab. 25 **Odběr dusíku zrnem ozimé pšenice** [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Suchdol

Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	90,57	83,93	65,98	55,27	103,57	52,46	53,91	87,71	101,94	77,26
2	kal 1	88,82	93,45	80,86	74,09	96,49	59,7	78,91	142,54	187,43	100,25
3	kal 3	77,63	129,75	106	114,68	119,06	80,88	110,03	161,32	171,21	118,95
4	hnůj	74,88	84,58	54,4	43,67	101,23	47,11	57,94	126,22	130,7	80,08
5	N	88,84	107,29	108,8	116,66	110,18	76,73	108,74	166,1	171,14	117,16
6	N + sláma	113,23	108,8	113,5	99,04	116,13	61,52	107,45	148,96	183,57	116,91

Tab. 26 **Odběr dusíku slámou ozimé pšenice** [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Červený Újezd

Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	16,89	3,86	3,32	6,73	10,04	12,73	9,97	5,25	3,06	7,98
2	kal 1	13,75	5,94	5,5	10,37	17,95	21,35	11,82	9,26	6,5	11,38
3	kal 3	15,54	7,13	7,85	19,14	21,71	39,98	17,27	18,38	14,86	17,98
4	hnůj	16,63	4,74	6,25	8,41	16	20,26	8,03	11,65	8,42	11,15
5	N	33,97	6,66	11,75	23,2	26,51	29,19	20,68	22,79	20,52	21,70
6	N + sláma	38,37	7,82	11,44	22,73	31,54	31,43	21,66	24,72	17,41	23,01

Tab. 27 **Odběr dusíku slámou ozimé pšenice** [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Hněvčeves

Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	15,92	5,62	7,81	10,41	12,55	9,08	9,59	7,8	7,84	9,62
2	kal 1	19,25	8,02	12,17	26,27	33,32	12,44	13,48	9,41	8,35	15,86
3	kal 3	25,36	11,66	15,34	42,51	51,44	21,43	22,73	21,37	12,08	24,88
4	hnůj	15,43	7,07	11,08	20,97	25,01	15,13	14,06	11,91	6,73	14,15
5	N	22,31	10,66	12,4	22,09	40,74	20,4	20,22	25,54	15,96	21,15
6	N + sláma	26,18	9,19	14,47	25,57	37,28	28,49	20,58	29,08	20,66	23,50

Tab. 28 **Odběr dusíku slámou ozimé pšenice** [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Humpolec

Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	23,1	6,61	10,57	10,33	15,29	14,08	8,06	7,81	6,46	11,37
2	kal 1	36,28	9	15,84	13,78	24,44	20,13	12,52	12,92	10,21	17,24
3	kal 3	24,75	7,03	23,9	24,31	37,27	23,4	16,74	34,42	18,07	23,32
4	hnůj	24,09	8,61	13,96	11,78	18,61	17,99	8,18	10,72	8,35	13,59
5	N	35,67	10,04	21,76	20,63	36,93	29,58	16,39	32,3	20,77	24,90
6	N + sláma	43,81	6,5	20,83	31,59	35,94	32,41	18,16	29,7	16,62	26,17

Tab. 29 Odběr dusíku slámou ozimé pšenice [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Lukavec											
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	39,82	4,7	8,13	8,06	21,86	14,26	17,94	10,66	18,44	15,99
2	kal 1	24,61	7,87	18,92	15,87	18	21,32	11,94	12,43	5,63	15,18
3	kal 3	29,57	9,03	14,82	20,72	16,73	14,63	14,03	26	23,47	18,78
4	hnůj	13,99	9,67	12,88	16,72	13,16	16,47	14,99	18,95	9,11	13,99
5	N	20,65	11,84	23,56	22,77	20,69	26,93	24,73	22,64	12,02	20,65
6	N + sláma	20,46	7,22	20,9	22,65	20,04	24,83	27,37	20,39	20,29	20,46
Tab. 30 Odběr dusíku slámou ozimé pšenice [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Suchdol											
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	9,99	5,19	14,95	5,73	16,56	16,49	6,76	5,19	12,69	10,39
2	kal 1	11,58	7,2	20,43	8,07	21,2	46,84	10,94	11,08	10,59	16,44
3	kal 3	10,9	6,65	29,27	17,77	17,6	49,53	19,23	9,62	16,06	19,63
4	hnůj	12,31	4,18	15,6	4,2	17,5	33,06	10,34	9,09	13,61	13,32
5	N	8,86	4,92	16,31	14,07	19,32	41,45	29,57	10,08	9,67	17,14
6	N + sláma	18,08	8,42	17,63	18,7	18,42	47,24	26,59	10,23	12	19,70
Tab. 31 Odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Červený Újezd											
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	117,4	66,94	74,18	66,06	59,03	77,66	60,56	56,14	53,85	70,20
2	kal 1	116,12	102,2	95,74	113,29	104,65	130,42	84,14	106,55	89,15	104,70
3	kal 3	118,6	135,82	106,3	157,41	111,31	159,34	111,88	132,25	154,88	131,98
4	hnůj	126,04	101,76	101,6	85,2	87,77	128,47	64,39	124,7	103	102,55
5	N	148,58	139,25	127	183,26	131,15	149,03	124,33	157,16	174,48	148,24
6	N + sláma	143,47	140,25	116,8	186,31	109,56	134,08	141,66	168,8	150,33	143,47
Tab. 32 Odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Hněvčeves											
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	77,6	72,3	76,45	71,42	89,32	46,94	114,65	58,2	108,97	79,54
2	kal 1	80,13	100,65	135,2	214,59	204,83	97,88	176,82	91,82	204,75	145,19
3	kal 3	86,42	142,61	165	255,66	269	144,03	222,18	115,26	195,87	177,34
4	hnůj	74,94	85,1	125	183,06	148,77	119,4	167,94	103,02	139,97	127,47
5	N	163,6	164,08	122,2	239,84	218,03	159,55	206,08	132,52	228,59	181,61
6	N + sláma	170,93	201,9	138	192,87	210,76	165,02	201,6	128	238,99	183,12
Tab. 33 Odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Humpolec											
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	93,06	107,24	90,36	87,45	126,09	109,3	81,25	67,09	88,41	94,47
2	kal 1	109,28	132,39	137,9	138,61	161,47	166,25	126,31	149,23	147,56	141,00
3	kal 3	87,68	86,58	161,7	174,08	192,03	192,16	163,51	205,99	146,2	156,66

4	hnůj	91,08	117,09	136,1	110,61	144,6	123,84	84,16	94,75	105,31	111,95
5	N	126,43	156,41	175,6	208,41	203,14	189,36	136,57	213,2	191,04	177,80
6	N + sláma	139,75	93,97	179,4	213,87	214,22	202,79	160,79	214,38	173,77	176,99

Tab. 34 Odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Lukavec

Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	74	57,77	54,95	51,42	69,29	60,97	68,97	41,86	56,82	59,56
2	kal 1	62,42	79,69	61,76	67	95,43	68,01	81,65	108,17	63,82	76,44
3	kal 3	73,87	126,85	71,25	103,54	125,21	65,87	115,15	148,85	134,34	107,21
4	hnůj	63,21	78,68	57,08	81,98	90,05	63,94	102,66	59,83	66,81	73,80
5	N	87,23	118,03	111,5	150,86	157,49	146,05	168,39	130,8	140,1	134,49
6	N + sláma	74,64	121,52	122	137,22	146,07	143,61	168,86	136,39	167,31	135,29

Tab. 35 Odběr dusíku zrnem a slámou ozimé pšenice [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Suchdol

Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	100,56	89,11	80,93	61	120,13	68,95	60,67	92,9	114,63	87,65
2	kal 1	100,4	100,65	101,3	82,16	117,69	106,55	89,85	153,63	198,02	116,69
3	kal 3	88,53	136,39	135,2	132,45	136,66	130,41	129,26	170,95	187,27	138,57
4	hnůj	87,19	88,76	70	47,88	118,74	80,17	68,28	135,32	144,31	93,41
5	N	97,69	112,21	125,1	130,72	129,5	118,18	138,31	176,18	180,8	134,30
6	N + sláma	131,31	117,22	131,2	117,74	134,56	108,76	134,03	159,19	195,57	136,61

Tab. 36 Výnos zrna jarního ječmene [t.ha⁻¹]; stanoviště Červený Újezd

Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	3,33	2,62	3,43	2,24	2,15	2,3	2,83	3,05	2,32	2,70
2	kal 1	3,82	2,78	5,07	2,66	2,8	3,41	3,16	3,42	3,43	3,39
3	kal 3	3,86	3,19	5,47	3,04	3,08	3,36	3,77	4,32	4,71	3,87
4	hnůj	3,57	3,06	4,82	2,65	2,66	3,35	2,67	3,83	3,33	3,33
5	N	3,56	3,64	5,24	3,81	3,64	3,44	4,13	4,8	4,68	4,10
6	N + sláma	3,98	3,67	5,51	4,22	2,82	1,95	4,92	4,52	4,06	3,96

Tab. 37 Výnos zrna jarního ječmene [t.ha⁻¹]; stanoviště Hněvčeves

Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,78	3,47	3,16	2,34	3,02	3,63	3,82	1,35	3,66	3,03
2	kal 1	3,01	3,94	3,33	3,44	4,07	4,46	5,04	1,69	6,22	3,91
3	kal 3	2,72	4,68	3,57	3,63	4,53	4,91	5,18	2,04	5,78	4,12
4	hnůj	3,29	4,42	2,49	3,13	3,3	4,44	4,66	1,6	4,71	3,56
5	N	5,2	4,92	4,66	4,07	4,79	4,46	7,44	2,08	5,93	4,84
6	N + sláma	5,78	5,79	4,95	4,73	4,57	4,73	7,28	2,11	6,02	5,11

Tab. 38		Výnos zrna jarního ječmene [t.ha ⁻¹]; stanoviště Humpolec									
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	3,11	2,85	3,71	3,88	3,71	2,96	2,15	1,37	2,6	2,93
2	kal 1	2,79	3,06	4,09	4,67	4,09	3,4	2,86	1,49	3,34	3,31
3	kal 3	2,7	3,01	4,38	4,85	4,38	4,09	3,72	1,57	4,75	3,72
4	hnůj	3,88	3,27	4,07	4,39	4,07	3,02	2,43	1,42	3,19	3,30
5	N	4,15	2,68	4,33	4,54	4,33	4,32	4,32	1,68	4,89	3,92
6	N + sláma	4,87	2,99	4,85	4,95	4,85	4,63	4,26	1,63	4,76	4,20
Tab. 39		Výnos zrna jarního ječmene [t.ha ⁻¹]; stanoviště Lukavec									
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,87	2,69	2,15	2,21	1,76	1,79	2,04	1,47	1,97	1,99
2	kal 1	2,03	2,57	2,71	2,46	2,17	2,04	1,99	1,52	2,98	2,27
3	kal 3	1,49	2,75	3,14	2,67	2,68	2,9	2,54	1,47	4,16	2,64
4	hnůj	1,51	3,08	2,76	2,47	2,26	2,21	2,39	1,49	3,01	2,35
5	N	2,58	3,35	3,22	3,23	2,79	2,87	4,61	1,55	4,41	3,18
6	N + sláma	2,65	3,31	3,23	3,25	2,82	2,91	3,98	1,58	4,18	3,10
Tab. 40		Výnos zrna jarního ječmene [t.ha ⁻¹]; stanoviště Suchdol									
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	6,2	2,84	3,79	2,99	2,47	3,44	3,21	3,23	2,96	3,46
2	kal 1	5,39	2,11	4,25	3,09	2,44	3,22	3,44	3,86	4,59	3,60
3	kal 3	5,42	2,49	5,26	4,43	3,45	2,95	4,55	6,05	5,69	4,48
4	hnůj	4,51	1,86	4,7	2,88	2,01	3,21	3,36	2,97	3,85	3,26
5	N	5,22	2,93	4,69	2,31	3,3	3,4	3,71	5,11	5,6	4,03
6	N + sláma	4,64	3,17	4,79	3,91	3,42	3,44	4,22	5,26	5,43	4,25
Tab. 41		Výnos slámy jarního ječmene [t.ha ⁻¹]; stanoviště Červený Újezd									
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,23	2,8	1,94	1,06	1,72	2,95	1,66	3,05	1,22	2,07
2	kal 1	2,37	2,73	2,62	1,45	1,93	2,76	1,75	3,42	1,89	2,32
3	kal 3	2,65	2,12	3,85	1,5	2,03	2,78	2,4	4,32	3,29	2,77
4	hnůj	2,59	2,09	2,65	1,26	1,47	3,09	1,53	3,83	1,8	2,26
5	N	3,4	2,94	3,23	1,98	2,47	2,9	2,66	4,8	3,2	3,06
6	N + sláma	3,79	3,12	3,28	2,11	2,32	2,12	2,58	4,52	3,55	3,04
Tab. 42		Výnos slámy jarního ječmene [t.ha ⁻¹]; stanoviště Hněvčeves									
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,2	2,34	0,48	0,81	1,04	0,47	0,26	0,35	0,25	0,91
2	kal 1	2,2	1,94	0,6	0,7	0,91	0,5	0,29	0,48	0,18	0,87
3	kal 3	1,7	2,78	0,62	1,15	1,15	0,6	0,33	0,63	0,45	1,05

4	hnůj	1,8	2,87	0,63	0,93	0,98	0,53	0,28	0,42	0,17	0,96
5	N	4	2,99	0,46	0,9	0,71	0,52	0,47	0,66	0,21	1,21
6	N + sláma	3,8	3,65	0,46	1,18	0,89	0,46	0,45	0,68	0,17	1,30
Tab. 43 Výnos slámy jarního ječmene [t.ha ⁻¹]; stanoviště Humpolec											
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	4,08	3	1,9	3,19	3,94	2,03	1,61	0,3	2,14	2,47
2	kal 1	4,06	3,1	2,21	3,56	4,4	2,45	2,06	0,28	2,91	2,78
3	kal 3	3,97	3,02	2,71	3,96	5,35	2,77	2,78	0,34	4,49	3,27
4	hnůj	4,34	3,38	2,25	3,29	5,67	2,09	2,08	0,26	2,43	2,87
5	N	6,03	2,7	2,72	3,61	5,34	3,26	3,32	0,36	4,79	3,57
6	N + sláma	5,64	2,77	2,63	3,6	4,53	3,19	3,03	0,33	4,5	3,36
Tab. 44 Výnos slámy jarního ječmene [t.ha ⁻¹]; stanoviště Lukavec											
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,63	2,31	1,52	1,78	3,04	3,03	2,19	0,95	1,26	1,97
2	kal 1	1,61	2,45	1,84	1,79	3,5	2,74	2,05	0,46	2,04	2,05
3	kal 3	1,37	4,9	2,05	1,94	4,8	3,27	2,51	1,08	2,26	2,69
4	hnůj	0,92	2,87	1,79	1,76	4,16	3,58	2,34	0,43	2,22	2,23
5	N	1,96	2,95	2,45	2,29	4,89	3,36	3,66	0,77	2,65	2,78
6	N + sláma	2,32	3,19	1,98	2,16	4,27	4,31	3,87	0,53	2,84	2,83
Tab. 45 Výnos slámy jarního ječmene [t.ha ⁻¹]; stanoviště Suchdol											
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,89	1,44	2,14	1,19	0,99	3,72	2,2	1,42	1,8	1,98
2	kal 1	2,79	1,18	2,19	1,4	1	4,11	2,49	2,14	2,78	2,23
3	kal 3	3,09	1,53	2,88	2,01	1,85	3,49	3,123	3,12	2,96	2,67
4	hnůj	2,53	1,24	2,44	1,22	1,09	3,95	2,72	1,5	2,43	2,12
5	N	2,89	2,21	2,95	1,26	1,82	3,95	2,83	2,9	3,18	2,67
6	N + sláma	2,98	1,78	2,47	1,83	1,57	3,72	3,35	3,13	3,15	2,66
Tab. 46 Obsah dusíku v zrnu jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Červený Újezd											
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,03	1,83	1,59	2,02	1,64	1,61	1,2	1,4	1,61	1,66
2	kal 1	2,01	1,83	1,66	2	1,63	1,53	1,19	1,43	1,71	1,67
3	kal 3	2,05	1,77	1,93	2,28	1,99	1,92	1,24	1,76	2,45	1,93
4	hnůj	2,01	1,83	1,65	2,03	1,45	1,51	1,15	1,36	1,58	1,62
5	N	2,36	2,16	1,99	2,3	1,94	1,81	1,4	2,01	2,19	2,02
6	N + sláma	2,26	2,2	2,09	2,24	1,98	1,99	1,26	1,9	2,38	2,03
Tab. 47 Obsah dusíku v zrnu jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Hněvčeves											

Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,52	1,55	1,61	1,7	1,91	1,71	1,33	1,35	1,38	1,56
2	kal 1	1,54	1,6	1,83	1,85	2,41	1,76	1,51	1,69	1,46	1,74
3	kal 3	1,53	1,53	1,91	2,04	2,67	1,9	1,61	2,04	2,05	1,92
4	hnůj	1,59	1,55	1,6	2,03	2,4	1,85	1,41	1,6	1,29	1,70
5	N	1,52	1,94	1,73	1,78	1,96	1,89	1,76	2,08	1,55	1,80
6	N + sláma	1,51	1,59	1,86	2,1	2,18	1,83	1,71	2,11	1,41	1,81
Tab. 48		Obsah dusíku v zrnu jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Humpolec									
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,94	1,95	1,78	1,91	1,93	1,63	1,7	1,37	1,65	1,76
2	kal 1	1,91	1,93	1,84	1,84	2	1,67	1,67	1,49	1,79	1,79
3	kal 3	1,86	1,83	1,84	1,93	2,1	1,74	1,71	1,57	1,92	1,83
4	hnůj	1,83	1,93	1,77	1,79	1,94	1,59	1,77	1,42	1,64	1,74
5	N	2,15	2,17	1,89	2,02	2,08	1,9	1,92	1,68	1,87	1,96
6	N + sláma	1,95	2,19	1,9	2,04	2,15	1,93	1,86	1,63	1,83	1,94
Tab. 49		Obsah dusíku v zrnu jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Lukavec									
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,88	1,73	1,7	1,85	1,85	1,57	1,58	1,47	1,71	1,70
2	kal 1	1,91	1,68	1,7	1,71	1,82	1,67	1,6	1,52	1,75	1,71
3	kal 3	1,9	1,69	1,81	1,73	1,94	1,72	1,62	1,47	1,73	1,73
4	hnůj	1,91	1,86	1,72	1,72	1,84	1,64	1,58	1,49	1,63	1,71
5	N	1,85	1,95	1,9	1,81	1,96	1,65	1,6	1,55	1,38	1,74
6	N + sláma	1,83	1,96	1,92	1,97	1,81	1,6	1,57	1,58	1,36	1,73
Tab. 50		Obsah dusíku v zrnu jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Suchdol									
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,73	1,85	1,76	2,34	1,38	1,53	1,69	1,2	1,45	1,66
2	kal 1	1,58	1,72	1,76	1,92	1,36	1,63	1,76	1,41	1,64	1,64
3	kal 3	1,6	1,73	2,04	2,44	1,63	2,08	1,93	1,9	2,1	1,94
4	hnůj	1,74	1,73	1,68	1,96	1,39	1,58	1,59	1,23	1,35	1,58
5	N	2,14	2,2	2,02	2,9	1,55	1,96	1,83	1,49	1,92	2,00
6	N + sláma	1,62	2,08	1,85	2,38	1,56	1,89	1,92	1,72	1,8	1,87
Tab. 51		Obsah dusíku ve slámě jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Červený Újezd									
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,71	0,21	0,42	0,87	0,76	0,67	0,53	0,29	0,41	0,54
2	kal 1	0,73	0,21	0,51	0,78	0,68	0,58	0,5	0,32	0,4	0,52

3	kal 3	0,75	0,22	0,69	0,88	0,79	0,85	0,58	0,57	0,68	0,67
4	hnůj	0,76	0,21	0,49	0,8	0,63	0,67	0,5	0,3	0,3	0,52
5	N	0,98	0,21	0,76	0,97	0,7	0,71	0,69	0,82	0,49	0,70
6	N + sláma	1,04	0,21	0,86	0,86	0,69	1,12	0,55	0,66	0,64	0,74

Tab. 52 **Obsah dusíku ve slámě jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Hněvčeves**

Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,47	0,17	0,48	0,81	1,04	0,43	0,26	0,35	0,25	0,47
2	kal 1	0,47	0,17	0,6	0,7	0,91	0,46	0,29	0,48	0,18	0,47
3	kal 3	0,63	0,17	0,62	1,15	1,15	0,52	0,33	0,63	0,45	0,63
4	hnůj	0,51	0,17	0,63	0,93	0,98	0,5	0,28	0,42	0,17	0,51
5	N	0,51	0,17	0,46	0,9	0,71	0,47	0,47	0,66	0,21	0,51
6	N + sláma	0,55	0,18	0,46	1,18	0,89	0,43	0,45	0,68	0,17	0,55

Tab. 53 **Obsah dusíku ve slámě jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Humpolec**

Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,5	0,2	0,46	0,57	0,74	0,32	0,38	0,3	0,32	0,42
2	kal 1	0,61	0,2	0,47	0,6	0,84	0,3	0,34	0,28	0,36	0,44
3	kal 3	0,51	0,21	0,51	0,57	0,78	0,32	0,4	0,34	0,36	0,44
4	hnůj	0,61	0,19	0,44	0,65	0,83	0,31	0,43	0,26	0,24	0,44
5	N	0,69	0,22	0,56	0,76	0,79	0,42	0,42	0,36	0,33	0,51
6	N + sláma	0,63	0,2	0,6	0,79	0,83	0,3	0,44	0,33	0,33	0,49

Tab. 54 **Obsah dusíku ve slámě jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Lukavec**

Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,07	0,25	0,79	1,12	1,08	1,13	0,8	0,95	0,54	0,86
2	kal 1	0,87	0,2	0,76	0,84	0,92	1,24	0,5	0,46	0,56	0,71
3	kal 3	1,12	0,21	0,89	0,79	0,9	0,84	0,47	1,08	0,45	0,75
4	hnůj	0,69	0,23	0,78	0,91	1,15	1,04	0,51	0,43	0,45	0,69
5	N	0,65	0,2	1,04	0,85	0,76	0,92	0,42	0,77	0,2	0,65
6	N + sláma	0,67	0,23	0,8	1,49	0,84	0,74	0,5	0,53	0,25	0,67

Tab. 55 **Obsah dusíku ve slámě jarního ječmene [% v sušině]; stanoviště Suchdol**

Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,68	0,23	0,5	0,72	0,63	0,58	0,39	0,31	0,27	0,48
2	kal 1	0,55	0,23	0,45	0,78	0,55	0,725	0,54	0,3	0,26	0,49
3	kal 3	0,63	0,23	0,68	1,08	0,47	0,95	0,5	0,41	0,27	0,58
4	hnůj	0,47	0,24	0,49	0,76	0,51	0,66	0,58	0,25	0,23	0,47
5	N	0,62	0,21	0,55	2,22	0,44	0,89	0,5	0,38	0,32	0,68
6	N + sláma	0,65	0,23	0,63	0,88	0,59	0,92	0,48	0,31	0,3	0,55

Tab. 56 Odběr dusíku zrnem jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Červený Újezd											
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	67,6	47,95	54,54	45,25	35,26	37,07	33,98	42,68	37,4	44,64
2	kal 1	76,78	50,87	84,16	53,2	45,64	52,2	37,57	48,8	58,81	56,45
3	kal 3	79,13	56,46	105,6	69,31	61,29	64,49	46,71	75,8	115,48	74,92
4	hnůj	71,76	56	79,53	53,8	38,57	50,65	30,73	51,91	52,52	53,94
5	N	84,02	78,62	104,3	87,63	70,62	62,26	57,82	96,24	102,7	82,69
6	N + sláma	89,95	80,74	115,2	94,53	55,84	38,81	61,99	85,88	96,47	79,93
Tab. 57 Odběr dusíku zrnem jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Hněvčeves											
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	42,26	53,79	50,88	39,78	57,68	62,07	50,78	18,09	50,65	47,33
2	kal 1	46,35	63,04	60,94	63,64	98,09	78,47	76,09	28,39	90,84	67,32
3	kal 3	41,62	71,6	68,19	74,05	120,95	93,21	83,44	41,62	118,45	79,24
4	hnůj	52,31	68,51	39,84	63,54	79,2	82,07	65,77	25,6	60,72	59,73
5	N	79,04	95,45	80,62	72,45	93,88	84,29	130,94	43,26	91,97	85,77
6	N + sláma	87,28	92,06	92,07	99,33	99,63	86,56	124,49	44,31	84,73	90,05
Tab. 58 Odběr dusíku zrnem jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Humpolec											
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	60,33	55,58	66,04	74,11	71,6	48,22	36,55	18,63	42,93	52,67
2	kal 1	53,29	59,06	75,26	85,93	81,8	56,73	47,83	22,05	59,85	60,20
3	kal 3	50,22	55,08	80,59	93,61	91,98	71,23	63,68	24,65	91,15	69,13
4	hnůj	71	63,11	72,04	78,58	78,96	48	43,08	20,02	52,26	58,56
5	N	89,23	58,16	81,84	91,71	90,06	82,08	82,94	28,22	91,32	77,28
6	N + sláma	94,97	65,48	92,15	100,98	104,28	89,36	79,24	26,57	87,23	82,25
Tab. 59 Odběr dusíku zrnem jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Lukavec											
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	35,16	46,54	36,55	40,89	32,56	28,1	32,28	21,61	33,76	34,16
2	kal 1	38,77	43,18	46,07	42,07	39,49	34,13	31,85	23,1	52,15	38,98
3	kal 3	28,31	46,48	56,83	46,19	51,99	49,83	41,08	21,46	72,08	46,03
4	hnůj	28,84	57,29	47,47	42,48	41,58	36,28	37,68	22,05	48,97	40,29
5	N	47,73	65,33	61,18	58,46	54,68	47,36	73,76	23,87	60,79	54,80
6	N + sláma	48,5	64,88	62,02	64,03	51,04	46,56	62,49	24,81	56,91	53,47
Tab. 60 Odběr dusíku zrnem jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Suchdol											
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	107,26	52,54	66,7	69,97	34,09	52,63	54,25	38,6	42,89	57,66

2	kal 1	85,16	36,29	74,8	59,33	33,18	52,49	60,54	54,23	75,3	59,04
3	kal 3	86,72	43,08	107,3	108,09	56,24	61,36	87,82	114,65	119,21	87,16
4	hnůj	78,47	32,18	78,96	56,45	27,94	50,72	53,42	36,38	51,84	51,82
5	N	111,71	64,46	94,74	66,99	51,15	66,64	67,89	76,14	107,52	78,58
6	N + sláma	75,17	65,94	88,62	93,06	53,35	65,02	81,02	90,21	97,88	78,92

Tab. 61 Odběr dusíku slámou jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Červený Újezd

Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	15,8	5,76	8,2	9,19	13	19,61	8,79	8,89	4,94	10,46
2	kal 1	17,26	5,78	13,48	11,34	13,22	16,06	8,85	10,86	7,52	11,60
3	kal 3	19,92	4,71	26,66	13,1	16,03	23,59	13,82	24,72	22,34	18,32
4	hnůj	19,63	4,36	13,11	10,02	9,34	20,52	7,63	11,55	5,43	11,29
5	N	33,38	6,3	24,61	19,24	17,36	20,67	18,44	39,31	15,66	21,66
6	N + sláma	39,51	6,56	28,06	18,17	16,05	23,81	14,07	29,65	22,76	22,07

Tab. 62 Odběr dusíku slámou jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Hněvčeves

Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	10,38	3,97	2,26	6,58	10,71	2,01	0,66	1,24	0,61	4,27
2	kal 1	10,41	3,37	3,59	4,89	8,25	2,31	0,86	2,26	0,31	4,03
3	kal 3	10,67	4,7	3,86	13,23	13,23	3,13	1,09	4	1,99	6,21
4	hnůj	9,18	4,75	3,99	8,7	9,58	2,68	0,77	1,78	0,28	4,63
5	N	20,29	5,18	2,14	8,1	5,06	2,43	2,24	4,4	0,42	5,58
6	N + sláma	21,06	6,48	2,1	13,92	8	1,97	1,99	4,59	0,28	6,71

Tab. 63 Odběr dusíku slámou jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Humpolec

Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	20,28	5,93	8,66	18,26	29,22	6,53	6,1	0,89	6,9	11,42
2	kal 1	24,55	6,26	10,42	21,22	36,87	7,43	7,02	0,8	10,43	13,89
3	kal 3	20,22	6,28	13,59	22,61	41,77	8,77	11,08	1,16	15,92	15,71
4	hnůj	26,54	6,27	9,91	21,24	46,91	6,53	8,89	0,66	5,78	14,75
5	N	41,37	5,87	15,23	27,51	42,43	13,64	14,04	1,27	15,93	19,70
6	N + sláma	35,28	5,63	15,81	28,3	37,55	9,67	13,39	1,06	14,96	17,96

Tab. 64 Odběr dusíku slámou jarního ječmene [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Lukavec

Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	17,49	5,7	11,97	19,93	32,64	34,2	17,58	9,09	6,86	17,27
2	kal 1	14,01	4,97	13,91	15	32,14	33,88	10,3	2,14	11,39	15,30
3	kal 3	15,39	10,26	18,31	15,28	43,3	27,42	11,71	11,66	10,08	18,16
4	hnůj	6,28	6,64	13,91	15,99	47,64	37,04	11,87	1,82	10,06	16,81
5	N	12,66	6,01	25,48	19,42	37,36	30,9	15,39	5,97	5,26	17,61
6	N + sláma	15,59	7,23	15,86	32,18	36,06	31,85	19,21	2,82	7	18,64

Tab. 65 Odběr dusíku slámou jarního ječmene [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Suchdol											
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	19,65	3,32	10,59	8,62	6,23	21,69	8,68	4,39	4,93	9,79
2	kal 1	15,22	2,7	9,83	10,92	5,46	29,78	13,43	6,51	7,23	11,23
3	kal 3	19,58	3,56	19,61	21,71	8,67	33,05	15,66	12,67	8,01	15,84
4	hnůj	11,93	2,99	11,96	9,31	5,56	26,03	15,69	3,71	5,63	10,31
5	N	17,92	4,72	16,17	27,97	8,04	35,19	14,08	10,95	10,1	16,13
6	N + sláma	19,47	4,03	15,54	16,14	9,26	34,19	15,91	9,59	9,29	14,82
Tab. 66 Odběr dusíku zrnem a slámou jarního ječmene [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Červený Újezd											
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	83,4	53,7	62,74	54,44	48,26	56,68	42,76	51,57	42,34	55,10
2	kal 1	94,04	56,65	97,64	64,54	58,86	68,26	46,43	59,67	66,33	68,05
3	kal 3	99,05	61,17	132,2	82,41	77,32	88,08	60,54	100,52	137,83	93,24
4	hnůj	91,38	60,36	92,64	63,82	47,91	71,17	38,36	63,46	57,94	65,23
5	N	117,4	84,92	128,9	106,87	87,98	82,93	76,26	135,55	118,37	104,35
6	N + sláma	129,46	87,3	143,2	112,7	71,89	62,61	76,07	115,53	119,22	102,00
Tab. 67 Odběr dusíku zrnem a slámou jarního ječmene [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Hněvčeves											
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	52,64	57,75	53,13	46,36	68,39	64,08	51,45	19,33	51,27	51,60
2	kal 1	56,77	66,41	64,53	68,53	106,34	80,78	76,95	30,65	91,14	71,34
3	kal 3	52,29	76,3	72,04	87,28	134,18	96,34	84,53	45,62	120,44	85,45
4	hnůj	61,49	73,26	43,83	72,24	88,78	84,75	66,55	27,38	61	64,36
5	N	99,33	100,63	82,76	80,55	98,95	86,72	133,19	47,66	92,4	91,35
6	N + sláma	108,33	98,54	94,17	113,25	107,63	88,53	126,48	48,9	85,01	96,76
Tab. 68 Odběr dusíku zrnem a slámou jarního ječmene [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Humpolec											
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	80,61	61,5	74,7	92,36	100,82	54,76	42,56	19,52	49,83	64,07
2	kal 1	77,84	65,31	85,67	107,15	118,67	64,16	54,85	22,86	70,28	74,09
3	kal 3	70,44	61,37	94,54	116,22	133,75	80	74,76	25,81	107,07	84,88
4	hnůj	97,54	69,38	81,95	99,82	125,87	54,52	51,97	20,68	58,04	73,31
5	N	130,59	64,03	97,07	119,22	132,49	95,72	96,99	29,49	107,25	96,98
6	N + sláma	130,24	71,11	108	129,28	141,83	99,02	92,63	27,63	102,19	100,21
Tab. 69 Odběr dusíku zrnem a slámou jarního ječmene [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Lukavec											
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr

1	kontrola	52,65	52,24	48,52	60,81	65,2	62,3	49,86	30,7	40,62	51,43
2	kal 1	52,78	48,15	59,98	57,07	71,63	68,01	42,15	25,25	63,54	54,28
3	kal 3	43,7	56,74	75,15	61,47	95,29	77,25	52,79	33,13	82,16	64,19
4	hnůj	35,12	63,93	61,38	58,48	89,23	73,32	49,56	23,87	59,04	57,10
5	N	60,39	71,34	86,66	77,88	92,04	78,25	89,15	29,84	66,05	72,40
6	N + sláma	64,08	72,11	77,88	96,21	87,1	78,41	81,7	27,63	63,91	72,11

Tab. 70 **Odběr dusíku zrnem a slámou jarního ječmene [kg · ha⁻¹] (výnos · obsah N v sušině); stanoviště Suchdol**

Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	126,91	55,86	77,3	78,58	40,31	74,32	62,93	42,99	47,82	67,45
2	kal 1	100,38	38,99	84,63	70,25	38,64	82,26	73,98	60,74	82,53	70,27
3	kal 3	106,3	46,64	126,9	129,8	64,9	94,41	103,48	127,31	127,21	103,00
4	hnůj	90,4	35,17	90,92	65,76	33,5	76,75	69,12	40,09	57,47	62,13
5	N	129,63	69,18	110,9	94,96	59,19	101,83	81,97	87,09	117,62	94,71
6	N + sláma	94,64	69,96	104,2	109,2	62,62	99,2	96,94	99,8	107,17	93,74

Tab. 71 **Výnos biomasy kukuřice [t sušiny · ha⁻¹]; stanoviště Červený Újezd**

Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	13,1	8,98	15,72	11,93	13,84	15,34	9,88	13,66	15,48	13,10
2	kal 1	16,22	12,05	18,13	15,52	17,7	16,8	14,2	15,57	19,77	16,22
3	kal 3	16,02	9,23	16,89	15,11	15,52	23,03	13,79	14,41	20,17	16,02
4	hnůj	14,57	9,56	16,17	12,91	12,14	21,27	10,01	14,46	20	14,57
5	N	15,23	11,53	17,85	15,15	14,61	23,8	8,32	13,47	17,09	15,23
6	N + sláma	15,92	12,58	17,31	16,03	16,25	22,68	13,17	12,76	16,57	15,92

Tab. 72 **Výnos sušiny hlíz brambor [t sušiny · ha⁻¹]; stanoviště Hněvčeves**

Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	2,75	7,1	5,64	5,05	6,41	4	6,04	3,46	7,97	5,38
2	kal 1	5,21	13,47	6,85	9,79	8,02	6,12	7,48	3,36	9,37	7,74
3	kal 3	5,01	10,03	6,88	12,98	9,14	7,18	7,86	4,2	7,46	7,86
4	hnůj	4,56	9,68	7,2	9,75	7,66	6,65	8,09	5,97	8,72	7,59
5	N	3,63	8,37	7,83	12,3	11,29	6,69	7,01	3,48	9,89	7,83
6	N + sláma	6,06	8,58	7,47	12,4	10,35	7,13	6,77	4,81	8,14	7,97

Tab. 73 **Výnos sušiny hlíz brambor [t sušiny · ha⁻¹]; stanoviště Humpolec**

Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	9,48	7,6	5,58	5,32	3,58	5,59	3,44	4,28	6,76	5,74
2	kal 1	10,58	10	9,8	5,92	4,23	5,66	5,57	7,14	7,06	7,33
3	kal 3	12,21	9,4	9,03	6,88	5,49	7,79	5,57	8,03	8,38	8,09
4	hnůj	9,75	11,2	13,15	8,21	5,22	7,57	4,55	5,89	7,55	8,12
5	N	12,65	10,6	11,07	8,98	7,72	7,39	5,15	7,19	6,78	8,61

6	N + sláma	10,74	7,4	11	9,5	5,34	6,42	5,3	5,26	6,89	7,54
Tab. 74 Výnos sušiny hlíz brambor [t sušiny . ha ⁻¹]; stanoviště Lukavec											
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	5,32	10,15	7,91	8,68	5,79	5,36	5,88	2,34	6,79	6,47
2	kal 1	10,09	14,26	9,19	11,02	6,14	6,96	6,59	3,34	10,38	8,66
3	kal 3	11,45	13,11	11,97	15,59	6,14	7,17	8,81	5,05	10,38	9,96
4	hnůj	6,49	12,12	11,27	12,22	6,5	6,92	7,936	2,77	9,88	8,46
5	N	7,35	12,62	11,82	13,79	10,21	7,4	9,41	3,08	10,98	9,63
6	N + sláma	7,77	11,87	10,69	14,45	10,74	6,8	7,99	3,92	10,18	9,38
Tab. 75 Výnos sušiny hlíz brambor [t sušiny . ha ⁻¹]; stanoviště Suchdol											
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	7,91	7,36	5,55	4,12	4,01	2,56	3,29	4,76	5,05	4,96
2	kal 1	8,21	5,98	6,98	5,02	5,04	3,93	3,21	7,71	6,9	5,89
3	kal 3	6,33	8,75	6,05	6,09	5,23	4,49	3,88	6,92	8,69	6,27
4	hnůj	6,33	5,71	5,47	5,86	5,09	3,82	3,63	7,45	6,98	5,59
5	N	7,15	8	5,59	4,5	4,41	4,35	3,25	6,6	7,74	5,73
6	N + sláma	7,67	7,39	6,8	5,23	4,74	4,34	3	5,38	6,97	5,72
Tab. 76 Obsah dusíku v biomase kukuřice [% v sušině]; stanoviště Červený Újezd											
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	0,93	0,95	1,11	1,12	1,17	0,89	1,13	1,22	0,86	1,04
2	kal 1	1,06	1,14	1,33	1,24	1,4	1,22	1,34	1,38	1,14	1,25
3	kal 3	1,46	1,24	1,38	1,37	1,35	1,32	1,41	1,44	1,27	1,36
4	hnůj	1,08	1,11	1,08	1,2	1,42	1,18	1,32	1,44	1,12	1,22
5	N	1,23	1,22	1,3	1,39	1,48	1,34	1,42	1,42	1,2	1,33
6	N + sláma	1,28	1,16	1,21	1,26	1,4	1,27	1,41	1,33	1,16	1,28
Tab. 77 Obsah dusíku v hlízách brambor [% v sušině]; stanoviště Hněvčeves											
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,16	1,49	1,21	1,36	1,28	1,45	1,59	1,43	1,27	1,36
2	kal 1	1,99	1,83	1,58	1,71	1,2	2,04	1,76	2,1	1,58	1,75
3	kal 3	2,27	2,14	1,7	1,73	1,22	2,06	1,86	2,08	1,79	1,87
4	hnůj	1,41	1,58	1,14	1,43	1,18	1,61	1,7	1,32	1,35	1,41
5	N	1,8	1,65	1,59	1,42	1,47	1,78	1,69	2,15	1,27	1,65
6	N + sláma	1,84	1,88	1,68	1,35	1,45	1,75	1,67	2,03	1,18	1,65
Tab. 78 Obsah dusíku v hlízách brambor [% v sušině]; stanoviště Humpolec											
Humpolec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr

1	kontrola	1,43	1,5	1,37	1,63	1,64	1,5	1,51	1,43	1,18	1,47
2	kal 1	1,71	1,39	1,42	1,74	1,86	2,01	1,98	1,52	1,24	1,65
3	kal 3	1,64	1,5	1,61	1,8	1,79	1,82	1,83	1,8	1,56	1,71
4	hnůj	1,42	1,32	1,39	1,44	1,61	1,47	1,53	1,44	1,37	1,44
5	N	1,51	1,75	1,59	1,78	1,77	1,72	1,94	1,52	1,3	1,65
6	N + sláma	1,62	1,7	1,58	1,78	1,69	1,71	1,85	1,57	1,38	1,65
Tab. 79 Obsah dusíku v hlízách brambor [% v sušině]; stanoviště Lukavec											
Lukavec		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,49	1,21	1,24	1,31	1,45	1,45	1,54	1,34	1,15	1,35
2	kal 1	1,93	1,86	1,76	1,42	1,41	1,85	1,85	1,49	1,21	1,64
3	kal 3	1,86	1,87	1,61	1,57	1,58	2,01	2,17	1,77	1,84	1,81
4	hnůj	1,26	1,51	1,55	1,29	1,49	1,68	1,6	1,42	1,5	1,48
5	N	1,54	1,43	1,67	1,4	1,69	1,82	1,68	1,51	1,57	1,59
6	N + sláma	1,62	1,43	1,78	1,49	1,55	1,69	1,76	1,78	1,53	1,63
Tab. 80 Obsah dusíku v hlízách brambor [% v sušině]; stanoviště Suchdol											
Suchdol		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	1,35	1,37	1,6	1,76	1,55	1,46	2,13	1,08	0,92	1,47
2	kal 1	1,74	1,53	1,48	1,9	1,64	1,72	1,77	1,5	1,23	1,61
3	kal 3	2,32	1,7	1,74	1,98	1,55	1,81	1,98	1,86	1,3	1,80
4	hnůj	1,6	1,16	1,15	1,84	1,57	1,41	1,65	1,42	0,92	1,41
5	N	1,44	1,75	1,4	2,05	1,63	1,54	2,37	1,37	1,31	1,65
6	N + sláma	1,76	1,6	1,54	1,82	1,7	1,65	1,59	1,37	1,22	1,58
Tab. 81 Odběr dusíku biomasou kukuřice [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Červený Újezd											
Červený Újezd		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	128,96	136,61	173,7	132,97	161,49	136,01	111,35	166,01	133,22	142,26
2	kal 1	192,15	204,95	241,1	191,67	247,31	204,1	190,6	214,46	225,35	212,41
3	kal 3	203,60	214,39	233	207,05	209,19	303,42	193,8	207,93	256,71	225,46
4	hnůj	166,58	176,48	174,7	154,97	171,83	249,88	131,88	208,25	223,95	184,27
5	N	188,87	202,13	231,2	210,59	215,86	318,92	117,94	190,94	204,65	209,01
6	N + sláma	186,67	200,47	208,6	201,18	227,5	287,47	185,37	169,71	191,38	206,48
Tab. 82 Odběr dusíku hlízámi brambor [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině) ; stanoviště Hněvčeves											
Hněvčeves		rok									
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr
1	kontrola	31,9	105,79	68,24	68,68	82,05	58,05	96,02	49,31	100,86	73,43
2	kal 1	103,68	246,5	108,2	167,41	96,24	124,89	131,7	70,59	147,57	132,98
3	kal 3	113,73	214,64	117	224,55	111,51	147,89	146,21	87,45	133,62	144,06
4	hnůj	64,3	152,94	82,08	139,43	90,39	107,07	137,53	78,81	117,28	107,76
5	N	65,34	138,11	124,5	174,66	165,96	119,08	118,47	74,82	125,6	122,95

6	N + sláma	111,5	161,3	125,5	167,4	150,08	124,78	113,06	97,64	95,65	127,43	
Tab. 83												
Odběr dusíku hlízami brambor [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině) ; stanoviště Humpolec												
Humpolec		rok										
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr	
1	kontrola	83,1	114	76,45	86,72	58,71	83,9	51,89	61,18	79,47	77,27	
2	kal 1	117,83	139	139,2	103,01	78,68	113,71	110,28	108,51	87,2	110,82	
3	kal 3	136,32	141	145,4	123,84	98,27	141,72	101,99	144,17	130,27	129,22	
4	hnůj	115,61	147,84	182,8	118,22	84,04	111,24	69,63	84,87	103,4	113,07	
5	N	141,46	185,5	176	159,84	136,64	127,11	99,91	109,29	87,8	135,95	
6	N + sláma	124,27	125,8	173,8	169,1	90,25	109,78	98,05	82,58	95,08	118,75	
Tab. 84												
Odběr dusíku hlízami brambor [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině) ; stanoviště Lukavec												
Lukavec		rok										
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr	
1	kontrola	79,27	122,82	98,08	113,71	83,96	77,69	90,48	31,27	77,71	86,11	
2	kal 1	194,74	265,24	161,7	156,48	86,57	128,76	121,92	49,76	125,64	143,43	
3	kal 3	212,97	245,16	192,7	244,76	97,01	144,13	191,21	89,14	190,56	178,63	
4	hnůj	81,77	183,01	174,7	157,64	96,85	116,23	126,82	39,22	147,71	124,88	
5	N	113,19	180,47	197,4	193,06	172,55	134,68	158,09	46,51	171,84	151,98	
6	N + sláma	125,87	169,74	190,3	215,31	166,47	114,92	140,62	69,78	155,75	149,86	
Tab. 85												
Odběr dusíku hlízami brambor [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině); stanoviště Suchdol												
Suchdol		rok										
č.v.	varianta	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	průměr	
1	kontrola	106,79	100,83	88,80	72,51	62,16	37,38	70,08	51,17	46,43	70,68	
2	kal 1	142,85	91,49	103,30	95,38	82,66	67,60	56,82	115,65	84,53	93,36	
3	kal 3	146,86	148,75	105,27	120,58	81,07	81,27	76,82	128,71	112,97	111,37	
4	hnůj	101,28	66,24	62,91	107,82	79,91	53,86	59,90	105,79	64,36	78,01	
5	N	102,96	140,00	78,26	92,25	71,88	66,99	77,03	90,09	101,01	91,16	
6	N + sláma	134,99	118,24	104,72	95,19	80,58	71,61	47,70	74,24	85,03	90,26	
Tab. 86												
Průměrný výnos zrna ozimé pšenice na 5 stanovištích [t sušiny . ha ⁻¹]												
/ 1997 - 2005 /		stanoviště										
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr					
1	kontrola	3,7	4,31	4,82	2,63	4,44	3,98					
2	kal 1	5,05	6,4	6,56	3,57	5,16	5,35					
3	kal 3	5,28	6,82	6,09	4,77	5,68	5,73					
4	hnůj	4,85	6,17	5,67	3,6	4,45	4,95					
5	N	5,53	6,9	6,5	6,01	5,38	6,06					
6	N + sláma	5,24	6,94	6,48	5,76	5,45	5,97					
Tab. 87												
Průměrný výnos slámy ozimé pšenice na 5 stanovištích [t sušiny . ha ⁻¹]												

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchbátol	průměr
1	kontrola	2,19	3,46	3,83	3,03	2,63	3,03
2	kal 1	3,23	4,62	5,12	3,58	3,44	3,99
3	kal 3	3,73	5,72	5,54	4,01	3,97	4,59
4	hnůj	2,99	4,69	4,62	3,87	2,88	3,81
5	N	4,06	5,49	5,19	5,45	3,55	4,75
6	N + sláma	4,29	5,18	5,17	5,05	3,94	4,73

Tab. 88 Průměrný obsah N v zrnú ozimé pšenice na 5 stanovištích [% v sušině]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchbátol	průměr
1	kontrola	1,67	1,63	1,73	1,69	1,73	1,69
2	kal 1	1,86	1,98	1,91	1,74	1,91	1,88
3	kal 3	2,16	2,19	2,20	1,86	2,10	2,10
4	hnůj	1,89	1,82	1,76	1,68	1,78	1,78
5	N	2,41	2,31	2,37	1,93	2,19	2,24
6	N + sláma	2,41	2,29	2,34	2,01	2,15	2,24

Tab. 89 Průměrný obsah N ve slámě ozimé pšenice na 5 stanovištích [% v sušině]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchbátol	průměr
1	kontrola	0,35	0,31	0,30	0,51	0,40	0,37
2	kal 1	0,35	0,34	0,35	0,45	0,47	0,39
3	kal 3	0,47	0,42	0,43	0,49	0,50	0,46
4	hnůj	0,38	0,30	0,30	0,33	0,45	0,35
5	N	0,53	0,39	0,49	0,34	0,47	0,44
6	N + sláma	0,53	0,46	0,50	0,35	0,51	0,47

Tab. 90 Průměrný odběr N zrnem ozimé pšenice na 5 stanovištích [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině)

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchbátol	průměr
1	kontrola	62,22	69,92	83,11	43,58	77,26	67,22
2	kal 1	93,31	129,33	123,76	61,27	100,25	101,59
3	kal 3	113,99	152,46	133,34	88,44	118,95	121,43
4	hnůj	91,40	113,32	98,36	59,81	80,08	88,59
5	N	133,08	160,46	152,90	113,84	117,16	135,49
6	N + sláma	126,47	159,62	150,82	114,83	116,91	133,73

Tab. 91 Průměrný odběr N slámou ozimé pšenice na 5 stanovištích [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině)

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchbátol	průměr

1	kontrola	7,98	9,62	11,37	15,99	10,39	11,07
2	kal 1	11,38	15,86	17,24	15,18	16,44	15,22
3	kal 3	17,98	24,88	23,32	18,78	19,63	20,92
4	hnůj	11,15	14,15	13,59	13,99	13,32	13,24
5	N	21,70	21,15	24,90	20,65	17,14	21,11
6	N + sláma	23,01	23,50	26,17	20,46	19,70	22,57

Tab. 92 Průměrný odběr N zrnem a slámou ozimé pšenice na 5 stanovištích [kg . ha⁻¹] (výnos * obsah N v sušině)

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	70,20	79,54	94,47	59,56	87,65	78,29
2	kal 1	104,70	145,19	141,00	76,44	116,69	116,80
3	kal 3	131,98	177,34	156,66	107,21	138,57	142,35
4	hnůj	102,55	127,47	111,95	73,80	93,41	101,84
5	N	148,24	181,61	177,80	134,49	134,30	155,29
6	N + sláma	143,47	183,12	176,99	135,29	136,61	155,10

Tab. 93 Průměrný výnos zrna jarního ječmene na 5 stanovištích [t sušiny . ha⁻¹]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	2,70	3,03	2,93	1,99	3,46	2,82
2	kal 1	3,39	3,91	3,31	2,27	3,60	3,30
3	kal 3	3,87	4,12	3,72	2,64	4,48	3,76
4	hnůj	3,33	3,56	3,30	2,35	3,26	3,16
5	N	4,10	4,84	3,92	3,18	4,03	4,01
6	N + sláma	3,96	5,11	4,20	3,10	4,25	4,12

Tab. 94 Průměrný výnos slámy jarního ječmene na 5 stanovištích [t sušiny . ha⁻¹]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	2,07	0,91	2,47	1,97	1,98	1,88
2	kal 1	2,32	0,87	2,78	2,05	2,23	2,05
3	kal 3	2,77	1,05	3,27	2,69	2,67	2,49
4	hnůj	2,26	0,96	2,87	2,23	2,12	2,09
5	N	3,06	1,21	3,57	2,78	2,67	2,66
6	N + sláma	3,04	1,30	3,36	2,83	2,66	2,64

Tab. 95 Průměrný obsah N v zrně jarního ječmene na 5 stanovištích [% v sušině]

/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	1,66	1,56	1,76	1,70	1,66	1,67
2	kal 1	1,67	1,74	1,79	1,71	1,64	1,71
3	kal 3	1,93	1,92	1,83	1,73	1,94	1,87
4	hnůj	1,62	1,70	1,74	1,71	1,58	1,67

5	N	2,02	1,80	1,96	1,74	2,00	1,90
6	N + sláma	2,03	1,81	1,94	1,73	1,87	1,88
Tab. 96							
Průměrný obsah N ve slámě jarního ječmene na 5 stanovištích [% v sušině]							
/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	0,54	0,47	0,42	0,86	0,48	0,55
2	kal 1	0,52	0,47	0,44	0,71	0,49	0,53
3	kal 3	0,67	0,63	0,44	0,75	0,58	0,61
4	hnůj	0,52	0,51	0,44	0,69	0,47	0,52
5	N	0,70	0,51	0,51	0,65	0,68	0,61
6	N + sláma	0,74	0,55	0,49	0,67	0,55	0,60
Tab. 97							
Průměrný odběr N zrnem jarního ječmene na 5 stanovištích [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině)							
/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	44,64	47,33	52,67	34,16	57,66	47,29
2	kal 1	56,45	67,32	60,20	38,98	59,04	56,40
3	kal 3	74,92	79,24	69,13	46,03	87,16	71,30
4	hnůj	53,94	59,73	58,56	40,29	51,82	52,87
5	N	82,69	85,77	77,28	54,80	78,58	75,82
6	N + sláma	79,93	90,05	82,25	53,47	78,92	76,92
Tab. 98							
Průměrný odběr N slámou jarního ječmene na 5 stanovištích [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině)							
/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	10,46	4,27	11,42	17,27	9,79	10,64
2	kal 1	11,60	4,03	13,89	15,30	11,23	11,21
3	kal 3	18,32	6,21	15,71	18,16	15,84	14,85
4	hnůj	11,29	4,63	14,75	16,81	10,31	11,56
5	N	21,66	5,58	19,70	17,61	16,13	16,14
6	N + sláma	22,07	6,71	17,96	18,64	14,82	16,04
Tab. 99							
Průměrný odběr N zrnem a slámou jarního ječmene na 5 stanovištích [kg . ha ⁻¹] (výnos * obsah N v sušině)							
/ 1997 - 2005 /		stanoviště					
č.v.	varianta	Červený Újezd	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	55,10	51,60	64,07	51,43	67,45	57,93
2	kal 1	68,05	71,34	74,09	54,28	70,27	67,61
3	kal 3	93,24	85,45	84,88	64,19	103,00	86,15
4	hnůj	65,23	64,36	73,31	57,10	62,13	64,43
5	N	104,35	91,35	96,98	72,40	94,71	91,96
6	N + sláma	102,00	96,76	100,21	72,11	93,74	92,97

/ 1997 - 2005 /		stanoviště				
č.v.	varianta	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	5,38	5,74	6,47	4,96	5,64
2	kal 1	7,74	7,33	8,66	5,89	7,41
3	kal 3	7,86	8,09	9,96	6,27	8,05
4	hnůj	7,59	8,12	8,46	5,59	7,44
5	N	7,83	8,61	9,63	5,73	7,95
6	N + sláma	7,97	7,54	9,38	5,72	7,65

/ 1997 - 2005 /		stanoviště				
č.v.	varianta	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	1,36	1,47	1,35	1,47	1,41
2	kal 1	1,75	1,65	1,64	1,61	1,66
3	kal 3	1,87	1,71	1,81	1,8	1,80
4	hnůj	1,41	1,44	1,48	1,41	1,44
5	N	1,65	1,65	1,59	1,65	1,64
6	N + sláma	1,65	1,65	1,63	1,58	1,63

/ 1997 - 2005 /		stanoviště				
č.v.	varianta	Hněvčeves	Humpolec	Lukavec	Suchdol	průměr
1	kontrola	73,43	77,27	86,11	70,68	76,87
2	kal 1	132,98	110,82	143,43	93,36	120,15
3	kal 3	144,06	129,22	178,63	111,37	140,82
4	hnůj	107,76	113,07	124,88	78,01	105,93
5	N	122,95	135,95	151,98	91,16	125,51
6	N + sláma	127,43	118,75	149,86	90,26	121,58