

Radek Aulický a kol.

**Certifikovaná metodika pro použití řízených atmosfér na
kontrolu skladištních škůdců v napadených komoditách
uskladněných v silech**

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2017

Radek Aulický; Václav Stejskal; Vlastimil Kolář

**Certifikovaná metodika pro použití řízených atmosfér na
kontrolu skladištních škůdců v napadených komoditách
uskladněných v silech**

Metodika pro pracovníky v DDD, zemědělství a potravinářství

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2017

Designace výsledku na projekty:

Uplatněná certifikovaná metodika vznikla za finanční podpory NAZV Mze ČR a je výstupem řešení výzkumného projektu NAZV QJ1310057.

Poslání a uživatelé metodiky

Metodika je určena pro efektivní aplikaci řízených atmosfér na bázi vysoké koncentrace dusíku (N₂) do silových buněk. Metodika je určena pro profesionální pracovníky v ochranné dezinfekci, dezinsekci a deratizaci a pracovníky potravinářských provozů, kteří potřebují provádět kontrolu účinnosti ošetření ve skladovaných komoditách umístěných v silech.

Metodika byla schválena ÚSTŘEDNÍM KONTROLNÍM A ZKUŠEBNÍM ÚSTAVEM ZEMĚDĚLSKÝM pod č. UKZUZ 122791/2017 ÚKZÚZ doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi. O uplatnění certifikované metodiky byla uzavřena smlouva o využití s DDD SERVIS spol. s r.o.

Prohlášení o podílu práce autorů certifikované metodiky:

Na vypracování certifikované metodiky se podíleli celkem 3 spoluautoři, jejich podíly činní: Ing. Radek Aulický, Ph.D. (40 %); Ing. Václav Stejskal, Ph.D. (30 %) a Ing. Vlastimil Kolář (30 %).

Odborný oponent: **Ing. Jan Prokop** – de Wolf GROUP s. r. o.

Oponent ze státní správy: **Ing. Jakub Beránek, Ph.D.** – ÚKZÚZ

Vydal Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., ve spolupráci se společností Podravka-Lagris a.s.

OBSAH

I. CÍL METODIKY	5
II. VLASTNÍ POPIS METODIKY	6
1. ÚVOD	6
2. VYMEZENÍ POUŽITÍ ŘÍZENÝCH ATMOSFÉR V SILECH	8
3. ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ VYBAVENÍ	9
3.1. Zásobníky	9
3.2. Zdroj dusíku	9
3.3. Měřicí přístroje koncentrace plynů a zbytkového kyslíku v surovině a okolním prostředí	10
3.4. Pevné (páteřní) rozvody dusíku	11
4. POSTUP POUŽITÍ ŘÍZENÉ ATMOSFÉRY S VYSOKÝM OBSAHEM DUSÍKU	13
4.2. Postup přípravy před ošetřením	13
4.3. Postup aplikace dusíku	14
4.4. Technologie měření koncentrace kyslíku	14
5. BEZPEČNOSTNÍ POKYNY A ZDRAVÍ PŘI PRÁCI	15
6. OVĚŘENÉ VÝSLEDKY V LABORATORNÍCH A PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH	16
6.1. Validace expoziční doby	16
6.2 Validace na primární škůdce a jejich vývojová stadia	18
7. SOUHRN METODICKÝCH DOPORUČENÍ PRO PRAXI	21
III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	22
IV. EKONOMICKÉ ASPEKTY	23
V. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	24
VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	27

Certifikovaná metodika pro použití řízených atmosfér na kontrolu skladištních škůdců v napadených komoditách uskladněných v silech

Předložená nová metodika je souborem informací a postupů pro aplikaci řízené atmosféry s vysokým obsahem dusíku (N_2) za účelem eliminace skladištních škůdců v napadených komoditách uskladněných v silových buňkách. Dosud používané chemické ošetření napadených komodit skladištními škůdci uskladněných v silových buňkách v ČR vyžadovalo energeticky náročné přetahování komodity mezi silovými buňkami, aby bylo možné provést rovnoměrnou aplikaci chemické insekticidní látky. Navržená metoda nezanechává žádná chemická rezidua v ošetřených komoditách. Navržená metoda na bázi řízených atmosfér tento postup nevyžaduje a kromě energetických úspor nutných k transportu navíc omezuje zlomkovitost komodit. V metodice jsou data ukazující nejen výhody ale i limity použití řízených atmosfér. Uplatněná certifikovaná metodika vznikla za finanční podpory NAZV a je výstupem řešení projektu QJ1310057.

Certified methodology for use of controlled atmospheres to control storage pests in the infested commodities stored in silos

The presented new methodology is a set of information and procedures for the application of a controlled atmosphere with a high nitrogen (N_2) content to eliminate storage pests in infested commodities stored in silo bins. In the Czech Republic, until today, the chemical treatment of the pest infested commodities (stored in silo bins) usually has required an energy-demanding transfer of the treated commodity between the silo bins in order to ensure an uniform application of the chemical. The newly proposed method, based on controlled atmospheres, does not require this procedure and thus not only reduces energy required for commodity movement but also limits the fragmentation of commodities resulting from transport from one silo bin to another. The proposed method leaves no chemical residues in the treated commodities. The methodology shows the advantages of controlled atmospheres as well as their limits. The certified methodology was prepared with the financial support of the NAZV agency and is a technological and scientific output of the particular project QJ1310057.

I. CÍL METODIKY

V současné době v zemědělské a potravinářské praxi v ČR chybí zavedené netoxické metody ošetřování velkých objemů napadených skladovaných komodit skladištními škůdci. Tento nedostatek může mít při současných tlacích spotřebitelů na snižování používání chemických látek v zemědělství a potravinářství a také při rozvoji ekologického zemědělství limitující efekt. To se může významně odrážet v množství napadených komodit skladištními škůdci, což může mít ekonomické dopady na celý segment zemědělské prvovýroby. Dalším problémem, který v posledních letech nabývá na významu, je vývoj rezistence u skladištních škůdců k řadě používaných účinných látek při ošetřování skladů a komodit, nevyjímaje toxického plynu s účinnou látkou fosforovodík. Rozšíření nástrojů využitelných pro ochranu skladovaných komodit před škůdci s sebou přináší pozitivní aspekty nejen v eliminaci škůdců samotných, ale také zavedení v anti-rezistentních strategiích vůči skladištním škůdcům.

Cílem této metodiky je:

- vytvořit postup pro aplikaci řízené atmosféry s vysokým obsahem dusíku v silových buňkách
- demonstrovat vzorová originální data ukazující efektivnost použití řízené atmosféry v provozních podmínkách.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Úvod

Skladištní škůdci jsou jedním z vážných faktorů, který ovlivňuje kvantitu a kvalitu a tím i snižuje bezpečnost zemědělských komodit a potravin (van Hage-Hamsten a Johansson 1992; Pedigo a kol. 1986). Tito škůdci, kromě přímého požeru produktů, kontaminují také napadené produkty rostlinného nebo živočišného původu svými fekáliemi, alergeny a v neposlední řadě i zbytky z uhynulých jedinců (Hubert a kol. 2002). Velmi často se setkáváme s problémem kontaminace produktů ve skladech více než jedním druhem škůdce (Stejskal a kol. 2003).

Ztráty způsobené škůdci pouze na obilninách činí ve světovém měřítku 203,7 mil. tun obilí, z toho jen pilous zničí ročně 50 mil. tun obilí (Horák et al, 1987).

Odhady ztrát mezinárodní organizací pro zemědělství a výživu (FAO) způsobené jen obilními a moučnými škůdci jsou odhadovány celosvětově na 33 miliónů tun obilí ročně, což stačí k obživě 150 miliónů lidí po dobu jednoho roku. Stejná organizace odhaduje, že celosvětové ztráty způsobené skladištním hmyzem a hlodavci činí v průměru 20 % z celosvětové produkce, z čehož jsou v Evropě a Severní Americe odhadovány tyto ztráty kolem 10 % a v Asii a Africe až 30 % (Hill, 2002). V ČSSR se odhadovalo, že bylo napadáno 2–5 % veškerých uskladněných produktů skladištními škůdci a celkové ztráty způsobené skladištními živočišnými škůdci za 1 rok dosahovali kolem 140 miliónů korun (Bartoš et al., 1979).

Současné metody kontroly skladištních škůdců jsou postaveny na aplikaci, zejména chemických přípravků. Masivní používání chemických přípravků s sebou také přineslo negativa v oblasti reziduí v potravinách, krmivech a životním prostředí, ale také vývoj rezistence celé řady škůdců k těmto chemickým sloučeninám. Celosvětově byla rezistence zaznamenána u více než 500 druhů škůdců (Georghiou, 1990) a jejich počet každým rokem stoupá. Již před více než 40 lety byla zaznamenána rezistence k různým organofosfátům u skladištních škůdců (Champ a Campbell-Brown 1970; Champ a Dyte, 1976). V současné době začíná být stále větším celosvětovým problémem rezistence skladištních škůdců k plynnému fosforovodíku, který je hlavní účinnou látkou používanou pro dezinsekcí komodit. Současné studie ukazují například vysokou úroveň rezistence k fosforovodíku u korovníka obilního (Opit a kol., 2012) nebo rezistentní populace některých skladištních škůdců v Austrálii (Collins a kol., 2001).

Z výše uvedených důvodů je nutné nalézt účinné alternativy k chemickým přípravkům, které by bylo možné implementovat do systému integrované ochrany. Jednou z možných a perspektivních alternativ se ukazují metody využívající tzv. anoxické či hypoxické (řízené či modifikované) atmosféry. Těchto atmosfér se dosahuje změnou koncentrace běžných atmosférických plynů (CO_2 , N_2 , O_2) nebo vakuem tak, aby došlo ke snížení nebo eliminaci obsahu kyslíku. Bezokyslíkatá atmosféra (tzv. anoxická atmosféra) nebo atmosféra se sníženým obsahem kyslíku (tzv. hypoxická atmosféra) vedou k postupnému zabití škůdců, kteří nemohou bez kyslíku dlouhodobě přežít. Předpokladem účinnosti řízených atmosfér je dosažení požadované koncentrace O_2 nebo CO_2 a N_2 a jejich udržení na požadované úrovni po určitou dobu za teplot, kdy škůdci ještě dýchají. Modifikované atmosféry dnes začínají hrát stále významnější úlohu v systému integrované ochrany (IO) a zejména v systémech bez reziduí pesticidů (Banks a kol., 1991, Stejskal, Adler, 1997).

V současné době existuje několik publikovaných zpráv o úspěšné implementaci řízených atmosfér v sílech v jižní Evropě. Příkladem může být Portugalsko Carvalho a kol. (2012), kde navrhly úspěšnou technologii pro ochranu skladované rýže. Navarro a kol. (2012) uvádí výsledky získané pro experimentální řízené atmosféry s dusíkem (O_2 se pohybovalo v rozmezí 0,1-0,9%) ve 3 betonových silových buňkách (2400 t) na Kypru. Jižní oblasti Evropy ovšem vykazují vyšší průměrné teploty, které příznivě ovlivňují účinnosti řízených atmosfér. Přesto publikované výsledky ukazují potenciál využití řízených atmosfér i v našich teplotních podmínkách (např. Aulicky a kol. 2017; Aulicky a kol., 2016).

2. Vymezení použití řízených atmosfér v silech

- Postup popsáný v této metodice je využitelný v kovových silech původně konstrukčně řešených a vyrobených bez úvahy o využití této nové metody ke kontrole škůdců, kde je možné po provedení nezbytných technických úprav k zabezpečení vyšší těsnosti (= hermetizace sil) za příznivých ekonomických parametrů dosahovat trvalého snížení koncentrace zbytkového kyslíku pod 1 %, a to i u surovin se slupkou, obilkou, v členitějším typu zásobníku, a následně poté trvalé udržení koncentrace dusíku vyšší než 99 % po dobu minimálně 15-20 dnů.
- Dalším limitujícím parametrem využití metody je teplota ošetřované komodity a vzduchu a vývojové stádium skladištního škůdce v určitém druhu suroviny, která by neměla v průběhu aplikace klesat pod 25 °C.
- Vzhledem k možným biologickým a technologickým odlišnostem byla metoda validována pouze pro citlivé laboratorní kmeny.
- Použití technologie je podmíněno použitím biologických testů (bio - assay) ke kontrole a validaci každého jednotlivého ošetření.
- Použití metody je podmíněno kontinuálním měřením koncentrace kyslíku na více místech sila (zásobníku na komodity); nejméně však na 2 místech (v horní části sila a spodní části sila).
- Sila musí být upravena ve smyslu vysokého stupně plynutěsnosti.

3. Základní technické vybavení

Použití řízených atmosfér je vázáno, zejména na kvalitní a maximálně plynotěsné zásobníky (sila), které zaručují minimální ztráty aplikované atmosféry a tím zajišťují vysokou účinnost na škůdce a optimalizované náklady na ošetření. V případě používání řízené atmosféry s vysokým obsahem dusíku, je důležité mít nastavené parametry aplikace, které budou dosahovat poměru dusíku min. 99 % a kyslíku do 1 % po celou dobu ošetření.

3.1. Zásobníky

Pro aplikaci řízených atmosfér s vysokým obsahem dusíku (obsah dusíku přes 99 %) je důležité používat zásobníky, které vykazují vysoký stupeň plynotěsnosti. Obvykle tyto požadavky splňují silové buňky vyrobené z kovů. Ovšem bylo by možné využít i betonové silové buňky po provedených potřebných technických úpravách, které by zajistili potřebnou plynotěsnost.

Před implementací této technologie je nutné provést kontrolu nepoškození svárů, přetěsnění všech spojů, prostupů technologií a vlastních vstupů do silových buněk ale i vyskladňovacího otvoru a zařízení s ním související (hradítka, prostupy do větracích šachet atd.), kde by mohlo docházet k únikům aplikovaného dusíku. Dále je nutné provést technickou úpravu na vrchní a spodní části sila, kam se umístí přívodní a odvodní otvory pro technické rozvody. Vrchní vstupní otvor se zpravidla vytvoří ve stropní části silové buňky. Spodní vývodní otvor je nutné vytvořit v nejnižším bodě silové buňky, tak aby nedocházelo ke tvorbě „slepých míst“ a ke snižování schopnosti vymývání kyslíku ze suroviny v silové buňce. Dále je nutné vytvořit místa pro měření účinné koncentrace v horní a spodní části zásobníku, a pokud není řešeno závěsným teploměrem pak prostupy pro měření teplot tak, aby nedocházelo k vysypání suroviny či zbytečné ztrátě požadované koncentrace.

3.2. Zdroj dusíku

Zdroj dusíku je jedním ze základních požadavků pro implementaci této řízené atmosféry. V současné době lze řešit získání dusíku o požadované cílové koncentraci (tj. 99 % a vyšší) z tlakových lahví, z vlastní nádrže na zkapalněný dusík nebo vyvíječem dusíku. Každý z těchto zdrojů dusíku přináší své výhody a nevýhody.

A) Tlakové láhve

Jedná se o zdroj dusíku formulovaný a dodávaný výrobcem v tlakových lahvích. Iniciální náklady na zavedení této technologie jsou relativně nízké. Následné provozní náklady jsou však několika násobně vyšší než u následných dvou formulací (zdrojů) dusíku a komplikované problematickou manipulací s tlakovými láhvemi. Limitujícím faktorem je malý objem dusíku. Tento zdroj je vhodný zejména pro odzkoušení a prvotní ověření - validaci každé nové technologie.

B) Velkoobjemová nádrž na zkapalněný dusík

Další možností zajištění zdroje dusíku pro ošetřování je využití velkoobjemových nádrží pro skladování zkapalněného dusíku. Tyto nádrže jsou doplňovány zkapalněným dusíkem pomocí cisteren. Náklady na tuto provozní formulaci dusíku jsou nižší než u tlakových lahví (viz. předchozí bod A), ale vyšší než u vlastního vyvíječe dusíku (viz. následný bod C). Přesto pořizovací náklady technologie jsou nižší než u vlastního zdroje dusíku pomocí vyvíječe.

C) Vyvíječ dusíku

Nejvhodnějším způsobem získávání dusíku je použití vhodně zvoleného – na základě provedených zkoušek – vyvíjecího zařízení dusíku (dále jen „vyvíječe“) s potřebným příslušenstvím. Toto zařízení je instalováno a provozováno přímo ve skladovacím objektu v blízkosti sil. V současné době je na trhu řada typů vyvíječů, které lze v technologii využít. Při výběru vhodného vyvíječe je nutné počítat s celkovou potřebou dusíku odvozenou z provedených zkoušek jednotlivých zásobníků (sil) určených k ošetření suroviny a jeho čistotou (tj. nesmí klesat pod 99 % dusíku). Další výhodou vlastního vyvíječe je získávání odpadního tepla využitelného dále, např. při ohřevu suroviny v zásobnících atd.

3.3. Měřicí přístroje koncentrace plynů a zbytkového kyslíku v surovině a okolním prostředí

Měření koncentrace obsahu dusíku se většinou provádí nepřímo pomocí měření obsahu kyslíku. V současné době je na trhu celá řada přístrojů pro měření obsahu kyslíku dodávaná různými výrobci. Vhodné je využít certifikované přístroje, které umožní snadnou manipulaci

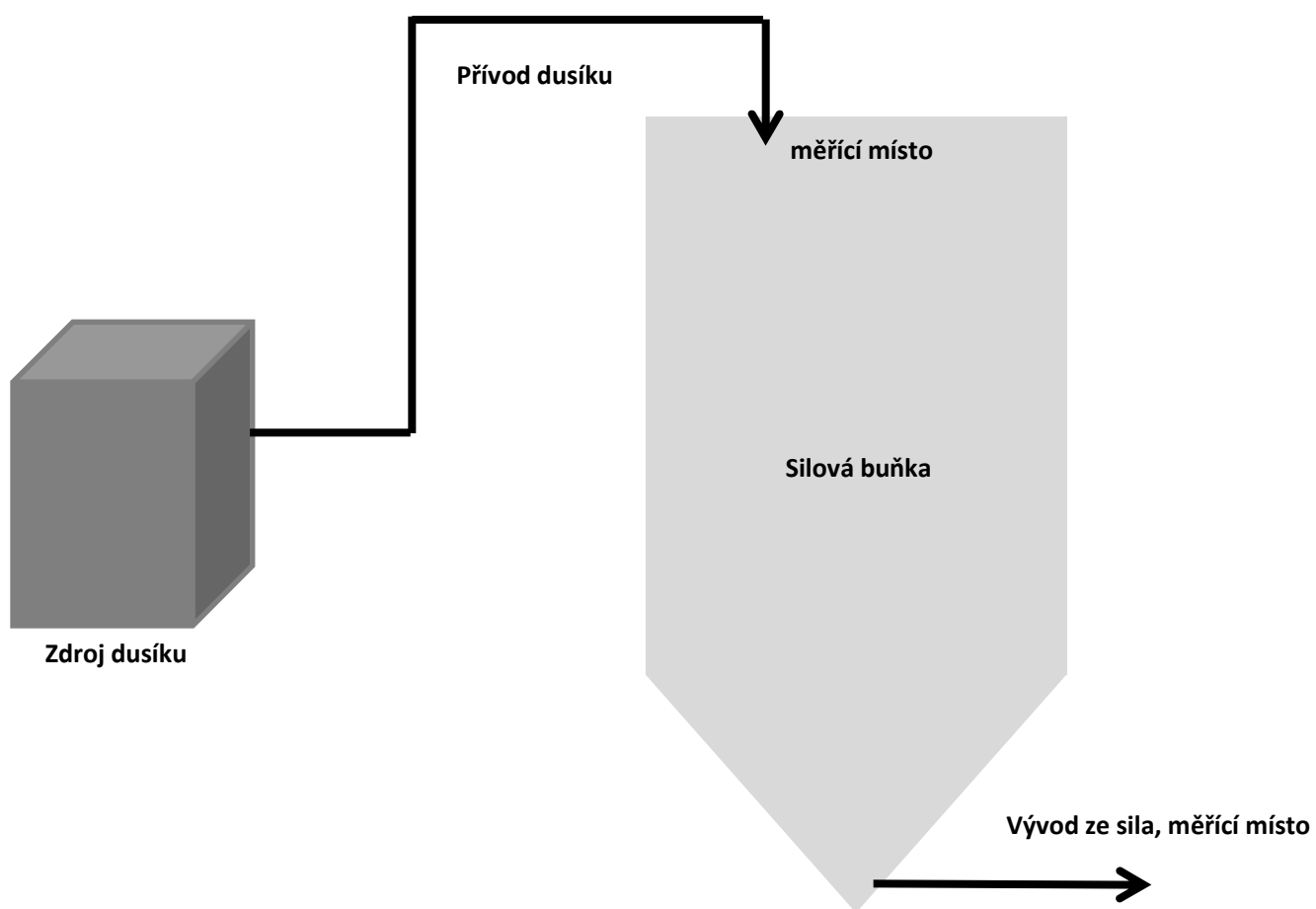
pro obsluhu a přesné měření. K tomuto je vhodné mít nejméně dva přístroje pro porovnání výsledků a případ poruchy. Nutná je pravidelná kalibrace dle pokynů výrobce.

3.4. Pevné (páteřní) rozvody dusíku

Rozvody přiváděného dusíku mohou být plastové či kovové. Nicméně u plastových nutno volit materiál vyhovující pracovnímu tlaku a teplotě, která může být vyšší v případě použití ohřívače. Důležitá je dimenze průřezu (vnitřního průměru) potrubních rozvodů na dostatečnou kapacitu, tak aby nedocházelo k výkyvu tlaku při aplikaci do většího počtu zásobníků. V případě delších rozvodů je potřeba použít vyrovnávací tlakovou nádobu.

- Pro napojení samotných zásobníků je možno použít pohyblivé rozvody – tlakové hadice odpovídajícího průřezu a materiálu vhodného pro daný tlak a teplotu.
- Uzavírací ventily mohou být ovládané mechanicky či regulované na základě impulzu v závislosti na požadavcích stupně automatizace procesu.
- Průtokoměry by měly být voleny s přesnějším rozsahem v l/minutu pro zabezpečení nastavení požadovaných průtoků.
- Důležitá je pravidelná kontrola těsnosti a celkové funkčnosti odbornou certifikovanou firmou.

Obrázek 1. Schématické znázornění aplikace řízené atmosféry s vysokým obsahem dusíku..



4. Postup použití řízené atmosféry s vysokým obsahem dusíku

Experimentálně bylo ověřeno, že aplikace řízené atmosféry s vysokým obsahem dusíku je vhodné provádět v horní části silové buňky s vývodem ve spodní části. Pro dosažení požadované koncentrace dusíku po celou dobu ošetření je vhodné zajistit kontinuální aplikaci dusíku v množství, které zajistí požadovanou koncentraci.

4.1. Validace objektu

Před běžným využitím řízené atmosféry s vysokým obsahem dusíku, je důležité provést validaci metody pro každý objekt (silovou buňku) samostatně. Tato validace spočívá v ověření plynutěsnosti připravené silové buňky a udržitelnosti řízené atmosféry v průběhu ošetření.

- **První fáze validace** - pro tuto část validace, která probíhá v prázdné silové buňce, lze využít tzv. tlakové zkoušky, kde se sleduje rychlost změny tlaku po natlakování. Nebo lze využít postup, kde se naplní silová buňka dusíkem a sleduje se rychlost změny obsahu kyslíku po aplikaci řízené atmosféry.
- **Druhá fáze validace** – tato validace je důležitá zejména pro stanovení napouštěcí a udržovací fáze aplikace dusíku. Validace je prováděna v plné silové buňce (s komoditou), kde se sleduje množství aplikovaného dusíku, rychlost promývání (vytěšňování kyslíku) a čas dosažení požadované koncentrace kyslíku na výstupu ze silové buňky. Další fází validace je sledování množství spotřebovaného dusíku pro udržení požadované koncentrace kyslíku po celou dobu ošetření.

Validace objektu/silové buňky je velmi důležité pro nastavení parametrů ošetření a stanovení celkových nákladů pro jedno ošetření.

4.2. Postup přípravy před ošetřením

- Provedení kontroly dosažené teploty suroviny = nejméně 25 stupňů Celsia.
- V závislosti na technologii v jednotlivých případech (trvalé nebo dočasné rozvody) se provede kontrola zapojení všech rozvodů a kontrola poškození rozvodů.
- Obdobná kontrola správného utěsnění a uzavření všech technologických prostupů, měřících otvorů, manipulačního vstupu, provzdušňovacího otvoru do zásobníku a výpustného hradítka.

- Kontrola otevření napouštěcího a vypouštěcího otvoru.
- Kontrola funkčnosti vyvíječe nebo jiných zdrojů a dosažitelné čistoty vyrobeného nebo dodaného dusíku s obsahem kyslíku méně než 0,75 % (pro záchyt případných odchylek či kolísání čistoty vyrobeného dusíku z vyvíječe nebo kontrola dostatečné kapacity dusíku v lahvích nebo v nádrži na kapalný dusík.
- Kontrola funkčnosti ventilačního systému v hale nebo pod sily nebo kontrola odvodu dusíku mimo objekt pro zajištění bezpečnosti práce.
- Permanentní kontrola funkčnosti měřících přístrojů (provedení vzájemně spřažené s auto-kalibrací). Pravidelná kontrola a kalibrace certifikovanou firmou dle pokynů výrobce.
- Kontrola funkčnosti bezpečnostních prvků (optická signalizace či zvukový alarm) signalizujících nedostatek kyslíku v okolí zásobníků (tj. pokles pod 18 %)

4.3. Postup aplikace dusíku

- Aplikace dusíku je prováděna do horní části silové buňky
- V první fázi (**napouštěcí fáze**) ošetření je aplikované větší množství dusíku – důležité pro rychlé dosažení požadované koncentrace kyslíku pod 1 %.
- V druhé fázi (**udržovací fáze**) po trvalém dosažení požadované koncentrace kyslíku pod 1% ve spodní části sila měřené u vývodu se sníží průtok dusíku – množství aplikovaného dusíku vychází z validačních testů.
- Délka expozice je počítána od dosažení požadované koncentrace kyslíku ve spodní části sila – **nejdříve však po 24 hodinách od zahájení aplikace dusíku.**

4.4. Technologie měření koncentrace kyslíku

- Minimálním požadavkem je měření koncentrace obsahu kyslíku u hlavy sila a u výstupu ze sila ve spodní části.
- Frekvence měření koncentrace je minimálně 1x za 24 hodin.
- V první napouštěcí fázi je vhodné zkrátit frekvenci měření, pro zajištění úspory spotřeby dusíku.
- Měření provádět přístroji kalibrovanými certifikovanou firmou dle pokynů výrobce.

5. Bezpečnostní pokyny a zdraví při práci

Tyto pokyny nenahrazují platnou legislativu ČR a EU v oblasti bezpečnosti a zdraví při práci.

Při používání této technologie v praxi se musí vždy postupovat dle platné legislativy ČR a EU v oblasti bezpečnosti a zdraví při práci.

Informace uvedené v tomto odstavci mají pouze informační charakter:

- *V silové buňce v průběhu ošetření a po ošetření až do úplného samovolného odvětrání dochází k významnému poklesu kyslíku, což je životu nebezpečné – zákaz vstupovat do těchto prostor bez ochranných pomůcek k tomuto účelu stanovených (zejména izolační dýchací přístroj) nebo zabezpečení přísunu čerstvého vzduchu do zásobníku = jeho odvětrání od dusíku = cca 5 minut správně zvoleným ventilátorem před provedením vstupu po provedeném změření nakalibrovaným a ověřeným přístrojem vůči druhému po dosažení hodnoty pouze větší jak 17 objemových % kyslíku.*
- *Vstupovat do ošetřených prostor v polomasce nebo masce pouze s filtrem je zakázáno.*
- *Je nutné provádět kontrolu pracovního prostředí v okolí sil a zejména ve spodní části sil a kolem odvodu dusíku – kontrola je prováděna měřením obsahu kyslíku.*
- *Zabezpečit prostory tak, aby v případě nepřítomnosti obsluhy s měřicím přístrojem nemohla ani ostraha vstupovat do prostor nebo zabezpečit prostor osazením stacionárního měřicího zařízení se systémem výstrahy tak, aby obsluha nebo ostraha byla vyrozuměna automaticky výstražným systémem o poklesu koncentrace kyslíku pod požadovanou normu (je třeba vždy uvažovat s deklarovanými odchylkami měření jednotlivých přístrojů).*

Obsluha i ostraha musí mít provedeno školení k způsobu činnosti při signalizaci výstrahy.

Nepovolaným osobám musí být zabráněno v přístupu do těchto prostor.
- *Je doporučeno v prostorech ošetřovaných sil zavést automatické bezpečnostní měření kyslíku s hlásiči.*
- *Zvýšený obsah dusíku a snížený obsah kyslíku ve vzduchu nevykazuje žádné známky zápachu jako například přítomnost přípravků T⁺ (fosforovodík, kyanovodík atd.).*

6. Ověřené výsledky v laboratorních a provozních podmínkách

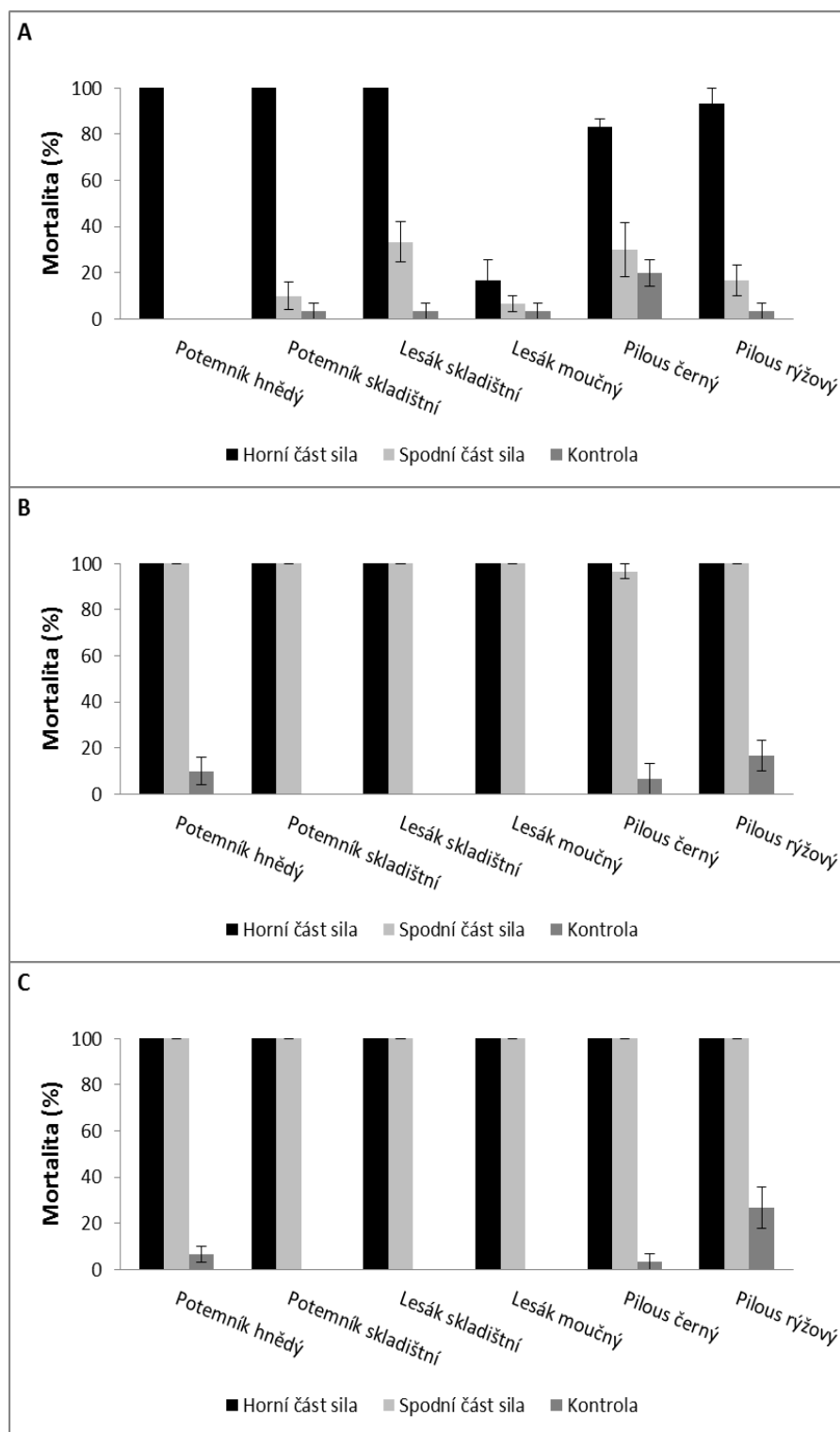
Ověřování účinnosti technologie ošetření napadených komodit skladištními škůdci pomocí řízené atmosféry s obsahem dusíku více než 99 % bylo prováděno v kovových silových buňkách o kapacitě 25 tun. Celkem byly provedeny dva různé typy validačních testů: 1) validace expoziční doby a 2) validace na primární škůdce a jejich vývojová stadia.

6.1. Validace expoziční doby

Metodický postup

Testovaný biologický materiál byl namnožen v laboratorních podmínkách. V testech bylo použito celkem 6 druhů významných skladištních škůdců: potemník hnědý (*Tribolium castaneum*), potemník skladištní (*Tribolium confusum*), lesák skladištní (*Oryzaephilus surinamensis*), lesák moučný (*Cryptolestes ferrugineus*), pilous černý (*Sitophilus granarius*) a pilous rýžový (*Sitophilus oryzae*). Testy probíhaly na dospělých stáří 1-2 týdny. Celkem byly provedeny tři validační experimenty, kde se sledovala délka expozice na účinnost. Byly zvoleny tyto expoziční časy 1, 7 a 10 dnů. Experimenty probíhaly v těchto teplotních podmínkách: 1denní expozice 16.5 – 20.3 °C, 7denní expozice 17.5 – 23.6 °C a 10denní expozice 15.9 – 23.9 °C. Dva dny před zahájením vlastní aplikace dusíku byli testovaní jedinci škůdců vybráni z chovných nádob a vloženi po 10 ks do plastových Petriho misek o průměru 60 mm. Víčka misek byla perforována s otvorem 50 mm, který byl přelepen prodyšnou tkaninou. Do misek s jedinci bylo vloženo vždy 10 ks ovesných vloček jako potrava. Každý druh byl připraven ve 3 opakováních pro jeden expoziční čas a jedno expoziční místo. Připravený biologický materiál byl druhý den převezen na místo pokusu, kde byl vložen do experimentálního sila. Část misek s hmyzem byla umístěna v horní části sila, další část byla uložena ve spodní části sila a poslední část misek s hmyzem byla ponechána v neošetřovaném silu jako kontrolní vzorek. Následně byla zahájena aplikace dusíku do sila, dokud nebyla dosažena koncentrace 99 % a výše. Tato hranice byla stanovena v předchozích kalibračních testech, jako maximálně dosažitelná koncentrace dusíku v silech. Čas expozice se začal počítat až od dosažení této hranice obsahu dusíku ve spodní části sila. Po ukončení expozice bylo provedeno odebrání misek s biologickým materiálem, který byl převezen do laboratoře, kde byla provedena kontrola mortality po 48 hodinách od ukončení expozice.

Graf 1. Výsledky účinnosti řízené atmosféry v silech ve třech různých expozičních časech (A-1denní expozice, B-7denní expozice a C-10denní expozice).



Závěry

- V daném validačním pokusu (testu) byla 10 denní expozice dostatečná pro usmrcení všech testovaných dospělých jedinců v horní i spodní části sila.
- Test v nejdelší expoziční době probíhal v rozmezí teplot 15.9 – 23.9 °C.
- Bylo zjištěno, že 1 denní expozice je zcela nedostatečná pro usmrcení dospělých jedinců sekundárních i primární druhů škůdců.
- Bylo zjištěno, že 7 denní expozice byla dostatečná pro usmrcení dospělců testovaných druhů sekundárních druhů škůdců nikoliv však pro usmrcení dospělců testovaných druhů primárních škůdců.

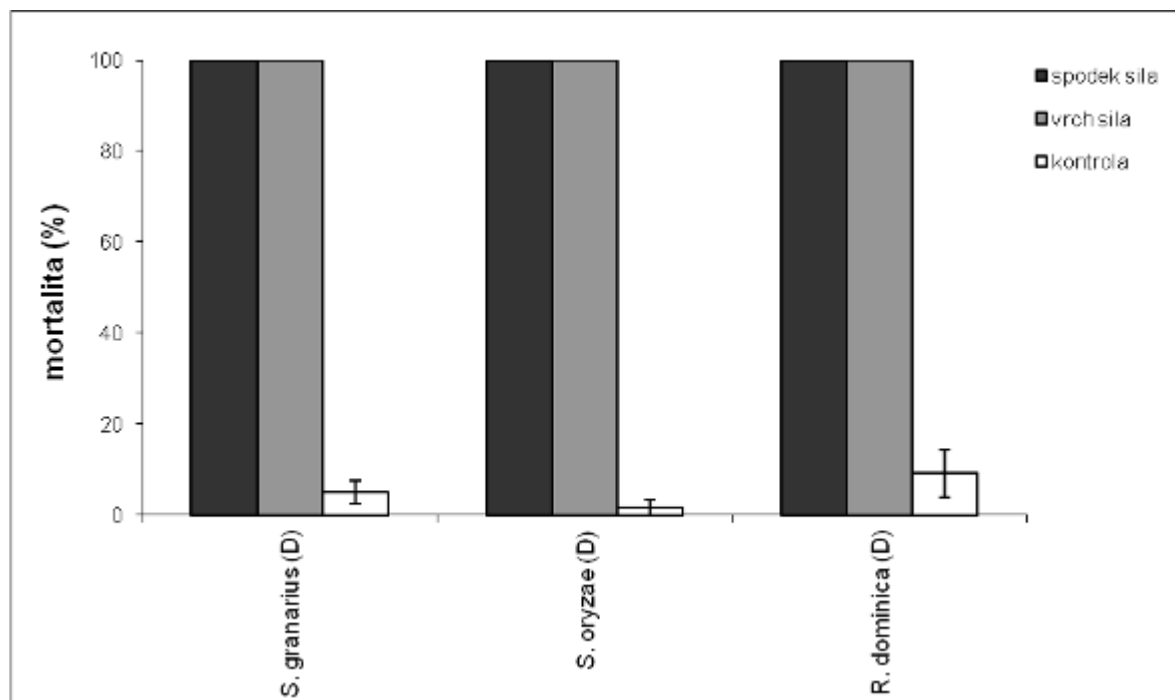
6.2 Validace na primární škůdce a jejich vývojová stádia

Metodický postup

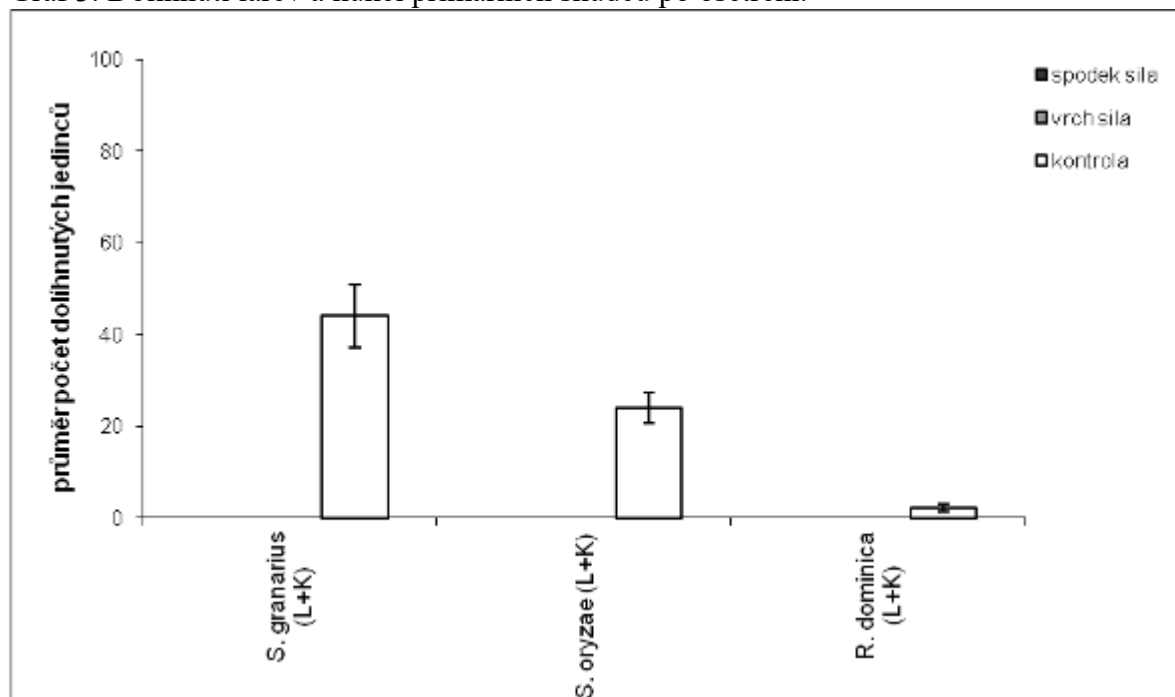
Testování probíhalo v komerčně využívaném kovovém síle o kapacitě 25 tun. Při testech byla vždy uložena v síle komodita tak, aby byly simulovány skutečné podmínky. V testech byly použity celkem 3 druhy významných skladištních škůdců (tzv. primární škůdci) : korovník obilní (*Rhizopertha dominica*), pilous černý (*Sitophilus granarius*) a pilous rýžový (*Sitophilus oryzae*). Testovaný biologický materiál byl namnožen v laboratorních podmínkách. Dva dny (48 hodin) před zahájením vlastní aplikace dusíku byly připraveny biologické vzorky pro ověřování účinnosti. Z chovných nádob byl materiál vložen do plastových Petriho misek o průměru 60 mm. Víčka misek byla perforována s otvorem 50 mm, který byl přelepen prodyšnou tkaninou (Uhelon). Do každé misky bylo vloženo vždy 20 dospělců stáří 1-2 týdny. Každý druh byl uložen separátně v 6 opakováních. Do misky bylo vloženo vždy 50 nenapadených zrn pšenice, kam mohli jedinci naklást vajíčka před zahájením pokusu. Dále byly připraveny misky s napadenými zrny pšenice (vajíčka, larvy a kukly). Do misek bylo vždy vloženo 50 zrn. Připravený biologický materiál byl převezen na místo pokusu, kde byl vložen do experimentálního síla. Jedna třetina (1/3) misek s hmyzem byla umístěna v horní části síla, další část byla uložena ve spodní části síla a poslední část misek s hmyzem byla ponechána v neošetřeném síle jako kontrolní vzorek. Následně byla zahájena aplikace dusíku do síla. Aplikace probíhala po celou dobu ošetřování horní částí síla. Po ukončení expozice (10 dní) bylo provedeno odvětrání síla a následně bylo provedeno odebrání misek s biologickým materiálem, který byl převezen do laboratoře, a byla provedena kontrola

mortality dospělců po 48 hodinách od ukončení expozice. Další kontrola napadených zrn byla provedena po 30ti dnech od ukončení expozice a kontrola zrn s nakladenými vajíčky byla provedena po 60ti dnech od ukončení expozice.

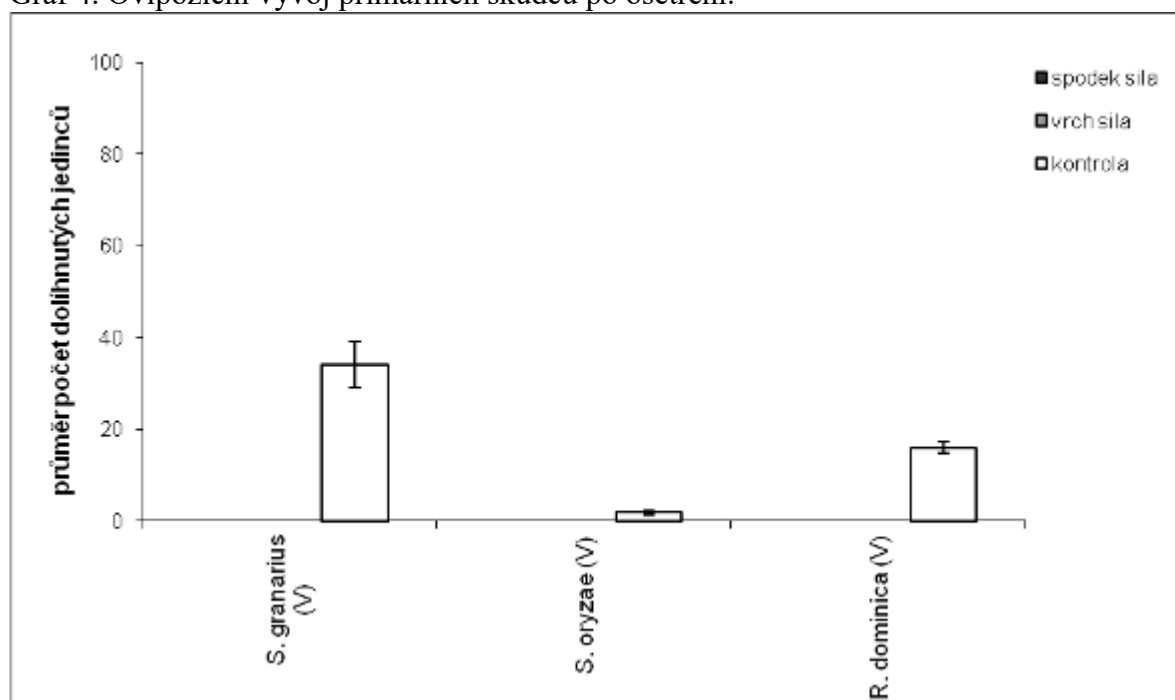
Graf 2. Dosažená biologická účinnost u dospělců primárních škůdců.



Graf 3. Dolíhnutí larev a kukel primárních škůdců po ošetření.



Graf 4. Ovipoziční vývoj primárních škůdců po ošetření.



Závěry

- 10 denní expozice byla dostatečná pro usmrcení všech vývojových stádií testovaných v horní i spodní části sila.

7. Souhrn metodických doporučení pro praxi

- **Technologie lze používat při teplotách ošetřované suroviny 25 °C a vyšších.**
- **Doporučená délka expozice při dodržení požadovaných teplot je stanovena minimálně na 15–20 dní od dosažení koncentrace kyslíku pod 1 %.**
- **Koncentrace kyslíku musí být udržována po celou dobu ošetření pod 1 %.**
- **Validace technologie a získané hodnoty účinnosti byly měřeny na laboratorních (nerezistentních) kmenech škůdců a proto je nutné je brát jako orientační a nelze vycházet v praxi z použitých expozičních časů a teplot.**
- **Informace uvedeny v dokumentaci ověřené technologie z oblasti bezpečnosti práce atd. mají pouze informativní charakter a nenahrazují aktuálně platnou legislativu v ČR.**
- **Vždy je nutné před implementací této technologie vycházet z aktuální legislativy v ČR a všech aktuálních bezpečnostních předpisů.**
- **U všech používaných zařízení a přístrojů, zejména u měřících a bezpečnostních prvků je nutné dodržovat pokyny výrobců a používat pouze certifikované přístroje a provádět jejich pravidelnou kalibraci.**

III. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

V České republice jsou v současné době využívány technologie řízených atmosfér pro ošetřování zemědělských komodit nebo potravin zejména v maloobchodním balení (balení v podtlaku, balení s inertní atmosférou), ve větších balení o hmotnostech cca do 1 tuny (viz. aplikace podtlaku - Metodika nového postupu ekologické inaktivace hmyzu v zrninách vypěstovaných v bio-produkci) nebo se využívají při skladování čerstvého ovoce a zeleniny.

U nás nebylo doposud popsáno použití technologie využívající dusík pro ošetření skladovaných komodit napadených skladištními škůdci v silech. Aplikace technologie umožňuje efektivně hubit skladištní škůdce v zemědělských komoditách umístěných v silových buňkách. Tento systém byl vytvořen a otestován pro použití i v provozech s vysokoobrátkovým režimem, kde je nutné komodity v rychlém časovém úseku ošetřit a zbavit živých škůdců.

Implementace technologie v provozu je schopna v určitých abiotických podmínkách (zejména dostatečná teplota) úplně nahradit ošetřování napadených komodit pomocí vysoce toxických plynů (např. fosforovodíku) a tím snižovat negativní dopady na životní prostředí.

IV. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Hlavní ekonomické přínosy použití řízené atmosféry s vysokým obsahem dusíku pro ošetření komodit spočívají v náhradě stávající technologie ošetření pomocí vysoce toxických plynů. V současné době je v ČR používáno pro ošetření napadených komodit skladištními škůdci zejména plynování (jedna účinná látka fosforovodík). Tato metoda sebou nese určitá bezpečnostní opatření, která neumožňují provádění aplikací osobám bez osvědčení. Osoby provádějící tyto opatření musí disponovat podle zákona potřebnými školeními a osvědčeními pro tuto činnost. Z těchto důvodů, firmy, které se zabývají skladováním, řeší ošetření (plynování) pomocí externích dodavatelských firem, které disponují potřebným oprávněním. To s sebou nese náklady na tyto služby a dále náklady na energie (odvětrávání, přečištění atd.). V dobře fungujícím systému se mohou tyto náklady pohybovat kolem 0.50 Kč na 1 kg ošetřené komodity.

Nová technologie využívající aplikaci dusíku do kvalitně těsnících sil za účelem ošetření napadených komodit skladištními škůdci nepodléhá v současné době žádným legislativním úpravám (kromě zajištění bezpečnosti práce), které by omezovaly využití v běžném provozu. Implementace metody a zajištění jejího chodu může zajišťovat provozovatel skladu a není nutné využití externích dodavatelských služeb. Dále z technologie odpadá nutno čištění ošetřených komodit k odstranění reziduí po fumigaci.

Ekonomické výsledky použití řízených atmosfér u spoluautorů certifikované metodiky aplikované v provozu umožnily snížení celkových nákladů na 0.25–0.35 Kč na 1 kg ošetřené suroviny za použití generátoru dusíku.

V. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Aulicky, R, Kolar, V., Plachy, J., Stejskal, V., 2016. Preliminary report on controlled nitrogen atmosphere in metal silo bin in the Czech Republic. Pp. 329–332. In: Navarro S, Jayas DS, Alagusundaram K, (Eds.) *Proceedings of the 10th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products (CAF2016.)*

Aulicky, R, Kolar, V., Plachy, J., Stejskal, V., 2017. Field Efficacy of Brief Exposure of Adults of Six Storage Pests to Nitrogen-Controlled Atmospheres. *Plant Protect. Sci.* 53(3): 169–176.

Banks, H.J., Annis, P.C., Rigby, G.R., 1991. Controlled atmosphere storage of grain: the known and the future. In: Fleurat-Lessard, F., Ducom, P. (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Working Conference on Stored-product Protection, 9-14 September 1990, Bordeaux, France. Imprimerie Medocaine, Blanquefort Cedex, pp. 695-706.*

Bartoš, J., Verner, P. H., 1979. Ochrana proti skladištním škůdcům a chorobám. *Praha: SZN. s. 344.*

Carvalho, M.O., Pires, I., Barbosa, A., Barros, G., Riudavets, J., Garcia, A.C., Brites, C., Navarro, S., 2012. The use of modified atmospheres to control *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus oryzae* on stored rice in Portugal. *Journal of Stored Products Research*, 50: 49–56.

Collins, P.J., Daglish, G.J., Nayak, M.K., Ebert, P.R., Schlipalius, D.I., Chen, W., Pavic, H., Lambkin, T.M., Kopittke, R., Bridgeman, B.W., 2001. Combating resistance to phosphine in Australia. In: Donahaye, E.J., Navaro, S. & Leesch, J.E. (Eds) *Proceedings of the International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, October 29 – November 3, 2000, Fresno, CA. 593-607. Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A.*

Georghiou, G. P., 1990. Overview of insecticide resistance. In Green, M. B. et al. (Eds.): *Managing Resistance to Agrochemicals: from Fundamentals Research to Practical Strategie. Washington, D. C. 18-41.*

Hill, D. S., 2002. Pest of Stored Foodstuffs and Their Control. *Kluwer Academic Publishers*. p. 476.

Horák, E., Verner, P. H., Wittlingerová, Z., 1987. Příručka pro dezinfekci, dezinsekcii a deratizaci. *Praha: SZN*. s. 256.

Hubert, J., Stejskal, V., Lukáš, J., 2002. Význam jednotlivých skupin skladištních členovců jako producentů alergenů do uskladněného obilí v České republice. *Alergie nr.1/2002*: 27-33.

Champ, B. R., Campbell-Brown, M. J., 1970. Insecticide resistance in Australian *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera, Tenebrionidae). II. Malathion resistance in eastern Australia. *Journal of Stored Products Research*. 6: 111-131.

Champ, B. R., Dyte, C. E., 1976. Report of the FAO global survey of pesticide susceptibility of stored grain pests. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy*.

Navarro, S., Athanassiou, C., Varnava, A., Vroom, N., Yilasoumis, D., Leandrou, I., Hadjioannou, S., 2012. Control of stored grain insects by using nitrogen in large concrete silos in Cyprus. In: Navarro S., Banks H.J., Jayas D.S., Bell C.H., Noyes R.T., Ferizli A.G., Emekci M., Isikber A.A., Alagusundaram K. (eds): *Proceedings 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Oct 15–19, 2012, Antalya, Turkey. Ankara, ARBER Professional Congress Services*: 478-487.

Opit, G. P., Phillips, T.W., Aikins, M.J., Hasan, M.M., 2012. Phosphine resistance in *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica* from stored wheat in Oklahoma. *Journal of Economic Entomology* 105; 1107-1114.

Pedigo, L. P., Hutchins, S. H., Highley, L. G., 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology*. 31: 341-368.

Stejskal, V., Adler, C., 1997. Fumigace a řízené atmosféry. *DDD. Praha*, 128 s.

Stejskal, V., Hubert, J., Kučerová, Z., Münzbergová, Z., Lukáš, J., Žďárková, E., 2003. Vliv typu skladování na infestaci obilí skladištními škůdci v ČR. *Plant Soil and Environment*. 49 (2): 55-62.

Van Hage-Hamsten, M., Johansson, S. G. O., 1992. Storage mites. *Experimental and Applied Acarology*. 16: 117–128.

VI. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Aulický, R., Plachý, J., Kolář, V., Stejskal, V., 2014. Vliv teploty na účinnost řízených atmosfér proti škodlivým skladištním roztočům. *Rostlinolékař*, 25(5): 28-30.

Aulický, R., Plachý, J., Kolář, V., Stejskal, V., 2014. Účinnost řízené atmosféry s dusíkem na skladištní škůdce. *XI. konference DDD 2014 - Přívorovy dny (sebník)*, 157-161.

Aulický, R., Stejskal, V., Plachý, J., Kolář, V., 2015. Vliv teploty na účinnost řízené atmosféry na lesáka skladištního (*Oryzaephilus surinamensis*). *Rostlinolékař*. 60(6); 20-21.

Aulický, R., Stejskal, V., Kolář, V., Plachý, J. 2016. Technologie ošetření zrnin v síle pomocí řízených atmosfér. *Rostlinolékař* 5/2016, 25-26.

Aulický, R., Stejskal, V., 2016. Ověřená technologie ošetření napadené skladované rýže a dalších obilnin v sílech pomocí řízené atmosféry s dusíkem. Uplatněná technologie. Podravka-Lagris a.s., Dolní Lhota 39, 763 23 Dolní Lhota, IČ: 25510487. Smlouva o uplatnění výsledků výzkumu v praxi mezi VÚRV, v.v.i. a firmou Podravka-Lagris a.s. ze dne 5.12.2016.

Aulický, R., Kolar, V., Plachý, J., Stejskal, V., 2016. Preliminary report on controlled nitrogen atmosphere in metal silo bin in the Czech Republic. Pp. 329–332. In: Navarro S, Jayas DS, Alagusundaram K, (Eds.) *Proceedings of the 10th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products (CAF2016)*.

Stejskal, V., Aulický, R., Kolář, V., 2016. Anoxické a hypoxické atmosféry v ochraně před skladištními škůdci: výhody a rizika. *DDD* 25(4): 108-111.

Aulický, R., Kolar, V., Plachý, J., Stejskal, V., 2017. Field Efficacy of Brief Exposure of Adults of Six Storage Pests to Nitrogen-Controlled Atmospheres. *Plant Protect. Sci.* Vol. 53, 2017, No. 3: 169–176.



Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Hroznová 2, 656 06 Brno

v y d á v á O S V Ě D Ě N Í

(UKZUZ 122791/2017)

o uznání certifikované metodiky

v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení programů účelové podpory, schválené usnesením vlády ČR ze dne 8. února 2017 č. 107.

Název metodiky: **CERTIFIKOVANÁ METODIKA PRO POUŽITÍ ŘÍZENÝCH
ATMOSFÉR NA KONTROLU SKLADIŠTNÍCH ŠKŮDCŮ
V NAPADENÝCH KOMODITÁCH USKLADNĚNÝCH
V SILECH**

Autoři: **Ing. Radek Aulický, Ph.D.; Ing. Václav Stejskal, Ph.D.;
Ing. Vlastimil Kolář**

Název organizace: **Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.;
Podravka-Lagris a.s.**

Místo vydání metodiky: **Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.; Drnovská 507,
161 06 Praha 6 - Ruzyně**

Rok vydání metodiky: **2017**

ISBN: **978-80-7427-249-3**

Metodika byla vypracována v rámci výzkumného projektu/podpory na rozvoj výzkumné organizace MZe ČR NAZV QJ1310057.

Projekt využívá „Pravidla pro odvětví zemědělství, lesnictví a rybolovu“ ANO/NE*.

V případě, že projekt využívá „Pravidla pro odvětví zemědělství, lesnictví a rybolovu“, je výsledek typu N_{met} zdarma k dispozici všem zájemcům na webové stránce www.vurv.cz

Brno 11. prosince 2017

Razítko odborného orgánu státní správy:

Jméno zástupce odborného útvaru státní správy: **Ing. Daniel Jurečka**

Funkce zástupce odborného útvaru státní správy: **ředitel**

Podpis zástupce odborného útvaru státní správy:

Souhlas Odboru vědy, výzkumu a vzdělávání MZe:

Datum a podpis ředitele/ředitelky odboru:

27.12.2017
Pavla Adam
Ing. Pavlína Adam, Ph.D.

Razítko
**MINISTERSTVO
ZEMĚDĚLSTVÍ**
Těšnov 65/17
110 00 Praha 1- Nové Město
-3-

POZNÁMKY

Autoři: Ing. Radek Aulický, Ph.D., Ing. Václav Stejskal, Ph.D., Ing. Vlastimil Kolář

Název: **Certifikovaná metodika pro použití řízených atmosfér
na kontrolu skladištních škůdců v napadených
komoditách umístěných v silech**

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6 -
Ruzyně, ve spolupráci se společností Podravka-Lagris a.s.

Metodika je veřejně přístupná na adrese www.vurv.cz

Vyšlo v roce 2017

Kontakt na autora: aulicky@vurv.cz

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 2017

ISBN 978-80-7427-249-3