

ZEMĚDĚLSTVÍ S NÍZKÝMI EMISEMI SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

MITIGAČNÍ A ADAPTAČNÍ POTENCIÁL
TRVALE UDRŽITELNÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH SYSTÉMŮ

ZEMĚDĚLSTVÍ S NÍZKÝMI EMISEMI SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

MITIGAČNÍ A ADAPTAČNÍ POTENCIÁL
TRVALE UDRŽITELNÝCH ZEMĚDĚLSKÝCH SYSTÉMŮ

Zemědělství s nízkými emisemi skleníkových plynů

Niggli, U., Fliessbach, A., Hepperly, P. a Scialabba, N. 2009. Low Greenhouse Gas Agriculture: Mitigation and Adaptation Potential of Sustainable Farming Systems. FAO, duben 2009, Rev. 2 – 2009.

Výzkumný ústav ekologického zemědělství (FiBL): www.fibl.org

The Rodale Institute, USA: www.rodaleinstitute.org

FAO, odbor přírodních zdrojů a životního prostředí: www.fao.org/organicag

Tato studie byla původně vydána Organizací spojených národů pro výživu a zemědělství (FAO) v angličtině jako *Low Greenhouse Gas Agriculture- Mitigation and adaptation potential of sustainable farming systems*, 2009. Český překlad zajistil Bioinstitut – Institut pro ekologické zemědělství a udržitelný rozvoj krajiny. V případě nesrovnalostí je rozhodující originální jazyková verze.

Klasifikace a pojmenování použité v textu ani prezentace materiálu v tomto informačním produktu nevyjadřují názory Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství (FAO) na oficiální nebo rozvojový stav kteréhokoli státu, území, města nebo oblasti, nebo jejich úředních orgánů, ani vymezení jejich hranic. Zmínky o konkrétních firmách nebo výrobcích, ať již patentovaných či nikoli, neznamenají, že jsou organizací FAO jakkoli podporovány nebo doporučovány na úkor jiných firem či výrobků podobného charakteru, které zde zmíněny nejsou. Názory zde vyjádřené jsou názory autorů a nevyjadřují bezpodmínečně názory FAO.

České vydání připravil Bioinstitut, o. p. s. ve spolupráci s Českou technologickou platformou pro ekologické zemědělství.

Vydal: Bioinstitut

Autoři: Niggli, U., Fliessbach, A., Hepperly, P. a Scialabba, N.

Překlad: Ina Leckie

Korektura: Magdaléna Klimovičová

Redakce: Markéta Sáblíková

Grafika: pietro@bartoleschi.com (FAO), Milan Matoušek (CZ)

Titulní fotografie: Roberto Faidutti

Tisk: tiskárna EPAVA, Olomouc a.s.

Distribuce: Bioinstitut, o. p. s., Křížkovského 8, 771 47 Olomouc,

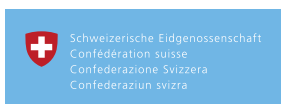
tel: 585 631 182, info@bioinstitut.cz, www.bioinstitut.cz

© Bioinstitut, 2011 (česká verze)

© FAO, 2009 (anglická verze)

ISBN 978-80-87371-11-4

Podpořeno z Programu
švýcarsko-české spolupráce
v rámci Fondu Partnerství

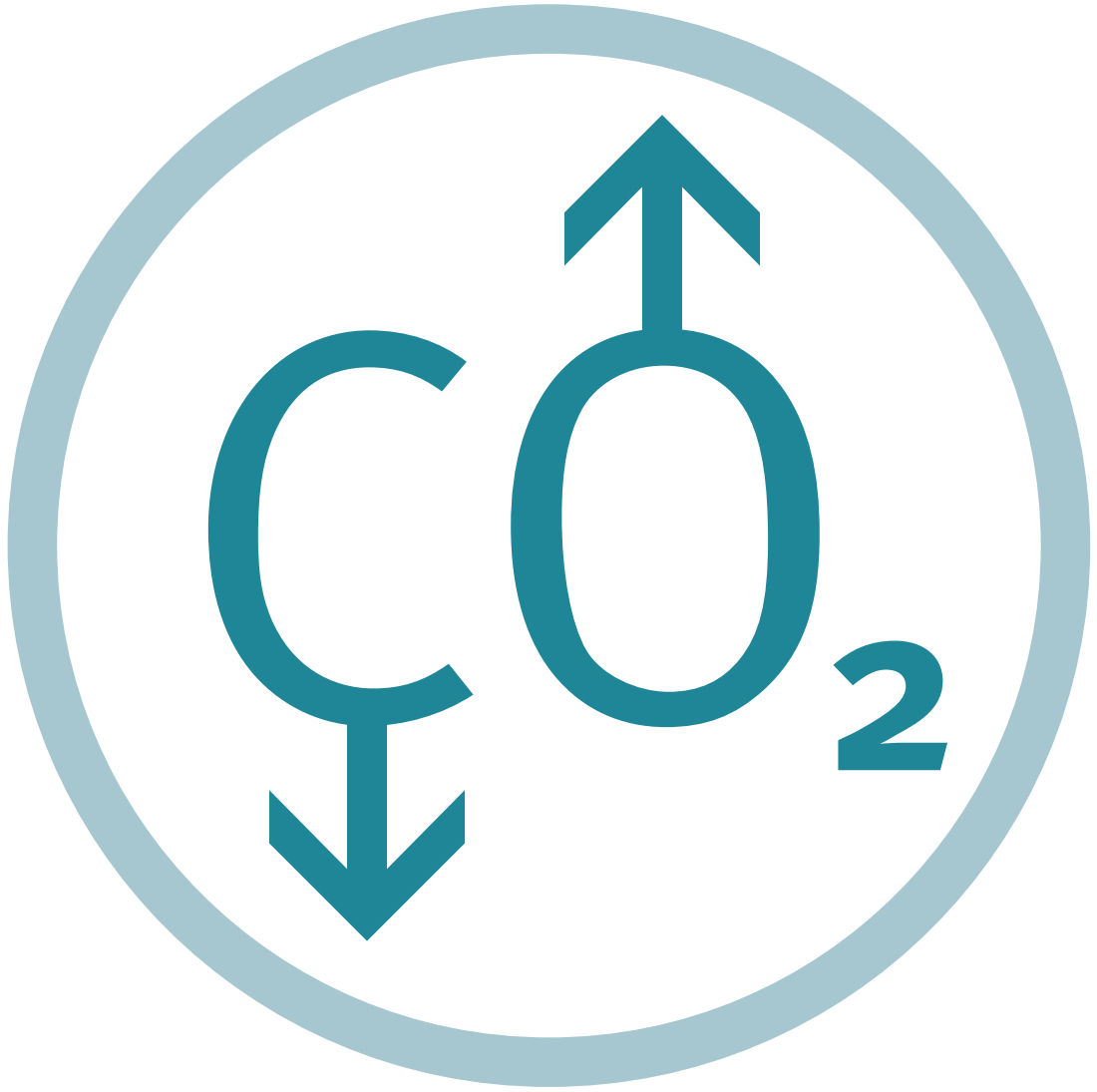


OBSAH

- 1 Úvod
- 1 Možnosti mitigace v zemědělské praxi a technologiích
- 11 Je zemědělství s nízkými emisemi skleníkových plynů reálné?
- 14 Potenciál ekologicky hospodařících farem přizpůsobit se změnám klimatu
- 16 Závěry
- 17 Literatura

Seznam tabulek a grafů

- 4 *Tabulka 1*
Globální vstupy dusíku a koloběh dusíku v zemědělství
- 5 *Tabulka 2*
Vstupy a výstupy ekologických a integrovaných zemědělských systémů pokusu DOK
- 7 *Tabulka 3*
Čistá nadzemní primární produkce a relativní potenciál globálního oteplování
- 10 *Tabulka 4*
Srovnání zisků a ztrát půdního uhlíku v různých zemědělských systémech v dlouhodobých polních pokusech
- 13 *Obrázek 1*
Zemědělské emise a mitigační potenciál



ÚVOD

Může zemědělství s nízkými emisemi skleníkových plynů (Green House Gases – GHG) vůbec fungovat? A je vlastně žádoucí? Při hledání odpovědí na tyto dvě základní, avšak nesmírně relevantní otázky, předložená studie prověřuje současné zemědělské postupy, které dává do souvislostí s vědeckými databázemi dlouhodobých polních pokusů a používá je jako případové studie zemědělství s nízkými emisemi skleníkových plynů. Navíc se zabývá změnami potřebnými k tomu, aby se zemědělské systémy s nízkými emisemi GHG staly realitou. Dále objasňuje adaptační kapacitu agroekologických zemědělských systémů a využívá přitom případové studie o ekologickém zemědělství z odborné literatury.

Emise způsobené zemědělstvím představují ročně 10–12 % veškerých emisí GHG, tedy 5,1 až 6,1 miliard tun ekvivalentu CO₂ (dále CO₂e) ročně. Smith, *et al.*, (2007) a Bellarby, *et al.*, (2008) navrhuje možnosti zmírňování, tedy mitigace emisí GHG s tím, že jak zemědělci, tak i tvůrci zemědělských politik se budou muset vypořádat s výzvami, které s sebou přinesou změny související s emisemi GHG. Mezi oblasti vyžadujícími zdokonalení se řadí např. bezorebný způsob pěstování plodin, agrolesnictví, integrovaná rostlinná a živočišná výroba a snižování externích vstupů ve výrobě potravin a zemědělství. Postupy, které nabízí ekologické zemědělství, stojí za to při těchto snahách zvážit.

MOŽNOSTI MITIGACE V ZEMĚDĚLSKÉ PRAXI A TECHNOLOGIÍCH

Čtvrtá hodnotící zpráva Mezivládního panelu pro změny klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) obsahuje důležitá doporučení ohledně možného zmírňování emisí GHG v zemědělství (Smith, *et al.*, 2007).

Předložená studie shrnuje doporučení IPPC (v níže uvedených čtyřech sekcích) a následně je porovnává s výsledky výzkumu ekologického zemědělství, aby bylo možno posoudit mitigační potenciál ekologického hospodaření. Ke čtyřem hlavním doporučením se řadí: osevňovací postupy a charakter zemědělského systému; management živin a hnojení; chov hospodářských zvířat, zlepšování využití pastvy a zásobování krmiv; péče o úrodnost půdy a obnova degradované půdy.

Osevňovací postupy a charakter zemědělského systému

Čtvrtá hodnotící zpráva IPCC doporučuje:

- zdokonalovat odrůdy plodin
- zařazovat do osevňovacích postupů víceleté plodiny
- využívat krycí plodiny (mezi následnými plodinami nebo mezi řádky) a neponechávat holé úhory
- zvyšovat produktivitu a užitek v rostlinné i živočišné výrobě
- osvojovat si takové způsoby hospodaření, které jsou méně závislé na vnějších vstupech (např. osevňovací postupy, v nichž jsou zastoupeny leguminózy)

Dvě ze současných priorit ekologického zemědělství – zvyšování produktivity rostlinné i živočišné výroby v podmínkách nízkých externích vstupů a výběr odrůd a plemen vhodných pro tyto podmínky – se zaměřují na několik z výše uvedených podmínek současně. Nový projekt NUE-CROPS, spadající pod 7. rámcový program EU pro výzkum a technologický rozvoj, má v oblasti šlechtění za cíl výběr takových odrůd pšenice, brambor, kukuřice a řepky, které umí využívat živiny co nejefektivněji. Bude se také zabývat kombinovanými účinky genotypu a způsobu pěstování na efektivitu využití živin plodinami, se zvláštním důrazem na systém ekologického hospodaření s omezenou orbou. Nejnovější genetický výzkum kukuřice a pšenice ukazuje, že správný výběr odrůd může v ekologickém zemědělství a v systému hospodaření s nízkými vstupy výrazně napomoci lepším výnosům a jejich stabilitě (Burger, *et al.*, 2008; Löschenberger, *et al.*, 2008). Další projekt EU, LowInputBreed (Chovy s nízkými vstupy), byl zahájen na jaře 2009 a klade si za cíl lepší využití účinku interakce genotypu a životního prostředí na genetický výsledek ve šlechtitelských programech ekologických systémů a systémů chovu zvířat s nízkými vstupy.

Intenzivní rostlinná výroba (často založená na monokulturách a vysoké produktivitě) je velkou měrou závislá na vnějších vstupech, jako jsou minerální hnojiva a pesticidy. Trvale udržitelné zemědělské postupy, jako např. ekologické zemědělství, takovou závislost na vstupech silně omezují pomocí:

- recyklace odpadů jako zdroje živin
- pěstování rostlin fixujících dusík
- zlepšování pěstebních systémů a údržby krajiny
- nepoužívání syntetických pesticidů
- integrace rostlinné a živočišné produkce do výrobního procesu jedné farmy a pěstování jetelotrávy pro výrobu krmiv, čímž se omezuje nákup krmivových koncentrátů

Aby se zamezilo ztrátám živin, které jsou v systémech s nízkými vstupy limitující, měla by být půda permanentně pokrytá plodinami v optimálním sledu. V ekologickém zemědělství je využívání krycích plodin a meziplodin jak tradiční, tak i moderní a známou praxí (Thorup-Kristensen, *et al.*, 2003). Holé úhory jsou naproti tomu nejen neproduktivní, ale navíc vykazují sklon ke ztrátám živin. Kupovaná hnojiva organického původu jsou drahá, a proto mají ekozemědělci důvod předcházet ztrátám živin nejen z hlediska ochrany životního prostředí, ale také z ekonomických důvodů.

Živiny pro trvale udržitelnou rostlinnou produkci je možno buď dodávat obohacováním půdy aplikacemi hnoje nebo kompostu, nebo pomocí fixace vzdušného dusíku leguminózami. Ve smyslu ekologické integrity, toku energie a zabezpečení potravin má dusík (N) z leguminóz trvale vyšší udržitelnou hodnotu než průmyslově vyrobený dusík (Crews a Peoples, 2004). Tyto živiny jsou částečně biologicky vázány a musejí být mineralizovány půdními mikrobiologickými procesy.

Produktivita v udržitelném zemědělství se dá zvýšit pomocí mnoha nepřímých opatření založených na zlepšování úrodnosti půdy a stimulaci funkcí rostlin a mikroorganismů v přirozených půdních procesech. Nejvýznamnější úlohu má přitom v půdě uhlík. Je důležitý pro půdní vlhkost a zároveň zvyšováním obsahu uhlíku respektive

půdní organické hmoty v půdě lze snižovat produkci skleníkových plynů unikajících do atmosféry. Posilování těchto půdních procesů za účelem zvýšení produktivity je pro ekologické hospodaření typické.

Při sekvestraci (zachycování a ukládání) uhlíku a solubilizaci minerálů (schopnost rozpouštět látky v čistém disperzním prostředí nerozpustné) hrají významnou úlohu mykorrhizní houby. Pěstování leguminóz jako meziplodin a podsevů je spolu se zařazováním hluboko a mělce kořenících plodin dalším způsobem, jak zvyšovat produktivitu a účinnost živin hospodařením se zdrojem dusíku uvnitř systému. Potřebný dusík může být dodáván jak symbiotickou, tak i nesymbiotickou fixací dusíku a také symbiotickou mykorrhizou za využití půdního fosforu a vody (Mäder, *et al.*, 2000; 2002). Integrace rostlinné a živočišné produkce a spolupráce mezi specializovanými farmami jsou základem pro recyklaci živočišných exkrementů a diverzifikaci produkce, a to především díky rozmanitosti pěstovaných plodin, pícnin a jetelotrav.

Management živin a hnojení

Čtvrtá hodnotící zpráva IPCC doporučuje:

- využívat efektivněji dusík (omezováním vyplavování a emisí oxidů dusíku)
- přizpůsobovat aplikaci hnojiv potřebám plodin (synchronizace)
- používat hnojiva s pomalým uvolňováním
- aplikovat N, když je zaručen jeho příjem
- dodávat N do půdy tak, aby se zlepšila jeho přístupnost
- zamezit nadbytečné aplikaci N
- využívat ochranných způsobů zpracování půdy a posklizňových zbytků
- snižovat nadbytečné obdělávání půdy; využívat minimalizačních technologií a bezorebného obdělávání půdy

V agroekosystémech je minerální dusík v mnoha případech hnací silou produktivity. Produktivita plodin se výrazně zvýšila díky vysokým vstupním dávkám rozpustných hnojiv – především dusíku – a syntetických pesticidů. Přesto např. v roce 2005 bylo plodinami spotřebováno pouhých 17 % z vyrobených 100 milionů tun dusíku. Zbytek se nějakým způsobem „vytratil“ do životního prostředí (Erisman, *et al.*, 2008). V období 1960 až 2000 poklesla účinnost využití dusíku pro produkci obilí z 80 na 30 % (Erisman, *et al.*, 2008).

Vysoký obsah nestabilního dusíku ve formě sloučenin (NH_4 , NO_3) v půdě může přispívat k emisím oxidů dusíku a tvořit tak podstatnou součást zemědělských emisí. Účinnost použitého hnojiva se při zvyšování dávek hnojení snižuje, protože velká část hnojiva není přijata rostlinou a namísto toho se dostává do vody nebo do ovzduší. V souhrnu pak v roce 2007 emise GHG z výroby a aplikace dusíkatých hnojiv z fosilních paliv dosahovaly 750 až 1 080 milionů tun ekvivalentu CO_2 (1 až 2 % celkových globálních emisí GHG). O 47 let dříve, v r. 1960 to bylo množství menší než 100 milionů tun CO_2 e.

Recyklací dusíku v zemědělském podniku, tedy používáním chlévské mrvy a plodin fixujících dusík, se zlepšuje kvalita půdy a obsah živin. Je to převládající postup v ekologickém hospodaření a v zemědělství s nízkými vstupy. Načasování a management použití dusíku jsou však zcela zásadní. Půdní mineralizační procesy by měly rostlinám dodávat prvky v době, kdy je rostliny nejvíce potřebují. S organickými hnojivy a zeleným hnojením, stejně jako s dusíkem z leguminóz, je možno hospodařit velmi přesně podle osevního postupu, který bude zahrnovat i krycí plodiny a meziplodiny (Thorup-Kristensen, *et al.*, 2003). Ztráty živin lze navíc redukovat zdokonalením systému aplikace hnojiv, jako např. injektáží kejdy do půdy nebo použitím hadicového aplikátoru. Všechny tyto techniky mohou být pro zemědělce náročné na znalosti a vyžadují konkrétní přízpusobení dané lokalitě. Dusík na ekofarmách je finančně mnohem náročnější než průmyslově vyráběný dusík, a to je silnou motivací ke snaze zamezovat jeho ztrátám a naučit se využívat recyklační techniky (Stolze, *et al.*, 2000).

Jak ukazuje tabulka č. 1, celosvětový potenciál dusíku dostupný pomocí recyklace a fixace je mnohem vyšší, nežli současná produkce syntetického dusíku. Využití chlévské mrvy přímo v zemědělském podniku (což je praxe, od níž se v konvenčním zemědělství čím dál více upouští) je nutno zvažovat ve světle klimatických změn. Zatímco konvenční farmy specializované pouze na rostlinnou produkci jsou závislé na vstupech syntetických dusíkatých hnojiv, hnůj a kejda z podniků zaměřených jen na živočišnou produkci se staly environmentálním problémem. V živočišných provozech vzniká nadbytek živin a může docházet i k přehnojování. Vyplavování živin pak vede ke znečišťování vody a vysokým emisím oxidu uhličitého (CO₂), oxidu dusného (N₂O) a metanu (CH₄). Koncept buď směšených farem, nebo úzké spolupráce mezi rostlinnou a živočišnou výrobou – který je běžný ve většině forem udržitelného zemědělství, především ekologického – může významnou měrou přispět jak k mitigaci klimatických změn, tak k adaptaci zemědělských systémů na ně. Různé druhy kompostu, obzvláště kompostovaný hnůj, jsou krom toho velmi užitečné pro stimulaci půdních mikrobiálních procesů a při tvorbě stabilních forem půdní organické hmoty (Fließbach a Mäder, 2000).

Zemědělské systémy s ekologickými cíli omezují buď množství použitého hnojiva (jako např. v integrovaném zemědělství) a/nebo počet hospodářských zvířat na plochu nebo nákup krmiv (v ekologickém zemědělství), a tak omezují vstup dusíku a dalších prvků do půdy. Míra aplikace dusíku v ekologickém zemědělství je obvykle o 60 až 70 % nižší než v konvenčním zemědělství díky recyklaci organických odpadů a hnojiv. Navíc omezená dostupnost dusíku v systémech ekologického zemědělství vyžaduje jeho pečlivé a účinné využití (Kramer, *et al.*, 2006), jak ukazuje tabulka č. 2.

Pimentel, *et al.*, (2005) uvádí, že výnosy biokukuřice a biosóji jsou srovnatelné s jejich konvenční produkcí. To dokazuje, že v závislosti na podmínkách prostředí může ekologická produkce plných plodin konkurovat konvenční, dokonce i ve vysokoprodukčních oblastech.

Mäder, *et al.*, (2002) uvádí zvýšenou účinnost vstupů v ekologickém zemědělství, kdy výnosy poklesly o méně než 20 %, zatímco vstupy hnojiv byly nižší o 50 až 60 % (tabulka č. 2).

Tabulka č. 1**Globální vstupy dusíku a koloběh dusíku v zemědělství**

Dusík získávaný průmyslovou výrobou (tzv. Haber-Boschovým procesem spalování fosilního paliva)	90 až 100 milionů tun N ročně	Erismán, <i>et al.</i> , 2008, IFA, 2009
Potenciální produkce dusíku z leguminóz jako meziplodin a krycích plodin (aniž by konkurovaly komerčním plodinám). Tento potenciál konvenční farmáři nevyužívají.	140 milionů tun N ročně	Badgley, <i>et al.</i> , 2007
Dusík z exkrementů 18,3 mld. hospodářských zvířat (FAO, celosvětový počet). Ve specializovaných zemědělských podnicích s výrazným oddělením rostlinné a živočišné produkce se dusík z hnoje a kejdy nevyužívá dostatečně.	160 milionů tun N ročně	Odhadnuto autory

Tabulka č. 2**Vstupy a výstupy ekologických a integrovaných zemědělských systémů pokusu DOK**

DOK — dlouhodobý polní pokus v Therwilu, Švýcarsko (údaje za roky 1977 až 2005)				
Parametr	Jednotka	Ekologické zemědělství	Integrované zemědělství s chlévskou mrvou	Ekologické v% z integrovaného
Vstup živin	kg N _{total} ha ⁻¹ rok ⁻¹	101	157	64
	kg N _{min} ha ⁻¹ rok ⁻¹	34	112	30
	kg P ha ⁻¹ rok ⁻¹	25	40	62
Aplikované pesticidy	kg K ha ⁻¹ rok ⁻¹	162	254	64
	kg ha ⁻¹ rok ⁻¹	1,5	42	4
Použité palivo	l ha ⁻¹ rok ⁻¹	808	924	87
Celkový výnos za 28 let	%	83	100	83
Objem půdní mikrobiální biomasy – „výstup“	t ha ⁻¹	40	24	167

(zdroj: Mäder, *et al.*, 2006)

Vstupy živin, organické hmoty, pesticidů a energie byly stejně jako výnosy kalkulovány na základě údajů za 28 let. Osevní postup byl: brambory, ozimá pšenice následovaná píceinou jako meziplodinou, zelenina (sója), ozimá pšenice (kukuřice), ozimý ječmen (jetelotravní směska pro produkci píce, ozimá pšenice), jetelotravní směs na píci, jetelotravní směs na píci. Plodiny v závorkách jsou alterace v 1 ze 4 osevních cyklů.

Nemecek, *et al.*, (2005) ukazuje, že emise GHG na plochu jsou v ekologických systémech o 36 % nižší než v systémech konvenčních. V přepočtu na kg produktu byly emise GHG nižší o 18 % z důvodu nižších (o 22 %) výnosů v sušině (tabulka č. 2). Většinu tohoto

rozdílu způsobily emise CO_2 a N_2O , které v obou případech souvisejí především s používáním minerálních hnojiv v konvenčním zemědělství.

Benchmarking (tj. vyhodnocování výkonu a srovnání s konkurencí): měřit emise GHG podle plochy, nebo podle objemu produkce?

Environmentální problémy – např. vyplavování dusičnanů do podzemních vod nebo pokles biodiverzity kvůli přehnojování a nadměrnému vypásání – jsou podstatou norem ekologického zemědělství pro počty zvířat a jejich omezování na dva kusy na hektar ve vysokoprodukčních oblastech. Dalším důvodem je welfare (pohoda zvířat), protože nižší počty kusů poskytují zvířatům větší volnost pohybu. Proto skutečným smyslem ekologicko-zemědělského paradigmatu je snižovat živočišnou produkci a zvyšovat pěstování plodin pro lidskou spotřebu. V tomto ohledu je pro porovnávání zemědělských systémů vhodnější vyhodnocování emisí GHG podle plochy než podle objemu produkce, především v kontextu klimatické změny a živočišné produkce.

Zákaz hnojení minerálním dusíkem a omezení dobytčích jednotek na hektar plochy jsou faktory významně snižující koncentraci snadno dostupného minerálního dusíku v půdě, a tím pádem také emisí N_2O . Také diverzifikované osevní postupy se zeleným hnojením zlepšují strukturu půdy a redukuje tak emise N_2O . Mathieu, *et al.*, (2006) zdůrazňuje, že vyšší obsah uhlíku v půdě může vést spíše k emisím N_2 než N_2O . Petersen, *et al.*, (2006) zaznamenává nižší emise z ekologického zemědělství v porovnání s konvenčním zemědělstvím v pěti evropských zemích. Flessa, *et al.*, (2002) v dlouhodobé studii z jižního Německa také prokazuje snížené emise N_2O v ekologickém zemědělství, ačkoli emise v souvislosti s výnosem se nezměnily.

Snížení potenciálu globálního oteplování (Global Warming Potential – GWP) ve srovnání s konvenčním zemědělstvím bylo potvrzeno také na holandských ekologických mléčných farmách a v oblastech s produkcí hrachu (Bos, *et al.*, 2006). Naopak vyšší emise GHG zjistili autoři u biozeleniny (např. pórku a brambor). V jiných studiích vykazovaly ekologicky pěstované brambory, rajčata a různá jiná zelenina (Öko-Institut, 2007) nižší emise GHG než srovnatelné konvenční plodiny. Naopak vyšší emise GHG zjistili autoři u bioplodin na pokusné farmě v bavorském Scheyernu (Německo) (Küstermann, *et al.*, 2007). Autoři také vyhodnotili emise GHG na 28 bavorských komerčních farmách s rostlinnou produkcí – ekologických i konvenčních – a zjistili stejné, v některých případech i vyšší hodnoty emisí v ekologickém zemědělství.

Tabulka č. 3

Čistá nadzemní primární produkce a relativní potenciál globálního oteplování

	Čistá primární produkce [kg ha ⁻¹ rok ⁻¹]	Sekvestrace C [kg CO ₂ – e ha ⁻¹ rok ⁻¹]	Čistý potenciál globálního oteplování [kg CO ₂ – e ha ⁻¹ rok ⁻¹]		Čistý potenciál globálního oteplování/čistá primární produkce [kg CO ₂ – e tuna ⁻¹]	
Konvenční obdělávání	9 240	0	1 140	100 %	123,38	100 %
Bezorebná metoda	9 190	1 100	140	12 %	15,23	12 %
Produkce s nízkými vstupy s krycí plodinou leguminózy	8 840	400	630	55 %	71,27	58 %
Ekologická produkce s krycí plodinou leguminózy	7 790	290	410	36 %	52,63	43 %

(zdroj: Robertson, *et al.*, 2000)

Tato čísla ukazují, jak důležité je zvolit správný soubor údajů, aplikovat vhodný model a definovat řádně hranice systému. Když se z hodnocení koloběhů na scheyernské pokusné farmě vyloučila sekvestrace uhlíku, byl GWP o 53 % vyšší v ekologickém systému při srovnání s konvenčním, avšak o 80 % nižší, když se brala v úvahu také sekvestrace uhlíku (Küstermann, *et al.*, 2007). Ve studii státní univerzity v Michiganu vypočítali Robertson, *et al.*, (2000), že čistý GWP v ekologických systémech je o 64 % nižší než v systémech konvenčních (tabulka č. 3). Vzhledem k nižší čisté primární produktivitě (o 16 %), pak byl GWP podle produktu nižší v ekologickém systému o 57 % oproti konvenčnímu.

Technika omezeného (minimálního) zpracování půdy, která se v ekologických systémech používá čím dál častěji a s větším úspěchem (Berner, *et al.*, 2008; Teasdale, *et al.*, 2007), podporuje sekvestraci uhlíku významnou měrou (viz tabulka č. 4). Na rozdíl od konvenčních bezorebných systémů však ekologické systémy s omezeným (minimálním) zpracováním půdy nevyžadují zvýšené vstupy herbicidů a syntetického dusíku.

Chov hospodářských zvířat, zlepšování využití pastvy a zásobování krmiv

Čtvrtá hodnotící zpráva IPCC doporučuje:

- omezovat emise v průběhu celého života chovaných zvířat
- chovat dojnice pro celoživotní užitkovost
- hospodařit a chovat zvířata v zájmu zvyšování produktivity
- do osevního postupu zařazovat hluboko kořenicí druhy rostlin
- začleňovat leguminózy do travních porostů (za účelem zvyšování produktivity)
- zabraňovat emisím metanu z hnojišť a nádrží na kejdu
- využívat bioplyn jako zdroj energie
- kompostovat hnůj

Metan tvoří asi 14 % veškerých emisí skleníkových plynů (Barker, *et al.*, 2007). Dvě třetiny metanových emisí pocházejí z enterické fermentace (trávicích pochodů) a z nakládání s chlévskou mrvou, a proto jsou přímo úměrné počtům hospodářských zvířat.

Na většině ekofarech v Evropě je rostlinná a živočišná produkce úzce spojena v tradičním smíšeném způsobu hospodaření nebo ve formě regionální spolupráce specializovaných farem nebo jejich poboček. Přihnojování travních porostů a pastvin chlévskou mrvou vede k nižším vstupům živin a také ke zmírňování environmentálních problémů, jako je např. vyplavování fosforu, průsaky dusíku do hlubších půdních horizontů nebo emise N_2O . Ekologické zemědělství má významný, i když ne vždy největší, vliv na redukci N_2O , protože počty hospodářských zvířat jsou v něm limitované (Weiske, *et al.*, 2006; Olesen, *et al.*, 2006).

Díky umírněnému hnojení směřují louky a pastviny ekologických farem k vyšší diverzitě. Právě v ekologických travních porostech pak kořeny různorodých druhů rostlin travních porostů dosahují různě hlubokých vrstev půdy, a tak lépe využívají půdní živiny. V travních porostech a na pastvinách v ekologickém zemědělství se hojně propagují leguminózy, protože zvyšují příjem dusíku půdou a obohacují píci o proteiny.

Údajů o živočišných emisích metanu je málo, zvláště těch o redukci emisí GHG od přežvýkavců a z chlévské mrvy. Někteří autoři (Beauchemin a McGinn, 2005) doporučují pro dobytek vysokoenergetické krmivo, aby se emise metanu snížily, jenže pak by se nevyužívala jedinečná schopnost přežvýkavců trávit objemové krmivo z pastvin. Navíc by se pak produkovalo maso a mléko s obsahem krmivových koncentrátů vyprodukovaných ve vzdálených zemědělských oblastech, ve kterých se intenzivně používá minerální dusík (významný emitore CO_2) a kde se produkují plodiny přednostně na krmivo než pro výrobu potravin, a to se všemi doprovodnými důsledky pro lidskou výživu.

Dalším pozitivním rozdílem mezi ekologickým a konvenčním chovem zvířat je to, že ekochovatelé usilují o dlouhověkost (Kotschi a Müller-Sämann, 2004). Poměr mezi neproduktivní fází mladých dobytčat a produktivním obdobím dojnic je v ekologickém zemědělství příznivý, protože počítáno z pohledu celkové délky života ekologicky chovaných dojnic, se do ovzduší dostane méně metanu. Na druhé straně by však nižší výnos mléka, způsobený vyšším poměrem objemových krmiv v jejich výživě, mohl zvyšovat objem emisí metanu vzhledem k výnosu.

Skladování a kompostování hnoje a organických zbytků na ekofarmách se v posledních letech výrazně zlepšilo. Použití moderních technik, jako je zakrývání, zpracování a mísení kompostu, zabraňuje vyplavování a omezuje emise N_2O . Kompostování hnoje může snížit emise CH_4 , ale také zvýšit emise N_2O z těchto kompostových hromad. Použití kompostu může v porovnání s nevyzrálým hnojem významně napomoci sekvestraci uhlíku v půdě. A konečně, CH_4 uvolňující se z kejdy je možno použít pro výrobu bioplynu, a tedy energie, což využívá mnoho udržitelně hospodařících farmářů.

Péče o úrodnost půdy a obnova degradované půdy

Čtvrtá hodnotící zpráva IPCC doporučuje:

- zakládat nebo obnovovat vegetační kryt na holé půdě
- zvyšovat úrodnost půdy dodáváním živin
- aplikovat takové substráty jako je kompost a hnůj
- brzdit půdní erozi a mineralizaci uhlíku pomocí půdoochranných technik, např. minimálním zpracováním půdy, bezorebnými technologiemi, obděláváním půdy po vrstevnicích, pěstování plodin v pásech, budováním teras
- ponechávat posklizňové zbytky jako pokryv
- chránit vodní zdroje
- sekvestrovat CO₂ zvyšováním obsahu organické hmoty v půdě

Ekologické zemědělství a bezorebné způsoby hospodaření už se těmito doporučeními řídí. Techniky zlepšování úrodnosti půdy, aplikace substrátů a ponechávání posklizňových zbytků, zamezování půdní eroze, ochrana vod a sekvestrace CO₂ se objevují jak v ekologickém zemědělství, tak i v konvenčním systému hospodaření. V dlouhodobých pokusech se hodnoty sekvestrace uhlíku značně liší (viz tabulka č. 2).

V polním pokusu DOK ve Švýcarsku (Mäder, *et al.*, 2002) ztratily během 28 let trvání pokusu konvenční plochy bez chovu zvířat 207 kg uhlíku na hektar a rok, zatímco biodynamické plochy zůstaly z pohledu obsahu organické hmoty v půdě stabilní (Fließbach, *et al.*, 2007).

V pokusech s faremními systémy Rodalova Institutu v Pensylvánii v USA bylo zjištěno, že ekologický způsob hospodaření využívající chlévskou mrvu sekvestroval 1 218 kg uhlíku na hektar a rok, ekologický čistě rostlinný systém na bázi leguminóz sekvestroval 857 kg a konvenční systém 217 kg (Pimentel, *et al.*, 2005).

Küstermann, *et al.*, (2008) porovnává 18 ekologických a 10 konvenčních farem v Bavorsku a s pomocí modelu REPRO spočítal, že roční sekvestrace na ekofarmách činí 402 kg uhlíku, kdežto konvenční farmy ztrácí 202 kg. Hepperly, *et al.*, (2008) odhaduje, že aplikace kompostu a krycích plodin v osevním postupu má výrazný vliv na zvýšení obsahu organické hmoty v půdě, dokonce i lepší než bezorebná technika (viz tabulka č. 4).

Zemědělství může pomoci zmírňovat klimatické změny buď omezením emisí GHG nebo sekvestrací atmosférického CO₂ v půdě. Použití zdokonalených zemědělských technik (např. ekologické zemědělství, půdoochranné metody zpracování půdy, agrolesnictví) omezuje nebo zastavuje půdní erozi a přeměňuje uhlíkové ztráty v zisk. Následně se z atmosféry odstraňuje značné množství CO₂. Ekologické zemědělství již nabízí účinné metody, jak obou těchto cílů dosáhnout, i když je stále ještě zapotřebí dalšího zdokonalování, především v oblasti metod omezeného obdělávání půdy.

Tabulka č. 4

Srovnání zisků a ztrát půdního uhlíku v různých zemědělských systémech v dlouhodobých polních pokusech

Polní pokus	Srovnávané komponenty	Zisk (+) nebo ztráta (-) uhlíku kg C ha ⁻¹ rok ⁻¹	Relativní výnosy následných osevních postupů
Pokus DOK ¹ , výzkumný ústav FiBL a federální výzkumný ústav Agroscope (Švýcarsko) (Mäder, <i>et al.</i> , 2002, Fliessbach, <i>et al.</i> , 2007) Běží od r. 1977	EZ, s kompostovanou chlévskou mrvou	+42	83 %
	EZ, s čerstvou chlévskou mrvou	-123	84 %
	Integrovaná výroba, s čerstvou chlévskou mrvou a minerálními hnojivy	-84	100 %
	Integrovaná výroba, bez hosp. zvířat, s minerálními hnojivy	-207	99 %
SADP, USDA-ARS, Beltsville, Maryland (USA) (Teasdale, <i>et al.</i> , 2007) Běžel od r. 1994 do r. 2002	EZ, s omezeným obděláváním	+810 až +1.738	83 %
	Konvenční zemědělství, bezorebný způsob	0	100 %
Rodale FST, Rodalův Institut, Kurtztown, Pensylvánie (USA,) (Hepperly, <i>et al.</i> , 2006; Pimentel <i>et al.</i> , 2005) Běží od r. 1981	EZ, s chlévskou mrvou	+1.218	97 %
	EZ, se zeleným hnojením na bázi bobovitých rostlin	+857	92 %
	Konvenční zemědělství	+217	100 %
Frick ² Trial, výzkumný ústav FiBL, (Švýcarsko) (Berner, <i>et al.</i> , 2008) Běží od r. 2002	EZ, s orbou	0	100 %
	EZ, s omezeným obděláváním	+879	112 %
Pokusná farma Scheyern ³ , Mnichovská Univerzita, Německo (Rühling, <i>et al.</i> , 2005), Běží od r. 1990	Ekologické zemědělství	+180	57 %
	Konvenční zemědělství	-120	100 %

1 V pokusu DOK začínaly všechny plochy se stejným obsahem organické hmoty v půdě (OHP). V ekologickém systému, kde se chlévská mrvka aplikovala v podobě kompostu, se obsah OHP mírně zvýšil, kdežto v EZ a v integrovaném systému využívajícím čerstvý hnůj obsah OHP mírně poklesl. V integrovaném systému s minerálními hnojivy (bez chovu zvířat) se ukázala výrazná roční ztráta uhlíku.

2 V pokusu Frick se porovnávají pouze ekologické systémy (orba versus omezené zpracování půdy). Součástí srovnání není žádná konvenční plocha.

3 V Scheyernu byla pokusná farma rozdělena na dvě části, konvenční a ekologickou. Ekologický osevní postup se odehrává na chudších půdách, což vysvětluje větší rozdíl ve výnosech.

JE ZEMĚDĚLSTVÍ S NÍZKÝMI EMISEMI SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ REÁLNÉ?

Globální emise GHG ze zemědělství dosahují hodnot 5,1 až 6,1 miliard tun ekvivalentu CO₂ (viz obr. 1, horní graf). Za předpokladu, že pěstební zemědělské systémy s ornou půdou i trvalými kulturami na celém světě mají potenciál sekvestrovat odhadovaných 200 kg C ha⁻¹ rok⁻¹ a pastevní systémy 100 kg C ha⁻¹ rok⁻¹, může celosvětová sekvestrace uhlíku dosáhnout 2,4 miliard tun CO₂e rok⁻¹. Tato minimální představa přechodu na ekologické zemědělství by dokázala ubrat 40 % globálních zemědělských emisí GHG. Lal (2004) udává podobné odhady: 1,4–4,4 miliard tun CO₂e rok⁻¹ a vychází přitom z předpokladu šetrného zemědělství.

Pokud by se zkombinovalo ekologické zemědělství s technikami minimálního zpracování půdy, sekvestrace na orné půdě by se snadno zvýšila na 500 kg ha⁻¹ rok⁻¹. Tento optimální ekologický scénář by ubral 4 miliardy tun CO₂e rok⁻¹ neboli 65 % emisí GHG ze zemědělství. Ve vyčerpaných půdách by hodnoty sekvestrace uhlíku mohly být ještě vyšší, avšak pouze po dobu potřebnou k dosažení nové rovnováhy. To naznačuje, že aplikace technik udržitelného zemědělství, které budují organickou hmotu v půdě, mají potenciál vyrovnávat velkou část zemědělských emisí, i když se jejich účinky časem mohou snižovat s tím, jak se zlepšuje půda. Dlouhodobé srovnávací polní pokusy v mírných podnebných pásích nevykazovaly žádné zpomalení sekvestrace po více než 30 let. Modelování sekvestračního potenciálu přechodu z konvenčního na ekologické zemědělství ve Skandinávii udává časový rozsah 50–100 let (Foerid a Høgh-Jensen, 2004).

Přechodem na ekologické zemědělství by se dalo zredukovat dalších přibližně 20 % zemědělských emisí GHG tím, že by se upustilo od použití průmyslově vyrobených dusíkatých hnojiv (obr. 1, spodní graf), jak je tomu na ekofarmách. To je povzbuzující číslo, které ukazuje, že zemědělství s nízkými emisemi GHG by v praxi bylo možné a zemědělská činnost by mohla být vůči klimatu neutrální.

Stoprocentní přechod na ekologické zemědělství by mohl vést ke globálnímu snížení výnosů. Podle různých studií by takové snížení výnosů v intenzivně obdělávaných regionech s nejlepšími geoklimatickými podmínkami mohlo dosahovat 30 až 40 %. V méně příznivých regionech se ztráty na výnosech blíží nule. V kontextu zemědělství fungujícího na principu samozásobení a v oblastech s periodickým kolísáním zásob vody (sucho, povodně) konkuruje ekologické zemědělství konvenčnímu a z pohledu výnosů jej často i převyšuje. Mnohé případové studie ukazují, že v porovnání s tradičním zemědělstvím fungujícím na principu samozásobení byly výnosy v ekologickém zemědělství až o 112 % vyšší díky osevním postupům, luskovinám a uzavřeným koloběhům. Údaje o konkurenceschopnosti a efektivitě ekologického zemědělství uvádí např. Badgley, *et al.*, 2007; Halberg, *et al.*, 2006; Sanders, *et al.*, 2007; a také UNEP-UNCTAD Capacity-building Task Force on Trade, Environment and Development, 2008.

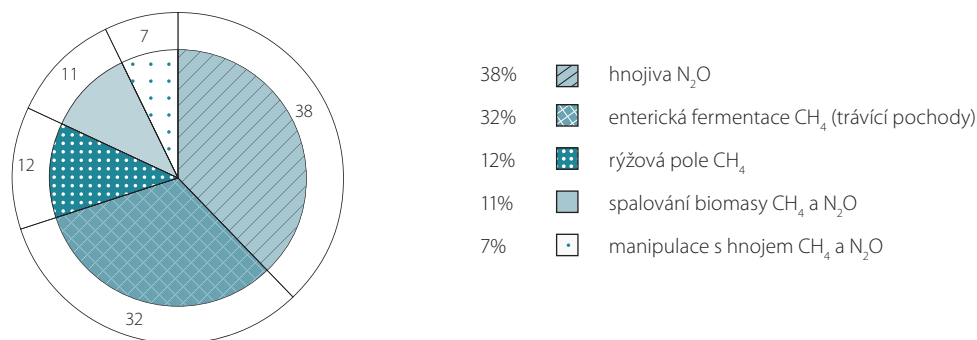
Ekologické zemědělství má obrovský potenciál, a to jak na základě doporučení čtvrté hodnotící zprávy IPCC, tak i pro zajištění potravin v budoucnosti. Tento pozitivní potenciál, vyjmenovaný v bodech níže, by měl být zvažován v budoucí strategii zmírňování změn klimatu v rámci zemědělské produkce.

- Ekologické zemědělství snižuje vodní a větrnou erozi stejně jako erozi způsobenou přílišným vypásáním až o 10 milionů hektarů ročně (Pimentel, 1995) – což je zásadní předpoklad pro zajištění potravin v budoucnosti
- Ekologické zemědělství je vhodný způsob, jak ozdravit chudé půdy, obnovit v nich obsah organické hmoty a obnovit produktivitu těchto půd
- Ekologické zemědělství je neodmyslitelně založeno na nižší intenzitě chovaných zvířat a je schopno kompenzovat nižší výnosy efektivnější rostlinnou produkcí. Poměr rostlinné a živočišné produkce je v ekologickém zemědělství ve smyslu využití ploch 1 : 7
- Potenciální produktivitu ekofarem a ekologicky udržované krajiny je možno výrazně zvýšit vědeckým agroekologickým výzkumem
- Ekologické zemědělství nabízí četné další přínosy, např. podporuje zemědělskou biodiverzitu, snižuje dopady zhoršování životního prostředí a zapojuje zemědělce do řetězce produkce potravin s vysokou přidanou hodnotou (komplexní studie viz Niggli, *et al.*, 2008)

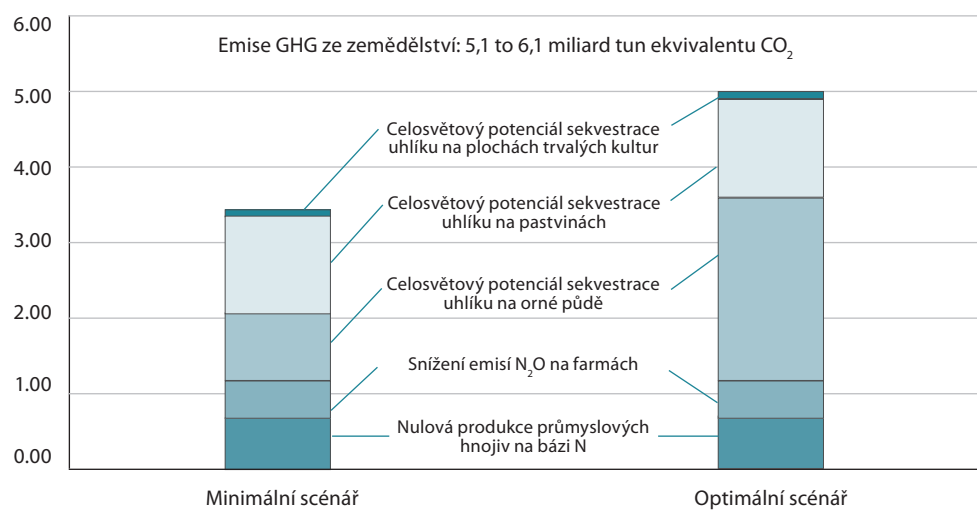
Obr. 1

Zemědělské emise a mitigační potenciál

Emise GHG ze zemědělského sektoru (Smith, *et al.*, 2007)



Potenciál redukce a mitigace emisí GHG



Emise GHG ze zemědělství činí 5,1–6,1 miliard tun ekvivalentu CO₂. Při zdokonaleném faremním hospodaření by se většina těchto emisí dala omezit, případně kompenzovat sekvestrací. Přejít na ekologické zemědělství by snížil používání průmyslově vyráběných hnojiv na bázi dusíku, kdy se uvolňuje 6,7 kg CO₂e na kilogram nezpracovaného materiálu a po dalších 1,6% N₂O z půdy. Rovněž by se mohla značně posílit sekvestrace CO₂ do půd. Pro minimální scénář jsme zvažovali sekvestraci zhruba 200 kg C ha⁻¹ rok⁻¹ pro ornou půdu a trvalé kultury a 100 kg C ha⁻¹ rok⁻¹ pro pastviny. Za optimálních podmínek se ekologické zemědělství zkombinuje s omezeným obděláváním orné půdy (sekvestrace 500 kg C ha⁻¹ rok⁻¹).

POTENCIÁL EKOLOGICKY HOSPODAŘÍCÍCH FAREM PŘIZPŮBIT SE ZMĚNÁM KLIMATU

V důsledku klimatických změn čelí zemědělství ve větší části světa nejen obtížněji předvídatelnému průběhu počasí, než tomu bylo v minulých stoletích, ale i převaze extrémních událostí počasí v budoucnu. Zemědělství zejména v jižní Africe a v Asii není na změny klimatu dobře připraveno (Lobell, *et al.*, 2008).

Z toho vyplývá, že se naše systémy pro produkci potravin musí zaměřit na budování odolnosti a také schopnosti přizpůsobit se teplejšímu klimatu. S tím, jak budou tyto nové vlastnosti nabývat na významu, povedou k větším inovacím v zemědělství i v potravinovém sektoru.

Znalosti a zkušenosti zemědělců jako klíč k adaptaci

Intenzivní zemědělství přehlíží tradiční schopnosti a znalosti. Naproti tomu ekologické zemědělství bylo odjakživa založeno na praktické šikovnosti farmářů, na jejich pozorování, na osobních zkušenostech a intuici – na tradičních systémech, které fungují, aniž by se spoléhaly na moderní vstupy. Tento „rezervoár“ praktických adaptačních znalostí (Tengö a Belfrage, 2004) je důležitý pro práci s komplexními agroekosystémy, pro šlechtění místně adaptovaného osiva, pro produkci faremních hnojiv (kompost, hnůj, zelené hnojení) a finančně nenáročných a na přírodní bázi vyvinutých pesticidů.

Zlepšování kvality půdy

Zemědělské postupy, které uchovávají a zvyšují úrodnost půdy, jsou významné pro budoucnost zemědělství a produkci potravin. Se stoupající globální teplotou můžeme očekávat nepravidelné deště, sucha a záplavy. Půdní organická hmota může napomáhat zmírňovat nebo zamezovat jejich negativním dopadům a současně zvyšovat primární produkci plodin.

Ekologicky obhospodařované půdy dokážou zadržovat mnohem více vody, a to díky tomu, že organická hmota v nich obsažená se chová jako houba. V důsledku této vlastnosti byla například v těžkých hlinitých půdách v mírném klimatu ve Švýcarsku zjištěna o 20 až 40 % vyšší stabilita struktury ekologicky obhospodařovaných půd, než tomu bylo u půd konvenčních (Mäder, *et al.*, 2002). V různých dlouhodobých polních pokusech v USA byl obsah organické hmoty v ekologicky obhospodařovaných půdách výrazně vyšší než v půdách konvenčních a stabilita půdy se zlepšila (Marriott a Wander, 2006). Vyšší obsah organické hmoty a biomasy v půdách také snižuje tendenci půd podléhat erozi (Reganold, *et al.*, 1987; Siegrist, *et al.*, 1998).

V pokusu – Rodale Farming System Trial – Rodalova Institutu v USA byl naměřen o 15 až 20 % vyšší průsak vody horní vrstvou půdy (36 cm) v ekologickém systému než

v konvenčním. Ekologicky obhospodařované půdy zadržovaly 816 000 litrů vody na hektar ve svrchních 15 cm půdy. Tato zásobárna vody přinesla značně vyšší výnosy kukuřice a sójových bobů v suchých letech (Lotter, *et al.*, 2003; Pimentel, *et al.*, 2005). V podmínkách, kde jsou zásoby vody během vegetačního období omezené, se výnosy na ekofarmách vyrovnají výnosům z konvenčního hospodaření, nebo je i převyšují. Metaanalýza 133 vědeckých prací (Badgley, *et al.*, 2007) ukázala, že ekologické zemědělství je schopné konkurence především v podmínkách s nižšími výnosy, které jsou běžné v rozvojových zemích. Tyto poznatky jen zdůrazňují fakt, že postupy ekologického zemědělství založené na péči o úrodnost půdy pomocí zeleného hnojení, leguminózních směsek, kompostování a recyklaci chlévské mrvy, by mohly značně přispívat ke snižování objemu skleníkových plynů a současně zvyšovat celosvětovou produkci potravin.

V době přivalových dešťů je zadržování vody na ekologických plochách oproti konvenčním dvojnásobné (Lotter, *et al.*, 2003). To výrazně snižuje riziko záplav, což je efekt, který by při uplatňování ekologického zemědělství v širším měřítku mohl být velmi významný.

Sledování biodynamických systémů v Indii prokázalo o 30 až 50 % nižší potřebu zavlažování. Lepší struktura půdy, drobovitost, provzdušnění a propustnost, menší objemová hmotnost, vyšší obsah organické hmoty, respirace (související s mikrobiální aktivitou v půdě), více žížal a hlubší vrstva ornice – to všechno jsou faktory spojené s nižší potřebou zavlažování (Proctor a Cole, 2002).

Ze zkušeností s degradovanou půdou v suchých tropických oblastech vyplývá, že produktivitu zemědělství je možno posílit technikami zvyšování úrodnosti půdy. V provincii Tigray, jedné z nejvyprahlejších oblastí Etiopie, byla zemědělská produktivita zdvojnásobena zúrodnovacími technikami, jako je aplikace kompostu a začlenění leguminóz do osevních postupů. Obnovou půdní úrodnosti narostly výnosy na úrovni farem i celého regionu mnohem více než po použití nakupovaného minerálního hnojiva (Edwards, 2007).

Biodiverzita a adaptace na změny klimatu

Ekologické zemědělství významně posiluje diverzitu krajiny, diverzitu ploch, agrobiodiverzitu i diverzitu zemědělských aktivit (Niggli, *et al.*, 2008), a tím posiluje odolnost ekofarek vůči nepředvídatelným výkyvům počasí způsobovaným změnami klimatu (Bengtsson, *et al.*, 2005; Hole, *et al.*, 2005).

Systémy ekologického zemědělství stavějí na základech zachování a zvyšování diverzity tím, že používají pestrou skladbu plodin, osevních postupů a smíšené systémy hospodaření. Posílená biodiverzita redukuje napadení škůdci (Zehnder, *et al.*, 2007; Wyss, *et al.*, 1995; Pfiffner, *et al.*, 2003 a, b). Podobně také pestré agroekosystémy redukuje choroby zvířat a rostlin a zároveň zlepšují využití vody a živin v půdě (Altieri, *et al.*, 2005).

ZÁVĚRY

Vzhledem k rostoucímu znepokojení z uvolňování atmosférických skleníkových plynů, hospodářského růstu a dostupnosti fosilních paliv a také ze zhoršování životního prostředí a podmínek pro zdravý život, je třeba přesunout se od silné závislosti na velkém objemu chemických vstupů k intenzivně biologicky podloženým postupům v zemědělství a produkci potravin.

Biologická pestrost je pro ekologické systémy produkce potravin klíčová. Mnoho principů ekologického zemědělství je možno použít ke zlepšení všech zemědělských systémů včetně konvenčních.

Trvale udržitelné a ekologické zemědělství nabízí mnohé možnosti, jak omezit skleníkové plyny a působit proti změnám klimatu. Například oproti konvenčnímu zemědělství založenému na chemikáliích má ekologické zemědělství o 25 až 50 % nižší požadavky na vstupy energie. Redukce skleníkových plynů jejich sekvestrací v půdě má dokonce ještě větší potenciál zmírňovat klimatické změny. Uhlík se sekvestruje zvyšováním obsahu organické hmoty v půdě. Posilování půdní sekvestrace uhlíku je žádoucí v živočišné i v rostlinné výrobě bez ohledu na výši výnosů. Zlepšování kvality půdy je však důležité především pro zemědělství v rozvojových zemích, kde vstupy v podobě minerálních hnojiv a pesticidů nejsou snadno dostupné, jsou příliš nákladné, vyžadují speciální techniku, a vědomosti potřebné pro jejich správnou aplikaci nejsou obecně rozšířeny.

Produktivní a ekologicky udržitelné zemědělství je zásadním předpokladem k tomu, abychom se mohli zbavovat kompromisů v otázkách zabezpečení potravin, klimatických změn a degradace ekosystémů. V tomto smyslu představuje ekologické zemědělství multifunkční strategii zaměřenou na více cílů. Nabízí ověřený alternativní koncept, který vcelku úspěšně zavádí stále větší počet zemědělských podniků a potravinářských produkčních řetězců. V současné době hospodaří ekologicky 1,2 milionu zemědělců na 32,2 milionech hektarů půdy (Willer a Kilcher, 2009).

Mnohé prvky ekologického zemědělství se dají využít i v jiných udržitelných zemědělských systémech. Systémově orientovaný a participativní koncept ekologického zemědělství, kombinovaný s novými udržitelnými technologiemi (jako např. s metodami bezorebného zpracování půdy), nabízí tolik potřebná řešení otázek změny klimatu.

LITERATURA

- Altieri, M. A., Ponti, L. and Nicholls, C. (2005):** Enhanced pest management through soil health: toward a belowground habitat management strategy. *Biodynamics* (Summer) p. 33–40.
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Avilés-Vázquez, K., Samulon, A., Perfecto, I. (2007):** Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22, p. 86–108.
- Barker T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnæs, G.J. Heij, S. Kahn Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakicenovic, H.-H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, D. Zhou (2007):** Technical Summary. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at www.mnp.nl/ipcc/pages_media/FAR4docs/final_pdfs_ar4/TS.pdf
- Beauchemin, K.A., McGinn, S.M. (2005):** Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *Journal of Animal Science* 83, p. 653–661.
- Bellarby, J., Foeroid, B., Hastings, A., Smith, P. (2008):** Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential, Greenpeace International, Amsterdam (NL), 44 p.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. and Weibull, A.-C. (2005):** The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42, p. 261–269.
- Berner, A., Hildermann, I., Fließbach, A., Pfiffner, L., Niggli, U., Mäder, P. (2008):** Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil & Tillage Research* 101, p. 89–96.
- Bos, J.F.F.P.; de Haan, J.J.; Sukkel, W. and Schils, R.L.M. (2007):** Comparing energy use and greenhouse gas emissions in organic and conventional farming systems in the Netherlands. Paper presented at the 3rd QLIF Congress: Improving Sustainability in Organic and Low Input Food Production Systems, University of Hohenheim, Germany, March 20–23, 2007.
- Burger, H., Schloen, M., Schmidt, W., Geiger, H.H. (2008)** Quantitative genetic studies on breeding maize for adaptation to organic farming. *Euphytica* 163, p.501–510.
- Crews, T. E. and Peoples, M. B. (2004)** Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 102, p. 279–297.
- Edwards, S. (2007):** The impact of compost use on crop yields in Tigray, Ethiopia. Institute for Sustainable Development (ISD). Proceedings of the International Conference on Organic Agriculture and Food Security. FAO, Rom. Obtainable at: <ftp://ftp.fao.org/paia/organicag/ofs/02-Edwards.pdf>

- Erisman, J.W., Sutton, M.A., Galloway, J., Klimont, Z., Winiwarter, W. (2008):** How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience* 1, 636-639.
- Flessa, H., Ruser, R., Dörsch, P., Kamp, T., Jimenez, M.A., Munch, J.C., Beese, F. (2002):** Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91, p. 175-189.
- Fließbach, A., and Mäder, P. (2000):** Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. *Soil Biology & Biochemistry* 32, p. 757-768.
- Fließbach, A., Oberholzer, H.-R., Gunst, L., Mäder, P. (2007):** Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118, p. 273-284.
- Foereid, B. and Høgh-Jensen, H. (2004):** Carbon sequestration potential of organic agriculture in northern Europe – a modelling approach. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 68, No. 1, p. 13-24.
- Halberg; Niels Timothy B. Sulser; Henning Høgh Jensen; Mark W. Rosegrant; Marie Trydeman Knudsen (2006)** The impact of organic farming on food security in a regional and global perspective. CABI Publishing.
- Hepperly, P., Douds Jr., D., Seidel, R. (2006):** The Rodale farming systems trial 1981 to 2005: long term analysis of organic and conventional maize and soybean cropping systems. In: Long-term field experiments in organic farming. Raupp, J., Pekrun, C., Oltmanns, M., Köpke, U. (eds.). p. 15-32. International Society of Organic Agriculture Research (ISOFA), Bonn.
- Hepperly, P., Moyer, J., Pimentel, D., Douds Jr, D., Nichols, K. And Seidel, R. (2008)** Organic Maize/Soybean Cropping Systems Significantly Sequester Carbon and Reduce Energy Use. In: Neuhoff, D. et al.: (Eds): *Cultivating the Future Based on Science. Volume 2 – Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic Agriculture. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISOFA), held at the 16th IFOAM Organic Congress in Cooperation with the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) and the Consorzio ModenaBio, 18 – 20 June 2008 in Modena, Italy.*
- Hole, D.G., A.J. Perkins, J.D. Wilson, I.H. Alexander, P.V. Grice and A.D. Evans (2005):** Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122, p. 113-130.
- Hülsbergen, K.-J., Küstermann, B. (2008):** Optimierung der Kohlenstoffkreisläufe in Ökobetrieben. *Ökologie und Landbau* 145, p. 20-22.
- IFA, 2009: <http://www.fertilizer.org>
- Kotschi J and Müller-Sämman K (2004):** The Role of Organic Agriculture in Mitigating Climate Change – a Scoping Study. IFOAM. Bonn, 64 p.

- Kotschi, J.** (2006). Coping with Climate Change, and the Role of Agrobiodiversity. Conference on International Agricultural Research for Development. Tropentag 2006 University of Bonn. October 11-13, 2006.
- Kramer, S.B., Reganold, J.P., Glover, J.D., Bohannon, B.J.M., Mooney, H.A.** (2006): Reduced nitrate leaching and enhanced denitrifier activity and efficiency in organically fertilized soils. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 103, p. 4522-4527.
- Küstermann, B., Kainz, M., Hülsbergen, K.-J.** (2008): Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food Systems* 23, p. 38-52.
- Küstermann, B., Wenske, K. and Hülsbergen, K.-J.** (2007): Modellierung betrieblicher C- und N-Flüsse als Grundlage einer Emissionsinventur [Modelling carbon and nitrogen fluxes for a farm based emissions inventory]. Paper presented at Zwischen Tradition und Globalisierung – 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart, Deutschland, 20-23.03.2007. Archived at <http://orgprints.org/9654/>
- Lal, R.** (2004): Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304, p. 1623-1627.
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and Naylor, R. L.** (2008): Prioritizing Climate Change Adaptation. Needs for Food Security in 2030. *Science* 319, p. 607 – 610.
- Löschenberger, F., Fleck, A., Grausgruber, H., Hetzendorfe, H., Hof, G., Lafferty, J., Marn, M., Neumayer, A., Pfaffinger, G., Birschitzky, J.** (2008) Breeding for organic agriculture: the example for winter wheat in Austria. *Euphytica* 163, p. 469-480.
- Lotter, D., Seidel, R. & Liebhardt, W.** (2003): The Performance of Organic and Conventional Cropping Systems in an Extreme Climate Year. *American Journal of Alternative Agriculture* 18, p. 146-154.
- Mäder, P., Edenhofer, S., Boller, T., Wiemken, A., Niggli, U.** (2000): Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic, biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation. *Biology and Fertility of Soils* 31, p. 150-156.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U.** (2002): Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296, p. 1694-1697.
- Mäder, P., Fließbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Jossi, W., Widmer, F., Oberson, A., Frossard, E., Oehl, F., Wiemken, A., Gattinger, A., Niggli, U.** (2006): The DOK experiment (Switzerland). In: Long-term field experiments in organic farming. Raupp, J., Pekrun, C., Oltmanns, M., Köpke, U. (eds.). p 41-58. Koester, Bonn.
- Marriott, E.E., Wander, M.M.** (2006): Total and labile soil organic matter in organic and conventional farming systems. *Soil Science Society of America Journal* 70, p. 950-959.
- Mathieu, O., Lévêque, J., Hénault, C., Milloux, M.-J., Bizouard, F., Andreux, F.** (2006): Emissions and spatial variability of N₂O, N₂ and nitrous oxide mole fraction at the field scale, revealed with ¹⁵N isotopic techniques. *Soil Biology & Biochemistry* 38, p. 941-951.

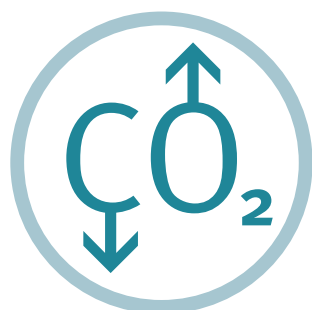
- Nemecek, T., Huguenin-Elie, O., Dubois, D., Gaillard, G. (2005): Ökobilanzierung von Anbausystemen im Schweizerischen Acker- und Futterbau. Schriftenreihe der FAL 58. FAL Reckenholz, Zürich.
- Niggli, U., Fließbach, A., Schmid, H. and Kasterine, A. (2007): Organic farming and climate change. International Trade Centre UNCTAD/WTO, Geneva, 27 p.
- Niggli, U., Hepperly, P., Fließbach, A., and Mäder, P. (2008) Does Organic Farming have Greater Potential to Adapt to Climate Change? In: Neuhoﬀ, D. et al.: (Eds): Cultivating the Future Based on Science. Volume 2 – Livestock, Socio-economy and Cross disciplinary Research in Organic Agriculture. Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR), held at the 16th IFOAM Organic Congress in Cooperation with the International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) and the Consorzio ModenaBio, 18 – 20 June 2008 in Modena, Italy, p. 586-589.
- Niggli, U., Slabe, A., Schmid, O., Halberg, N. And Schlueter, M. (2008) Vision for an Organic Food and Farming Research Agenda to 2025. Organic Knowledge for the Future. http://www.tporganics.eu/upload/TPOrganics_VisionResearchAgenda.pdf, 44 p.
- Öko-Institut (2007): Arbeitspapier: Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Authors: Fritsche U. and Eberle U. Öko-Institut Darmstadt. Download at the Öko-Institut Homepage at <http://www.oeko.de/oekodoc/328/2007-011-de.pdf>
- Olesen, J.E., Schelde, K., Weiske, A., Weisbjerg, M.R., Asman, W.A.H., Djurhuus, J. (2006): Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112, p. 207-222.
- Petersen, S.O., Regina, K., Pöllinger, A., Rigler, E., Valli, L., Yamulki, S., Esala, M., Fabbri, C., Syväsalo, E., Vinther, F.P. (2005): Nitrous oxide emissions from organic and conventional crop rotations in five European countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112, p. 200-206.
- Pfiffner, L. und Luka, H. (2003a): Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders – a paired farm approach. *Basic and Applied Ecology* 4, p. 117-127.
- Pfiffner, L.; Merkelbach, L. & Luka, H. (2003b): Do sown wildflower strips enhance the parasitism of lepidopteran pests in cabbage crops? *International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palaearctic Regional Section Bulletin* 26, p. 111-116.
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., Seidel, R. (2005): Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience* 55, 573-582.
- Pimentel, D.; Harvey, C.; Resosudarmo, P.; Sinclair, K.; Kurz, D.; McNair, M.; Crist, S.; Shpritz, L.; Fitton, L.; Saffouri, R. & Blair, R. (1995). Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, 267, p. 1117-1123.
- Proctor P. and Cole G. (2002) *Grasp the Nettle: Making Biodynamic Farming and Gardening Work*. Random House Publishing, New Zealand.

- Reganold, J.P.; Elliot, L.F. and Unger, Y.L.** (1987). Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature* 330, p. 370-372.
- Robertson, G.P., Paul, E.A., Harwood, R.R.** (2000): Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science* 289, p. 1922-1925.
- Rühling, I., Ruser, R., Kölbl, A., Priesack, E., Gutser, R.** (2005): Kohlenstoff und Stickstoff in Agrarökosystemen. In: *Landwirtschaft und Umwelt – ein Spannungsfeld*. Osinski, E., Meyer-Aurich, A., Huber, B., Rühling, v., Gerl, G., Schröder, P. (eds.). p. 99-154. Ökom Verlag, München.
- Sanders, J.** (2007) Economic impact of agricultural liberalisation policies on organic farming in Switzerland. PhD thesis, Aberystwyth University.
- Siegrist, S., Staub, D., Pfiffner, L. and Mäder, P.** (1998) Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69, p. 253-264.
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko** (2007): Agriculture. In *Climate Change (2007): Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Available at http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/FAR4docs/final_pdfs_ar4/Chapter08.pdf
- Soil Association** (2008) Nitrogen Fertiliser and Climate Change. 5p.
- Stolze, M., Piorr, A., Haring, A., Dabbert, S.** (2000) The Environmental Impacts of Organic Farming in Europe – Organic Farming in Europe: Economics and Policy, vol. 6. University of Hohenheim, Stuttgart.
- Teasdale, J.R., C.B. Coffmann and Ruth W. Magnum** (2007): Potential Long-Term Benefits of No-Tillage and Organic Cropping Systems for Grain Production and Soil Improvement. *Agronomy Journal*: 99, p. 1297-1305.
- Tengö, M. and Belfrage, K.** (2004): Local management practices for dealing with change and uncertainty: a cross-scale comparison of cases in Sweden and Tanzania. *Ecology and Society*, 9. online: www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art4.
- Thorup-Kristensen, K., Magid, J. and Jensen, L.S.** (2003) Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy* 79, 227-302.
- UNEP-UNCTAD Capacity-building Task Force on Trade, Environment and Development** (2008) Organic Agriculture and Food Security in Africa. http://www.unep-unctad.org/cbtf/publications/UNCTAD_DITC_TED_2007_15.pdf
- Weiske, A., Vabitsch, A., Olesen, J.E., Schelde, K., Michel, J., Friedrich, R., Kaltschmitt, M.** (2006): Mitigation of greenhouse gas emission in European conventional and organic dairy farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112, p. 221-232.

Willer, H. and Kilcher, L. (Eds.) (2009) The of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2009. IFOAM, DE-Bonn and FiBL, CH-Frick.

Wyss, E, Niggli, U and Nentwig, W (1995) The impact of spiders on aphid populations in a strip-managed apple orchard. *J. Appl. Ent.* 119, p. 473-478.

Zehnder, G., Gurr, G.M., Kühne, S., Wade, M.R., Wratten, S.D. and Wyss, E. (2007) Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology*, 52, p. 57-80.



*Vytištěno v České republice
na recyklovaném papíře
v červnu 2011.*



www.fao.org/organicag
www.bioinstitut.cz
www.ctpez.cz

ISBN 978-80-87371-11-4