



TECHNOLÓGIE TRVALO UDRŽATEĽNÉHO POĽNOHOSPODÁRSTVA

(doplnkové učebné texty pre učiteľov stredných odborných škôl)

Technológie trvalo udržateľného poľnohospodárstva

Autor: Prof.h.c.prof. Ing. Pavol Findura, PhD.

Doplňkové učebné texty pre učiteľov stredných odborných škôl odporúčané pre:

Študijné/učebné odbory so zameraním na mechanizáciu poľnohospodárskej výroby a agropodnikanie v skupinách odborov 42, 45 Poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a rozvoj vidieka I, II.

Neprešlo jazykovou úpravou.

Rok: 2023

ISBN: 978-80-89247-88-2

EAN: 9788089247882

© Štátny inštitút odborného vzdelávania

OBSAH

1. Úvod - pôda ako základný výrobný prostriedok	5
2. Definícia základných vlastností pôdy	8
3. Vzťahy medzi pôdnymi zložkami	27
4. Spracovanie pôdy	31
5. Požadované zmeny v spracovaní pôdy	46
6. Inovatívne technológie zakladania porastov	72
7. Udržiateľné prístupy hospodárenia	82
8. Prínosy zmien pôdoochranných technológií	95
9. Záver	102
10. Odporúčania pre zlepšenie súčasného stavu	103
11. Zoznam použitej literatúry	104

ÚVOD

Voľba výberu vhodnej technológie ovplyvňuje vlastnosti pôdy a tie majú následne vplyv na zadržiavanie vody v prírode. Slovenské poľnohospodárstvo je zamerané na vysokú intenzifikáciu výroby a menej na udržateľné využívanie pôdy v krajine.

Veľký vplyv na symbiózu mikroorganizmov v pôde zohráva starostlivosť o pôdu a ochrana biodiverzity. Pôda poskytuje rastlinám všetko čo potrebujú, ale zároveň činnosť rastlín a ich koreňového systému priamo pôsobí na jej štruktúrnosť. V nadväznosti na uvedené skutočnosti môžeme konštatovať, že *„pôda nevytvára rastliny, ale rastliny vytvárajú pôdu“*.

V učebných textoch sme sa zamerali na:

- vzťahy medzi rôznymi druhmi rastlín,
- vzťahy medzi rastlinami a pôdou,

a na ďalšie okolité prírodné vplyvy s dopadom na pôdu a poľnohospodársku produktivitu.

Problematika využívania moderných technológií, ktoré nám súčasne v budúcnosti budú garantovať aj trvalo udržateľné poľnohospodárstvo je pre absolventov poľnohospodárskych odborov vzdelávania kľúčová. Obsahová náplň učiva týchto textov je určená k tomu, aby žiaci pochopili vplyvy negatívnych účinkov na pôdu pri jej využívaní na poľnohospodárske účely a vedeli následne aplikovať potrebné opatrenia na zachovanie jej bonity. V tejto súvislosti je zároveň nevyhnutné poukázať najmä na negatívne vplyvy technologických postupov a využívania poľnohospodárskej mechanizácie s cieľom dosahovať vysoké výnosy a neustále navyšovať produkčný potenciál pôdy.

Učebné texty sa prioritne zameriavajú na účinnosť vplyvov pôdoochranných technológií na pôdu, zmenu stavu pôdy vo vzťahu k pestovaným plodinám a hodnotenie vplyvov technogénnych činiteľov na pôdu a environment. Zároveň implementujú najnovšie poznatky v oblastiach šetrenia s pôdnou vlhkosťou a ochrany s veternou, vodnou eróziou a zvyšovaním obsahu organickej hmoty v pôde.

Obsahovú náplň učebných textov je možné využiť podľa odboru vzdelávania so zameraním na poľnohospodársku výrobu vo viacerých odborných technických a biologických predmetoch.

1. PÔDA

1.1 Pôda – základný výrobný prostriedok

Úlohy obrábania pôdy sú v podstate podriadené jednému cieľu:

- zvyšovať z krátkodobého pohľadu úrodnosť pôdy,
- udržiavať alebo zlepšovať z dlhodobého pohľadu negatívny vplyv na životné prostredie.

Nedostatky obrábania pôdy sú dané:

- v menšej miere neznalosťami v oblasti nárokov jednotlivých rastlín na pôdu, živiny,
- vo väčšej miere rozmanitosťou pôdných a klimatických podmienok,
- širokým sortimentom techniky.

Agrotechnické a technické požiadavky na obrábanie pôdy musia byť podriadené hlavnému cieľu a to **zvyšovaniu a zlepšovaniu úrodnosti pôdy**, pričom ide o nasledujúce úlohy:

- Vytvoriť a udržať optimálnu pôdnu štruktúru pre udržiavanie:
 - o vody a vzduchu,
 - o mobilizáciu a transport výživných látok,
 - o aktivizáciu mikrobiologického procesu a rozvoja koreňového systému rastlín.
- Zapraviť rastlinné zvyšky, organické a minerálne hnojivá do vhodných hĺbkových horizontov pôdy.
- Bojovať proti škodcom a chorobám.
- Dosiahnuť dôležité technologické predpoklady ako vyrovnanie povrchu, profilovanie povrchu a i.

Význam uvedených úloh obrábania pôdy sa v posledných rokoch dost podstatne zmenil. Ak v nedávnej minulosti sa prostredníctvom orby a plečkovania bojovalo hlavne proti burinám, túto úlohu v súčasnosti v širšej miere prevzali herbicídy.

Taktiež si musíme uvedomiť, že **obrábanie pôdy významne ovplyvňuje jej:**

- priepustnosť,
- infiltračnú schopnosť,
- premiestňovanie výživných látok,

čo musíme zvažovať už nielen vo vodoochranných oblastiach.

Tieto mnohostranné požiadavky vyžadujú, aby sa pôda obrábala:

- v rôznych podmienkach,
- na rôznu hĺbku,
- s rôznou intenzitou,
- rôznou technikou.

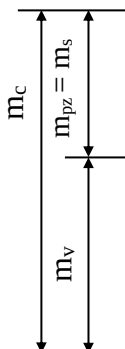
1.2 Produkčné a mimoprodukčné funkcie pôdy

Pre cieľavedomý vývoj poľnohospodárskej techniky a jej používanie v praxi je potrebné poznať a zohľadňovať **základné vzťahy a špeciálne požiadavky poľnohospodárskej výroby na techniku**.

Poľnohospodárstvom využívaná pôda je produkt **prirodeného pôdotvorného procesu a vplyvu človeka**. Predstavuje v podstate **trojzložkovú zmes** (pevná, tekutá a plynná zložka) prevažne zloženú z minerálnych a organických častíc ako aj vody a vzduchu (obr.2).

Pri dobrom štruktúrnom zložení pôdy by sme mali dosiahnuť v orničnom obrábanom profile objemové zastúpenie pevnej zložky pôdy asi **40 % (čiernozem)** až **60 % (piesočnatá pôda)** a **zastúpenie vodných a vzdušných pórov 40 % až 60 %**, pričom póry by mali byť naplnené na 50 % až 60 % vzduchom a na 50 % až 40 % vodou.

Toto zastúpenie pevnej zložky, pórov a ich vyplnenia vodou alebo vzduchom je dané druhom pôdy, štruktúrou pôdy, ale tiež prejazdom techniky, priebehom počasia, prirodzeným uliehaním pôdy a inými vplyvmi.

	Pevná zložka pôdy		V_{pz}		ρ_{pz}	Vlhkosť pôdy	Pórovitosť	Objemová hmotnosť
	Póry	Voda	V_v	V_c	$\rho_v = 1$	Redukovaná $w_r = \frac{m_v}{m_s} \cdot 100$ $w_r = \frac{m_c - m_s}{m_s} \cdot 100$	$p = \frac{V_v + V_{vz}}{V_c} \cdot 100$	Redukovaná $\rho_r = \frac{m_s}{V_c}$ Neredukovaná $\rho_{nr} = \frac{m_c}{V_c}$
		Vzduch	V_{vz}		$\rho_{vz} = 0$	Neredukovaná $w_{nr} = \frac{m_v}{m_c} \cdot 100$ $w_{nr} = \frac{m_c - m_s}{m_c} \cdot 100$	Číslo pórovitosti $e = \frac{V_p}{V_{pz}} = \frac{V_v + V_{vz}}{V_{pz}}$ $(m^3 \cdot m^{-3})$	Merná hmotnosť pevnej zložky (tiež pôdy) $\rho_{pz} = \frac{m_{pz}}{V_{pz}}$

Obr. 1: Prehľad parametrov mernej hmotnosti, vlhkosti, pórovitosti a objemovej hmotnosti pôdy: m_c – hmotnosť vzorky (nevysušenej); m_v – hmotnosť vody v póroch vzorky; m_s – hmotnosť suchej vzorky; m_{pz} – hmotnosť pevnej zložky (platí $m_{pz} = m_s$); V_c – celkový objem vzorky; V_p – celkový objem vodných a vzdušných pórov; V_{pz} – objem pevnej zložky pôdy; V_v , V_{vz} – objem (kapilárnej) vody, vzduchu; ρ_{pz} , ρ_v , ρ_{vz} – merná hmotnosť pevnej zložky, vody, vzduchu; ρ_r – objemová hmotnosť (suchej) pôdy – redukovaná STN 731001; ρ_{nr} – objemová hmotnosť (vlhkej) pôdy – neredukovaná; p – pórovitosť; e – relatívna pórovitosť (číslo pórovitosti); w_r – vlhkosť pôdy – redukovaná; w_{nr} – vlhkosť pôdy – neredukovaná.

Narušenie týchto pomerov, predovšetkým nízkym zastúpením vodných a vzdušných pórov, je najčastejšie spôsobované:

- Škodlivým utláčanim pôdy v rôznych hĺbkových horizontoch, predovšetkým tzv. hrubé póry (väčšie ako 0,01 mm) umožňujú prestup jemných koreňov rastlín.

Nadmerné utláčanie pôdy v oblasti spracovávaného profilu, pod hranicou obrábania pôdy, ale aj v hlbších horizontoch:

- obmedzuje alebo zastavuje rast koreňového systému,
- nepriaznivo pôsobí na teplotu pôdy a vedenie vody v pôde.

Vzniknuté škody, spôsobené utláčanim pôdy sa často zistia až neskoro pri znížení úrody a vyžadujú vysoké náklady na ich odstránenie. Príčiny tohoto stavu sú rôzne, často nedodržaním hranice prejazdnosti a spracovateľnosti pôdy z pohľadu jej vlhkosti, vysokým tlakom pojazdového ústrojenstva, tupými pracovnými nástrojmi, neorganizovaným pohybom techniky po poli, nepoužívaním kypriacich zariadení za kolesami energetických prostriedkov, nevyužívaním kombinovaných strojov a i.

2. DEFINÍCIA ZÁKLADNÝCH VLASTNOSTÍ PÔDY

2.1 Fyzikálne vlastnosti pôdy

Fyzikálne vlastnosti pôdy predstavujú súhrn vlastností, ktoré sú dané:

- disperznosťou základných častíc,
- vzájomným vzťahom medzi pôdnym roztokom, vzduchom v pôde a pevnou fázou.

(Demo, Bielek a i., 2000).

Druh pôdy patrí medzi základné vlastnosti pôdy a je definovaný jej zrnitosťou. Najdôležitejšou vlastnosťou druhu pôdy je percentuálny hmotnostný podiel minerálnych zŕn, ktoré sú menšie ako 0,01mm. (HRAŠKO, J., BEDRNA, Z., 1988).

Objemová hmotnosť pôdy

Objemová hmotnosť je daná pomerom hmotnosti a objemu pôdnej vzorky v prirodzenom uložení. Jej hodnota je vždy nižšia ako hodnota mernej hmotnosti pôdy. Objemová hmotnosť sa používa k vyjadreniu nakyprenosti alebo utuženosti pôdy rôznymi faktormi, ktoré vplývajú na zmenu objemovej hmotnosti.

Rozlišujeme tzv. *neredukovanú* objemovú hmotnosť, čo je objemová hmotnosť vlhkej pôdy a tzv. *redukovanú* objemovú hmotnosť, čo je objemová hmotnosť pôdy vysušenej do konštantnej hmotnosti. Kritické hodnoty pórovitosti a redukovanej objemovej hmotnosti sú v tab. 1.

Tab. 1: Kritické hodnoty pórovitosti a redukovanej objemovej hmotnosti pôdy

Kritické hodnoty	<i>Druh pôdy</i>					
	íl	ílovitá až ílovito-hlinitá	hlinitá	piesočnato-hlinitá	hlinito-piesočnatá	piesočnatá
Pórovitosť, % obj.	48	47	45	42	40	30
Objemová hmotnosť red., t.m ⁻³	1,35	1,40	1,45	1,44	1,60	1,70

V závislosti na druhu pôdy požadujeme, aby redukovaná objemová hmotnosť pre oziminy bola 1,35 až 1,55 t.m⁻³, pre jarné obilniny 1,28 až 1,55 t.m⁻³, pre zemiaky 1,25 až 1,45 t.m⁻³ a pre cukrovú repu 1,35 až 1,55 t.m⁻³ v závislosti na druhu pôdy.

Vlhkosť pôdy

Vlhkosť je jedným z najdôležitejších činiteľov, ktoré ovplyvňujú odpor a kvalitu obrábania pôdy. Voda obsiahnutá v pôde môže úplne zmeniť jej mechanické vlastnosti. Vhodná vlhkosť pre obrábanie pôdy je rôzna, čo je dané tým, že každý druh pôdy má schopnosť sa najľahšie drobiť pri rôznej optimálnej vlhkosti. Približne môžeme uviesť, že je to u ľahkých pôd pri

vlhkosti 8 – 12 %, u stredne ťažkých pôd pri vlhkosti 16 – 18 % a u ťažkých pôd pri vlhkosti 18 – 21 %, čo približne zodpovedá 40 – 60 % poľnej vodnej kapacity pôdy.

Vlhkosť pôdy je daná momentálnym obsahom vody v pôde a to najčastejšie v hmotnostných (ale aj objemových) percentách.

V oblasti rastlinnej výroby sa obsah vody v pôde vyjadruje tzv. *poľnou vodnou kapacitou* (PVK), ktorú reprezentuje to zastúpenie vody v pôde, ktoré je pôda schopná po úplnom nasýtení určitý čas udržať pri vylúčení výparu a kapilárneho prítoku z podzemnej vody.

$$PVK = \frac{m_n - m_s}{m_s} \cdot 100, \quad \% \text{ hmotnosti} \quad (1)$$

kde: m_n – hmotnosť vzorky vodou nasýtenej pôdy,

m_s – hmotnosť suchej vzorky (obr.2).

Aktuálna vlhkosť pôdy vyjadrená v % poľnej vodnej kapacity (w_{pvk}) bude:

$$w_{pvk} = \frac{w_r}{PVK} \cdot 100, \quad \% \text{ PVK} \quad (2)$$

kde: w_r – redukovaná vlhkosť pôdy (obr.2)

Podľa zastúpenia vody v pôde rozoznávame päť stupňov vlhkosti pôdy od vyprahnutej až po mokrú pôdu (STN 465302).

Pórovitosť pôdy

Pórovitosť pôdy je podiel objemu vzdušných a vodných pórov pôdy v prirodzenom uložení k celkovému objemu pôdnej vzorky vyjadrených v percentách (obr.2). Pórovitosť pôdy je len kvantitatívnu charakteristikou pôdy, ktorá definuje jej stav (zhutnenosť, nakyprenosť), ale nedefinuje kvalitu pôdnych pórov. Kritické hodnoty pórovitosti pôdy v závislosti od druhu pôdy udáva tab.3.

Pórovitosť sa v orničnom profile pôdy pohybuje od 30 % u piesočnatých pôd až do 60 % u ílovitých pôd, v podorníci je nižšia. Optimálne hodnoty pórovitosti sa odporúčajú pri oziminách 40 až 47,5 %, pre jarné obilniny 41,5 až 50,5 %, pre zemiaky 44 až 51,5 % a pre cukrovú repu 41,5 až 47,5 % v závislosti na druhu pôdy.

V praktických podmienkach sa pórovitosť pôdy (p) často určuje výpočtom z mernej hmotnosti pôdy (ρ_m) a redukovanej objemovej hmotnosti (ρ_r) podľa vzťahu:

$$p = \frac{\rho_m - \rho_r}{\rho_r} \cdot 100, \quad \% \text{ obj.} \quad (3)$$

kde: $\rho_m = \rho_{pz}$ (obr.2)

Pre väčšinu minerálnych pôd je $\rho_m = \rho_{pz} = 2,65 - 2,75 \text{ t.m}^{-3}$.

Pevnosť pôdy

Drobenie kompaktnej uľahnutej pôdy alebo pôdnych agregátov je popri otáčaní a miešaní najdôležitejší agrotechnický cieľ pri mechanickom obrábaní pôdy. Do pôdy vnikajúce

pracovné nástroje musia prekonať vnútorné väzbové sily v pôde a to predovšetkým vyvolaním požadovaných šmykových napätí. Pri spracovaní pôdy nás preto bude zaujímať predovšetkým *šmyková pevnosť pôdy*. Hodnota šmykovej pevnosti je daná jej metódou určovania a pohybuje sa pre ľahké a stredne ťažké pôdy od 10 – 30 kPa až po 60 – 90 (120) kPa pre ťažké utlačené a suché pôdy.

Z dôvodov relatívne pracného merania šmykovej pevnosti pôdy, ktoré je určené pre exaktné výskumy sa do poľnohospodárskej praxe zaviedla metóda zisťovania pomocou *pôdnej sondáže* (penetrácie). Pri tejto metóde sa sonda zapravuje do pôdy rôznym spôsobom (rázom, konštantnou rýchlosťou) a to ako vo vertikálnej, tak aj v horizontálnej rovine.

Pri tejto sondážnej metóde môžeme sledovať spotrebu energie, odpor proti vnikaniu sondy v tvare normalizovaného kužeľa do pôdy ako funkciu dráhy, alebo točivý moment krídelkovej sondy v určitej hĺbke pôdy. Potrebné je dodať, že zatiaľ nie sú známe všeobecne platné rovnice pre prepočet na šmykovú pevnosť pôdy. Po získaní určitých skúseností a vhodnej vlhkosti pôdy sú tieto metódy vhodné predovšetkým pre posúdenie stupňa zhutnenia pôdy, odporu pôdy pri jej spracovaní a i.

Trecie vlastnosti pôdy

Trenie pôdy po pracovných plochách (tzv. vonkajšie trenie) ako aj trecie vlastnosti pôdy medzi jej časticami alebo vrstvami (vnútorné trenie) významne ovplyvňujú nielen stratu energie a opotrebovanie pracovných častí ale aj kvalitu obrábania pôdy.

Hodnoty súčiniteľa trenia pôdy po oceli sa pohybujú v rozsahu 0,3 až 0,7 v závislosti od druhu pôdy, jej vlhkosti a vlastností povrchu pracovného nástroja. Veľký vplyv okrem povrchu pracovného nástroja má štruktúra a vlhkosť pôdy.

Dodajme, že okrem trecích vlastností významne ovplyvňuje proces obrábania pôdy aj tzv. *lipkavosť* (adhézia) pôdy a to predovšetkým v ťažkých pôdach, kde vzniká nebezpečie zalepenia pracovných častí strojov.

Štruktúra pôdy

Je daná vzájomným zoskupením jednotlivých pôdnych častíc a agregátov. *Jemne hrudkovitú štruktúru* tvoria pevne stmelené častice o veľkosti 1 – 10 mm. Ak sa pôda skladá z hrudiek o veľkosti 10 – 30 mm hovoríme o *hrudkovitej štruktúre*, pri veľkosti 30 – 100 mm sa jedná o *hrudovitú štruktúru* pôdy.

Akýkoľvek zásah poľnohospodárskych strojov do pôdy je súčasne zásahom do štruktúry pôdy. Tento zásah môže byť žiadatel'ný ako napr. drobenie pôdy pri predsejbovej príprave pôdy, ale aj nežiadatel'ný napr. pri prejazde kolies techniky po pôde.

Pretože veľkosť pôdnych agregátov má významný vplyv na vedenie vody, výmenu plynov, tepelný režim pôdy, tvorbu pôdneho prísušku a i., má štruktúra pôdy veľký význam hlavne pri predsejbovej príprave pôdy.

Pôdne agregáty vznikajú ako rozdeľovaním (rezaním, strihaním ...) tak aj drobením v rámci existujúcich lomových plôch. Pri predsejbovej príprave pôdy je žiadúce, aby použitá technika

čo najviac spĺňala požiadavky jednotlivých rastlín v oblasti vytvárania požadovanej štruktúry pôdy (tab. 2).

Tab. 2: Požiadavky na štruktúru pôdy v oblasti sejbového lôžka pre niektoré plodiny

<i>Plodina</i>		<i>Raž Jačmeň Ovos</i>	<i>Pšenica Kukurica Hrach Fazuľa</i>	<i>Repka Zelenina</i>	<i>Zemiaky</i>	<i>Cukrová repa</i>
Veľkosť a zastúpenie pôdnych agregátov	< 40 mm	> 80 %	> 75 %	> 85 % *	> 90 %	> 90 %
	< 10 mm	> 45 %	> 40 %	> 75 %	> 40 %	> 50 %

* - veľkosť pôdnych agregátov menších ako 30 mm

Zásahom techniky na obrábanie pôdy dochádza k drobeniu a deleniu pôdnych agregátov, mení sa ich povrchová plocha, ktorá priamo ovplyvňuje požadované vlastnosti pôdy. Priame meranie povrchu častíc je v praxi ťažko použiteľné, preto sa výsledok drobenia pôdy zisťuje výpočtom *merného povrchu* P , $\text{m}^2.\text{kg}^{-1}$. Za predpokladu, že častice majú guľovitý tvar a rovnaký priemer (d) bude povrch častíc (P_g) na jednotku hmotnosti vzorky daný ($\text{m}^2.\text{kg}^{-1}$):

$$P_g = \frac{6 \cdot 10^3}{\rho_g \cdot d}, \quad \text{m}^2.\text{kg}^{-1} \quad (4)$$

kde: ρ_g – objemová hmotnosť pôdy, $\text{t}.\text{m}^{-3}$;

d – priemer častíc, m.

Z predchádzajúcej rovnice je zrejmé, že P_g s poklesom priemeru častíc (d) hyperbolicky stúpa. Aby sme to mohli zohľadniť, je vhodné pri triedení pôdy do jednotlivých frakcií nepoužívať lineárne, ale geometrické odstupňovanie jednotlivých veľkostných skupín (frakcií). Pri obrábaní pôdy a jej hodnotení sa zaviedlo nasledujúce odstupňovanie frakcií (mm): 0 – 2,5 (1,25); 2,5 – 5 (3,75); 5 – 10 (7,5); 10 – 20 (15); 20 – 40 (30); 40 – 80 (60); 80 – 160 (120); v zátvorke sú uvedené stredné priemery frakcií d_s .

Potom *merný povrch pôdnych častíc ľubovoľnej triedy* (i -tej frakcie) bude (P_{gi}):

$$P_{gi} = \frac{6 \cdot 10^3}{\rho_g \cdot d_{si}} \cdot \frac{m_i}{100}, \quad \text{m}^2.\text{kg}^{-1} \quad (5)$$

kde: m_i – hmotnostný podiel i -tej frakcie, % hmot.;

d_{si} – stredný priemer i -tej frakcie, m.

Ako hodnotiace kritériá môžeme použiť aritmetický priemer veľkosti frakcií, stredný vážený priemer (d_v), najčastejšie zastúpený priemer alebo percentuálne hmotnostné zastúpenie jednotlivých frakcií. Pri použití stredného váženého priemeru bude *výsledok drobenia* daný:

$$\Delta_{dv} = d_{v1} - d_{v2} \quad (6)$$

kde: d_{v1} – stredný vážený priemer veľkosti frakcií pred obrábaním pôdy;

d_{v2} – stredný vážený priemer veľkosti frakcií po obrábaní pôdy.

alebo

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad (7)$$

kde: P_2 – merný povrch pôdných častíc po obrábaní pôdy;

P_1 – merný povrch pôdných častíc pred obrábaním pôdy.

a *stupeň drobenia* (λ_{dv} , $\lambda_{\Delta P}$) bude:

$$\lambda_{dv} = \frac{\Delta_{dv}}{d_{v2}}, \text{ alebo } \lambda_{\Delta P} = \frac{\Delta P}{P_1} \quad (8)$$

Určenie pôdnej štruktúry sa vykonáva na sitových triedičoch, ktoré sú dnes už medzinárodne štandardizované.

Infiltračná schopnosť pôdy

Infiltračná schopnosť pôdy (tiež priepustnosť) je schopnosť pôdy infiltrovať vodu z povrchu do hlbších vrstiev. Zodpovedá maximálnej rýchlosti (mm.h^{-1}) ktorou je voda schopná preniknúť cez vrchnú vrstvu pôdy. Okrem iného je infiltračná schopnosť pôdy daná predovšetkým druhom a stavom pôdy.

Tepelná vodivosť pôdy

Určuje množstvo tepla v Jouloch, ktoré prejdú cez jednotku plochy 1cm^2 do hĺbky 1cm za 1s pri teplotnom gradiente 1°C ($\text{J.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$). Tepelná vodivosť je podmienená najmä pomerom vzduchu a vody v pôde, pričom najväčšiu vodivosť v pôde má voda a naopak najmenšiu vodivosť v pôde má vzduch.(DEMO, M., 1991

Tepelná kapacita pôdy je schopnosť pôdy zadržiavať a prijímať teplo. Meradlom tepelnej kapacity je merné teplo pôdy. Tepelná kapacita je vyjadrená množstvom tepla (J) ktoré je potrebné na zvýšenie teploty 1g pôdy alebo 1000mm^3 pôdy o 1°C . (DEMO, M., 2000).

2.2 Chemické vlastnosti pôdy

Chemickými vlastnosťami a chemickým zložením pôd sa zaoberá pôdna chémia. Skúma fyzikálno-chemické aj chemické procesy, prebiehajúce v pôde a to v podmienkach, ktoré sú výsledkom pôsobenia prírodných činiteľov (VACULÍK, R. et al., 1989).

Medzi chemické vlastnosti zaradujeme:

- chemické zloženie pôdy,
- zloženie pôdneho roztoku,
- organo-minerálny koloidný systém pôd,
- sorbčné procesy v pôdach,
- pôdne reakcie - vznik, význam a úprava,
- oxidačno-redukčné pomery (LEDVINA, R. et al., 2000).

Chemické zloženie pôdy:

Chemické zloženie pôdy sa formovalo dlhodobým procesom premeny pôdotvorného substrátu, pôsobením minerálnych a organických látok a rozkladaním odumretých rastlinných zvyškov v pôde (VACULÍK, R. et al., 1989).

Kyslík, vodík a uhlík patria medzi základné prvky organických zlúčenín. Minerálny podiel až u 90% pôd sa skladá zo štyroch prvkov – železo, hliník, kremík a kyslík. Ďalšie prvky ako vápnik, uhlík a titán sú v pôde obsiahnuté v niekoľko desiatkach percent. Všetky ostatné prvky sú percentuálne zanedbateľné (KOSIL, V. et al., 1977).

Uhličitany sú významným prvkom minerálneho pôdneho podielu a ich prítomnosť výrazne ovplyvňuje pôdne vlastnosti. Patria medzi najprirodzenejšie zložky pôdneho humusu a v pôde sa nachádzajú predovšetkým vo forme $CaCO_3$ (HORÁČEK, J. et al., 1994).

Zásoby dusíka sú viazané najmä na obsah humusu v pôde. Dusík sa nachádza v enzýmoch, nukleových kyselinách, bielkovinách a ďalších dusíkatých látok. Obsah dusíka v pôde sa pohybuje od 0,02% do 0,50% a je výsledom bioakumulácie z atmosféry. Dusík, ktorý je zastúpený v organických zlúčeninách sa postupne uvoľňuje počas mineralizácie (2-3% ročne) (LEDVINA, R. et al., 2000).

2.3 Pôda ako organo-minerálny komplex

Pôdny roztok môžeme charakterizovať ako zriedený vodný roztok iónov Ca, Na, Mg, Cl, K, NO_3 , SO_4 , HCO_3 a v malých množstvách iných iónov, a niektorých rozpustných prvkov organickej hmoty z ktorých je určitá časť schopná formovať komplexy s kovovými iónmi. Výsledkom je zvýšený pohyb týchto iónov v pôde (BEDRNA, Z. et al., 1989).

Organominerálny koloidný systém pôd

Koloidy môžeme definovať ako častice a ich rozmer sa pohybuje od 1mm do 1 μ m. Sú dôležitou časťou systému koloidne-disperzných látok a sú závislé od meniacich sa podmienok prostredia (teplota, vlhkosť, koncentrácia a zloženie pôdneho roztoku) (VACULÍK, R. et al., 1989).

Sorbčné procesy v pôde

Schopnosť zadržiavať rôzne látky z disperzného prostredia sa nazýva sorbčná schopnosť pôdy. Túto vlastnosť ovplyvňuje podiel pôdných koloidov, ktorých veľká časť tvorí súčasť pevnej fázy pôdy (pôdy koloidný komplex) (PRAX, A. et al., 1995).

Sorbčné procesy delíme na:

- biologická sorbcia,
- chemická sorbcia,
- mechanická sorbcia,
- fyzikálna sorbcia,
- fyzikálno-chemická sorbcia.

Za najdôležitejší z uvedených sorbčných procesov proces sa považuje výmenný fyzikálno-chemický proces (NYPL, V., KURÁŽ, V., 1992).

Pôdne reakcie

Pôdnou reakciou určujeme, či sa pôda, pôdny roztok alebo pôdny výluh správa ako kyselina, neutrálna látka alebo zásada. Pôda reaguje na základe koncentrácie a prítomnosti vodíkových iónov, ktoré sa vo vodnom roztoku spoja s molekulami vody a vytvoria ióny H_3O^+ (VACULÍK, R. et al., 1989).

Ak sa v pôde a v pôdnom roztoku vyskytujú vodíkové ióny, potom sa nazývajú aktívnou reakciou (pH_{H_2O}). Ak ich nazveme reakciou výmennou (pH_{KCl}) a hydrolytickou, v tom prípade sú striedavo vsakované pôdnymi koloidmi (PRAX, A. et al., 1995).

Tab. 3: Klasifikácia pôd podľa reakcie (Vaculík, R. et al., 1989)

reakcia	aktívne pH_{H_2O}	výmenné pH_{KCl}
veľmi kyslá	pod 4,9	pod 4,5
kyslá	4,9 – 5,9	4,5 - 5,5
slabo kyslá	5,9 – 6,9	5,5 - 6,5
neutrálna	6,9 – 7,2	6,5 – 7,2
slabo alkalická	7,2 – 8,0	-
alkalická	8,0 – 9,4	-
veľmi alkalická	nad 9,4	-

Oxidačne-redukčné pomery

Oxidáciu a redukciu považujeme za významné chemické reakcie, ktoré prebiehajú pri pôdotvorných procesoch a zvetrávaní horninotvorných minerálov. Sú súčasťou skupiny chemických dejov v pôdach a sprevádzajú biochemické procesy pre zachovanie energie pôdnym mikroorganizmom (KOSIL, V. et al., 1977).

Prístupné živiny

V období rokov 1987 až 2004 bolo v rámci agrochemického skúšania poľnohospodárskych pôd pozorované zvýšenie zastúpenia pôd s nízkou zásobou prístupného fosforu, draslíka a horčíka; u fosforu o 14,6 %, u draslíka o 10,7 % a u horčíka o 5,3 %. Naopak zastúpenie pôd s dobrou zásobou prístupných živín sa v tomto období znížilo; u fosforu o 12,4 %, u draslíka o 24,2 % a u horčíka o 12 %, čo je z hľadiska výživy rastlín nepriaznivá tendencia (tab. 4).

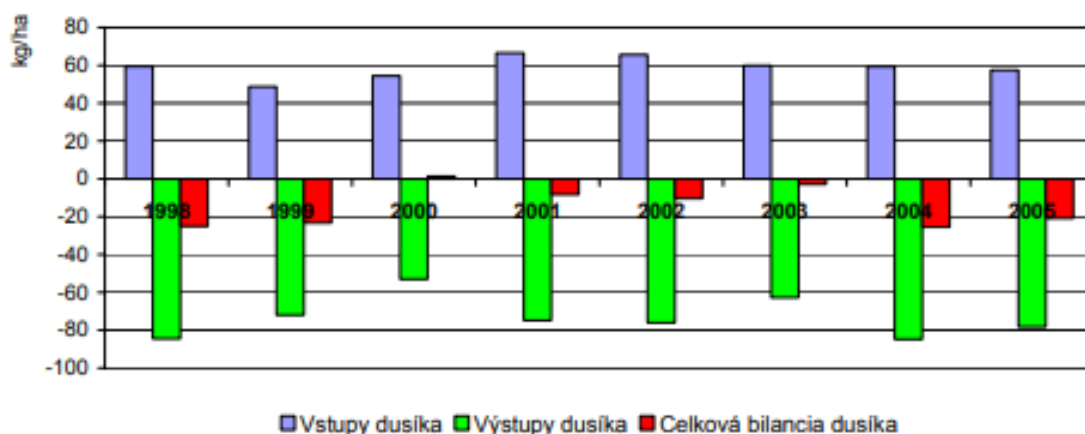
Tab. 4: Rozdelenie poľnohospodárskych pôd SR podľa obsahu prístupných živín (%)

	Fosfor				Draslík				Horčík			
	1987 - 1989	1990 - 1994	1995 - 1999	2000 - 2004	1987 - 1989	1990 - 1994	1995 - 1999	2000 - 2004	1987 - 1989	1990 - 1994	1995 - 1999	2000 - 2004
Nízka zásoba	19,0	18,1	25,6	33,6	5,5	10,2	13,5	16,2	1,7	2,1	3,0	7,0
Stredná zásoba	38,0	33,9	38,0	35,8	18,9	25,0	30,6	32,4	6,8	8,0	10,0	13,5
Dobrá zásoba	43,0	48,0	36,5	30,6	75,6	64,8	55,9	51,4	91,5	89,9	87,0	79,5

Z makroelementov sú pre lesnú biomasu najdôležitejšie vápnik, horčík, draslík a fosfor. Prvoradý nie je pritom celkový obsah živín, ale ich vyrovnanosť a harmonický pomer v ich zastúpení. Lesné pôdy minerálne veľmi bohaté a dobre zásobené sa vytvorili z melafýrov, čadičov, slieňov (Šály, 1978).

Bilancia dusíka

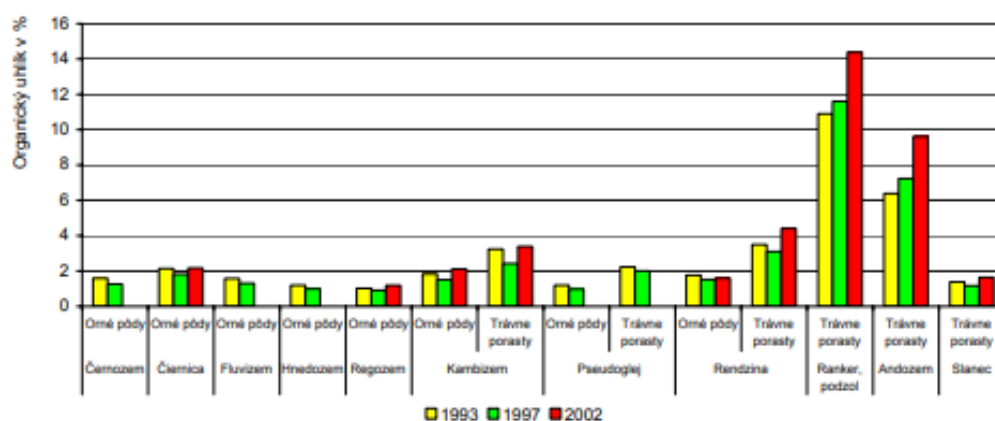
V prvej polovici 90-tych rokov boli režimy dusíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska ešte bilančne vyrovnané. Priemerný ročný obrat dusíka v 1 ha našich poľnohospodárskych pôd sa uskutočňoval na hladine 90 – 140 kg N.ha⁻¹ (vstupy dusíka) vo vzťahu k 102 – 130 kg N.ha⁻¹ (výstupy dusíka). Už vtedy pri nižšej úrovni obratu dusíka bol zaznamenaný asi 10 % deficit v bilanciách dusíka, čo sa môže prejavovať znížením úrod, resp. postupným vyčerpaním zásob dusíka v pôde (Bielek, 1998). Neskôr dôsledkom poklesu aplikácie organických a priemyselných hnojív do pôdy, za súčasného intenzívneho pestovania plodín, sa obsah dusíka v pôde stával deficitný, čo pretrváva i v súčasnosti. Aj keď z hľadiska ochrany vodných zdrojov pred kontamináciou dusičnanmi je takýto trend priaznivý, dlhodobý deficit dusíka či ostatných živín vytvára tlak na ich zásoby v pôde, čo nie je v súlade s trvalo udržateľným hospodárením na pôde. Je však potrebné brať do úvahy aj regionálne a lokálne rozdiely, ako aj rozdiely u konkrétnych plodín, kedy môže dochádzať aj k negatívnym tendenciám prebytkov a následnému splavovaniu dusíka do vody



Obr. 2 Celková bilancia dusíka v poľnohospodárskych pôdach SR (kg/ha)

Organický uhlík v pôde

Výsledky Čiastkového monitorovacieho systému Pôda (ČMS-P) ukázali, že priemerné hodnoty organického uhlíka na orných pôdach sú pomerne nízke, pohybujúce sa v rozmedzí 1 – 2 %, čo predstavuje mierne až stredne humózne pôdy. Najvyšší obsah organického uhlíka bol zaznamenaný na trvalých trávnych porastoch (TTP) podzoloch a rankroch vyšších horských polôh. Medzi silne humózne pôdy patria rendziny, pseudogleje a kambizeme na TTP. Obsah organického uhlíka s hĺbkou klesá. Pri porovnaní priemerných hodnôt obsahu organického uhlíka v orničnom horizonte na vybratých orných pôdach SR z roku 1997 oproti roku 1993 bol zistený jeho slabý pokles. Na trvalých trávnych porastoch, podobne ako v hĺbke 35-45 cm neboli zaznamenané výrazné zmeny. Výsledky priemerných hodnôt obsahu organického uhlíka v orničnom horizonte z roku 2002 poukázali na opätovný nárast obsahu organického uhlíka v zhodnotených pôdach oproti predchádzajúcim rokom. Namerané hodnoty sa približovali k počiatočným hodnotám obsahu organického uhlíka z roku 1993.



Obr. 3

Obsah organického uhlíka pôd SR na vybratých pôdnych typoch (%)

2.4 Technologické vlastnosti pôdy

Pre obrábanie pôdy majú veľký význam tzv. technologické vlastnosti pôdy. Sú to vlastnosti ktoré bezprostredne ovplyvňujú účelnosť a počet pracovných zásahov, ale aj zavádzanie nových technológií obrábania pôdy. Technologické vlastnosti pôdy môžeme vyjadriť rôznymi parametrami, ako *orbový pomer*, *konzistencia*, *súdržnosť*, *pevnosť*, *napučiavanie*, *lipkavosť* (*adhézia*), *hygroskopickosť* a i. Sú to veľmi dôležité avšak stále v praxi málo využívané vlastnosti pôdy predovšetkým z pohľadu možných technológií jej obrábania.

Napučanie alebo usadenie pôdy sú vlastnosti spojené s objemovými zmenami, ktoré sú podmienené meniacim sa obsahom vody a tiež vysokým obsahom koloidov. Pohlčovaním vody sa koloidy od seba vzájomne oddeľujú a tým zväčšujú svoj objem. Napučanie sa prejavuje tlakom na okolie, preto ho zisťujeme meraním tlaku. Tiež sa dá vyjadriť množstvom prijatej vody, alebo percentom zväčšenia svojho objemu. Usadzovanie pôdy je výsledkom straty vody, kedy pri vysychaní ťažkých pôd môžu vznikať až 150 mm široké a 1 – 3m hlboké pukliny (HRAŠKO, J., BEDRNA, Z., 1988).

Konzistencia pôdy (hutnosť) je výsledkom pôsobenia súboru vlastností pôdy, ktoré sú vyjadrené stupňom súdržnosti, lepidlosti a odporu proti deformácii pri určitej vlhkosti. Pri posúdení spracovateľnosti pôdy je dôležitým ukazovateľom *číslo konzistencie*. Číslo konzistencie sa udáva v percentách obsahu vody. S rastúcou hodnotou čísla konzistencie, rastie aj obtiažnosť spracovania pôdy a naopak (LEDVINA, R. et al., 2000).

Súdržnosť (kohézia) pôdy je schopnosť pôdy vytvárať odpor pri vniknutí cudzích telies do pôdy a odolávať vonkajšiemu tlaku, ktorý pôsobí na drobenie agregátov (DEMO, M., 2000).

Lipnivosť (adhézia) je daná vzájomným príťahovaním molekúl, ktoré sa nachádzajú na povrchu pôdných telies a častíc. Lipnivosť sa prejavuje prílepením pôdnej hmoty na cudzie teleso, zvyčajne na obrábacie náradie. (HRAŠKO, J., BEDRNA, Z., 1988).

Tvrdosť pôdy je vyjadrená minimálnou adhéziou a maximálnou kohéziou absolútne suchej pôdy.

Plastičnosť (tvárnosť) je schopnosť pôdných agregátov združovať sa do trvalejšieho tvaru pri potrebnej vlhkosti.

Trenie pôdy je možno vysvetliť ako odpor, ktorý vytvárajú nerovnosti dotkových plôch kľzavého pohybu. Trenie môže byť vnútorné, a to medzi povrchom náradia a pôdou alebo vonkajšie - medzi časťami pôdy.

Orbový odpor vyjadruje odpor, ktorý kladie pôda pri drobení, obracaní, krájaní, zdvihu. Pre určenie orbového odporu sa v jednom okamihu skúma výkon na háku a potreba ťažnej sily. (DEMO, M., 1995)

2.5 Biologické vlastnosti pôdy

Mineralizácia uhlíka, mineralizácia dusíka a nitrifikácia v pôde sú zatiaľ jediné zovšeobecnené vlastnosti pre celú výmeru poľnohospodárskych pôd. V pôde žijú organizmy, ktoré sa rozhodujúcim spôsobom podieľajú na samočistiacich procesoch prebiehajúcich v pôde:

- edafón tvorený makroedafónom (hmyz, červy, hlodavce a pod.)
- mikroedafónom (mikroorganizmy).

Makroedafón zlepšuje najmä aeráciu pôdy kyprením a konzumuje organické zvyšky v pôde. Časť mikroedafónu sa priamo podieľa na rozkladných procesoch prebiehajúcich v pôde (Holéczyová et al., 2011).

V pôde žije trvale a dočasne veľký počet mikroorganizmov a makroorganizmov, ktoré sa nazývajú pôdny edafón. Na 1 m² sa vyskytuje 1 – 200 tisíc jedincov makrofauny a miliardy jednotlivcov mikrofauny. Na 1 ha sa v ornici nachádza 2 – 10 t pôdneho edafónu, čo predstavuje asi 0,05 – 0,5 % z hmoty pôdy. Pôdne organizmy zohrávajú v pôde významnú úlohu, podieľajú sa na pôdných biologických procesoch ako je mineralizácia pôdnej organickej hmoty, biologická mineralizácia a následne nitrifikácia dusíka. Poľnohospodárske pôdy SR ročne uvoľnia do ovzdušia asi 10 061 tis. t C-CO₂ (z 1 ha 3 – 5 t). Ročne sa v poľnohospodárskych pôdach SR uvoľní asi 375 tis. t minerálneho dusíka. Hektár

poľnohospodárskych pôd vytvorí ročne priemerne asi 162 kg minerálneho dusíka. V poľnohospodárskych pôdach SR sa ročne vyprodukuje asi 111 tis. t N-NO₃. Hektár poľnohospodárskej pôdy znitrifikuje asi 42 kg N-NO₃ (Bielek, 1998, Demo, Bielek, 2000).

2.5.1. Vzduch v pôde

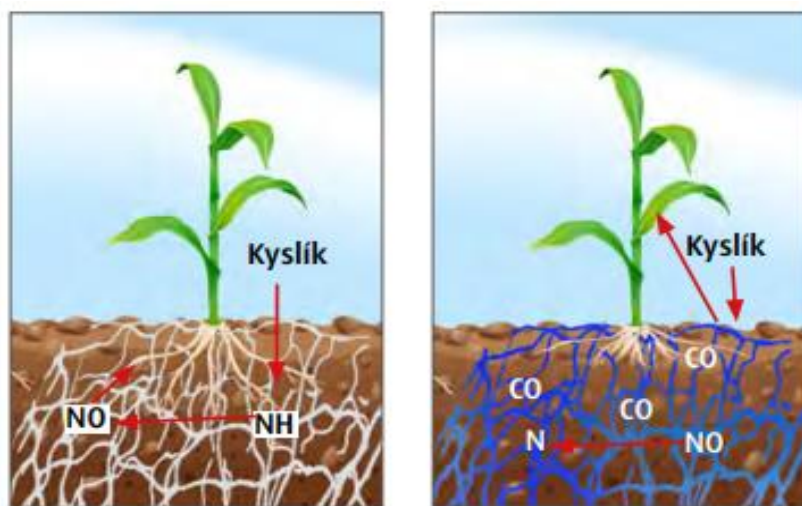
Väčšina pôd sú pôdy aerobné. To je dôležité, pretože korene rastlín spotrebávajú kyslík a karbohydráty a súčasne uvoľňujú oxid uhličitý, pritom však v pôde musí zostať dostatok vzduchu (obzvlášť kyslíka) pre podporu väčšiny foriem života ktoré sa v pôde nachádzajú.

Anaeróbne pôdy

Anaeróbne podmienky vznikajú väčšinou pri premokrení pôdy a v dôsledku následnej prítomnosti organismov spôsobujúcich hnilobu koreňov. Tieto procesy sa môžu vyskytnúť vo všetkých vrstvách pôdy, vrátane povrchovej vrstvy ornice. Pokiaľ z pôdy nemôže odtekať voda, nemôže byť do pôdy vťahovaný čerstvý kyslík. To vedie k tomu, že biologické funkcie pôdy, rozklad organickej hmoty a korene rastlín spotrebujú všetok dostupný kyslík (na rozdiel od pôd s nízkym obsahom kyslíka, u ktorých voda z pôdy odteká, avšak pomaly). Z toho plynie, že anaerobne podmienky môžu vzniknúť v každej hĺbke pôdy.

Všeobecne potrebujú korene k svojmu rastu 10 % kyslíka v pôdnom vzduchu. Pri vytvorení zdravej a ľahko utuženej pôdy s dostatočným odtokom vody je riziko vzniku anaerobných podmienok mimoriadne nízke, bez ohľadu na jej hĺbku.

Anaerobne podmienky sú dôsledkom obmedzeného množstva kyslíka v pôde. K tomu môže dôjsť z celej rady dôvodov, primárne na premokrených pôdach, pôdach s poškodenou pôdnou štruktúrou v dôsledku ich intenzívnej kultivácie a pôdach zhutnených v dôsledku erozných procesov vplyvom intenzívnych zrážok.



Obr. 4 Vľavo-nitrifikácia (dobre prevzdušnená pôdy),vpravo-denitrifikácia (premáčaná pôda)

Anaerobne podmienky v pôde ovplyvňujú produktivitu rovnako, ako ju ovplyvňuje dynamika obsahu organickej hmoty a živín. Majú závažný dopad tiež na korene rastlín a obmedzujú rast rastlín, ktoré nie sú na takýto typ prostredia adaptované. Účinky takýchto podmienok na

rastliny spočívajú v spomalení predlžovania listov a koreňov, žltnutie starších listov, nárastu rizika vodného stresu a vo výskyte chorôb, čo vedie k zníženej produkcii.

Anaerobne pôdy sú osídlené veľkými populáciami hnilobných organismov ktoré sú redukívne a produkujú toxíny. U týchto pôdach sa vo väčšej miere vyskytujú choroby, čo má za následok pokles produkcie.



Obr. 5 Pôdne profily: piesok, íl, prach

Pohyb vody a živín (ľahké a ťažké pôdy)

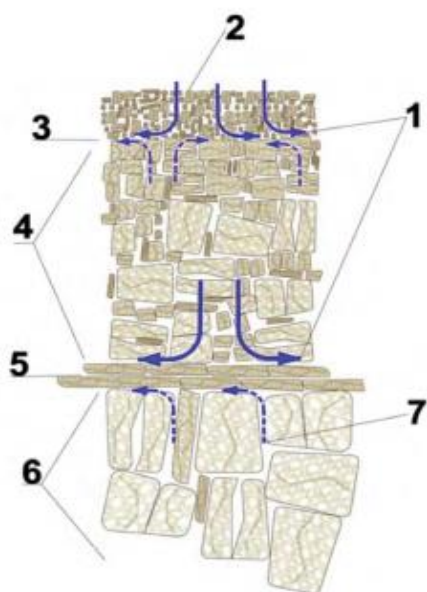
Bariéry pre pohyb vody, vzduchu a živín vytvárajú zhutnené vrstvy v pôdnom profile, ktoré sa väčšinou vyznačujú malou prítomnosťou pórov, alebo dominantným zastúpením pórov s malým priemerom.

pohyb vody (1) kapilárnym vztláním je závažne obmedzený zmenami objemovej hmotnosti alebo veľkostí pôdných agregátov. Vplyv gravitácie na pohyb vody sa samozrejme nemôže prejaviť pri plnom nasýtení pôdy vodou.

Veľkosť pôdných agregátov (2) je zásadným spôsobom ovplyvnená spracovaním pôdy. Vrstvy 1 až 4 predstavujú profil mnoho tradične oraných a intenzívne kyprených pôd.

- Pohyb vody (3) z malých do veľkých pórov je v nenasýtenom stave pomalý (Eagleman, 1962), pretože kapilárny tlak zadržujúci vodu je v agregátoch s malými pórmami väčší.
- Zóny (4) pod vrstvami (3) môžu mať množstvo vody obmedzené (príkladom je napr. prítomnosť nenasýtených zón).
- Pohyb vody, vzduchu a živín obmedzujú také zhutnené vrstvy (5) vyznačujúce sa vysokou objemovou hmotnosťou pôdy.

- Zóny (6) pod utuženými vrstvami sú pre korene obtiažne dostupné. To v suchých letných mesiacoch zvyšuje riziko pôsobenia vodného stresu, ktoré je spojené s predčasným dozrievaním, ktoré vedie k zníženiu produkcie biomasy, vrátane poklesu výnosov.



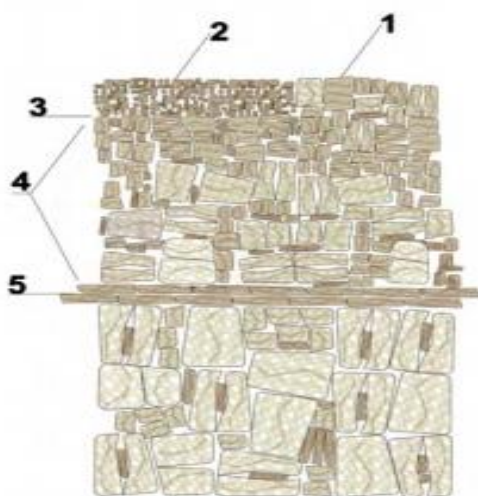
Obr. 6 Pohyb vody

Štruktúra pôdy (ľahké a ťažké pôdy)

Najdôležitejšou pomôckou, ktorá pomáha farmárovi pri kontrole stavu jeho pôdy, je rýľ alebo penetrometer. Posúdiť stav pôdy a postup nápravy problémov nie je možné určiť bez fyzického preniknutia do pôdneho profilu. Navyše, pokiaľ nápravné opatrenia nie sú uskutočnené za vhodného stavu pôdy, sú väčšinou neúspešné.

Zlá štruktúra - ťažká pôda

- Povrch (1) je hrubý a hrudovitý so zlým kontaktom semien s pôdou.
- Povrch (2) je príliš jemný, náchylný k strate vlhkosti a k erózii.
- Oblasť (3) zobrazuje zreteľný rozdiel medzi zónami vytvárajúcimi bariéru pre pohyb vlhkosti.



Obr. 7 Zlá štruktúra - ťažká pôda

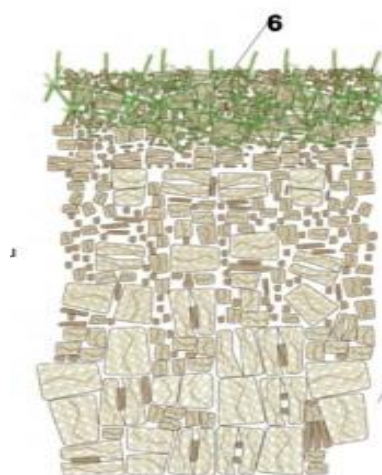
-Vrstvy (4) pod povrchom sú nadmerne utužené a kompaktné, čím dochádza väčšinou k vodorovnému pohybu vody.

-Zhutnené vrstvy vzniknutej kultivácií (5) môžu vytvárať bariéry pre korene, vodu, vzduch a živiny. Pokiaľ sú do takýchto vrstiev zapravené rastlinné zvyšky, dochádza k vzniku anaerobných podmienok, ktoré sú pre rast koreňov ďalšiu bariérou.

- Pri kyprení v týchto vrstvách, ak je pôda v drobivom stave, blízko dolnej medze plasticity, nie

je možné pôdu ľahko, rukou alebo pádom pôdy na pevný povrch z výšky 1 m, rozdeliť na menšie agregáty. Posúdiť stav pôdy a postup nápravy problémov nie je možné určiť bez fyzického preniknutia do pôdneho profilu. Navyiac, pokiaľ nápravné opatrenia nie sú uskutočnené za vhodného stavu pôdy, sú väčšinou neúspešné.

Dobrá štruktúra - ťažká pôda



- Povrchové horizonty (6) sú kombináciou stabilných agregátov a organickej hmoty, optimálna veľkosť pôdnej štruktúry zaisťuje dobrý kontakt semien s pôdnymi časticami, zadržovanie pôdnej vody a odolnosť voči rozplaveniu.

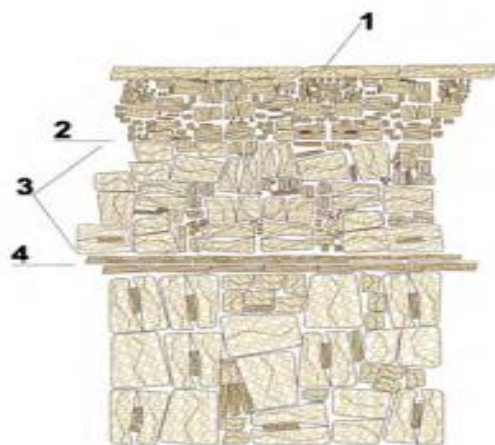
- Zóna (7) vykazuje postupný prechod na väčšie, štrukturné agregáty v danej hĺbke pôdy, s kontinuálnymi pórmí rôznych veľkostí, ktoré sú schopné zadržovať vodu, vzduch a živiny. Korene majú v celom profile prístup k vode, vzduchu a k živinám, bez prítomnosti negatívne pôsobiacich vrstiev.

Obr. 8 Dobrá štruktúra - ťažká pôda

- Pôdne priestory vedú všeobecne zvislo, čo znamená, že voda, vzduch i korene môžu prechádzať profilom priamo do jej spodných vrstiev. Porézny systém je doplnený pórmí vzniknutými pôsobením dažďoviek.
- Pri rytí v týchto štruktúrnych vrstvách možno väčšie agregáty ľahko odlomiť rukou, alebo sa rozpadnú pri samovoľnom gravitačnom páde z výšky 1 m na pevný povrch.

Zlá štruktúra - ľahká pôda

- Povrch (1) môže byť pokrytý zatvrdlou rozplavenou pôdou vytvárajúcou neštruktúrnú škupinu (pôdny príušok), ktorý vytvára bariéru pre vzchádzajúce a následne sa vyvíjajúce rastliny. Obmedzená priepustnosť príušku podporuje eróziu a povrchový odtok pôdy a bráni vysychaniu horných vrstiev po daždi,



predovšetkým v jarnom období pred a po založení porastu. Ľahko tak môže dôjsť k oneskoreniu termínu výsevu alebo k potrebe mechanického rozrušenia tejto vrstvy. Ďalšie prejazdy pri takom stave pôdy však predstavujú riziko utuženia pôdy kolesami traktora.

-Medzi zónami môže existovať zreteľná vrstva (2), ktorá môže vytvárať aj bariéru pre pohyb vody do spodných vrstiev.

- Vrstvy (3) pod povrchom môžu byť hutné a

Obr. 9 Zlá štruktúra – ľahká pôda

veľakrát vykazujú zhutnenie, čo má za následok zlý rast koreňov a ich obmedzený prístup k vode a k živinám. Pôdne priestory, veľakrát tvorené aj prasklinami sú vedené v horizontálnom smere a nie zvisle.

- Často sú prítomné zhutnené vrstvy vzniknuté kultiváciou (4), ktoré vytvárajú bariéru pre rast koreňov a pohyb vody, vzduchu a živín. Pri zapravení rastlinných zvyškov dochádza často k vzniku anaerobných podmienok. Tie negatívne ovplyvňujú nielen rast koreňov, ale aj celkový vývoj rastlín.

Dobrá štruktúra - ľahká pôda

– Povrchové horizonty (5) sú kombináciou stabilných agregátov a organickej hmoty a zaisťujú dobrý kontakt semien s pôdou. U pôd náchylných k rozplaveniu povrchu pôdy a k



následnej tvorbe pôdneho prísušku prispieva organická hmota k zníženiu týchto rizík. Tým dochádza rovnako k obmedzeniu vzniku pôdnych podmienok, ktoré bránia vzhádzaniu naklíčených semien.

- Zóna (6) vykazuje postupný prechod na väčšie, otvorené granulárne agregáty v tejto hĺbke, štruktúra zaisťuje tvorbu kontinuálnych pórov rôznych veľkostí, ktoré sú schopné zadržiavať vodu, vzduch a živiny. Korene majú v celom profile prístup k vode, vzduchu a živinám. Nie sú prítomné žiadne zhutnené vrstvy. Korene rastlín, vrátane chodbičiek dažďoviek, tak vedú do spodných vrstiev pôdy.

- Pre kontrolu stavu pôdy platia rovnaké kritériá, aké boli uvedené v časti týkajúcej sa ťažkých pôd.

Obr. 10 Dobrá štruktúra - ľahká pôda

2.6 Pôda ako ekosystém

Pôda je živý ekosystém, ktorý umožňuje existenciu organizmov v nej obsiahnutých vďaka určitému malému podielu organickej zložky pôdy významného zdroja uhlíka, ktorý obvykle nepresahuje 5 %. Uhlík je pre biologickú aktivitu v pôde najcennejším zdrojom energie.

Pre dosiahnutie dobrej úrody a vysokej kvality produkcie poľných plodín je základným predpokladom, aby sa pôda znova oživila. Už desaťročia jednostranne vyživujeme porasty priemyselnými hnojivami a na pôdu zabúdame. Minerálna výživa je zdrojom živín pre rastliny alebo pre pôdnu mikrobiológiu.

Základným predpokladom udržania pôdnej úrodnosti je starostlivosť o biologickú aktivitu – život v pôde. Tento prístup však predpokladá celkovú zmenu v prístupe k pôde a v súčasnej dobe aj technologické zmeny rešpektujúce aj technologické zmeny rešpektujúce aktuálne pôdno-klimatické podmienky.

Úlohy biologickej aktivity pôdy

Pôda ukrýva rôznorodú faunu a flóru, hoci často nenápadnú a málo viditeľnú. Súbor živých organizmov, prítomných v prvých dvadsiatich centimetroch pôdy predstavuje 10 DJ pod hektárom obilia a 50 DJ pod hektárom lúky. Hoci 250 miliónov organizmov žijúcich na m², predstavuje len 0,25 % celkovej hmotnosti pôdy, má nezastaviteľnú úlohu v rozvoji, v zdraví a úrodnosti ekosystému pôdy.

Tento živý ekosystém je úzko prepojený s rastlinami:

- Živé organizmy sa podieľajú na vytváraní a štruktúrovaní pôdy: tvorba chodbičiek, zhlukov a pod. Dobre štruktúrovaná pôda je prepojená s kvalitnou biologickou aktivitou.
- Biologická aktivita recykluje odpadové látky z rastlinného a živočíšneho sveta: (zvyšky porastu, výlučky živočíchov, odumreté živočichy) a vracia minerálne látky rastlinám. Potravinové reťazce, alebo skôr siete tak zabezpečujú rastlinám optimálnu výživu, ale tiež ochranu proti chorobám a škodcom.
- Veľké množstvo druhov žije s rastlinami v symbióze. Dodávajú im výživu alebo ochranu výmenou za uhlík. Je to prípad hľúzovkových baktérií dodávajúcich strukovinám dusík prípadne huby, ktoré dodávajú rastlinám vodu a minerálne látky výmenou za cukry.

Pôda – živé prostredie

Pôdna faunu a flóru sa delí na tri veľkostné skupiny. Každá z nich má inú úlohu v recyklovaní organickej hmoty a v štruktúre pôdy:

- *Makrofauna* (viac ako 2 mm) zabezpečuje delenie a premiešavanie rastlinných zvyškov, vytváranie makroporézności umožňuje rýchlu cirkuláciu vody a plynov, ako aj presun organickej hmoty do hlbších zón pôdy. Červy predstavujú dôležitú časť tejto skupiny. Môžu vytvoriť až 4000 až 5000 km chodbičiek na hektár a premiešať 1 až 3 t zeme denne v čase aktivity, mimo estivácie, sucha alebo mrazu. Ich výlučky (30 t/ha/rok od tony dažďoviek) vytvárajú stabilné a úrodné zhluky.
- *Mezofauna* (0,1 mm až 2 mm) zahŕňa najmä chvostoskoky, roztoče, háďatká, larvy hmyzu a i. Živia sa zvyškami rastlín, ktoré rozkladajú a rozdrobujú, čím zväčšujú ich plochu na kolonizáciu mikroorganizmami.
- *Mikroflóra* (baktérie, huby a aktinobaktérie) a *mikrofauna* (prvky a hlístovce). Mikrofauna sa živí mikroflórou, ktorá zabezpečuje konečný rozklad organickej hmoty na minerálne látky, dostupné pre rastliny. Huby a aktinobaktérie zabezpečujú zhlukovanie pôdných zŕn do agregátov. Interakcia medzi organickou hmotou, minerálnou hmotou a mikrobiálnou aktivitou zvyšuje štrukturálnu stabilitu pôdy vytváraním drobných zhlukov a premiešavaním humusu a ílu.

Rhizosféra

Okolo koreňov sa vytvára špecifické biologické, chemické a fyzikálne prostredie tzv. rhizosféra. V tejto zóne, ktorá môže dosahovať až 5 mm, sa rastlina spája s rôznymi organizmami, čo jej umožňuje zabezpečiť účinnú výživu buniek, brániť sa voči patogénom alebo postupovať v raste koreňa. Napríklad hýfy húb dokážu preniknúť až do koreňa a zabezpečujú rastline vodu a minerálne soli výmenou za cukry, ktoré nedokážu syntetizovať. Pod jedným hektárom kukurice sa nachádza 150 miliónov kilometrov hýf, čo je vzdialenosť od Zeme k Slnku.



Obr. 11 Rhizosféra

Huby a glomalín

Huba má vlastnosť vytvárať špecifický *glykoproteín glomalín*, ktorý sa priamo podieľa na obnove zásob organickej hmoty v pôde, keďže sa ťažko rozkladá a zhromažďovaním tak vytvára časť humusu. Vedecké odhady hovoria dokonca, že tretina uhlíka v pôde na planéte je tohto pôvodu. Glomalín má podstatnú úlohu v štrukturálnej stabilite pôdy. Pôsobí ako lepidlo, ktoré stabilizuje pôdne čiastočky a vytvára tak stabilné agregáty. Z dôvodu týchto vlastností sa mykorízne podhubie podieľa fyzicky, chemicky a biologicky na vytváraní stability pôdnych zhlukov, ako aj na zabezpečovaní dostatočnej zásoby organickej hmoty ktorá je sama o sebe dôležitým štruktúrnym faktorom.

Mykorízne huby dokážu tiež chrániť korene pred chorobami a škodcami. Robia to dvojakým spôsobom:

- v koreňovom pletive,
- v rhizosfére.

Čím viac pozorujeme pôdu, tým viac môžeme pozorovať synergické vzťahy medzi pôdnymi baktériami a mykorízou, predovšetkým v ochrane pred chorobami koreňov. Napríklad biochemické zmeny vyvolané mykorízou prostredníctvom kyseliny jasmonovej majú negatívny vplyv na larvy fytolágneho hmyzu požierajúceho ich listy.

Účinná biologická aktivita potrebuje permanentnú výživu a stabilné prostredie (teplota, vlhkosť, štruktúra). Produkcia čerstvej biomasy medziplodín (listy, korene...) vyživuje a ochraňuje pôdne organizmy. Pôdna fauna a flóra tak majú vhodné prostredie na život, rozmnožovanie a udržiavanie štruktúry a obohacovanie pôdy. Organická hmota prejde sériou transformácií, ktorých výsledkom je úplné rozloženie na jednoduché minerály (minerálne soli, voda, oxid uhličitý...) opäť dostupné pre rastliny. Táto neustála obnova vytvára z pôdy živé prostredie.

Organická hmota je akoby palivo pre motor, ktorým je pôdny ekosystém. Využívaním medziplodín napomáhame optimálnej obnove, čo v prvom rade redukuje straty výživových látok (napríklad dusíka) a v druhom rade dopĺňa zásobu organickej hmoty, potrebnej pre úrodnosť nasledujúceho porastu. V konečnom dôsledku zlepšujeme úrodnosť pôdy, ušetríme financie a chránime životné prostredie.

Množstvo biomasy, vytvorenej medziplodinou ovplyvňuje energiu dostupnú pre pôdny ekosystém (kvalita štruktúry, úrodnosť, biologická rovnováha). Čím viac biomasy medziplodina vytvorí, tým viac sa v čase zvýši úrodnosť.



Obr. 12 List repy pri ktorom rastlina transformuje

Pôda a jej vlastnosti veľmi intenzívne ovplyvňujú voľbu a použitie poľnohospodárskej techniky. Značenie charakteru pôd obrábaných mechanizačnými prostriedkami je uvedené v norme STN 465302. Určenie charakteru a označenie pôd podľa tejto normy má význam pre rozsah použiteľnosti poľnohospodárskej techniky, pre presnejšie určenie pôdných podmienok pri skúškach poľnohospodárskych strojov a i. V zmysle uvedenej normy sa charakter pôdy označuje desaťmiestnym znakom, kde jednotlivé znaky označujú druh pôdy, typ pôdy, vlhkosť pôdy atď.

Pôda v rámci poľnohospodárskeho výrobného procesu slúži ako miesto pre pestovanie rastlín, ako jazdná dráha pre poľnohospodárske stroje a ako spracovávaný materiál strojmi na obrábanie pôdy.

3. VZŤAHY MEDZI PÔDNymi ZLOŽKAMI

3.1 Fyzikálne procesy

Z dlhoročného skúmania dynamiky fyzikálnych vlastností pôdy pod hlavnými druhmi poľných plodín vyplynulo, že tieto viažu alebo menej modifikujú, prispôsobujú si pôdne prostredie tak, ako to vyplýva z ich požiadaviek, resp. z požiadaviek symbiotických baktérií žijúcich na ich koreňoch, hlavne pokiaľ ide o vodný a vzdušný režim pôdy.

Obilniny sa svojím vplyvom na fyzikálny stav pôdy odlišujú hlavne podľa toho, či ide o ozimne alebo jarne druhy.

Oziminy vplyvajú na fyzikálne vlastnosti pôdy podstatne priaznivejšie než *jariny*. Zatiaľ čo ozimná pšenica a ozimná raž podporujú udržiavanie až mierny vzostup štruktúrneho stavu pôdy v celom orničnom profile pôdy, pod jarným jačmeňom i ovsom sa vytvára zoštruktúrená vrstva pôdy iba približne do hĺbky 0,07 m a pod ňou je hutnejšia vrstva, ktorá pri zisťovaní vodostálosti pôdných agregátov javí známky pseudoštruktúry.

Značné rozdiely medzi ozimnou pšenicom a jarným jačmeňom sa zistili i pokiaľ sa týka dynamiky obsahu pôdnej vlhkosti. Aj keď pod oboma plodinami bola najvyššia spotreba vlahy v rovnakých rastových fázach, v období steblovania až kvitnutia odčerpávanie pôdnej vody pšenicom bolo rovnomernejšie a aj opätovné dopĺňovanie zásob pôdnej vlhkosti po zbere pšenice začína skôr než po jarnom jačmeni.

Zhutňovanie pôdy jarným jačmeňom v dolnej časti ornice, podporenie kapilarity a tým zvýšenie vzlíňania vody z nižších vrstiev pôdy ku koreňom mu umožňuje, že pri malo rozvinutom koreňovom systéme je schopný za relatívne krátke časové obdobie odčerpať z pôdy potrebné množstvo vlahy. Dôsledkom tohto procesu je však i to, že v takejto pôde malo vzlíňanie značnú zotrvačnosť, pokračovalo aj v ďalšom období, i po zbere, čoho dôsledkom boli nielen vyššie straty vlahy z pôdy vyparovaním, neskorší začiatok akumulácie vlahy v pôde, ale aj **menšia vyrovnanosť** porastov podsevov viacročných krmovín.

Kukurica odčerpáva pôdnu vlahu vo zvýšenej miere až v období tvorby zrna, v prevažnej časti vegetačnej doby sú jej požiadavky na vlahu iba priemerne, až nižšie. Pokiaľ sa týka ostatných vlastností fyzikálneho stavu pôdy vrátane štrukturotvorného procesu v pôde, tieto kukurica nezhoršuje, ale ani výraznejšie nezlepšuje.

Viacročne krmoviny majú hlavne zásluhou svojho veľmi rozvinutého koreňového systému, najväčší význam pri zlepšovaní fyzikálneho stavu pod. Okrem veľmi intenzívneho melioračného účinku ich koreňov podporujú tvorbu stabilnej štruktúry tiež tým, že zanechávajú v pôde zo všetkých plodín najviac organickej hmoty, ktorej medziprodukty rozkladu sú najdôležitejšími tmeliacimi látkami štruktúrnych častíc a svojimi hydrofóbnymi vlastnosťami chránia pôdne agregáty pred rozpadom vplyvom rozplavovacieho účinku vody.

Viacročne vikovité plodiny v dôsledku svojich vysokých transpiračných koeficientov odčerpávajú z pôdy značné množstvo vody, avšak v ich vysušovacom účinku je ďalší dôležitý

faktor vytvárania pôdných agregátov ktorý spočíva v tom, že dehydratáciou pôdných koloidov sa zvyšuje ich agregáčny účinok. V tomto smere vyniká predovšetkým lucerna, ktorá v našich pôdno-klimatických podmienkach znižuje obsah pôdnej vlhkosti, hlavne v mesiacoch júl-september, v orničnej vrstve často až na bod vädnutia.

Veľmi rozvinutý koreňový systém lucerny jej však dovoľuje čerpať vlahu nielen z veľkého objemu u pôdy, ale aj zo značnej hĺbky. Veľkosťou svojej rizosféry a vytvorením podmienok pre intenzívny štruktúrotvorný proces lucerna zlepšuje infiltračnú schopnosť pôdy, zvyšuje v nej vzdušnú kapacitu, podporuje výmenu plynov medzi pôdou a ovzduším, čím súčasne stlmuje nielen rozvoj pod nej mikroflóry ako celku, ale aj počet a aktivitu symbiotických rizóbii na svojich koreňoch a množstvo biologicky putaného dusíka. Potrebne je však zdôrazniť i tu skutočnosť, že vysušenie pôdy lucernou po dvoch úžitkových rokoch bolo v hlbokých pôdach na sprašiach také intenzívne, že po jej zaoraní trvalo niekedy 8 až 10 mesiacov, než sa vlhkosťný stav pôdy do hĺbky 0,8 m vyrovnal stavu po jednoročných plodinách.

Strukoviny sa svojim pozitívnym vplyvom no štruktúrny stav pôdy a hlavne na stabilitu vytvorených agregátov približujú k vplyvu viacročných vikovitých plodín, s ktorými majú i podobnú schopnosť zvyšovať vo svojej rizosfére objem makropórov a priepustnosť pôdy pre vodu a vzduch. Časová stálosť nimi vytváraných štruktúrnych častíc je kratšia než po d'atelinovinách, čo vyplýva z krátkodobejšieho vplyvu ich koreňových systémov na pôdu, ale ich značnou prednosťou je to, že dobre hospodária pôdnou vlahou a ich hodnota, ako predplodín, je vysoká.

Cukrová repa vplýva na fyzikálny stav pôdy diametrálne odlišne než vikovité plodiny. Nielen tým, že úplné rozdielnou stavbou svojho malo rozvinutého koreňového systému a malým množstvom organickej hmoty zanechávanej v pôde, naviac so širokým pomerom C : N, nepodporuje štruktúrotvorný proces v pôde, ale aj tým, že rastom a zväčšovaním priemeru buliev zvyšuje v ich okolí maximálnu kapilárnu vodnú kapacitu na úkor nekapilárnych pórov, čím podporuje vztlínanie vody z nižších hĺbok do svojej rizosféry

3.2 Biologické procesy

Zhutňovaním pôdy sa zhoršujú podmienky pre rozvoj koreňov hlavne kultúrnych rastlín. Z divo rastúcich rastlín je známy svojou znášanlivosťou k zhutnenej pôde predovšetkým stavikrv vtáčí, prípadne skorocel väčší, nátržník plazivý a psinček výbežkatý. Na rast a vývoj koreňov vplýva zhutňovanie pôdy negatívne v dôsledku vyššieho penetračného odporu zhutnenej pôdy a nižšieho obsahu pórov požadovaného priemeru. Anaeróbne prostredie v zhutnenej pôde, často spojené aj s toxicitou, sú ďalšími škodlivými javmi takejto pôdy, čo nielenže zhoršuje podmienky pre rozvoj koreňových systémov, ale spôsobuje často i odumieranie koreňov.

Charakteristické zmeny na koreňových systémoch rastlín rastúcich na zhutnenej pôde:

- menšia hĺbka rizosfery,
- morfologické deformácie na koreňoch,
- špirálovitý rast koreňov,
- rast koreňov prevažné v horizontálnom smere,
- zhrubnutie koreňov,
- menšia hmotnosť koreňov,
- znížená fyziologická aktivita koreňov.

Aj napriek tomu, že hroty koreňov rastlín sú schopne vyvinúť tlak až 1 MPa, pri odpore 400-800 kPa buď korene už neprenikajú pôdou, alebo len veľmi obmedzene. Pre priaznivý vývoj koreňových systémov je kritickým už tlak 200 kPa .

Zistilo sa, že pri zhutňovaní pôdy dochádza k maximálnemu poklesu obsahu pórov najväčšieho priemeru, pričom sa jasne znižuje ešte aj objem pórov priemeru nad 30 μm . Korene rastlín, ak nemá byť brzdený ich rast, si však vyžadujú póry s minimálnym priemerom 60 μm .

V zhutnenej pôde sa zistilo až 50 %-ne zhrubnutie koreňov jarného jačmeňa pri súčasnej redukcii vlasových korienkov. Vlasove korienky sú fyziologicky najaktívnejšou časťou koreňových systémov, aj keď ich životnosť je iba niekoľko dní. Pre rastliny majú rozhodujúci význam pri odčerpávaní vody a živín z pôdy, pričom v ich blízkosti prebieha aj najintenzívnejšia výmena plynov.

Zhutnením pôdy sa znižuje hĺbka rizosfery, klesá celkový objem pôdy využívaný rastlinou i celková dĺžka koreňov, ktorá sa napríklad pri ozimnej pšenici znížila v krajnom prípade až 2,5 krát. Súčasne s poklesom množstva koreňov tejto plodiny v hĺbke 0,3- 1 m dochádzalo aj k priamo úmernému znižovaniu úrody zrna ozimnej pšenice.

Reakcia rastlín na zhutnenosť pôdy

Negatívne vplyvy zhutnenia pôdy na všetky rozhodujúce vlastnosti i stavy pedosfery a v súvislosti s nimi i na rast a vývoj koreňov, majú svoj nepriaznivý odraz i v zníženej výške a stabilite úrod. Medzi priame príčiny patria hlavne:

- zhoršené vzchádzanie,
- menšia vyrovnanosť porastov,
- nižší obsah chlorofylu v listoch plodín,
- zníženie intenzity fotosyntézy,
- častejší výskyt chorôb,
- spomalený rast nadzemných i podzemných častí rastlín,
- vyššia zaburinenosť porastov,
- vyššia citlivosť rastlín na výkyvy faktorov poveternosti,
- zväčšenie náchylnosti na vyzimovanie porastov.

Zníženie úrod v dôsledku zhutnenia pôdy sa uvádza najčastejšie v rozmedzí 10 - 40 %. Rovnaké zhutnenie znášajú oziminy lepšie než jariny, čo môže byť podmienené aj priaznivým vplyvom mrazov, účinkom ktorých dochádza k nakyprovaniu pôdy. Zníženie úrody zrna ozimnej pšenice na zhutnenej pôde predstavovalo 27%, zatiaľ čo zníženie úrod jarného jačmeňa sa pohybovalo od 17 až do 81 %. Väčšia tolerantnosť ozimnej pšenice k zhutneniu pôdy pravdepodobne vyplýva z jej rozvinutejšieho koreňového systému, ktorého hmotnosť je v porovnaní s hmotnosťou koreňov jarného jačmeňa vyššia viac než o 30 %.

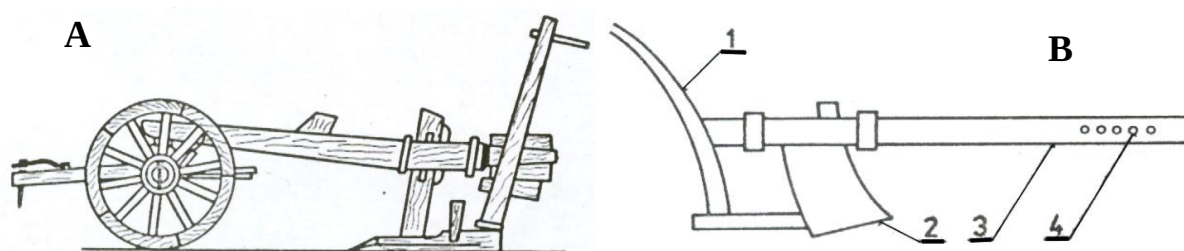
4. SPRACOVANIE PÔDY

4.1 Definovanie historických dôvodov

Vynález pluhu patrí k najväčším technickým objavom ľudstva. Začiatok uplatňovania rôznych náradí a prostriedkov na prípravu pôdy sa viaže so začiatkom roľníctva (6000 rokov p. n. l.), kedy človek začal vedome upravovať pôdu pre klíčenie a rast poľnohospodárskych plodín. Prvé vzory pluhov sa začínajú objavovať v dobe kamennej, pričom najstaršie dokumenty existencie ťahaného pluhu zvieratami pochádzajú z roku 3000 p. n. l.

Veľký krok dopredu znamená vývoj tzv. *štvoruholníkového* (nordického) *pluhu* (obr.13-A).

Uvedené pluhové zabezpečovali v podstate len kyprenie a drobenie pôdy.



Obr. 13: Historický vývoj pluhov: A – štvoruholníkový (nordický) pluh (prvé storočie nášho letopočtu), B – pluh bratrance Veverkovci z r. 1825 – Rúchadlo: 1 – držadlo, 2 – valcová pracovná plocha, 3 – rám, 4 – otvory na uchytenie ťažného prostriedku.

Veľmi významne zasiahli do vývoja pluhov bratanci Veverkovci (Česká republika), ktorí vyrobili kovovú odhrnovačku v tvare valcovej plochy a pluh pod názvom Rúchadlo (1825) (obr. 5-B). Firma John Deere (USA) použila ako prvá na výrobu odhrnovačky legovanú oceľ. V roku 1856 bol firmou Fowler (Anglicko) vyvinutý pluh s lanovým náhonom pri použití parného stroja ako energetického prostriedku, toto riešenie sa u nás používalo až do II. svetovej vojny.

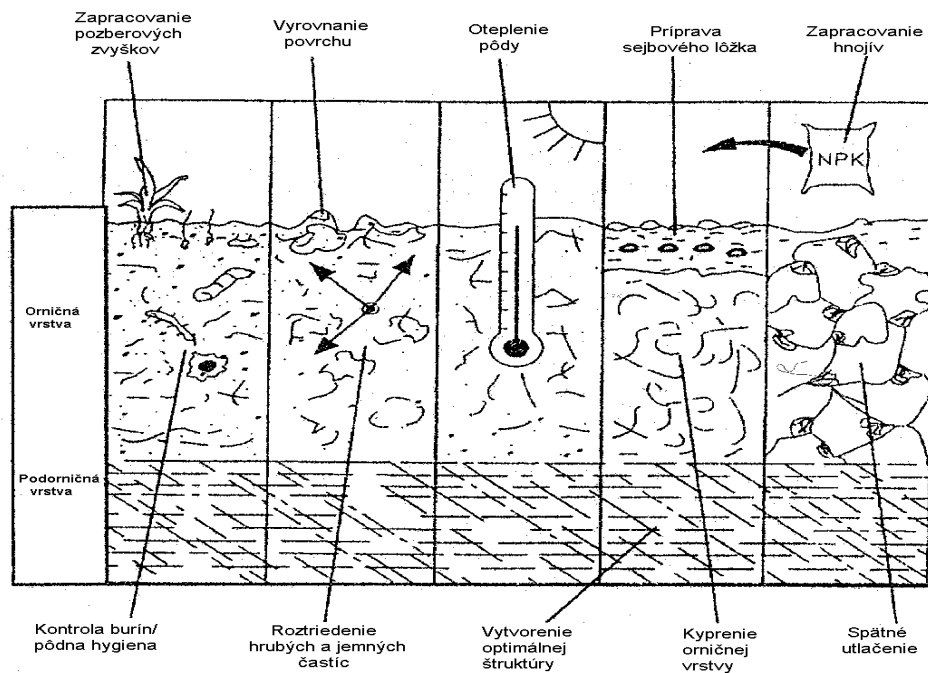
Ďalší vývoj pluhov bol významne ovplyvnený zavedením trojbodového závesu na traktore (1920 Harry Ferguson) a regulačnej hydrauliky (1960 John Deere). Zavedením hydrauliky dochádza k postupnému prechodu od prívesných k neseným a návesným pluhom.

Stroje pre spracovanie pôdy sa využívajú v pracovných postupoch, ktoré sa môžu uplatniť v mnohých variantoch a modifikáciách.

Postupy spracovania pôdy sa odlišujú podľa:

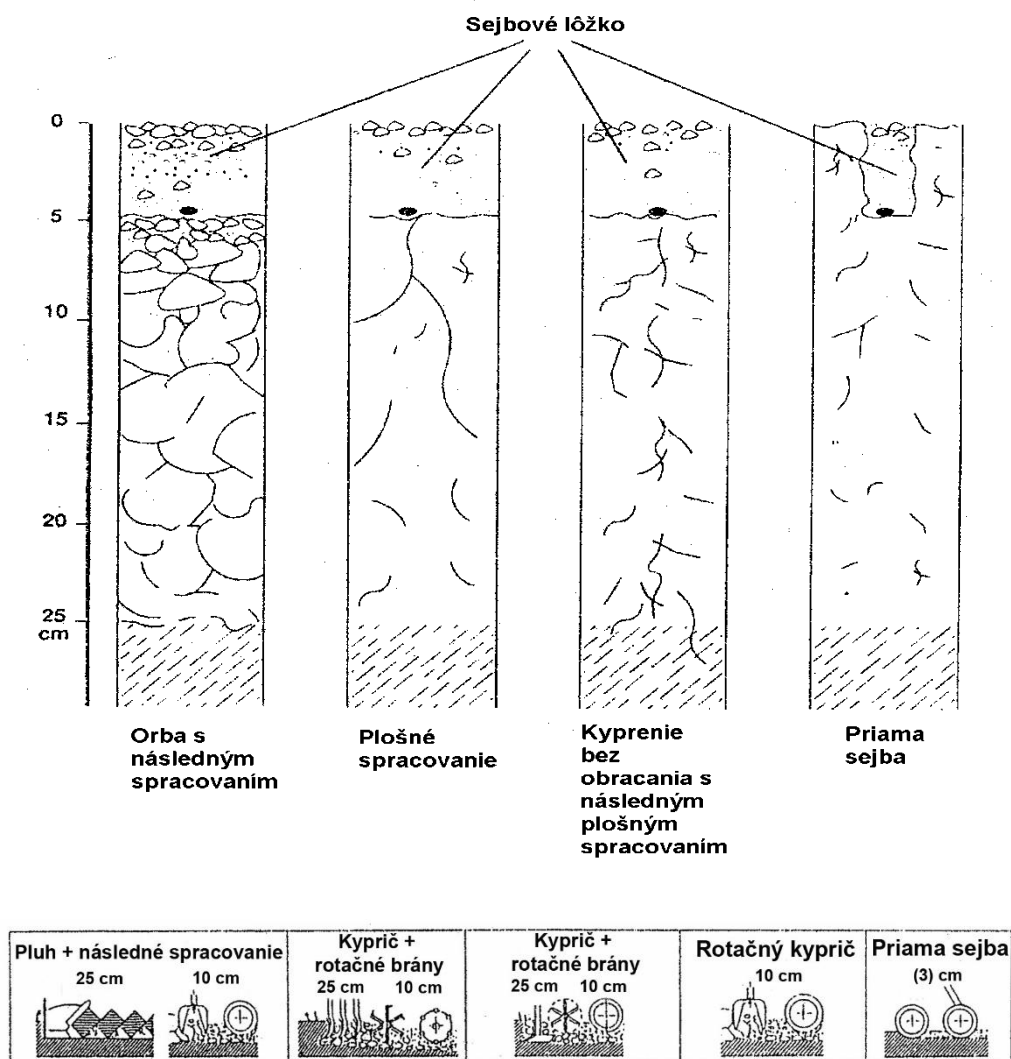
- jednotlivých skupín plodín, ku ktorým sa pôda spracováva,
- stavu pôdy po predplodine,
- podľa podmienok stanovišťa.

Pôdne spracovanie má preto zabezpečiť nielen prekyprenie pôdy, ale aj zapracovanie rastlinných zvyškov, hnojív a má vytvoriť optimálne podmienky pre rast rastlín (obr.14).



Obr. 14 Ciele spracovania pôdy

V našich podmienkach sa stretávame s pôdami s rôznou prirodzenou úrodnosťou, čo sa odráža vo voľbe druhu spracovania pôdy. Výber technológií a strojov pre spracovanie pôdy významne ovplyvňuje zrnitosť zloženie pôd. Veľké problémy spôsobuje spracovanie ťažkých, ťažko spracovateľných pôd, pri ktorých je veľmi úzky rozsah vlhkosti. Naopak ľahké pôdy je možné spracovávať aj pri vyššej vlhkosti bez väčšieho rizika poškodenia pôdnej štruktúry. Je však potrebné veľmi obozretne pristupovať k jej hlbšiemu kypreniu a hlbkej orbe. Pri ľahkých pôdach je nebezpečenstvo nadmerného urýchlenia mineralizačných procesov pri ich častom prevzdušnení, a tým aj úbytku organickej hmoty.



Obr. 15 Spôsoby spracovania pôdy a použité náradie

Voľbu sústavy spracovania pôdy výrazne ovplyvňujú podmienky podnebia. V suchších oblastiach, kde by malo byť prioritou hospodárenie s pôdnou vlhkosťou, nachádzajú uplatnenie:

- postupy s obmedzeným spracovaním pôdy,
- sejba do nespracovanej pôdy.

Naopak v chladnejších a vlhších oblastiach sa intenzívnejším kyprením ornice podporuje žiaduca úprava tepelných pomerov v pôde a rozklad organických látok.

Veľmi dôležitým hľadiskom pri výbere technológií spracovania pôdy je stupeň ohrozenia pôdy eróziou. Voľbou vhodných postupov môžeme významne obmedziť vodnú eróziu, ktorou sú ohrozené predovšetkým svahovité pozemky, aj veternú eróziu, ktorá spôsobuje škody.

Postupy spracovania pôdy (obr. 15) je možné rozdeliť podľa intenzity, hĺbky a spôsobu kyprenia pôdy na:

- konvenčné spracovanie pôdy, ktorého základom je klasická orba radličným pluhom,
- na postupy s rôznou mierou redukcie kypriacich zásahov do pôdy.

Odtiaľto sa odvíja označenie redukované spracovanie pôdy, racionálne spracovanie pôdy (vykonávajú sa len skutočne zdôvodnené operácie), minimálne spracovanie pôdy, priamy výsev (bez spracovania pôdy). V odbornej technológii sa ustálilo označenie *pôdoochranné spracovanie pôdy* (conservation tillage, konservierende bodenbearbeitung) pre technológie, pri ktorých sú ponechávané rastlinné zvyšky na povrchu pôdy, alebo sú len plytko zapracované. Ide o zvyšky predplodín (napríklad strnisko a rozdrvená slama obilnín) alebo porasty medziplodín, často umŕtvené vymrznutím alebo aplikáciou herbicídov. Ich cieľom je ochrana pôdy pred komplexom nepriaznivých vplyvov.

Pre pôdoochranné spracovanie pôdy sa tiež používa termín konzervačné spracovanie pôdy, ktoré je spájané so spracovaním pôdy bez obracania pôdneho odvalu. Zvláštne postavenie v systéme spracovania pôdy má priama sejba (výsev bez spracovania pôdy). Pri jej uplatnení spracovanie pôdy odpadá, z praktických dôvodov je však táto technológia zaradená do systému spracovania pôdy. Niektorí autori chápu výsev do nespracovanej pôdy ako jednu z foriem ochranného spracovania pôdy.

4.2 Vývoj systémov spracovania pôdy

Stroje na obrábanie pôdy sa využívajú v rámci rôznych technológií v mnohých variantoch a s rôznou modifikáciách. Postupy obrábania pôdy sú rozdielne podľa jednotlivých plodín, podľa druhu a stavu pôdy po predchádzajúcej plodine a aj miestnych podmienok. Veľké problémy spôsobuje obrábanie ťažkých pôd, ktoré sa dajú dobre obrábať len v rámci úzkeho vlhkostného rozpätia, naopak ľahké pôdy môžeme obrábať aj pri vyšších vlhkostiach bez nebezpečia poškodenia pôdnej štruktúry.

Voľbu vhodnej technológie obrábania ovplyvňujú aj klimatické podmienky.

V suchších oblastiach, kde by malo byť prioritou hospodárenie s pôdnou vlhkosťou nachádzajú uplatnenie *technológie s obmedzeným obrábaním pôdy resp. priama sejba*.

V chladnejších a vlhkejších oblastiach sa *intenzívnejším kyprením pôdy podporuje žiadúca úprava tepelných pomerov v pôde a rozklad organických látok*. Kyprenie ornice umožňuje v týchto podmienkach aj skorší nástup do jarných prác u jarných plodín.

Vývoj technológií obrábania pôdy, sejby a pestovania rastlín v nedávnej minulosti si vyžiadal vznik nových odborných termínov, ktoré sa často navzájom svojím významom prekrývali a spôsobovali nejasnosti a chybnú interpretáciu. Ako príklad si uveďme výraz „priama sejba“. V klasickom ponímaní pod týmto pojmom rozumieme sejbu, pred ktorou vynecháme obrábanie pôdy. Často sa však chybné označuje pojmom priama sejba aj sejba do medziplodiny, ku ktorej mohlo byť vykonané intenzívne obrábanie pôdy, alebo sejba priamo po orbe avšak bez predsejbovej prípravy pôdy.

Tieto nové technologické postupy sa označovali pojmami ako:

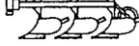
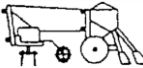
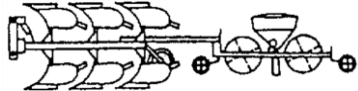
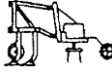
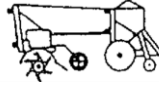
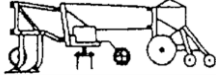
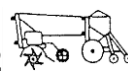
- konvenčné obrábanie pôdy,
- redukované obrábanie pôdy,

- racionálne obrábanie pôdy,
- minimalizačné obrábanie pôdy,
- konzervačné obrábanie pôdy,
- pôdoochranné obrábanie pôdy,
- priamy výsev a i.

V ďalšom si uvedme ich krátku špecifikáciu. Pritom úmyselne vynechajme úsek podmietky, kde nie sú definičné problémy a podmietka môže byť použitá pri rôznych technológiách.

- a) *Konvenčné obrábanie pôdy* je dané každoročným kyprením a obracaním orničného profilu pluhom s následnou predsejbovou prípravou pôdy a sejbou. V našich podmienkach je to stále najviac používaná technológia.
- b) *Redukované obrábanie pôdy* je technológia, kde dochádza k zníženiu počtu zásahov (prejazdov) techniky používaním kombinovaných strojov alebo súprav, resp. vynechaním niektorých zásahov. Platí to v rámci celého pestovateľského cyklu nezávisle od toho, či bol alebo nebol použitý pluh. K tomu pristupuje snaha zníženia mernej spotreby energie použitím strojov s menšou energetickou náročnosťou a i.
- c) Obmedzenie obrábania pôdy na racionálnu (rozumnú) mieru sa zahrňuje pod pojem *racionálne obrábanie pôdy*. Pritom zvažujeme aj požiadavky následných plodín v rámci osevného postupu a to ako z pohľadu pôdných vlastností, tak aj poklesu nákladov (energeticky rozumné obrábanie pôdy).
- d) V našich podmienkach sa zaužíval pojem tzv. *minimalizačného* (minimálneho) *obrábania pôdy*. Táto technológia zahrňuje ako zníženie intenzity obrábania pôdy, tak aj spojovanie pracovných zásahov s obmedzením prejazdov s hlavným cieľom minimalizácie nákladov. Môže byť zameraná do oblasti základného a predsejbového obrábania pôdy ale aj sejby. Voľba techniky sa pritom riadi pestovanou plodinou a pôdnoklimatickými podmienkami.
- e) Názov konzervačné *obrábanie pôdy* znamená taký technologický postup pri ktorom rastlinné zvyšky čiastočne alebo úplne pokrývajú povrch pôdy. Pod pojem konzervačné obrábanie pôdy (KTBL, 1993) zaraďujú aj tzv. redukované obrábanie pôdy, mulčovaciu technológiu, pásové obrábanie pôdy, obrábanie pôdy v hrobčekoch a aj priamu sejbu. V našej odbornej terminológii sa pre konzervačnú technológiu zaužíval výraz *pôdoochranné obrábanie pôdy*.
- f) Zvláštne postavenie v technológiách obrábania pôdy má *priamy výsev*, t.j. výsev do nespracovanej pôdy. Pri jeho uplatnení sa neuskutočňuje obrábanie pôdy, z praktických dôvodov je však táto technológia zaradená do technológii obrábania pôdy.

Obr. 16: Klasifikácia technológií obrábania pôdy

Technológie obrábania pôdy	Základné obrábanie pôdy	Predsejbové obrábanie pôdy	Sejba	Pracovné operácie
Konvenčná technológia (s pluhom)	A1 	A2  alebo 	A3 	oddelené
	B1 	B2  alebo B3 		spojená predsejbová príprava a sejba
	C1 			všetky operácie spojené
Pôdoochranná (konzervačná) technológia (bez pluhu)	D1  alebo 	D2 	D3 	oddelené
	E1  alebo 	E2  alebo E3 		spojená predsejbová príprava a sejba
	F1  alebo F2 			všetky operácie spojené
		G1  alebo G2  alebo G3 		bez zákl. obrábania pôdy, spojená predsejbová príprava a sejba
Priama sejba			H 	sejba bez obrábania pôdy

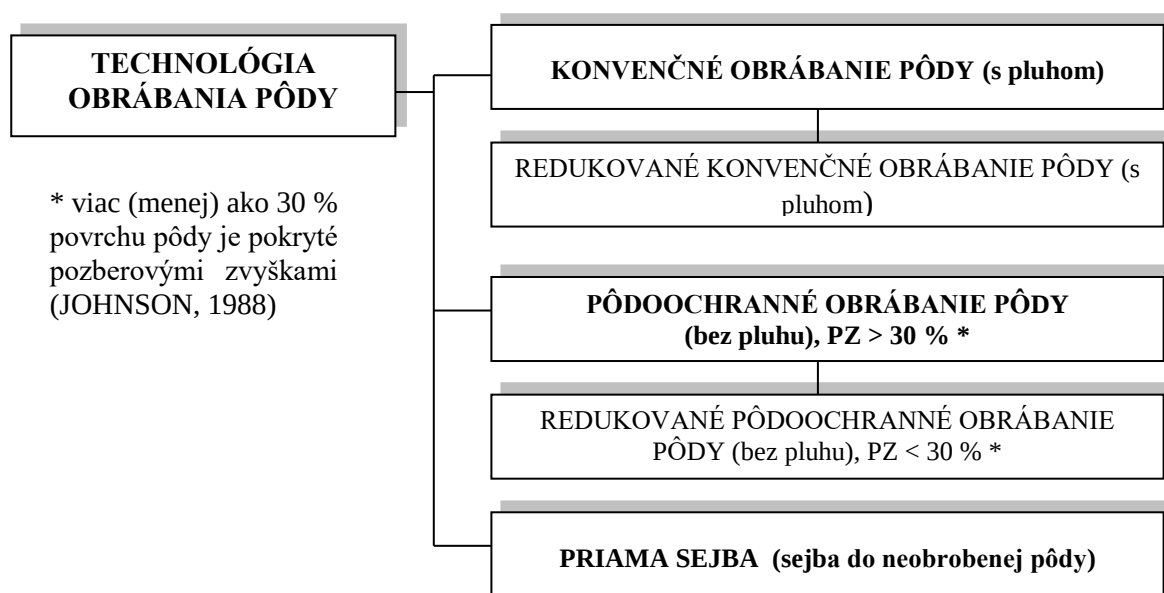
Presné definície jednotlivých technológií obrábania pôdy sú potrebné, aby sme zamedzili nepresnostiam a nedorozumeniam v tejto oblasti. Používané výrazy ako napr. minimalizačné obrábanie pôdy, racionálne obrábanie pôdy a i. sa dajú veľmi ťažko presne definíciou rozlíšiť. Redukované resp. racionálne obrábanie pôdy je dané konkrétnymi podmienkami a je uskutočniteľné v rámci každej technológie. Pritom si musíme byť vedomí, že zložité názvy, ktoré by vyjadrovali danú technológiu nemajú perspektívu zavedenia do praxe.

Ďalšie používanie uvedených výrazov je pre označenie technológií obrábania pôdy zo súčasného pohľadu nevhodné a neúčelné a to z dôvodov nepresnosti, tak aj ďalšieho vývoja terminológie v tejto oblasti. V Európe sa zaviedlo *nové triedenie technológií obrábania pôdy*, ktoré ich rozdeľuje na (obr. 16):

1. Konvenčné obrábanie pôdy (s pluhom),
2. Pôdoochranné (konzervačné) obrábanie pôdy (bez pluhu),
3. Priama sejba (bez obrábania pôdy).

Na obr. 17 je uvedená voľba strojov pre tri technológie obrábania pôdy vo vzťahu k jednotlivým pracovným úsekom – základnému obrábaniu pôdy, predsejbovému obrábaniu pôdy a sejbe (okrem výsevnej techniky pre širokoriadkové plodiny).

Pri rešpektovaní uvedených troch základných technológií obrábania pôdy a zohľadnení systému zaužívanému v USA, kde sa rozdeľujú technológie obrábania pôdy podľa pokrytia povrchu rastlinnými zvyškami je presnejšie rozdelenie technológií obrábania pôdy na nasledujúcej schéme.



Obr. 17 Delenie technológií zohľadňujúce množstvo rastlinných zvyškov

4.3 Aktuálna situácia pôdneho fondu

Z celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy 2 379 101 ha bolo v poľnohospodárstve využitých 1 915 733 ha, t.j. o 0,20 % menej ako v roku 2018. Využitá výmera klesla aj pri trvalých lúkach a pasienkoch a domácich záhradkách. Výmera ornej pôdy a trvalých porastov naopak nepatrne vzrástla.

Tab. 4 Výmera pôdy v SR (ha)

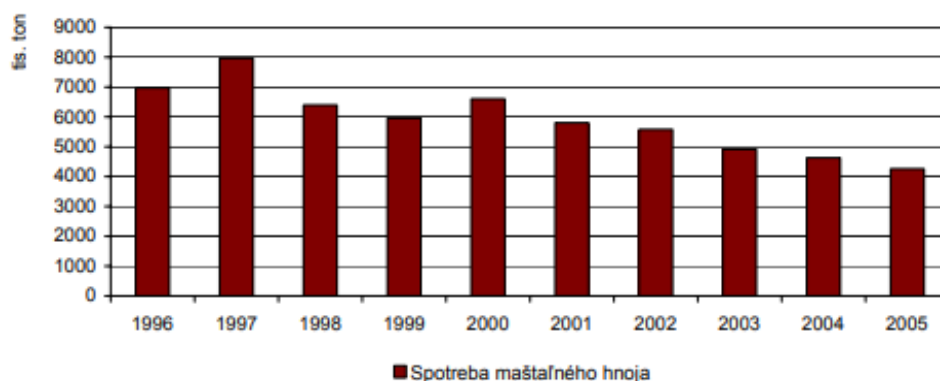
Ukazovateľ		Ø 2014/2018	2018	2019	Index 2019/2018	Index 2019/ Ø2014-2018
Využitá poľnohospodárska pôda		1 918 359	1 919 541	1 915 733	99,80	99,86
v tom:	orná pôda	1 349 494	1 348 019	1 348 919	100,07	99,96
	trvalé porasty ¹⁾	18 016	17 271	17 304	100,19	96,05
	domáce záhradky	32 010	30 699	30 693	99,98	95,89
	trvalé lúky a pasienky	518 811	523 552	518 415	99,02	99,92

4.4 Definícia problémov v kontexte so spracovaním pôdy

Intenzifikácia využívania pôdy sa prejavuje najmä v poľnohospodárstve a stala sa dominantnou črtou slovenského poľnohospodárstva od 50 rokov minulého storočia. Na Slovensku bol trend poklesu intenzifikácie zaznamenaný v 90-tych rokoch po zmene politických a ekonomických podmienok na Slovensku. V tomto období klesla rastlinná a živočíšna produkcia, výrazne poklesli vstupy do pôdy vrátane agrochemikálií, energie, vody, a klesli počty hospodárskych zvierat. Týmto došlo k poklesu zaťaženia životného prostredia. Intenzifikáciu môžeme charakterizovať štruktúrou využívania poľnohospodárskej pôdy, počtami hospodárskych zvierat, poľnohospodárskou produkciou ako aj využívaním poľnohospodárskych vstupov a energie či výmerou zavlažovaných území.

V období 90-tych rokov bol u viacerých rastlinných komodít zaznamenaný pokles produkcie, v porovnaní rokov napríklad 1990 a 2000 u strukovín o 76 % (-73 000 t), u zemiakov o 46 % (-359 900 t), u jednoročných krmovín o 64 % (- 3 896 000 t) a u viacročných krmovín na ornej pôde o 60 % (-917 100 t). Výrazný nárast bol zaznamenaný len u olejní, o 83 % (+118 500 t), kolísavý s určitými výkyvmi bol priebeh u obilnín a cukrovej repy. Vo vzťahu k pôde a životnému prostrediu môžeme pokles pestovania jednoročných a viacročných krmovín na ornej pôde považovať za negatívny.

V období 90-tych rokov spotreba maštalného hnoja s určitými výchyľkami klesala a tento trend poklesu spotreby maštalného hnoja pokračuje aj po roku 2020. Z environmentálneho hľadiska je tento trend neuspokojivý. Hoci je aj odrazom prudkého poklesu počtov hospodárskych zvierat, vrátane hovädzieho dobytku po roku 1990, stále existujú nevyužívané možnosti zvýšenia dávok maštalného hnoja do pôdy. Správne aplikovanými dávkami maštalného hnoja by sa navyše mohol redukovať živinový deficit mnohých poľnohospodárskych plodín bez nutnej aplikácie priemyselných hnojív.



Obr. 18 Spotreba MH v priebehu niekoľkých posledných rokov

Rôznymi spracovateľskými postupmi na ornej pôde vznikajú hlboké stopy. S cieľom dosiahnuť dobrý výnos a vysoko kvalitné oblasti výroby, je nevyhnutné, aby pôda oživila. Je povinnosťou poľnohospodárov postarať sa o zlepšenie základných pôdnych charakteristík a

eliminovať účinky sucha na úrovni výroby nielen uplatňovaním správnej poľnohospodárskej praxe, ale uplatňovať všetky ostatné dostupné riešenia. Kvalitná starostlivosť o pôdnu štruktúru je nevyhnutným predpokladom. Tento prístup však predpokladá všeobecnú zmenu v prístupe k pôde a často technologické zmeny rešpektujúce súčasné pôdne klimatické podmienky.

Pováčšine silné utlačenie sa vyskytuje v hĺbke 0,1 – 0,25 m. Tlak je prenášaný od pneumatík pojazdového ústrojenstva radiálne a tým sa utláča stredná vrstva ornice. Vzniká utlačená vrstva široká približne 50 mm, ktorá je pre vodu nepriepustná, voda stagnuje a vznikajú redukčné podmienky.

To súvisí s otázkou zadržiavania vody v pôde čo je zásadné do budúcnosti (Žalud', 2018). Nezdravá, degradovaná pôda s niekoľkými oblasťami technogénneho zhutnenia a nedostatočný podiel organickej zložky pôdy znížil infiltračnú kapacitu až o 30 % v porovnaní so zdravou pôdou. Viac ako 70 % pozemného fondu v Slovenskej republike je v rôznych fázach degradácie (Valachová, 2016). To vyvoláva prvý predpoklad zhoršenia príjmu dažďovej vody do pôdy a jej udržiavanie v pôdnom profile. V prípade, že táto pôda so zníženou schopnosťou prijímať vodu a je vystavená prívalovým dažďom, vznikajú situácie, keď voda nie je schopná vsiaknúť, zostane na povrchu, alebo sa odplaví s orbou. Bahno potom zaťažuje pôdu s veľkou hmotnosťou, čo vedie k posunutiu vzduchu a tvorbe anaeróbneho prostredia, čo je ďalším krokom k zhoršeniu pomeru aeróbnych a anaeróbných baktérií. Prechodom do anaeróbneho prostredia sa výrazne zníži schopnosť pôdy spracovávať organické zvyšky. Rotisonálne procesy a acidifikácia pôdy začínajú prevládať, čo negatívne ovplyvňuje rast a vývoj rastlín.

Prívod dažďovej vody do pôdy je hlavným zdrojom obnovy pôdnej vlhkosti a nižších rezerv vody. Pre zaujímavosť 1 m³ štruktúrálnej pôdy zadrží približne 200-500 l vody. V prepočte na 1 ha pôdy s hĺbkou pôdneho profilu 0,5 m, môže štruktúrna pôda disponovať zásobou až 1 – 2,5 mil. litrov vody. Zásobná schopnosť pôdy výrazne klesá narušením fyzikálnych parametrov pôdy, hlavne jeho objemovou hmotnosťou zhutnením a nepriaznivou štruktúrou pôdnych agregátov spôsobených slabou biologickou aktivitou v pôde. (Šindelková, 2019).

Týmto škodám zasolením, degradovaním je potrebné sa vyvarovať, alebo ich potlačiť. Pri postupoch na ornej pôde (obr. 11) musíme prihliadať na nasledujúce ochranné opatrenia:

- pôdu spracovávame len za optimálnych podmienok dobrej únosnosti a spracovateľnosti,
- znížiť tlak v pneumatikách ich podhustením,
- založiť koľajové riadky, kde viac rokov za sebou jazdíme v tých istých koľajách viac rokov za sebou,
- zvýšiť podiel organickej hmoty v pôde a tým zlepšiť jej pôdnu kondíciu,
- znížiť škody spôsobené vplyvom pneumatík, a to dvojmontážou pneumatík, alebo použitím širších pneumatík s menším mriežkovaním, taktiež použitie kypriacich radličiek za pneumatikami môže tieto škody čiastočne znížiť,

- hĺbkovým kyprením sa zlepšuje stav utlačených vrstiev a organickým hnojením sa zvyšuje stabilita agregátov a únosnosť pôdy (Estler, 1996).

Je povinnosťou poľnohospodárov postarať sa o zlepšenie základných pôdných charakteristík a eliminovať účinky sucha na úrovni výroby nielen uplatňovaním správnej poľnohospodárskej praxe, ale uplatňovať všetky ostatné dostupné riešenia. Kvalitná starostlivosť o pôdnu štruktúru je nevyhnutným predpokladom. Tento prístup však predpokladá všeobecnú zmenu v prístupe k pôde a často technologické zmeny rešpektujúce súčasné pôdne klimatické podmienky.



Obr. 19 Erózne ryhy v pôde (<http://blog.sme.sk/blog/10386/161205/erozia1.jpg>)

Erózia a jej škodlivé pôsobenie

Za posledných 20 rokov došlo k podstatným zmenám v štruktúre obhospodarovania pôdy v Slovenskej republike. Pokles v oblastiach pestovania d'atelinovín a pokles produkcie maštalného hnoja zo živočíšnej výroby v dôsledku zníženia stavu hospodárskych zvierat sa začal prejavovať v podnikoch bez dobytky, ako aj v celom systéme riadenia, s následným dopadom na stabilitu výnosov. Ale nielen to. Pôda je najohrozenejším dedičstvom v tomto koncepte. Aj keď je situácia vážna, mnoho ľudí si stále neuvedomuje, ako hodnotná pôda je pre nás a ako by sme mali zaobchádzať s týmto dôležitým zdrojom. To nie je iba prípad rodinných fariem, ktoré sú založené na skutočnosti, že hospodárstvo je prenášané z generácie na generáciu, často po celé stáročia. Vo veľmi krátkom čase, tu už nebude stačiť len hovoriť o problémoch jej degradácie a poklese úrodnosti, ale budeme musieť vynaložiť nadmerné úsilie a náklady na jej nápravu v záujme vyšších cieľov.

Pri pestovaní poľnohospodárskych plodín sa erózia v značnej miere vyskytuje hlavne pri pestovaní cukrovej repy a kukurice. Pokryvnosť povrchu, teda kým listy rastlín nepokryjú celú plochu pôdy, dochádza k rozrušovaniu agregátov zrážkami. Uvedený stav potom spôsobuje rozbahnenie týchto plôch. Vzniká prísušok, čo negatívne znižuje výmenu vzduchu v pôde a pre kľúčiacie rastliny predstavuje často nepreniknuteľnú prekážku pri vzchádzaní. V kopcovitom teréne a na svahu sa voda zhromažďuje v brázdach po orbe a dochádza k splavovaniu jemných pôdných častíc vrátane živín, ktoré sú na ne viazané. Erózia môže spôsobovať veľké škody, ako napríklad:

- pri odnose humusového materiálu, čo spôsobuje následne a vedie k zhoršeniu pôdnej štruktúry,
- kde dochádza k naplaveninám na pestovaných rastlinách na poliach,
- na úpätí svahov sa hromadí naplavený materiál,
- splavovanie pôdy a odplavenie pôdneho materiálu s naviazanými živinami neznamena pre poľnohospodárov len stratu, ale môže viesť k eutrofizácii povrchových vôd. (Orságová – Nozdrovický, 2007).

Sporadické aktivity, kombinované od roku 2018 s OSN výzvou, sú dôkazom, že sme už hodnotu pôdy z nepochopiteľných dôvodov stratili, a rovnako sme stratili náš "vzťah k zemi." To však nemení skutočnosť, že stav a kvalita pôdy, jej štruktúra, biologická aktivita a výrobná kapacita – úrodnosť pôdy sú a budú v budúcnosti podstatne ovplyvňovať naše výsledky ekonomiky. Hľadáme zástupné formy a vinníkov pre tieto negatívne ekonomické výsledky vo forme počasia, vládnych nariadení, čomu by sme mali predchádzať. Uvedené je výsledkom našej dlhodobej cieľenej činnosti alebo nekonania.

Erózii sa dá do určitej miery zabrániť znížením spracovania pôdy a sejbou po vrstevniciach. V extrémnych podmienkach je potrebné až do takej miery ako je to možné, hľadať spôsob alternatívneho pestovania. Prísun organickej hmoty doplníme, napr. hnojením slamou, zeleným hnojením, ktoré podporujú stabilitu agregátov rovnako ako vápnenie. Obmedzenie erózie sa dosahuje aj cieľavedomým zavádzaním postupov ochranného spracovania pôdy (Estler, 1996).

Najúčinnejšie opatrenie na obmedzenie erózie je priama sejba bez obrábania pôdy, ale len pri dostatočnom pokrytí pôdy rastlinnými zvyškami. Pri zastúpení rastlinných zvyškov pod 30 percent je z hľadiska obmedzenia erózie výhodnejšie kyprenie pôdy pre zvýšenie jej infiltračnej schopnosti (Páltik, 2003). Riešenie pozitívnych vplyvov pôdoochranej technológie prináša v našich podmienkach aj zatiaľ nie úplne známe problémy. Tieto spôsobujú zmeny pôdných vlastností, vodného režimu pôdy, zmeny ich zloženia, zmeny zastúpenia organickej hmoty v pôde, uvoľňovanie a prestup živín v pôde a i. A preto uplatňovanie týchto technológií vyžaduje citlivé prispôbenie sa daným pôdnym a klimatickým podmienkam.

Dlhodobé hnojenie slamou priaznivo ovplyvňuje obsah humusu a prijateľných živín v pôde, biologickú pôdnu činnosť ako aj pôdnu štruktúru (Hůla – Procházková, 2002).



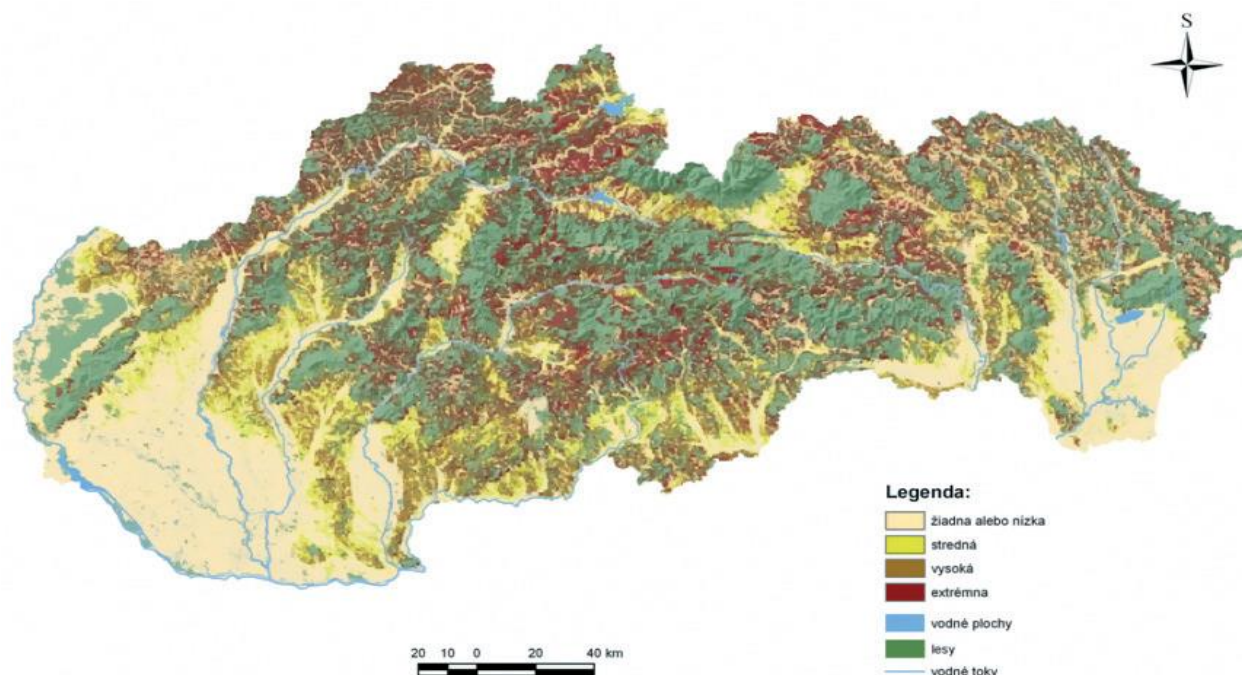
Obr. 20 Stojaca voda na povrchu pôdy

(http://lh4.ggpht.com/_PqCxQmd8NO0/SEVY4geMLZI/AAAAAAAAAaI/qh2ZSwntCkA/P1080887.JPG)

Preventívne opatrenia na zamedzenie vzniku erózie pôdy

Vlastník, alebo užívateľ poľnohospodárskej pôdy je povinný vykonávať trvalú a účinnú protieróznú ochranu poľnohospodárskej pôdy vykonávaním účinných ochranných agrotechnických opatrení (podľa stupňa erózie poľnohospodárskej pôdy), ktoré sú:

- uplatňovanie osevných postupov s ochranným účinkom na pôdu,
- vrstevnicová agrotechnika,
- zaradenie mulčovacej medziplodiny do osevného postupu,
- uplatňovanie minimalizačných a bezorbových technológií obrábania pôdy,
- pásové pestovanie plodín,
- výsadba účelovej poľnohospodárskej a ochrannej zelene,
- usporiadanie honov v smere prevládajúcich vetrov,
- zmeny využívania pôdy (Kozba a i., 2005).



Obr.21 Potenciálna ohrozenosť poľnohospodárskej pôdy vodnou eróziou (Kobza a kol. 2005)

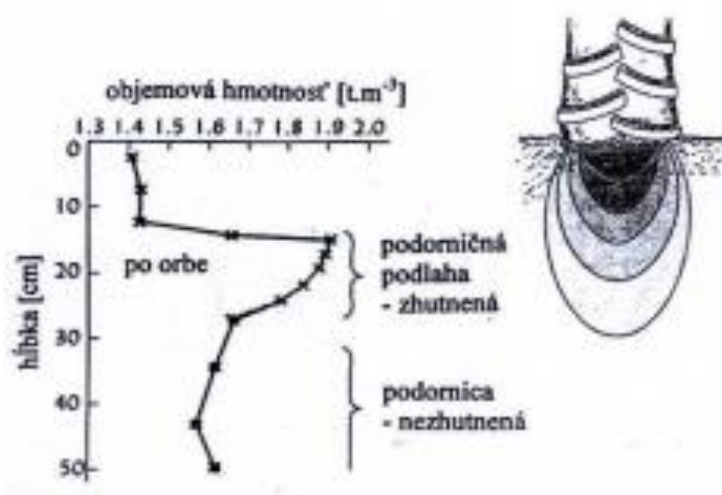
Pedokompakcia vplyvom mechanizácie

Mechanické utlačenie je významným činiteľom ovplyvňujúcim objemové zmeny pôdy, ku ktorým dochádza pôsobením tlaku mechanizačných a dopravných prostriedkov používaných na pôde v pestovateľskej praxi. Utlačenie možno spájať so zmenšením objemu pôdneho systému, poklesom pórovitosti a zvýšením objemovej hmotnosti. Keďže základná pôdna hmota ani pôdny roztok sa prakticky nedajú stlačiť, zmenšenie pôdneho objemu treba spájať predovšetkým so zmenšením objemu pórov, 36 predtým zaplnených vzduchom, prípadne zmenou ich usporiadania, kontinuity a podobne. Keď je pôda v čase utlačenia nasýtená vodou nad hranicu, ktorá prevyšuje limit plasticity, potom okrem utlačenia môže dôjsť k premiešaniu základnej pôdnej hmoty s rôznym stupňom deštrukcie agregátov a likvidáciou pôdnych pórov. Následné vysušenie pôdy vedie k podstatnému zmenšeniu objemu, s výrazným nárastom objemovej hmotnosti a kompaktnosti pôdy s veľmi negatívnym dosahom na mechanické vlastnosti. So zmenami objemových vlastností vyvolaných utlačením sa zásadne mení správanie sa pôdy nielen voči pôsobeniu mechanických síl, ale rovnako aj voči pôsobeniu prírodných síl. Menia sa podmienky pre priebeh fyzikálnych, chemických a biotických procesov v pôde. Tieto zmeny nemusia byť také dôležité pre rastlinu ako pre samotnú pôdu z hľadiska priebehu procesov spojených s reprodukciou jej úrodnosti (Miština a i., 1993)

Utlačenie pôdy ovplyvňuje všetky aspekty využitia pôdy. Narušenie rovnovážneho objemového pomeru medzi jednotlivými fázami pôdneho systému za určitú hranicu vedie k

narušení základných funkcií pôdy ako dôležitého prírodného zdroja, stanovišťa kultúrnych rastlín a zložky životného prostredia. Nepriaznivý vplyv utlačenia pôdy nemusí byť ani taký škodlivý pre rastlinu, ako pre samu pôdu a jej funkciu vo vzťahu k zabezpečeniu optimálnych podmienok pre priebeh všetkých fyzikálnych, chemických a biotických procesov v pôde, spojených s regeneráciou pôdnej úrodnosti (Bedrna a i., 1989).

Utláčanie pôdy nepriaznivo vplýva na tvorbu hrčkotvorných baktérii na koreňoch leguminóz a obmedzuje asimiláciu vzdušného dusíka. Vede k rozvoju nežiaducich procesov v pôde, k rozširovaniu chorôb a škodcov. Poškodzuje nielen samotnú pôdu, ale limituje aj výšku úrod a kvalitu produktov dorábaných na pôde. Nadmerná mechanická pevnosť utlačených vrstiev sťažuje obrábanie pôdy, obmedzuje prenikanie a vetvenie koreňov v pôdnom profile. Tým limituje využitie pôdneho objemu, pôdnej vody a živín z pôdy aj z dodávaných hnojív (Bedrna, 2002).



Obr. 22 Vplyv orby na zhutnenie dna brázdy

Utláčanie pôd nepriaznivo ovplyvňuje hospodárenie s vodou. Vplyvom utlačenia pôdy sa znižuje pórovitosť a schopnosť akumulovať vodu. Znižuje sa priepustnosť pre vodu, infiltračná a drenážna schopnosť pôdy (Šarapatka a i., 2002). Za takéhoto stavu sa pôda v rovinných alebo depresných polohách v čase výdatnejších dažďov alebo závlah ľahko zamokruje. V oblastiach s miernym sklonom svahov dochádza k zvýšeniu povrchového odtoku vody z pôdy a k jej nenapraviteľnému poškodeniu vodnou eróziou. Súčasne s tým sa odplavujú z pôdy živiny, humus a ostatné pôdne substancie, dôležité pre úrodnosť pôdy. To vedie k znečisteniu povrchových vodných zdrojov. Zhoršenie pórovitosti na utlačených pôdach poškodzuje aj vzdušný pôdny režim, výmenu vzduchu medzi pôdou a atmosférou, čím sa brzdí metabolická aktivita koreňov, poškodzuje sa ich zdravotný stav a celková vitalita. Jednotlivé plodiny reagujú na utlačenie pôdy rôzne. Veľmi citlivé na utlačenie pôdy sú koreňové plodiny, menej citlivé na utlačenie pôdy sú obilniny (Bedrna a i., 1989).

Prílišné zhutnenie pôdy môže byť problémom v tých systémoch rastlinnej výroby, kde sa pestujú rastliny s technológiou sejby do neobrobenej pôdy. Pórovitosť pôdy sa však môže znížiť až do takej miery, že nastane nadmerný odtok vody a jej využiteľnosť pre rast plodín bude obmedzená (Miština a i., 1993).

Rovnako zanedbávanie aplikácie organických hnojív, absencia zeleného hnojenia, nedostatočné vápnenie a nadmerné používanie minerálnych hnojív môže viesť k znižovaniu obsahu a zhoršeniu kvality pôdnej organickej hmoty a tým napomáhať utláčaniu pôd. Utláčanie pôd negatívne ovplyvňuje všetky agronomické a ekologické aspekty využitia pôdy v produkčnom aj reprodukčnom zmysle, zapríčiňuje výrazné zníženie úrod o 10 – 30 % a nežiaduco ovplyvňuje:

- Fyzikálne, chemické, biologické a hydrofyzikálne vlastnosti pôd
- Efektívnosť využitia živín z pôdy
- Hospodárenie pôdy s vodou – spôsobuje dočasné povrchové zamokrenie pôd
- Zvyšuje sa povrchový odtok vody z pôdy – erózia
- Dochádza k narúšaniu vzdušného a energetického režimu pôd
- Brzdí metabolickú aktivitu koreňov
- Redukuje tvorbu hrčkotvorných baktérií
- Podporuje rozvoj chorôb a škodcov (Kováč a i., 2002)

Jedným zo sprievodných javov utláčania pôdy je erózia, ktorá vzniká ako dôsledok pôsobenia vody a vetra na pôdny povrch. Výrazne sa zrýchľuje a deštrukčne prejavuje najmä v intenzívne využívannej krajine. Erózia poškodzuje rastliny obnažovaním ich koreňov, ale aj zanášaním porastov. Najväčšie straty sa prejavujú na pôde, pretože eróziou sa odnášajú najúrodnejšie vrstvy pôdneho povrchu s dlhodobými následkami prejavujúcimi sa znížením produkčného a ekologického potenciálu erodovaného pozemku. Pôdne častice transportované povrchovo stekajúcou vodou sa môžu kumulovať na úpätí svahov, alebo môžu byť odnášané do hydrologickej siete. Splaveniny zanášajú prirodzené i umelé vodné toky, vodné nádrže, zvyšujú nivelitu ich dna, vyvolávajú nebezpečie nežiaducich inudácií a zvýšenie hladiny podzemnej vody v priľahlých územiach.

5. POŽADOVANÉ ZMENY V SPRACOVANÍ PÔDY

5.1 Východiská pre zmenu prístupu k spracovaniu pôdy

V boji proti zhutňovaniu pôd je nevyhnutné vykonať celý rad opatrení tak na úseku agrotechniky a organizácie poľných prac, ako i v oblasti výroby poľnohospodárskej techniky, či sa to už týká koncepčného ponímania druhu pojazdových orgánov poľnohospodárskych mechanizmov, zníženia ich merných tlakov na pôdu, alebo modernizácie naradia na obrábanie pôdy. Súčasné je potrebné brať do úvahy i technológie, ktoré síce zatiaľ ešte nedosiahli väčšie rozšírenie, ale ktorých protizhutnovací účinok je zrejmý.

Medzi najdôležitejšie opatrenia proti zhutňovaniu pôd no tomto úseku patria:

- zlepšovanie štruktúrneho stavu pôdy,
- zvyšovanie obsahu organickej hmoty v pôde,
- pravidelne vápnenie kyslých pôd.

Dobrý štruktúrny stav pôdy spolu s dostatočným obsahom organickej hmoty v pôde patria medzi najdôležitejšiu a pritom prirodzenú ochranu pôdy pred jej zhutnením. No to je nevyhnutné pamätať a pravidelne zaraďovať do štruktúry osevu plodiny, ktorých agregáčny účinok je najväčší, t. j. d'atelinoviny, resp. vikovité plodiny vôbec.

Aj napriek tomu, že viacročné krmoviny zanechávajú v pôde značné množstvo organickej hmoty, ktoré predstavuje pri porovnaní k ostatným plodinám maximum, význam a potreba hnojenia organickými hnojivami je pre celkovú bilanciu organickej hmoty v pôde, regeneráciu humusu a pre štruktúrotvorný proces v pôde veľmi dôležitá. Hlavné kvalitným maštalným hnojom sa dostávajú do pôdy nielen živiny, latky zvyšujúce sorpčnú schopnosť pôdy a zložky pôdnej mikroflóry spolu s potrebným energetickým materiálom, ale aj organické latky koloidnej povahy, ktoré sú schopné okamžite sa zúčastňovať agregáčného procesu, pričom ich hydrofóbnosť sa veľmi pozitívne prejavuje aj vo vodoodolnosti a stabilite nimi stmelovaných pôdných agregátov.

Potrebný obsah vápnika v pôde je dôležitý tak z hľadiska úpravy pôdnej reakcie, ako i z toho hľadiska, že podporuje koaguláciu pôdných koloidov ako cementačných látok pôdných agregátov, a preto je tiež jedným z faktorov podmieňujúcich dobrý štruktúrny stav pôdy.

5.2 Technické možnosti riešenia pôdneho stavu

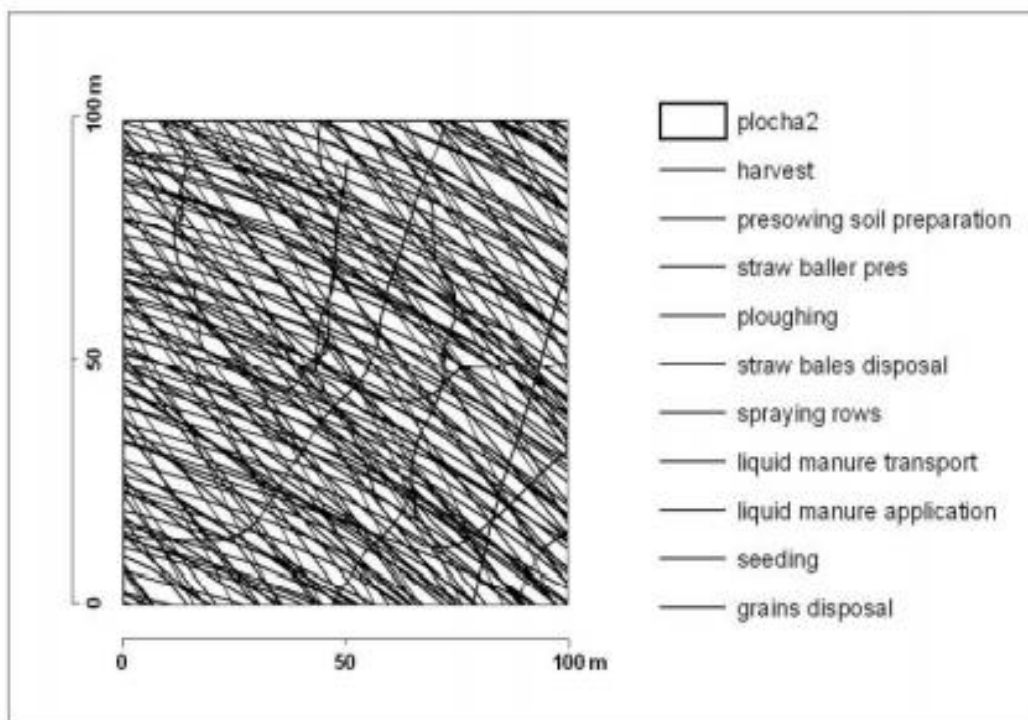
Prejazdy po poli pri vykonávaní pracovných operácií sú bežnou súčasťou nášho života i keď záleží z akého uhlu pohľadu sa na ne pozeráme. Z pohľadu utlačenia pôdy je frekvencia prejazdov priamo úmerná kompácii pôdy. Ich pôsobenie treba sledovať z pohľadu mnohých faktorov ako sú tlak v pneumatikách, dezén, frekvencia prejazdu, horizontálne rozloženie, rýchlosť prejazdu a preklz kolies energetického prostriedku. Pri utlačaní pôdy pôsobíme väčšinou vo vertikále na pôdu a zhutňujeme ju nielen na povrchu, ale aj v hlbších horizontoch. Časté prejazdy energetických prostriedkov s výsledným tlakom na pôdu 2,50 – 5 kg na cm² zhutňujú pôdu výrazne do hĺbky 45cm a slabšie do hĺbky 65 -70 cm. Podrobne sa

posudzuje otázka, či je vhodnejšie aby boli prejazdy stále v rovinných stopách, alebo pokiaľ možno vždy v nových miestach. Druhý spôsob vedie síce k menšiemu zhutneniu, ale zato u takmer celej plochy. Opakované prejazdy naopak spôsobujú zhutnenie menšej plochy poľa. Početnosť prejazdov nepriamo závisí na zhutnení, maximálne zhutnenie je medzi 1 – 5 prejazdmi, veľmi slabé medzi 10 – 15 prejazdmi. Ďalšie výsledky dokazujú, že zhutnenie sa pri nízkom počte prejazdov v rovnakej stope prejavuje vo vrstve 0 – 30 cm, pri mnohonásobných prejazdoch vo vrstve 20 – 70 cm (Šařec, 1989).



Obr. 23 Ukážka vplyvu zhutnenia pôdy na vývoj koreňového systému

Hlavný dôvod mechanickej príčiny zhutňovania pôdy sú opakované prejazdy mechanizačných prostriedkov. Tomuto je pôda takmer okrem zimných mesiacov vystavená. Deformácia kolesami, alebo pásmi vytvára kontaktný tlak v dosadacej ploche. Tento tlak pôsobí kolmo na povrch pôdy a sila rovnobežná s povrchom pôdy. Táto sila zas pôsobí proti preklzu kolies, alebo pásu. Ďalší z problémov pri deformácii pôdy je vysoký merný tlak podvozkových ústrojenstiev na pôdny povrch a veľká frekvencia prejazdov po nej. Tlaky sa prenášajú cez deformáciu pôdy do hlbších vrstiev a preto plytkou predsejbovou prípravou pôdy častokrát neodstránime problém ktorý tam vznikol. Táto nehomogénne spracovaná pôda cez plodiny citlivé na zhutnenie pôdy sa prejavuje následne znížením úrod. U cukrovej repy dochádza napríklad k rozkonarovaniu buliev a tým aj k znižovaniu ich technologickej hodnoty (Hůla, 1988).



Obr. 24 Ukážka prejazdov techniky po poli v priebehu roka

Zhutnenie slovenských pôd a tým aj zhoršenie fyzikálneho stavu pôdy je v súčasnosti najzávažnejší problém. Pred pár desiatkami rokov sa uvedený problém riešil cez zvýšené dávky priemyselných hnojív a cez zvýšené dávky pesticídov. Navyše neustále zvyšovanie výkonov motorov je spojené so zvýšenou hmotnosťou stroja. Najväčší dopad na uvedené má zhutňovanie pôdy v podorníči, kde dochádza k rozpadu štruktúrnych 28 pôdných agregátov (hrudiek) a tým aj k stláčaniu pôdných častíc a zmenšeniu pórového priestoru (Brindza, 1989).

Zníženie kontaktných tlakov na pôdu

Riešenie problematiky zhutnenia pôdy je významný faktor, ktorý podporuje aj zákon č. 220 z roku 2004 o ochrane pôd. Hlavný dôvod mechanickej príčiny zhutňovania pôdy sú opakované prejazdy mechanizačných prostriedkov. Tomuto je pôda takmer okrem zimných mesiacov vystavená. Deformácia kolesami, alebo pásmi vytvára kontaktný tlak v dosadacej ploche. Tento tlak pôsobí kolmo na povrch pôdy a sila rovnobežná s povrchom pôdy. Táto sila zas pôsobí proti preklzu kolies, alebo pásu a tým dochádza ku kompácii.

Zníženie kontaktných tlakov po jazdných mechanizmov na pôdu je jednou z rozhodujúcich úloh pri znižovaní zhutnenia pod.

Merne tlaky strojov na pôdu je možné znižovať nasledovnými opatreniami:

- dvojmontážou kolies,
- nízkotlakovými pneumatikami,
- pásovými podvozkami.

Ďalšie riešenie je voľba vhodného dezénu pneumatík, prípadne dvojmontáže. Dnes už výrobcovia umožňujú rýchlopínanie ďalšej pneumatiky na nosné kolesá. Niektorí výrobcovia riešia tento problém širokoprofilovanými pneumatikami.



Obr. 25 Detail dvojmontáže pneumatík

No i toto riešenie pri vysokých výkonových triedach energetických prostriedkov spojených s vysokou hmotnosťou stroja neprináša požadovaný efekt. Preto niektorí výrobcovia umožňujú samostatnú jazdu jednotlivých kolies mimo stopy susedného kolesa tzv. krabí chod.



Obr. 26

Pohľad na vyorávač cukrovej repy pri tzv. krabom chode

Pri tomto vysunutí zadnej nápravy a jej stranovom posune je plocha pojazdená takmer celkom a merný tlak na pôdny povrch je nižší. Ešte lepšie riešenie a ideálne rozloženie plošného tlaku na pôdu dosiahneme pásovým riešením podvozku stroja. V minulosti boli materiály pásov kovové a pri prejazdoch po komunikácii poškodzovali vozovku. Dnes je situácia iná používajú sa kvalitné kaučukové materiály.



Obr. 27 Technické prevedenie pásových podvozkov môže byť rôzne

Zníženie merného tlaku sa dá dosiahnuť aj u kolesových traktorov, ktoré majú v porovnaní s pásovými traktormi vyšší preklz kolies. Rieši sa to podhustením pneumatík. Tento systém bol prevzatý z vojenskej techniky. Uvedené znamená, že keď jazdíme po poli, máme pneumatiky podhustené a pri prejazdoch po spevnenej komunikácii ich prostredníctvom kompresora dohustíme, aby bol valivý odpor čo možno najmenší.



Obr. 28

Technické riešenie hustenia pneumatík traktorov Fendt

Problém zvýšeného utláčania pôdy však v mnohých prípadoch môže byť zapríčinený aj nevhodným rozložením techniky na traktore. Často býva technické riešenie zavesenia techniky na zadných ramenách traktora a je potrebné dotťažovať prednú časť traktora prídavnými závažiami. Dá sa to však riešiť napríklad umiestnením zásobníka na predné ramená hydrauliky traktora.



Obr. 29 Vhodné rozloženie techniky na sejbu na traktore

Organizácia poľných prác

Na tomto úseku sú pre zamedzenie zhutnenia pôdy potrebné hlavne nasledovne opatrenia :

- znižovanie počtu prejazdov po pôde,
- zamedzenie prejazdov pri zväčšenom obsahu pôdnej vlhky a to predovšetkým na jar.

Potreba znižovania počtu prejazdov po pôde sa prakticky realizuje buď zväčšovaním pracovného záberu strojov, alebo zlučovaním viacerých pracovných operácií, t. j. kombináciou náradia.

Z dôvodu potreby zvyšovania produktivity prac je takýto trend opodstatnený z hľadiska dôsledkov na fyzikálny stav pôdy môžeme hovoriť skôr o opaku. Zväčšovaním mechanizmov sa súčasne zvyšuje aj ich hmotnosť a potreba energetického príkonu, vzniká potreba výkonnejších ťahačov s vyššou hmotnosťou. Výsledkom potom je, že koľají je síce na poli menej, ale pôda je v nich zhutnená omnoho viac a do väčšej hĺbky, než je možné bežnými opatreniami vrátiť ju do pôvodného stavu.

Zvlášť veľké požiadavky na organizátorskú prácu si kladie potreba predchádzať zhutňovaniu pod s vyšším obsahom ílových častíc hlavne na jar a pri zvýšenom vlhkosťnom stave, kedy sú tieto pôdy na kompakciu veľmi náchylné, pričom aj dôsledky zhutnenia na zníženie úrod sa na týchto pôdach prejavujú najmarkantnejšie.

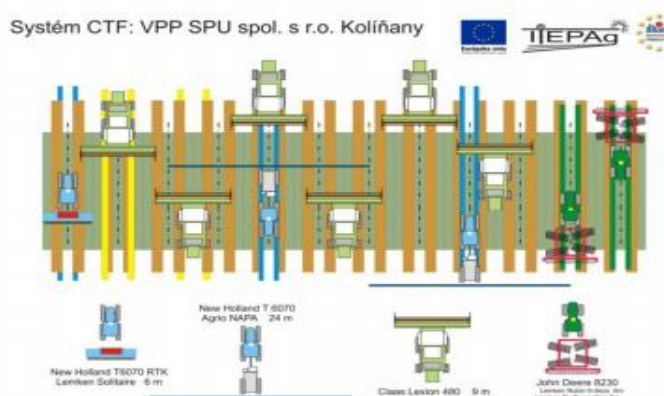
Ťažké a silné stroje majú negatívny dopad na vlastnosti pôdy a pôdu samotnú, pretože pôdu neustálymi a pravidelnými prejazdmi utláčajú. V najčastejšie využívaných orbových technologických postupoch je prejazdová plocha poľa až 95% a počas roka sú prejazdy niekoľkonásobné. Utláčanie je možné eliminovať podrývaním, resp. orbou, ktoré ale zaradujeme z hľadiska energetického k veľmi náročným poľným operáciám. Tento opakujúci sa proces utláčania pôdy a jej následnej regenerácie je pre dnešné poľnohospodárstvo charakteristické ale je spojené s neefektívnym vynakladaním finančných zdrojov.

Samostatnú kapitolu v rámci riadeného pohybu techniky po poli prinieslo presné poľnohospodárstvo resp. navádzanie strojov pomocou GPS. Pracovný záber využíva technika na 100 % čo znamená, že nedochádza k duplovaniu, prípadne vynechaniu nespracovaného miesta na poli. Dá sa využívať prakticky pri všetkých pracovných operáciách.



Obr. 30 Monitorovanie strojov pomocou GPS umožňuje manažérovi sledovať techniku na diaľku

Organizovaný pohyb techniky po poli nám umožňuje oddeliť jazdnú plochu od produkčnej, na ktorej pestujeme rastliny. Ideálne je, keď jazdná plocha je percentuálne malá v porovnaní s produkčnou. V minulosti sa uvedené riešilo zakladaním koľajových riadkov, ktoré, boli ale v každom roku obmieňané. Dnes s prínosom pôdoochranných technológií, resp. náhradou pluhu kypričom sme schopní usmerňovať techniku viac rokov do tých istých koľají. Tento systém však prináša aj určité úskalía, používaná technika musí byť záberovo násobkom modulu, ktorý si na začiatku zvolíme. Prináša pozitívne výsledky z pohľadu stavu pôdy, zároveň prináša mierne zvýšenie úrod. Tým, že sme nahradili pluh kypričom tak prináša aj úsporu PHM. Systém CTF (Controlled Traffic Farming) sa využíva prakticky na celom svete. V podmienkach Slovenska sa pilotný projekt skúša na VPP Koliňany v rámci projektu ITEPAG, je však podmienený využívaním navigačných systémov na všetkých traktoroch.



Obr. 31 CTF systém 6 m modul

Riešenie spomenutého problému je možné pomocou tzv. riadeného pohybu strojov po poli (CTF). Tento spôsob riadeného pohybu sa kombinuje s tradičnou mechanizáciou obrábania pôdy. Základným predpokladom je zosúladiť pracovné zábery strojov. Pohyb stroja riadi satelitná navigácia s presnosťou 0,02m tzv. RTK. Tento presný navigačný systém umožňuje navádzať stroje a strojové súpravy na stále opakujúce sa koľaje počas celého vegetačného obdobia ale i v nasledujúcich rokoch. Systém CTF má maximálne využitie v prípade, že plocha kolají je úplne oddelená od samotnej pestovateľskej plochy a tieto koľaje sa využívajú každoročne.

Efekty CTF

Na dosahovanie úrody má systém CTF pozitívny vplyv. Vo vybraných farmách v Nemecku, Anglicku a Holandsku pri využívaní systému CTF bol preukázaný nárast úrod až do 25% - v závislosti od pestovanej plodiny a podmienok.

Problém zníženej možnosti vody vsakovať (infiltrovať) sa do pôdy spôsobuje stupeň zhutnenia pôdy, čo spôsobuje problém najmä z hľadiska pórov v pôde. Dôsledkom je odtekanie vody po povrchu poľa, čo následne vyvoláva eróziu pôdy alebo môžeme pozorovať

celé časti zaplavených pozemkov. Tento problém sa týka najmä rokov s väčším úhrnom zrážok, kedy voda nedokáže presiaknuť cez utlačenú vrstvu pôdy.

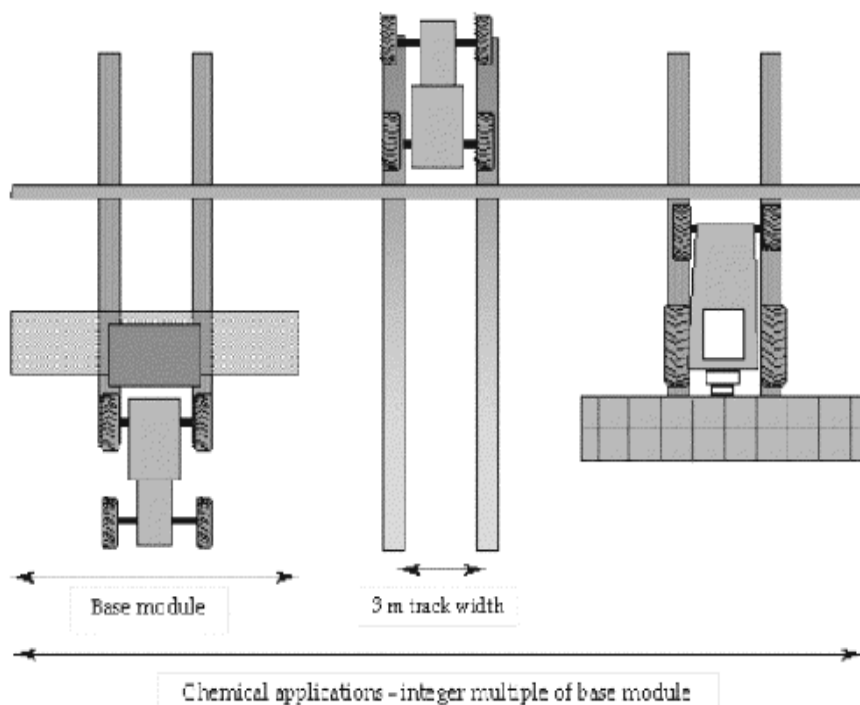
CTF preto môžeme chápať nielen ako systém na zvýšenie úrodnosti ale najmä ako komplexný systém prevencie zhutnenia pôdy.

Systém CTF zároveň dovoľuje i efektívnejšie nasadenie poľnohospodárskej techniky. Nedostatočné vsakovanie vody do pôdy i zhutnenie pôdy má za dôsledok skrátenie disponibilného času pre realizáciu poľných prác. Riadený pohyb strojov umožní stroju prostredníctvom pevných koľají lepší vstup na pozemok, a zároveň sú vyvíjané menšie nároky na výkon strojov (traktora). Viacerí autori sa zhodujú, že toto zníženie výkonu môže byť až o 30%, a to v závislosti od podmienok a typu pôdy.

Pozoruhodné výsledky je možné pozorovať pri hodnotení energetickej náročnosti. Podľa publikovaných výsledkov spoločnosťou CTF Európe boli úspory energie preukázané až do 70%. Tieto hodnoty boli dosiahnuté pri použití minimálneho počtu pracovných operácií, plytšom spracovaní pôdy a menšími nárokmi na ťahovú silu traktora.

V našich podmienkach je dôležité si uvedomiť, že využívanie satelitnej navigácie CTF s presnosťou niekoľko centimetrov dovoľuje vykonávať poľné práce a to bez zbytočného prekryvania záberov. Za výrazné sa považujú najmä úspory na pohonných hmotách, chemických prípravkoch a hnojivách.

Možno tvrdiť, že najlepším, a teda najvýznamnejším efektom, ktorý je dosiahnutý pri zavedení CTF je zvýšenie pórovitosti, zníženie objemovej hmotnosti, zlepšenie štruktúry pôdy a efektívne využívanie strojov.



Obr. 32 – systém CTF

5.3 Technologické možnosti riešenia pôdneho stavu

Nevhodne nastavená technológia sa v produkčnom procese odrazí výrazným kolísaním úrod v jednotlivých ročníkoch, čo je determinované predovšetkým degradáciou pôdných vlastností a režimov. Naopak vhodne nastavená technológia obrábania pôdy (udržateľný a pôdu šetriaci systém hospodárenia) sa prejaví významnou stálosťou dosahovaných úrod v jednotlivých ročníkoch, ako výsledok priaznivého (optimalizovaného) stavu pôdných vlastností a režimov. Dôvodom je uplatnenie tlmivej schopnosti pôdy s kultúrnou úrodnosťou, ktorá pozitívne reguluje nepriaznivý vplyv ako suchých, tak aj vlhkých ročníkov.

Úrodnosť pôdy, ako jej jedinečná, špecifická a najdôležitejšia vlastnosť, je definovaná ako schopnosť pôdy poskytovať rastlinám priaznivé životné podmienky, ktoré môžu uspokojiť ich požiadavky na vlahu, živiny a pôdny vzduch v priebehu celého vegetačného obdobia, a tak zaistiť úrodu. Úrodnosť pôdy je rovnako dôležitá ako výška a kvalita úrod, preto trvalo hospodárne vyrábať znamená udržiavať alebo ešte lepšie zvyšovať pôdnu úrodnosť.

Tejto mimoriadnej vlastnosti pôdy je však v prostredí trhovej ekonomiky chlebového odvetvia či priamo produkčného procesu pestovania plodín častokrát **venovaná iba malá pozornosť**, hoci od jej stavu vo významnej miere závisí celková rentabilita produkcie pestovaných plodín.

Podiel vplyvu pôdy na úrode plodín sa v priebehu histórie menil. V 50-rokoch minulého storočia osciloval okolo 40 %. V období rozvoja či industrializácie poľnohospodárstva až do konca 90-tych rokov predstavoval asi 10 %. Žiaľ za ostatných dvadsať rokov opäť stúpol na úroveň medzi 20-30 %. Vzostupný trend má aj vplyv faktora počasia.

Zanedbanie starostlivosti o pôdu ako základného výrobného prostriedku a produkčnej bázy poľnohospodárskeho podniku a dominantne reprodukcie jej úrodnosti nutne vedie k:

- degradácii pôdných vlastností a procesov,
- následným problémom v raste a vývine pestovaných plodín.

Dôsledkom je dosahovanie:

- nižšej produkcie,
- nižšia efektívnosť aplikovaných vstupov,
- potreba výkonnejšej techniky a vhodného náradia na obrábanie pôdy,
- väčšia závislosť dosiahnutej úrody od klimatických prvkov ročníka,
- celkovo nižšia rentabilita produkcie. (Halas, 2020 NPPC)

Za najvýraznejší prejav degradačných procesov fyzikálnych vlastností pôdy je považované **utlačenie (zhutnenie, pedokompakcia)**. Ide o nepriaznivé zmeny dominantne pôdnej štruktúry, následne pórovitosti, objemovej hmotnosti, schopnosti infiltrácie či retenčnej kapacity pôdy. Vzhľadom na menej priaznivé vlastnosti podpovrchových horizontov (vyššia vlhkosť, nižší obsah humusu), ako aj tradičný konvenčný spôsob obrábania pôdy, pedokompakcia postihuje predovšetkým podornicu. Úzko súvisí so zrnitosťou pôdy

a čiastkovými pôdotvornými procesmi, ako aj spôsobom využitia a technológiou obrábania pôdy. **Je dominantným problémom ornej pôdy.**

Genetická kompakcia je typická pre ťažké pôdy s vyšším obsahom ílu. Naproti tomu technogénna kompakcia môže byť vyvolaná na pôdach akéhokoľvek zrnitosného zloženia. Je dôsledkom používania ťažkej poľnohospodárskej techniky s vysokými mernými tlakmi pri nevhodnej vlhkosti pôdy, čo je všeobecne známe.

Technogénne zhutnenie sa akumuluje predovšetkým v podornici. Diferenciáciou pôdných vlastností v ornici a v kumulatívne zhutňovanej podornici sa vytvára:

- bariéra pre plné využitie produkčného a ekologického potenciálu pôdy,
- genetického potenciálu pestovaných rastlín.

Zhutnenie pôdy sa prejavuje redukciou tvorby koreňového systému. Vplyv zhutnenia podornice na tvorbu konečnej úrody výrazne ovplyvňuje množstvo a rozdelenie zrážok v jednotlivých ročníkoch.

Štruktúra pôdy, ktorá je v procese pedokompakcie primárne degradovaná, je dôležitá vlastnosť pôdy, ktorá ovplyvňuje všetky hlavné fyzikálne vlastnosti, vplýva na procesy rozhodujúce o produkčnej schopnosti pôdy, teda je v priamom vzťahu ku úrode pestovaných plodín. Je tzv. kľúčom úrodnosti pôdy. V parametroch najúrodnejšej pôdy je definovaný aj parameter štruktúry pôdy – pôda by mala byť kyprá, má obsahovať 75 % agregátov guľovitého tvaru veľkých 1-10 mm, ktoré sú vode odolné. Dobrá štruktúra pôdy je stále základom celého hospodárenia na pôde a na jej kvalite závisí úspech všetkých ostatných opatrení. (Halas, 2020 NPPC).

V týchto súvislostiach sa stáva vysoko aktuálna potreba celkovej revitalizácie predovšetkým ornej poľnohospodárskej pôdy. História ako aj aktuálny stav nastavenej technológie obrábania pôdy a jej dopad na pôdne vlastnosti, fungovanie pôdných režimov vo



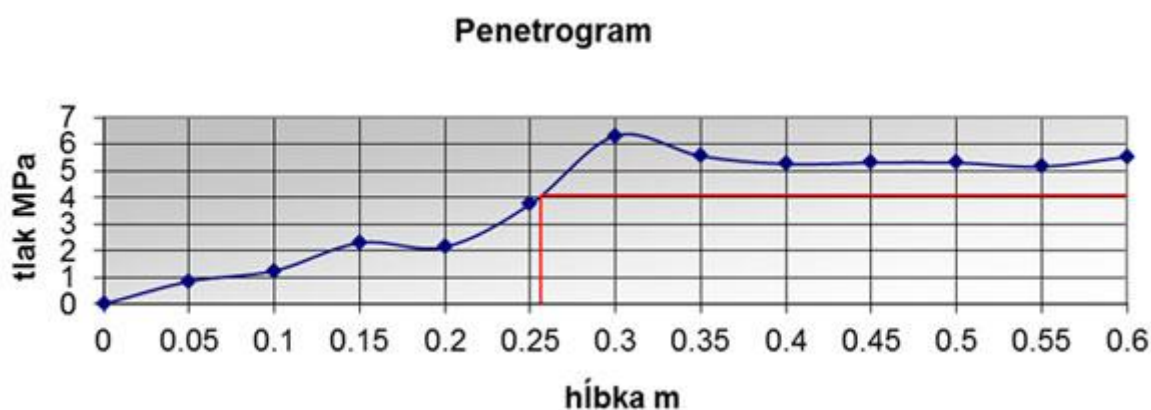
väzbe na vývoj koreňového systému pestovanej plodiny a jej celkovú kondíciu je možné posúdiť na pôdnom profile vo výkope pôdnej sondy (obr.29). (Halas, 2020 NPPC)

Obr. 33

Pôdny profil upravený na hodnotenie stavu pôdných vlastností v systéme Pôda-Rastlina-Atmosféra (Halas, 2020)

Výsledkom posúdenia stavu pôdných vlastností je návrh oparení zameraných na stabilizáciu či odstránenie nepriaznivého stavu. Pri identifikácii nežiaduceho utlačenia v pôdnom profile je vhodné vykonať aj prieskum plošného stavu kompaktie pôdy.

Operatívnu metódou s veľmi dobrou výpovednou hodnotou je penetrometria, teda meranie odporu pôdy proti vnikaniu kužeľa penetračnej sondy. Pri meraniach sa súbežne odoberajú vzorky pôdy kde sa stanovuje gravimetrická vlhkosť slúžiaca na korekcie nameraného odporu pôdy. Príklad priemerného penetrogramu je na obr. 34.



Obr. 34 Pribeh priemerného penetrogramu

Tab. 5 Priemerné hodnoty penetračného odporu pôdy

hĺbka pôdy (m)	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
odpor pôdy (MPa)	0,8	1,3	2,3	2,1	3,7	6,3	5,6	5,3	5,3	5,3	5,2	5,5
rozdiel priemeru		0,4	1,0	-0,20	1,6	2,6	-0,7	-0,3	0,0	0,0	-0,1	0,3

Meranie penetračného odporu pôdy dokumentuje neprekročenie limitných hodnôt zhutnenia až do hĺbky 0,25 m (tab. 5) . Významný nárast odporu začína až od hĺbky 0,25 m. V profile medzi 0,25 až 0,30 m bol na niektorých lokalitách zaznamenaný nárast odporu pôdy nad kritickú hodnotu, ktorá je pre hlinité pôdy 3,8 MPa (tab 5).

Tab. 6 Limitné hodnoty pôdných vlastností na stanovenie utlačenia pôdy

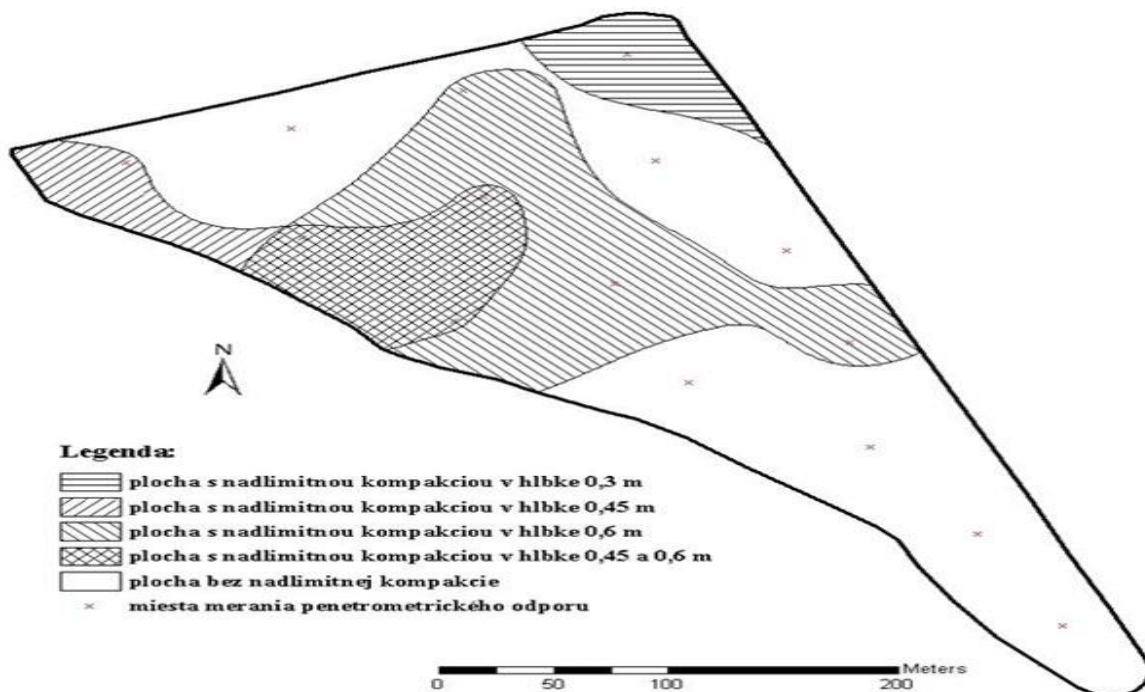
Pôdna vlastnosť	Zrnitosť					
	I	IH+IV	H	PH	HP	P
Objemová hmot. redukovaná (g.cm ⁻³)	1,35	1,40	1,45	1,55	1,60	1,70
Pórovitosť (% obj.)	48	47	45	42	40	38
Minimálna vzdušná kapacita (% obj.)	10	10	10	10	10	10
Penetračný odpor (MPa)	2,8-3,2	3,3-3,7	3,8-4,2	4,5-5,0	5,5	6,0
pri vlhkosti (hmot. %)	28-24	23-20	19-16	15-13	12	10

V hĺbke pod 0,3 m bola na okraji pozemku identifikovaná lokalita s nadlimitným utlačením. Ide o plochu, ktorá je miestom vjazdu a výjazdu poľnohospodárskej techniky na štátnu cestu a zároveň miestom, kde stojí technika pri zberových prácach. Nadlimitné utlačenie postupuje až do hĺbky 0,45 m a pravdepodobne reziduálne pretrváva z roka na rok.

Z priebehu penetračných meraní vyplýva, že pôdy majú utlačenú podornicu aj nižšie ležiace horizonty. Podornica trpí pedokompakciou v dôsledku prejazdov poľnohospodárskej techniky

a tlaku používaného náradia (dominantne orba pluhom do rovnakej hĺbky). Nižšie ležiace horizonty majú zvýšené hodnoty kompaktie v dôsledku čiastkových pôdotvorných procesov - ilimerizácia, pseudoogelejnie.

Vyhodnotenie variability penetračného odporu pôdy s lokalizáciou areálov s nadlimitnými hodnotami dokumentuje obr. 33. Na základe grafických výstupov je evidentné, že nadlimitná



kompakcia nie je plošná a sanačné opatrenie vo forme agromelioračných zásahov a následných stabilizačných opatrení si vyžadujú len parciálne časti pozemku.

Obr. 35 Vyhodnotenie priestorovej variability utlačenia pôdy - areály s nadlimitnou kompaktiou - podklad na realizáciu agromelioračných opatrení.

Halas (2020) riešil analýzu stavu pôdných vlastností v podniku vo Veškovciach v defektných lokalitách na otvorených pôdných profiloch preukázala utlačenie a zlý štruktúrny stav pôdy (agregáty s ostrými hranami, rovnými plochami) s negatívnymi dopadmi na produkčný proces pestovaných plodín. Na základe zistení doplnených informáciami z agrochemického skúšania pôd a výskumu obsahu pôdnej organickej hmoty pristúpil podnik ku komplexným systémovým opatreniam v technológii hospodárenia na pôde. V súčasnosti uplatňuje minimalizačný až pôdoochranný systém obrábania pôdy. V rotácii plodín (pšenica, repka, pšenica, sója) je zaradené podrývanie pôdy (dlátový pluh) do 0,45 m pod repku a pod sóju. Otvorený pôdny profil po realizácii agromelioračného opatrenia je na (obr. 32a, a 32b). Stav štruktúry pôdy je na (obr. 34).

Obr. 36 a,b: Pôdny profil po podrývaní pôdy Teralland TN 3000

Pšenica po sóji je v systéme siata priamou sejbou do strniska. Vápnenie pôdy je realizované



2-krát za osevný postup. Smeruje k úprave nepriaznivej pôdnej reakcie, ako aj ku stabilizácii štruktúry pôdy po mechanickom zásahu (dlátovaní pôdy). Dôležitosť vápnenia pôd pre zvyšovanie ako aj revitalizáciu úrodnosti je dokázané nespočetnými pokusmi i výsledkami praxe. Zvýšená pozornosť je venovaná starostlivosti o manažment primárneho zdroja pôdnej organickej hmoty – pozberové zvyšky. V ostatnom období sa aplikuje aj maštalný hnoj. Pri hodnotení zmeny koncentrácie pôdnej organickej hmoty za 50 rokov bol zistený jeho diferencovaný nárast v závislosti od pôdneho typu, zrnitosti pôdy a vstupov C od 11 do 50 %. Výsledky vypovedajú o sekvestracii organickej hmoty v pôde a priaznivom trende smerom ku štruktúre pôdy a pôdnym vlastnostiam.

Nastavený systém hospodárenia a jeho vplyv na variabilitu vegetácie bol hodnotený opäť na podklade spektrálnych charakteristík družicových obrazových záznamov (Landsat 8).

Analýza preukázala vyššiu úroveň homogenity porastov pestovaných plodín ako aj minimálne výpadky vegetácie predovšetkým repky ozimnej.



Obr. 37 Štruktúra pôdy po práci Teralland TN 3000

V rámci pôdoochranných technológií môžeme využívať radličkový alebo tanierový kyprič.

Radličkový kyprič je vytvorený určitým počtom rovnakých radličiek rozmiestnených na 3 až 6 priečných nosníkoch rámu kypriča.

Ťahané kypriče sú cenovo výhodnejšie, majú menšie nároky a náklady na údržbu a sú väčšinou ľahko kombinovateľné s ďalšími ústrojenstvami. Ich nedostatkom je, že neumožňujú meniť v širokom rozsahu intenzitu práce, ako je to pri kypričoch s motoricky poháňanými nástrojmi. Pritom aj ťahané kypriče majú rôzne možnosti dosiahnutia zmeny kvality práce, napr. zmenou pracovnej rýchlosti, voľbou radličiek.

Kvalita práce radličkového kypriča je daná:

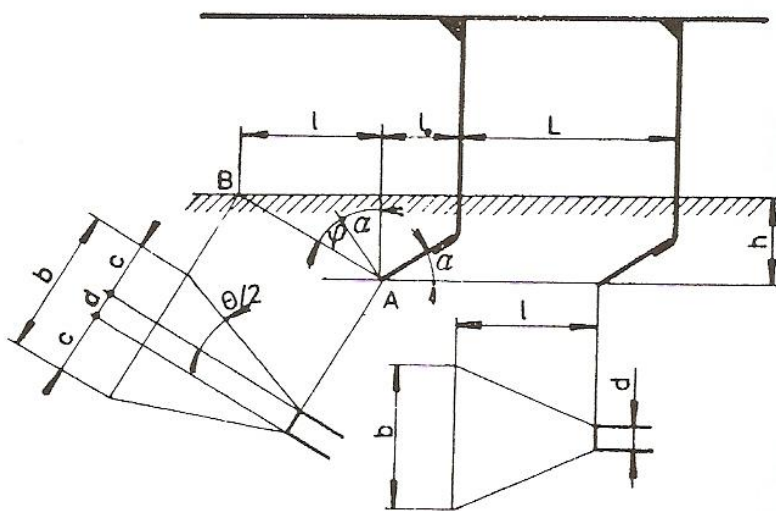
- druhom radličiek a ich uchytením na ráme,
- rozmiestnením radličiek a ich zahĺbením do pôdy a pracovnou rýchlosťou.



Obr. 38 Obrábanie pôdy radličkovým kypričom (Domonkoš, 2019)

Z rôznych druhov radličiek kypričov pre predsejbovú prípravu pôdy sa najčastejšie používajú: Kypriace obojstranné radličky

Spravidla sú umiestnené na tzv. S – stĺpikoch. Radličky sú obojstranne naostrené a je ich možné po otupení na stĺpikoch otočiť. Majú univerzálne použitie pre rôzne pôdne podmienky. Špička radličky by sa mala nachádzať pod bodom uchytenia, aby prípadné vyklopenie radličky spôsobovalo čo najmenšiu zmenu zahĺbenia. Stĺpik umožňuje určitú vibráciu radličky, čím sa dosiahne zvýšená intenzita obrábania pôdy, ale aj samočistiaci efekt. Pri menšom uhle kyprenia radlička pomerne intenzívne mieša pôdu. Pri použití väčšieho uhla kyprenia nebude vlhká pôda z hlbších horizontov vynášaná na povrch s následnou stratou vlhkosti. Hĺbka kyprenia je daná vzdialenosťou stôp susedne pracujúcich radličiek a ich šírkou. Radličky majú šírku asi 35 mm a vzdialenosť stôp susedných radličiek je asi 100 mm. V takejto úprave sú radličky vhodné na predsejbovú prípravu pôdy pre obilniny, ktoré nevyžadujú vyrovnanú hĺbku kyprenia pôdy. Pre plytšiu prípravu pôdy niektorí výrobcovia používajú dvojité radličky, čím sa znižuje medziradličková vzdialenosť na polovičnú hodnotu a kyprič môžeme po výmene radličiek použiť pre plytkú prípravu pôdy. (Páltik, 2005, Domonkoš, 2019).



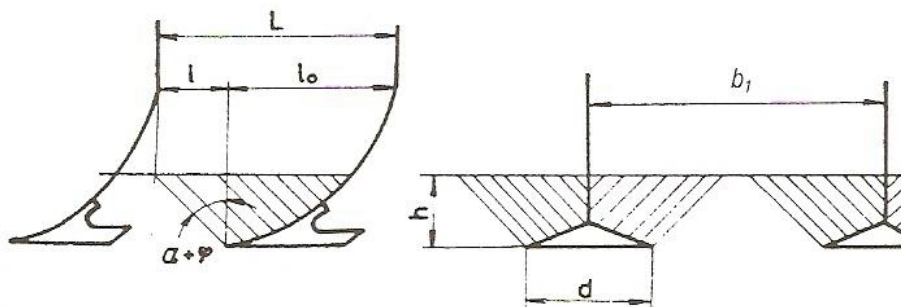
Obr.39

Rozrušenie pôdy kypriacou radličkou (Páltik, 2005).

Kypriace univerzálne radličky

Sú určitou zmenšeninou obojstranných radličiek. Zvýšenou vibráciou dosahujeme dobrý drobiaci, miešací a urovnávací účinok. Špecifický tvar napomáha ich samoočisťovaniu. Pre kyprenie na ľahkých pôdach je vhodné používať radličky s rozšíreným koncom a naopak pre ťažké pôdy sú vhodné úzke radličky. Predný rad radličiek môže mať z dôvodu stability práce špeciálne upravené opačne orientované radličky. Vzdialenosť stôp susedných radličiek je v rozsahu 50 až 55 mm, čo ich predurčuje pre plytkú predsejbovú prípravu pôdy. Pri použití dlhších radličiek asi 250 mm a zodpovedajúcim doťažením ich môžeme použiť aj pre hlbšiu

prípravu pôdy. Často sú používané pri kombinovaných strojoch pre plytkú až stredne hlbokú predsejbovú prípravu pôdy:



Obr. 40 Vplyv tvaru radličiek na rozrušenie pôdy (Páltik, 2005)

Šípové kypriace radličky

Používajú sa pri konvenčných kypričoch do hĺbky až 180 mm pri zábere 200 až 300 mm, ale aj taktiež ako radličky s celoplošným podrezávaním pôdy pre malé hĺbky kyprenia pôdy, ako súčasť kombinovaných strojov.

Lyžičková radlička

Je určená pre vyššie pracovné rýchlosti s vysokým miešacím účinkom a šírkou asi 70 mm,

Dlátová radlička - pre väčšie hĺbky kyprenia. (Páltik, 2005).

Ďalšou požiadavkou pre dosiahnutie kvalitnej práce kypriča je rozmiestnenie radličiek a s tým súvisiace ich zahĺbenie do pôdy. Kypriaca rozrušuje pôdu pred sebou aj do strán. Šírka kyprenia b_1 je daná nielen šírkou radličky d ale aj zahĺbením do pôdy h a vlastnosťami pôdy. Pri rozmiestňovaní radličiek na ráme kypriča budeme vychádzať z toho, že radlička pri zahĺbení h porušuje súdržnosť pôdy v rovine A, B, ktorá je od kolmice na povrch radličky odklonená o tretí uhol φ . (Domonkoš, 2019).

Do strán sa rozruší pôda pod uhlom najväčších tangenciálnych napätí $\Theta/2$. Potom vzdialenosť l , o ktorú sa rozrušuje pôda pred radličkou, bude

$$l = h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (4)$$

kde: α – sklon radličky ku dnu brázdy (uhol kypenia), φ – uhol trenia pôda – oceľ.

Ako sme už uviedli, radličky s dôvodov upchávania rozmiestňujeme do viacerých radov, aby ich vzájomná vzdialenosť bola čo najväčšia. Celoplošné prekyprenie pôdy môžeme dosiahnuť len vzájomným prekryvaním záberov susedne pracujúcich radličiek, pričom veľkosť prekrytia záberov je daná účelom obrábania pôdy.



Obr. 41 Profil dna brázdy po radličkovom kypriči (vlastný zdroj)

Pri dvoj a viacradovom usporiadaní radličiek bude vzdialenosť radov za sebou daná požiadavkou, aby činnosť nasledujúceho radu radličiek neovplyvňovala činnosť predchádzajúceho radu t. j. platí :

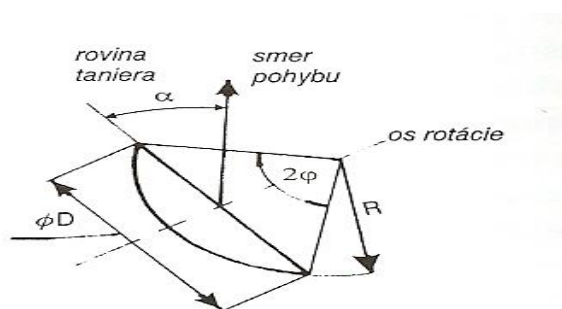
$$L > l + l_0 \quad (5)$$

$$L > h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + l_0 \quad (6)$$

Rozmiestnenie radličiek ovplyvňuje okrem požiadavky celoplošného prekyprenia pôdy aj stabilitu práce kypriča. Platí, že pri dvoj a trojradovom rozmiestnení radličiek existuje len jedna, pri štvor a viacradovom viac možností ich rozmiestnenia. Pre rozmiestnenie radličiek platia tie isté zásady ako pre rozmiestnenie zubov zubových brán.

Tanierové kypriče sú stroje pre plošnú kultiváciu pôdy, ktorých pracovným ústrojenstvom je sekcia sférických tanierov s celistvým alebo tvarovaným (vykrajovaným) ostrím. Sekcie sú otočne uložené a postavené šikmo alebo naprieč k smeru jazdy. Pri práci sa sekcie ako celok pasívne otáčajú. Možnosť samostatného uchytienia v súčasnosti už využívajú aj niektoré moderné konštrukcie tanierových kypričov z dôvodu menšieho upchávania.

Hlavnými parametrami taniera ako pracovného nástroja tanierového kypriča, ktoré vplyvujú na charakter jeho pôsobenia na pôdu, je jeho priemer D , polomer zakrivenia R uhol postavenia roviny taniera k smeru jazdy α a vzdialenosť tanierov.



Obr. 42 Hlavné technické parametre taniera kypriča (Páltik, 2005)

Pre intenzívnejšiu prácu sú tanierové kypriče väčšinou vybavené ako dvojsledové s usporiadaním v tvare V alebo X. Pre obrábanie častí pôdy medzi sekciami sú tieto navzájom presadené. Zmena intenzity práce sa dosahuje zmenou veľkosti uhla α a to buď mechanicky alebo hydraulickým prestavením. Zväčšenie uhla α zvyšuje intenzitu drobenia a miešania pôdy, klesá tzv. hrebeňovitost' dna brázdy a narastá merný odpor kypriča. Pri hodnotách uhla $\alpha = 0$ dosahuje tanierový kyprič vysokú rezaciu schopnosť, čo sa využíva pri rozrezávaní koreňmi prerastenej pôdy, na drobenie hrúd ale aj na zvyšovanie objemovej hmotnosti pôdy. Hrebeňovitost' dna brázdy je určitým nedostatkom tanierových kypričov, hlavne tam kde požadujeme vyrovnanú hĺbku kyprenia, ale môže pôsobiť aj priaznivo napr. pri znižovaní erózie pôdy. Výška hrebeňov je daná priemerom tanierov D , uhlom postavenia taniera k smeru pohybu α a vzdialenosťou tanierov b . Taniere kypriča sú vyrobené ako samoostriace s priemerom $D = 500$ až 700 (max. až 900) mm s hladkým, alebo vykrajovaným ostrím a škrabkou na čistenie tanierov. Hladké taniere spôsobujú intenzívnejšie miešanie pôdy, nakoľko časticiam pôdy na okraji taniera a časticiam bližšie k stredu taniera sa udeľujú rôzne zrýchlenia.



Obr. 43 Tanierový kyprič Lemken Rubin (vlastný zdroj)

Taniere s vykrajovaným ostrím pôsobia na pôdu agresívnejšie, lepšie vnikajú do pôdy a používame ich pri zapracovaní objemnejších rastlinných zvyškov. Preto je výhodné, ak je kyprič dvojsledový, pričom ako prvá sa používa sekcia s taniermi s vykrajovaným ostrím. Existujú aj riešenia, kde každý druhý tanier každej sekcie má vykrajované ostrie. Vonkajšie taniere môžu mať zmenšený priemer pre lepšie napojenie susedných záberov.

Tanierové kypriče majú širokú oblasť použitia. Vhodné sú na obrábanie ľahkých, ale aj ťažších pôd, na podmiatku a zapracovanie rastlinných zvyškov, pri technológiach kde sa znižuje intenzita obrábania pôdy, pri predsejbovom obrábaní pôdy a inde. Hĺbka obrábania pôdy je ovplyvňovaná uhlom nastavenia roviny taniera k smeru pohybu α , priemerom a hrúbkou tanierov, kvalitou ostria, ale predovšetkým hmotnosťou kypriča na 1 m záberu. Pre zabezpečenie požadovanej hĺbky je na ťažkých a tvrdých pôdach potrebné kyprič doťažovať,

vychádzajúc zo síl pôsobiacich na kyprič je žiaduce excentrické umiestnenie prídavných závaží. Dodajme, že pre zabezpečenie hĺbky na ťažkej a tvrdej pôde je potrebné, aby merná hmotnosť kypriča bola až okolo 1000kg.m^{-1} (Páltik, 2005)

Moderné tanierové kypriče sa najčastejšie vyrábajú ako návesné resp. prívesné stroje. Medzi ich prednosti patrí široké použitie, jednoduché nastavenie, možnosť obrábania aj ťažkých a tvrdých pôd, vysoká pracovná rýchlosť ($8 - 12 \text{ km.h}^{-1}$) a veľká plošná výkonnosť.

Medzi nedostatky patrí vysoká cena stroja a tanierov, vzhľadom na ich hmotnosť obmedzené použitie nesenej úpravy, nedostatočné premiešanie pôdy s rastlinnými zvyškami, častá potreba dvoch prejazdov na dosiahnutie požadovanej kvality práce, ale aj zložitejšie využitie v rámci kombinovaných strojov (dĺžka hmotnosť)

Potrebný príkon pri pracovnej rýchlosti $8 - 12 \text{ km.h}^{-1}$ v závislosti od hĺbky obrábania pôdy sa pohybuje v rozpätí $20 - 30 \text{ kW.m}^{-1}$, pri výkonnosti $0,8 - 1 \text{ ha.h}^{-1}$ na meter záberu stroja. (Domonkoš, 2019).

Rotačné kypriče majú pracovné nástroje rozmiestnené na spoločnom valcovom horizontálnom rotore postavenom naprieč na smer jazdy. Nože sú rozmiestnené v tvare závitovky, čo umožňuje postupný záber nožov do pôdy s rovnomerným chodom stroja. Spravidla je zmysel otáčania nožového bubna zhodný so zmyslom otáčania kolies energetického prostriedku. Náhon rotačného kypriča sa uskutočňuje od vývodového hriadeľa spravidla cez troj až štvorstupňovú prevodovku a reťazový prevod (pri väčších kypričoch ozubenými kolesami) na horizontálny rotor. Pri veľkých strojoch (nad záber 3 m) sa uprednostňuje obojstranný prevod.



Obr. 44

Rotačný kyprič s horizontálnou osou rotácie (Páltik, 2005)

Nože sú na rotore prichytené tak, aby sa vždy striedali v zábere nože pravostranné a ľavostranné z dôvodu rovnomerného zaťaženia. Na jednom kotúči môže byť 4 alebo 6 nožov. Šesťnožové usporiadanie umožňuje znížiť obvodovú rýchlosť rotora pri rovnakej hrúbke odrezaných triesok a súčasne sa intenzívnejšie mieša a drobí pôda. Priestor medzi nožmi je však menší a vzniká nebezpečie upchávania stroja.

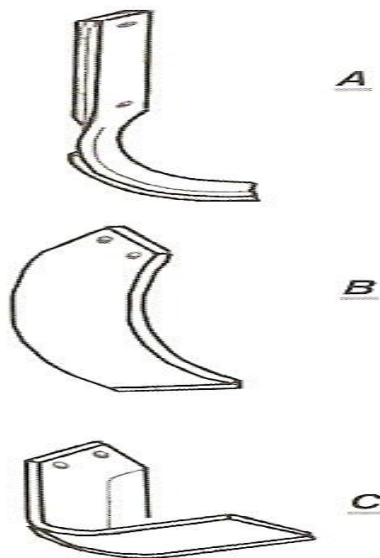
Konštrukčné riešenie nožov je dané druhom pôdy, jej stavom a účelom použitia. Nože v tvare L vytvárajú vyrovnaný povrch pôdy. Používajú sa hlavne na ťažko obrábatelných pôdach bez

predchádzajúceho zásahu pluhu alebo kypriča a pre dodatočné rozdrobenie a intenzívne premiešanie organickej hmoty s pôdou.

Je potrebné upozorniť na ich vysokú energetickú náročnosť, nízku pracovnú rýchlosť stroja (5 km.h^{-1}) a vysoké opotrebovanie nožov.

Druhou skupinou nožov sú kosákové (mulčovacie) nože. Vhodné sú na podmietku na ľahších pôdach, ale aj na hrubšiu predsejbovú prípravu pôdy. Intenzita obrábania pôdy je o niečo menšia ako pri L nožoch, ale nižšia je aj spotreba energie.

Najintenzívnejšie drobenie zabezpečuje tzv. drobiace nože, ktoré využívame na jemnejšiu prípravu pôdy. (Domonkoš, 2019).



Obr. 45 Nože používané u rotačných kypričov (Páltik, 2005)

Rotačné brány svojou konštrukciou, pracovnými nástrojmi a ich rozmiestnením na závitovke sú podobné rotačným kypričom. Obrábanie pôdy vykonávajú buď na princípe rázu, alebo na princípe napichovania hrúd

Aj keď obidva systémy nevykazujú výrazné rozdiely v kvalite práce, napichovací systém sa lepšie osvedčil na stvrdnutých hrudovitých pôdach. Vzďialenosť stôp susedne pracujúcich zubov sa pohybuje od 30 do 70 mm v závislosti od požiadavky na drobenie pôdy. Možnosti zmeny intenzity práce sú v podstate zhodné s rotačnými kypričmi.

Rotačné brány sú vhodné predovšetkým na predsejbovú prípravu pôdy po pluhu alebo kypriči. Pri prípadnom použití bez predchádzajúceho kyprenia alebo orby dávame prednosť napichovacím zubovým rotorom.

Rotačné brány sa vyznačujú vysokým miešacím účinkom spojeným so zapracovaním rastlinných zvyškov. Táto skutočnosť sa využíva hlavne pri podmietke a v rámci bezorbovej predsejbovej prípravy pôdy, veľmi často v kombinácii s radličkovým kypričom a rôznymi druhmi profilovaných valcov.

Určité problémy môžu vzniknúť pri používaní rotačných brán v jarnom období, kedy je pôda na povrchu už vyschnutá, ale v hlbších horizontoch má nadmernú vlhkosť. Vysoká intenzita

miešania pôdy spojená s vynášaním vlhkej pôdy na povrch môže spôsobiť nielen tvorbu hrúd v oblasti osivového lôžka, ale aj jej nalepovanie na pracovné časti sejačiek

Preventívne biologické metódy pre zlepšovanie pôdneho stavu. Za príčinu nižších výnosových výsledkov poľných plodín môžeme z pohľadu poruchy pôdnej úrodnosti označiť zlý fyzikálny stav, nízku kvalitu humusu, nízke zastúpenie horčíka a poruchy biologickej aktivity spôsobené nedostatkom ľahko rozložiteľných organických látok. V takto porušenom prostredí klesá účinnosť živín, ktoré sú dodávané prostredníctvom priemyselných hnojív. Výnosová stabilita klesá v dôsledku väčšej závislosti pestovaných plodín na počasí. V roku 1991 bolo na 1kg NPK vyprodukovaných 75kg zrna jačmeňa jarného, v roku 2000 to bolo už len 17kg (Pokorný, 2002- Zdroj Internet).

Z vyššie uvedených skutočností, ktoré sú známe už viac ako 15 rokov je možné v súčasnej dobe zdôrazniť najmä deficit pôdnej vlhky, nedostatok vzduchu v pôde a minimálnu aktivitu pôdnych mikroorganizmov, ktoré sa svojou enzymatickou činnosťou podieľajú na premene živín do prístupnejších foriem a ich zastúpení v pôdnom roztoku.

V súčasnej dobe sa nedá tento stav napraviť zvyšovaním dávok priemyselných hnojív. Naopak – tento prístup zhoršuje nielen fungovanie základných pôdnych mechanizmov, ale i výrazne zhoršuje rentabilitu plodínových systémov.

Infiltrácia zrážkovej vody do pôdy je hlavným zdrojom obnovy zásob pôdnej vlhky a spodnej vody. 1m³ štruktúry pôdy zadržiava približne 200 až 500 l vody. To znamená, že 1 Ha pôdy s hĺbkou profilu 0,5 m môže disponovať zásobou 1 – 2,5 mil l vody. Narušením fyzikálnych parametrov pôdy, najmä jej objemovej hmotnosti zhutnením a nepriaznivej štruktúry pôdnych agregátov, zásobná schopnosť pôdy vodou výrazne klesá. Tento stav je spôsobený tým, že v utlačenej pôde sa výrazne zvyšuje podiel pevnej pôdnej frakcie (minerálnych zložiek) na úkor frakcie plynnej a kvapalnej. Zároveň sa znižuje aj sorbčná schopnosť pôdy na vodu. Slabá biologická aktivita pôdy spôsobuje problém pri obnovovaní štruktúrnych agregátov.

Riešením spomenutých problémov je aplikácia pôdnych biostimulátorov. Pôdne biostimulátory veľmi rýchlo po aplikácii podnecujú zvýšenie biologickej aktivity pôdy. Následne dochádza i na degradovaných pôdach k zlepšeniu fyzikálnych pôdnych vlastností, predovšetkým k zlepšeniu pôdnej štruktúry, zníženiu utlačania pôdy a zlepšeniu pórovitosti. Aplikácia pôdnych biostimulátorov znamená zlepšenie vodného a vzdušného režimu v pôde, čo vedie k dosahovaniu vyšších a stabilnejších výnosov. (<https://www.asz.cz/cs/partnerske-firmy/olmix-group/jak-s-aplikaci-pudnich-biostimulantu.html>) (Internet)

Vertikálne obrábanie pôdy kypričmi

Termínom "**vertikálne obrábanie pôdy**" označujeme taký postup, pri ktorom sa variabilne mení hĺbka jej kyprenia v zvislom (vertikálnom) profile. **Jeho cieľom je vytvoriť homogénny pôdny profil, ktorý podporuje maximálny rozvoj koreňov.**

Takýto pôdny profil bez zhutnenia umožňuje hlbšie preniknutie koreňov do pôdy, a zároveň absorpciu dažďových zrážok. Rastliny pestované systémom vertikálneho obrábania pôdy sú

odolnejšie proti suchu, využívajú viac živín v pôdnom profile a majú väčšiu odolnosť vďaka zdravším stonkám a silnejším koreňovým systémom. **Výsledkom je vyššia úroda a kvalita.** Pre uvedený postup obrábania pôdy v súčasnosti výrobcovia techniky ponúkajú celý rad rôznych kypričov, ktoré umožňujú tak hĺbkové, ako aj tzv. variabilné (viacvrstvové) kyprenie pôdy. Významným rozlišovacím znakom používania jednotlivých typov kypričov je stupeň premiešania jednotlivých vrstiev obrábanej pôdy. (Ďuďák, 2019)

Hĺbkové kyprenie pôdy

Cieľom hĺbkového kyprenia je rozrušiť zhutnenú vrstvu pôdy a dočasne vytvoriť veľké póry, pretože ploché a masívne vrstvy pôdy zabraňujú prieniku (penetrácii) koreňov, vody a vzduchu do pôdy s negatívnym vplyvom na rast rastlín a úrodu plodiny. Hĺbkovým kyprením pôdy sa vytvoria lepšie podmienky pre rast a predlžovanie koreňov rastlín, zvýši sa infiltrácia vody do pôdy a voda sa môže uchovávať aj v podorničnej vrstve pôdy. Tým je možné zabezpečiť väčšie množstvo vody v pôde dostupnej pre rastliny v priebehu vegetačného obdobia, kedy môže byť vlhkosť pôdy limitujúcim faktorom. Zvýšené množstvo makropórov po vykonaní hĺbkového kyprenia však môže postupne ako sa pôda znovu konsoliduje vymiznúť. Tieto makropóry zabezpečujú zvýšené množstvo vody a kyslíka pre korene rastlín.

V priebehu vykonania operácie je potrebné monitorovať vlhkostné podmienky a dodržiavanie hĺbky kyprenia pôdy, aby bolo zabezpečené rozrušenie zhutnenej vrstvy pôdy. Vykonanie operácie pri nesprávnej vlhkosti pôdy môže spôsobiť viac škody ako pozitívnych účinkov, pretože v takýchto podmienkach sa vlhká pôda maže a dochádza k vzniku zhutnenej vrstvy pôdy tesne pod hĺbkou kyprenia. Hĺbkovým kyprením sa pôda stáva náchylnejšou na opätovné zhutnenie, pretože nie je schopná odolávať ťažkým mechanizačným prostriedkom. Počas veľmi vlhkých rokov môže dochádzať aj k zamokreniu pôdy. (Ďuďák, 2019)

V súčasnosti je komerčne dostupných mnoho **hĺbkových kypričov** s rôznym tvarom kypriacich telies (radlíc) určených pre hĺbkové kyprenie pôdy, ktoré sa líšia v práci s pozberovými zvyškami, požiadavkami na ťahovú silu a spôsobom rozrušenia pôdy. Kypriace telesá sa odlišujú tvarom a uhlom vnikania do pôdy. Pre docielenie efektívnosti práce hĺbkového kypriča je potrebné zohľadniť vzdialenosť medzi kypriacimi telesami aj voľbu správneho typu kypriaceho telesa. Rozchod kypriacich telies je účelný pri 1,0 až 1,5 násobku hĺbky kyprenia, pričom na ľahších pôdach sa volí väčší rozstup rýh a na ťažších pôdach menší. Zároveň je potrebné prekypriť aj stopy ťahača.

Všeobecne je hĺbkové kyprenie pôdy finančne nákladnou poľnou operáciou, ktorá musí byť pre dosiahnutie potrebného účinku vykonaná správne. Dokáže zmierniť problémy s narušenou pôdnou štruktúrou, ale nie vždy dostatočne. Je to z toho dôvodu, že kypriace telesá majú tendenciu nasledovať staré kypriace ryhy ak už hĺbkové kyprenie bolo použité v rovnakom smere.

Ornicové kypriče

Už niekoľko rokov sú na trhu dostupné kypriče pre tzv. viacvrstvové kyprenie pôdy. **V podstate ide o stroje, kde sú na spoločnom ráme za sebou usporiadané viaceré pracovné prvky.** Spravidla v prednej časti rámu sú umiestnené rezacie kotúče (koltre), ktoré porežú na povrchu pôdy sa nachádzajúce rastlinné zvyšky, za nimi umiestnené kypriace radličky zabezpečia prekyprenie (narušenie) pôdy v hlbších vrstvách, v zadnej časti rámu je umiestnená sekcia tanierového náradia, ktorá zabezpečí premiešanie vrchnej vrstvy pôdy s porezanými rastlinnými zvyškami a nakoniec pôdu "uzatvorí" utužovací valec. Takéto strojové systémy dokážu pri jednom prejazde po poli vertikálne "prepracovanie" pôdy, teda kombinované spracovanie celého pôdneho profilu.

Podľa názoru viacerých zástancov tohto systému **sa neodporúča pri obrábaní pôdy obracať celý pôdny profil**, teda miešať vrchnú vrstvu pôdy so spodnou, menej úrodnou, avšak je potrebné celý profil pôdy dostatočne, vo viacerých vrstvách prekypriť, čo tieto strojové systémy umožňujú. Hĺbka práce jednotlivých pracovných prvkov (kypriacich radličiek a tanierového náradia) je regulovateľná s ohľadom na lokálne podmienky každého poľa. Tým sa dostávame k systému tzv. variabilného obrábania pôdy. (Ďud'ák, 2019)

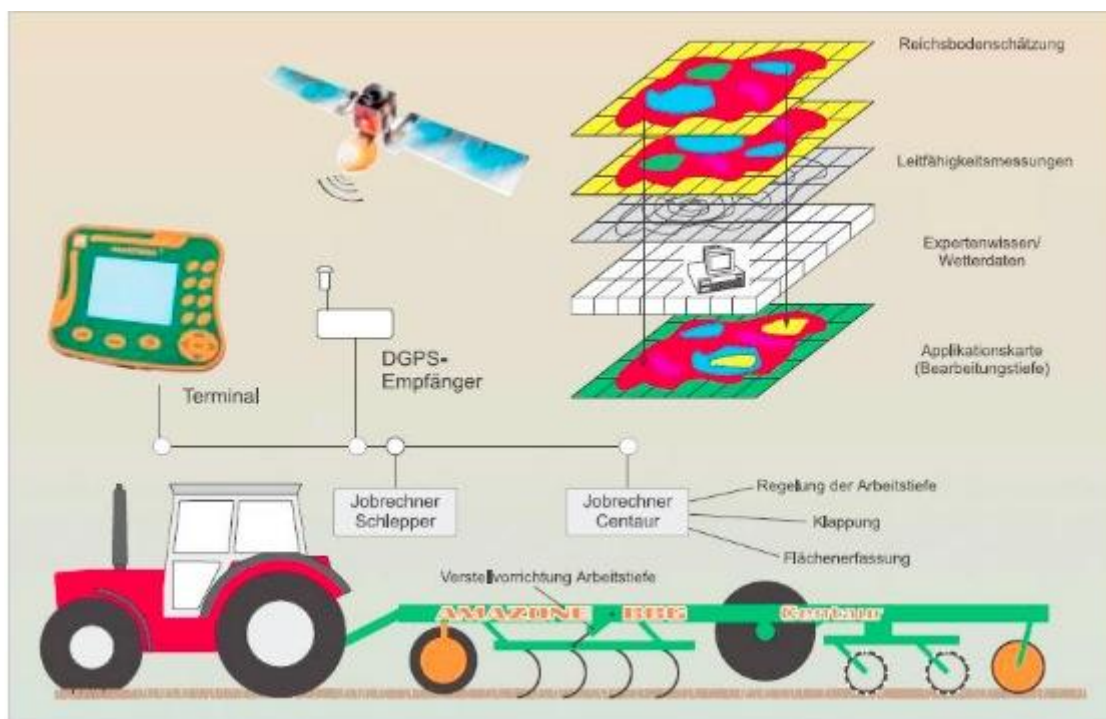
Obrábanie pôdy do variabilnej hĺbky

Variabilné obrábanie pôdy je definované ako priestorovo-špecifický systém obrábania pôdy, ktorý modifikuje fyzikálne vlastnosti pôdy iba v miestach, kde je obrábanie pôdy potrebné pre správny rast rastlín. Jeho význam a podstata pramení z eliminovania nepotrebného obrábania pôdy a zahŕňa riadenie hĺbky obrábania pôdy v reálnom čase.

V rámci presného poľnohospodárstva sa môžeme stretnúť s viacerými označeniami tohto druhu obrábania pôdy, ktoré sa vo svete rozšírené používajú. Podľa dostupných literárnych zdrojov ide o **priestorovo špecifické obrábanie pôdy** (Site-Specific Tillage), **precízne hĺbkové obrábanie pôdy** (Precision Deep Tillage), či **obrábanie pôdy do variabilnej hĺbky** (Variable-Depth Tillage). V zásade však ide obrábanie pôdy v špecifických zónach pozemku do špecifickej hĺbky, v závislosti od úrovne zhutnenia.

Medzi výhody variabilného obrábania pôdy je možné zaradiť zobrazenie priestorovej variability zhutnenej vrstvy pôdy pomocou jej základných parametrov, presnejšie a detailnejšie informácie, optimalizovanie obrábania pôdy v rámci pozemku, znížený odtok vody a eróziu pôdy, zvýšenú infiltráciu vody do pôdy a zníženie finančných nákladov, pracovnej sily, spotreby paliva a energetickej náročnosti.

Priestorovú variabilitu zhutnenia pôdy je podľa tejto alternatívy možné vyjadriť vo forme mapy premenlivej potreby hĺbky obrábania pôdy, ktorá sa následne použije pre riadenie techniky s cieľom optimalizovať náklady na prípravu pôdy. Spotreba energie môže byť znížená kyprením pôdy len do hĺbky, v ktorej sa nachádza zhutnená vrstva pôdy a iba v tých oblastiach, kde sa skutočne problém so zhutnením pôdy vyskytuje. (Ďud'ák, 2019)



Obr. 46 Technické riešenie konštrukcie kypriča pre variabilné spracovanie pôdy

Technické predpoklady pre variabilné obrábanie pôdy

Úspešnosť uplatnenia technológie variabilného (presného) obrábania pôdy bude závisieť od dostupnosti rýchlych, jednoduchých a precíznych metód charakteristiky zhutnenia pôdy, manažmentu priestorovej variability v rámci pozemku, presnosti určenia pozície na pozemku a riadenia aplikácie presného obrábania v reálnom čase alebo pomocou už vytvorenej mapy, no a samozrejme ekonomických možností farmárov.

V súvislostiach so získavaním potrebných riadiacich informácií pre variabilné obrábanie pôdy sa môžu podľa dostupných informácií použiť dve možné alternatívy: alebo sa najskôr zistí dostupnými technológiami (napr. penetrometrickými meraniami) oblasť zhutnenej pôdy a vytvorí sa aplikačná mapa variabilného obrábania pôdy pre riadiaci systém použitej techniky (využitie geopriestorovej technológie), alebo sa použije senzor, ktorý sníma podmienky v reálnom čase a ihneď prispôbuje hĺbku obrábania pôdy (systém je tvorený iba jedným sledom a to lokalizácia zhutnenej vrstvy pôdy a aplikácia variabilného obrábania pôdy).

Ideová schéma pre prvú alternatívu variabilného obrábania pôdy je uvedená na ilustračnom obrázku. Predstavila ju spoločnosť Amazone spolu s kypričom Centaur, ktorý umožňuje viacvrstvové kyprenie pôdy.



Obr. 47 Kyprič Amazone v kombinácii s traktorom Case so zariadením SoilXplorer

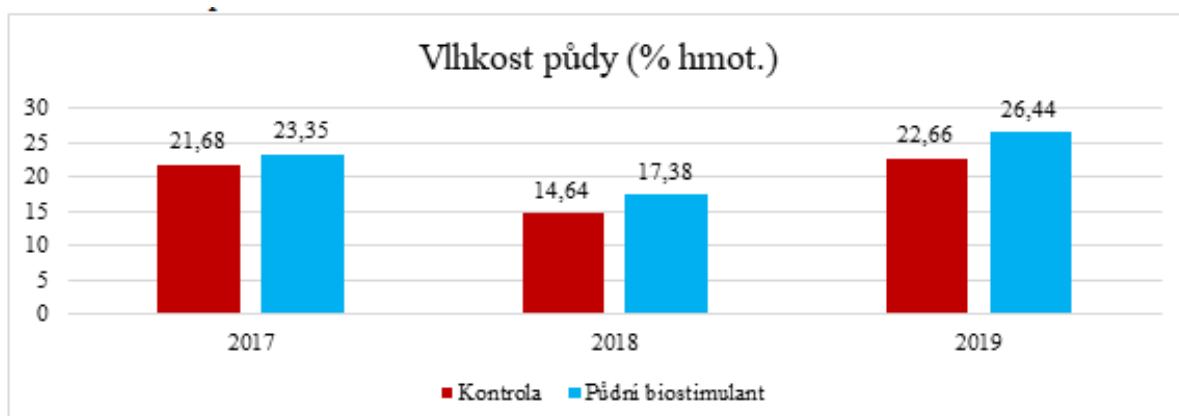
5.4 Biologické možnosti riešenia

V súčasnosti najlacnejšou a spoľahlivou cestou meliorácie pôdnej štruktúry ťažkých pôd sú biologické spôsoby. Pôsobia sami o sebe a sú súčasne neoddeliteľnou súčasťou a sprievodnou zložkou všetkých ostatných (mechanických, chemických, fyzikálnych) opatrení k meliorácii pôdnej štruktúry. Základom je vhodná štruktúra plodín s dostatočným zastúpením hlboko koreniacich strukovín, účelné striedanie plodín v oševnom postupe a dostatočný prísun organickej hmoty do pôdy vrátane zeleného hnojenia (strniskové plodiny, podsevy). Ich spoločným pôsobením sa vytvára z nestabilnej primárnej štruktúry stabilná sekundárna štruktúra (Hlušičková a Lhotský, 1994).

Pôda je základným a najdôležitejším prostredím pre hodnotenie všetkých vstupov pri pestovaní plodín. Pôda svojím stavom zásadne ovplyvňuje náročnosť a ekonomiku pestovania. Neštruktúrná pôda bez správnej biologickej aktivity stráca schopnosť zvládať a eliminovať nepriaznivé zrážkové podmienky. Mylný predpoklad, že pôde jej úrodnosť poskytuje kyprenie na degradovaných pôdach s nedostatkom biologickej aktivity, tento stav negatívne prehľbuje. Pôdy strácajú schopnosť hospodáriť so zrážkovou vodou. Dôsledkom nápravných opatrení vo forme listového ošetrovania je len významné stresovanie porastu. Navyše dochádza k zníženiu efektívnosti využitia aplikovanej výživy porastov z pohľadu zdravotného stavu. Tým sa neúmerne a neefektívne zvyšuje spotreba hnojív a pesticídov v pestovateľských systémoch a ekonomika je nerentabilná.

Efektívnym a inovatívnym spôsobom pre zmenu prístupu k pestovaniu plodín, ale i k pôde je zaradenie pôdnej biostimulácie. Systémové realizovanie biostimulácie umožňuje dosiahnuť

efekt štruktúrneho pôdneho profilu a obnovenia prirodzenej úrodnosti, ako aj zlepšenie jej retenčných kapacít. V kombinácii s pôdoochrannými technológiami alebo so systémom pestovania v ktorom sú zahrnuté medziplodiny resp.krycie plodiny pôdnej biostimulácie proces uzdravovania pôdneho profilu výrazne urýchli. Praktické a výskumné výsledky pri súčasne využívaných technológiách ukazujú najefektívnejšie výsledky biostimulácie pôdy v bezorbových technológiách. V technológiách so zníženou intenzitou kyprenia a nižšou hĺbkou spracovania pôdy.



Obr. 48 Výsledky aktuálnej vlhkosti pôdy pri jednotlivých variantách

6. INOVATÍVNE TECHNOLOGIE ZAKLADANIA PORASTOV

6.1 Spracovanie pôdy v pásoch

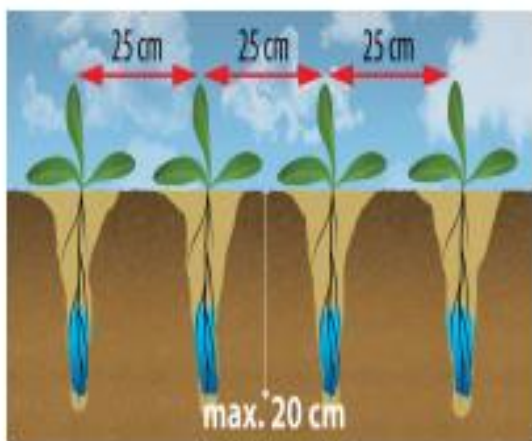
Pásové obrábanie pôdy (*Strip till*) – ide o pôdoochranný systém obrábania pôdy, ktorý sa snaží dosiahnuť minimálny plošný rozsah kyprenia. Strieda obrobené pásy pôdy s neobrobenými. Spája v sebe výhody konvenčnej technológie (kyprenia, prevzdušnenia, presušenia a prehrievania pôdy) s tzv. pôdoochrannou technológiou, ktorá vplyvom zanechania rastlinných zvyškov na povrchu zabráňuje erózii pôdy (zároveň sa vďaka rastlinným zvyškom neskôr prehrieva a tým potláča rozvoj burín).

Tento druh obrábania pôdy sa vykonáva pomocou špeciálnych strojov, môže vyžadovať obrobenie pásu aj viac krát, v závislosti na podmienkach na poli a pestovanej plodiny.

V obilninárskych oblastiach USA spôsobilo intenzívne obrábanie pôdy pluhom v tridsiatych rokoch 20. storočia extrémny výskyt veternej erózie. Výsledkom bolo spustošenie celých oblastí a degradovanie pôd – strata úrodnosti veľkej výmery predtým úrodných oblastí. Toto viedlo k intenzívnej diskusii o využívaní konvenčných technológií a ďalšom vývoji obrábania pôdy bez pluhu.

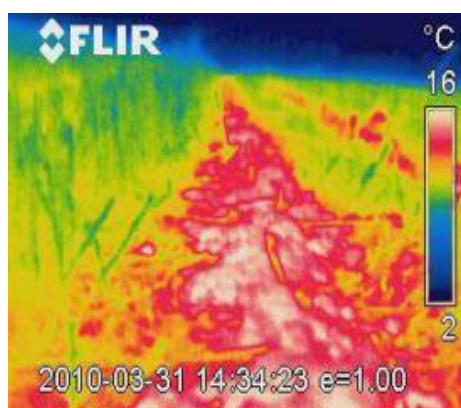
Približne v 90 tých rokoch sa výskumníci a farmári snažili uviesť do praxe pásové spracovanie pôdy. Vtedy pásové spracovanie v praxi vyzeralo sľubne, ale prinášalo aj mnoho problémov. Kľúčom k úspechu bolo zosúladiť jesenné hnojenie a obrábanie pôdy na jar, kedy bolo potrebné vizuálne zosúladiť pásy spracovanej pôdy a dodať potrebné živiny a zasieť osivo priamo do upravených pásov. Napriek tomu, že systém prinášal nesporné environmentálne a ekonomické výhody, vzhľadom na chyby pri navádzaní techniky v ďalších pracovných operáciách sa neujal do praxe.

Na prelome tisícročia však prišlo v poľnohospodárstve k mnohým v oblasti technológie aj vedomostí. V niektorých prípadoch až k takpovediac závratným pokrokom. Presné poľnohospodárstvo s mnohými možnosťami napríklad variabilné hnojenie, úplné sledovanie pohybu strojov a samozrejme automatické navádzanie techniky. Najvyššia presnosť navádzania prostredníctvom RTK (Real Time Kinematics). Základný koncept je jednoduchý. RTK prináša vyššiu presnosť polohovania – vďaka zložitým procesom korekcie GPS signálu, umožňuje stanoviť aktuálnu polohu na centimetre, čo uviedlo systém pásového obrábania pôdy do aktuálnosti.



Obr. 49 Detail systému pásového obrábania pôdy

Prínosy pásového obrábania pôdy spočívajú predovšetkým v rýchlejšom prehriatí pôdy slnkom, prevzdušneniu pôdy, znížení erózie. Lepšie vsakovanie vody v obrábaných pásoch v porovnaní s priamou sejbou (*No till*).



Obr. 50 Pohľad na termovíznu snímku riadku

Jedna z výhod oproti priamej sejbe je aj v tom, že v prípade nepriaznivých klimatických podmienok keď sú pôdy mokré a studené sme schopní s týmto systémom vytvoriť lepšie podmienky. V USA sa využíva tento systém predovšetkým na výsev kukurice a sóje. Pásky na sejbu v jarom období sa pripravujú už na jeseň. V Európe sa táto metóda využíva pre sejbu rôznych plodín (kukurica, cukrová repa, repka, fazuľa, sója) a za rôznych podmienok napríklad na sejbu do strniska po lucerke, alebo sejbu medziplodín.



Obr. 51 Strip till prebieha v dvoch operáciách príprava pôdy a sejba

Za ďalšie pozitíva sa hlavne v suchom období sa považuje, že nespracovaná pôda medzi riadkami uchováva pôdnu vlhu a zabraňuje vyparovaniu. Naopak vďaka nepoškodenej štruktúre pôdy v medziriadku v prípade návalových dažďov dochádza k rýchlejšiemu vsakovaniu pôdy.



Obr. 52 Dve štúdie z Nemecka po 8 mm daždi a vsakování vody po 15 minútach. Pôda naľavo nebola schopná vsakovať zrážky, vpravo vďaka prirodzenej pôdnej štruktúre v oblasti medzi riadkami môže byť dážď infiltrovaný vsakovaním do pôdy.(Hermann, 2013)

Pri využívaní pásového obrábania pôdy sme schopní dosahovať rovnaké úrody ako u konvenčnej technológie obrábania pôdy. Tým, že sa nespracováva pôda celoplošne dochádza k úspore paliva. Pri medziriadkovej vzdialenosti 75 cm je spracovaných iba 30 % plochy. Pri medziriadkovej vzdialenosti 45 cm je spracovaných 50 % plochy.

Pri spracovaní pôdy sa hneď aplikuje aj hnojivo, ktoré je neskôr dostupné koreňovému systému s menšími stratami živín.



Obr. 53 Hlavné časti stroja pre pásové obrábanie pôdy: 1. Prerezávací kotúč, 2. Odhrňovač rastlinných zvyškov, 3. Radlička, 4. Postranné kotúče, 5. Aplikátory hnojiva, 6. Drobiaci valec

Technologický postup práce spočíva v tom, že prerezávacie kotúče otvárajú pôdu, prerezávajú rastlinné zvyšky, pričom hĺbkovo sa dajú nastavovať. Následne odhrňovače rastlinných zvyškov s nastaviteľným prítlakom čistia pásy od rastlinných zvyškov. Nasleduje kypriaca



radlica schopná spracovávať pôdu až do hĺbky 30 cm. V horších podmienkach aby sme boli schopní dodržať nastavenú hĺbku kyprenia môže byť prítlak až 650 kg. Pričom často krát výrobcovia dodávajú rôzny sortiment radlíc podľa pôdneho typu. Aplikátory hnojiva môžu aplikovať buď granulované hnojivo alebo aj hnojovicu. Postranné kotúče majú za úlohu udržať nakyprenú pôdu v pásoch a zároveň udržiajú šírku pásu. Drobiace valce slúžia na drobenie a utuženie nakyprenej pôdy.

Obr.54 Rôzne typy drobiacich valcov: prútový valec, V kolesá, Farmflex valec



Obr. 55 vľavo aplikácia organického hnojiva do pásov, vpravo aplikácia priemyselných hnojív

Poľnohospodári vzhľadom na radlicu, ktorá pracuje vo väčšej hĺbke si ju zamieňajú s podrývakom, čo je mylná predstava. Samozrejme pásové obrábanie pôdy má aj svoje nevýhody a skryté riziká.

Erózia sa môže vyskytnúť aj u pásového obrábania pôdy, preto je potrebné navádzať techniku kolmo na svah. U všetkých pôdoochranných technológií je potrebné regulovať škodcov napríklad slizniaky. Možný výskyt hlodavcov, v nespracovaných pásoch ostávajú neporušené chodby a hniezda, navyše majú uľahčený pohyb v pásoch a preto je ich potrebné kvalitne zhutniť.



Obr. 56 Pásové obrábanie pôdy prináša aj možné riziká

6.2 Zakladanie porastov bez spracovania pôdy

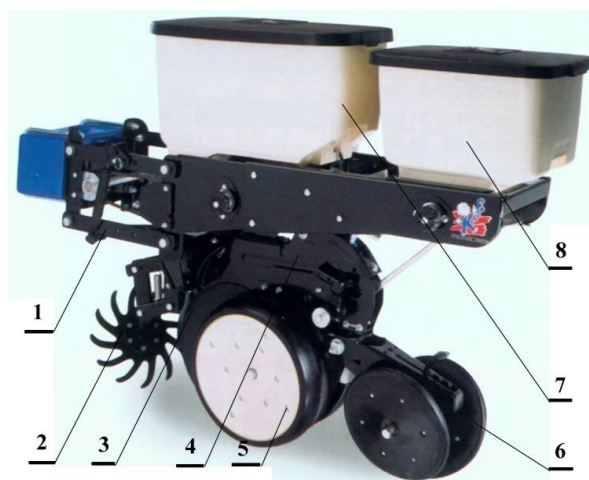
Priama sejba (*No till*) – ide o pôdoochranný systém obrábania pôdy, kde sú vynechané pracovné operácie obrábania pôdy a porast sa zakladá špeciálnou sejačkou na to usposobenou. Nové koncepcie konštrukčného riešenia strojov, vhodných pre efektívne zakladanie porastu plodín majú za cieľ oslovovať farmárov označovaných ako „*Cost-conscious farmers*“, čiže pestovateľov uvedomujúcich si veľkosť nákladov a ich dopad na ekonomiku výroby poľnej plodiny.

Mnohí autori nazývajú túto technológiu aj ako ochrannú, resp. konzervačnú. Technológia je postavená na myšlienke, pri ktorom zostáva po sejbe najmenej 30 % povrchu pôdy pokrytých rastlinnými zvyškami. Tieto majú značný proti erózný efekt. Zvyšky sa tiež môžu premiešať s pôdou do hĺbky maximálne 0,10 m (Miština, Kováč, 1993).



Obr. 57 Pohľad na priamu sejbu do strniska

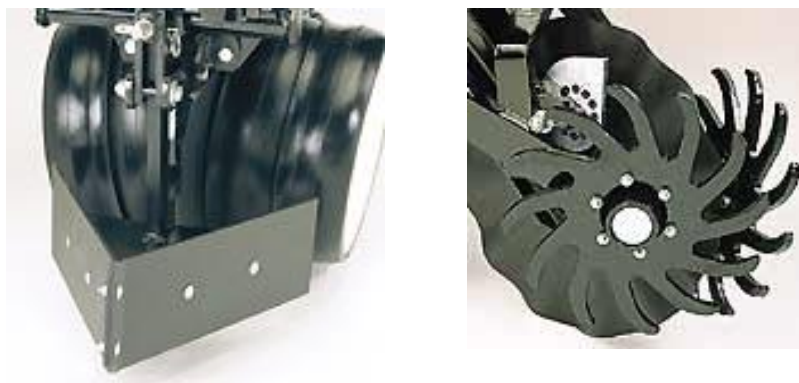
Kedže ide o sejbu do veľkého množstva rastlinných zvyškov a častokrát v ťažkých suchých podmienkach, je potrebná dostatočná robustnosť sejačky pre zahĺbenie výsevných sekcií a prerezanie rastlinných zvyškov.



Obr. 58 Hlavné časti výsevného vozíka
výbava pre výsev v rámci pôdoochrannej technológie pestovania kukurice a slnečnice:

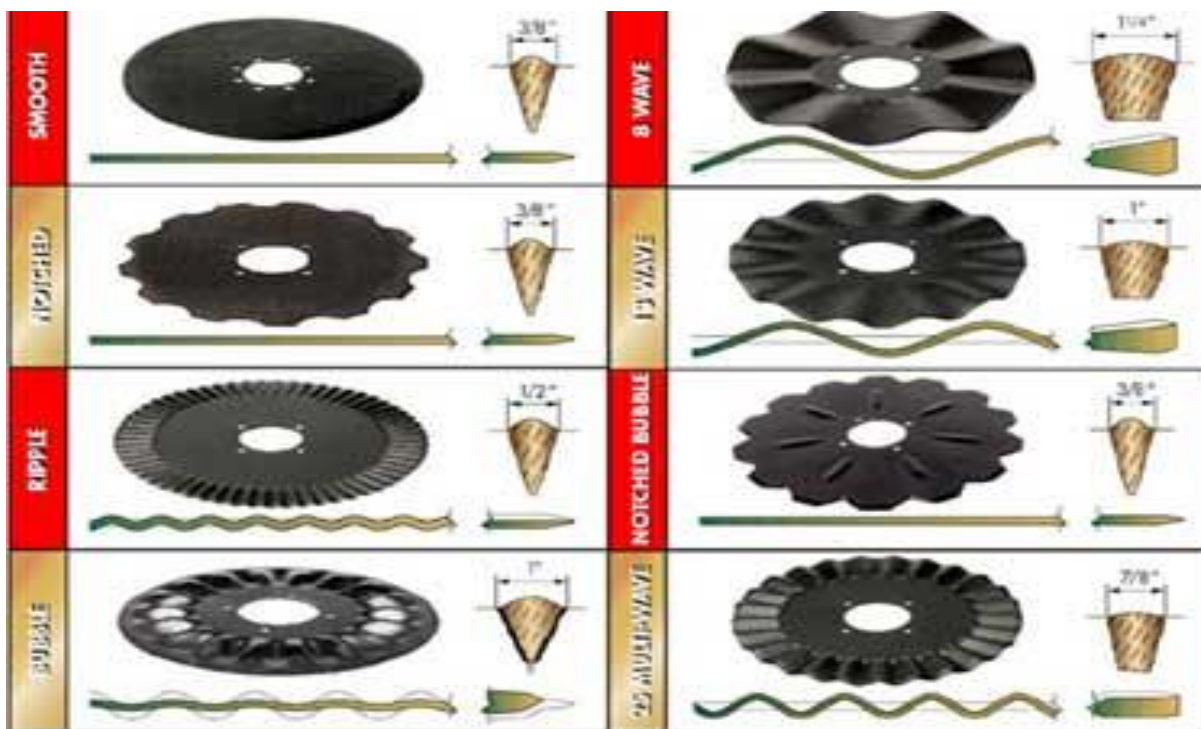
1. paralelogramové uchytienie, 2. čistič zóny sejby, 3. dvojkotúčová výsevná päťka, 4. výsevné ústrojenstvo, 5. bočné vodiace hĺbkové kolesá, 6. zahrňovacie a prítlačné kolesá, 7. zásobník na osivo, 8. zásobník na pesticídy

V ďalšej časti si dovoľím popísať technologický postup pri priamej sejbe. V prednej časti výsevných sekcií môže byť odhrňovač hrúd, kameňov, rastlinných zvyškov prípadne iných väčších prekážok v dráhe sejby. Často sa im hovorí aj zariadenia na úpravu zóny sejby, prípadne management rastlinných zvyškov.



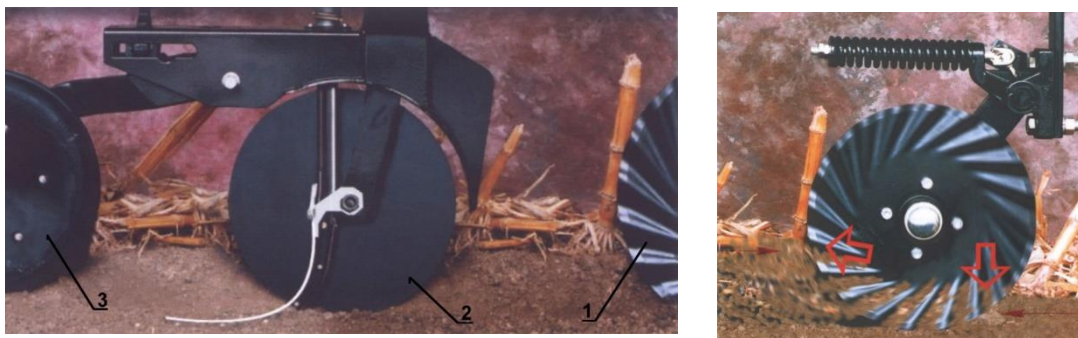
Obr. 59 Vľavo odhrňovač hrúd, vpravo odhrňovač rastlinných zvyškov

Ďalšou pracovnou časťou je krájadlo (coulter) krájadlo je predradené pred výsevnou pätkou a vytvára podmienky pre uloženie osiva do pôdy. Prečo je krájadlo dôležité? Pretože, zásadným, spôsobom ovplyvňuje podmienky pre klíčenie a vzhádzanie osiva a vyrovnanosť porastu. Krájadlo rozrezáva rastlinné zvyšky v priestore pred výsevnou pätkou. Krájadlo spracováva úzky pás pôdy v hĺbke väčšej o 2-3 cm ako je samotná hĺbka sejby.



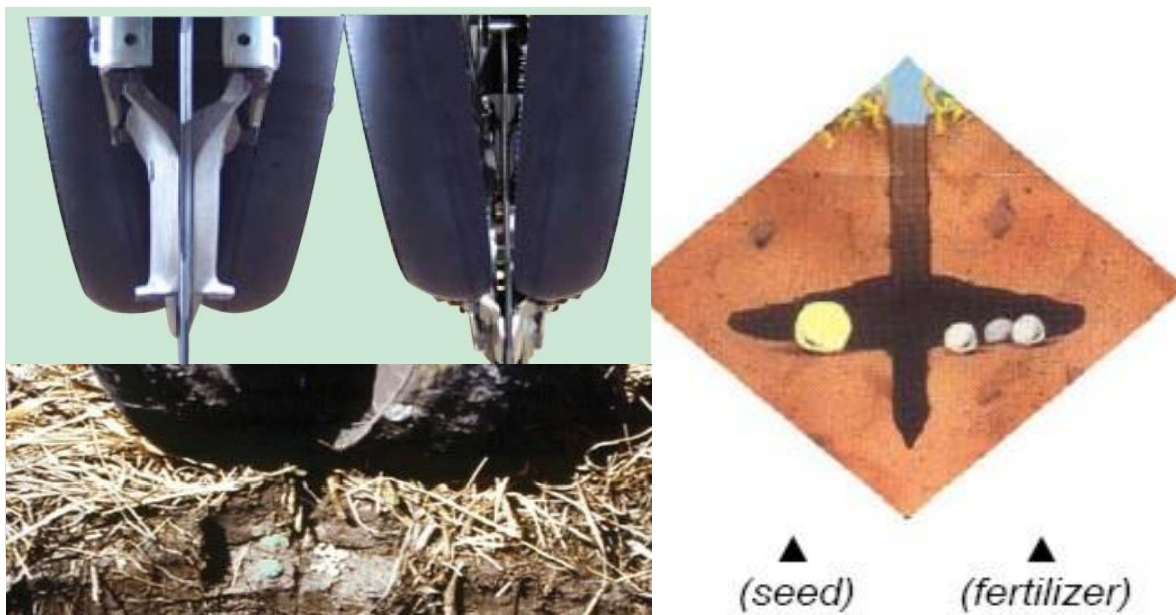
Obr. 60 Krájadlo podľa pôdných podmienok môže mať rôzny tvar

Stroj musí byť nastavený na vyrovnanú hĺbku sejby a musí byť schopný aj za ťažkých podmienok zabezpečiť rovnomerné dávkovanie osiva v riadku.



Obr. 61: Pohľad na pracovné orgány sejačky Great Plains vytvárajúce sejbové lôžko: 1. prerezavací kotúč, 2. dvojica kotúčových výsevných pätiiek medzi ktoré ústí semenovod, 3. zatlačovacie a hĺbkové koleso sejačky, vpravo - detail prerezavacieho kotúča

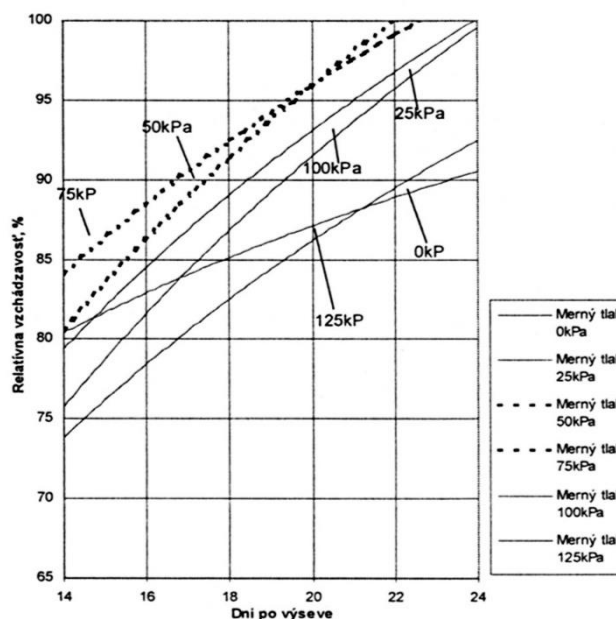
U pôdoochranej technológie s väčším množstvom rastlinných zvyškov používame kotúčové výsevné pätky, ktoré prerezávajú rastlinné zvyšky a vytvárajú v pôde brázdičku. Konštrukčne môžu byť riešené ako jednotúčové alebo dvojkotúčové (obr. 61), často môžu byť doplnené ešte o predné prerezavacie koleso (koltr), prípadne dvojicu kotúčov odhrňujúcich rastlinné zvyšky do strán. Pri odhrňovaní rastlinných zvyškov do strán však môže na svahoch dochádzať k vodnej erózii v riadkoch. Pri prerezávaní rastlinných zvyškov je dôležité aby výsevné pätky nevŕahovali rastlinné zvyšky na dno vytvorenej brázdičky, čo by mohlo obmedziť príjem vody k semenu s následným zhoršením klíčenia a vzchádzania.



Obr. 62 Cross slot výsevnej pätky.

V extrémne suchých podmienkach je možné využívať Cross slot pätky, ktoré neotvárajú pôdu do V (ako to je u dvojkotúčových pätiiek) ale pôdu len prerezávajú. V pôde je vedená dvojica krídelok prostredníctvom ktorých je aplikované hnojivo a osivo.

Záverečná, no rovnako dôležitá operácia je nahrnutie pôdy a kompakcia výsevnej brázdičky. Rieši sa najčastejšie prostredníctvom dvojice prítlačných kotúčov. Tieto nahrnú pôdu nad osivo a zároveň zabezpečia svojím tlakom požadované vztlínanie vody zo spodných vrstiev pôdy k semenu.



Obr. 63 Vľavo prítlačný systém výsevného vozíka, vpravo vplyv nastaveného prítlaku a relatívnu vzhádzavosť v závislosti od dní po sejbe

Priama sejba šetrí pôdnou vlhkosťou, nenarušuje biologický život v pôde, ktorý sa monitoruje prostredníctvom chrobákov z čeľade bystruškovité je jedným z jasných indikátorov. Sú prirodzenými nepriateľmi slimákov a iného hmyzu a majú tendenciu zvyšovať populáciu, keď sa zlepšujú vlastnosti pôdy.

Ďalším jednoduchým a zrejším ukazovateľom kvality sú dážďovky. Ide pritom o jednoduché zisťovanie a porovnávanie ich počtu a hmotnosti na štvorcový meter. Nárast oboch hodnôt je dobrým indikátorom zlepšenia pôdných vlastností.

Ďalším je porovnanie objemovej hmotnosti pôdy v prirodzenom stave. Biomasa krycích plodín pomôže posúdiť a zohľadniť obsah živín a uhlíka.

Existuje niekoľko metód pre farmára, prostredníctvom ktorých môže monitorovať zmeny v pôde. Napríklad fotografovanie sledovanej pôdnej štruktúry s koreňmi rastlín, aby ste mali porovnanie s predchádzajúcimi rokmi, pretože rokmi a časom sa mení štruktúra a pórovitosť profilu.

Ďalšou metódou je umiestnenie jednoduchkej odtokovej rúry na povrch pôdy a meranie, ako dlho potrvá, kým vsiakne pol litra vody. Aj tu sa tak dá jednoducho posúdiť zlepšenie štruktúry. Dôležité sú aj každoročné zistenia obsahu organickej hmoty. Tento ukazovateľ a kombinácia jednoduchých testov poskytne pestovateľovi istotu, že sa veci menia k lepšiemu.

Niektorí poľnohospodári so zavedeným systémom priamej sejby (No-till) často hovoria, že ako náhle začnete používať technológiu v kombinácii s kryciami plodínami, nie sú potrebné žiadne iné zariadenia na založenie plodín, tým sa myslia kypriče. Samozrejme, že sú aj príklady, kde zavádzaná technológia spôsobovala ťažkosti spôsobené anaeróbnymi podmienkami na ílovito-hlinitých pôdach. Riešením bolo použitie sejačky na Strip-till (pásové obrábanie), aby sa zabezpečilo ciele prevzdušnenie zhutnených častí pôdy okolo osiva, zlepšilo sa jeho umiestnenie a šanca na dobré zakorenenie. Pričom No-till sejačku bude možné použiť neskôr, keď sa stav pôdy dostatočne zlepší.



Obr. 64 Technika na priamu sejbu hustosiatych plodín (Marhavý, 2020)

7. UDRŽATELNÉ PRÍSTUPY HOSPODÁRENIA

7.1 Medziplodinové systémy a systémy krycích plodín

Veľmi dôležitou časťou poľnohospodárstva je starostlivosť o pôdu a jej biodiverzitu. Pôda poskytuje rastlinám všetko čo potrebujú a zároveň vytvára životný priestor pre činnosť pôdnej mikrobioty a makrobioty. Takže pôda vytvára rastlinám životný priestor a poskytuje výživu. Rastlinný koreňový systém v symbióze s pôdnou biotou zase vytvárajú štruktúrnú pôdu. Tu je veľmi dôležité študovať - vzťah medzi rôznymi rastlinami, rastlinami a pôdou a okolité prírodné vplyvy.

Rastlinná výroba je komplexný systém, ktorého dokonalé poznanie je základom pre špecifikáciu a následné poskytovanie nielen výroby, ale aj neprodukčných funkcií poľnohospodárstva. Účinné poskytovanie obidvoch týchto funkcií v poľnohospodárskej výrobe je podmienené novými agrotechnickými postupmi a prístupmi, ktoré umožňujú dosahovať požadované výnosy a kvalitu rastlinných produktov, ako aj zachovanie a ochranu prírodných zdrojov.

Pestovanie medziplodín je veľmi dôležitou a neoddeliteľnou súčasťou týchto nových agrotechnických prístupov v systémoch hospodárenia na ornej pôde.

V súčasnosti je poľnohospodárska prax zameraná na udržiavanie pôdných vlastností prostredníctvom mechanických riešení. Intenzívne chemické a mechanizačné vstupy sú nevyhnutné pri pestovaní monokultúry, táto dogma ešte dnes prevláda. To vystavuje pôdu ťažkej mechanizácii, vetru, slnku a dažďu. Pri pestovaní týchto monokultúr vystavujeme pôdu hlavne erózii. Mali by sme sa sústrediť na prepojenie pôda-rastlina-potraviny.

Priemyselné poľnohospodárstvo je doslova posadnuté obrovskými vstupmi chemických hnojív a pesticídov, často zbytočné použitie syntetického dusíka, pretože bez neho by rastlinná výroba bola oveľa nižšia, často o viac ako polovicu. Nie je to ale pravda. Nemenej nebezpečné sú úniky a priesaky pesticídov v pôde s klesajúcim počtom pôdných organizmov, ktorých činnosti by inak pomohli tieto pesticídy prirodzene odbúrať. Prírodné procesy – biológia a pôdny život sú stále nahrádzané neprirodzenou chémiou (Šindelková, Marhavý, 2019).

Organická hmota v pôde

Úrodná pôda obsahuje do 100 ton organickej hmoty na hektár. Zníženie organickej hmoty v pôde o 0,9 - 1,4 % znižuje jej výnosový potenciál o 40 – 50 %. Chemizované monokultúry spôsobujú to, že pôda horšie eliminuje dopady sucha, a tým prispieva k znižovaniu úrody. Ďalší veľmi známy fakt je ten, že zhutnené, erodované pôdy a pôdy bez organickej hmoty pútajú o 10 až 300 mm menej zrážkovej vody na hektár a rok.

Žiadna technológia nemôže tvrdiť, že nasýti svet, ak ničí život v pôde a neberie ohľad na princíp zákona rovnováhy a návratu. "Ak má byť pôda úrodná, musí byť živá!" A tomu významne dopomáhajú medziplodiny resp. krycie plodiny, ktoré vyplnia medzeru v osevnom

postupe pre obohatenie pôdy o ľahko rozložiteľnú organickú hmotu, ktorá podporí či doslova nastimuluje biologické a chemické procesy v pôde. Organická hmota z koreňov aj nadzemných častí rastlín zlepši fyzikálny stav pôdy, pred ďalšími agrotechnickými zásahmi a prispeje tak k ochrane pôdy pred vodnou a veternou eróziou a lepšiemu využitiu zrážok v období pred založením ďalšieho porastu. Tu je veľmi dôležité zdôrazniť, ako veľmi prospejú korene "medziplodín" následnej plodine. Keďže o tom, čo sa nachádza pod povrchom pôdy, máme zvyčajne len veľmi nejasnú predstavu. Keď rastlinu vytrhneme alebo vyrýľujeme, dostaneme na svetlo sveta len nepatrnú časť koreňového systému. Koreňový systém rastlín býva oveľa bohatší, než si zvyčajne dokážeme predstaviť. Ďalší neopomenuteľný význam medziplodín spočíva taktiež vo viazaní živín z pôdy v biomase rastlín a následne ich postupné sprístupňovanie, čím čiastočne prispievajú k lepšiemu využitiu živín a prerušujú jednostrannú monotónnosť v štruktúre osevného postupu.

Základom pre pochopenie pôdneho sveta je zamerať pozornosť na interakciu medzi koreňmi rastlín, živými a neživými zložkami pôdy. Intenzita ich priamej komunikácie ovplyvňuje biologickú aktivitu pôdy, čiže objem pôdnej biomasy, metabolizmus a cirkuláciu uhlíka v pôde, ako aj vodný a vzdušný režim.

Plodiny zvyšujúce a znižujúce obsah organickej hmoty v pôde

Plodiny spotrebovávajúce humus, ako je repa, zemiaky alebo silážna kukurica, vracajú pôde vo forme zvyškov úrody a koreňových zvyškov menej ako je množstvo organických látok z pôdy spotrebovanej pre tvorbu vlastnej biomasy. V dôsledku požadovaného spracovania pôdy, nedostatočného pokrytia pôdy cez zimu, alebo nedostatočného pokrytia pôdy počas vegetácie môže dochádzať k erózii. Podľa bonity pôdy sa spotrebováva medzi 500 a 900 kg uhlíka z organickej hmoty v pôde na hektár za rok. Plodiny zvyšujú organickú hmotu v pôde, ako je napríklad viacročná krmovina na ornej pôde, strukoviny a vybrané medziplodiny, intenzívnym zakorenением pôdy, zvyškami rastlín a pokojom pôdy (obdobie bez pestovania), umožňujú zvýšenie obsahu mierne odbúrateľných a organických látok.

Hlboko koreniaci rastliny sú len tie, ktoré prinášajú uhlík do zásoby. Tak, viacročné krmivo môže priniesť 500 na 800 kg uhlíka v organickej hmoty na hektár za rok, zimné medziplodiny až 400 kg (Hartl, Erhart, 2015).

7.2 Vybraní zástupcovia medziplodín vhodných pre greening

Facélia vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia*) – výborná medziplodina, najuniverzálnejšia pre zelené hnojenie. Má rýchly rast, krehké stonky, množstvo drobných lístkov a husté, mäkké korene. Je vhodná ako letná medziplodina na kŕmenie alebo na zelené hnojenie, ktoré potlačuje buriny a po ktorom sa zlepšuje kvalita pôdy. Môžeme ju použiť po akejkoľvek plodine, pretože so žiadnou u nás pestovanou nie je príbuzná. Krásne kvitne a slúži včelám, čmeliakom a motýľom ako vítaná potrava neskorého leta a skorej jesene. Začiatkom augusta zasiata facélia kvitne už v septembri.



Obr. 65: *Phacelia tanacetifolia* (Facélia vratičolistá)

Pohanka streliciová (*Fagopyrum esculentum* Moench) – rastlina s krátkym cyklom, ktorej sa dobre darí v málo úrodných a suchých pôdach. Ideálna v zmeskách s lucerkou, d'atelinou, repkou alebo slnečnicou. Koreň pohanky vďaka mykorrhíze dokáže mobilizovať veľké množstvo fosforu a vápnika. Je to prirodzený čistič pôdy, ale neviaže dusík a vymrzá. Nie je vhodné jej vysievanie pred hlavnú plodinu (slnečnica, repa) zle sa znášajú.



Obr. 66: *Fagopyrum esculentum* Moench (Pohanka streliciová)

Požlt farbiarsky (*Carthamus tinctorius* L.) – je tiež známa pod názvom saflor alebo kardi. Pre svoju odolnosť proti suchu je táto plodina využiteľná ako kvalitná medziplotina pre pestovanie na krmovinu a na zelené hnojenie prakticky vo všetkých výrobných oblastiach. Na zelené hnojenie možno požlt vysievať tiež v zmeskách s niektorými inými druhmi, napríklad s faceliou vratičolistou, komonicou bielou a ďalšími.



Obr. 67 *Carthamus tinctorius* L. (Požlt fabiarsky)

Komonica biela (*Melilotus albus* L.) – jednoročná forma, ktorá v roku výsevu kvitne a poskytuje semeno, veľmi je oceňovaná včelármi. Darí sa jej na pôdach málo úrodných a neplodných, nemá rada pôdy veľmi ťažké a zamokrené. Jej hlboký koreňový systém zlepšuje štruktúru pôdy a zhromažďuje vylúhované minerálne prvky aj z väčších hĺbok. Používa sa ako krmovina alebo melioračná rastlina na zelené hnojenie. Jej výhodou je, že nevymŕza.



Obr. 68: *Melilotus albus* L. (Komonica biela)

Spevnenie štruktúry koreňmi

Medziplodina preberá po hlavnej plodine ochrannú funkciu pôdy. Nejde však len o pasívnu ochranu. Obdobie medziplodiny je privilegovaným obdobím pre dynamický rozvoj pôdy a podporou jej biologickej aktivity. Koniec leta a začiatok jesene sú intenzívne obdobia vegetácie, ktoré treba využiť. Na rozdiel od hlavnej plodiny sa pri krycích plodinách celá biomasa vracia späť do pôdy a absencia chemických a mechanických zásahov je zárukou rozvoja biologickej aktivity.



Obr. 69: Makro póry po dážďovkách a korene – prirodzený symbiotický systém ako obohatiť pôdu o organickú hmotu

Korene rastlín v spolupráci a symbióze s mikro a makro organizmami sú najlepši štrukturotvorný činiteľ. Súčasná poľnohospodárska prax dostatočne neuznáva túto skutočnosť a štrukturotvorný efekt aktívnej pôdnej biológie nevyužíva, alebo využíva len veľmi málo. "Väčšina sa spolieha na hrubú mechanickú silu". Stav pôdnej štruktúry môžeme zlepšiť dodaním organických hnojív, nielen hnoja, kalu alebo kompostu, ale aj pomocou medziplodín na zelené hnojenie, vrátane zahrnutia leguminóz do systému pestovania plodín v teréne.

Aj tu však musíme brať do úvahy optimalizáciu operácií spracovania pôdy a to, čo sa týka hĺbky obrábania a počtu operácií a intenzity kyprenia. Zvyšky hlavných plodín, medziplodín, ale aj hnoj, hnojovicu či kompost a digestát by sme mali ľahko premiešať s biologicky najaktívnejšou povrchovou vrstvou pôdy, **ale nie bezhlavo** zaklopiť na dno brázdy do hĺbky 25-30 cm. (Šindelková, 2017).

Premiešaním organických zvyškov a hnojív s biologicky aktívnou pôdou sa naštartuje mineralizačný proces, v ktorom sa prevažne podieľajú aeróbne pôdne baktérie, huby a pliesne. V tomto prostredí pokračuje rozklad týchto rezíduí procesom humifikácie, ktorý po dlhšom časovom období 3 – 5 rokov má pozitívny vplyv na zvýšenie obsahu organickej hmoty v pôde a na jeho kvalitu. Štrukturálna pôda nám umožňuje znížiť počet pracovných operácií pri obrábaní, ako aj znížiť potrebu hĺbkového kyprenia alebo podrývania. To tiež

znamená zníženie spotreby nafty, zníženie potreby ťahovej sily a práce, a zároveň výrazne zlepšiť kvalitu práce strojov a nástrojov. (Šindelková, 2017)

Nozdrovický – Abelsová (1998) zistili, že technológia priamej sejby umožňuje dosiahnuť najvyššiu hodnotu koeficienta štruktúrnosti pôdy a najväčší podiel agregátov veľkých 0,25-8,0 mm (skupina a) čo svedčí o najlepšej štruktúre pôdy. Naše výsledky sú podobné, keď pri bezorbovej technológii sme dosiahli vyššiu hodnotu koeficientu štruktúrnosti pôdy ako pri konvenčnom spracovaní pôdy. Najvyššiu hodnotu koeficientu štruktúry pôdy sme však zistili pri minimalizačnej technológii spracovania pôdy.

Medziplodiny a škodcovia

Zavedenie medziplodín sa spočiatku môže javiť, že vytvára škodcom vhodné prostredie. V skutočnosti však podporuje aj drobné, poľnohospodárovi nápomocné, živočíchy, ktoré žijú v tom istom prostredí. Títo predátori vykonávajú často účinnejšie zásahy ako mechanické alebo chemické prostriedky (rýchlosť zásahu, vedľajšie účinky...).

Je nevyhnutné, aby sme v súčasnosti mali pri kontrole škodcov globálny prístup. Každý zásah má svoje krátkodobé i dlhodobé dôsledky na ekosystém. Udržiavanie zdroja potravy v podobe medziplodiny na povrchu pôdy umožňuje rozvoj rôznych predátorov (bystrušky, staphylinus, pavúky...), ktorí vedia kontrolovať prípadné útoky počas rozvoja nasledujúcej plodiny. Podpora predátorov sa však neobmedzuje na parcelu, ale zasahuje širšie teritórium. V súčasnosti je nevyhnutné, aby bolo prírode čo najviac umožnené byť nám nápomocnou. To zahŕňa aj počiatkové pokusy a omyly, kým sa nastolí potrebná rovnováha.

Produkovať maximum biomasy

Spojenie viacerých druhov zvolených na základe ich komplementarity napomôže rozvoju pozitívnej konkurencie medzi rastlinami. To sa prejaví väčším množstvom biomasy a s tým súvisiacimi benefitmi. Biomasa bude väčšia, ak miešanka obsahuje leguminózy, ktoré po reorganizovaní dostupného dusíka v pôde môžu naplniť potreby porastu a pritom produkovať biomasu. Z praktického hľadiska je potrebné rešpektovať správne pomery jednotlivých osív a miešať viac ako štyri druhy, aby sa samé vyhli vzájomnej konkurencii rastlín.



Obr. 70: Pestrosť zmesky a tým rôznorodosť veľkosti koreňov medziplodín zabezpečí kvalitnú prípravu pôdy pre následnú plodinu

Využiť celý výživový potenciál pôdy

Rozličné druhy lepšie využijú celkové zásoby pôdy. Keďže každá rastlina si špecificky vyberá živiny a rozvíja vlastným spôsobom biologickú aktivitu, väčšie množstvo prvkov bude opäť integrované do pôdy - zlepši štruktúru pôdy. Rozvoj koreňovej biomasy je síce u jednoročiek menej dôležitý, no zohráva podobnú úlohu ako nadzemná biomasa. Miešanky podporujú konkurenciu medzi koreňmi, čo vedie k hlbšej a komplexnejšej štruktúre. Veľká spotreba vody koncom leta zlepši fisuráciu (rozstup hliny spôsobený suchom) a po likvidácii porastu zanechá v pôde koreňovú sieť, ktorá môže byť využitá kultúrnymi plodinami.

Medziplodiny a hospodárenie s vodou

Rastlina neustále odčerpáva vodu, ktorú potrebuje na vytvorenie biomasy a svoje prežitie. Preto medziplodina ponechaná príliš dlho môže negatívne ovplyvniť vodný potenciál nasledujúceho porastu. Deje sa to predovšetkým, ak má pôda (hlboká, ílovitá alebo kriedovitá) veľkú retenčnú kapacitu, kedy sa zásoba vody len pomaly znova naplní. V takýchto situáciách (pomerne zriedkavých) je nevyhnutné kryciu plodinu včas zlikvidovať.

Osvedčené a účinné riešenie

Pokrytie pozemkov s medziplodinami je teraz osvedčené a účinné riešenie, ale nie je možné improvizovať. Jeho uplatňovanie si vyžaduje skúsenosti a kompetencie. Obsahuje niekoľko podstatných zmien v zavedených postupoch poľnohospodárstva.

Medziplodiny sa neobmedzujú len na zachytávanie minerálnych látok a ochranu pôdy. Sú základom produktívnych porastov rešpektujúcich životné prostredie. Pri správnom zahrnutí do osevných postupov umožňujú produkovať dusík, zvyšujú organickú hmotu v pôde, pomáhajú biologickej ochrane proti škodcom a chorobám. A tiež pomáhajú v boji proti burinám. Ak chcete zahrnúť medziplodiny v systéme hospodárenia, znamená to investovať do kvality pôdy a produkcie, čím chránite životné prostredie a zároveň šetríte vaše výdavky.

7.2 Biostimulačné technológie

Biostimulácie sú metódy, ktoré využívajú podporu prirodzených biologických procesov k harmonizácii pochodov (procesov) v prírode. Medzi biostimulanty používané v poľnohospodárstve patria rôzne prvky, zlúčeniny a mikroorganizmy, ktoré sa aplikujú na rastliny alebo do pôdy s cieľom zlepšiť jej úrodnosť, výnosy a kvalitu produkcie a toleranciu rastlín k abiotickým aj biotickým stresom. Najmä v podnikoch s absenciou živočíšnej výroby nadobúdajú na význame riešenia, ktoré dokážu zhodnotiť predovšetkým organickú hmotu vytvorenú v pôdnom prostredí, korene rastlín a makro aj mikro biosférou.

Biostimulanty v rastlinnej výrobe sú to látky, prípadne produkty, ktoré ovplyvňujú predovšetkým rozvoj živých organizmov žijúcich prirodzene v pôde (pôdne biostimulanty). Ďalej sú to látky (rastlinné čiže listovej biostimulanty), ktoré stimulujú fyziologické procesy v rastlinách.

Biostimulanty teda podporujú zlepšenie pôdneho prostredia, i rast a vývoj rastlín po celý ich životný cyklus od klíčenie semien po štádium zrelosti, a to v mnohých smeroch, medzi ktoré patrí predovšetkým:

- zvýšenie efektívnosti využívania vody (zlepšenie hospodárenia s vodou),
- zvýšenie efektívnosti rastlinného metabolizmu s cieľom zvýšiť výnos a kvalitu produkcie,
- zvýšenie tolerancie a zlepšenie regenerácie rastlín v stresových podmienkach, uľahčenie asimilácia transportov a využitie živín a metabolitov,
- zlepšenie kvalitatívnych parametrov produktov vrátane obsahov cukrov, vyfarbenie, násady plodov a chuťových vlastností ako aj zdravotného stavu finálnych produktov,
- zlepšenie úrodnosti pôdy predovšetkým podporovaním rozvoja spoločenstiev pôdných mikroorganizmov a rozvoja rhizosféry.

Pôdne biostimulanty sú prípravky, ktoré obsahujú látky podporujúce pôdne mikroorganizmy, ktoré po aplikácii do pôdy stimulujú základné prírodné procesy dôležité pre komunikáciu medzi pôdou a rastlinami a podporujú optimálny rast a vývoj rastlín. Pôdne biostimulanty sa aplikujú väčšinou na povrch pôdy. Môžu byť plytko zapravené alebo pri siatí aplikované do oblasti sejbového lôžka.

Ich primárnou úlohou je zvýšiť úroveň fungovania rhizosféry s cieľom zlepšiť asimilačné procesy v rastlinách, zvýšiť využitie vody a živín a zlepšiť odolnosť voči abiotickým aj biotickým stresovým faktorom. Finálnym a najdôležitejším cieľom je vždy dosiahnuť lepšie výnosy a lepšiu kvalitu produkcie. To všetko bez závislosti na ich hnojivý účinok v prípade, že obsahujú významný podiel základných živín.(Šindelková, 2017).

Prínos stimulácie rhizosféry

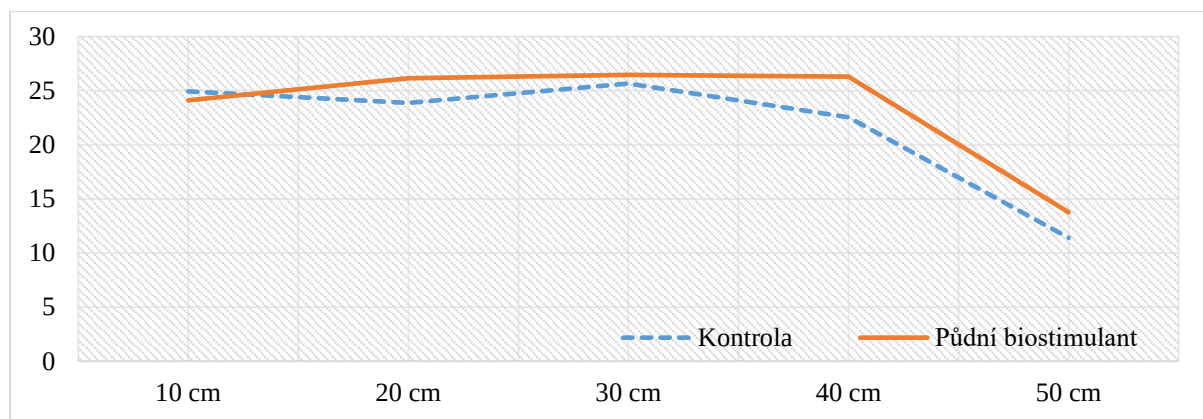
Je to predovšetkým zlepšenie prekorenenia pôdneho profilu do hĺbky. S tým úzko súvisí zväčšenie biomasy koreňov, lepšie vetvenie aj väčšia hustota koreňových vlásočníc. Súčasne sa zvyšuje biologická aktivita pôdy, a to predovšetkým funkčnosť mykorhízy, čo je symbióza rastlín a kultúrnych húb, kde sa odohráva prevažná časť látkovej výmeny a konzumácia živín. Výsledkom je potom viac prístupných živín v pôdnom roztoku a lepšie využitie vody. Je tak zaistené aj efektívnejšie využitie živín z aplikovaných priemyselných hnojív a hnoja. Vďaka menším stratám na živinách sa to pozitívne prejavuje aj v oblasti ochrany životného prostredia.

Pôdne biostimulanty veľmi rýchlo po aplikácii iniciujú zvýšenie biologickej aktivity v pôde. Následne na degradovaných pôdach tiež zlepšujú fyzikálne vlastnosti pôdy najmä zlepšením pôdnej štruktúry, znižovaním utuženia pôdy a zlepšovaním pórovitosti. V oblasti chemických vlastností je to hlavne zvýšenie podielu organických pôdných zložiek.

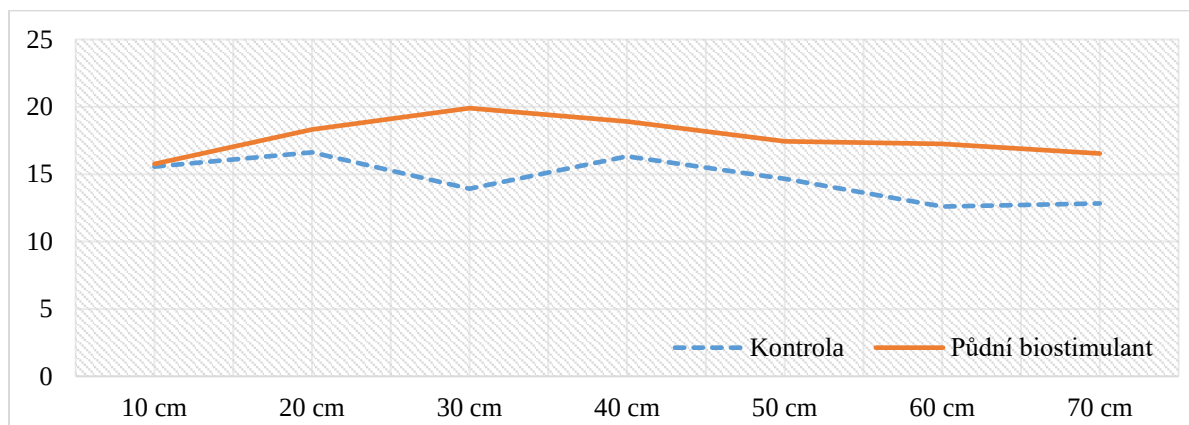
V dôsledku toho to znamená optimalizáciu zastúpenia pôdných frakcií na zlepšenie vodného a vzdušného režimu.

V prípade použitia pôdných biostimulantov sa podiel organickej pôdnej zložky preukázateľne zvyšuje najmä v dôsledku nárastu objemu biomasy koreňov (až do 300 %) a zvýšenie podielu mikroorganizmov a makroorganizmov v pôde až o 200 %.

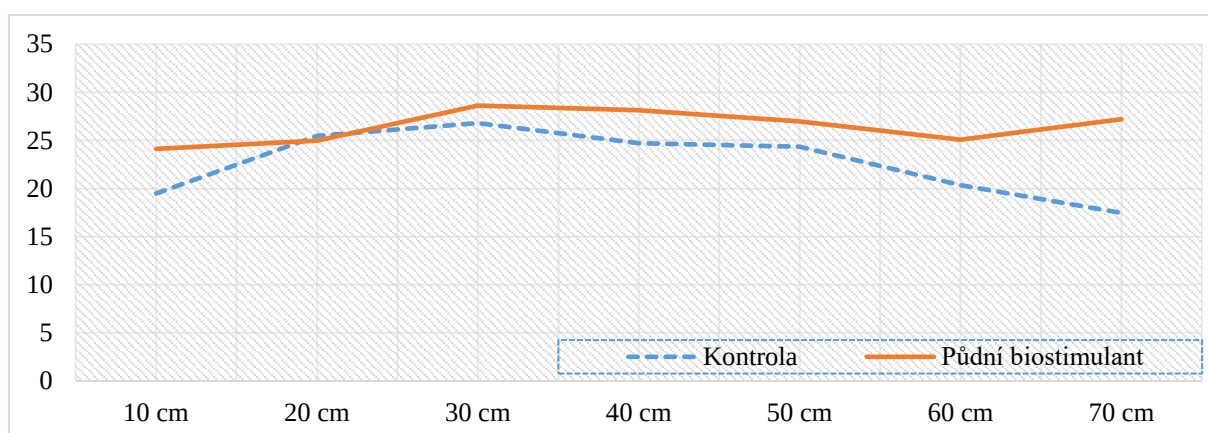
Zahrnutím biostimulantov pôdy do systémov plodín sa môže reálne skrátiť interval zvyšovania retenčnej vodnej kapacity pôdy o 2 až 3 roky (to potvrdzujú obr. 67 – 69).



Obr. 71 Aktuálna pôdna vlhkosť, Litobratrice 2017, v obj. %. Vplyv biostimulácie (NeoSol) na zmenu pôdnej vlhkosti v jednotlivých hĺbkových variantoch.



Obr. 72: Aktuálna pôdna vlhkosť, Litobratrice 2018, v obj. %. Vplyv biostimulácie (NeoSol) na zmenu pôdnej vlhkosti v jednotlivých hĺbkových variantoch.



Obr. 73: Aktuálna pôdna vlhkosť, Litobratrice 2019, v obj. %. Vplyv biostimulácie (NeoSol) na zmenu pôdnej vlhkosti v jednotlivých hĺbkových variantoch.

Z hodnôt je zrejmé, že pôdne biostimulanty pôsobia pozitívne na prevzdušniteľnosť pôdy vďaka podpore pôdnej biológie, ktorá tak prirodzeným spôsobom pracuje v pôde. To potvrdili aj Miller a kol. (1990), ktorí vo svojej práci, kde popisujú zlepšenie pôdných vlastností pomocou aplikácie pôdných kondicionérov a ďalších pomocných látok.

Počas sledovaného prevádzkového pokusu v oblasti suchej Južnej Moravy CZ, je z meraní objemovej hmotnosti redukovanej, pórovitosti a aktuálnych pôdných vlhkosťou preukazná tendencia nárastu schopnosti pôdneho profilu kumulovať väčší objem zrážkovej vody o 314 %. To znamená trojnásobne zlepšenie oproti prvému roku sledovania. Štruktúrne pôdny profil je tak schopný zadržať dažďové zrážky a lepšie ich využiť. Najmä v zóne pod 30 cm, ktorá je menej náchylná na presychanie to umožňuje nárast zásoby pôdnej vody pre nastávajúce porasty. Môžeme konštatovať, že systémová aplikácia prírodného pôdneho biostimulantu tak napomáha zabezpečiť dopĺňovanie pôdnej zásoby vody. V celom horizonte pôdny profil po aplikácii Neosol teda pôdny biostimulant mal viac zastúpené koreňové zvyšky aj v oblasti prachu.

V prechodnej zóne od 40 cm, je v profile použitého pôdneho biostimulantu posunutie organicky stabilných látok do prachovej frakcie = potvrdenie pozitívnej zmeny fyzikálnych

parametrov pôdy, po ktorom nasleduje rovnomernejší pohyb vody a živín v celom profile, je viditeľnejší na ukážke v biostimulantovom profile.



Obr. 74: Výrez pôdneho profilu, vľavo kontrola, vpravo použitie Neosol (Šindelková, Marhavý, 2019)

Aplikácie pôdnych biostimulantov sú strategickým riešením. Tieto výrobky sa uplatňujú na vybrané parcely, bez ohľadu na kultivované plodiny, pôdny typ alebo pôdne druhy a nie sú obmedzené ani systémom hospodárenia alebo spracovania pôdy.

Ich použitie je veľmi jednoduché, a preto nevyžaduje žiadnu špeciálnu techniku. Keďže je možné znížiť dávky konvenčných priemyselných hnojív, keď sa používajú, nevyžadujú dodatočné náklady. Tieto sú kompenzované uložením základných vstupov.

Keďže manažment poľnohospodárskych podnikov v Slovenskej republike stále vidí využitie pôdnych biostimulantov ako zbytočné investície, pričom citujem skutočnosť, že pôda nie je v nájme a nevníma pridanú hodnotu tejto technológie, používame výsledky spoločností v zahraničí, najmä v Českej republike.

Tab.7: Príklad úspory nákladov pri použití biostimulantov

HNOJIVO	OBSAH	CENA		DÁVKA	NÁKLADY	ÚSPORA	
	kg/1t	Kč/t	Kč/kg	kg/ha	Kč/ha	%	Kč/ha
Močovina	460	10 000	22	160	3 913	30	1 043
Amofos	520	13 000	25	52	1 300	50	650
Draselná soľ	600	12 000	20	60	1 200	100	1 200
Vápenec	800	500	0,625	2 400	1 500	60	900
CELKOM							3 793

Kurz: 1 CZK=0,04 EUR

Testovanie možnosťou zvýšenia retencie pôdneho prostredia

Problematike využitia biostimulácií sa venuje aj Výskumný ústav meliorácií a ochrany pôdy (VÚMOP) CZ, na základe poverenia Ministerstva poľnohospodárstva Českej republiky ako súčasť projektu s názvom: Zvyšovanie úrodnosti pôdy a zlepšenie hospodárenia s vodou v pôde a krajine. V roku 2018 vyšla záverečná správa vypracovaná jeho kolektívom pracovníkov s názvom: Metodický postup a testovanie možností zvýšenia retencie pôdneho prostredia. Tu sledovali vplyv rôznych pôdných biostimulantov - pôdných pomocných látok (PPL), na možnosť zvýšenia retenčnej kapacity pôdy. Z tabuľky č. 7, vyplýva schopnosť nimi sledovaných produktov - biostimulantov, (PPL) zvyšovať retenčnú vodnú kapacitu (RVK). Pokus sledoval aj pomer ceny a dávky na hektár (Řeháček, Vopravil a kol. 2018). Tab. 7: Vývoj a testovanie možností zvýšení retencie pôdneho prostredia (VUMOP, 2018)

Tab. 8: Vývoj a testovanie možností zvýšenia retencie pôdneho prostredia (VUMOP, 2018)

Pomocné půdní látky (PPL)	Objemová hmotnost red. (g.cm ⁻³)	Objem vody (%) při tlaku 50 kPa (RVK)	Zvýšení RVK půdy v orničním horizontu 15cm (l.ha ⁻¹)	Cena produktu	Doporučená dávka (kg.ha ⁻¹)	Cena na 1ha (Kč)
Agrisorb	1,67	35,05	472 440			
Agrouhel	1,79	23,97	239 230			
Alginit	1,76	25,05	255 578	4 000	20 000 - 40 000	80 000 - 160 000
Aquagel	1,53	44,76	620 263			
Dřevní hmota	1,58	25,96	208 672			
Geohumus	1,88	23,88	268 352			
Humac Agro	1,78	23,66	226 995	11 000	300 - 500	3 300 - 5 500
Hydrosorb	1,85	26,16	320 484			
Plantasorb	1,77	24,83	254 130			
PRP SOL	1,81	23,42	230 448	15 980	120- 150	1 918 - 2 397
AFS - kontrola	1,61	16,77	0			

Zhoršovanie pôdných vlastností je celkovo jeden z celosvetových problémov v krajinách kde sa využíva intenzívne poľnohospodárstvo. Poväčšine sa tam využívajú a uplatňujú vysoko mechanizované technológie. Na základe výsledkov výskumných úloh týkajúcich sa pôdoznalectva sa na degradácii pôdy podieľa okrem vlastných poľnohospodárskych strojov, aj mnoho ďalších faktorov. Medzi nej patrí zaťaženie poľnohospodárskymi stroji prejazdmi a dopravou po poli. Ďalší faktor je daný nedostatkom organických hnojív, vysoké dávky priemyselných hnojív, využívanie a nasadzovanie technických prostriedkov pri nevhodnom vlhkosťnom režime pôdy. Nedodržiavanie zásad striedania osevných postupov (Kováč a i., 2010).

Za zvláštnosť pri vzájomnom pôsobení pojazďového ústrojenstva mobilných prostriedkov, obzvlášť u traktorov a pracovných orgánov strojov sú dané klimatickými podmienkami pri

vykonávaní ich práce. Uvedené technické prostriedky ovplyvňujú svojimi pracovnými vlastnosťami pôdu. Táto predstavuje komplikované biologické prostredie so zvláštnou schopnosťou a možnosťami – poskytovať úrodu poľných plodín. Pre prípad, ak táto skutočnosť nie je zohľadňovaná pri organizovaní, usmerňovaní, manažovaní hospodárenia na pôde a táto je považovaná za prostredie na povrchu ktorého sa realizujú ťahové a adhézne vlastnosti mobilných prostriedkov, tak práve v tom období dochádza k javom ktoré sú vysoko negatívne.

U týchto negatívnych javov môžeme hodnotiť, do akej miery je: zhutnenie pôdy, narušenie pôdnej štruktúry, zhoršenie úrodnosti a zníženie výnosov u pestovaných plodín. Jedna zo závažných príčin, ktorá pôsobí negatívne na pôdu je, že v súvislosti so snahou zvyšovať výkonnosť strojov dochádza k zväčšovaniu hmotnosti strojov a traktorov pri súčasnom nevhodnom riešení ich podvozkovej časti.

U každej plodiny požadujeme v určitých konkrétnych pôdnych podmienkach optimálny stav jej zhutnenia. Pritom pri zväčšovaní, alebo zmenšovaní zhutnenia v dôsledku mechanických zásahov dochádza k zníženiu výnosov o 30 – 40 %. V súvislosti s prejazdami modernej poľnohospodárskej techniky je potrebné analyzovať plošné tlaky, ktorými spomínaná technika pôsobí plošne na pôdu. Tlak kolesových traktorov dosahuje často hodnotu od 180 do 250 kPa. Tlaky pri pojazdovom ústrojenstve pri pásových traktoroch sú reálne omnoho nižšie od 60 do 80 kPa, ale ich zastúpenie v praxi je relatívne nízke. Plošné pôsobenie tlakov ktorými pôsobia ďalšie technické zariadenia – stroje pre ošetrovanie a zber poľných plodín sa pohybujú v rozpätí od 180 do 300 kPa. Najškodlivejšia býva dopravná, transportná technika, ktorou sa z poľa dopravuje úroda, prekladanie plodín, prípadne vyvážanie hnojív na pole kde sa to pohybuje od 300 do 650 kPa (Nozdrovický, 1989).

Cieľom riešenia aplikácie biostimulantov, ktoré by mali byť systémovo začlenené do pestovateľských technológií, je uviesť do rovnováhy biologickej pôdne systémy v záujme optimalizácie podpory pôdnych procesov. Biostimulácie sú rýchlym a účinným prírodným riešením. V praxi potvrdzujú tieto systémové opatrenia zlepšenie všetkých pôdnych vlastností, najmä biologických, potom v nadväznosti vlastností fyzikálnych, chemických a následne i mechanických. Na zdravej pôde potom prosperujú zdravé rastliny.

Zdravšie, menej chemicky kontaminované, chutnejšie a výživnejšie produkty budú viac dopytované od konzumentov. Zlepší sa aj celková image poľnohospodárstva z pohľadu vplyvu hospodárenia na životné prostredie.

8. PRÍNOSY ZMIEN PÔDOOCHRANNÝCH TECHNOLOGIÍ

8.1 Spoločenské aspekty, ochrana pôdneho fondu

Nestabilné výnosy zodpovedajú stavu pôd. Poruchy pôdnej štruktúry a nerovnomerný vlahový manažment pôdy sa dotýkajú väčšiny pestovaných plodín a kultúr. Toto všetko na seba úzko nadväzuje a významne sa ovplyvňuje. Vo väčšine prípadov je pôdna štruktúra narušená utužením s následnou nízkou pôdnou biologickou aktivitou a stálym nedostatkom organických látok. Dochádza k zhoršeniu vsakovania zrážkovej vody do pôdy či nežiadúcemu výparu. Pôda tak stráca jednu z najdôležitejších funkcií - udržanie vody v pôdnom profile. Následne zhoršenými fyzikálnymi aj chemickými vlastnosťami pôdy dochádza ku klesajúcej úrovni využiteľnosti živín.

Aktuálne problémy vo vzťahu k pôde

- Zvyšujúce sa utuženie pôdy.
- Klesajúca pôdna úrodnosť.
- Znižujúca sa biologická aktivita pôdy.
- Dlhodobý pokles obsahu humusu.
- Výrazne zvýšené riziko erózie pôdy.
- Klesajúca schopnosť krajiny a pôdy zadržať vodu.

Typická poľnohospodárska pôda môže obsahovať 1 až 5 % organickej hmoty vo vrstve prvých 0,15 m. Okrem toho, že priaznivo ovplyvňuje fyzikálne a chemické vlastnosti pôdy, je základným faktorom úrodnosti a v prevažnej miere je podmienkou existencie veľmi bohatej a rozmanitej pôdnej mikroflóry a mikrofauny. Samozrejmosťou je, že účinnosť pozitívneho pôsobenia organickej hmoty na pôdnú úrodnosť sa líši v závislosti od pôdných a klimatických podmienkach, od pestovaných plodín (osevného postupu), ale tiež v závislosti od systému obrábania pôdy a hnojenia. Za najlepší spôsob obrábania pôdy by sa mal považovať taký, ktorý zvýši sekvestráciu (ukladanie) uhlíka a zníži emisie CO₂. Niektorí autori uvádzajú, že zníženie alebo úplná eliminácia obrábania pôdy je príkladom správnej poľnohospodárskej praxe, ktorá zvyšuje schopnosť pôdy zadržovať uhlík.

Perspektívne dopady a prínosy zmien technológií pre prax:

- vyššia produktivita a výmera efektívne obrábateľnej pôdy pre systémy pestovania plodín,
- znížený negatívny dopad na životné prostredie prostredníctvom zníženia vstupov (pesticídov, priemyselných hnojív, energie a vody),
- bohatšia pôdna biodiverzita pre vyššiu úrodnosť pôdy, lepšia kontrola škodcov, chorôb a účinnejšia ochrana spodných i povrchových vôd,
- vyššie príjmy pre poľnohospodárov s nižším ekonomickým rizikom,
- zásobovanie trhu zdravšími potravinami a krmivami.

8.2 Ekonomické prínosy pôdoochranných technológií

Medzi najdôležitejší význam používania minimalizačných a pôdoochranných technológií patrí obmedzenie spotreby pohonných hmôt, úspora pracovných síl, vývoj nových strojov na obrábanie pôdy, uľahčenie a urýchlenie obrábania pôdy, skrátenie pracovnej špičky, poznanie vplyvu mechanického obrábania na pôdne vlastnosti a vývoj rastliny, zavedenie účinných herbicídov, ochrana pred vodnou a veternou eróziou, uchovanie pôdnej vlahy, zníženie počtov prejazdov po poli a mnohé ďalšie. Nezanedbateľné je i ekonomické hľadisko, najmä v dnešnom čase nárastu cien vstupov do poľnohospodárskej prvovýroby. Používaním minimalizačných a pôdoochranných technológií dochádza k celkovému zlepšeniu agroekologických vlastností pôdy v podobe vyššej úrodnosti, zlepšenia fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy, zlepšeniu pôdnej štruktúry, zníženiu erózie a vyrovnaní pozemku. Uvedené skutočnosti sa následne prejavujú aj v úrodách a ekonomickej bilancii.

Benefity týchto technológií sú jasne definovateľné:

- úspora pohonných hmôt,
- ochrana pôdnej úrodnosti,
- nižšia potreba práce a úspora času,
- úspora nákladov na mzdy zamestnancov,
- ochrana voči vodnej a veternej erózii,
- zvyšovanie obsahu organickej hmoty v pôde,
- úprava vzťahov pôdneho edafónu, zlepšenie chemických, biologických a fyzikálnych vlastností pôdy,
- rýchlejšie vykonaná predsejbová príprava pôdy,
- regulácia obsahu N, P v pôdnom prostredí,
- znížovanie prejazdov po poli,
- redukcia zhutnenia pôdy,
- zníženie emisií skleníkových plynov a úprava N_{tot},
- zvyšovanie biodiverzity,
- ľahšie zvládnutie sejby v agrotechnickom termíne.

Ekonomické vyhodnotenie - prínos

Zo skúmaní vyplýva, že aplikácia pôdných inovácií je účinným strategickým riešením. Ich aplikácia je jednoduchá a teda je aj praktická. Vzhľadom na to, že pri ich použití je možné znížiť dávky bežných priemyselných hnojív, nevyžadujú ani náklady navyše. Tie sú kompenzované úsporou základných vstupov. Inovatívni a pôdoochranné technológie sú investície do budúcnosti.

8.3 Ekologické prínosy pôdoochranných technológií

Ekosystém pôdy

V prirodzenom ekosystéme pôdy sa pôda vyvíja smerom od povrchu do hĺbky. Pôdna biológia je hnacou silou v pôde. Intenzita jej aktivity je základom úspechu vo všetkých podmienkach. Akýkoľvek vstup či technológia, ktorá zvýši či podporí obsah organickej hmoty v pôde, sa veľmi rýchlo prejaví pozitívne. Zvyšuje sa tým aj intenzita biologickej aktivity pôdných mikroorganizmov s následným efektívnejším využívaním živín z pôdy. Odber prístupných živín je tak dôležitým kritériom pre bilanciu živín, ktorá umožňuje kontrolu hospodárenia vo vzťahu k pôdnej úrodnosti. Základom je však enzymatická činnosť pôdných mikroorganizmov, ktorá zabezpečuje rastlinám sprístupňovanie neprístupných živín z využiteľných zdrojov.

Život v pôde je najdôležitejší hybnou silou v pôdnom prostredí. Zlepšenie biologických pôdných vlastností by malo byť na prvom mieste z pohľadu hospodárenia na pôde. Táto skutočnosť je v súčasnej dobe stále zabúda.

V súčasnosti hľadá SPP pre udržanie pôdných vlastností predovšetkým mechanické riešenia. "Ako môže neživý železný **stroj** oživiť pôdu - **živý ekosystém**?"

Základným prvkom k pochopeniu pôdneho sveta je zamerať pozornosť na interakcie medzi rastlinným koreňom, živou a neživou zložkou pôdy. Intenzita ich vzájomnej komunikácie priamou úmerou ovplyvňuje biologickú aktivitu pôdy, to znamená objem pôdnej biomasy, látkovú výmenu a kolobeh uhlíka v pôde a rovnako tak i vodný a vzdušný režim.

Aby sa mohli pôdne mikro aj makroorganizmy rozmnožovať, potrebujú dostatok kyslíka, vody a potravy (energia a uhlík). Rastliny a mikroorganizmy komunikujú s pôdnym prostredím pomocou rhizosféry. Rastlina cez koreňové výlučky dodáva energiu baktériám, kultúrnym hubám a plesniam a súčasne je jej rastúci koreň zdrojom uhlíka i pre ďalšie pôdne organizmy. Tieto aktivity sa odohrávajú na špičkách koreňových vlásočnic - plôškach s veľkosťou do 1 mm. Baktérie, huby a plesne uvoľňujú svojou činnosťou živiny z organických aj anorganických zdrojov do pôdneho roztoku a touto cestou potom rastliny prijímajú makro aj mikroelementy. Z celkového množstva živín v rastlinách 95 % tvoria živiny prijímané korene v pôdnom roztoku.

Vývoj koreňov a rastlín priamo súvisí so štruktúrou pôdy. Plodiny s citlivým koreňovým systémom, ako napríklad rastliny čeľade kapustovitých, sú extrémne náchylné na utuženie a sucho, zatiaľ čo na obilniny má veľký vplyv nerovnomernosť premiešanie rastlinných zvyškov v pôdnom profile. Dobrá štruktúra pôdy podporuje zvýšený percentuálny podiel organickej hmoty v kombinácii so zvýšeným počtom mikroorganizmov až po makroedafon, čo je zdrojom cenných živín pre rastliny.

Vplyv na životné prostredie

Utuženie pôdy a erózie spôsobujú zhutnenie pôdy, obmedzujú rast koreňov a limitujú vsakovanie vody a výmenu pôdneho vzduchu v pôdnom profile. Môžu tiež zásadným spôsobom zvyšovať povrchový odtok, čo vedie k erózii horných vrstiev pôdy a k úniku živín a pesticídov do povrchových vôd.

Schopnosť riadiť riziká so zvyšujúcimi sa extrémami počasia a zákonnou reguláciou rastie potreba flexibility v odrodách plodín, striedania plodín a zakladania porastov

8.4 Hospodárenie s vodou v krajine

Problémy, ktoré nastávajú v poľnohospodárskej prvovýrobe počas posledných rokov je hospodárenie s vodou na roli a následne v celej krajine. . Negatívne javy striedanie období sucha a obdobie dažďov v priebehu roka sledujeme už dlhodobejšie. Výnosy nám potvrdzujú našu nepripravenosť na podobné situácie. Naše pôdy, vplyvom nášho dlhodobu nevhodného hospodárenia, už zďaleka nie sú v takom stave aby boli schopné do určitej miery také výkyvy počasia eliminovať. Príčin je niekoľko rovnako ako riešení. Aby sme sa však niekam posunuli, najlepšie k uspokojivým výnosom a zlepšovaniu retenčnej (vodozadržnej) kapacity pôdy aj krajiny, je nutné si otvorene priznať, že máme naozaj veľký problém.

Utuženie pôdy ovplyvňuje vodný režim

Pôdna štruktúra je vo väčšine prípadov narušená nedostatkom organických látok následne nízkou biologickou aktivitou pôdy. Ďalší značný vplyv je zhutnenie - spôsobené častými prejazdmi ťažkej mechanizácie za nevhodných vlhových podmienok. V dôsledku týchto porúch sa výrazne zhoršujú fyzikálne vlastnosti pôdy, najmä však pórovitosť. Vzniká prvý predpoklad zhoršeného zasakovania zrážkovej vody do pôdy a problém ju udržať v pôdnom profile.

Je celkom jasné, že pôda v súčasnosti nie je schopná dobre hospodáriť s vlhou. Napríklad keď privalový dážď ustúpi a nastane obdobie bez zrážok - sucho, pôda popraská do hĺbky. Tieto praskliny sú v takej pôde ako "komíny", ktoré vysávajú vlhu a presušujú tak pôdu do väčších hĺbok. Niekedy sa aj pretrhnú korene rastlín. Z tejto situácie jasne vyplýva, že využiteľnosť vody ako zo zrážok, tak aj z pôdnej zásoby je pre rastliny veľmi obmedzená.

Ďalším negatívnym javom je vplyv takto porušeného pôdneho prostredia na tvorbu koreňového systému rastlín. V dôsledku vytesnenia vzduchu vodou dochádza k asfyxii (udusenie koreňov) a pri zaplavení pôdneho profilu je častým javom hydromorfie čiže hnitia koreňov. Rastliny potom spotrebujú obrovské množstvo energie na ich regeneráciu. Ak sa tieto javy opakujú niekoľkokrát za vegetáciu, potom rastliny korenia plytko, čo im neumožňuje čerpať pôdnu vlhu a živiny hlavne v období sucha. Ak nie je teda v poriadku pôdny profil, a tým aj koreňový systém, je rastlina oslabená a nemôže využiť svoj biologický výnosový potenciál. V záujme udržania intenzity výroby je potom potrebné zvyšovanie dávok

priemyselných hnojív a pesticídov. Avšak ani zvyšovanie dávok živín vo forme priemyselných hnojív nevedie k požadovanému výsledku, pretože v nezdravých pôdach je nízka aktivita rhizosféry a využiteľnosť dodávaných živín je na úrovni 10-30 %. Z vyššie uvedeného vyplýva, že štandardný model hospodárenia na degradovaných pôdach k zlepšeniu situácie nevedie.

Omyly praxe

Vďaka dostupnosti výkonnej techniky na spracovanie pôdy je väčšina pestovateľov presvedčená, že tieto operácie majú vo svojich podnikoch vyriešené. Zabezpečenie týchto agrotechnických operácií v sťažených podmienkach je predovšetkým otázka strojov, energetických prostriedkov, s tým súvisiace spotreby nafty, času a ďalších nákladov. Posledné ročníky nám ale veľmi často pripravujú "šoky" umocňované zhoršujúcou sa kvalitou pôdy a vlahových pomerov v priebehu celého vegetačného obdobia. Táto skutočnosť kladie vyššie nároky na časovanie a riadenie jednotlivých operácií a veľmi často si vynucuje ďalšie investície do nákupu strojov. Tieto riešenia však zatiaľ nepriniesli želaný efekt.



Obr. 75: Pokrytie pôdy. Zabránenie nežiaducemu výparu. Zahrňuje niekoľko podstatných zmien, ktoré je potreba zaviesť v rámci hospodárenia (Šindelková, Marhavý, 2018)

Rezervy pôdnej vody

Potrebuje pripomenúť jednu z hlavných funkcií pôdy. Je to zabezpečenie kolobehu vody v krajine. Pôdna vlaha na území ČR predstavuje 10 x viac vody, než všetky naše jazerá a vodné toky. Ročný úhrn zrážok sa zásadne od dlhodobého priemeru nelíši. Líši sa ale ich priebeh, ktorý je väčšinou mimo vegetáciu, alebo počas vegetácie v privalových dažďoch. Potom nasleduje obdobie vysokých teplôt, silných vetrov a sucha. Počas vegetačného obdobia sa zvyšuje počet tropických dní, ktorých priemerná denná teplota presahuje 30 ° C a nočné 20 ° C (viac ako 30 dní). V týchto dňoch sa neproduktívne odparí 5-7,5 mm vody. Pre náhradu tejto straty, potrebujeme minimálne 10 mm závlahy alebo dažďa.

Potenciálna retenčná schopnosť našich pôd s pôdnym profilom 35-40 cm je 3-4 tis. m³ vody na hektár. Potenciálna retenčná kapacita pôd v ČR je 8 400 000 000 m³ vody (podľa Výskumného ústavu meliorácií a ochrany pôdy). Vzhľadom na súčasný stav degradačných pôdných procesov - predovšetkým zníženie podielu organickej zložky pôdna strata

biologickej aktivity, zhutnenie pôdy a s tým súvisiace zhoršenie pôdnej štruktúry, ako aj zlého pomeru kapilárnych a nekapilárnu pórov a následnou eróziou orničná vrstvy - sa skutočná vododržnosť českých pôd uvádza na úrovni 5 040 000 000 m³. Rozdiel teda činí 3 360 000 000 m³ (litrov), (Vopravil, 2016). Ak sa priestor pre vodu v pôde vplyvom zhutnenia zníži o 10 %, potom to predstavuje v orničnom horizonte 30 cm objem vody 300 000 litrov na hektár. To zodpovedá 30 mm zrážok, ktoré by kompletne zasiakli do pôdy. Pôdny profil je schopný zadržiavať vodu až do hĺbky 1 metra. Potom by zníženie vodnej kapacity pôdy dosahovalo hodnoty 1 000 000 litrov a to zodpovedá 100 mm zrážok. Porušený vodný a vzdušný režim v pôde, znížená biologická aktivita pôdy, málo funkčná rhizosféra, to všetko veľmi ohrozuje produkčnú schopnosť pôd.

8.5 Zdravá produkcia a sebestačnosť

Šanca na nápravu

Výsledky monitoringu pôd potvrdzujú fakt, že pôdu nerešpektujeme, čo spôsobuje prehlbovanie a pokračovanie degradačných procesov.

Dôvody sú jasné - znížila sa diverzita pestovaných plodín a ubudlo hospodárskych zvierat. Hlavné problémy sa začali skrývať za ekonomické aspekty, a tak sme na pôdu postupne prestali brať ohľad. Z legislatívneho pohľadu máme ochranu pôdy zabezpečenú, ale rieši najmä stránku vlastníckych vzťahov. Zákon síce jasne hovorí o tom, ako by sme sa mali správať k pôde, málokto ho však rešpektuje a pôdu prakticky nikto a nič nechráni proti nám, poľnohospodárom, ktorí často nerešpektujeme jej potreby a čo sa s ňou deje. Citujem Ing. Ľubomíra Marhavého, (Bioprutex s. r. o.): "V tomto smere by som nás nazval „kovopoľnohospodári“. Myslíme si, že stroje vyrieši všetko. Takmer každý, s kým som v praxi hovoril vedel kde a prípadne aké problémy s pôdou na pozemkoch má. Bohužiaľ málokto má ale skutočný záujem to riešiť. Často sa stretávam s argumentom, že pôda nie je v ich vlastníctve. "Pretože ani vlastníci nemajú vzťah k pôde a zaujíma ich väčšinou len renta, chýba tlak na to, aby sa hospodáril efektívnejšie a s rozumom. Hoci pôda nie je majetkom poľnohospodárov, stále je to základný výrobný prostriedok, ktorý zhodnocuje vynaložené vstupy. To znamená, že ide o nástroj produkcie, ktorý určuje, ako rozumné sme vynaložili náklady! Určuje rentabilitu podnikania, efektívnosť vstupných nákladov samotných poľnohospodárov!

Potrebuje biologicky aktívnu pôdu

Pôdna biológia a intenzita jej aktivity je vtedy základom úspechu, keď pôdne baktérie spoločne s kultúrnymi hubami svojou enzymatickou činnosťou rozkladajú organické zvyšky rastlín a ostatných organizmov, uvoľňujú a sprístupňujú živiny a sú zodpovedné za kolobeh uhlíka v pôde. Predovšetkým aeróbne baktérie fungujú ako pôdna zdravotná polícia a najmä aktinomycét sú schopné skonzumovať a transformovať všetku biomasu vrátane zárodkov patogénnych húb a plesní. Spoločne potom s ďalšími mikro a makroorganizmami v spolupráci

s koreňovou sústavou rastlín vytvárajú komunikačnú zónu - rhizosféru, ktorá je základom látkovej výmeny medzi rastlinami a pôdnym prostredím.

Väčšina rastlín dokáže na štruktúrnej neutuženej pôde prekoreniť do celej hĺbky pôdneho profilu. Viditeľne živé a zdravé, teda plne funkčné korene je prakticky možné nachádzať až na hranici redukčných pôdných procesov, teda v hĺbke, kde trvale dosahuje hladina spodnej vody alebo až na úrovni kompaktnej materskej horniny. Keď si uvedomíme, že na väčšine pôd je v hĺbke 40 až 80 cm štandardne dostatočná zásoba pôdnej vlhky, potom plodiny na týchto lokalitách lepšie prekonávajú obdobie prísušku, vo vyššej miere využívajú živiny a logicky potom poskytujú istotu vyšších výnosov. Takýto pôdny profil potom dáva záruku dobrého stavu plodín.

Zdravá a štruktúrna pôda je naozaj najlepším hospodárom s vodou na poli aj v krajine, pretože vodná kapacita pôd v Českej republike je desaťkrát vyššia, než je objem všetkých povrchových zdrojov vody. Vďaka vysokému stupňu degradácie pôd je v súčasnej dobe vododržnosť týchto pôd bohužiaľ len na úrovni okolo 60 %.

Zhrnutie aktuálnych problémov vo vzťahu k pôde:

- Úrodnosť pôdy sa stále znižuje.
- Utuženie pôdy sa zvyšuje.
- Biologická aktivita pôdy klesá.
- Dlhodobý klesá obsah humusu.
- Výrazne sa zvýšilo riziko erózie pôdy.
- Zadržanie vody v pôde a v krajine je na nízkej úrovni.
- Degradčné procesy na našich pôdach naberajú na dynamike.
- Efektívnosť využitia vstupov v rastlinnej výrobe sa znižuje.
- Využitie základných živín kleslo za posledných 20 rokov na polovicu.

Cieľom riešenia je uviesť do rovnováhy biologické pôdne systémy v záujme optimalizácie podpory pôdných procesov, ktoré budú systémovo začlenené do pestovateľských technológií a sú rýchlym a účinným prírodným riešením. V praxi potvrdzujú tieto systémové opatrenia zlepšenie všetkých pôdných vlastností, najmä biologických a nadväzne vlastností fyzikálnych, chemických, a mechanických. Na zdravej pôde potom prosperujú zdravé rastliny. Zdravší, menej chemicky kontaminované, chutnejšie a výživnejšie produkty budú viac žiadané konzumentmi alepší sa aj celková image poľnohospodárstva z pohľadu vplyvu hospodárenia na životné prostredie.

ZÁVER

Spolupráca medzi jednotlivými spoločenstvami organizmov v pôde v symbióze s prísunom stavebných látok, energie a výživy prostredníctvom rastlín je komplexný živý ekosystém, založený na produkcii a tvorbe pôdnej štruktúry zásob živín a vody. Aby tento systém fungoval, je potrebné dodržať klud pôdy, t. j. pracovať bez jej nadmerného narušenia, teda obracania pôdy (orba). Častokrát opakované mechanické zásahy ničia práčne vytvorenú štruktúru pôdy a proces obnovy začína znovu a znovu, ale vždy z horšej východiskovej pozície. Príroda buduje pôdu dlhodobo, postupne a nepretržite, avšak, mechanickým spracovaním pôdy vrátime celý tento proces tvorby na začiatok.

Pôdu rozbíjame, drobíme a obraciame pomocou "železa. "Dokážeme ju premiestniť, vytvoriť viac priestoru (prevzdušniť), ale nemôžeme obnoviť jej štruktúru!", t. j. rozloženie agregátov, veľkosť a počet mikro a makro pórov a tvorbu drobnohrudkovitej štruktúry. Obnoviť ju môžu len pôdne organizmy v spolupráci s koreňmi rastlín. Pôdu je síce potrebné pripraviť, ale technológia obrábania pôdy musí rešpektovať stav pôdy, podporovať jej biologickú aktivitu a minimalizovať počet mechanických zásahov v pôdnom ekosystéme. Ide predovšetkým o zlepšenie prekorenenia pôdneho profilu do hĺbky a s tým úzko súvisiace zväčšenie biomasy koreňov, lepšie vetvenie, väčšia hustota koreňových vlasov a zvýšenie biologickej aktivity pôdy. Výsledkom je potom viac prístupných živín v pôdnom roztoku, lepšie využitie vody a efektívnejšie využívanie živín z aplikovaných priemyselných a organických hnojív.

Vďaka menším stratám na živinách sa znižuje chemická záťaž na pôdu a súčasne sa pozitívne prejavuje aj oblasť ochrany životného prostredia.

ODPORÚČANIA PRE ZLEPŠENIE SÚČASNÉHO STAVU

Na základe výsledkov dosiahnutých výskumnými prevádzkovými projektami môžeme konštatovať, že aplikáciou pôdných pôdoochranných technológií je možné dosiahnuť výrazné zlepšenie štruktúry pôdy, jej biologickej aktivity a znížiť negatívny dopad chýbajúceho organického hnojenia. Využívaním pôdoochranných technológií rovnako dochádza k prehĺbeniu aktívneho, fyziologicky využiteľného pôdneho horizontu.

Odporúčania pre prax

V súčasnej dobe dostupné a využívané pestovateľské technológie, ktoré sa zaoberajú problémami súvisiacimi s degradáciou pôdy sú prevažne operatívneho charakteru a situáciu neriešia ako trvalo udržateľný systém. Je preto nutné hľadať prirodzenejšie a regeneratívne prístupy a začleniť ich do pestovateľských systémov. Cieľom je nájsť systémové riešenie, ktoré rešpektuje prirodzené fungovanie pôdy, záujmy a potreby pestovateľov a zároveň zabezpečuje ochranu pôdneho fondu a rešpektuje podmienky ochrany životného prostredia.

Zásady pre obnovenie pôdneho života a zlepšenie manažmentu vody v pôde:

- využívať technológie so znížením intenzity spracovania pôdy,
- udržiavať vegetáciu na ornej pôde, najlepšie po celý rok,
- cieľovú plodinu striedať s druhovo bohatou meziplodinovou zmesou,
- nadzemnú biomasu meziplodín a pozberové zvyšky najlepšie nechávať na povrchu, resp. zapraviť do 10 cm,
- dodávať dusík do pôdy cez dusík fixujúce rastliny,
- podporiť pôdnu biológiu prostredníctvom pôdnej biostimulácie, alebo zaradením meziplodín spoločne s využitím biostimulácie.

Možnosť systémového doplnenia zásoby uhlíka pri nedostatku organického hnojenia

Najjednoduchším riešením, ako komplexne a celoplošne nahradiť nedostatok organického hnojenia s ohľadom na zvýšenie zásoby uhlíka v pôde a jej intenzívnejšie prekorenenie je používanie biostimulantov v kombinácii s meziplodinovými systémami. V tomto ohľade by meziplodinové systémy mali byť významným zdrojom organickej hmoty a pôdne biostimulanty nástrojom pre silnejšie korene a rýchlejší rozklad rastlinných zvyškov.

Na základe dlhodobých výsledkov dosahovaných vo výskumných projektoch a taktiež v praxi v podmienkach Česka a Slovenska je cieľom stabilizovať a zvýšiť zásobu uhlíka v pôde ako zdroja paliva pre zachovanie jej životaschopnosti a produktivity.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

AL-ADAWI, S. S. – REEDER, R. C., 1996. Compaction and sub-soiling effects of corn and soybean yields and soil physical properties. In Transactions of ASAE, vol. 5, 1996, no. 39, p. 1641-1649. ISSN 001-2351.

BAJUS, P. 2019. VPLYV BIOSTIMULAČNÝCH TECHNOLOGIÍ OBRÁBANIA PÔDY NA EFEKTÍVNOSŤ PESTOVANIA POĽNÝCH PLODÍN. In: Dizertačná práca SPU v Nitre, s.206

BAJLA, J. – HRUBÝ, D. 1996. Prenosný kužeľový penetrometer s mikropočítačom. In: *Acta Technologica agriculturae*. Zborník vedeckých prác Vysokej školy poľnohospodárskej. Nitra : Vysoká škola poľnohospodárska, roč. XXXVII, 1996, s. 23–30. ISBN 80-7137-319-2.

BANASIAK, J., DETYNA, J., HUTNIK, E., SZEWCZYK, A., ZIMNY, L., 1999.

Agrotechnológia, Wydawnictwo Naukowe PWN Wrocław, ISBN: 9788055208244

BERNTSEN, J., HANSEN, E. M., PETERSEN, B. M., PETERSEN, J., 2002. Crop nitrogen demand and canopy area expansion in winter wheat during vegetative growth. In *European Journal of Agronomy*, roč. 16, 2002, s. 279-294.

BRINDZA, J., 1989. Pôda – Najdôležitejšie biologické prostredie v poľnohospodárstve. In *Vplyv techniky na pôdu*. 1. vyd. Banská Bystrica: Dom techniky ČSVTS, 1989, s.3-5. ISBN 80-230-0005-5.

BIELEK, P. 2008. *Poľnohospodárske pôdy Slovenska a perspektívy ich využitia*. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznanectva ochrany pôdy. 2008. 140 s. ISBN 978-80-89128-41-9.

BUCHMANN, N., 2000. Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in Picea Abies stands. In: *Soil Biology and Biochemistry* 32, 1625-1635.

CARRARA, M. et al., 2003. Mapping soil compaction measuring cone penetrometer resistance. In: *Programme book of the joint conference of ECPA – ECPLF*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2003. p. 176, ISBN 9076998345.

ČURLÍK, J. – ŠURINA, B., 1998. Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd. Výskumný ústav pôdnej úrodnosti Bratislava, 1998. 134 s. ISBN 80-85361-37-X.

DECAGON DEVICES, Inc., 2005. Minidisk infiltrometer, User's manual.

DEMO, M. - KOLLÁR, - B, HRAŠKO, J. 1995. *Obrábanie pôdy*. Nitra : Vysoká škola poľnohospodárska. 1995. 309 s. ISBN 80-7137-255-2.

ESTLER, M. – KNITTEL, H. – ZELTER, E. 1996 *Praktische Bodenarbeitsung*. 2. vyd. Frankfurt am Main: DLG Verlags-GmbH, 253 s. ISBN 3-7690-0529-5.

FIALA, K., KOBZA, J., MATÚŠOVÁ, Ľ., BREČKOVÁ, V., MAKOVNÍKOVÁ, J., – BÚRIK, V., LITAVEC, T., HOUŠKOVÁ, B., CHROMANIČOVÁ, A., VÁRADIOVÁ, D.,

- PECHOVÁ, B., 1999. Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda. Bratislava : VÚPOP, 1999. 142 s.
- HÄKANSSON , I. – ZAGAL , E. – BUČAS , S., 1999. Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. In: Soil Tillage, Res., vol. 52, 1999, N. 3–4, pp. 129–139.
- HILLEL, D., 1998. Enviromental soil physics, San Diego, California, USA: Academic Press, 1998. 771 s. ISBN 978-0-12-348525-0.
- HRAŠKO, J. – BEDRNA, Z. 1988. Aplikované pôdoznanectvo. 1. vyd. Příroda, 1988. 474 s. 064 – 170 – 88 APO.
- HŮLA, J. et al. 1988. Opatření k minimalizaci negativních vlivů zemědělské techniky na půdní prostředí. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1988. 29 s. Úvtei–73665/1 – 2.
- HŮLA, J., 1989. Vliv přejezdů techniky na půdní prostředí a možnosti minimalizace negativního působení. In Vplyv techniky na pôdu. 1. vyd. Banská Bystrica: Dom techniky ČSVTS, 1989, s.54-61. ISBN 80- 230-0005-5.
- HŮLA, J. – PROCHÁZKOVÁ, B., 2002. Vplyv minimalizačných a pôdoochranných technológií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. *Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha, 2002. 103 s. ISBN 80-7271-106-7.*
- JABLONICKÝ, J. - TKÁČ, Z., 2006, *Palivová sústava traktorových motorov*. In Roľnícke noviny. [78], 46 (2006), s. 12--16. ISSN 1335-440X.
- JOBÁGY, J. – KUKAN, P. – JANKOVIČ, O. 2006. Vplyv vlhkosti pôdy na penetrometrický odpor. In *VIII. Medzinárodná vedecká konferencia mladých, zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie, Zvolen 12. – 14. jún 2006*. ISBN 80-228-1596-9.
- KIRKHAM, M., B., 2005, Principles of Soil and Plant Water Relations. Kansas State University. Imprint: Academic Press.. xvii + 500 pages. Hardbound. ISBN: 0-12-409751-0
- KOZBA, J., BARANČÍKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., STYK, J., ŠIRÁŇ, M., VOJTÁŠ, J. 2005. Návrh regulačných pôdoochranných opatrení z výsledkov monitoringu pôd SR. 1. vyd. Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava, 2005. 25 s. ISBN 80-89128-21-1.
- KOLLÁROVÁ, K., 2008. Skúmanie priestorovej variability zhutnených vrstiev pôdy vo vzťahu k systému hospodárenia na pôde : dizertačná práca. Nitra : SPU,2008. 170 s.
- KOVÁČ, K. - NOZDROVICKÝ, L. - MACÁK, M., 2010. *Minimalizačné a pôdoochranné technológie*. NITRA: AGROINŠTITÚT. 2010. 142 s. ISBN 978-80-7139-139-5.
- LJASKO, M. I., 1989. Zhutňovacie pôsobenie strojov na pôdu, kritériá jeho hodnotenia a prípustné hranice zhutňovania pôdy. In *Vplyv techniky na pôdu. 1. vyd. Banská Bystrica: Dom techniky ČSVTS, 1988, s.77-84. ISBN 80-230-0005-5.*
- MIŠTINA, T. - KOVÁČ, K. a kol. 1993. *Ochranné obrábanie pôdy*. Piešťany . Výskumný ústav rastlinnej výroby.1993. 165 s. ISBN 80-7137-125-4.

- MILLER, R. H., 1990. Soil microbiological inputs for sustainable agricultural systems. In: Edwards, C. A., Lal, R., Madden, P., Miller, R. H., House, G. (Eds.), *Sustainable Agricultural Systems*. Soil Water Conservation Society, pp. 614–623.
- NEUBAUER, KAREL. et al., 1989. *Stroje pro rostlinnou výrobu*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství. 1989. 716 s. ISBN 80-209-0075-6.
- NOSKOVIČ, J. et al. 2007. *Ochrana a tvorba životného prostredia*. Nitra : SPU, 2007. 152 s. ISBN 978-80-8069-978-9.
- NOZDROVICKÝ, L., 1989. Komplexné riešenie vplyvu techniky na pôdu. In *Vplyv techniky na pôdu*. 1. vyd. Banská Bystrica: Dom techniky ČSVTS, 1988, s. 6-19. ISBN 80-230-0005-5.
- NOZDROVICKÝ, L. 2005. Nariadenie na obrábanie zhutnených pôd. In *Naše pole*. roč. 9, 2005, č. 11, s. 33-34. ISSN 1336-2666.
- NOZDROVICKÝ, L. et al., 2008. *Presné Pôdohospodárstvo – Implementácia s podporou informačných technológií a techniky*. 1.vyd. Nitra: SPU, 2008. 168 s. ISBN 978-80-552-0123-8.
- ORSÁGOVÁ, K. – NOZDROVICKÝ, L., 2007. *Vplyv rôznych spôsobov obrábania na chemické vlastnosti pôdy*. 1. vyd. Nitra: SPU, 2007. 128 s. ISBN 978-80-8069-988-8 .
- ODLOŽILÍK, S., 1989. Problematika využitia penetrometrickej metódy zisťovania stavu zhutnenia pôd. In *Vplyv techniky na pôdu*. 1. vyd. Banská Bystrica: Dom techniky ČSVTS, 1988, s.165-172. ISBN 80-230-0005-5.
- PÁLTIK, J., FINDURA, P., POLC, M., 2003. *Stroje pre rastlinnú výrobu*. 1. vyd. Nitra: SPU, 2003. 241 s. ISBN 80-8069-200-9.
- PÁLTIK, J. et al., 2005. *Stroje pre rastlinnú výrobu*. 2. vyd. Nitra: SPU, 2005. 240 s. ISBN 80-8069-54-4.
- PHILIP, J.R., 1957. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equations *Soil Science* 84, 257-264.
- PROCHÁZKOVÁ, B., 2002. *Modelové typy hospodárenia na pôde v rôznych agroekologických podmienkach*. Ústav zemědělských a potravinářských informací Praha, 2002. 34 s. ISBN 80-7271-105-9.
- SOANE, B., D., 1973. Techniques for measuring changes in the state and cone resistance of soil after the passage of wheel and tracks: *J. Soil Sc.*, 24 č3. 12-14.
- SMATANA, J. - CIGLAR, J. - TÝR, Š. 2001. *Obrábanie pôdy*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 125s. ISBN 80-7137-825-9.
- SCHULER, R. T. Et al. 2000. Soil compaction. In *R.C. Reeder (ed.), MWPS-45: Conservation Tillage systems and Management*. Iowa State University, Ames, Iowa, chapter 10, p. 69 – 76.

- ŠAŘEC, O., 1989. Pôda – Vplyv mechanizačných prostriedku na *zhutňovaní pŕúd a pŕedchádzení pŕíčinám zhutnení*. In Vplyv techniky na pôdu. 1. vyd. Banská Bystrica: Dom techniky ČSVTS, 1988, s.91-100. ISBN 80-230-0005-5.
- ŠIMON, J., 1988. Pôda – Zpŕosoby hospodaŕení na pŕúde s ohledem na regeneraci zhutnených pŕúd. In Vplyv techniky na pôdu. 1. vyd. Banská Bystrica: Dom techniky ČSVTS, 1988, s.27-36. ISBN 80-230-0005-5 .
- ŠIMANSKÝ, V., 2006. Vplyv biostimulátorov rozkladu rastlinných zvyškov na pôdnu štruktúru a organickú hmotu pôdy. 1. vyd. Nitra: SPU, 2006. 112 s. ISBN 80-8069-779-5.
- ŠINDELKOVÁ I., 2017.: Zadrŕžeme vodu v krajíně. Zemědělský týdeník, XI. ročník, číslo 30, příloha Mrv 03/2017, str. 4-5, ISSN: 1212-2246.
- ŠINDELKOVÁ I., 2018.: Biostimulace – nový dynamický směr v zemědělské výrobě. Zemědělský týdeník, XII. ročník, číslo 12, 2018, str. 10-11, ISSN: 1212-2246.
- ŠINDELKOVÁ I.: Priorita dneška – vodní režim v půdě. Úroda 2018. sv. 66, č. 8, s. 48-50. ISSN 0139-6013.
- ŠINDELKOVÁ I., MARHAVÝ L.: Využijme potenciál rostlin, jejich kořeny pracují za nás. Zemědělský týdeník, XII. Ročník, číslo 23, příloha Ekotech magazín 2019, č. 2, str. 4-7, ISSN: 1212-2246.
- ŠINDELKOVÁ I., MARHAVÝ L.: Mŕže půdní biostimulace nahradit nedostatek chlévského hnoje? Úroda 2019. Ročník LXVII, č. 6, s. 46-48. ISSN 0139-6013.
- ŠINDELKOVÁ I., MARHAVÝ L.: Nechajme korene rastlín robiť prácu za nás. Naše pole 2019, str. 30-32, ročník XXIII, ISSN: 1335-2466
- VELEBNÝ, V., NOVÁK, V., SKALOVÁ, J., 2000. Vodný režim pôdy. Bratislava: STU, 2000. 208 s. ISBN 80-227-1373-2.
- ZHANG, R., 1997. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. Soil Science Society of America Journal, 61, 1024-1030.

Dostupné na internete:

- CLARK, R. L., 1999. Evaluation of the potential to develop soil strength maps using a cone penetrometer Paper No. 99-3109. In ASAE Annual International Meeting 1999. [online]. St. Joseph, Michigan : ASAE, 1999, [cit. 2016-03-09]. Dostupné na: <http://www.asabe.org>.
- FRANZEN, D., 2008. Site-specific farming-number 1. What is site-specific farming? [online] [cit. 2016-5-23]. Dostupné na: <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/plantsci/soilfert/sf1176-1.htm> .
- J.P. Fulton, L.G. Wells, S.A. Shearer, and R.I. Barnhisel
- FULTON, J. P., WELLS, L. G., SHEARER, S. A., BARNHISEL, R. I., 1996. Spatial variation of soil physical properties: A precursor to precision tillage. Paper No. 96-1002. In ASAE Annual International Meeting 1996. [online]. [cit. 2016-05-09]. St. Joseph, Michigan :

ASAE, 1996,. Dostupné na internete:
<http://www.bae.uky.edu/~precag/PrecisionAg/Reports/PrecisionTillage.htm>.

KHALILIAN, A. Y. et al. 2002. A control system for variable depth tillage. In ASAE Annual International meeting [online]. 2002, Paper. No. 02-1009. [cit. 2007-04-08] St. Joseph, Michigan: ASAE. [cit. 2016-03-09]. Dostupné na:
<http://www.clemson.edu/precisionag/Beltwide-tillage-2002-2.pdf>.

HALAS, 2020. Agroporadenstvo

NOZDROVICKÝ, L., 2009. Základné predpoklady efektívneho využívania traktorov. Vyst. 01-28-2009 Poľnohospodársky poradenský systém, [cit. 2016-04-10]. Dostupné na:
<http://www.agroporadenstvo.sk/stroje/clanky/traktory.htm>.

PEKÁROVÁ, E., 2008. Zhutnenie znehodnocuje pôdu. In týždenník Farmár [online], 2008, č. 28, [cit. 2016-04-10]. Dostupné na: <<http://www.agroserver.sk/news/polnohospodarske-stroje-zhutnenie-znehodnocuje-podu.html>>.

PENETROLOGGER. [online]. [cit. 2016-5-21]. Dostupné na:
 <<http://www.surechem.com.my/download/eijkelkamp/P1/P1-52e.pdf>>.

RAPER, R. L. et al., 2004. Site-specific subsoiling: Benefits for Coastal Plain Soils. In 26th Southern Conservation tillage Conference, [online]. Raleigh, NC, 2004 p.96-108. [cit. 2016-03-09]. Dostupné na:
<http://www.ag.auburn.edu/auxiliary/nsdl/scasc/Proceedings/2004/Raper.pdf>.

ZAÚJEC A., CHLPÍK J. , TOBIAŠOVÁ E., SZOMBATHOVÁ, N., 2002. Pedológia. 1. vyd. Nitra: SPU, 2002. 98 s. ISBN 80-8069-090-1

Vlastnosti pôdy [online] [cit. 2016-04-10]. Dostupné na:
<http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/PODA/Poda04.htm#P42>.

Zákonitosti vzniku a vývoja pôdy [online] [cit. 2016-04-10]. Dostupné na:
<http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/PODA/Poda03.htm#P32>>.

ŠINDELKOVÁ I.: Půda – základ efektivní produkce i kvality. Agromanuál 08/2019, ročník 14, str. 91-93.
<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/puda-zaklad-efektivni-produkce-i-kvality>

ŠINDELKOVÁ I., MARHAVÝ L.: Vodní režim v půdě v návaznosti na agrotechniku řepky ozimé. Agromanuál 08/2020, ročník 14, str. 107-109.
<https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vodni-rezim-v-pude-v-navaznosti-na-agrotechniku-repky-ozime>