

# FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ OBSAH DUSÍKATÝCH LÁTEK V ZRNU JEČMENE A MOŽNOSTI OVLIVNĚNÍ

Karel KLEM<sup>1)</sup>, Zuzana KLEMOVÁ<sup>2)</sup>, Petr MÍŠA<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR, <sup>2)</sup>Agrotest fyto, s.r.o.

Kvalita zrna sladovnického ječmene je ovlivňována řadou podmínek, které často působí ve složitých interakcích, a mohou být příčinou rozdílné ročníkové reakce. Jedním z kvalitativních parametrů, který nejvíce reaguje na průběh povětrnosti daného ročníku, půdní podmínky a pěstitelské zásahy je obsah dusíkatých látek v zrně. Přestože je vysoká meziročníková i prostorová variabilita obsahu dusíkatých látek v zrně dána z velké části podmínkami, které nemohou být ovlivněny pěstitelskou technologií, jedná se současně o kvalitativní parametr, který je možné vhodnou pěstitelskou technologií regulovat v mezích pro kvalitní sladovnický ječmen. K tomu je nutné pochopení vzájemných souvislostí mezi působením faktorů prostředí a vlivy zásahů pěstitelské technologie.

Obsah dusíkatých látek v zrně je dán především bilancí mezi množstvím dusíku, který má rostlina k dispozici a výnosem, do kterého se tento dusík v podobě bílkovinných struktur ukládá. Tento vztah ale není tak jednoduchý, jak by se mohlo na první pohled zdát. Do této základní bilance vstupuje faktor času, ve kterém je dusík rostlinám k dispozici a jeho rozdílné působení v různých růstových fázích na výnos a kvalitu. V určitých růstových fázích může vyšší množství dusíku stimulovat více výnos a tím paradoxně posunovat bilanci směrem k nižšímu obsahu dusíkatých látek v zrně, zatímco v pozdějších fázích vyšší množství dusíku přispívá přímo k jejich zvyšování. Pokud mají rostliny v průběhu odnožování k dispozici dostatečné (optimální) množství dusíku, dochází ke zvyšování počtu produktivních stébel, zvyšování výnosu a tím také ke zvýšenému zředovacímu efektu, kdy je mineralizovaný dusík ukládán ve vyšším množství zrna. Naopak pokud rostliny ječmene trpí v průběhu odnožování nedostatkem dusíku, vytváří se základ nižšího počtu produktivních stébel, a následně mineralizovaný dusík je ve zvýšené míře využíván k ukládání v nižším výnosu zrna, který byl limitován předchozím nedostatkem dusíku. Faktor času je proto pro výsledný obsah dusíkatých látek v zrně zásadní. Stejně množství dusíku, které je rostlinám ječmene přístupné v různých růstových fázích může obsah dusíkatých látek v zrně snižovat i zvyšovat. Cílem pěstitelské technologie proto musí být zajistit posun mineralizace dusíku do časných růstových fází ječmene, a vytvoření předpokladů pro vysoký výnos, ve kterém dojde naředění uvolněného dusíku.

Množství a dynamika uvolňování dusíku nejsou ovšem jedinými faktory, které mají dopad na obsah dusíkatých látek v zrně, a které je možno pěstitelskými opatřeními ovlivnit. Tento kvalitativní parametr souvisí

také se strukturou porostu a délkou vegetační doby. U řídkých porostů, kde je výnos tvořen vysokým podílem odnoží vyššího řádu velmi často pozorujeme zvyšování obsahu dusíkatých látek. To je zřejmé zejména tam, kde jsou odnože velmi nevyrovnané a v dozrávajícím porostu se vyskytují zelené klasy. Odnože vyšších řádů nebo tzv. pozdní odnože jsou ve svém vývoji opožděné, ale ukončují vegetaci vynuceně a předčasně v důsledku vysokých teplot, nebo jednoduše proto, že hlavní stéblo je již zralé a rostlina tak ukončuje vegetaci. Poměr mezi ukládáním bílkovin a zásobních škrobů se přitom v průběhu zrání mění postupně ve prospěch škrobů. Jestliže je ale vegetace ukončena předčasně znamená to vyšší podíl dusíkatých látek v zrně. Snahou pěstitelských technologií by proto mělo být dosažení maximálního (nebo spíše optimálního) počtu klasů při optimální struktuře, která je zajištěna nízkým podílem odnoží vyššího řádu.

Z výše uvedeného je zřejmé že prodloužení vegetace a především uchování funkce asimilačního aparátu může mít pozitivní efekt na snížení obsahu dusíkatých látek v zrně. Délka nalévání zrna je dána především počasím v průběhu dozrávání a výskytem chorob. Při suchém a velmi teplém počasí dochází k vynucenému dozrávání s dopadem na vyšší obsah dusíkatých látek v zrně. Podobně ale také nadměrné srážky v kombinaci s teplým počasím mohou předčasně ukončit vegetaci. Možností k prodloužení vegetace není mnoho, ale v případě rizika vysokého obsahu dusíkatých látek mohou vést k jeho snížení až o 0,5%. V případě intenzivního výskytu chorob (především hnědé skvrnitosti) devastujících asimilační plochu horních listů se může tento vliv zvýšit až na 1% obsahu dusíkatých látek. K opatřením prodloužujícím vegetaci patří především aplikace strobilurinových fungicidů, které vykazují tzv. „greening“ efekt. Greening efekt a prodloužení vegetace se projevuje nejlépe u aplikací prováděných až ke konci metání. Pozitivní efekt na prodloužení funkce asimilačního aparátu byl pozorován také u některých stimulačních přípravků (obsahující např. prekurzory auxinu). Výskyt chorob je nutné řešit použitím vhodných fungicidů, přičemž v případě použití kombinací se strobiluriny se spojuje pozitivní efekt na choroby a na prodloužení vegetace. Naopak velmi opatrní musíme být s používáním regulátorů růstu na konci sloupkování. Zejména ošetření prováděné až v průběhu metání může mít negativní dopad na fyziologii rostliny, projevující se v urychlení dozrávání a zvyšování obsahu dusíkatých látek v zrně. Především při velmi teplém a suchém počasí by proto aplikace měly být prováděny v optimálním termínu a měly by být používány snížené dávky regulátorů růstu.

## Vliv ročníku a předplodiny na obsah dusíkatých látek v zrně

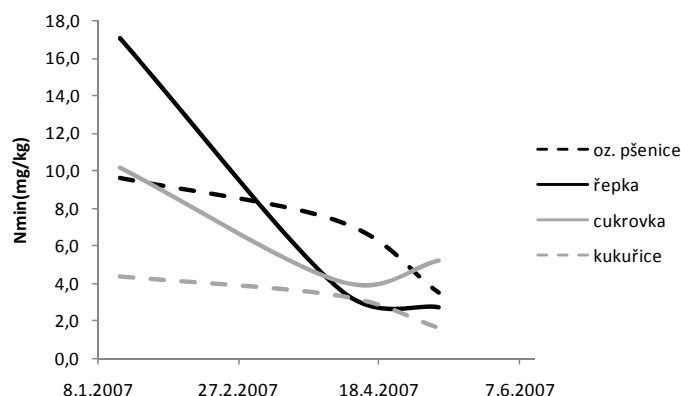
Přestože průběh počasí v době vegetace můžeme jen velmi obtížně předpovídat, znalost působení počasí ve vztahu k obsahu dusíkatých látek nám dává možnost provést určitá opatření ve druhé polovině vegetace, omezující negativní vliv ročníku. Vliv ročníku opět souvisí s nabídkou dusíku a jeho využitím. Z jednoletých výsledků získáváme poměrně těsné závislosti mezi obsahem dusíku v sušině rostlin v polovině odnožování a obsahem dusíkatých látek v zrně. Tyto závislosti jsou ovšem v jednotlivých ročních odlišné, a zatímco v jednom roce je zřejmě kladná závislost mezi obsahem dusíku v sušině rostlin (poměr N/P) a dusíkatými látkami v zrně, v následujícím roce můžeme pozorovat závislost obrácenou (obr. 1). To souvisí s dynamikou uvolňování minerálního dusíku a případně také s dostupností dusíkatých hnojiv při suchém počasí. V ročníku kdy dochází k rychlé mineralizaci a dusík je dobře přístupný (vlhké a teplé počasí), znamená obvykle zvýšený obsah dusíku v rostlinách ječmene snížení obsahu dusíkatých látek v zrně. To souvisí s využitím dusíku pro tvorbu výnosových prvků, především pak počtu produktivních stébel a navazujícímu zřed'ovacímu efektu. Naopak v letech kdy je mineralizace posunována suchým jarním počasím, představuje zvýšený obsah minerálního dusíku zvýšený potenciál navazující mineralizace a závislost k obsahu dusíkatých látek v zrně je proto opačná. Suché počasí rovněž snižuje rozpouštění minerálních hnojiv a pohyb dusíku ke kořenům. Tento dusík se pak stává přístupným pro rostliny až v pozdějších fázích vegetace a podílí se na zvýšení obsahu dusíkatých látek v zrně. Dynamiku uvolňování minerálního dusíku může do značné míry ovlivňovat také předplodina a to prostřednictvím množství posklizňových zbytků a jejich rozdílné rychlosti rozkladu. Z tohoto pohledu představuje největší problémy pro sladovnický ječmen předplodina kukuřice na zrno. První problém je dán již termínem sklizně, který neumožňuje ve většině případů nastartování rozkladu posklizňových zbytků. Současně je těchto zbytků velké množství a vyznačují se velmi pomalým rozkladem. V časném jaru proto dochází k imobilizaci dusíku při rozkladu posklizňových zbytků a teprve následně nastupuje mineralizace. Rozdíly mezi předplodinami v dynamice uvolňování minerálního dusíku jsou dobře patrné na příkladu z roku 2007 (obr. 2), kde je především zřejmý rozdílný průběh uvolňování minerálního dusíku u předplodin s rychlým rozkladem posklizňových zbytků (řepka, včas sklizená cukrovka) a u předplodin s pomalým rozkladem (pšenice s ponecháním slámy na poli, kukuřice na zrno). S ohledem na složité vlivy půdních podmínek, předplodiny, ročníku i zpracování půdy je predikce obsahu dusíkatých látek v zrně dříve než na konci sloupkování poměrně složitá, a pokud existuje, pak má obvykle platnost jen pro úzce vymezené podmínky. Při predikci obsahu dusíkatých látek se nejčastěji využívá závislosti k analyticky stanovenému obsahu dusíku v sušině rostlin nebo je možné využít predikce s využitím diagnostických přístrojů

N-pen či N-tester. Tato predikce může mít na jedné straně význam pro vyčlenění pozemků nebo částí pozemků s potenciálně nízkou kvalitou, a vytvoření homogenních sklizňových partií o vysoké sladovnické jakosti. Současně je možné na plochách, které se nacházejí na hranici limitu obsahu dusíkatých látek naplánovat opatření směřující ke snižování dusíkatých látek v zrně. K těm můžeme zařadit například intenzivní použití fungicidní ochrany, především pak fungicidů ze skupiny strobilurinů a stimulatorů růstu. Prodloužení délky fungování asimilačního aparátu pak přispívá ke zvýšení poměru mezi škroby a dusíkatými látkami v zrně.

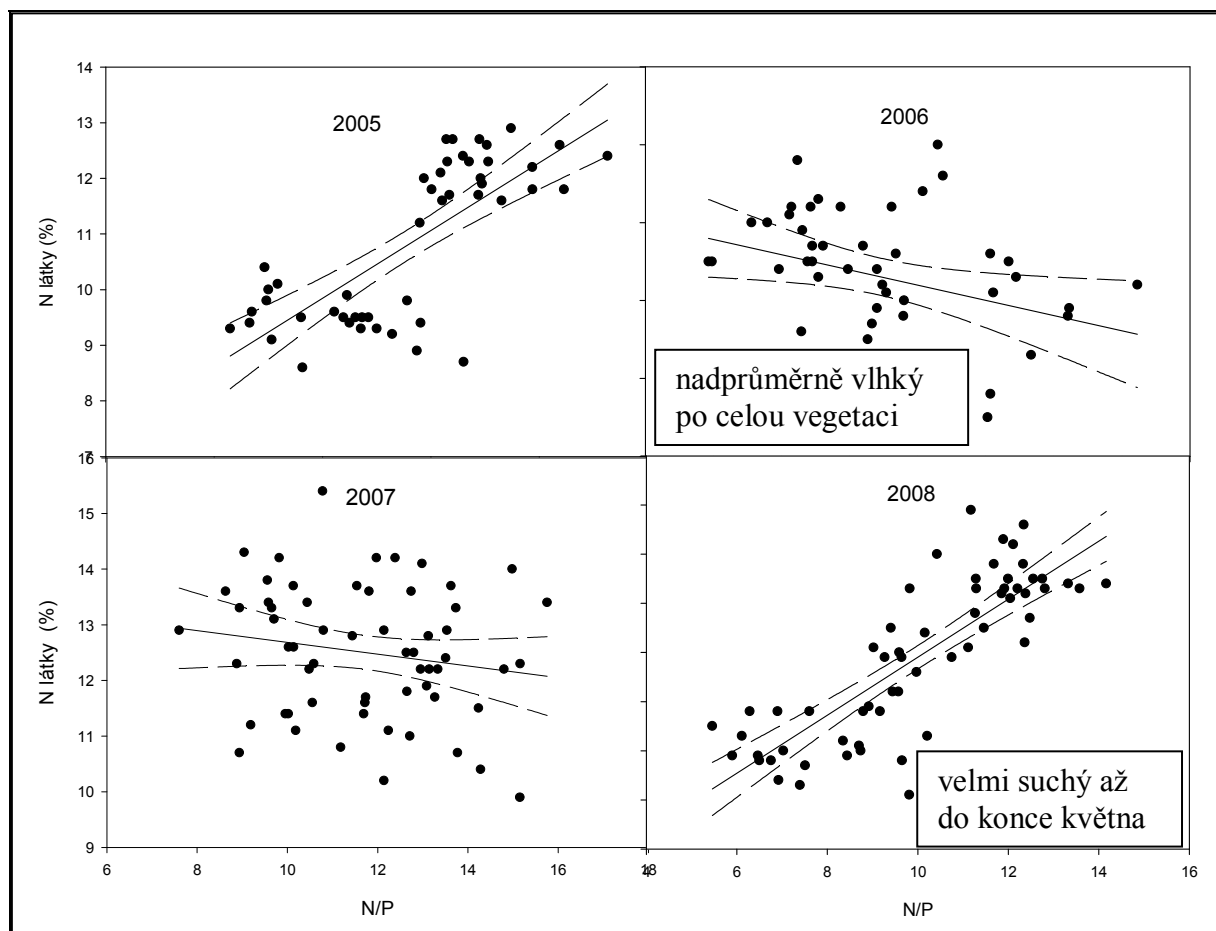
### Doporučení ve vztahu k předplodině a ročníku:

- z pohledu nízkého obsahu dusíkatých látek jsou pro sladovnický ječmen nevhodnějšími předplodinami na úrodných půdách včas sklizená cukrovka, ozimá pšenice se sklizenou slámou, kukuřice na siláž,
- na méně úrodných půdách mohou vhodné předplodiny pro jarní ječmen představovat také brambory, mák a ozimá řepka,
- po předplodinách, které zanechávají velké množství posklizňových zbytků (kukuřice na zrno, ozimá pšenice) je nutné zajistit jejich kvalitní rozdrvení, rovnoměrné rozptýlení a okamžité nastartování rozkladu mělkým zapravením,
- v ročnících se suchým počasím v průběhu odnožování je vhodné opoždění, mineralizace kompenzovat prodloužením vegetace s využitím strobilurinových fungicidů nebo stimulatorů růstu,
- části pozemků, nebo celé pozemky s rizikem zvýšeného obsahu dusíkatých látek je vhodné sklízet a skladovat odděleně.

Obr. 2 Dynamika uvolňování minerálního dusíku v časném jaru 2007 pro jednotlivé předplodiny.



**Obr. 1** Závislost mezi poměrem živin N/P který charakterizuje úroveň dusíkaté výživy v první polovině odnožování a výsledným obsahem dusíkatých látek v zrně pro jednotlivé ročníky (rok 2008 – velmi suchý až do konce odnožování, 2006 nadprůměrně vlhký po celou vegetaci)



### Vliv hustoty a struktury porostu na obsah dusíkatých látek

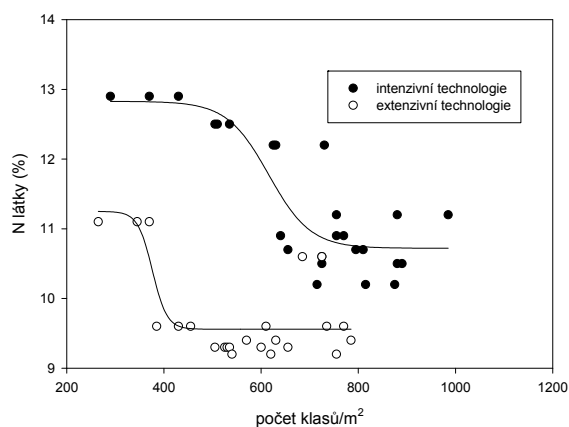
Jak již bylo zmíněno výše, hustotu porostu a s ní související strukturu (především počet a vyrovnanost odnoží) je možné považovat za klíčový faktor z pohledu obsahu dusíkatých látek v zrně. Dosavadní výsledky ukazují, že zvyšování počtu klasů na jednotku plochy (do určitého optima) vede ke snižování obsahu dusíkatých látek v zrně. Tento vztah je patrný z obrázku 3. Při vyšším počtu klasů (a odpovídajícím zvýšení výnosu) dochází ke zředovacímu efektu, přičemž dostupný dusík se ukládá do bílkovinných struktur zrna v nižších koncentracích, než při nízkých hustotách. Tento efekt je za určitých okolností možné pozorovat i u působení dusíkaté výživy. Jestliže je dusík aplikován před začátkem odnožování a je plně k dispozici rostlinám v průběhu odnožování (dostatek vláhy), je tento dusík využit na tvorbu zvýšeného počtu silných odnoží, které vytvářejí základ pro vysoký počet produktivních stébel. V těchto případech pak má dusíkatá výživa (prostřednictvím zvýšení počtu klasů) paradoxní dopad na snížení obsahu dusíkatých látek v zrně. V ročníku se suchým jarním počasím nebo po předplodinách, kde v půdě zůstalo velké množství nerozložených posklizňových zbytků (kukuřice na

zrno, obilnina se zaorávanou slámou nebo i pozdě sklizená cukrovka) je dostupnost aplikovaného dusíku pro rostliny v průběhu odnožování redukována a naopak dochází k jeho využívání až v pozdějším období, které vede ke zvyšování obsahu dusíkatých látek v zrně. To je i případ intenzivní technologie na obr. 3. Je zřejmé, že v tomto případě sehrává dostatečná hustota výsevu zásadní roli pro snížení obsahu dusíkatých látek. Pokles hustoty pod 700 klasů.m<sup>-2</sup> je provázen rychlým vzestupem obsahu dusíkatých látek nad limit pro kvalitní sladovnický ječmen. Vyšší hustota výsevu je tedy vhodným opatřením pro snížení obsahu dusíkatých látek na lokalitách s vysokou úrovní mineralizace (úrodné půdy s vysokým obsahem humusu, předplodiny zanechávající vysoké množství snadno mineralizovatelného dusíku – především ozimá řepka) nebo na suchých lokalitách, kde dochází k posunům v dostupnosti dusíku. Výsledky z řady pokusů dokazují, že minimální hodnoty obsahu dusíkatých látek v zrně jsou dosahovány při výsevích 4,5-5 MKS (obr. 4). Snížení výsevu na 3-3,5 MKS může znamenat zvýšení obsahu dusíkatých látek v zrně i o více jak 1% (především při vyšší nabídce dusíku).

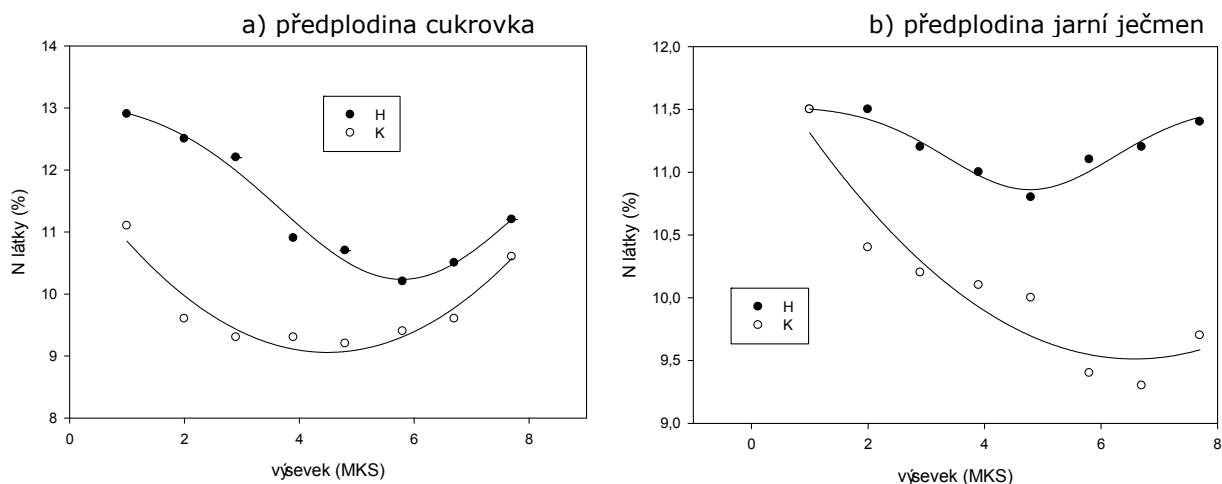
### Doporučení ve vztahu k hustotě porostu:

- optimální hustota výsevu pro dosažení minimálních hodnot obsahu dusíkatých látek v zrně se pohybuje pro většinu odrůd okolo 4,5 MKS,
- u odrůd s vysokou odnožovací schopností jako je např. Sebastian je toto optimum nižší přibližně o 0,3 MKS,
- v případě rizika zvýšeného obsahu dusíkatých látek mohou být přínosné i výsevky až okolo 5 MKS, naopak v méně příznivých podmínkách nebo při nižší intenzitě jsou plně dostačující výsevky okolo 4 MKS,
- kromě hustoty výsevu je nutné zajistit také dostatečný počet silných a vyrovnaných odnoží, ke kterým přispívá optimální dusíkatá výživa v průběhu odnožování a použití regulátorů nebo stimulátorů růstu.

**Obr. 3** Závislost mezi hustotou porostu v počtu klasů na jednotku plochy a obsahem dusíkatých látek v zrně. Závislost je vyjádřena samostatně pro intenzivní technologii (s vyššími dávkami dusíku) a extenzivní technologii (nehnojenou dusíkem).



**Obr. 4** Vliv hustoty výsevu a intenzifikačních opatření na obsah dusíkatých látek v zrně sladovnického ječmene odrůdy Prestige



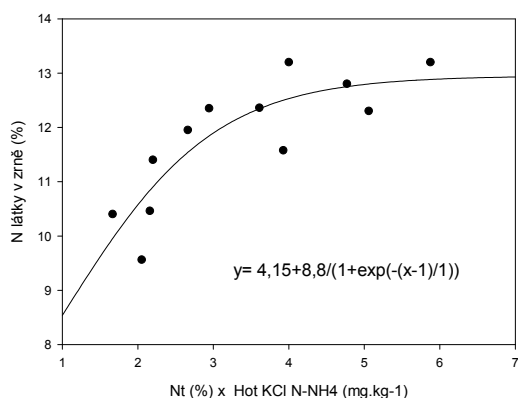
## Vliv dusíkatého hnojení na obsah dusíkatých látek v zrně

Souvislosti mezi množstvím a termínem uvolňování minerálního dusíku a obsahem dusíkatých látek v zrně platí také hnojení dusíkatými hnojivy. Cílem dusíkatého hnojení proto musí být zajistit maximální dostupnost dusíku do poloviny odnožování a následně zabezpečit zásobení rostlin ječmene pouze v nezbytné míře pro následující růst a vývoj. S ohledem na skutečnost, že větší množství dusíku dodávaná ve formě minerálních hnojiv by měla být rostlinám k dispozici do začátku odnožování, je základem dusíkaté výživy ječmene hnojení před setím a hnojení v 1.-2. listu ječmene. Nejvhodnější je rozdělení celkové dávky do obou termínů, které zajistí plynulejší zásobování ječmene dusíkem a omezí rizika vyplavování dusíku do hlubších vrstev. Z důvodů úspory nákladů i organizačního zjednodušení je obvykle dostačující aplikace celé dávky jednorázově. Výhodnější je pak aplikace před setím, která zjišťuje dostatek vláhy pro přijatelnost dusíku. Je zde ale vyšší riziko vyplavení dusíku do hlubších vrstev půdy při intenzivních jarních srážkách a následně nízká přístupnost v průběhu odnožování. Naopak

při aplikaci v 1.-2. listu je vyšší riziko že v důsledku sucha se hnojivo nebude rozpouštět a zůstane pro rostliny nepřístupné po dlouhou dobu. Zpoždění dostupnosti dusíku pak má negativní dopad na obsah dusíkatých látek v zrně. V některých případech (spíše výjimečně) se stává opodstatněnou ještě korekce výživného stavu prováděná ke konci odnožování. Tato vychází z rozborů rostlin nebo diagnostiky pomocí přístrojů N-tester či N-pen. V tomto termínu by neměla dávka přesáhnout 30 kg N/ha a nejvhodnější je provedení formou listové výživy (např. roztok DAM 390). Při aplikaci v pevné formě se zvyšuje závislost na srážkách a v případě déletrvajících suchého počasí prakticky vždy tato aplikace zvyšuje obsah dusíkatých látek v zrně. Ještě náročnější než stanovení termínu a formy aplikace je určení optimální dávky dusíku. Je to dáno skutečností, že v době, kdy musí být aplikována rozhodující část dusíku, nelze s dostatečnou přesností odhadnout množství následně mineralizovatelného dusíku ani výnosový potenciál. Množství mineralizovaného dusíku by společně s aplikovaným dusíkem nemělo za vegetaci překročit optimum pro očekávaný výnos, které se po-

hybuje okolo 21 kg N na 1t zrna. Při vyšší nabídce dusíku se zvyšuje riziko ukládání dusíku do zrna ve formě bílkovin a zvyšování parametru obsahu dusíkatých látek v zrnu nad úroveň vhodnou pro sladovnický ječmen. Vzhledem ke skutečnosti, že celkové množství mineralizovaného dusíku a dynamika jeho uvolňování jsou závislé na mnoha faktorech, především pak na půdních podmínkách, předplodině, zpracování půdy a průběhu počasí, je predikce potenciálního uvolňování minerálního dusíku poměrně složitá. Z tohoto důvodu jsou vyvíjeny metody, které umožňují zpřesnění odhadu potenciálně mineralizovatelného dusíku, obvykle na základě použití speciálních extrakčních postupů. Jednou z nejperspektivnějších metod se dle řady autorů zdá být extrakce amonného dusíku pomocí horkého KCl v kombinaci se stanovením obsahu celkového dusíku v půdě před setím ječmene. Násobek těchto dvou hodnot v sobě zahrnuje krátkodobý i dlouhodobý potenciál uvolňování minerálního dusíku a vykazuje těsnou korelaci k výslednému obsahu dusíkatých látek v zrnu (obr. 5). V případě, že se hodnoty tohoto násobku pohybují pod 2,5 stává se opodstatněným doplnění dusíku ve formě minerálních hnojiv. Naopak při hodnotách nad 2,5 je nezbytné přijmout opatření pro snížení obsahu dusíkatých látek (např. zvýšení výsevku, intenzivnější fungicidní ochrana) nebo raději sladovnický ječmen na dané lokalitě vůbec nepěstovat.

**Obr. 5 Závislost mezi násobkem obsahu celkového dusíku a amonného dusíku extrahovaného v horkém KCl (stanoveno před setím ječmene z vrstvy 0-30 cm) ke konečnému obsahu N látek v zrnu**



Z víceletých pokusů s dusíkatou výživou na úrodných půdách s vysokým obsahem humusu i na půdách hlinitopísčitých s nízkou úrodností (obr. 6) je možné shrnout, že z pohledu výnosu je možné za efektivní považovat dávky do 90 kg N/ha ovšem z pohledu obsahu dusíkatých látek je maximum jen 60 kg N/ha a na úrodných půdách pouze 30 kg/ha. Proti předpokladu, že na půdách s nízkou úrodností bude potřeba dusíku vyšší, se ukazuje, že limitní hodnoty pro dodávaný dusík jsou velmi podobné. Je to pravděpodobně dáno skutečností, že v těchto podmínkách je výnos limitován ještě jinými faktory (např. sucho, fyzikální vlastnosti půdy), a nemůže tak docházet k naředění dusíku ve

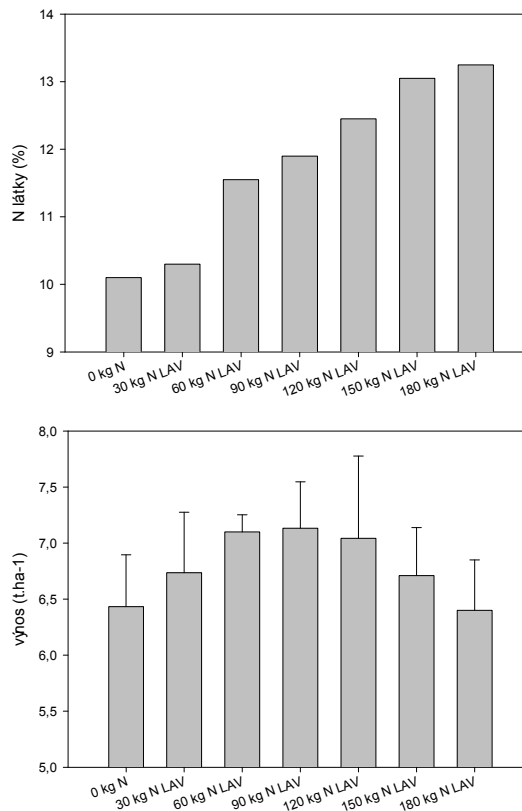
## Kontaktní adresa

Ing. Karel KLEM, Ph.D., Ústav systémové biologie a ekologie AV ČR, v.v.i.

Tento výzkum byl podporován projektem MZe 1G58038 a výzkumným záměrem MSM2532885901

výnose v očekávané míře. Pouze ve vlhkém ročníku, kdy se výnosový potenciál zvyšuje, jsou porosty ječmene pěstované na horších půdách schopny využít dávky vyšší než 60 kg/ha.

**Obr. 6 Vliv dávky dusíku ve formě LAV 27,5 aplikovaného v růstové fázi BBCH 11-12 na výnos zrna ječmene a obsah dusíkatých látek**



### Doporučení ve vztahu k hnojení dusíkem:

- aplikace dusíku musí být z rozhodující části provedena do 1.-2. listu ječmene,
- z pohledu obsahu dusíkatých látek v zrnu se optimální dávky dusíku v naprosté většině případů pohybují do 60kg/ha, pouze ve vlhkých ročníchích kdy výnosový potenciál stoupá i na méně úrodných půdách jsou výjimečně možné dávky do 90 kg N/ha,
- výpočet dávky dusíku by měl vycházet ze stanovení obsahu minerálního dusíku v půdě před setím nebo lépe ze stanovení obsahu potenciálně mineralizovatelného dusíku např. metodou extrakce v horkém KCl,
- na základě analýz rostlin v první polovině odnožování je ve výjimečných případech možná korekce výživného stavu prováděná ke konci odnožování za použití listové výživy.