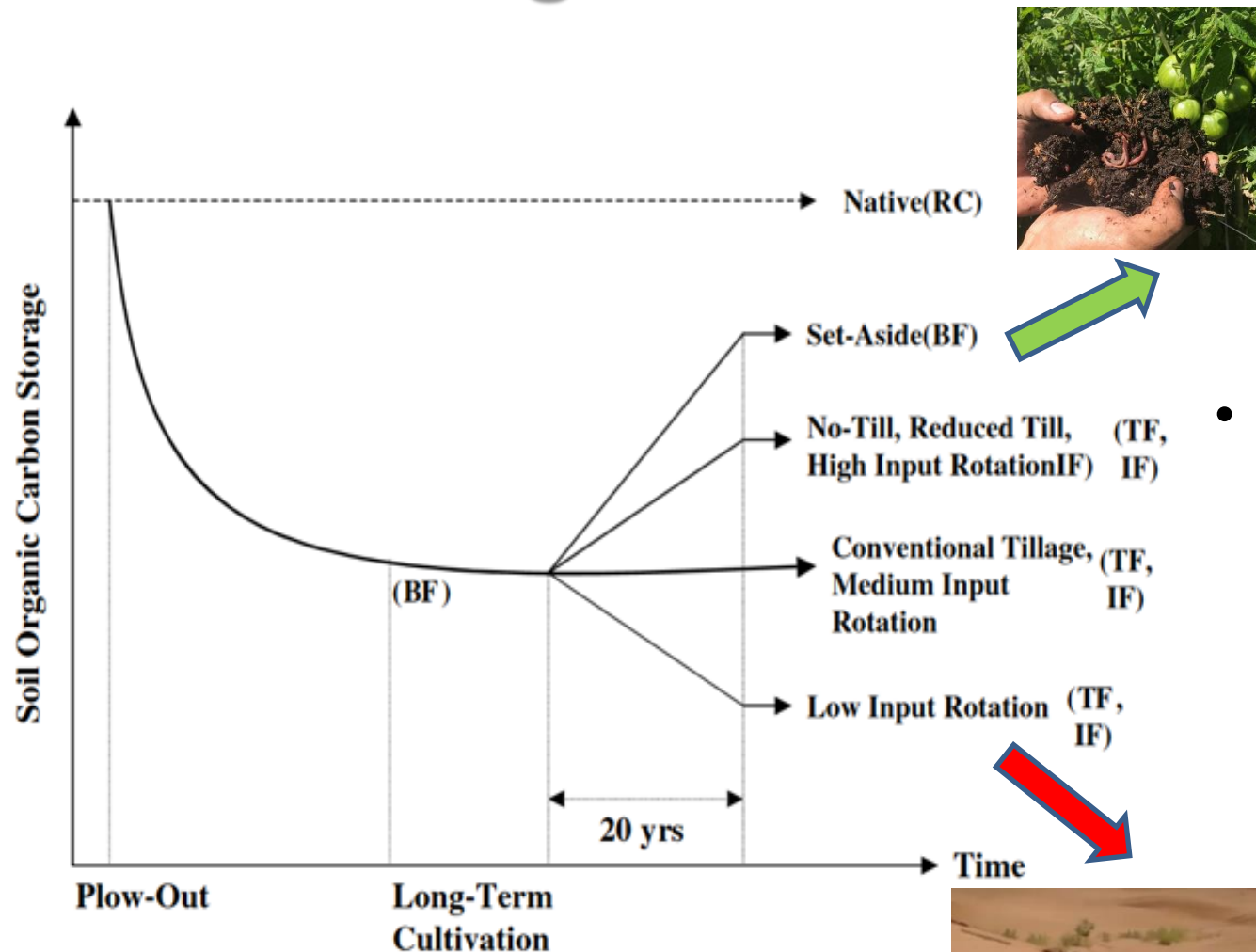


Karel KLEM

„Carbon farming“ aneb jak  
zemědělství může napomoci  
ukládání uhlíku

# Proč regenerativní/uhlíkové zemědělství?



**Intenzivní zemědělství = jednoznačný trend poklesu půdního uhlíku za posledních 100-150 let**

- Poslední šance na zvrácení tohoto trendu – jinak nás čekají dramatické poklesy výnosů – především „desertifikace“ (živiny jsme schopni dodat, vodu jen ve velmi omezené míře)**

# Proč je organický uhlík v půdě tak zásadní?

## Soil organic matter



Brick = high bulk density,  
low pore space



Sponge = low bulk density,  
high pore space

- Indikátor všech fyzikálních a chemických vlastností a funkcí půdy zajišťující úrodnost
- Infiltrace a zadržetí vody
- Rovnováha mezi provzdušněním a zadržetím vody
- Rovnoměrné uvolňování živin
- Nižší náchylnost půdy k utužení

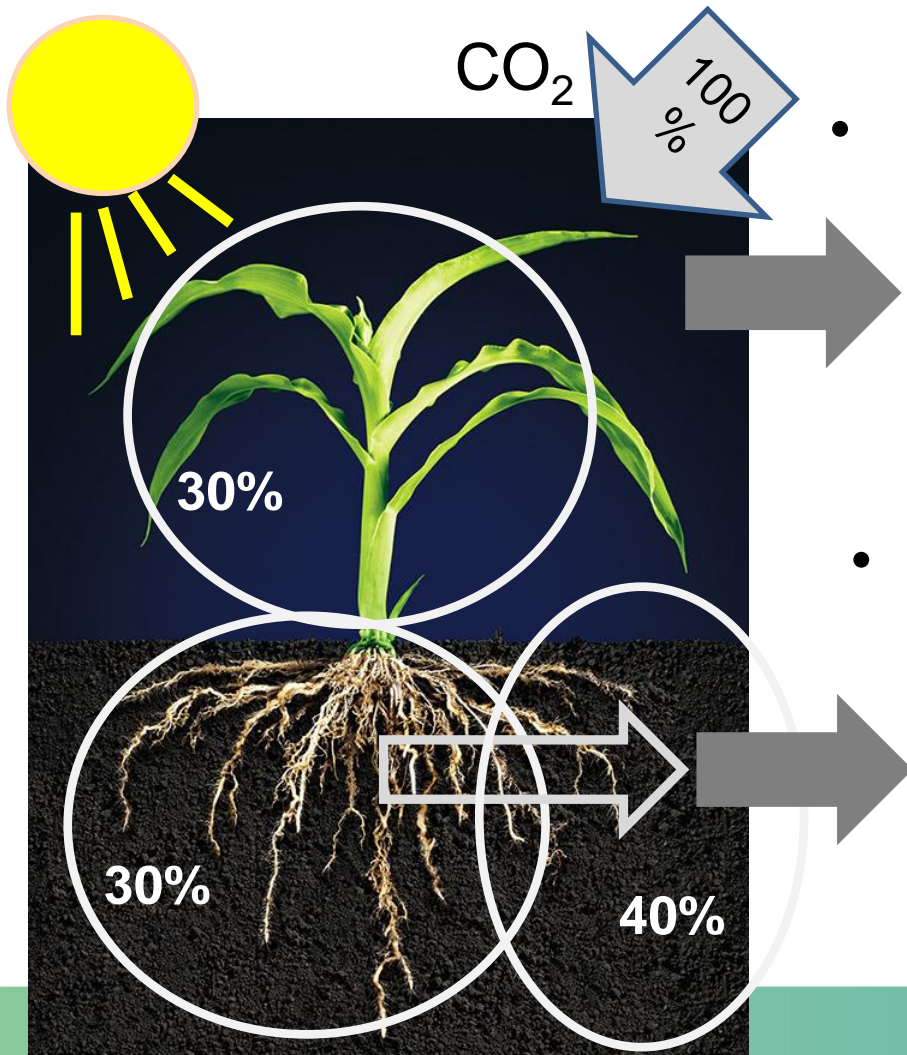


# ***Jaké jsou ekonomické a organizační přínosy regenerativního zemědělství?***

- **Stabilizace a zvýšení ziskovosti.** Prokázána v několika zemědělských podnicích hospodařících v suchých oblastech Moravy a na Slovensku (nižší zisk v dobrých ročnících ale eliminace výrazných ztrát v nepříznivých ročnících) – v dlouhodobém průměru **zvýšený zisk.**
- **Platby za uložený uhlík v půdě.** Aktuální cena 90 EUR za t CO<sub>2</sub> v emisních povolenkách znamená potenciálně **ca 8 000 Kč za uložení 1 t C v půdě.** Vzhledem k neexistující certifikaci a nejasnosti stability uložení jsou platby výrazně nižší (firma Carboneg ca 1 000 Kč za t).
- **Větší flexibilita hospodaření ve vztahu k počasí.** Menší počet operací, menší počet strojů, vyšší výkonnost, lepší využití pracovníků
- **Splnění části standardů DZES.** DZES 6 – minimální pokryv půdy v citlivém období 80% (meziplodiny), DZES 7 – střídání hlavních plodin 40% (meziplodiny), DZES 8 – neprodukční plochy 4% (meziplodiny sníží na 3%) (agrolesnictví).

# Proč nestačí dodávat uhlík ve formě organických hnojiv?

Zde se dostáváme k samotné podstatě celého problému:



- Dráha tzv. pevného uhlíku (biomasa) – primárně rozklad – stabilní organický uhlík se tvoří jen ze 2-5% uhlíku
- Dráha tzv. „tekutého uhlíku“ - exsudáty + mykorrhizní houby – jednoduché organické sloučeniny, polymerní látky, glomalin – 40-50% se přeměňuje na stabilní uhlík poutaný na minerály

## Stabilní uhlík (Humus?)

**0.15 t C/ha/rok**

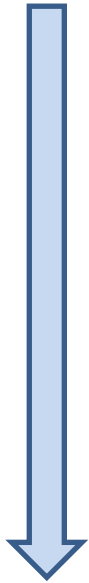


**4 t C/ha/rok**

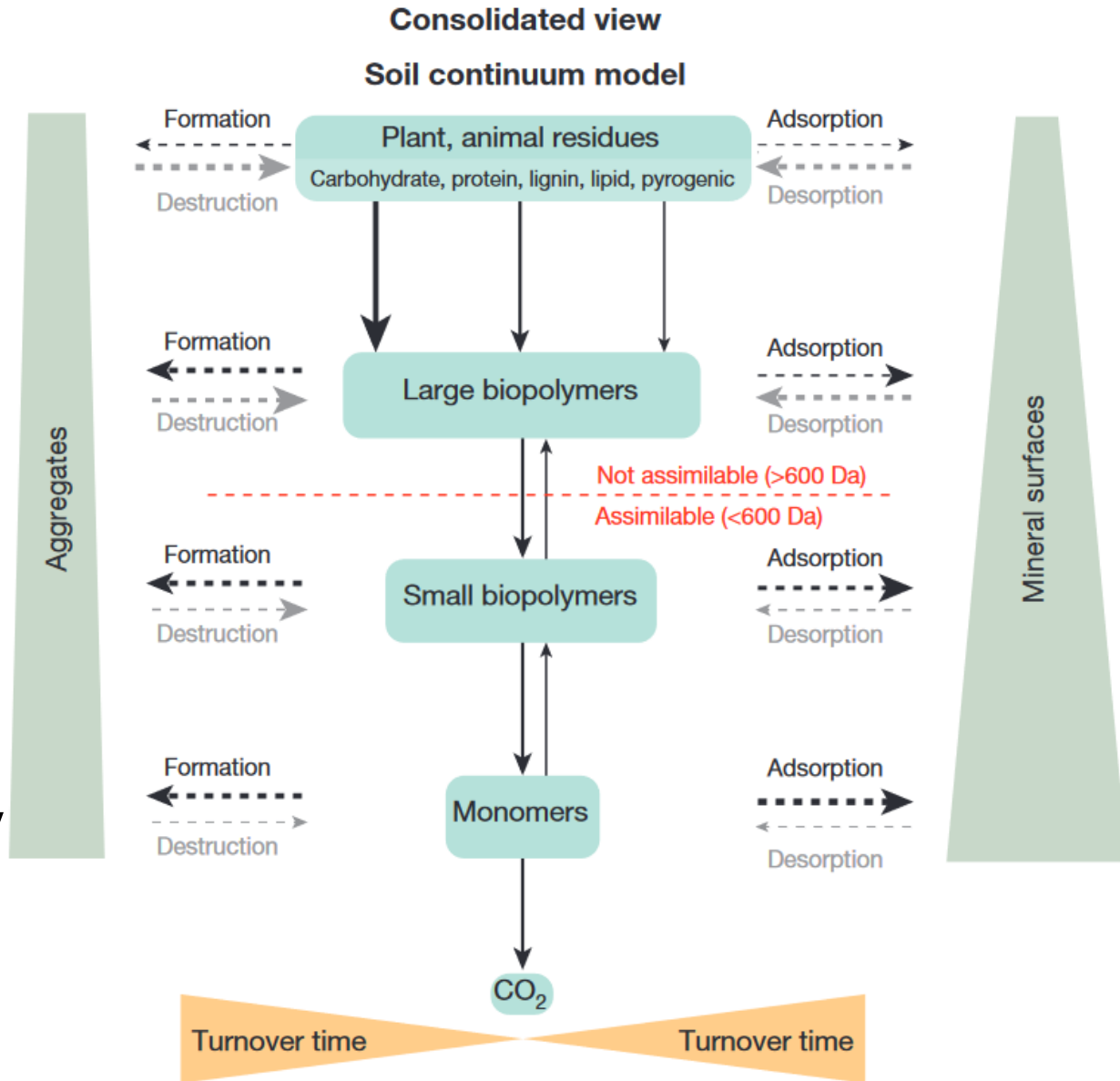
Při produkci 15 t nadzemní biomasy

Lehmann a Kleber, Nature 2015

# Složité organické látky



# Jednoduché organické látky



ii) ochranou v půdních agregátech

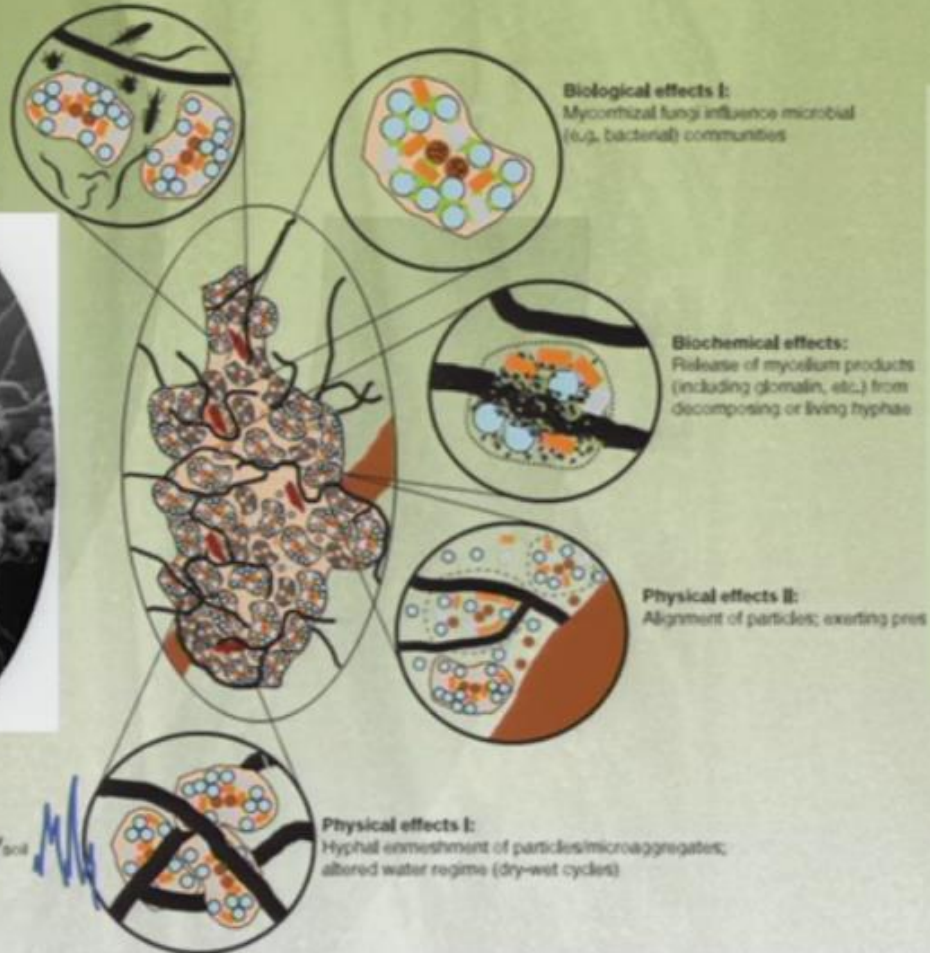
**Stabilita (délka života) C se prodlužuje**

i) vazbou na minerální povrchy (jíl a prach)

# *Druhou klíčovou podmínkou pro ukládání organického uhlíku je stabilita půdních agregátů*

## BUILDING A SOIL AGGREGATE

unlock the  
SECRETS  
IN THE  
SOIL



Involves both:  
Biological

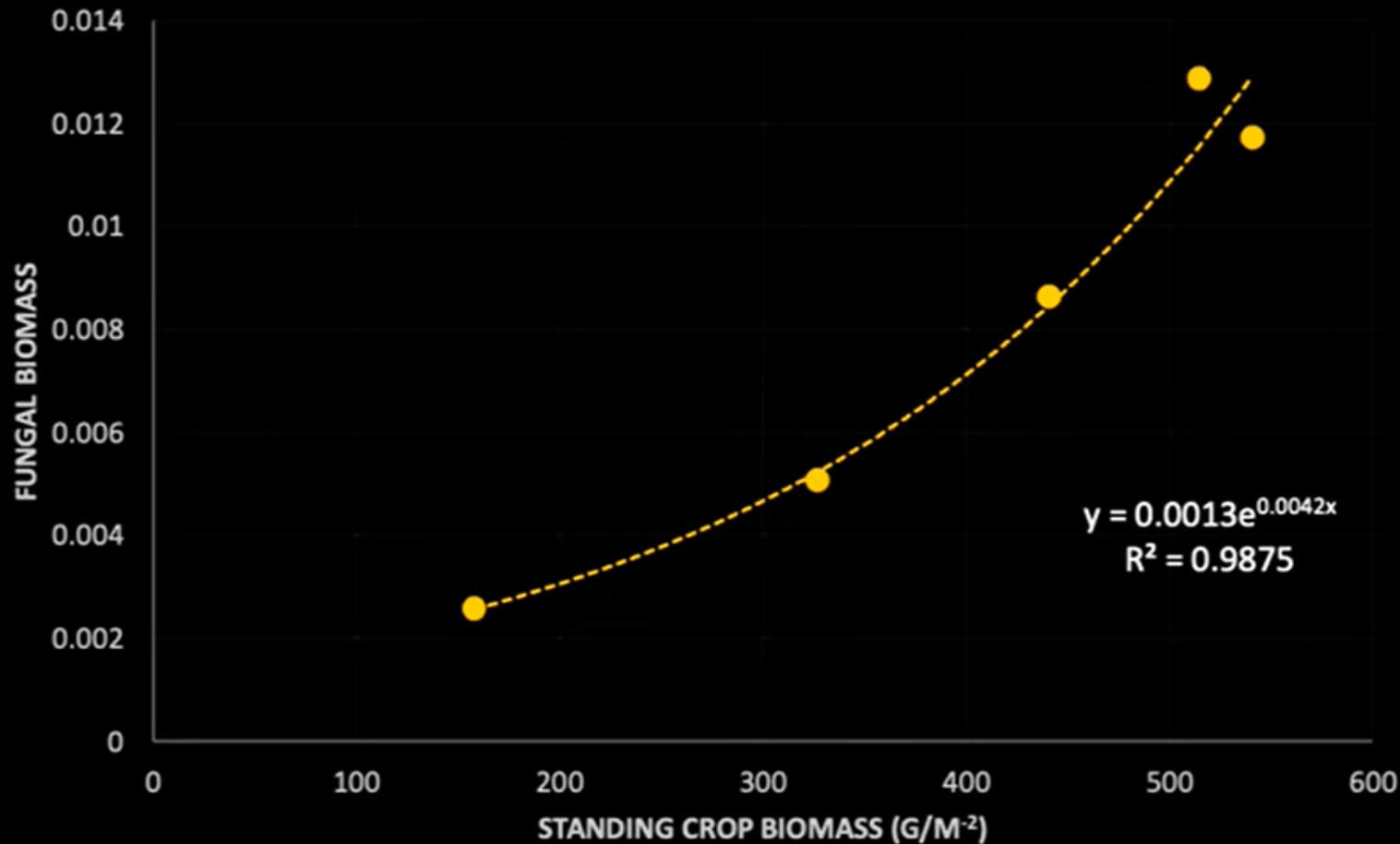
- AMF communities
- Release of Glues

Physical

- Hyphae entangle soil particles
- Dry wet cycles
- Squeeze particle together

- Naprosto zásadní úloha mykorhizních hub
- Glomalin – lepidivé látky
- Hyfy provazují pevně půdní částice
- Stlačují částice k sobě

Standing Crop Biomass vs. Fungal Biomass



AMP Only

| Standing Biomass | 1            |
|------------------|--------------|
| Fungi            | 0.965400362  |
| FoodWeb          | 0.927269459  |
| Actinobacteria   | 0.901688549  |
| P_Root-Feeding   | 0.87517532   |
| Amoeba           | 0.834808305  |
| Protozoa         | 0.827352289  |
| F:B Ratio        | 0.803237654  |
| Delta SOC        | 0.765060038  |
| Flagellates      | 0.695643232  |
| P_Disease Fungi  | 0.691061404  |
| P_Ciliates       | 0.541371484  |
| SOC              | 0.448289289  |
| N_Bacterial      | 0.12097091   |
| Bacteria         | -0.779382328 |



# Co děláme pro dráhu tekutého uhlíku a stabilitu půdních agregátů špatně? Prakticky všechno....



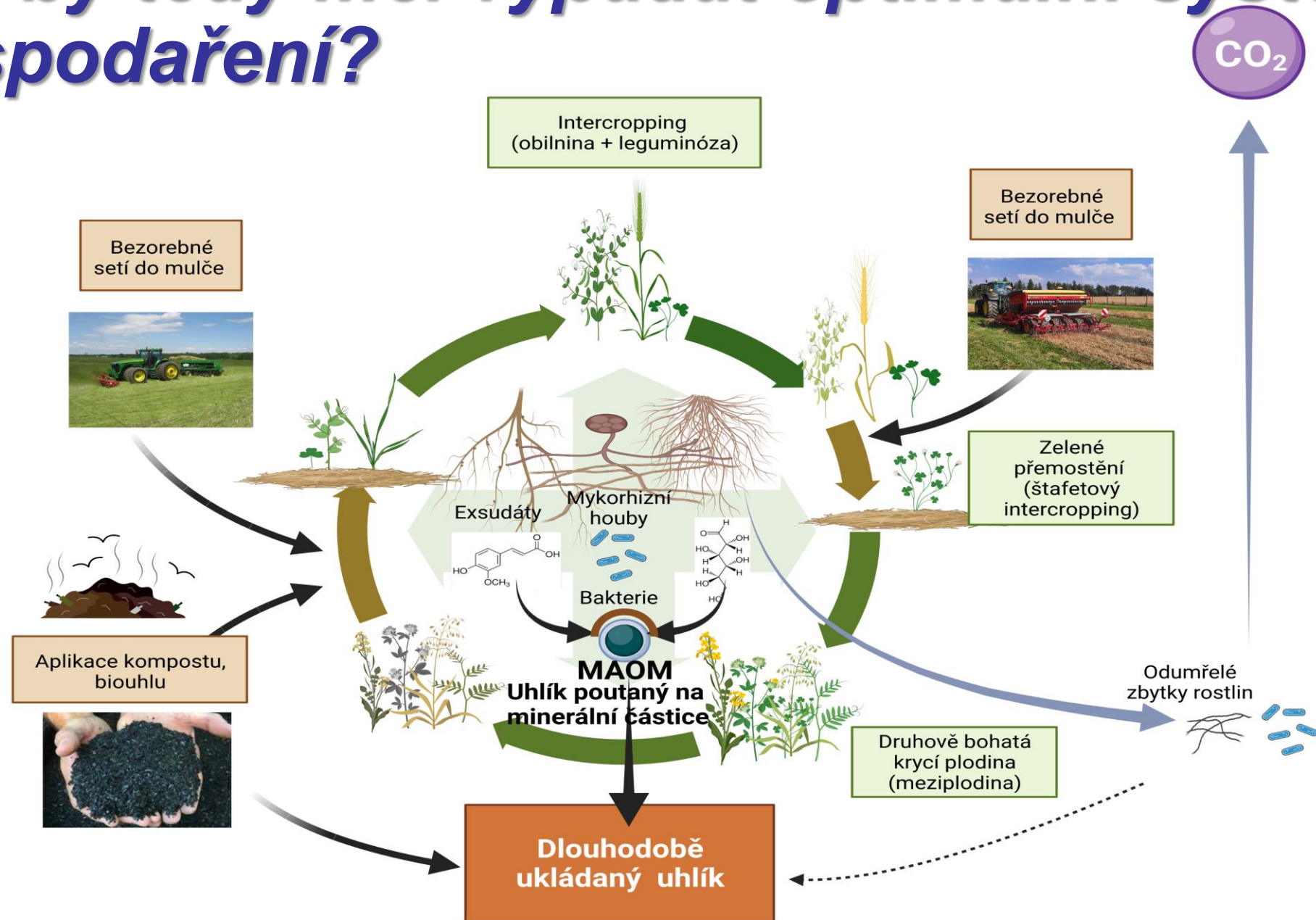
- **Dlouhé období bez vegetace** mezi dvěma plodinami – cyklus tekutého dusíku je přerušen
- **Intenzivní zpracování půdy** orbou nebo kypřením – umrtvení často ještě živých kořenů, mechanické narušení hyf, proschnutí .....a k tomu navíc ještě podpora dekompozice – provzdušnění
- **Pěstování monokultur** – arbuskulární mykorhiza funguje především mezi rostlinami různých druhů, které propojuje a všechny organismy pak profitují
- **Intenzivní používání fungicidů a průmyslových hnojiv** – přímo houby zabíjíme nebo je potlačujeme

# ***Máme možnost nápravy? Rozhodně ano***

- **Více jak 30 let bez zpracování půdy, bez hnojení, a bez použití pesticidů**



# Jak by tedy měl vypadat optimální systém hospodaření?



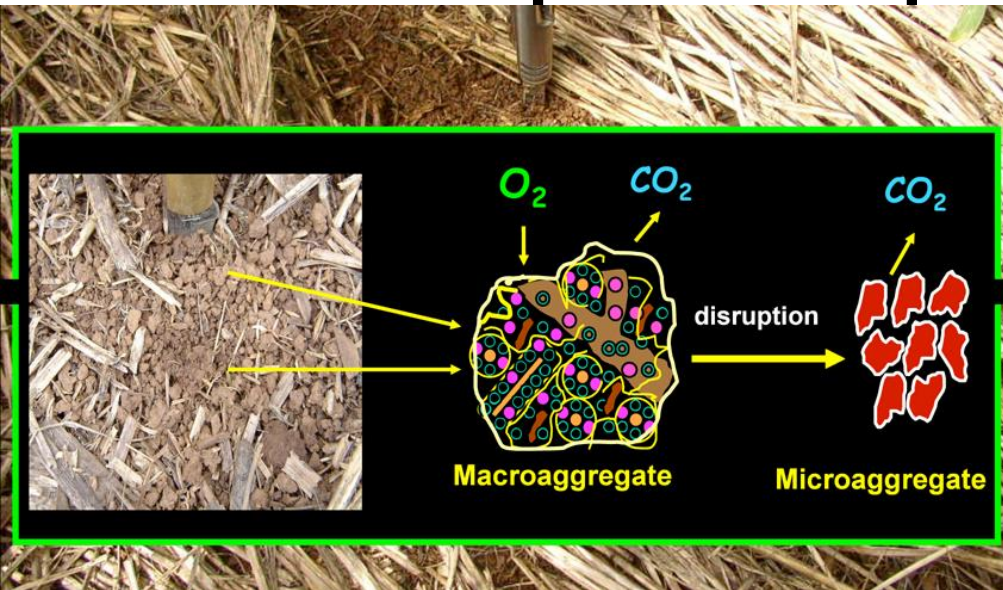
# 1. *Udržovat kontinuální zelený pokryv vegetací*

- Pěstování druhově bohatých meziplodin (lépe krycích plodin) a bezorebné setí plodiny do mulče (ideálně zeleného)
- Setí meziplodiny okamžitě po sklizni, při sklizni, nebo před sklizní



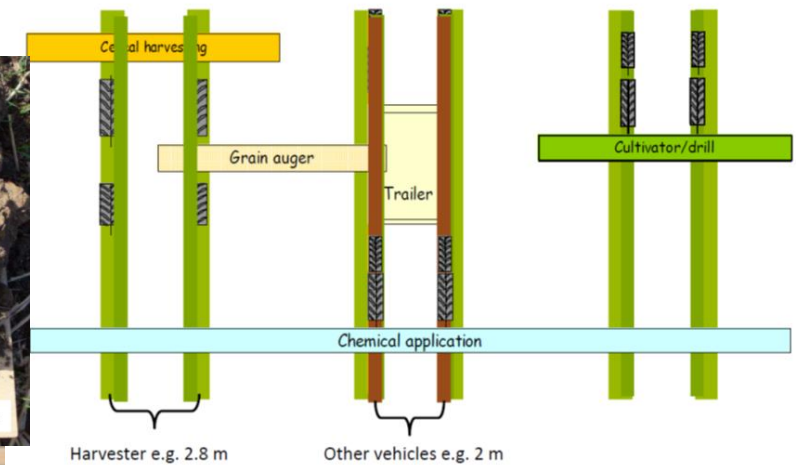
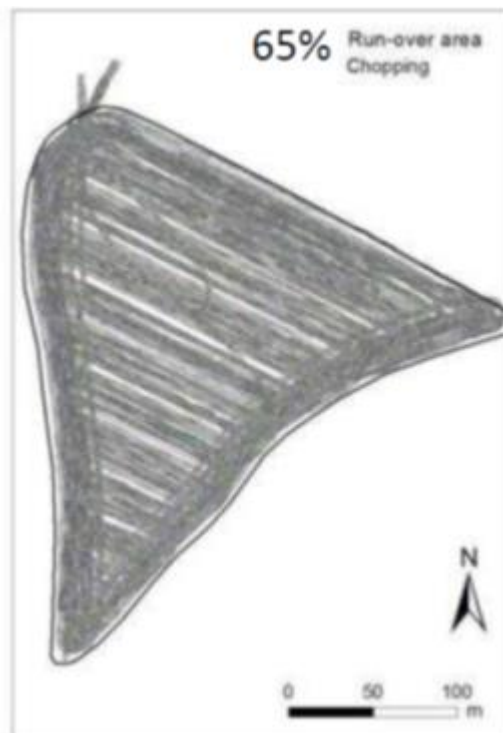
## 2. *Důsledně uplatňovat bezorebné technologie*

- Jen v případě určitých plodin (kukuřice – teplota půdy), nebo specifických problémů s plevely či škůdci lze zařadit strip-till či dokonce zpracování půdy (výjimečně)



# 3. Používat technologie „Controlled Traffic Farming“ - CTF

- Důležité opatření především z pohledu omezení narušení struktury půdy a zhutnění – zlepšení infiltrace (až 4x), zvýšení retence vody v půdě
- Vede v kombinaci s bezorebnými technologiemi a meziplodinami k omezení ztrát vody o více jak 100 mm/rok



## 4. *Postupně snižovat použití pesticidů (zejména fungicidů) a dusíkatých hnojiv na minimum*

- **Přímý účinek fungicidů na mykorhizní houby - živí se přímo exudáty**
- **Nadbytek živin - omezený vývoj (mělkého) kořenového systému, snížení množství exudátů, nižší potřeba symbiózy mezi mykorhizními houbami a rostlinou**



## 5. Začít uplatňovat biodiverzitu v rámci jedné kultury tzv. „intercropping“

- Intercropping - společné pěstování dvou plodin současně – nižší výnos obou komponent ale zvýšení celkové produktivity ca o 20%
- Společně s arbuskulární mykorhizou - významné benefity pro obě plodiny a stimulační ukládání stabilního uhlíku
- Zlepšení přístupnosti živin (včetně fixovaného dusíku leguminózami), zlepšení odolnosti k suchu, omezení šíření chorob a škůdců, lepší potlačení plevelů atd.
- Je ovšem nutný vývoj způsobu setí, posunu setí plodin, druhových synergií apod.





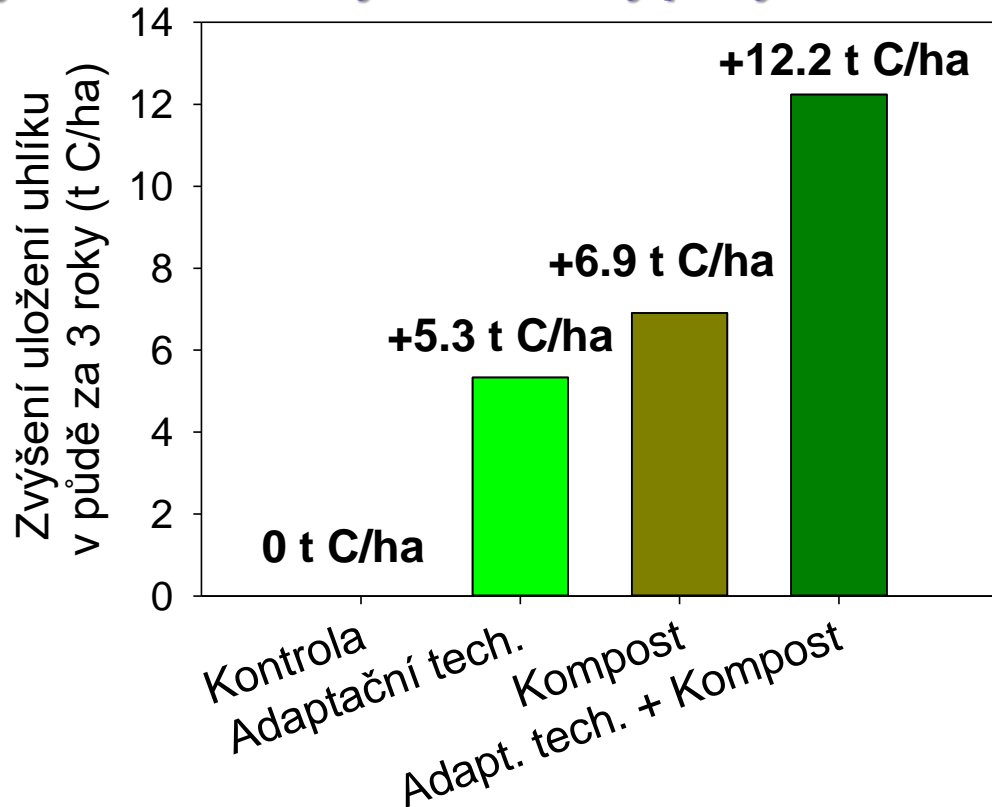
# **6. Výroba a aplikace forem kompostu podporujících ukládání stabilního uhlíku v půdě**

**a) Johnson-Su bioreaktor – kompost bohatý na houby**  
**b) Witte – MC kompost**



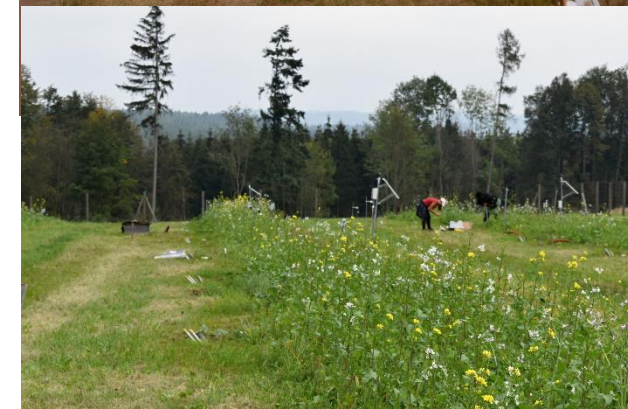
# Uhlíkové zemědělství?

Zvýšení C za 3 roky do hloubky půdy 30 cm:



ca 32 tis. Kč /ha/rok

ca 18 tis Kč /ha/rok  
ca 14 tis Kč /ha/rok



**Kontrola – orba, bez meziplodin, bez aplikace kompostu**

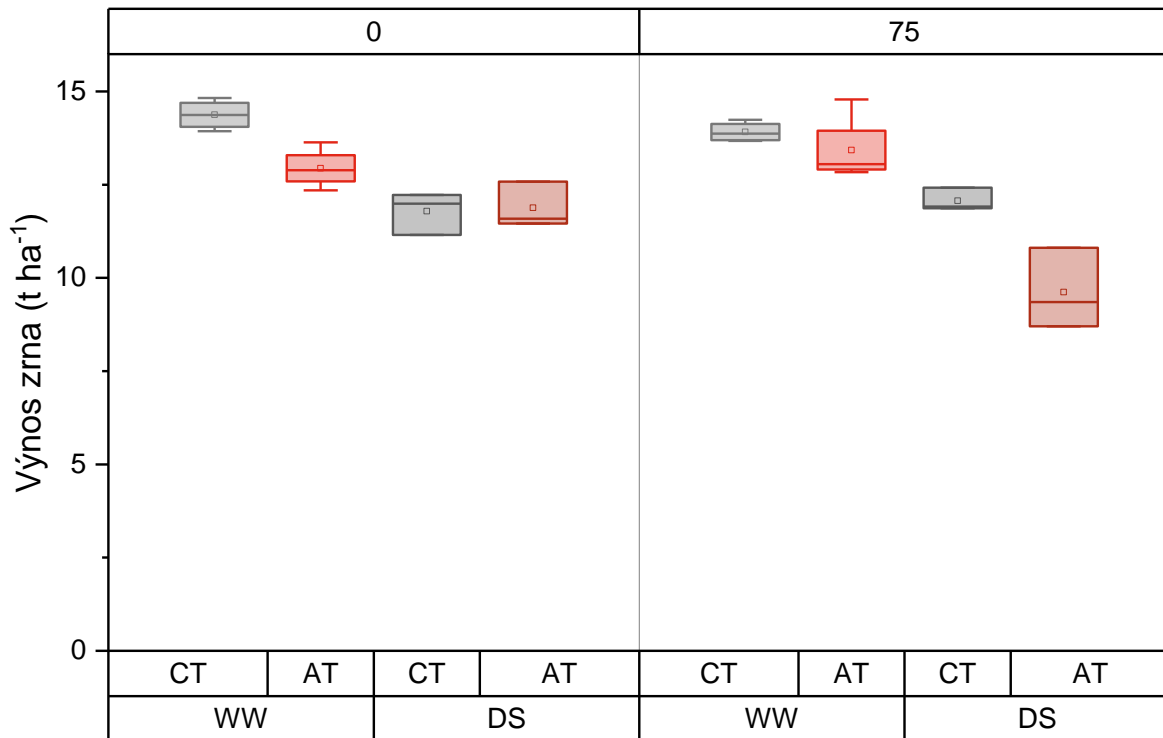
**Kompost – jednorázově 30 t/ha (ca 8 t C/ha) na začátku experimentu**

**Adaptační technologie – bezorebné setí, pěstování druhově bohatých meziplodin**

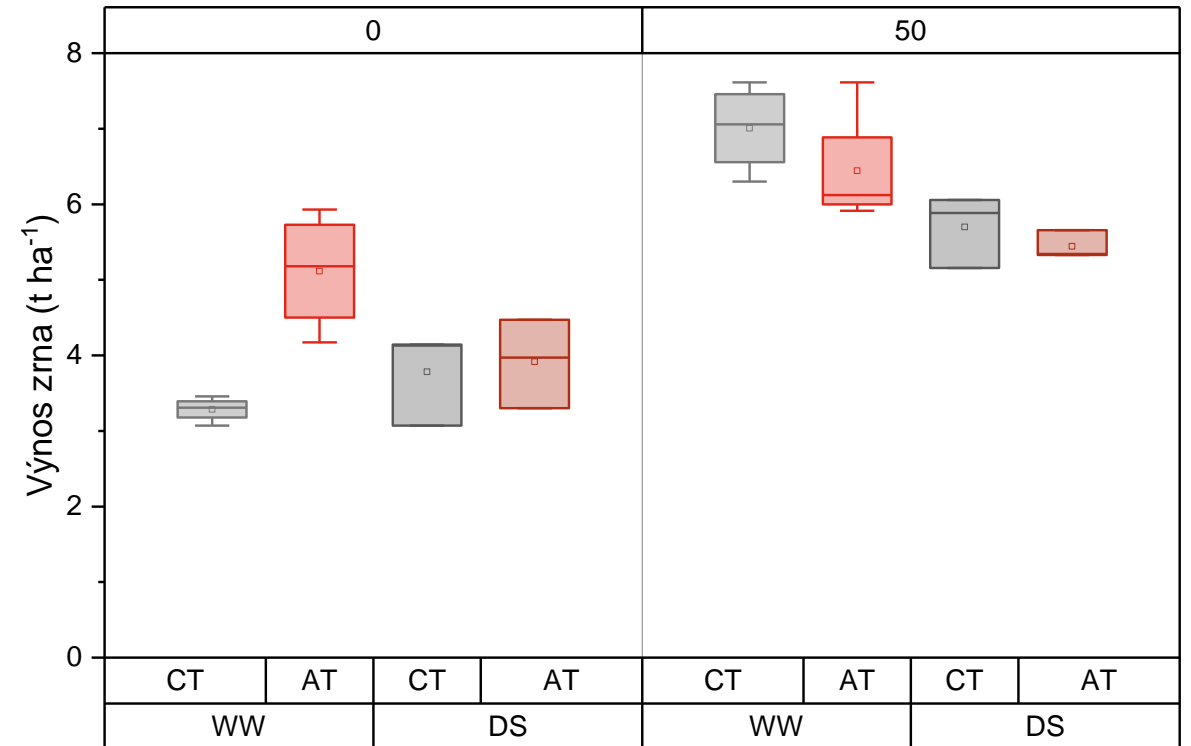
# Výnosy v přechodném období?



Kukuřice na zrno 2021



Jarní triticales (+ bob) 2022



# 1. Regenerativní zemědělství zásadně chrání proti erozi



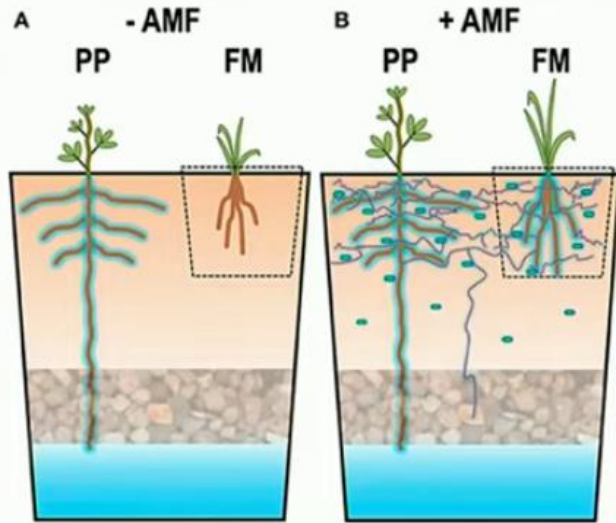
<https://www.youtube.com/watch?v=i0ENN Mky1sc>

## 2. Zvýšení odolnosti vůči suchu

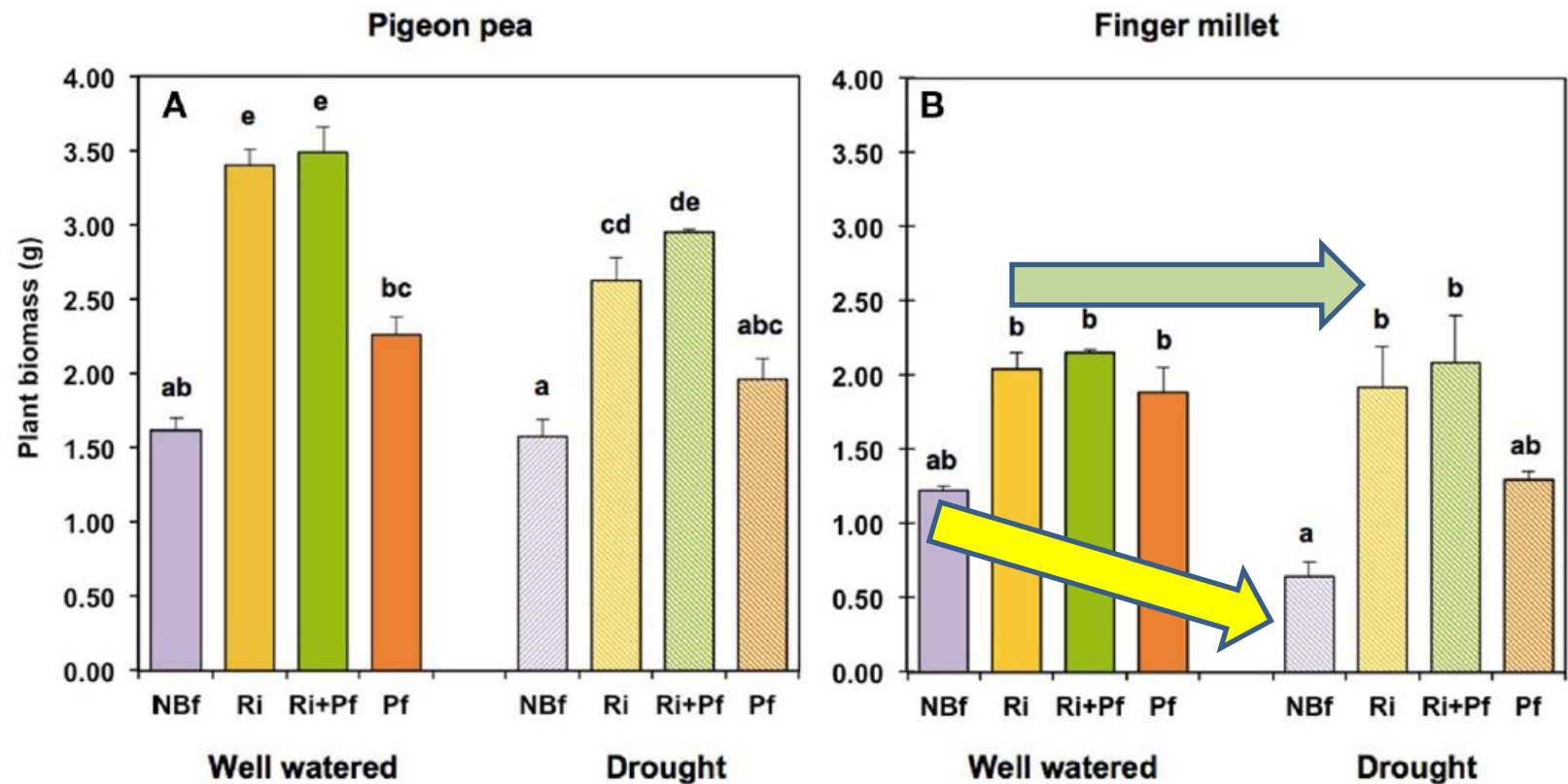


- RZ podporuje mykorhizní houby které zvětšují plochu kořenů několikanásobně
- Kořeny využívají obecně asi 1% půdy, kořeny s mykorhizními houbami asi 20%
- Propojuje rostliny s hlubokým a mělkým kořenovým systémem
- Mykorhiza zlepšuje strukturu půdy (glomalin, hyfy) a tím infiltraci a retenci vody

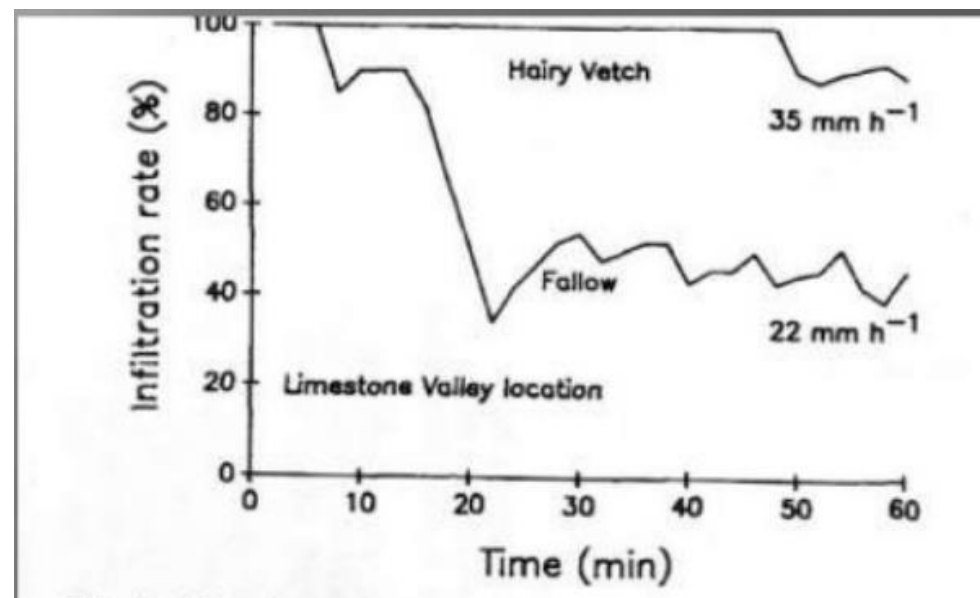
# Kajan indický (Holubí hrách) PP x Kalužnice křivoklasá (prstové proso) FM



- NBf – kontrola bez očkování
- Ri - *Rhizophagus irregularis* – mykorrhizní houba



# Kombinace krycí plodiny a bezorebného setí do mulče může zajistit ušetření až 300 mm vody



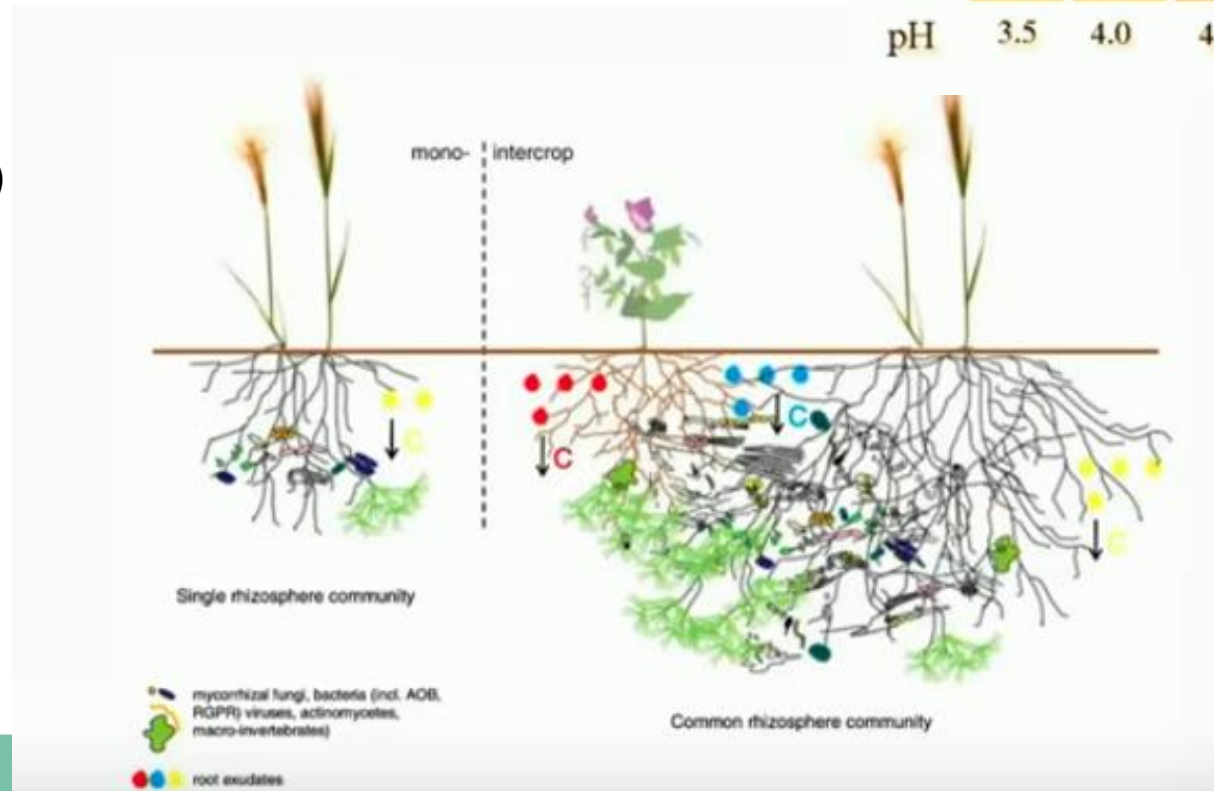
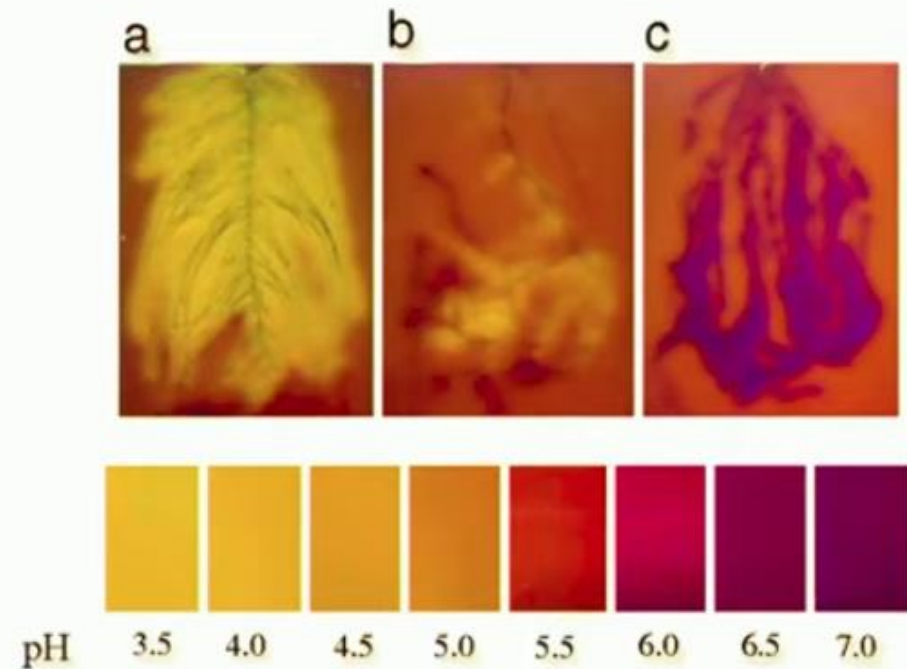
## No-till Water Savings, mm

|                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| Tillage per trip     | 12 - 20            |
| Evaporation          | 63 - 130           |
| Infiltration         | 50 - 150 ?         |
| <b>Total Savings</b> | <b>125 - 300 ?</b> |

Estimated

## 3. Zvyšuje se přístupnost živin

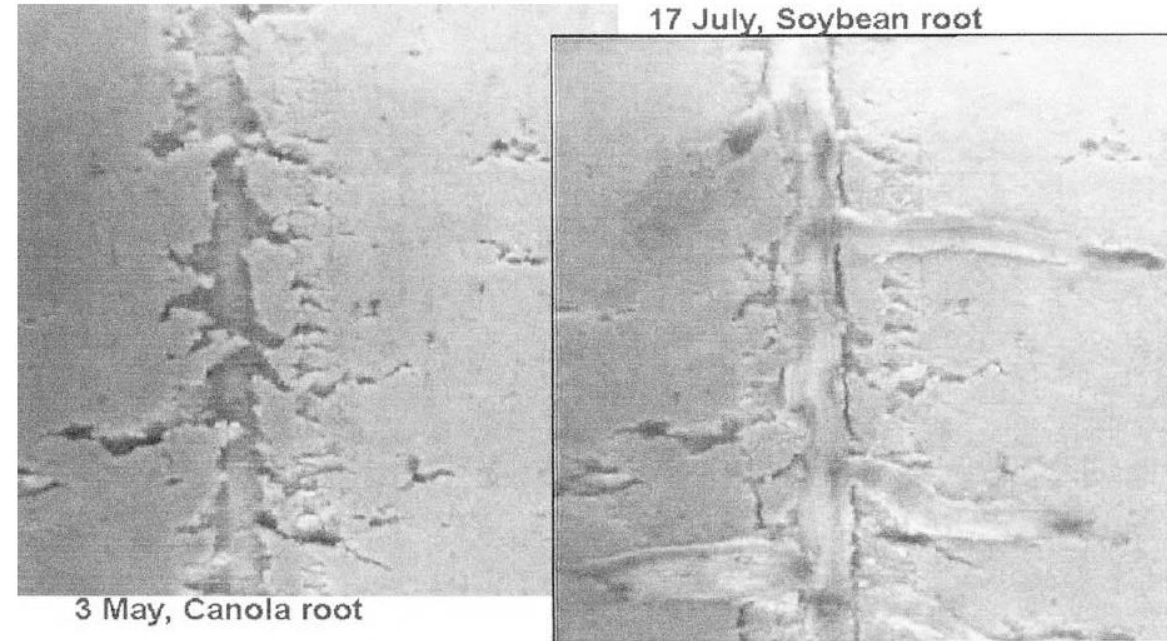
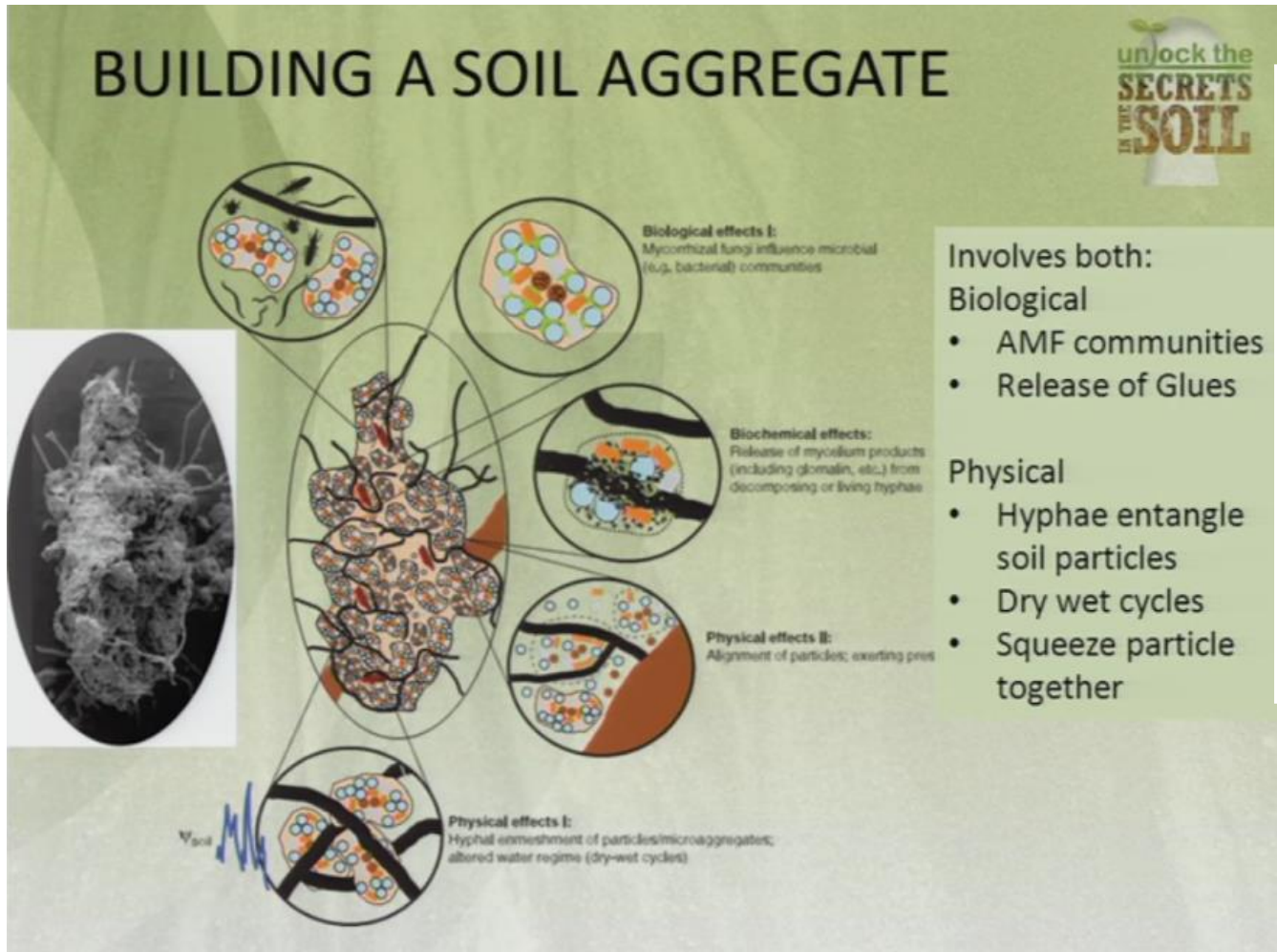
- Dvě vhodně zvolené plodiny se příznivě doplňují a propojují prostřednictvím mykorhizních hub
- Exudáty
- Mykorhýza
- pH – uvolňování živin
- a) Bob obecný ( velmi kyselé)
- b) Soja ( mírně kyselé)
- c) Kukuřice ( neutrální)
- Kyselé – stopové prvky, P
- Neutrální – Ca, Mg, Mo





## 4. *Upravuje fyzikální vlastnosti půdy*

- **Zásadní pro stabilitu půdních agregátů je kontinuální vegetační pokryv + arbuskulární mykorhiza (glomalin)**



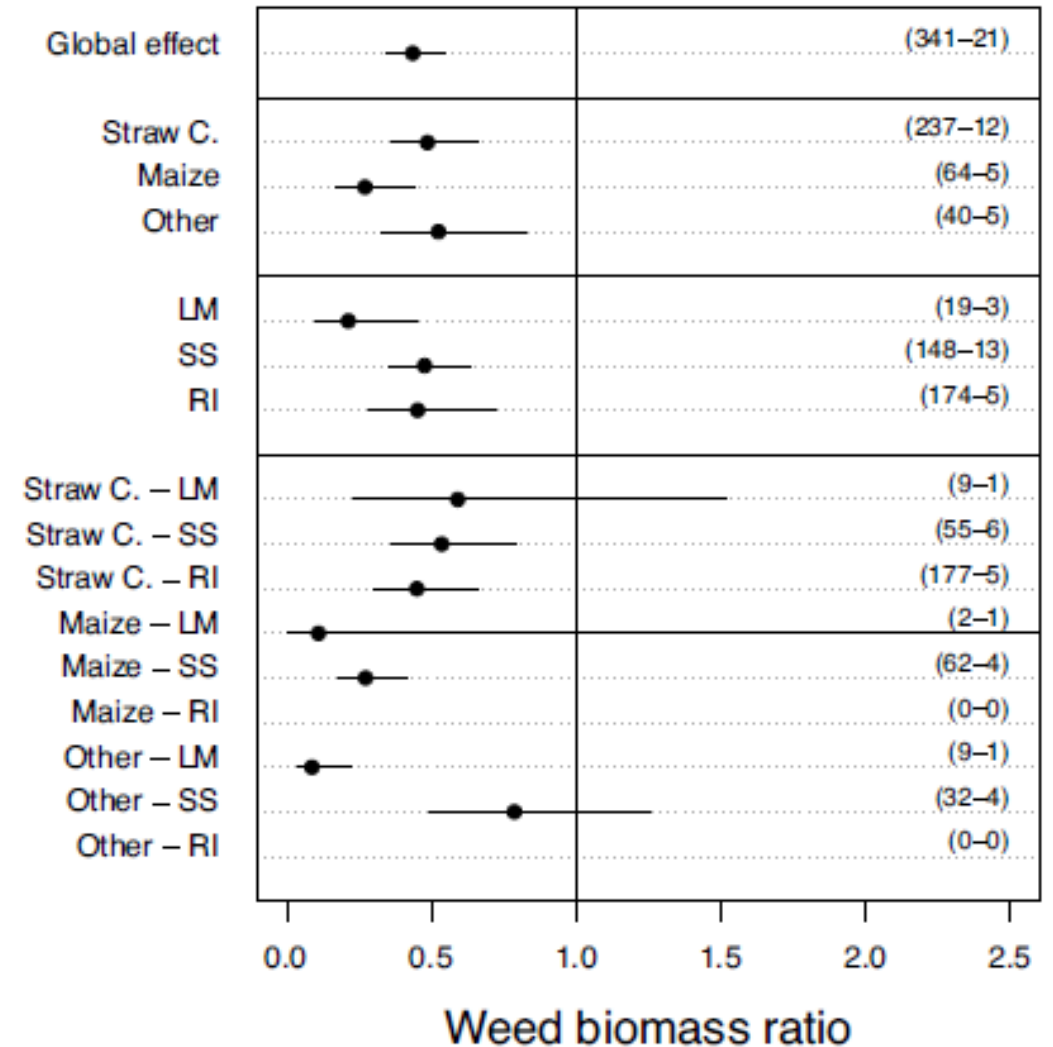
***Co je levnější?***



# 5. „Living Mulch“ výrazně potlačuje plevely (v průměru o 60%)



Comparison to non-weeded control treatments



***Děkuji za pozornost***