

Problém

Nevhodné způsoby orby vedly ke zhutnění půdy. Také omezení vápnění a organické hnojení v posledních letech způsobilo snížení organického uhlíku v půdě a zhoršení struktury půdy. Důsledkem těchto účinků je omezené pronikání vody do půdy, což vede k erozi a odtoku vody. Tyto skutečnosti byly hlavním důvodem pro snížení intenzity půdní orby.

Navrhované řešení

Cílem experimentu v místě studie bylo porovnat různé intenzity půdní orby a způsoby hnojení s vlastnostmi půdy a plodin na orné půdě. Způsoby zpracování půdy byly

- Orba pomocí radličného pluhu až do 22 cm – přeměna zbytků plodin na půdu (CT - konvenční orba)
- Orba pomocí dlátového pluhu do 10 cm - ponechání min. 30 % zbytků plodin na povrchu (MT - minimální orba)
- Bez jakéhokoli zpracování půdy – ponechání všech zbytků plodin na povrchu (ZT-nulová orba)

Tyto způsoby zpracování půdy jsou prováděny od roku 1995.

Experimentální pozemky se nachází v místě studie Výzkumného ústavu rostlinné výroby (Crop Research Institute), Praha-Ruzyně (nadmořská výška 360m, kontinentální klimatické pásmo).



Návrh experimentu

Experimentální ošetření půdy se skládalo ze 3 způsobů půdní orby x 5 typů hnojiv = 15 ZPŮSOBŮ OŠETŘENÍ PŮDY

Konvenční orba (KO)	Minimální orba (MO)	Nulová orba (NO)
---------------------	---------------------	------------------

- 1: Kontrola (0 kg N/ha)
- 2: 2 x vápenatý dusičnan amonný (CAN)
- 3: 2 x močovina
- 4: 2 x močovina s inhibitorem ureázy (UREAstabil, na obrázcích „Us“)
- 5: Vápenatý dusičnan amonný + dusičnan amonný s močovinou

Střídání plodin bylo: hrášek - ozimá pšenice - řepka olejka - ozimá pšenice

Byla provedena následující měření:

- Fyzikální - objemová hustota, aerace (provzdušnění půdy), vlhkost, teplota
- Chemická - pH, mineralizační schopnost, distribuce živin
- Biologická - obsah SOC, mikrobiální aktivita biomasy

CT	MT		ZT	
1d	1d		1c	
3d	3d	O	2d	O
5d	5d	T	4d	T
		H		H
		E		E
4d	4d	R	3d	R
2d	2d			
		P	5c	P
3c	3c	R	2c	R
1b	1b	O	1b	O
		J	3c	J
4c	4c	E	4c	E
2c	2c	C	5b	C
5c	5c	T		T
3b	3b		2b	
4b	4b			
			4b	
5b	5b		3b	
2b	2b			
1a	1a		1a	
5a	5a		5a	
4a	4a		4a	
3a	3a		3a	
2a	2a		2a	



Konvenční orba



Minimální orba



Nulová orba

Experiment na studijním místě v České republice: ÚČINKY ORBY A HNOJENÍ NA PLODINY

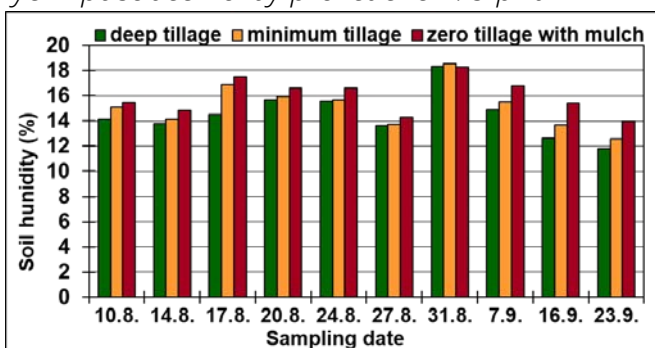
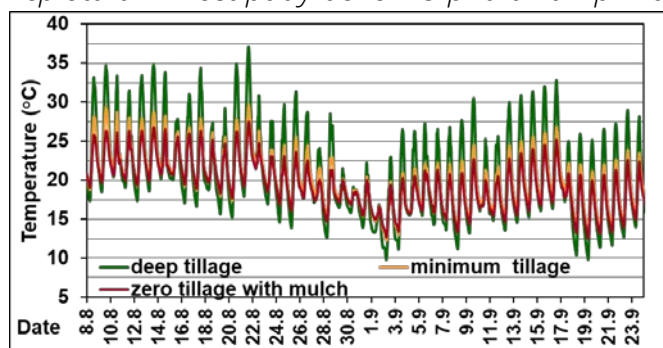
Výsledky

Teplota a vlhkost půdy

Minimální půdní orba a zejména ponechání zbytků rostlin na povrchu půdy snižují v letních měsících vodní a větrnou erozi, odpařování a zahřívání půdy.

Vyšší vlhkost půdy při minimální nebo nulové orbě během léta a podzimu zlepšuje podmínky pro růst ozimých plodin. Rychlejší a vyváženější růst je pozorován na místech minimální orby spíše než na místech konvenční orby. Čím sušší podzim, tím větší jsou rozdíly. Při nulové orbě má vyšší vlhkost příznivý vliv na růst plodin, ale nižší teplota půdy má opačný účinek.

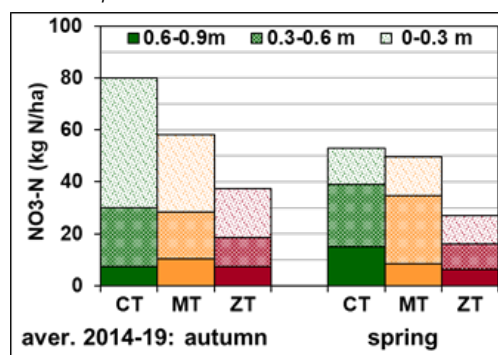
Teplota a vlhkost půdy během srpna a září při různých způsobech orby provedené 7. srpna



Mineralizace a uvolňování živin v půdě

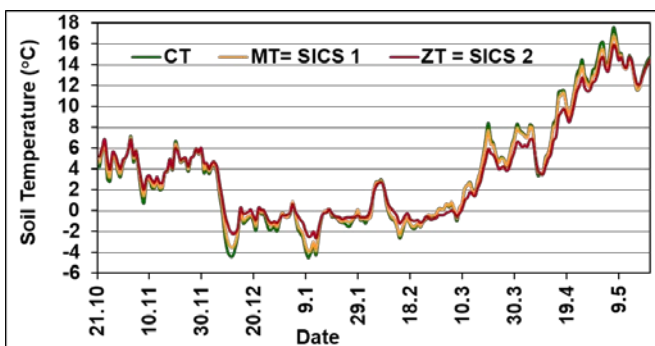
Nižší intenzita půdní orby také znamená nižší uvolňování živin v půdě. Pozitivní je nižší tvorba dusičnanů v půdě s minimální nebo nulovou orbou, pokud nejsou na podzim vysety ozimé plodiny, které spotřebovávají značné množství dusíku (např. zimní řepka). Nižší obsah dusičnanů v půdě před zimou, nižší riziko vyplavování dusičnanů během nevegetačního období

Obsah dusičnanového dusíku v půdním profilu před zimou a po zimě



Pomalé ohřívání půdy a mineralizace u nulové orby vede k pozdějšímu a pomalejšímu začátku jarní vegetace rostlin. Včasná aplikace regenerační dávky dusíku je zde významnější než u konvenční orby a minimální orby. Při dlouhodobém sledování je biomasa ozimé pšenice (rostlin) a absorpce dusíku rostlinami při nulové orbě na počátku dloužení stonku (fáze) výrazně nižší než biomasa při konvenční orbě nebo minimální orbě. Během vegetační fáze nižší teplota a vysoká vlhkost půdy při nulové orbě pozitivně ovlivňuje růst rostlin, zejména v suchých a teplých letech. Výnosy obilí získané při testovaných systémech orby se při ošetření hnojením příliš neliší. (Výsledky jsou uvedeny níže)

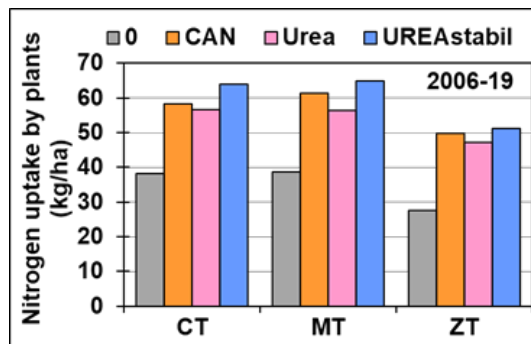
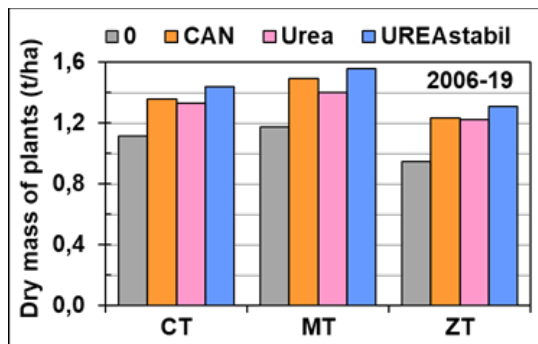
Teplota půdy (v hloubce 5 cm) při různých typech orby během vegetace ozimé pšenice



Experiment na studijním místě v České republice: ÚČINKY ORBY A HNOJENÍ NA PLODINY

Výsledky

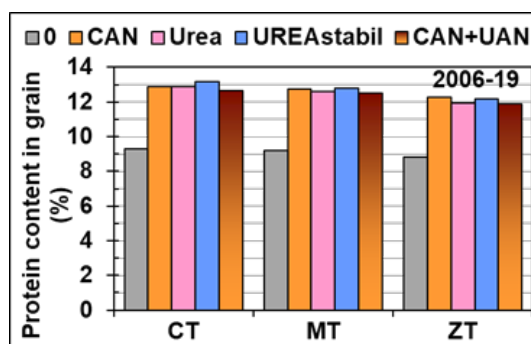
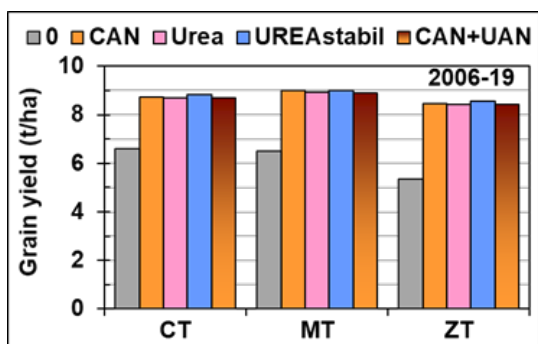
Biomasa ozimé pšenice a příjmu dusíku rostlinami na počátku prodlužování stonku



Hnojení dusíkem

Zvýšení výnosů plodin a obsahu dusíku v nich po aplikaci minerálních N hnojiv je nejvýznamnější u nulové orby, a to právě díky nízkému uvolňování živin z půdy. Rozdíly mezi kontrolovanými a hnojenými variantami při konvenční orbě a minimální orbě jsou méně významné, často nejsou statisticky významné. Při dlouhodobém sledování je ze všech testovaných systémů orby dosaženo nejvyšších výnosů při minimální orbě díky nejlepší kombinaci intenzity mineralizace, provzdušňování půdy, vlhkosti a teploty. Vliv jednotlivých hnojiv je ovlivněn hlavně tím, jak brzy po jejich aplikaci přijdou srážky. Neexistují žádné významné rozdíly při časných srážkách. Přidání inhibitoru ureázy k močovině zpomaluje její hydrolýzu a udržuje ji v mobilní formě po delší dobu. Při dlouhodobém sledování je dosaženo nejlepších výsledků (výnos a obsah dusíku/bílkovin v produktech) u hnojiv s mobilní formou dusíku (N Dusičnan, N Dusičnan amonný s inhibitorem ureázy).

Výnos zrna ozimé pšenice a obsah bílkovin



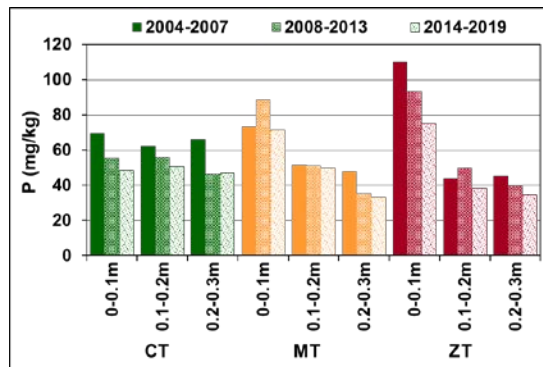
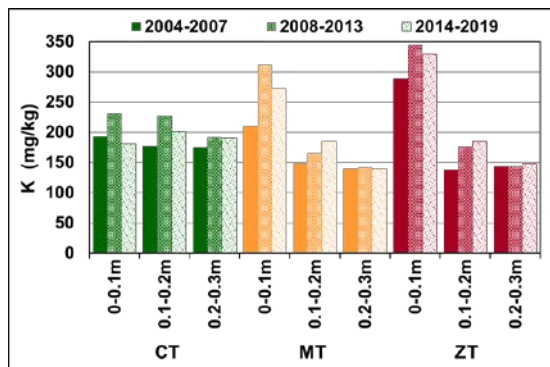
Distribuce živin v půdním profilu

Nižší intenzita půdní orby nebo její vynechání, příznivé pro zachování organického uhlíku v půdě, má také svá negativa. Hnojiva (P, K, Mg, S) aplikovaná na podzim se do půdy zapracují orbou do 22 cm (při konvenční orbě), do 10 cm vrstvy (při minimální orbě) nebo zůstanou na povrchu (při nulové orbě). Veškerá dusíkatá hnojiva se během vegetačního období aplikují bez zapracování do půdy. Povrchová vrstva je namáhána opakovaným nanesením hnojiv. Mobilní živiny (např. Mg, Ca, $\text{NO}_3\text{-N}$) jsou do půdního profilu přenášeny srážkami. K akumulaci nízko-pohyblivých živin (např. P, K) v povrchové vrstvě půdy dochází, když se půda neotáčí. Obecně dochází k překyselení povrchové vrstvy půdy v důsledku mineralizačních a nitrifikačních procesů v půdě urychlené po aplikaci hnojiv.

Experiment na studijním místě v České republice: ÚČINKY ORBY A HNOJENÍ NA PLODINY

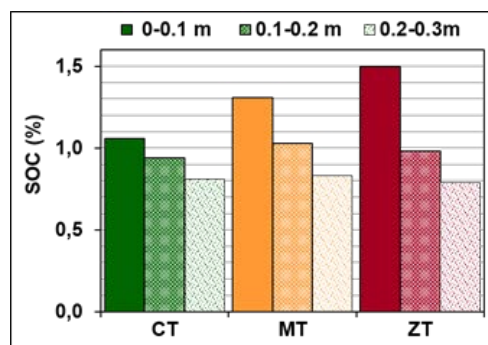
Výsledky

Distribuce draslíku a fosforu v půdním profilu

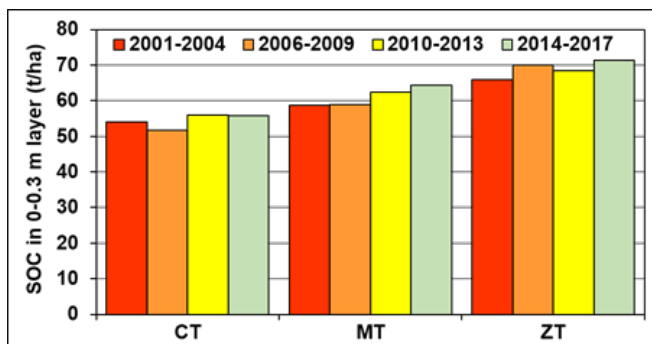


Podrobná analýza vrstvy horních 10 cm půdy ukázala, zvýšení koncentrace P a K v horní vrstvě půdy (0 - 0,1) se snižující se intenzitou půdní orby a dobou trvání experimentu. V období 2014-2019 byla průměrná koncentrace fosforu a draslíku o 65 % a o 50 % vyšší v půdě při nulové orbě než při konvenční orbě. V půdě při konvenční orbě jsou jejich koncentrace ve všech analyzovaných vrstvách poměrně vyrovnané, v hlubších vrstvách při minimální orbě a při nulové orbě výrazně poklesly.

Distribuce SOC v půdním profilu (květen 2020)



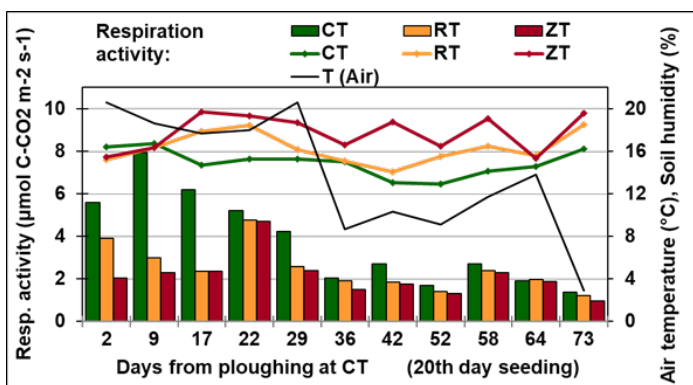
Vývoj SOC při použití různých systémů orby (průměrně ve vrstvě 0-30 cm)



← snížení intenzity nebo vynechání půdní orby významně snižuje respirační aktivitu a emise CO₂ z půdy.

Půdní organický uhlík

Nejdůležitějším přínosem systému minimální (SICS1) a/nebo nulové (SICS2) orby oproti konvenční orbě je zvýšení obsahu organického uhlíku v půdě. Největší rozdíly byly zjištěny v povrchové vrstvě až do 0,1 m, která je zoraná a obrácená (konvenční orba), pouze nakypřená bez otáčení (minimální orba) nebo ponechána bez zpracování (nulová orba). Po více než 20 letech zavádění těchto systémů se obsah organického uhlíku v půdní vrstvě do 0,3 m zvýšil o 10 a 15 t/ha při minimální orbě nebo nulové orbě (ve srovnání s konvenční orbou). To je, mimo jiné, způsobeno nižší mineralizací, která snižuje ztráty CO₂.



Experiment na studijním místě v České republice: ÚČINKY ORBY A HNOJENÍ NA PLODINY

Hospodářská zjištění

- Pro tyto pokusy nebyly potřebné žádné speciální zemědělské stroje, takže pro tento pokus nebyly vypočteny žádné investiční a udržovací náklady.
- Použití orby do 22 cm bylo nejméně ekonomickou možností, s použitím mělkých kultivací, což vedlo ke snížení nákladů na pracovní sílu a palivo.
- Aplikace systému SICS2, kde byla orba nahrazena glyfosátem, bylo levnější z hlediska paliva a strojního zařízení, ale výrobní náklady byly stejné jako při aplikaci systému SICS1, kvůli požadavku na použití většího množství chemických vstupů.
- V následující tabulce je uveden přehled ekonomických aspektů tohoto experimentu s náklady zobrazenými v eurech na hektar.

	Řízení AMT	AMT SICS 1	AMT SICS 2
Technika zemědělského hospodaření	Konvenční orba	Minimální orba	Nulová orba
Investiční náklady	0	0	0
Náklady na údržbu	0	0	0
Výrobní náklady	604	565	567
Výhody	983	1135	1016
Souhrn = přínosy - náklady	379	570	449
Procentuální změna		50,4	17,5

Zpětná vazba od zúčastněné strany

V případě očekávané změny klimatu je třeba věnovat větší pozornost péči o půdu a její schopnosti zadržovat vodu ze srážek a zároveň účinně zvládat a současně snižovat ztráty způsobené neproduktivním odpařováním, odtékáním vody z povrchu, erozi, atd.. Systém SICS 2 – nulová orba je nejúčinnější při udržování SOC a vlhkosti půdy, ale není vhodná pro těžké půdy a kořenové plodiny. Čeští zemědělci dávají přednost „zlaté střední cestě“: SICS 1 - Minimální orba. Má řadu výhod oproti konvenční orbě, především:

- Nižší odpařování, vyšší vlhkost půdy, lepší růst plodin
 - Nejlepší kombinace intenzity mineralizace, provzdušňování půdy, vlhkosti a teploty půdy měla za následek nejvyšší výnosy plodin a přínosy v dlouhodobém výhledu
 - Nižší emise CO₂, vyšší obsah SOC se zvýšil o 10 t/ha ve vrstvě až do 0,3 m po více než 20 letech aplikace systému SICS 1
 - Mělká orba půdy = nižší spotřeba paliva, nižší opotřebení pracovních nástrojů, úspory práce
- Má také nevýhody, jako je
- Vyšší obsah živin s nízkou mobilitou v půdě ve zorané povrchové vrstvě 10 cm
 - Potřeba zabránit podrývání nebo hlubšímu zpracování před setím/výsadbou kořenových plodin. To vede ke ztrátě uloženého uhlíku z půdy.

Postupy pro jejich řešení a odstranění jsou ověřeny v experimentech a doporučeny podle aktuálních podmínek na studijním místě.

Podíl půdy ošetřené minimální orbou v zemědělské praxi roste. Poslední roky sucha pomohly. Roste také tlak na zemědělce, aby snížili ztráty CO₂ a účinněji spravovali organické látky v půdě. V budoucnu bude výše podpory vyplácené zemědělcům záviset také na množství uhlíku, které skladují v půdě. Naši zemědělci hledají způsoby, jak jim pomoci splnit tyto legislativní požadavky bez negativního dopadu na produkci, tj. bez snížení výnosů nebo zvýšení nákladů.



Experiment na studijním místě v České republice:

ÚČINKY ORBY A HNOJENÍ NA PLODINY

Závěry

Systém nulové orby půdy SICS 2 dosud není v naší zemědělské praxi vůbec používán. Není příliš vhodný pro těžké půdy, kde jsou potřebná speciální disková secí zařízení. Nelze jej také využít při střídání plodin, při kterých dochází k pěstování kořenových plodin (např. brambor a řepy v podmínkách České republiky). Tento systém byl nejúčinnější při ukládání uhlíku v půdě: Po více než 20 letech provádění nulové orby se obsah organického uhlíku v půdní vrstvě do 0,3 m zvýšil o 15 t/ha ve srovnání s kontrolní vzorkem půdy orané radličným pluhem. Systémy dvojité orby byly v tomto systému nahrazeny jedním postřikem na hubení plevelů. Tím se ušetřilo palivo a práce, ale zvýšil se dopad chemických látek na životní prostředí.

Systém SICS 1 s minimální orbou nebyl tak účinný pro ukládání uhlíku do půdy jako při použití nulové orby (po více než 20 letech se obsah organického uhlíku v půdní vrstvě do 0,3 m zvýšil o 10 t/ha ve srovnání s kontrolním systémem CS). Část zbytků rostlin po sklizni na povrchu půdy a mělká orba bez otáčení měla pozitivní vliv na teplotu a vlhkost půdy a také na snížení emisí CO_2 . Nejlepší kombinace intenzity mineralizace, provzdušňování půdy, vlhkosti a teploty půdy měla za následek vyšší meziroční stabilitu výnosů plodin a nejvyšší výnosy plodin a přínosy v dlouhodobém výhledu. Zavedení tohoto systému SICS nevyžaduje investiční náklady. Používají se stejné stroje jako u tradičního zpracování půdy s orbou (s výjimkou pluhu). V naší zemědělské praxi se minimální orba používá zejména v sušších oblastech při pěstování obilovin, olejnatých semen, luštěnin nebo kukuřice.

Nevýhodou snížení intenzity nebo vynechání orby je hromadění živin v povrchové vrstvě půdy, zejména těch s nízkou mobilitou v půdě. Použití surových materiálů vápníku (nebo hořčíku) je nezbytné k udržení vhodné hodnoty poměru mono- a dvojmocných kationtů důležitých pro půdní strukturu, agregátní stabilitu nebo pronikání vody do půdy. Je vhodné pěstování plodin s vysokou spotřebou draslíku. Rozklad jejich kořenů s nahromaděným draslíkem je zapracuje hlouběji do půdy. Vápnění je vhodné díky acidifikaci povrchové vrstvy v důsledku mineralizace a nitrifikačních procesů urychlených po hnojení.

Klíčová zjištění

- Zvýšení obsahu uhlíku v půdě s minimální a zvláště nulovou orbou díky nižším emisím CO_2 (+)
- Snížení zahřívání půdy a neúčinné odpařování v důsledku zbytků po sklizni na povrchu půdy (min 30 % při minimální orbě, vše při nulové orbě) (+)
- Snížení vodní a větrné eroze (+)
- Časnější a vyváženější růst rostlin v půdě s vysokou vlhkostí při minimální orbě (+)
- Pozdější nástup mineralizačních procesů a jarní vegetace plodin v důsledku pomalejšího zahřívání půdy pokryté zbytky rostlin po sklizni při nulové orbě (-)
- Nižší mineralizace při nulové orbě = méně dostupné živiny pro rostliny (-)
- Vyšší meziroční stabilita výnosů plodin při minimální orbě (+)
- Akumulace živin s nízkou pohyblivostí v půdě v povrchové vrstvě (-)
- Riziko acidifikace povrchové vrstvy v důsledku mineralizace a nitrifikačních procesů v půdě zrychlené po aplikaci hnojiv (-)
- Méně operací při rotaci plodin při nulové orbě = úspora paliva, úspory práce (+)
- Nižší emise CO_2 a nižší spotřeba paliva, tj. při nulové orbě = nižší uhlíková stopa (+)
- Potřeba přerušit zavedený systém SICS provedením hlubší orby jednou za několik let, kdy se při střídání objeví kořenové plodiny (-).

Autoři přehledu

Helena Kusá, Pavel Čermák, Jane Mills, Charlotte Chivers

Kontaktní informace

Webová stránka projektu: Soilcare-project.eu

Vedoucí pracoviště: pavel.cermak@vurv.cz

Koordinátor projektu: Dr. Rudi Hessel, rudi.hessel@wur.nl

