EVROPSKÁ UNIE
Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova
Evropa investuje do venkovských oblastí
Program rozvoje venkova

Zemědělský svaz České republiky

ZEMĚDĚLSKÝ SVAZ ČR

sborník ze semináře

Pěstební systémy omezující degradaci životního prostředí a zvyšující efektivitu agrotechniky

Cílem sborníku je rozšíření znalostí účastníků o obecných principech a možnostech eliminace degradačních procesů půdy pomocí agrotechnických postupů. Problematika je věnována příčinám vzniku degradace půdy při jejím zemědělském využití a samozřejmě novým technologiím, které tato rizika snižují. Cíleně je problematika zaměřena na eliminaci technogenního zhutnění, omezení erozních rizik na půdním bloku, specifikace pěstování polních plodin při nedostatku vláhy, bilanci organické hmoty a otázce snížení energetické náročnosti technologií. Nové trendy ve vývoji pěstebních systémů mají za úkol poukázat i na další vývoj legislativy, kterou lze v současné době považovat za nekoncepční a nerespektující moderní technologie. Na semináři budou v souvislosti s technologiemi eliminujícími degradační procesy půdy představeny systémy diferencovaného zpracování půdy, zonálního hnojení, pěstování pomocných plodin, přesného setí úzkořádkových plodin, systémy mělkého zonálního kypření, precizní postupy eliminace zhutnění apod. Problematika bude zaměřena na porosty obilnin, luskovin, ozimé řepky, slunečnice, kukuřice a meziplodin. Očekávaným přínosem je nejen lepší orientace v nových technologiích, ale zejména získání zásad pro implementaci nových postupů do praxe ve vztahu k ochraně životního prostředí, a to i ve vztahu k zachování konkurenceschopnosti českého zemědělství. Za zásadní lze rovněž považovat informace o ekonomických, pracovních a energetických úsporách.

Seminář je pořádán v rámci Programu rozvoje venkova, Operace 1.1.1 Vzdělávací akce.

2019

EVROPSKÁ UNIE
Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova
Evropa investuje do venkovských oblastí
Program rozvoje venkova

Zemědělský svaz České republiky

ZEMĚDĚLSKÝ SVAZ ČR

sborník ze semináře

Pěstební systémy omezující degradaci životního prostředí a zvyšující efektivitu agrotechniky

doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.
doc. Ing. Milan Kroulík, Ph.D.

Seminář je pořádán v rámci Programu rozvoje venkova, Operace 1.1.1 Vzdělávací akce.

2019

© Zemědělský svaz ČR a Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s.
(Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s., Hybernská 38, 110 00 Praha 1)

Pěstební systémy eliminující degradaci životního prostředí a zvyšující efektivitu agrotechnických postupů

Václav Brant a Milan Kroulík

Seminář je pořádán v rámci Programu rozvoje venkova,

Operace 1.1.1 Vzdělávací akce.

1

Úrodnost půdy

2

Úrodnost půdy jako variabilní faktor v čase

Z hlediska časového je zde potřebné odlišit dva rozdílné procesy:

1. dlouhodobé opakování časově krátkodobých zásahů a změn zajišťuje kontinuální vývoj

Výsledek: Vývoj produktivnosti zemědělských systémů odrážejících dlouhodobější vztah člověka k půdě.

2. krátkodobé zásahy v podobě agrotechnických opatření (zpracování půdy, hnojení, ochrana rostlin apod.) a střídání plodin

Výsledek: Stav půdní úrodnosti v konkrétním vegetačním období.

3

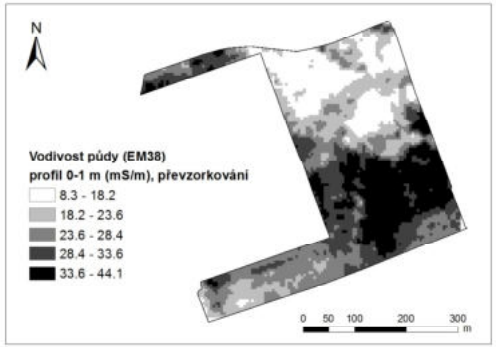
Prostorová variabilita půdní úrodnosti jako základ efektivního využití půdy

Makrovariabilita pozemku:

- nekorespondování hranic půdního bloku s půdními podmínkami krajinného prostoru danými geologicko-petrografickým substrátem
- reliéf terénu, především svažitost a s ní spojená orientace pozemku ke světovým stranám
- nadmořská výška
- hladina podzemní vody
- vliv okolních částí krajinné struktury
- a další

4

Makrovariabilita pozemku:



5

Prostorová variabilita půdní úrodnosti jako základ efektivního využití půdy

Mezovariabilita pozemku:

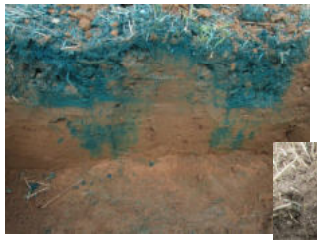
- je určována variabilitou biotických a abiotických faktorů v půdním profilu
- zásadní vliv má především zpracování půdy a hnojení
- změna vertikálního a horizontálního uspořádání půdní hmoty

Tato plocha však většinou několikanásobně převyšuje plochu odpovídající ploše vymezené strukturou porostu pro vývoj jedné rostliny.

Zároveň však dochází k periodickému opakování tohoto vlivu, které v závislosti na variabilitě půdních vlastností, stavu půdy, pracovní rychlosti, svažitosti, množství a kvalitě rostlinným zbytkům atd. vytváří na pozemku vysoký počet rozdílných podmínek pro vývoj rostlin.

6

Mezovariabilita pozemku:



7

Prostorová variabilita půdní úrodnosti jako základ efektivního využití půdy

Mikrovariabilita pozemku:

- je určována variabilitou biotických a abiotických faktorů na plochách aktivních povrchů
- zásadní vliv má především změna chemických, fyzikálních a biologických parametrů (rhizosféra, půdní agregáty, póry apod.)
- Rychlé změny v závislosti na denních chodech fyzikálních parametrů, denní rytmus rostlin, změna vlivu rostlin v závislosti na BBCH apod.

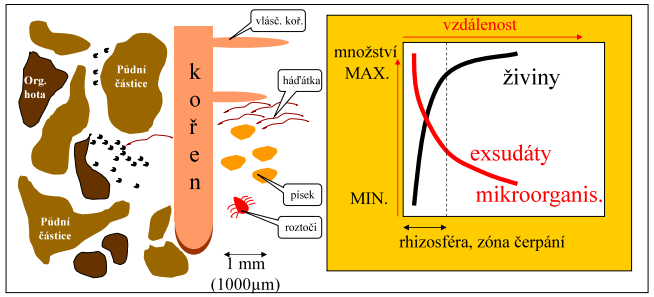
Jedná se o plochy v měřítku desítek centimetrů až tisícin milimetrů, rozdílné změny v rámci zóny prokořeněné rostlinami.

Dochází k periodickému opakování tohoto vlivu během dne a delších časových period, které v závislosti na variabilitě půdních vlastností v interakci s vývojem rostliny a mikrobních společenstev. Vytváří v blízkosti rostliny vysoký počet rozdílných podmínek.

8

Prostorové uspořádání frakcí půdy

Interakce mezi půdou, kořeny a mikroorganismy stanovená na základě rhizosféry a zóny čerpání



upraveno dle Gisi, 1997

9

Variabilita půdní úrodnosti ve vztahu k produktivitě porostů

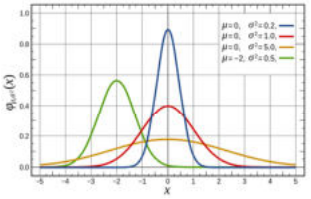
- **celková produktivita porostu je dána vývojem a produkcí jeho jedinců**
- **každý jedinec reaguje na aktuální stav půdní úrodnosti v místě svého růstu a je ovlivňován nitro- a mezidruhovými vztahy**
- **fenotyp je projevem vzájemné interakce mezi genotypem a prostředím**
- **důsledkem je nárůst variability mezi jedinci**
- **vliv na efektivitu agrotechnických opatření**

Hypotéza: variabilita jedinců na pozemku v důsledku jeho vnitřní mikrovariability neodpovídá normálnímu rozdělení

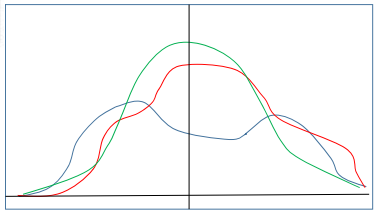
10

Heterogenita porostů

Normální rozdělení



Reálné rozdělení



Makro- a Mikro- pohled ???

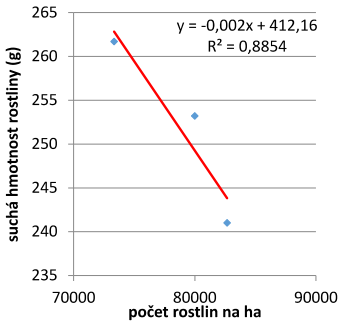
11

Plasticita rostlin

Co víme ????????????

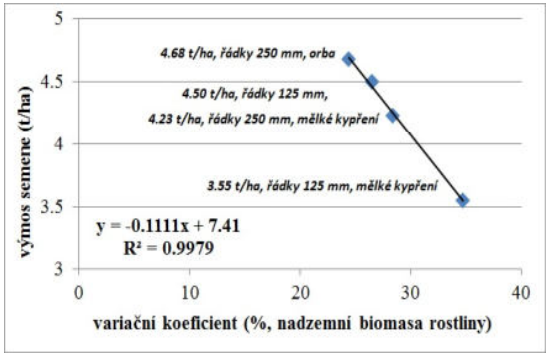
- řepka
- obilniny
- kukuřice
- slunečnice
- luskoviny
- brambory

Kukuřice



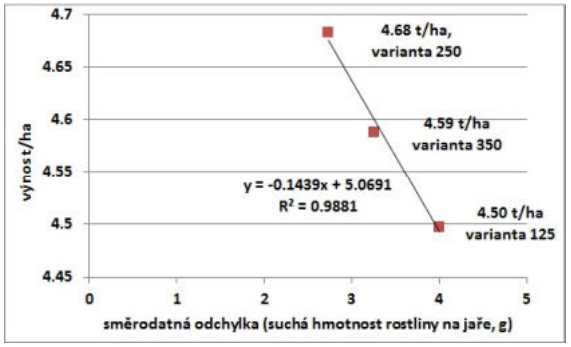
12

Variabilita rostlin a výnos ozimé řepky



13

Variabilita rostlin a výnos ozimé řepky



14

Degradační procesy

- Zhutnění půdy
- Erozní procesy
- Nedostatek vody a teplota
- Bilance organické hmoty (produkce a fixace CO_2)
- Eliminace vstupů pesticidů a hnojiv

15

Zhutnění půdy

16

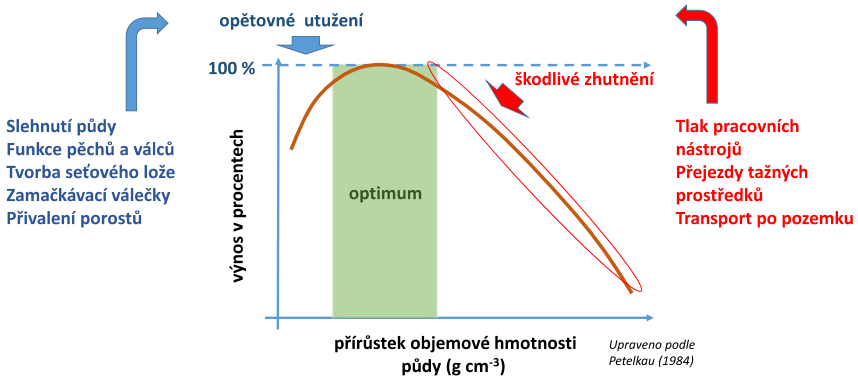
Zhutnění půdy

Nadměrné zhutnění (kompakce) půdy způsobuje tyto hlavní nepříznivé jevy:

- zhoršuje půdní prostředí,
- zvyšuje energetickou náročnost při zpracování půdy,
- zhoršuje využití živin rostlinami,
- nepříznivě ovlivňuje výši a jakost produkce plodin.

17

Co je utužení a co zhutnění?



Vztah mezi výnosem rostlin a objemovou hmotností půdy pro daný půdní druh a vlhkost půdy

18

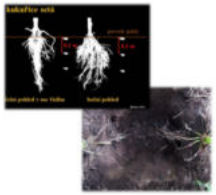
Co se mění?

Půdní vlastnosti → **Kvalita práce strojů** → **Vývoj porostů**

- Objemová hmotnost
- Infiltrace
- Dostupnost vody
- Teplota půdy
- Retence
- apod.

- Přilnavost
- Drobení půdy
- Odpor půdy
- Pracovní hloubka
- apod.

- Vodní stres
- Rozvoj kořenového systému
- Teplotní stres
- Nedostatek kyslíku
- apod.



19

Kde je zhutnění?

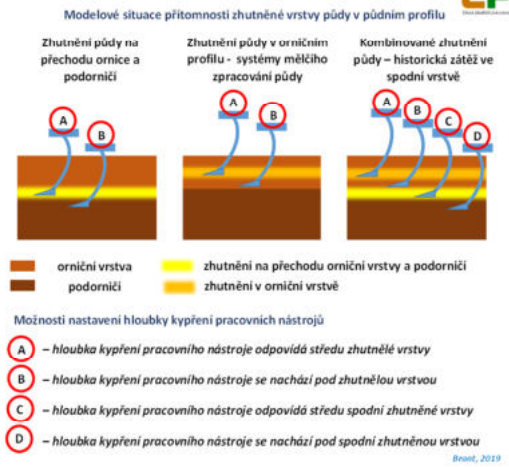
Ohrožení celého půdního profilu !!!

1. Historicky je sledováno na přechodu orničního profilu a podorničí
   - riziko na oraných plochách
   - z dlouhodobého hlediska zlepšení stavu

2. Vznik zhutnění půdy v orničním profilu
   - plochy s orbou i bezorebné technologie
   - zhutnění při kypření – efekt kypřících nástrojů
   - zhutnění při předseťové přípravě a při setí

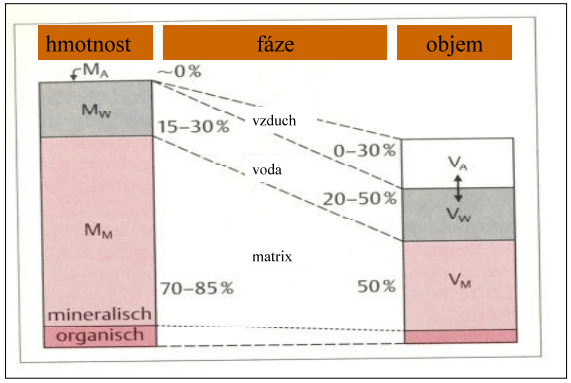
20

Nejčastější případy přítomnosti technogenního zhutnění půdy v půdním profilu a možnosti nastavení pracovní hloubky kypřících nástrojů.



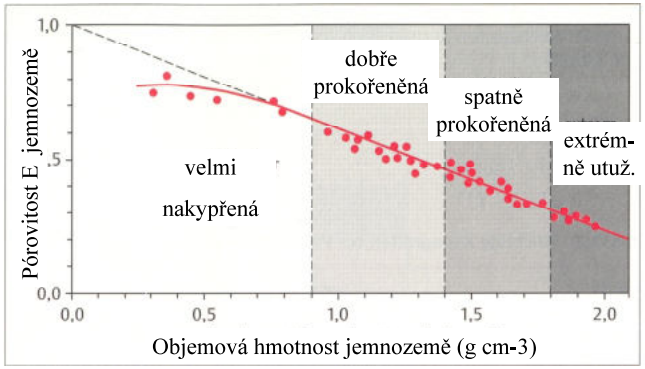
21

Pedologické základy - Hmotnostní a objemový podíl fází půdy v procentech (Gisi, 1997)



22

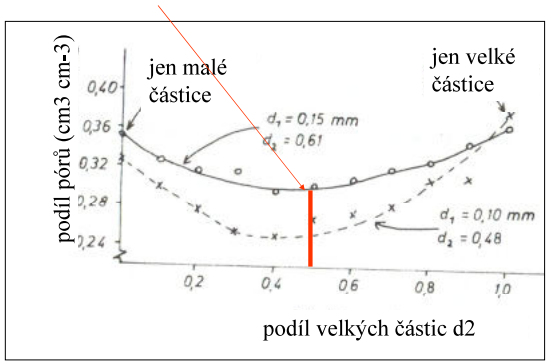
Stanovení závislosti mezi objemovou hmotností půdy, pórovitostí a prokořeněním (Gisi, 1997)



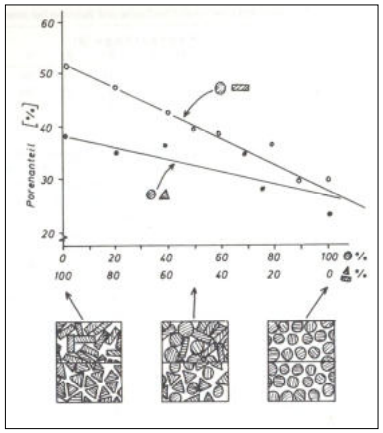
Pórovitost $E = Vp/V$, $V = V_M + V_W + V_A$, $Vp = V_W + V_A$

23

Vliv velikosti kulovitých půdních částic na množství pórů (cm3 cm-3). Minimum je při poměru 1 : 1. (Engelhard, 1960)



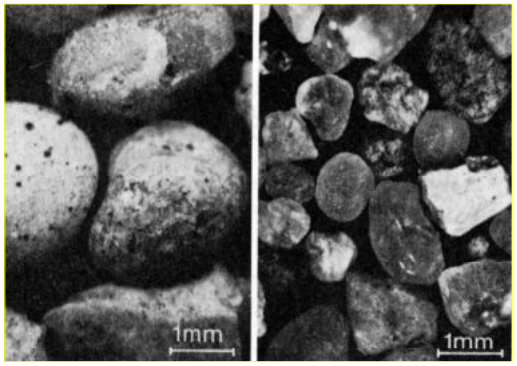
24



Vliv kombinace tvaru půdních částic na množství pórů (%). Minimum je při 100% zastoupení kulovitých částic. (Engelhard, 1960)

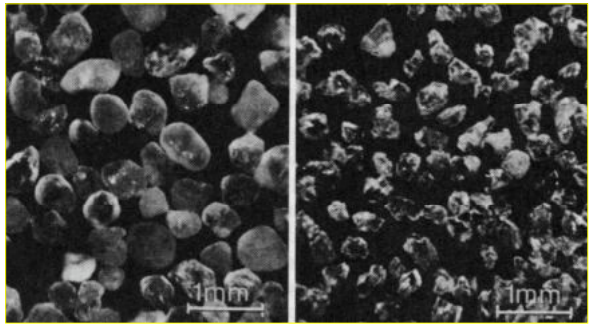
25

Jemný štěrk a hrubý písek (foto: Cornelius)



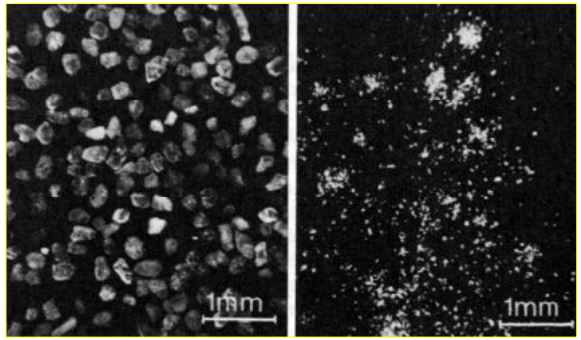
26

Střední písek (foto: Cornelius)



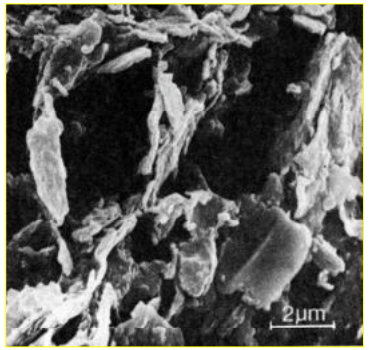
27

Jemný písek a prach (foto: Cornelius)



28

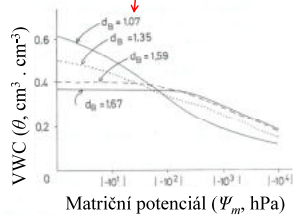
Jíl (foto: Cornelius)



29

Průběhy retenčních čar v závislosti na objemové hmotnosti půdy

Narůstající hodnota obsahu vody v půdě při hodnotě 0 hPa je dána rovněž průměrem pórů. Následně dochází k opětovnému přiblížení se křivek v rozsahu matričního potenciálu 100 až 200 hPa, které se i při poklesu potenciálu přibližují. Množství vody se v důsledku změn struktury půdy při vysokých hodnotách potenciálu zvyšuje (nízké hodnoty matričního potenciálu), při poklesu hodnot potenciálu (vysoké matriční potenciál) však zpravidla klesá.



d_B – objemová hmotnost půdy (g . cm^{-3})

Tato skutečnost má následující důsledky. Při kypření půdy dojde v důsledku nadzvednutí půdy k tvorbě hrubých sekundárních pórů. Přitom klesne množství hmoty a v důsledku změny zrnitosti i k poklesu středních a jemných pórů. Tím se zvýší hodnoty matričního potenciálu.

Zdroj: Hartge a Horn (1999)

30

Zhutnění půdy v důsledku přejezdů mechanizace

Zhutnění půdy je definováno jako nárůst objemové hmotnosti nebo jako úbytek objemu pórů (Scheffer a Schachtschabel, 1979).

Při přejezdu dochází ke stlačování a posunování půdy, které mohou vést ke změnám její struktury (Barnes et al., 1971, Horn et al., 2000).

Obecně se v rámci mechanického zatížení jedná o zatížení půdy a stlačení půdy (kompresi) – Brunotte a Fröba (2008).

31

Zatížení půdy a šíření tlaku v půdě

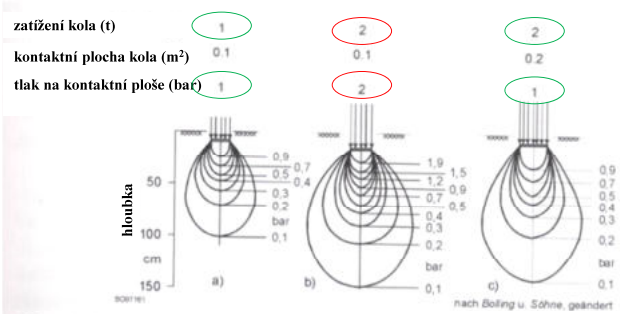
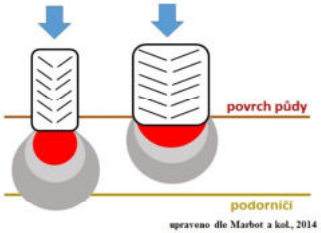


Abb. 2.2.2: Druckzwiebeln in drei verschiedenen Spuren (Bolling und Söhne 1982)

Zdroj: Bolling a Söhne (1982)

32

Zhutnění půdy při předseťové přípravě a při setí



Vliv šířky pneumatiky na utužení půdního profilu při shodném zatížení.

Kolejové stopy po válení porostů vytváří trajektorie pro odtok vody a místa pro sedimentaci jemných částic půdy. (foto Brant)

33

Zhutnění zemědělských půd

Limitní hodnoty některých fyzikálních vlastností zhutnělé půdy (Lhotský, 2000)

Fyzikální vlastnost	Půdní druh (obsah částic pod 0,01 mm v %)					
	J	JV-JH	H	PH	HP	P
	> 75	75 – 46	45 - 39	30 - 21	20 - 11	< 10
Objemová hmotnost po vysoušení (g.cm^{-3})	> 1,35	> 1,40	> 1,45	> 1,55	> 1,60	> 1,70
Pórovitost (% objem)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Penetrační odpor půdy MPa	2,8 – 3,2	3,3 – 3,7	3,8 – 4,2	4,5 – 5,0	5,5	> 6,0
Při vlhkosti % hmot.	28 - 24	24 - 20	18 - 16	15 - 13	12	10

Legenda : J – jíl, JV – půda jílovitá, JH – půda jílovitohlinitá, H – půda hlinitá, PH – půda písčitohlinitá, HP – půda hlinitopísčitá, P – půda písčitá

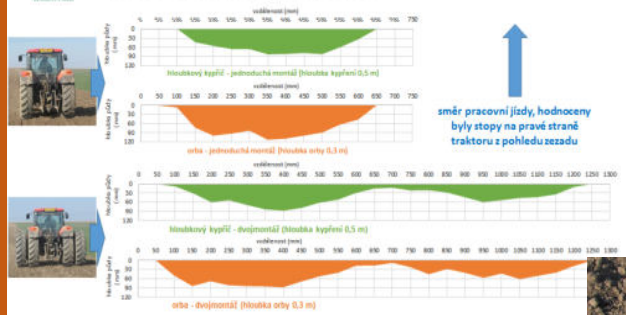
34

Přípustná a riziková objemová hmotnost půdy pro některé plodiny (u středně těžkých půd)

Plodina	Objemová hmotnost půdy (g.cm^{-3})	
	přípustná	riziková
Pšenice ozimá	1,45 – 1,50	1,60
Žito ozimé	1,35 – 1,40	1,55
Ječmen jarní	1,35 – 1,45	1,50
Oves	1,50 – 1,55	1,60
Kukuřice	1,50 – 1,55	1,60
Luskoviny	1,15 – 1,20	1,30
Cukrovka	1,00 – 1,10	1,35
Brambory	1,00 – 1,15	1,25

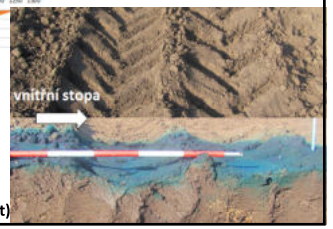
35

Technogenní zhutnění



Měření vlivu přejezdů na utužení půdy (foto Zábranský)

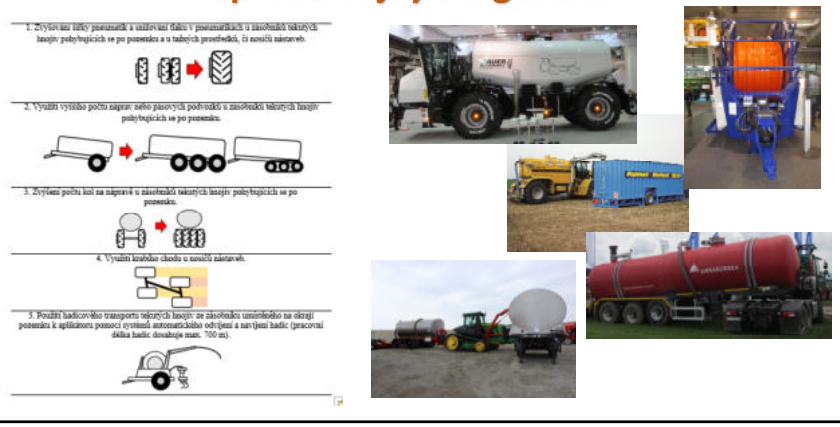
Hloubky stopy pneumatiky po přejetí traktoru (jednoduchá montáž, dvojmontáž na zadním kole) na oraných a kypřených plochách.



Vliv přejezdu traktoru na velikost stopy a na infiltraci vody do půdy na orané ploše (foto Brant)

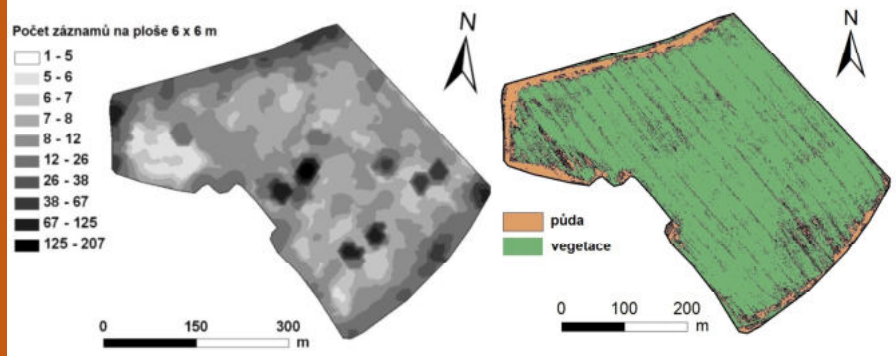
36

Technické možnosti eliminace zhutnění při aplikaci kejdy a digestátu



37

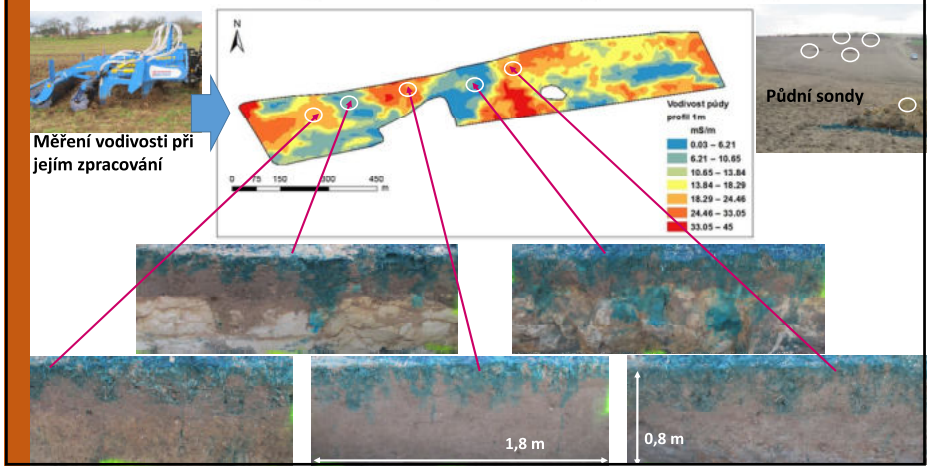
Technogenní zhutnění



Mapa charakterizující intenzitu přejezdů v závislosti na časové expozici (Kroulík, 2013).

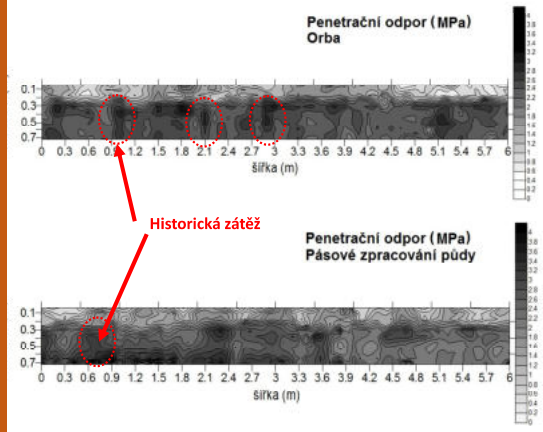
38

Variabilita půdních podmínek (březen 2017)



39

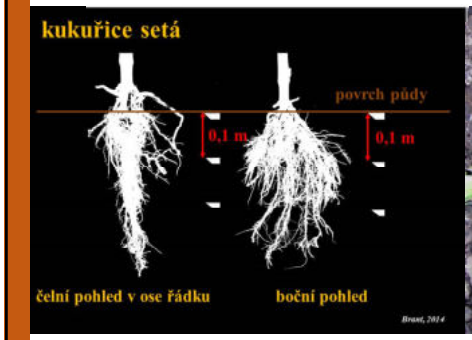
Dlouhodobé efekty technogenního zhutnění



Hodnoty penetračního odporu (MPa) na jaře (24. 4. 2013) na plochách s pásovým kypřením, na orbě a na mělkém kypření – transekt 6 m, kolmo na řádky kukuřice (Brant a kol. 2013). Postranní stupnice dokumentuje hodnoty penetračního odporu půdy (MPa).

40

Deformace kořenů

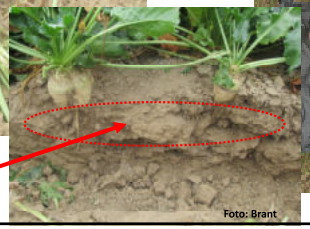


Vliv provedení pásového kypření půdy za nevhodných půdních podmínek na architekturu kořene kukuřice.

Rozložení kořenů mezi rostlinami kukuřice v řádku při provedení pásového kypření půdy za nevhodných půdních podmínek na podzim.

41

Zhutnění půdy – cukrová řepa



Neutužená půda

Zhutněná půda

42

Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) na variantě s provedenou předseťovou přípravou a na variantě bez přípravy půdy před setím

Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa)

orba + předseťová příprava

vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku

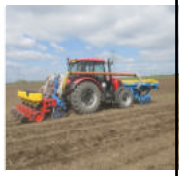
	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.05	0.05	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.02	0.5	0.6	0.5	0.7	0.6	0.7	0.8	0.3	0.8	0.5	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9
0.04	1.2	1.0	0.8	1.1	1.1	1.2	1.3	0.7	1.5	1.2	1.0	0.9	1.4	1.5	1.8
0.06	1.9	1.2	1.2	1.4	1.5	1.4	1.5	1.2	1.9	1.5	1.4	1.3	1.6	1.7	1.8
0.08	1.9	1.4	1.5	1.5	1.6	1.4	1.6	1.5	2.0	1.7	1.4	1.3	1.6	1.9	1.8
0.10	1.9	1.3	1.6	1.4	1.6	1.4	1.5	1.5	1.9	1.7	1.4	1.3	1.6	2.0	2.0
0.12	1.8	1.3	1.5	1.5	1.5	1.4	1.6	1.4	2.0	1.8	1.4	1.4	1.7	2.2	2.0
0.14	1.8	1.5	1.4	1.5	1.3	1.4	1.5	1.5	1.8	2.1	1.6	1.4	1.9	2.2	2.0
0.16	2.0	1.4	1.7	1.5	1.4	1.6	1.7	1.6	2.0	2.1	1.7	1.6	2.1	2.3	2.2
0.18	2.0	1.4	1.9	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8	2.0	2.3	1.9	1.9	2.3	2.3	2.3
0.20	2.1	1.5	1.9	1.7	2.0	1.9	2.0	2.0	2.2	2.5	2.1	2.0	2.3	2.6	2.5
0.22	2.5	1.7	1.9	2.2	2.0	2.1	2.2	2.2	2.4	2.7	2.3	2.1	2.5	2.8	2.7
0.24	2.8	1.9	2.1	2.5	2.2	2.3	2.6	2.4	2.7	2.8	2.3	2.2	2.8	2.9	3.0
0.26	3.0	2.3	2.4	2.6	2.5	2.5	2.8	2.6	2.9	3.0	2.5	2.3	3.0	3.1	3.3
0.28	3.0	2.6	2.6	2.6	2.7	2.8	3.0	2.9	3.1	3.2	2.9	2.6	3.3	3.5	3.8
0.30	3.3	2.7	2.8	3.0	3.1	3.1	3.3	3.2	3.6	3.6	3.2	3.1	3.7	4.1	4.2

kypření bez předseťové přípravy

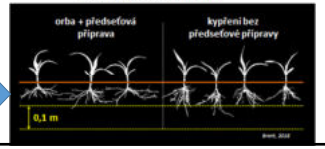
vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku

	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.05	0.05	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
0.02	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3
0.04	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7
0.06	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.6	0.4	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.7
0.08	1.0	0.9	0.9	0.8	0.6	0.7	0.5	0.9	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
0.10	1.4	1.0	0.9	0.8	0.7	0.8	0.6	0.9	0.6	0.6	0.8	1.1	0.9	1.1	1.2
0.12	1.6	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0	0.7	1.0	0.6	0.6	0.8	1.1	1.0	1.3	1.3
0.14	1.6	1.7	1.3	1.0	1.0	1.3	1.0	0.9	0.8	0.6	0.8	1.1	1.3	1.5	1.3
0.16	2.0	1.8	1.5	1.1	1.2	1.5	1.4	1.2	0.8	0.8	0.9	1.0	1.4	1.8	1.2
0.18	2.0	1.9	1.5	1.1	1.3	1.4	1.5	1.3	0.9	1.0	1.0	1.3	1.7	1.9	1.6
0.20	2.2	1.9	1.5	1.2	1.4	1.5	1.5	1.5	1.0	1.2	1.0	1.4	2.1	1.9	2.0
0.22	2.2	2.2	1.7	1.4	1.4	1.7	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.4	1.8	1.9	2.2
0.24	2.5	2.3	1.9	1.5	1.6	2.0	1.9	1.7	1.5	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.4
0.26	2.8	2.6	2.2	1.8	1.8	2.2	2.0	1.8	1.6	1.3	1.5	1.8	2.2	2.7	2.7
0.28	3.1	2.9	2.5	2.1	2.0	2.6	2.2	2.1	1.7	1.6	1.7	1.9	2.3	3.0	2.9
0.30	3.5	3.3	2.8	2.5	2.4	3.0	2.5	2.5	1.9	1.7	1.8	2.1	2.7	3.2	3.2

modrá barva představuje nejnižší hodnoty, červená nejvyšší



Rozvoj kořenového systému kukuřice v závislosti na technologii zpracování půdy



Tvar kořenového systému rostlin kukuřice v závislosti na technologii zpracování půdy

43

Hodnoty objemové vlhkosti půdy (%) na variantě s provedenou předseťovou přípravou a na variantě bez přípravy půdy před setím (jaro 2016)

Hodnoty objemové vlhkosti půdy (%)

orba + předseťová příprava

vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku

vrstva půdy (m)	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
0 - 0.1	22.5	25.3	28.8	25.0	23.3	28.5	25.9	27.8	26.4	25.0	28.4	32.8	30.4	30.0	31.4
0.1 - 0.2	28.1	30.8	32.6	32.4	25.7	27.6	32.2	33.1	28.5	34.3	35.0	31.9	28.3	29.9	36.3
0.2 - 0.3	27.9	29.0	30.6	29.0	23.4	31.0	28.8	27.8	33.6	36.9	26.8	28.4	32.2	32.0	35.7

kypření bez předseťové přípravy

vzdálenost od středu řádku (m), 0 = střed řádku

vrstva půdy (m)	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
0 - 0.1	30.9	31.1	28.1	26.8	18.3	16.6	16.0	15.1	13.0	16.2	16.0	14.4	17.8	16.6	17.1
0.1 - 0.2	32.1	30.8	33.6	37.7	39.1	40.1	37.9	30.6	26.9	23.2	24.1	21.4	23.8	24.6	22.9
0.2 - 0.3	36.2	37.4	36.8	40.2	38.9	39.6	39.9	37.3	36.3	30.0	30.2	30.6	29.9	29.7	27.3

zelená barva představuje nejnižší hodnoty, červená nejvyšší

Infiltrace vody do půdy (modrá barva) na variantě s provedenou předseťovou přípravou a na variantě bez přípravy půdy před setím (jaro 2016)

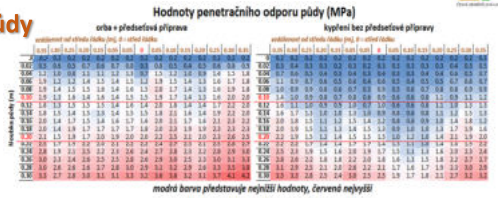
Vliv technologie založení porostů na infiltraci vody do půdy v řádku rostlin kukuřice (kolmý pohled na řádek)

Intenzita deště a suma srážky ?????????

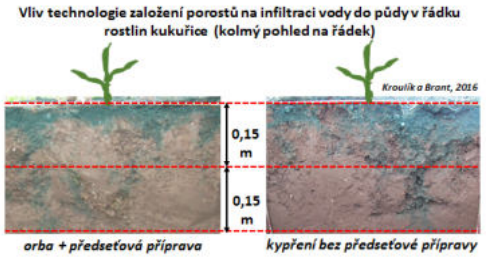
44

Založení porostů a utužení půdy

Hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) na variantě s provedenou předseťovou přípravou a na variantě bez přípravy půdy před setím

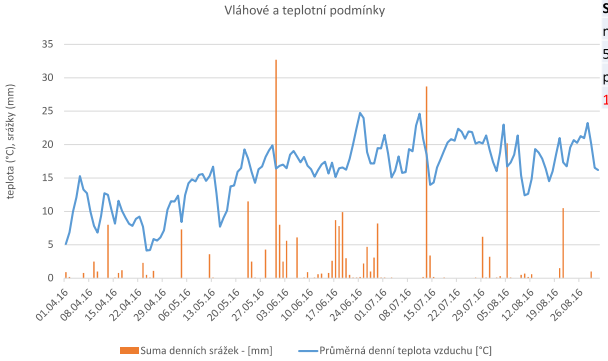


Infiltrace vody do půdy (modrá barva) na variantě s provedenou předseťovou přípravou a na variantě bez přípravy půdy před setím



45

Srážka – suma a intenzita

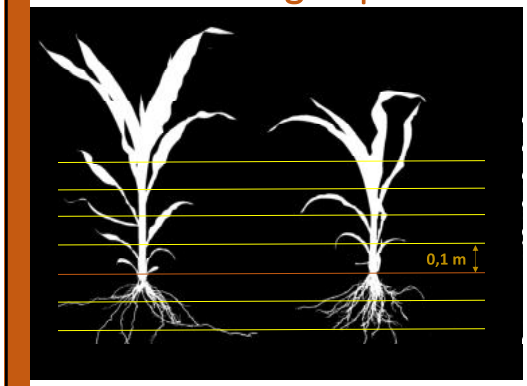


Srážka	Suma (mm)
nad 10 mm	103.6
5 - 10 mm	75.8
pod 5 mm	57.9
1.4. - 31.8.2016	237.3

Srážka	Suma (mm)
nad 10 mm	34.7
5 - 10 mm	56.3
pod 5 mm	78.9
1.9.2015 - 31.3.2016	169.9

46

Vliv technologie zpracování půdy na porosty



17.6.2016
Biomasa rostliny:
Orba s předseťovou přípravou = 100%
o 20 – 65 % nižší hmotnost (kypření a trip till)

1.9.2016
Sklizeň na siláž:
18,8 až 24,3 t suché hmoty na ha (kypření a trip till)
Orba s předseťovou přípravou = 23,5 t/ha

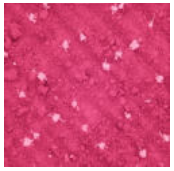
Počet rostlin !!!

47

Analýza obrazu – struktura porostu

Setí běžným secím strojem – rozteč řádků 0,125 m

Otázka orientace snímku????
Velikost hodnocené plochy 0,5 x 0,5 m



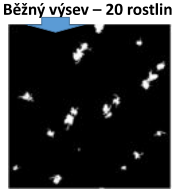
Základ - infrasnímek

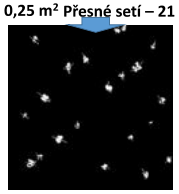
Přesné setí – rozteč řádků 0,125 m

48

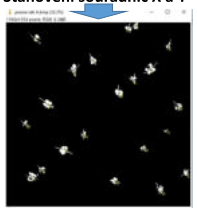
Analýza variability rozmístění rostlin

Běžný výsev – 20 rostlin na 0,25 m² Přesné setí – 21 rostlin na 0,25 m²





Stanovení souřadnic X a Y



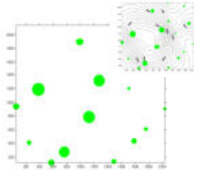
Počet rostlin ve čtvercích (10 x 10) – běžné setí

pixel - interval	224,1	448,2	672,3	896,4	1121	1345	1569	1793	2017	2241
224,1					1					
448,2		1				2				
672,3	1									
896,4		2								
1121			1					1		
1345						2				
1569		1					1			
1793			1		1					
2017						1			1	
2241					1	1				
suma	1	5	2	0	3	5	1	1	1	1

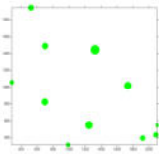
Summary Statistics							
Col_1	Count	Average	Standard deviation	Coeff. of variation	Minimum	Maximum	Range
přesné setí	10	2,1	1,52388	72,5659%	0	5,0	5,0
běžné setí	10	2,0	1,76383	88,1917%	0	5,0	5,0
Total	20	2,05	1,60509	78,2971%	0	5,0	5,0

49

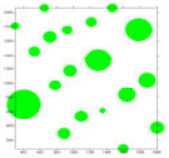
Analýza variability velikosti plochy rostliny



běžný výsev A

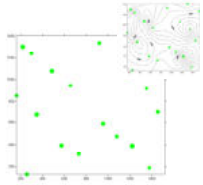


běžný výsev B

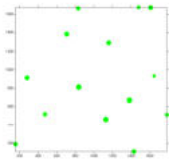


běžný výsev C

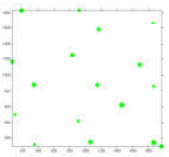
Proč velikost ?????



přesné setí A



přesné setí B



přesné setí C

50

Na čem může záviset velikost plochy rostliny?

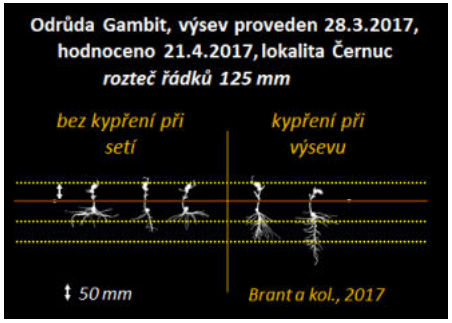
Otvor klový umístěn na vrcholu směrem k povrchu půdy – optimální objemová hmotnost pod semenem

Otvor klový umístěn na dně výsevní rýhy – optimální objemová hmotnost pod semenem

Otvor klový umístěn na dně výsevní rýhy – příliš utužená půda pod semenem

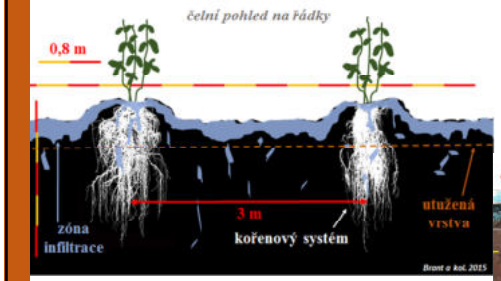
51

Na čem může záviset velikost plochy rostliny?

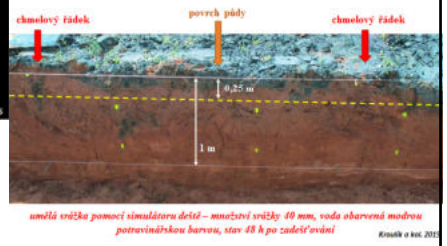


52

Dlouhodobý efekt zpracování půdy - chmelnice



Prostorové rozmístění kořenového systému v půdním profilu (kolmý pohled na řádky) a znázornění zóny infiltrace vody



Infiltrace vody do půdy na základě simulace srážky pomocí metody modré infiltrace, simulovaná srážka činila 40 mm.

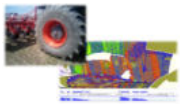
Pohyb vody po utužené vrstvě půdy pod zpracovávaným horizontem zachycený ve vzdálenosti 2,5 m od místa zadeštění modrou barvou – foto Brant

53

Prevence a nápravná opatření

Prevence → **Nápravná opatření** → **Stabilizační efekt**

- Optimální stav půdy
- Snížení počtu přejezdů
- Omezení transportu
- Eliminace tlaku na půdu
- Dostatečný tahový výkon
- Optimalizace výkonu motoru a tahového odporu
- Definované trajektorie
- Pěstování hluboko kořenících plodin
- apod.

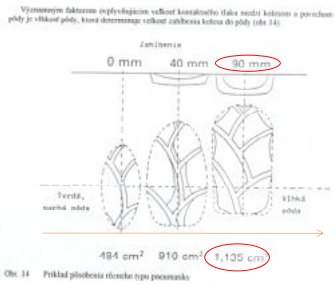


- Podrývání
- Hluboké kypření orničního profilu
- Dlátování a hloubkové kypření
- Hluboko kořenící plodiny, víceleté pícniny

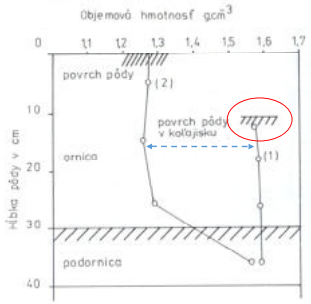
- Podpora mikro- a mezoedafonu
- Výnos organické hmoty – kořenový systém
- Stabilizace půdní struktury
- Optimalizace následných osevních sledů

54

Vliv vlhkosti půdy na šířku a hloubku kolejí (Nozdrovický a Marko, 1993)



Vliv přejezdů na pokles povrchu půdy a hodnoty objemové hmotnosti půdy (Zrubec, 1993)



55

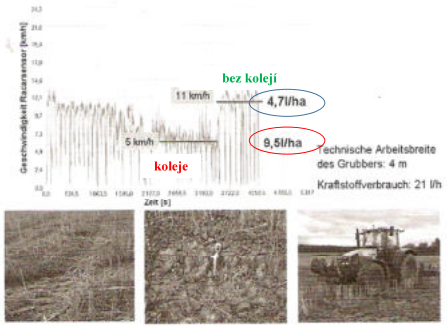
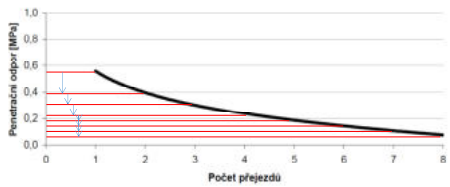


Abb. 3: Geschwindigkeitsreduzierung bei der Bodenbearbeitung (Grubber) verursacht durch Spurrillen (x-Achse: Geschwindigkeit; y-Achse: Zeit)

Redukce pracovní rychlosti při zpracování půdy (kypřič) v závislosti na přítomnosti kolejí (osa x: pracovní rychlost, osa y: čas) – Boxberger a Moitzi (2008)

56



Vliv opakovaného přejezdu na zhutnění půdy

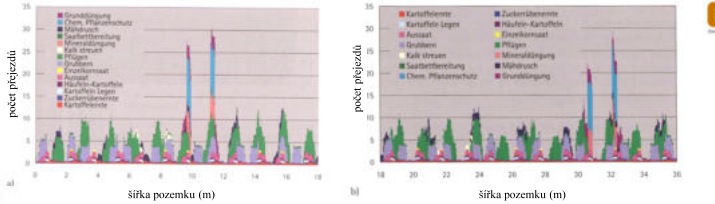
Přírůstek penetračního odporu v ornici (hloubka do 0,28 m) po opakovaných přejezdech ve stejné stopě v době jarní předseťové přípravy půdy

Vliv opakovaných přejezdů na fyzikální vlastnosti půdy v ornici za 2 měsíce po přejezdech (hloubka 35-280 mm)

Počet přejezdů	Objemová hmotnost (ρ_d)		Pórovitost (P)		Minimální vzdušná kapacita (θ_{MVK})
	g.cm^{-3}	%	% obj.	%	% obj.
0	1,12	100,0	56,6	100,0	22,0
1	1,41	125,9	45,3	80,0	8,3
2	1,42	126,8	45,0	79,5	9,8
4	1,44	128,6	44,2	78,1	9,2
8	1,51	135,0	41,5	73,3	6,7
Ukazatel škodlivosti zhutnění (Lhotský 2000)	nad 1,43	-	pod 45,0	-	pod 10,0

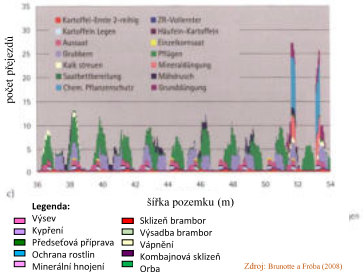
Zdroj: Hůla *et al.*, (2009)

57



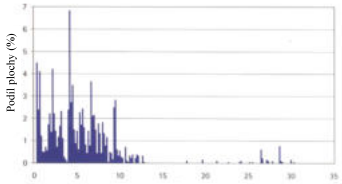
Průměrné hodnoty četnosti přejezdů při různých pracovních operacích v rámci šestihonného osevního postupu při využití mechanizace odpovídající potřebám malého podniku pro narůstající šířku pozemku.

a) 0 až 18 m od levého kraje pozemku
b) 18 až 36 m od levého kraje pozemku
c) 36 až 54 m od levého kraje pozemku



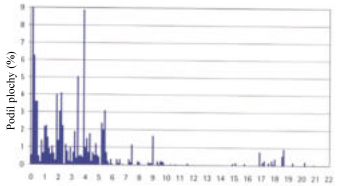
Zdroj: Brunotte a Fröba (2008)

58



Podíly mechanizací přejeté plochy v závislosti na četnosti přejezdů - malý podnik (průměrná hodnota jednotlivých let při šestihonném osevním postupu)

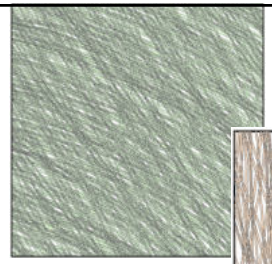
Zdroj: Brunotte a Fröba (2008)



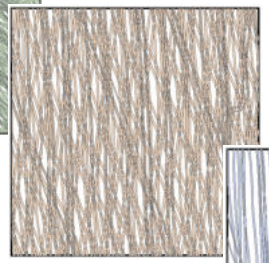
Podíly mechanizací přejeté plochy v závislosti na četnosti přejezdů – velký podnik podniku (průměrná hodnota jednotlivých let při šestihonném osevním postupu)

59

Zdroj: Kroulík *et al.*, (2009)

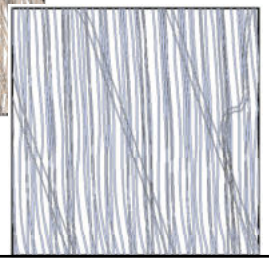


Hodnocení přejezdů pro orebnou technologii.



Hodnocení přejezdů pro minimalizační technologii.

Vliv technologie zpracování půdy na počet přejezdů po pozemku



Hodnocení přejezdů pro přímé setí.

60

Přehled pracovních operací na pozemcích při orebné technologi.

Orba	Pracovní záběr (m)	Pokrytí stopami (%)	Pokrytí stopami (%) (**)
Podmítka	6	18,9	(37,8**)
(Aplikace kejdy a plněni)	(12)	(9,1*)	(9,1*)
Orba		44,6	44,6
Příprava	10	32,4	(57,0**)
Setí	6	19,2	(38,5**)
Ochrana a hnojení (kolejové řádky)	24	2,5	2,5
Sklizeň	7,5	21,7	21,7
Odvoz zrna		3,9	3,9
Lisování slámy		13,5	13,5
Odvoz balíků		6,6	6,6
Pokrytí celkem		85,4 (87,5*)	94,5 (95,3*)
Opakovaně přejížděné plochy		77,9 (90,9*)	131,6 (145,6*)

(*) do hodnocení byly zahrnuty jednorázové operace
(**) u označených tažných prostředků byly použity dvojmontáže

Přehled pracovních operací na pozemcích při minimalizačních technologiích.

Minimalizační technologi	Pracovní záběr (m)	Pokrytí stopami (%)	Přímé setí	Pracovní záběr (m)	Pokrytí stopami (%)
(Mulčování)	(6,8)	(23,5*)	(Mulčování)	(6,8)	(23,5*)
Podmítka	8	21,7	Desikace	36	2,8
Desikace	36	2,8			
Kypření	8	21,8			
			Setí	8	20,3
Setí	8	20,3	Ochrana a hnojení (kolejové řádky)	36	2,9
Ochrana a hnojení (kolejové řádky)	36	2,9	Sklizeň	9	22,6
Sklizeň	9	22,6	Odvoz zrna		2,0
Odvoz zrna		2,0			
Pokrytí celkem		64,6 (72,8*)			42,3 (55,7*)
Opakovaně přejížděné plochy		29,5 (44,8*)			8,3 (18,4*)

(*) do hodnocení byly zahrnuty jednorázové operace

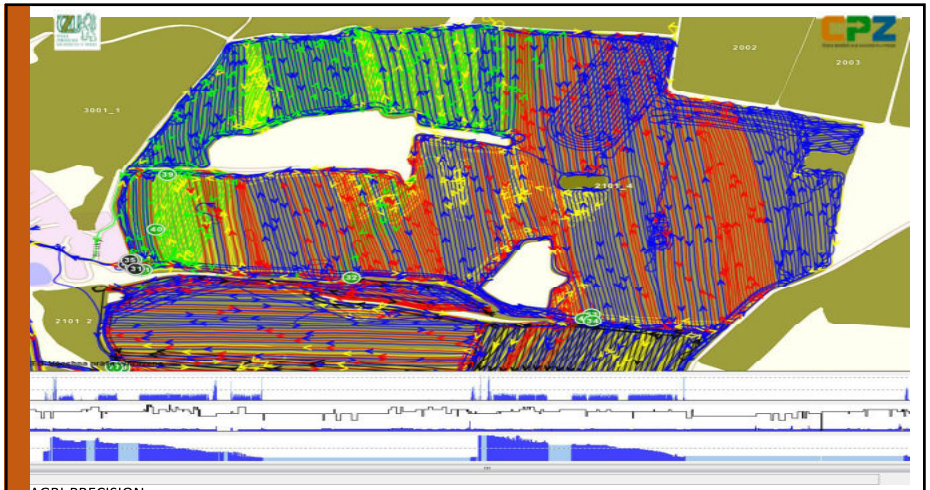
Zpracování půdy

Zpracování půdy

Vliv systému hospodaření na počet přejezdů po pozemku

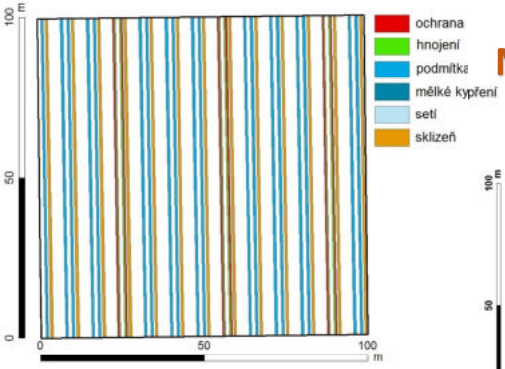
Zdroj: Kroulík *et al.*, (2009)

61

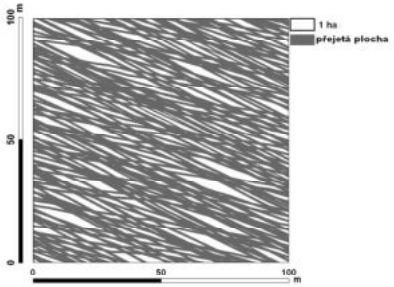


AGRI-PRECISION s.r.o.

62



Nápravná opatření

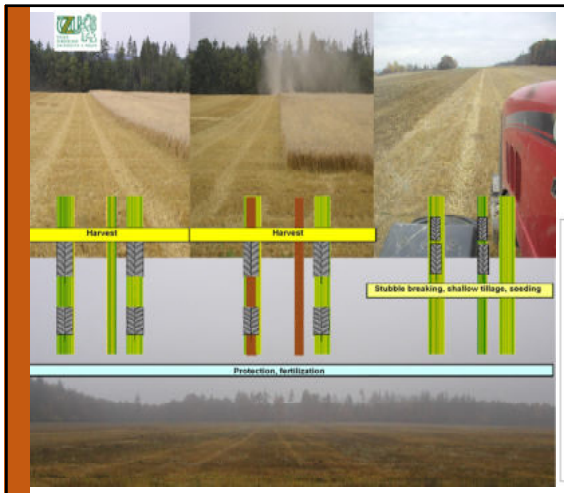


63

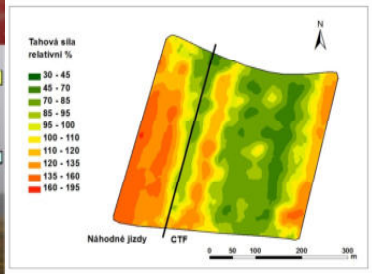
Nápravná opatření

Záznamová zařízení

64



Nápravná opatření

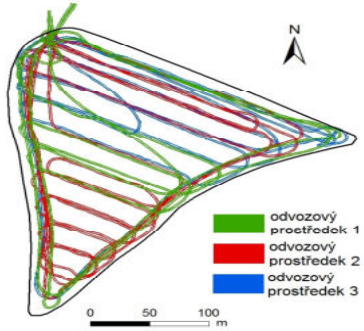


65

Nápravná opatření

Logistické řešení odvozu odvozovými prostředky

Řada polních prací je závislá na podpoře odvozovými prostředky a vyžaduje kooperaci



Prázdný vůz sleduje soupravu po celou dobu plnění odvozového prostředku

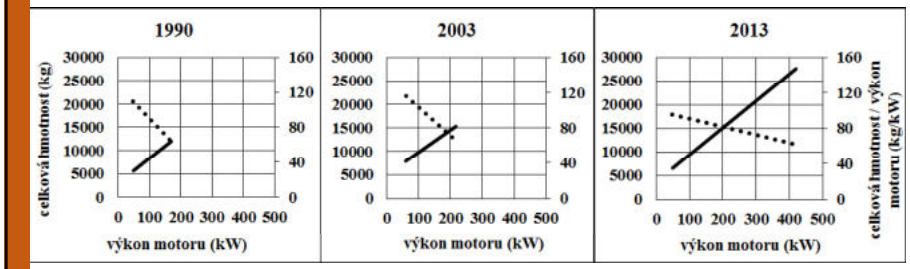
66

Nápravná opatření

Řešení pro huštění pneumatik, které umožní plynule měnit tlak v pneumatikách podle aktuální potřeby.

67

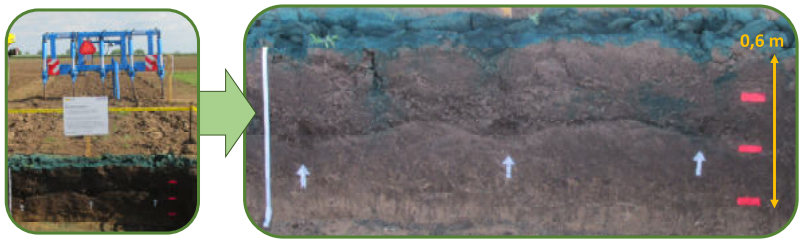
Celková hmotnost (kg) a podíl celkové hmotnosti traktoru a výkonu motoru (kg/kW) v závislosti na výkonu motoru (kW) u traktorů v letech 1990, 2003 a 2013.



68

Hloubkové kypření

- Hloubkové kypření představuje výrazný mechanický zásah do podorničí spojený s agromelioračním účinkem.
- Hloubka zpracování půdy se podle podmínek stanoviště pohybuje v rozmezí 0,5 až 0,7 m.
- Primárně se jedná o zúrodňovací opatření na těžkých a zhutněných půdách za účelem podpory hlubšího prokořenění půdy a zajištění infiltrace vody do spodních vrstev podorničí.



bílé šipky dokumentují trajektorii pracovních nástrojů,
modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrující vody

69

Hluboké kypření

- Hluboké kypření řeší otázku eliminace zhutnění spodních částí orničního profilu a horní vrstvy podorničí.
- Hloubka zpracování půdy se dle podmínek stanoviště pohybuje v rozmezí 0,3 až 0,45 m.
- Představuje zásah pohybující se na rozhraní agrotechnického a agromelioračního kypření, jehož cílem je podpora infiltrace, rozvoje kořenového systému a mikrobiálního života.

bílé šipky dokumentují trajektorii pracovních nástrojů,
modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrující vody

70

Agrotechnické kypření – umístění kypřících nástrojů ve třech řadách

- Z hlediska eliminace zhutnění půdy se jedná o kypření na plnou hloubku orničního profilu.
- Hloubka zpracování půdy musí respektovat hloubku orničního profilu a skeletovitost půdy.
- Cílem je zvýšení infiltrace a provzdušnění půdy v orničním profilu, včetně podpory mikrobiálního života ve spodních vrstvách ornice a rozvoje kořenového systému rostlin.

bílé šipky dokumentují trajektorii pracovních nástrojů,
modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrující vody

71

Agrotechnické kypření – umístění kypřících nástrojů ve dvou řadách

- Z hlediska eliminace zhutnění půdy se jedná o kypření na plnou hloubku orničního profilu.
- Hloubka zpracování půdy musí respektovat hloubku orničního profilu a skeletovitost půdy.
- Cílem je zvýšení infiltrace a provzdušnění půdy v orničním profilu, včetně podpory mikrobiálního života ve spodních vrstvách ornice a rozvoje kořenového systému rostlin.

bílé šipky dokumentují trajektorii pracovních nástrojů,
modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrující vody

72

Podrývání

- Podrývání obecně zajišťuje rozrušení podorniční podlahy, která se vytváří na rozhraní ornice a podorničí.
- Zlepšuje infiltraci vody do půdy a zvyšuje mikrobiální aktivita v přechodové vrstvě mezi ornicí a podorničím.
- Z hlediska technologických postupů může být řazeno mezi systémy dvouvrstvého zpracování orničního, či půdního, profilu.

oj Kverneland ES 100 Variomat® + podrýváky ECOshare
půjčila firma KVERNELAND GROUP CZECH s. r. o.

bílé šipky dokumentují trajektorii pracovních nástrojů s podrýváky, modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrující vody

73

Pásové zpracování půdy

- Technologie pásového zpracování půdy (strip tillage) omezuje zhutnění půdy na základě eliminace přejezdů mechanizace po pozemku v důsledku snížení počtu pracovních operací.
- Hloubka kypření může být dle podmínek stanoviště a požadavků plodiny prováděna na plnou hloubku orničního profilu.
- Zejména v kombinaci s pěstováním meziplodin přispívá k podpoře přirozených způsobů tvorby půdní struktury.

bílé šipky dokumentují trajektorii pracovních nástrojů, modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrující vody

74

Kontrolní varianta

Plocha bez provedení zpracování půdy

- Orba předváděcí plochy na podzim roku 2016 po provedení podmítky.
- Urovnání povrchu pozemku na jaře 2017 kompaktorem.
- Dvakrát provedené kypření během vegetace za účelem odstranění plevelů kompaktorem.

modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrující vody

75

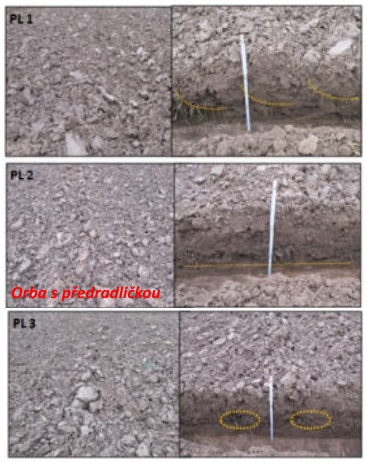
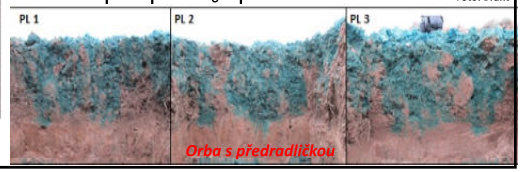


Foto: Brant

Rozložení rostlinných zbytků v půdním profilu v závislosti na konstrukci pluhu

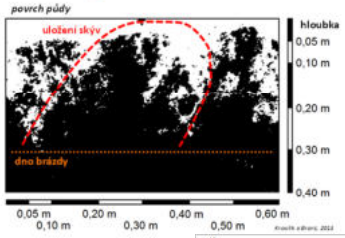
Vliv orby na infiltraci

Foto: Brant

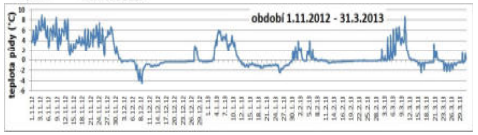


76

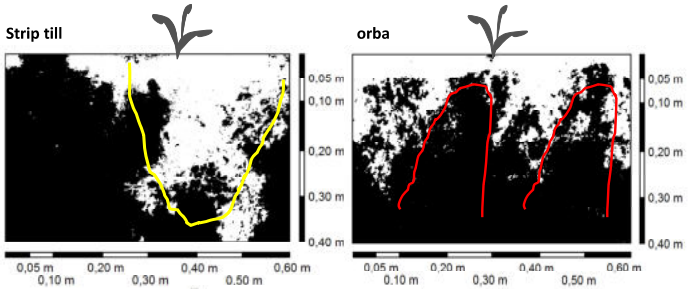
Infiltrace vody do půdy na orané ploše, měřeno před sklizní silážní kukuřice



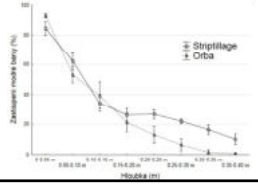
Teplota půdy (°C) v hloubce 100 mm v termínu listopad 2012 až březen 2013



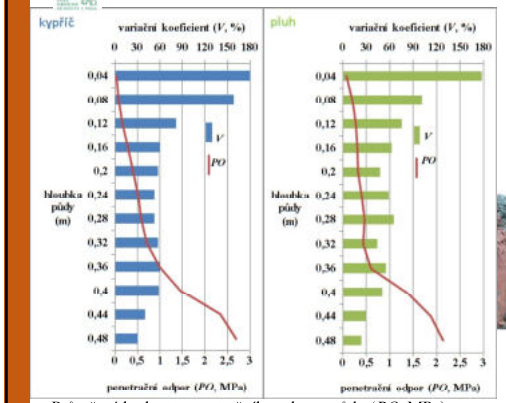
Vliv zpracování půdy na hodnoty modré infiltrace



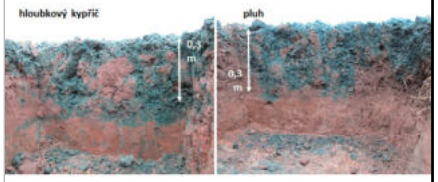
Bílá barva představuje plochy s infiltrovanou modrou barvou



Orba a hloubkové kypření – půdní profil

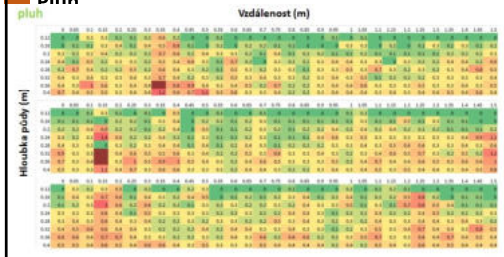


Průměrné hodnoty penetračního odporu půdy (*PO*, MPa) a hodnoty variačního koeficientu (V, %) na ploše zpracované hloubkovým kypřičem a pluhem (28.11.2014) ve vrstvě půdy 0,04 – 0,48 m. Lokalita: Východní Čechy.

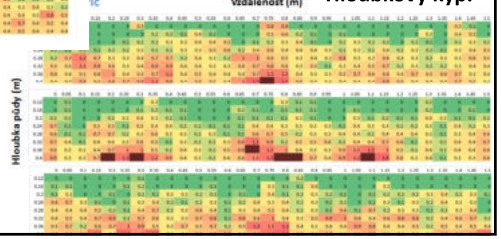


Simulace infiltrace vody do půdy metodou modré infiltrace na plochách zpracovaných hloubkovým kypřičem a pluhem (28. 11. 2014).

Orba a hloubkové kypření – penetrační odpor

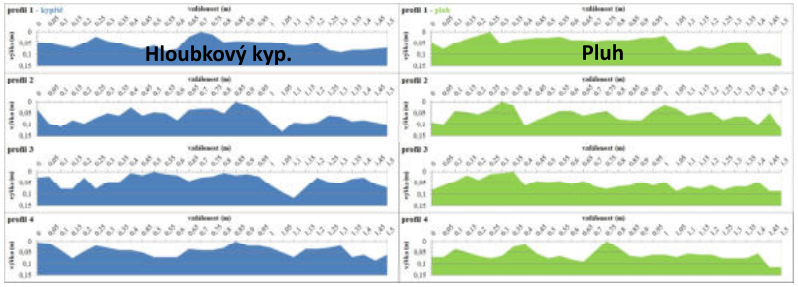


Variabilita penetračního odporu půdy na zorané ploše (28.11.2014), záběr orebního tělesa byl 0,45 mm, pluh nebyl vybaven předradličkami. Graf dokumentuje hodnoty penetračního odporu u třech náhodných transektů pro pixely o velikosti 50 x 40 (výška) mm ve vrstvě půdy 0,08 – 0,36 m. Délka kolmého transektu na hřebeny brázd činí 1,5 m. Lokalita: Východní Čechy.



Variabilita penetračního odporu půdy na kypřené ploše (28.11.2014). Graf dokumentuje hodnoty penetračního odporu pro pixely u třech náhodných transektů o velikosti 50 x 40 (výška) mm ve vrstvě půdy 0,08 – 0,36 m. Délka kolmého transektu směr pracovní jízdy činí 1,5 m. Lokalita: Východní Čechy.

Orba a hloubkové kypření – rovnost povrchu pozemku



Grafické znázornění výškového profilu povrchu pozemku (transekt kolmo na směr pracovní jízdy, délka 1,5 m) na ploše zpracované hloubkovým kypřičem (Diger) a pluhem (28.11.2014). Zobrazeny jsou čtyři rozdílné transekty. Lokalita: Východní Čechy.

Průměrné hodnoty výškového rozdílu (m) mezi nejvyšším a nejnižším bodem povrchu půdy (transekt kolmo na směr pracovní jízdy, délka 1,5 m) a směrodatné odchylky (σ) na ploše zpracované hloubkovým kypřičem a pluhem (28.11.2014). Rozdílné indexy mezi průměry (sloupce) udávají statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti α = 0,05 (Tukey, ANOVA). Lokalita: Východní Čechy.

stroj	výška (m)		σ
pluh	0,055	a	0,026
hloubkový kypřič	0,050	a	0,028

81

Vliv dlátového kypřiče na pohyb vody v půdním profilu

Foto: Brant

82

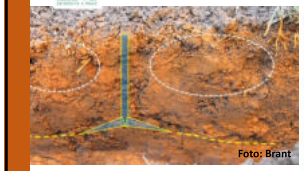
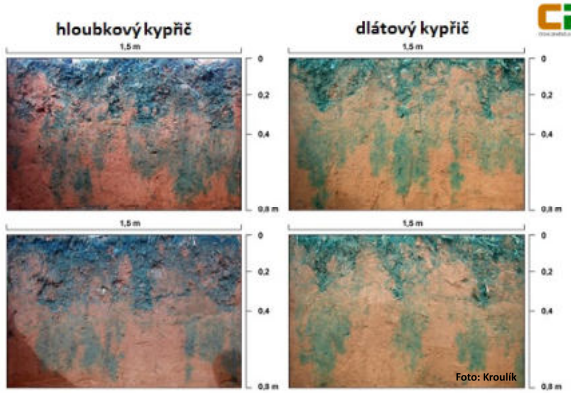


Foto: Brant

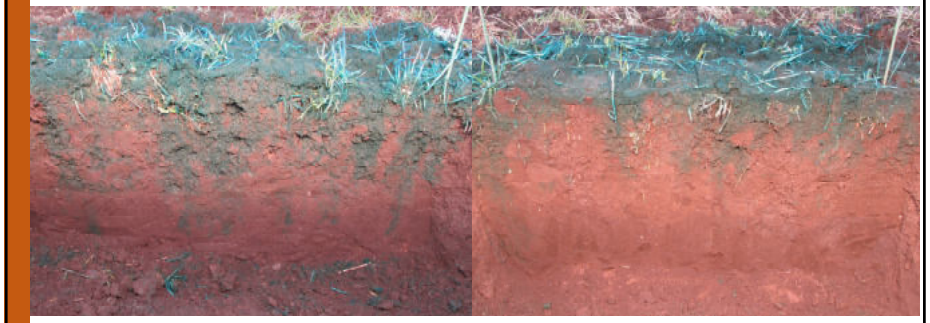
Profil půdy po zpracování hloubkovým kypřičem (28.11.2014). Na obrázku je patrný kypřící efekt kypřící radlice. Žlutá přerušovaná čára dokumentuje zlom mezi zpracovanou a nezpracovanou vrstvou půdy. Světle modrá čára vyznačuje místa s největší koncentrací uložení posklizňových zbytků. Povrch půdního profilu je pro zvýraznění plasticity překryt reflexní barvou. Lokalita: Východní Čechy



Simulace infiltrace vody do půdy metodou modré infiltrace na plochách zpracovaných hloubkovým kypřičem (vlevo) a dlátovým kypřičem (vpravo) 27.3.2015. Lokalita: Střední Čechy

83

Vliv hloubkového kypření na infiltraci vody do půdy – hloubkové kypření 0,5 m a 0,2 m – podzim 2015



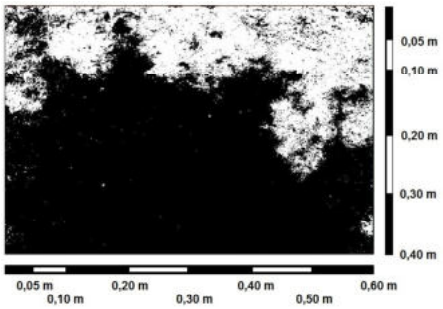
hloubka kypření 0,5 m

hloubka kypření 0,3 m

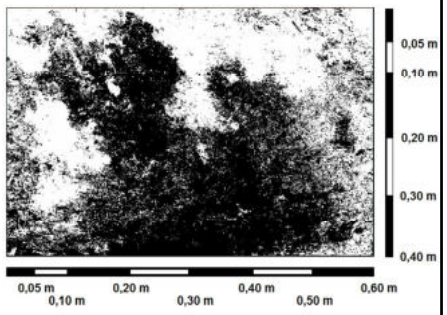
84

Preferenční proudění vody v půdě ve vazbě na její zpracování nebo zhutnění

Infiltrace obarvené vody (bílá barva prezentuje infiltrovanou vodu).



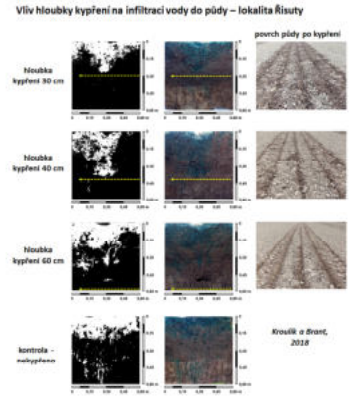
Náhodné přejezdy

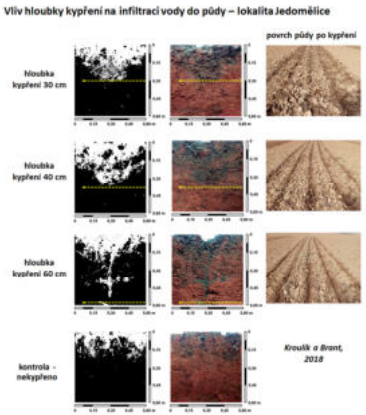


Půdní profil nezatížený přejezdy

85

Vliv rozdílné hloubky kypření na infiltraci vody do půdy a na stav povrchu půdy po zpracování, kypření bylo provedeno kypřičem Krtek (Farmet). Lokalita Řisuty a Jedomělice.

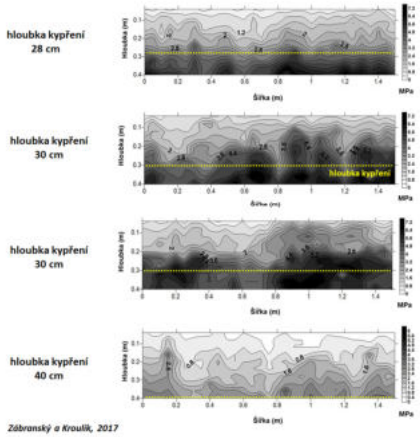




86

Vliv hlubokého kypření na hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) v porostech ozimé řepky na jaře. Kypření bylo provedeno kypřičem Bednar Terraland TN.

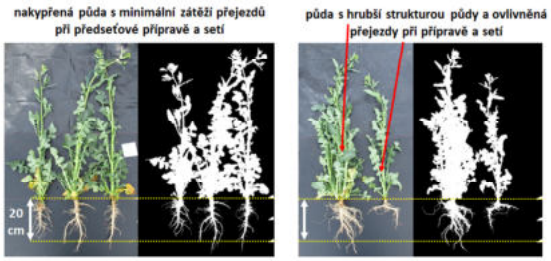
Vliv kypření půdy pod hranicí hloubky 25 cm provedeným před výsevem ozimé řepky kypřičem s poloparabolickými slupicemi na hodnoty penetračního odporu půdy (MPa) na rozdílných lokalitách. Hloubka kypření vycházela z hloubky orničního profilu a vlastností podorniční. Hodnocení proběhlo v době kvetení řepky ozimé (duben)



87

Vývoj kořenového systému ozimé řepky po kypření do hloubky 40 cm před setím kypřičem s poloparabolickými slupicemi

Vývoj kořenového systému ozimé řepky po kypření do hloubky 40 cm před setím kypřičem s poloparabolickými slupicemi



Brant, 2017

88

Pásové zpracování ke kukuřici seté

- Nakypření půdy

nakypřená zóna půdy v závislosti na technologii pásového zpracování půdy

frézové pásové zpracování půdy (Rotor Strip Till)

pásové zpracování půdy (Kultistrip)

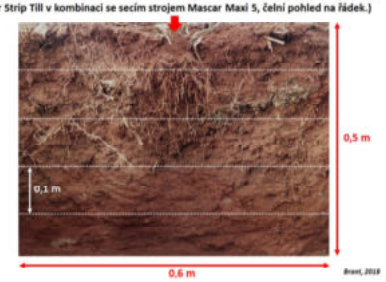
Brant, 2018

89

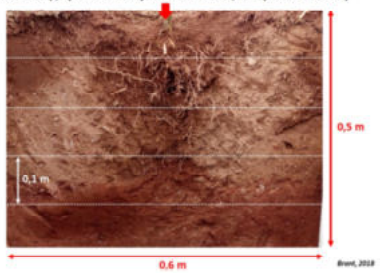
Pásové zpracování ke kukuřici seté

- Kořenový systém

Rozložení kořenového systému kukuřice seté v půdním profilu. Frézový pásový výsev (Rotor Strip Till v kombinaci se secím strojem Mascar Maxi 5, čelní pohled na řádek.)



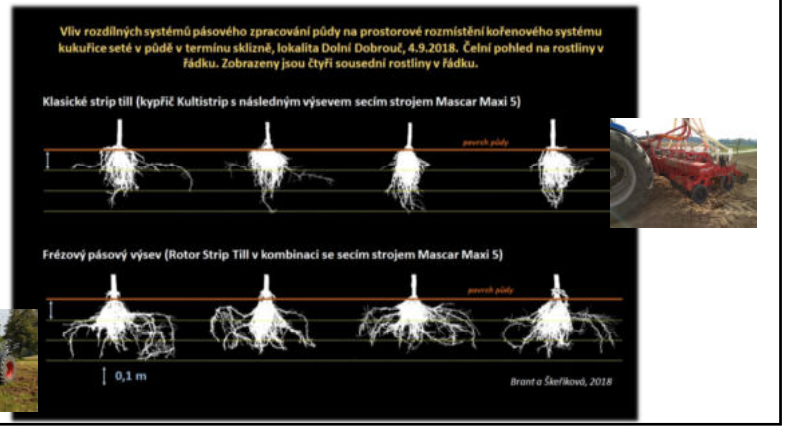
Rozložení kořenového systému kukuřice seté v půdním profilu. Klasické strip till (kypřič Kultistrip, výsev secím strojem Mascar Maxi 5, čelní pohled na řádek.)



90

Pásové zpracování ke kukuřici seté

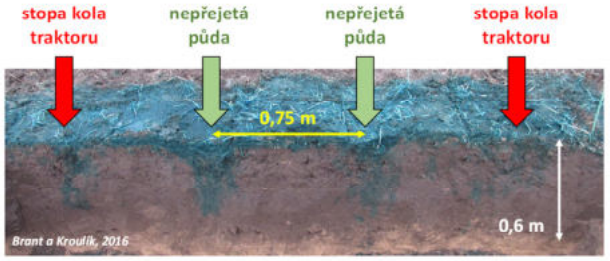
- Kořenový systém



91

Utužení půdy za stopami traktoru

Vliv stopy kola traktoru na hodnoty modré infiltrace.
Rozteč středu řádků 0,75 m (hodnoceno 10. den po provedení kypření).



92

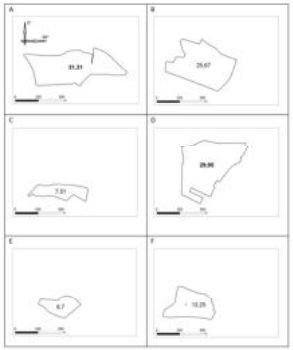
Vliv zpracování půdy na výnos silážní kukuřice v roce 2015

Průměrný počet palic (kusy) na rostlině, průměrná suchá hmotnost rostliny bez palic (g), průměrná suchá hmotnost palic (g), průměrná výška rostliny (m), počet rostlin na ha (kusy) a výnos suché nadzemní biomasy (t/ha) v termínu sklizně 15.9.2015. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci v rámci sloupce (ANOVA, α = 0,05).

Technologie	Počet palic na rostlině (ks)		Suchá hmotnost rostliny bez palic (g)		Suchá hmotnost palic na rostlině (g)		Suchá hmotnost celé rostliny (g)		Výška rostliny (m)		Počet rostlin na ha při sklizni (kusy/ha)		Výnos suché biomasy (t/ha) 100% sušina	
Dlátový kypřič	2	a	95.8	a	102.4	ab	198.1	a	2.269	a	82500	a	16.34	a
Hloubkový kypřič	2	a	96.9	a	66.0	a	162.8	a	2.360	ab	86667	a	14.11	a
Strip jaro	2	a	103.9	a	99.2	ab	203.1	a	2.548	b	84167	a	17.09	a
Strip podzim	2	a	102.4	a	114.5	b	216.9	a	2.445	ab	86667	a	18.80	a

93

Optimalizace trajektorií

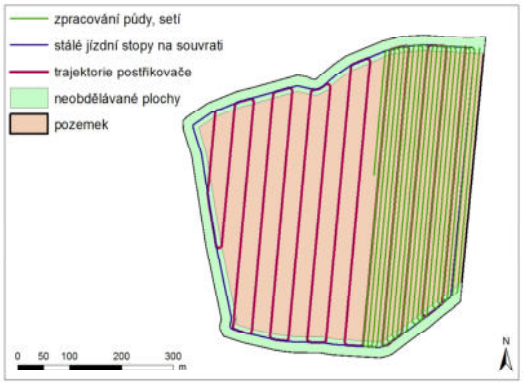


Příklady pozemků a jejich tvarových odlišností vstupujících do hodnotících analýz, jejichž výsledky jsou uvedeny v grafu 2 a v tabulce 5 (Kapička a kol., 2017).

Vliv směru jízdy při známém tvaru pozemku na pracovní využití soupravy (Kapička a kol., 2017)

pozemek	výměra (ha)	protisměrné otočky	směr jízdy (°)	ujetá vzdálenost (m)	pracovní jízdy (%)	otočky (%)	poměr otočky/pracovní jízdy
A	31,31	ne	95	17553,21	91,36	8,64	0,09
		ano	100	18050,15	88,58	11,42	0,13
B	25,67	ne	105	15090,54	94,89	5,11	0,05
		ano	110	15526,77	92,75	7,25	0,08
C	7,51	ne	115	4802,71	87,35	12,65	0,14
		ano	105	5054,39	86,02	13,98	0,16
D	29,9	ne	110	18091,60	92,46	7,54	0,08
		ano	110	18184,66	91,99	8,01	0,09
E	6,7	ne	105	783,32	47,49	52,51	1,11
F	13,25	ne	90	8053,11	92,85	7,15	0,08
		ano	90	8116,08	92,13	7,87	0,09

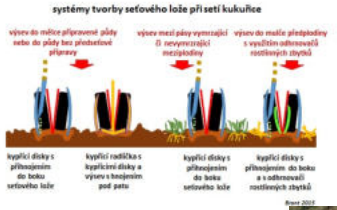
94



Soustředění trajektorií pracovních souprav na souvrati do trvalých stop, které přispěje k nekontrolovanému zatížení půdy a umožní cílenou efektivní nápravu v místech trvalých přejezdů (Brant a kol., 2018b).

95

Založení porostů bez předseťové přípravy?



Po zasetí

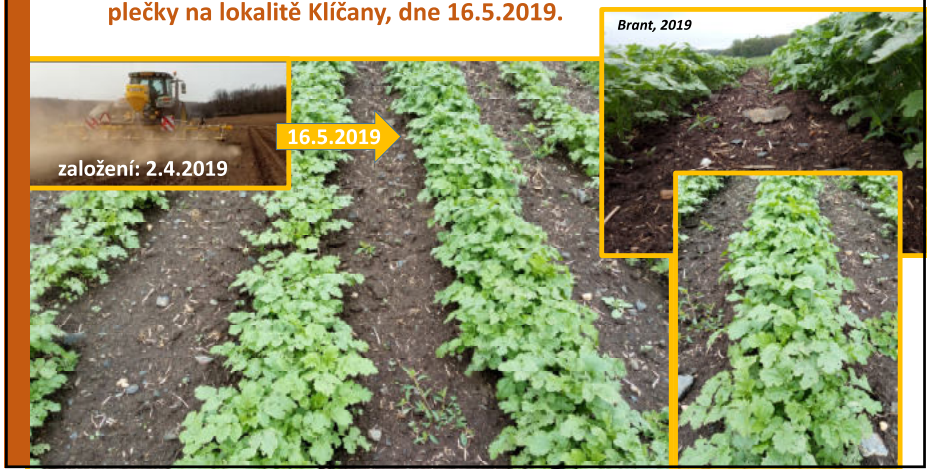
Před setím

Výsev kukuřice

Spolupráce ČZU + Farmet

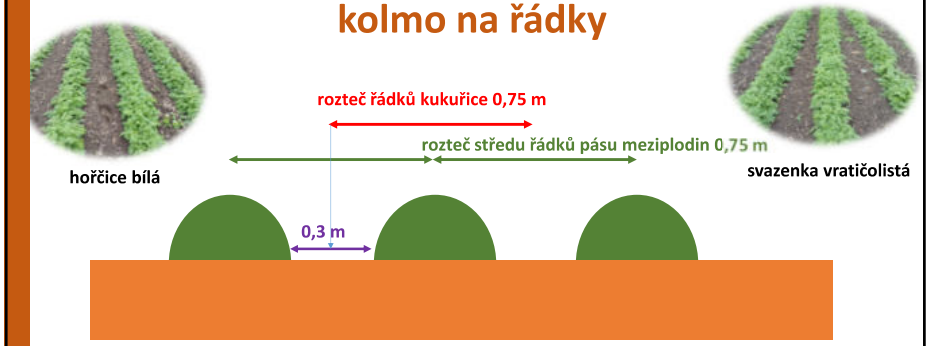
96

Stav porostů hořčice bílé založených pásovým výsevem pomocí plečky na lokalitě Klíčany, dne 16.5.2019.



97

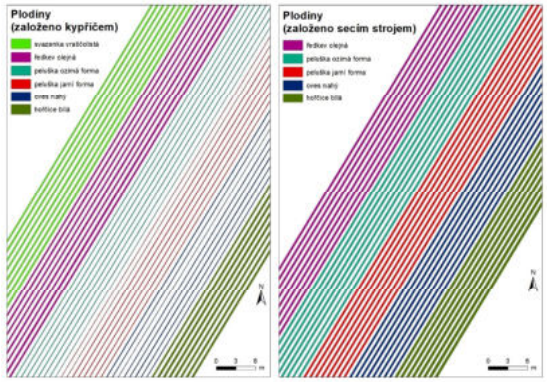
Profil porostů hořčice a svazenky v pohledu kolmo na řádky



Brant, 2019

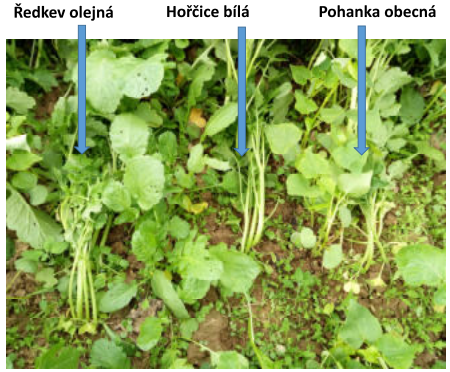
98

Grafické znázornění reálné pokryvnosti půdy v závislosti na způsobu založení pásů meziplodin (vlevo– modifikovaná plečka, vpravo – secí stroj) a v závislosti na vysetém druhu – výřez z pokusného půdního bloku (Kroulík a Brant, 2019)



99

Cílené výsevy meziplodin – cukrová řepa (Bučina)



100

Eroze půdy

101

Eroze půdy - vodní eroze

Hydrologické principy vodní eroze

Při srážkách dopadá jejich část skrze porost přímo na povrch půdy (*direct throughfall*). Část srážek se odpaří zpět do atmosféry (*interception*) a část dopadá na půdu z povrchu listů (*leaf drainage*) nebo stéká po kmeni (stonku, lodyze apod.).

Přímé srážky a odtok z listů jsou základem ***splash*-eroze**. Srážková voda se kumuluje v prohlubních na povrchu pozemku nebo se vsakuje do půdy a vytváří zásobu vody v půdě, případně (hlubší vsakování vody) zvyšuje množství podzemní vody v půdě.

Jestliže na půdu dopadá větší množství vody, než je schopna přijmout, začíná se voda hromadit na jejím povrchu a dochází k **povrchovému odtoku** (*interflow*). Při zvýšené intenzitě povrchového odtoku dochází k povrchovému odnosu půdy (*wasch*) a následně k **rýhové** a **výmolové erozi** půdy.

102

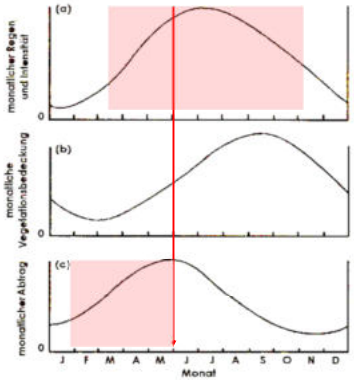


Abb. 1.3 Jahreszeitliche Zyklen von Niederschlag, Vegetationsdecke und Abtrag in einem semi-humiden Klima (nach KIRKBY, 1980a)

Roční cyklus srážek, rostlinného pokryvu půdy a odnosu půdy v podmínkách semiaridního klimatu

103

Infiltrace

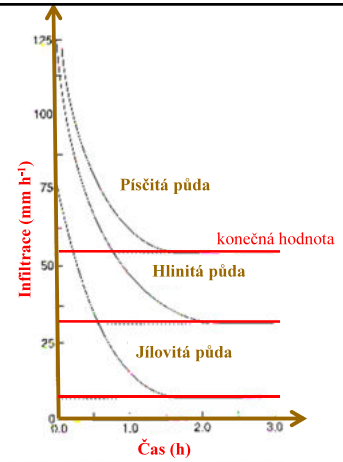


Abb. 2.1 Typische Infiltrationsraten für verschiedene Böden (nach WITHERS & VIPOND, 1974)

Typické hodnoty infiltrace pro různé typy půd

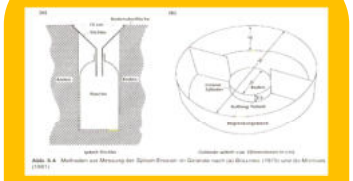
104

Splash

Dešťové kapky působí na půdní částice, na které přenáší svoji kinetickou energii. Přenos energie dešťových kapek na povrch půdy (na půdní částice) je spojen s jejím dvojím působením.

Jedná se o soustředné síly podílející se na zhutnění půdy a o degradační působení spojené s rozstřikem vody do stran po dopadu a jejím následným sléváním.

***Splash* - princip měření**

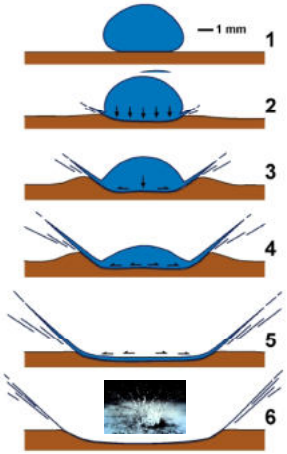


Výpočet rozstříknutého množství materiálu na jednotku plochy (***MRS***, **g cm^{-2}**):

$$MRS = MS \cdot e^{0{,}054 \cdot D}$$

MS je naměřené množství *Splash* (**g cm^{-2}**), ***D*** je průměr *Spalsh-cupmetru* nebo trychtýře (**cm**), dle Poesen a Torri, 1988.

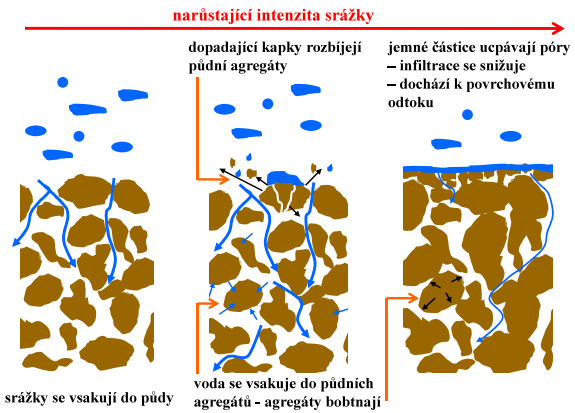
105



1. přibližně 4 mm velká kapka dopadá na povrch půdy s rychlostí kolem 9 m s^{-1}
2. během krátké doby (μsec) vyvine silný tlak, který může zhutnit půdu …
3. … a deformovat povrch půdy
4. nevsáknutá voda se roztéká do stran rychlostí, která odpovídá přibližně dvojnásobku pádové rychlosti
5. přitom vznikají silné posuvné síly, které zároveň posunují půdní částice
6. rozstříknuté kapky s vyplavenými půdními částicemi jsou rozstřikovány do výšky a vzdálenosti až 1,5 m

106

Vliv deště na půdu



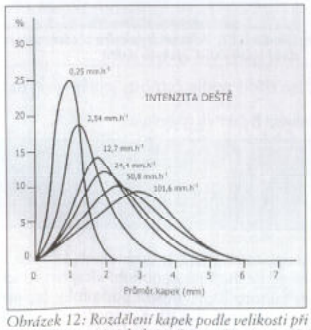
107

Reakce půdy na srážkovou událost závisí na obsahu vody v půdě, strukturním složení a na intenzitě srážky. Nastat mohou tři situace (Le Bissonnais, 1990):

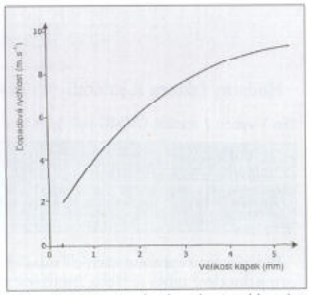
1. Je-li půda suchá a vysoká intenzita srážky, dojde rychle k rozpadu agregátů. To způsobí uzavření vzduchu v půdě a k omezení transportu vody. Infiltrace rychle klesá a dochází k odtoku vody.
2. Jsou-li agregáty na začátku deště částečně zvlhlé, nebo je nízká intenzita deště, rozpadají se agregáty na menší agregáty. Klesá drsnost povrchu, ale infiltrace probíhá díky prostorům mezi malými agregáty.
3. Agregáty jsou nasáklé vodou. Kapacita infiltrace závisí na propustnosti půdy pro vodu. Pro rozplavení povrchu půdy je potřeba vysoké intenzity srážek.

108

Velikost kapek a jejich dopadová rychlost



Obrázek 12: Rozdělení kapek podle velikosti při různých intenzitách deště (Laws, Parsons – 1943)



Obrázek 13: Maximální dopadová rychlost dešťových kapek v závislosti na jejich velikosti (Laws – 1941)

109

Struktura půdy

Půdní struktura vzniká jako výsledek spojování minerálních částic půdy, které vytvářejí stmelené shluky - **agregáty.**

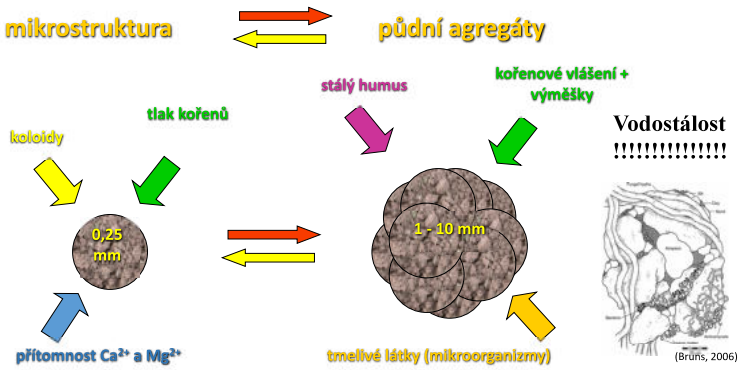
Podle velikosti a tvaru těchto agregátů dostává půda určitý vzhled.

Struktura půdy zajišťuje optimální hodnoty **pórovitosti** půdy.

Spojení obstarávají **huminové látky humusu obsahující vápník (tmelivé látky), látky vzniklé působením baktérií, filamenta aktinomycet a hyfy hub a další faktory.**

110

Vznik půdní struktury



111

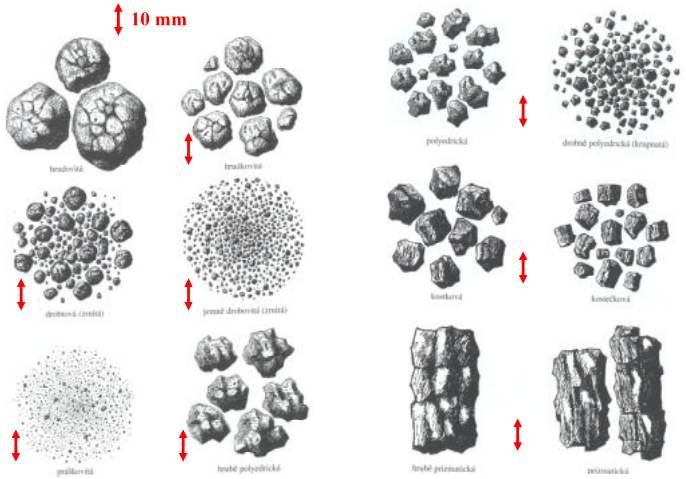
Strukturní stav humusového horizontu (A)
- středně těžké až těžké půdy

Strukturní půda	Nestrukturní půda
Při infiltraci je počáteční rychlost infiltrace je vysoká a poté mírně klesá.	Počáteční rychlost infiltrace nižší a později rychle klesá.
Kapiláry jsou existencí agregátů přerušeny a výparem se po přesušení elementární vrstvy pozvolněji ztrácí voda ze spodních vrstev.	Srážková vody se ztrácí povrchovým odtokem a výparem a nedostatečně zvlhčuje půdu. Kontinuální kapilární póry přivádějí rychle vodu do přeschlé elementární vrstvy .
Dobrý poměr mezi kapilárními a nekapilárními póry , kapilární póry dlouhodobě poutají vodu a nekapilární zajišťují výměnu vzduchu.	Převaha kapilárních pórů, která zvyšuje náchylnost k zamokření ve vlhkém období a vzniká riziko redukčních procesů .
Lepší mikrobiální aktivita a eliminace tvorby půdního škraloupu.	Nižší mikrobiální aktivita a vznik půdního škraloupu omezujícího výměnu vzduchu.
Vhodnější podmínky pro růst kořenů.	Horší podmínky pro růst kořenů.

(Kutílek et al., 2000)

112

Typy půdní struktury (Tomášek, 2007)



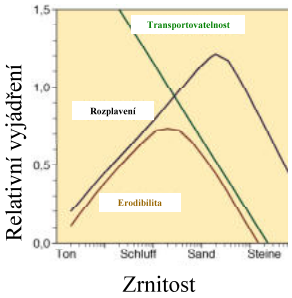
113

Erodibilita - schopnost odolávat eroznímu působení je v širším pojetí dána fyzikálními vlastnostmi půdy (**zrnitostní složení, struktura, obsah organické hmoty**, apod.) a způsobem jejího využívání, ke kterému patří organizace půdního fondu, **druh vegetačního krytu**, **používaná agrotechnika**, atd.

Rozplavování půdy narůstá s poklesem obsahu jílu a organické hmoty, kteří stabilizují půdní agregáty, a s poklesem kamenů na povrchu půdy, které chrání půdu před kapkami deště.

Transportovatelnost půdy roste s poklesem infiltrační schopnosti půdy a při výskytu malých půdních částic vzniklých rozplavením půdy .

Rozplavení půdy a její transportovatelnost jsou srovnatelné na půdách bez kamenů a na prachových půdách.



114

Přípustná délka svahu Lp

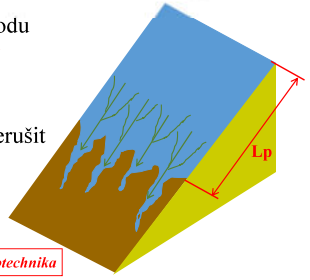
Při dosažení L_p dochází k přechodu plošného odtoku na soustředěný

V místě dosažení L_p je nutné přerušit odtok pomocí PEO

Cíl:

zachytit a odvést vodu nebo zajistit infiltraci

agrotechnika



Míra erozní ohroženosti pozemku

- Největší vzdálenost od rozvodnice (nebo od místa vzniku nebo přerušení povrchového odtoku) k místu na svahu, ve kterém:

a) ještě nedochází k přechodu plošného povrchového odtoku v odtok soustředěný (*používané kriterium*)

b) ještě není překročena přípustná ztráta půdy erozí.

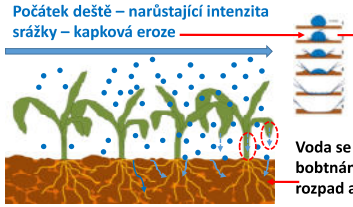
Přípustná délka svahu je jedním z kriterií, které lze použít pro posouzení míry erozní ohroženosti pozemku.

115

Vodní eroze - princip

Počátek deště – narůstající intenzita srážky – kapková eroze

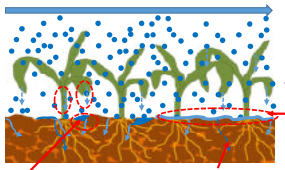
tlumící efekt listů a rostlinných zbytků na povrchu půdy



Voda se vsakuje, bobtnání a rozpad agregátů

Při srážce dopadá její část skrze porost přímo na povrch půdy, část srážek se odpaří zpět do atmosféry (intercepce) a část dopadá na půdu z povrchu listů nebo stéká po stonku, lodyze apod.

Kumulace vody na povrchu půdy – povrchový odtok – soustředný odtok



odtok, funkce kořenů

mikroreliéf

změny horní vrstvy půdy = pokles infiltrace

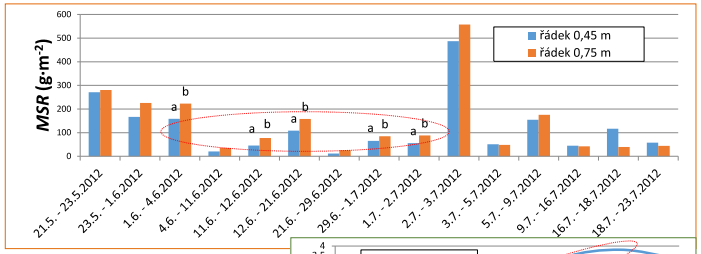
Voda se kumuluje v prohlubních na povrchu půdy nebo se vsakuje. Jestliže na půdu dopadá větší množství vody, než je schopna přijmout, začíná se voda hromadit na jejím povrchu a dochází k povrchovému odtoku.

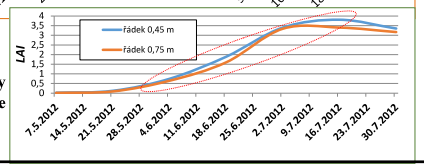
Zvýšená intenzita odtoku = odnos půdy, následně dochází k rýhové a výmolové erozi.

116

Vliv distribuce srážky na hodnoty kapkové eroze

Hodnoty kapkové eroze jsou vyjádřeny jako množství rozstříknuté zeminy na jednotku plochy (*MSR*, g·m^{-2}) za hodnocené období v roce 2012. Odlišné indexy nad sloupci označují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α = 0,05 mezi průměry. Mezi sloupci bez indexů nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl.



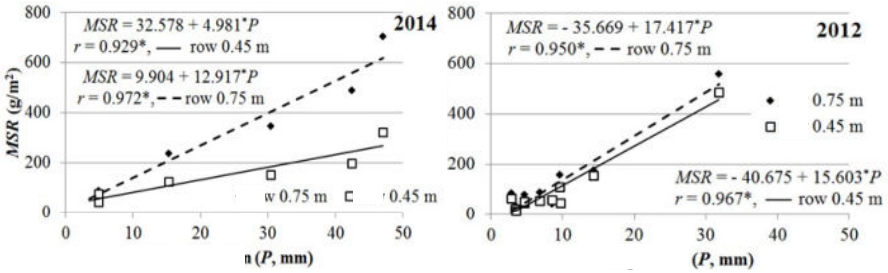


Hodnoty indexů listové plochy (*LAI*) v porostech kukuřice s rozdílnou šířkou řádků.

(Brant a kol. 2012)

117

Vliv srážky (*P*, mm) na hodnoty kaplové eroze (*MSR*, g/m2) v závislosti na rozteči řádků (0,45 m a 0,75 m)



- struktura porostu, rozložení listů, intenzita a suma srážky a další faktory

nepublikováno

118

Eroze půdy - větrná eroze

Vítr proudící přes povrch půdy uvádí v důsledku zvyšující se rychlosti na základě působení tlaku a zdvižné síly půdní částice do pohybu

Způsob pohybu částic je závislý na jejich velikosti: vznik

suspenze

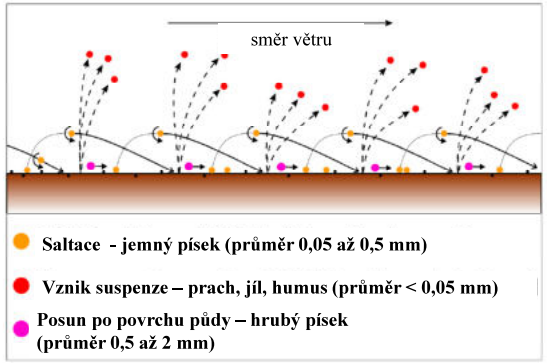
saltace

posun po povrchu půdy

velikost částic

119

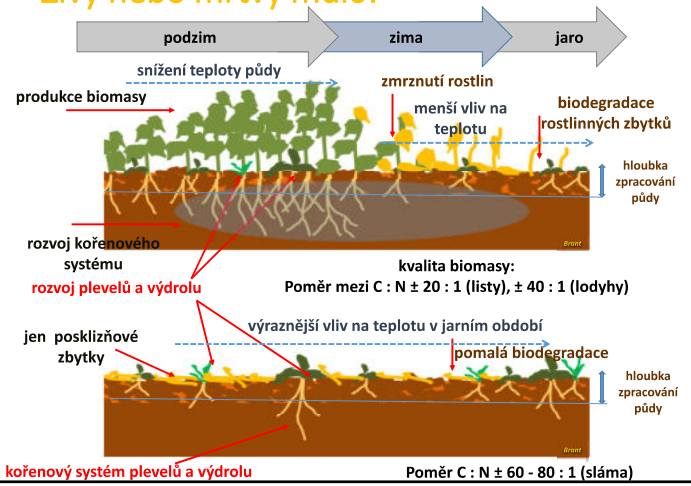
Princip větrné eroze



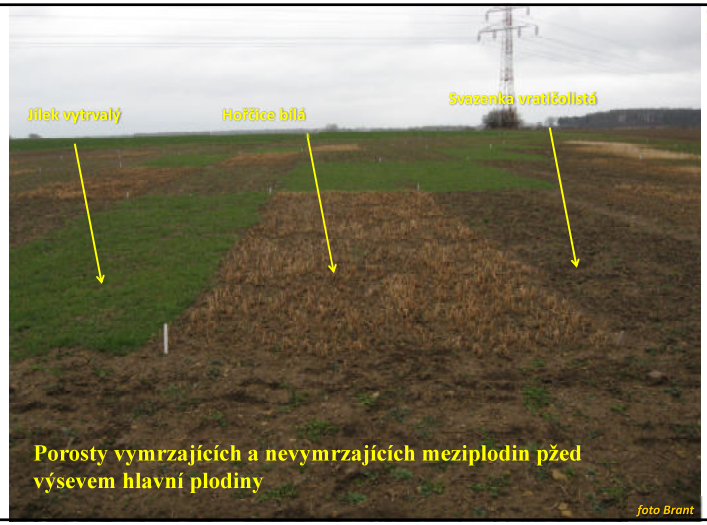
Schack-Kirchner (2005)

120

Živý nebo mrtvý mulč?



121

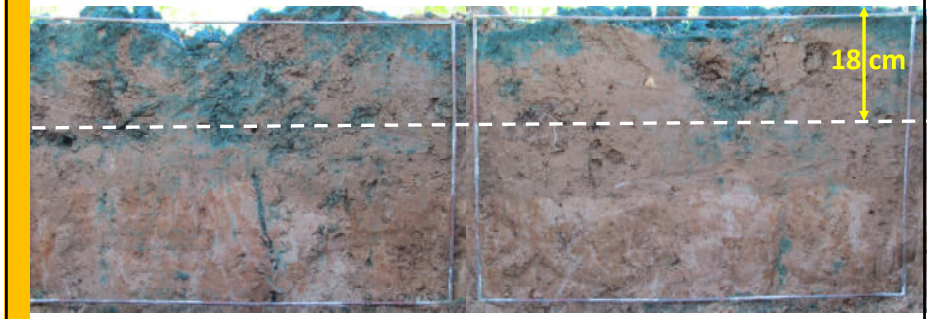


122

Kultivace během vegetace – kukuřice 2016

Vliv kypřícího dláta na infiltraci - nepřejeto

Vliv kypřícího dláta na infiltraci – stopa traktoru

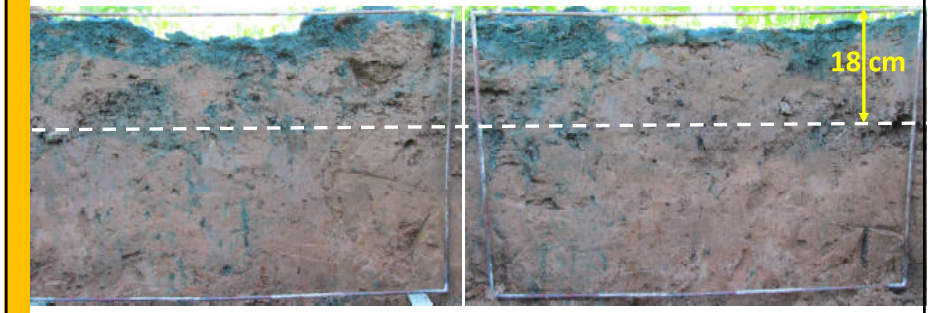


123

Kultivace během vegetace – kukuřice 2016

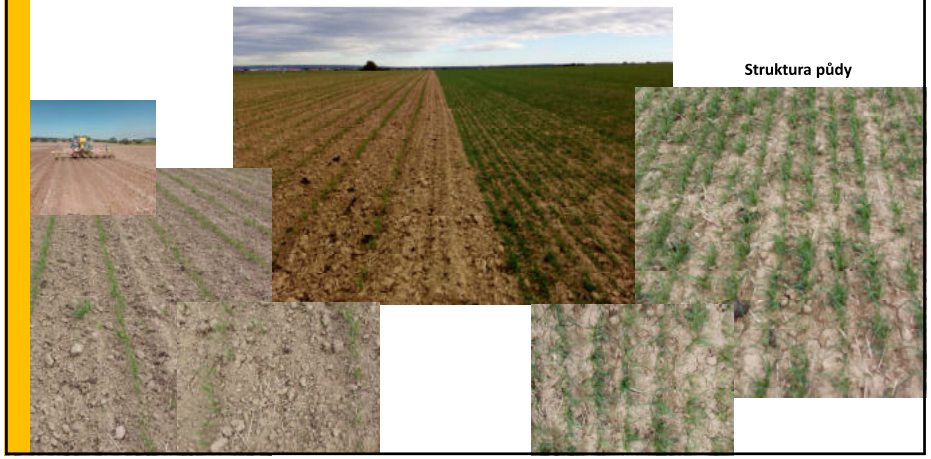
Vliv kypřící radličky na infiltraci - nepřejeto

Vliv kypřící radličky na infiltraci – stopa traktoru



124

Pásové výsevy obilnin pro kukuřici setou – Dolní Újezd



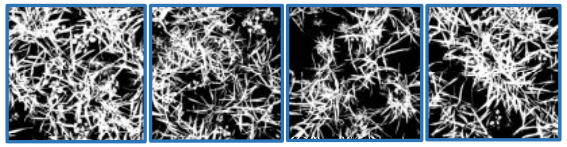
125

Stav porostů obilnin – tvorba vegetačního krytu pro strip till (Herálec – 26.3.2019), výsevek činil 100 kg/ha

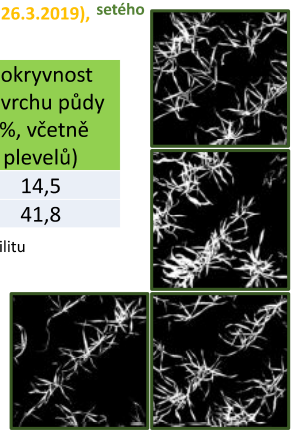
obilnina	termín výsevu	počet rostlin na m2 (kusy)	počet odnoží na rostlině (kusy)	pokryvnost povrchu půdy (%, včetně plevelů)
žito seté	16.10.2018	200	3,7	14,5
pšenice setá*	10.09.2018	443	3,5	41,8

*porost pšenice seté vykazoval v závislosti na půdních podmínkách značnou variabilitu

porost pšenice seté – černá barva je povrch půdy



porost žita setého



Brant a Zábranský, 2019

126

Stav zaplevelení porostů obilnin – tvorba vegetačního krytu pro strip till (Herálec – 26.3.2019)

Zaplevelení porostů pšenice		
plevelný druh	průměrný počet (kusy/m2)	BBCH fáze
violka rolní	133	16 -19
hluchavky	24	10
lipnice roční	118	12 - 71
ptačinec žabinec	3	17
rozrazil břečťanolistý	2	16

Zaplevelení porostů žita		
plevelný druh	průměrný počet (kusy/m2)	BBCH fáze
violka rolní	20	12
chundelka metlice	3	12
lipnice roční	8	12
heřmánkovec nevonný	3	12
pohanka opletka	2	10

Brant, 2019

127

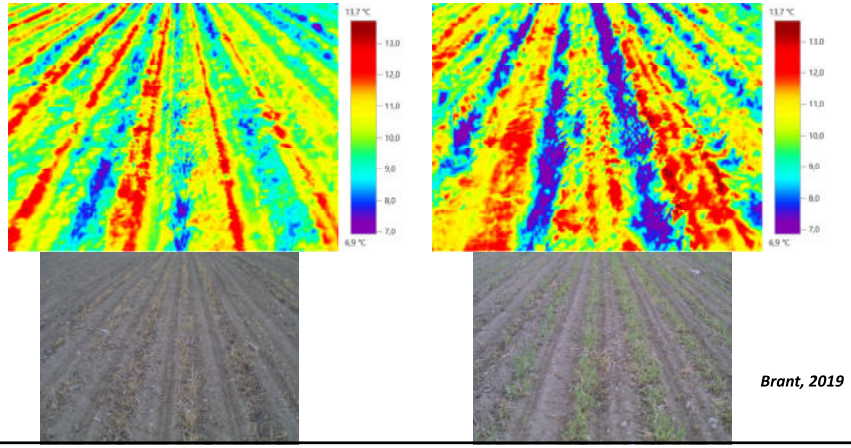
Termín hodnocení: 29.4.2019, aplikace byla provedena 12.4.2019 – plošným výsevem založený porost žita setého na podzim, trip till byl proveden 25.4.2019

Aplikace přípravku Agil (1,5 l/ha)

Aplikace přípravku Roundup Flex (3 l/ha)

128

orost žita setého ozimé v meziřádku regulovaný Roundup Flex (vlevo) a Agil (vpravo) , 7.5.2019. Lokalita Herálec.



Brant, 2019

129

130

Výsev v pozdější fázi kukuřice seté

Zdroj:

131

Pěstování pšenice ozimé s pomocnou plodinou

Cíle technologie
- Eliminace erozních rizik
- Zamezení evaporace po umrtvení hrachu
- Zdroj dostupných živin pro rostliny pšenice – N a P
- Podpora infiltrace během vegetace
- Omezení rozvoje plevelů
- Pozitivní vliv na růst kořene pšenice do půdy

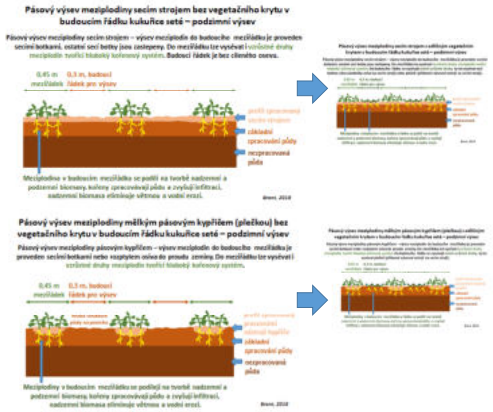
Porost pšenice ozimé s meziřádkovým výsevem ozimé pelušky 13.11.2018 (foto Brant)

132

Pásové výsevy meziplodin pro širokořádkové plodiny

Lokalita Habry

Cíle technologie
- Eliminace erozních rizik
- Zamezení evaporace po umrtvení či vymrznutí meziplodiny
- Zdroj dostupných živin pro rostliny
- Podpora infiltrace během vegetace
- Omezení rozvoje plevelů
- Omezení negativního vlivu meziplodiny na hlavní plodinu



133

Pěstování širokořádkových plodin

Lokalita Habry

Pásový výsev secím strojem – hořčice bílá

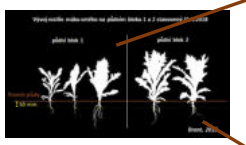
Legislativa nezná pásový výsev

- trend – cílený výsev meziplodin
- secí stroje pro nezávislý výsev dvou až třech plodin (velikost osiva a rozmístění)
- dobré vzcházení a úspora osiva
- náklady na setí zvyšují cenu technologie (úspora osiva, kalkulace živin, snížené náklady na základní zpracování strip till)

134

Mák s pomocnou plodinou

Cíle technologie
- Eliminace erozních rizik
- Zamezení evaporace po umrtvení
- Zdroj dostupných živin pro mák
- Podpora infiltrace během vegetace
- Omezení rozvoje plevelů



Vývoj rostlin máku setého na půdním bloku 1 a 2 stanovený 31.5.2018.

Stav porostů máku na půdním bloku 1 stanovený 31.5.2018 (foto Brant)

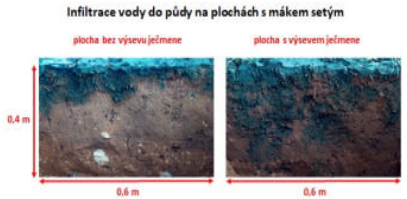
Stav porostů máku na půdním bloku 2 stanovený 31.5.2018 (foto Brant)

Průměrné hodnoty počtu makovic na rostlině (kusy/rostlina), průměrná hmotnost semen v makovici (g), průměrná hmotnost tisíce semen (HTS, g) a výnos semene (t/ha) v termínu sklizně (8.8.2018).

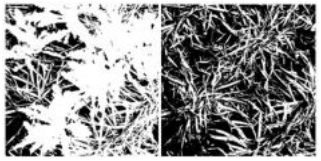
lokalita	ječmen jarní – pomocná plodina	počet makovic na rostlině (kusy)	hmotnost semen v makovici (g)	HTS (g)	výnos semen (t/ha)
PB 1	ne	3,5	2,21	0,40	-
	ano	4,1	2,92	0,52	0,55
PB 2	ne	4,3	2,88	0,52	-
	ano	2,7	2,77	0,51	1,00

135

Mák s pomocnou plodinou



Infiltrace na kontrolní ploše bez přítomnosti ječmene a na ploše s ječmenem (foto Kroulík).

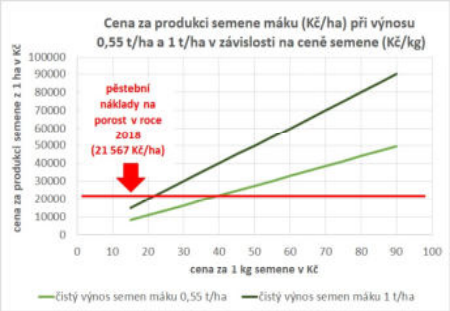


Pokryvnost povrhu půdy na půdním bloku 1. vlevo rostliny máku a ječmene a vpravo pokryvnost ječmene po odstranění rostlin máku 31.5.2018 (Brant a Zábranský, 2018).

Prokořenění půdního profilu na ploše s ječmenem jako pomocnou plodinou (foto Brant).

136

Mák s pomocnou plodinou



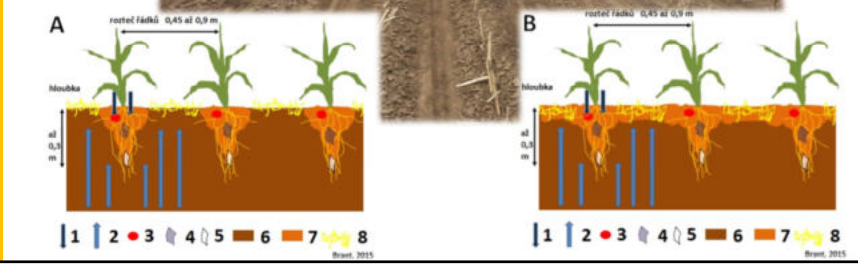
Cena produkce čistých semen máku setého z jednoho hektaru při dosažených průměrných výnosech na hodnocených půdních blocích (0,55 a 1 t/ha) v závislosti na výkupní ceně semene v kg/ha. Červeně je vyznačena hladina nákladů na 1 ha porostu máku setého.

Náklady na založení pomocné plodiny se z důvodu společného výsevu máku setého a ječmene skládaly z ceny osiva jarního ječmene (**795 Kč/ha**) a z nákladů na umrtvení ječmene (**cena herbicidu – 800 Kč/ha a ceny aplikace – 240 Kč/ha – standardní ošetření**). Jejich celková výše činila 1 835 Kč/ha a z celkových nákladů (21 567 Kč/ha) tvořila 8,5 %.

137

Intenzivní strip till

setí do nezpracované půdy,
setí do meziplodiny, setí do pásů meziplodin
Akční plán – HERBICIDY
bez odezvy ze strany MZe



138

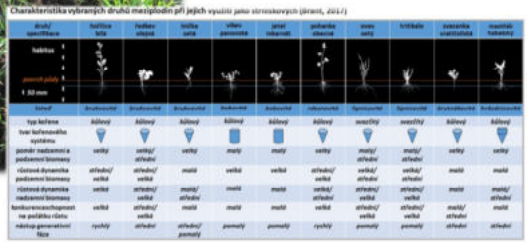
Bio – strip till

- provádění kypření do porostu meziplodiny
- založení meziplodiny po sklizni předplodiny
- podzimní kypření do vymrzající nebo nevymrzající meziplodiny
- využití druhově pestrých směsí – diverzifikace plodin
- kvalitní založení meziplodiny (celoplošné kypření a setí, včetně regulace výdrolu)
- zpracování půdy v meziřádku kořeny rostlin a zdroj přístupných živin z fytomasy meziplodiny
- pozitivní efekt při aplikaci kejdy, digestátu a fugátu – infiltrační schopnost půdy a sorpce živin
- efektivní protierozní ochrana půdy – kombinace mrtvého a živého mulče
- legislativa v ČR - NV 50/2015 ?????
- legislativa v ČR – přehodnocení podmínek pro aplikaci kapalných organických hnojiv

139

Bio- nebo Organic-strip till

Legislativa ??????????
- není přesně definováno,
- práce s biotickými efekty
  - podpora infiltrace
  - eliminace eroze
  - vnos živin organickou hmotou
  - vysoká přístupnost živin
  - živinová „konzerva“
  - práce s meziplodinou



140

Mělké pásové zpracování půdy

- Eliminace vodního stresu
- Omezení přejezdů mechanizace
- Protierozní ochrana
- Hnojení do zóny kořene
- Princip pásového zpracování
- Časové úspory – plošný výkon
- Úspora PHM

141

Hospodaření s půdní vláhou

Meziplodiny – obecný názor = přesušení půdy – není obecně platný

Foto: Brant

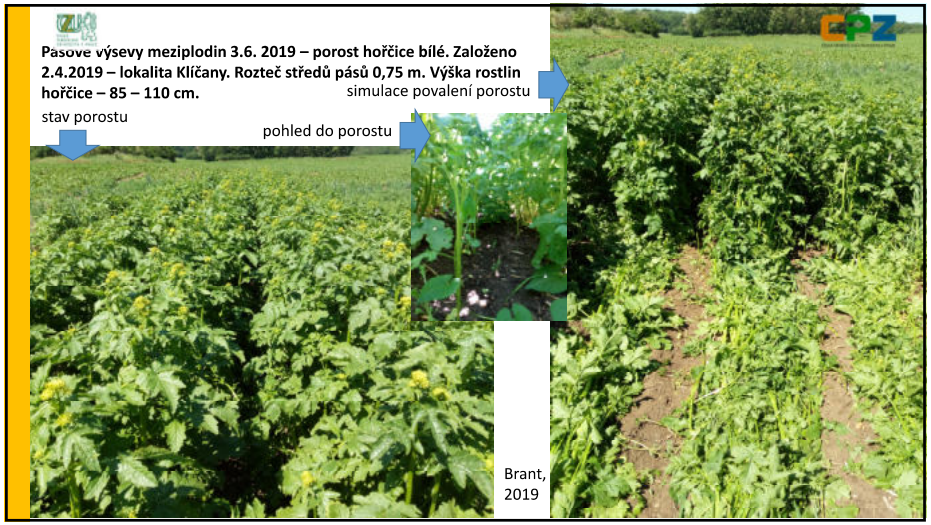
142

Pásové výsevy meziplodin 3.6. 2019 – porost hořčice bílé. Založeno 2.4.2019 – lokalita Klíčany. Rozteč středů pásů 0,75 m. Výška rostlin hořčice – 85 – 110 cm.

stav porostu

pohled do porostu

simulace povalení porostu



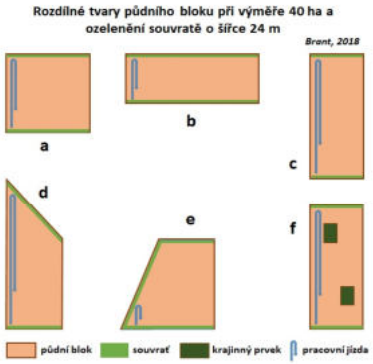
Brant, 2019

143

Velikost půdního bloku – protierozní opatření

- Je nutné rozlišovat plodiny, technologie, pracovní operace a strukturu plodin, včetně velikosti subjektu
- U operací jako je zpracování půdy, setí, ochrana rostlin a listová výživa dochází k poklesu efektivity pracovních souprav se zmenšením plochy
- Zároveň dochází ke zvýšení zatížení půdy přejezdy při poklesu plochy PB
- U aplikace organických hnojiv může nárůst plochy komplikovat odvoz produktů a aplikace organických hnojiv (kapalná a pevná) může klesat efektivita z důvodu plnění aplikátorů a rozmetadel
- Se zvyšováním půdního bloku přibližně do 40 ha spotřeba PHM klesá asi o 5 %, nad tuto hranici poté kolem 1 – 2 % - celkově však spotřeba klesá o desítky litrů na 100 ha
- Snižování výměry je zvýšeno počtem přejezdů po pozemku při nepracovních jízdách a při transportu (přístupnost pozemků)
- Narůstá riziko okrajového efektu s poklesem výměry
- Modely pracují s pravidelnými pozemky
- apod.

144



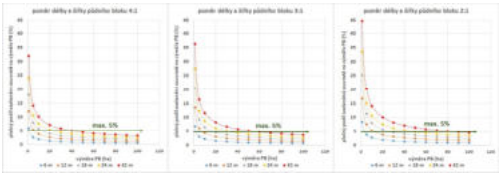
Rozdílné tvary půdního bloku při výměře 40 ha a odlišné způsoby ozelenění souvratě o šířce 24 m (Brant a kol., 2018).

145

Plocha souvratě (ha) a její procentuální podíl na ploše půdního bloku (%) v závislosti na šířce souvratě pro odlišné půdní bloky o výměře 40 ha znázorněné na obrázku 9. (Brant a kol., 2018).

půdní blok		šířka souvratě							
		24 m		18 m		12 m		6 m	
index (viz. obr. 5)	výměra (ha)	výměra souvratě (ha)	podíl plochy souvratě (%)	výměra souvratě (ha)	podíl plochy souvratě (%)	výměra souvratě (ha)	podíl plochy souvratě (%)	výměra souvratě (ha)	podíl plochy souvratě (%)
a	40	3,04	7,60	2,28	5,70	1,52	3,80	0,76	1,90
b	40	4,80	12,00	3,60	9,00	2,40	6,00	1,20	3,00
c	40	1,92	4,80	1,44	3,60	0,96	2,40	0,48	1,20
d	40	2,55	6,37	1,91	4,77	1,27	3,18	0,64	1,59
e	40	4,52	11,30	3,39	8,48	2,26	5,65	1,13	2,83
f*	38,5	1,92	4,99	1,44	3,74	0,96	2,49	0,48	1,25

**výměra je snížena o plochu krajinných prvků*



Vliv šířky ozeleněné souvratě (m) ve vztahu k výměře půdního bloku (ha) na procentuální podíl plochy souvratě na celkové výměře PB (%). Model je spočítán pro obdélníkový tvar pozemku a pro poměr délek a šířek pozemku 4:1, 3:1 a 2:1. Pro srovnání je jako maximální přípustný podíl plochy souvratě na výměře pozemku stanovena hranice 5 % (Brant a kol., 2018b).

146

Nedostatek vody a teplota

147

Počasí - jeho změny, mění se klima?

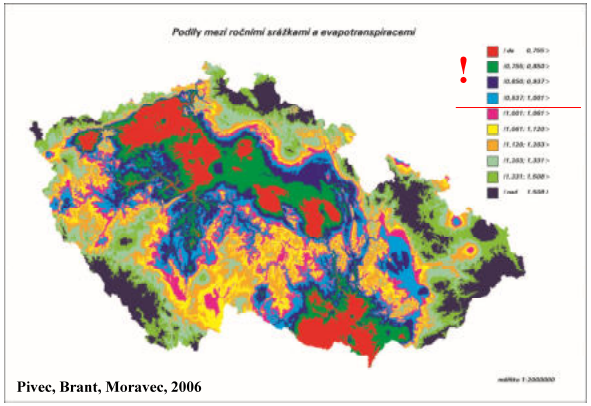
- **Dlouhodobější stav:**
- Jiné rozdělení srážek
- Srážky s vysokou intenzitou během vegetace
- Dopad srážek na suchou půdu
- Prodlužování období beze srážek
- Omezení promyvného režimu půdy
- **Opomíjíme teplotu vzduchu a půdy**

Letošní rok

- chladné jaro, malé srážky (pomalý vývoj porostů a plevelů, oslabené rostliny, omezené fungování herbicidů)
- vysoké teploty v létě, málo srážek – zasychání porostů, předčasné ukončení vegetace, menší odběr živin, nepromyvný režim půdy
- vlhký a teplý podzim – dynamický vývoj rostlin, využití živin předplodiny,

148

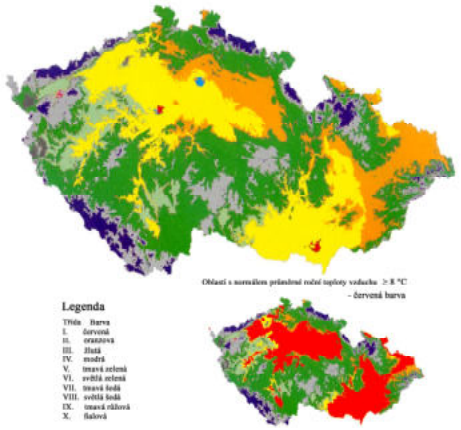
Podíl mezi ročními srážkami a evapotranspirací v letech 1961 – 1990 v 3D modelu na území ČR



Pivec, Brant, Moravec, 2006

149

KLIMATOGRAFICKÁ REGIONALIZACE ČR (mapa tříd I.-X.)



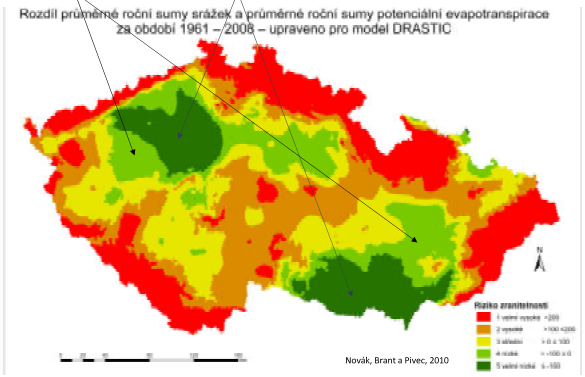
Brant, zpracováno dle Moravec a Votýpka (1998) a materiály ČHMÚ

150

Vláhové podmínky ČR

$P - ET_0$ > - 100 ≤ 0 mm, 15,6 % z území ČR

$P - ET_0$ ≤ - 100 mm, 12,1 % z území ČR



Novák, Brant a Pivec, 2010

Spolupráce ČZU, VÚMOP a ČHMÚ

151

Vodní bilance porostu

vodní bilance zájmového území

srážky + (závlaha) = povrchový odtok a infiltrace + výpar z rostlin a z půdy + Δ obsahu vody v biomase

- variabilita srážky, znalost výše srážky
- závlahy ???
- nové technologie

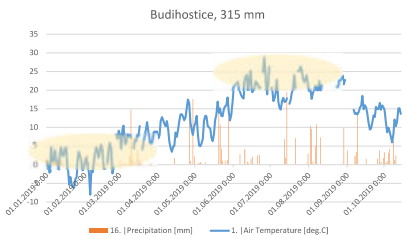
- stav půdy
- Infiltrace a retence
- půdní blok
- zpracování půdy
- struktura porostu
- cílené zadržení vody
- apod.

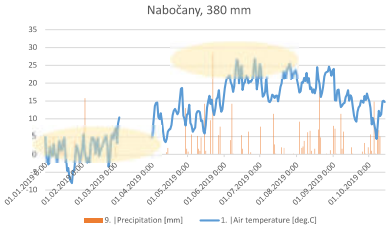
- stav půdy
- struktura porostu
- zpracování půdy
- plodina a odrůda
- mechanismy regulace
- řízení vodního režimu rostliny

- růstová fáze
- obsah vody v půdě
- závlaha
- plodina a odrůda řízení ochranných meganismů
- apod.

152

Vývoj počasí v roce 2019





153

Úvaha – faktory ovlivňující produkci biomasy

- míra efektivity využití vody rostlinami se nezvyšuje (rostou výnosy)
- sklizňové indexy zůstávají stejné
- pozitivní korelace mezi délkou vegetace a produkcí biomasy
- C4 jsou efektivnější v teplých a suchých oblastech – nesplňujeme požadavek na průměrnou teplotu během vegetace (22°C a vyšší)
- omezujícím (řídícím) faktorem je vztah mezi vodou a teplotou

čirok v ČR

faktory limitující vývoj rostlin

adekvátní změny (technologie, odrůdy, plodiny apod.)

154

Možné reakce

- Termínem výsevu určuji délku vegetace a vývoj porostu
- Počtem rostlin určuji produkci jedince (kompenzační schopnost rostliny)
- Reakce rostliny na podmínky stanoviště (rozdíly mezi druhy)
- Počet jedinců rozhoduje o čerpání zdrojů (voda, živiny, prostor apod.)
- Menší počet jedinců může oddálit limitní situaci dostupnosti zdrojů
- Při nedostatku zdrojů jedinec redukuje produkci biomasy a urychluje vstup do generativní fáze – ukončení vegetace
- Lze cíleně ovlivnit vývoj orgánů rostliny a jejich rozložení v prostoru a prostorové rozmístění zdrojů
- Ovlivnění na úrovni agrotechnických postupů

155

Zpracování půdy jako faktor ovlivňující dostupnost vody pro rostliny

- **Primárním faktorem je vliv na pórovitost půdy a na kontinuitu pohybu vody**
- **Není důležité množství vody v půdě, ale její dostupnost pro rostliny**

potenciál půdní vody X vodní potenciál rostliny

potenciál půdní vody Ψ =

Ψmatriční + Ψosmotický + Ψgravitační + Ψpneumatický + Ψzátěžový

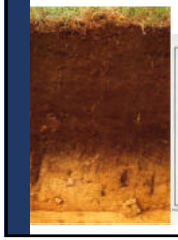
156

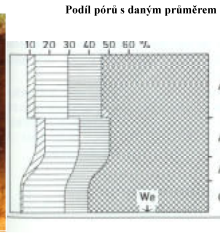
Celkový objem pórů a pórovitost půdy z hlediska půdního profilu

- > 0,05 mm Ø vzdušná kapacita
- 0,01 - 0,05 mm Ø
- 0,0002 - 0,01 mm Ø
- < 0,0002 mm Ø – nedostupná voda
- Pevná fáze půdy

dostupná voda

celkový objem pórů





	% vzdu-chu	pol. kapac. % mm	ob. hmot. g/cm3	OH_c	jíl %	prach %
Ap	8	21 84	1,46	1,66	22	73
Ah	13	22 55	1,36	1,59	25	72
AhCv						
Cv	5	22 77	1,68	1,83	17	81

Zdroj: Diez a Weigelt (1987)

157

Členění pórů dle velikosti průměru

Makropóry > 0,08 mm - **gravitační voda, výměna vzduchu v půdě**, snadné prorůstání kořenů, tvorba životního prostoru pro živočichy

Mezopóry 0,08 - 0,03 mm - voda je držena kapilárními silami, využití **houbami a kořenovým vlášením**

Mikropóry 0,03 - 0,005 mm – často se nachází uvnitř agregátů, zpomalení pohybu vzduchu, využití **bakteriemi**, **případně houbami**, **zadržení vody využitelné pro rostliny**

Ultramikropóry 0,005 - 0,0001mm - uložena uvnitř jílových částic (shluků), **voda nedostupná pro rostliny**

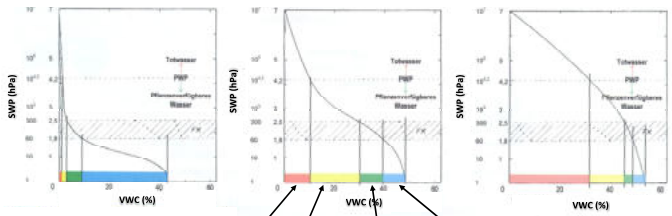
Kryptopóry < 0,0001mm – bez přítomnosti živých organismů, neprostupné pro makromolekuly

Zdroj: Diez a Weigelt (1987)

158

Typické průběhy pF čar pro různé typy půd (zdroj. MMM)

Půdy s vyšším obsahem částic písku | Půdy s vyšším obsahem prachových částic | Půdy s vyšším obsahem jílovitých částic



nedostupná voda | obtížně dostupná voda | dobře dostupná voda | vzduch

159

Hydrolimity

Plná vodní kapacita

- **všechny póry naplněny vodou**

Polní kapacita

- **delší dobu po infiltraci (- 100 Pa)**

Bod snížené dostupnosti

- **přerušení kapilární spojitosti, asi 1/3 mezi polní kapacitou a bodem vadnutí (- 600 Pa)**

Bod vadnutí

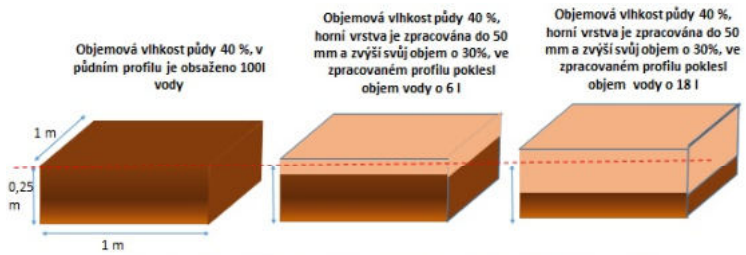
- **vlhkost půdy při které transpirace rostlin převyšuje absorbci vody kořeny a rostliny trvale vadnou**

(- 1,5 MPa)

160

Platí vždy: voda a půda

- Platí po celý rok (základní zpracování půdy až kultivace)
- Pro řádek plodiny a meziřádek
- Pozitivní efekty – omezení výparu, růstu plevelů, infiltrace apod.



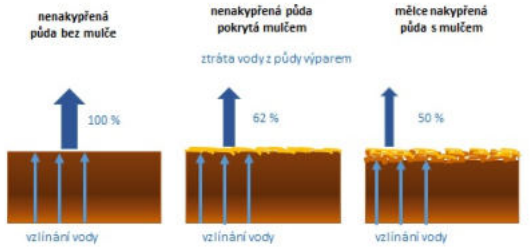
Vliv změny objemu půdy po zpracování na pokles objemu obsažené vody v půdním profilu
- ZPRACOVÁNÍ Půdy snižuje dostupnost vody pro rostliny

161

Platí vždy: voda a půda

- Platí po celý rok (základní zpracování půdy až kultivace)
- Nezapomínat na teplotu a na infiltraci
- Tvorba mulče – aktivní funkce kořenů
- Pozitivní efekty – omezení výparu, růstu plevelů, infiltrace apod.

Eliminace výparu vody z půdního profilu při použití mulče a kombinace mělkého zpracování půdy a mulče



V podmínkách ČR činí evaporace asi 10 – 15 % z evapotranspirace, denní hodnoty evapotranspirace se pohybují v rozmezí 2 – 5 mm

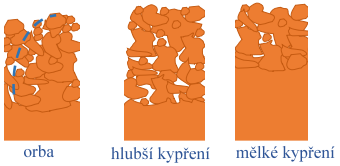
162

Zpracování půdy a stav půdy:

Základní zpracování půdy

suchá půda – hrudovitost

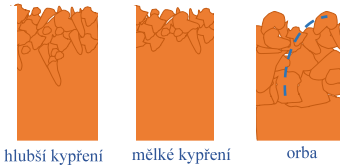
- pokles dostupnosti vody pro rostliny
- !!!! kompakce a rozdrobení hrud
- uložení semen výdrolu
- rozložení posklizňových zbytků



- proces slehnutí …… čas a srážky
- vlhkost a absorpce vody půdou

Vlhká až mokrá půda – riziko utužení

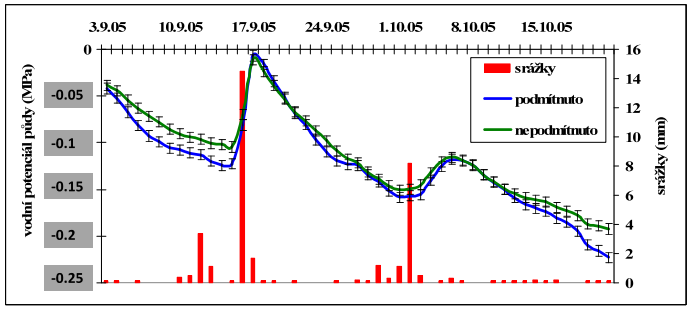
- riziko – předseťová příprava a setí
- následný úbytek vody a výdrol
- lehké a těžké půdy
- možnost ovlivnění založením porostu



- vysoké riziko na těžších a těžkých půdách
- matriční potenciál

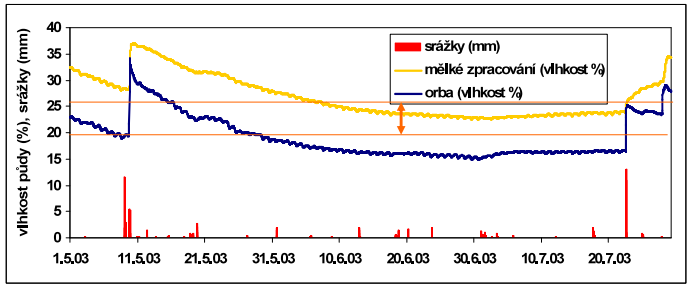
163

Průměrné denní hodnoty potenciálu půdní vody v období od 3.9.2005 do 21.10.2005 (chybové úsečky dokumentují Dmin pro α = 0,05) a hodnoty denních sum srážek.



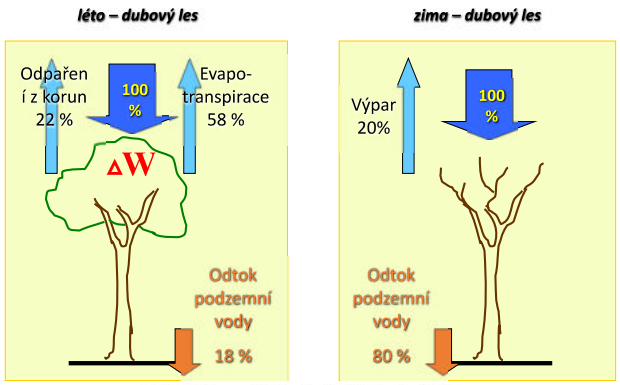
164

Vliv zpracování půdy na hodnoty objemové vlhkosti půdy (%) v porostech ozimé pšenice (hloubka 15 cm)



165

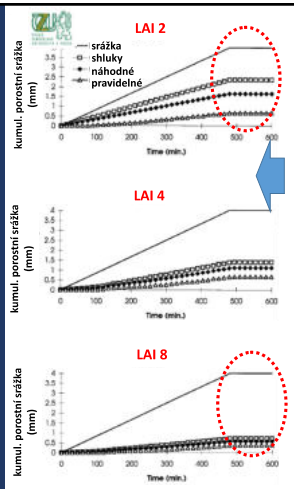
Dostupné srážky pro rostliny



Zjednodušeno podle Schnocka, (1971) a Larchera (1988)

166

Vliv porostu na porostní srážku



Dave a Durocher, 1997

Vliv rozmístění rostlin na pozemku a hodnoty LAI na kumulativní hodnotu porostní srážky (Dave a Durocher 1997).

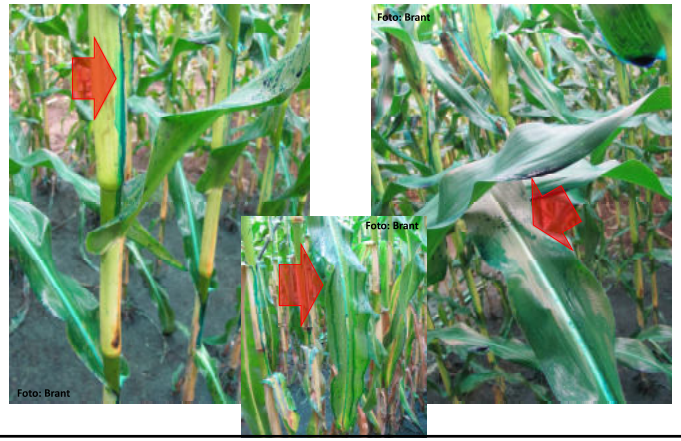
Na zásobení půdní vody má také vliv mezerovitost porostu, protože ta významně zvyšuje porostní srážku a její prostorové rozmístění (Crockford a Richardson 2000).

U bylinných společenstev je přerozdělování srážky ovlivňováno počtem listů, překrýváním listů rostlin a výškou rostlin (Bui a Box 1992).

Paltineanu a Starr (2000) **zjistili, že s postupným stárnutím kukuřice dochází k ohýbání listů vrcholem k povrchu půdy, což má výrazný vliv na množství vody v porostní srážce, vliv má i růstová fáze.**

167

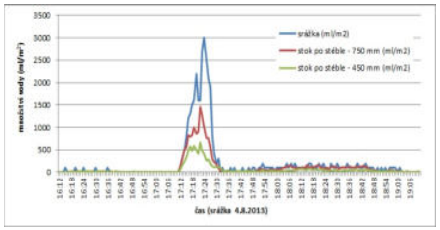
Distribuce srážek porostem – modré zadešťování



168

Měření stoku vody u kukuřice a slunečnice

Kontinuální záznam srážky nad porostem (minutový záznam, ml/m²) a hodnot stoku vody po stéble v hodnocených porostech (minutový záznam, ml/m²) v období od 16:12 do 19:20 dne 4.8.2013 - kukuřice



169

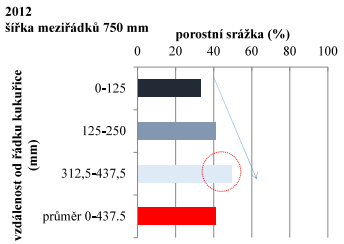
Infiltrace vody stékající po stéble kukuřice

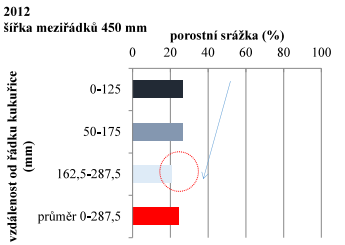
170

Distribuce porostní srážky

Průměrné hodnoty porostní srážky v hodnocených zónách v porostech kukuřice vyjádřeny jako procentuální podíl z hodnoty srážky stanovené nad porostem (srážka nad porostem představuje 100%). Termín hodnocení od 12.6. do 12.8.2012

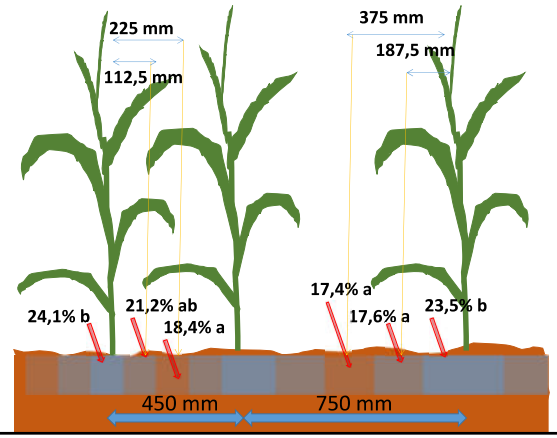
(Brant a kol. 2012)





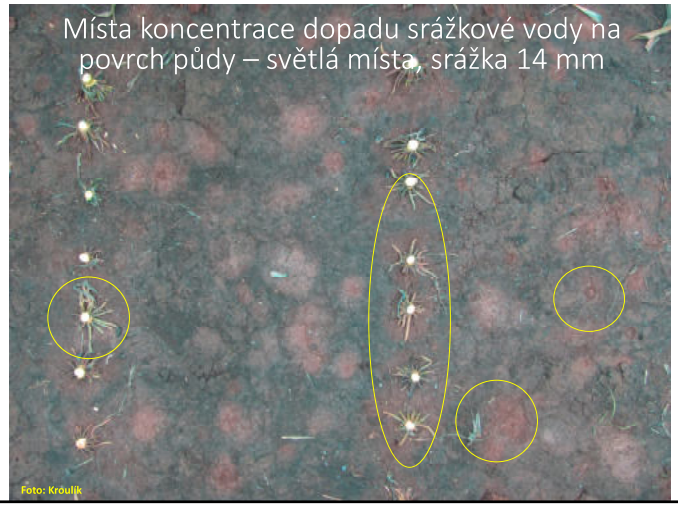
171

Vliv distribuce srážek na hodnoty objemové vlhkosti půdy (%)



(Brant a kol. 2013)

172

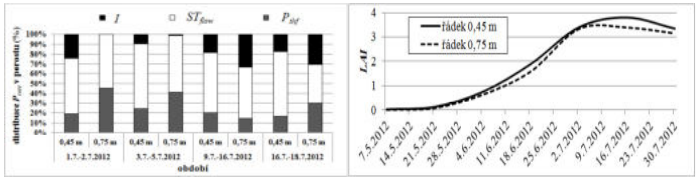


173

Intercepce

Část srážkové vody je zachycena rostlinným pokryvem. Tato voda není dále transportována do půdy a dochází k odparu z listů.

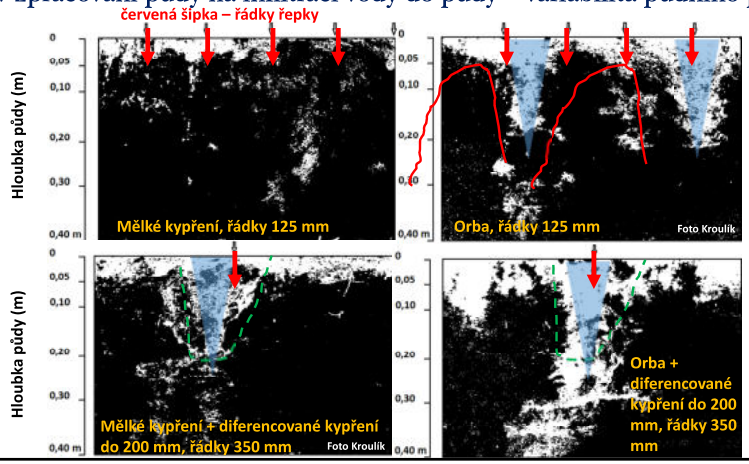
- Upřesnění vodní bilance porostu, vliv na erozní procesy, rozvoj chorob, energetická bilance agrofytocenóz.



Hodnoty jednotlivých složek distribuce srážek v porostech kukuřice seté v závislosti na šířce řádku vyjádřené jako procentuální podíl na srážce (P_{corr} = 100%) – intercepce (I, %), stok po stéble (ST_{flow}, %) a porostní srážka (P_{thf}, %) pro hodnocená období. *Hodnoty* LAI *stanovené pro období od 7.5. – 31.7.2012.*

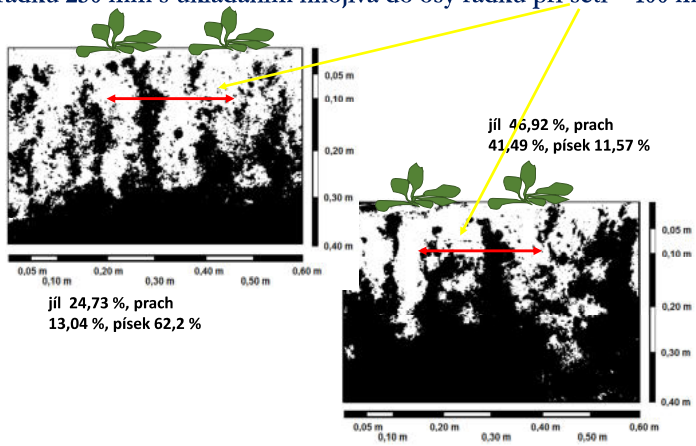
174

Vliv zpracování půdy na infiltraci vody do půdy – variabilita půdního profilu



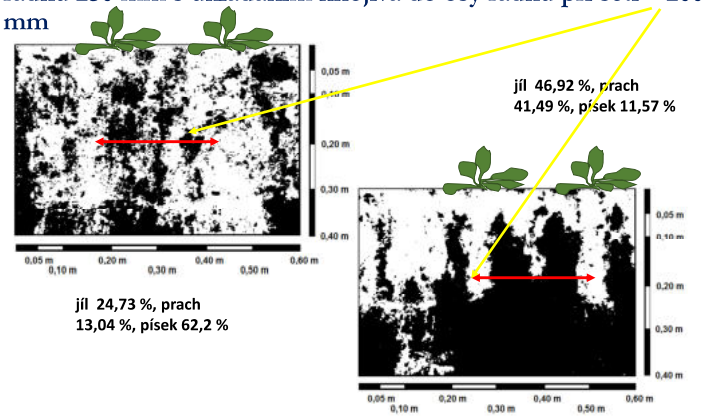
175

Infiltrace vody do půdy na plochách s ozimou řepkou, rozteč řádků 250 mm s ukládáním hnojiva do osy řádku při setí – 100 mm



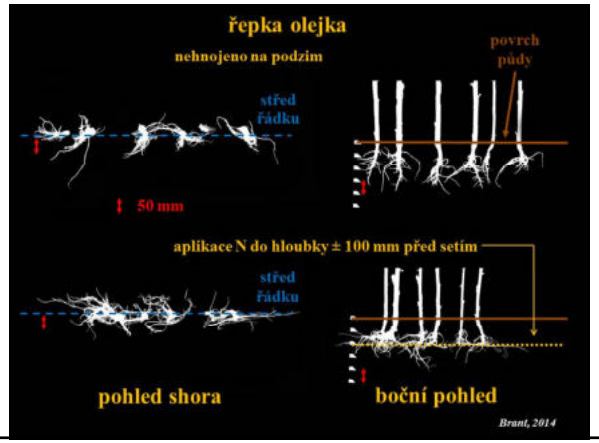
176

Infiltrace vody do půdy na plochách s ozimou řepkou, rozteč řádků 250 mm s ukládáním hnojiva do osy řádku při setí – 200 mm



177

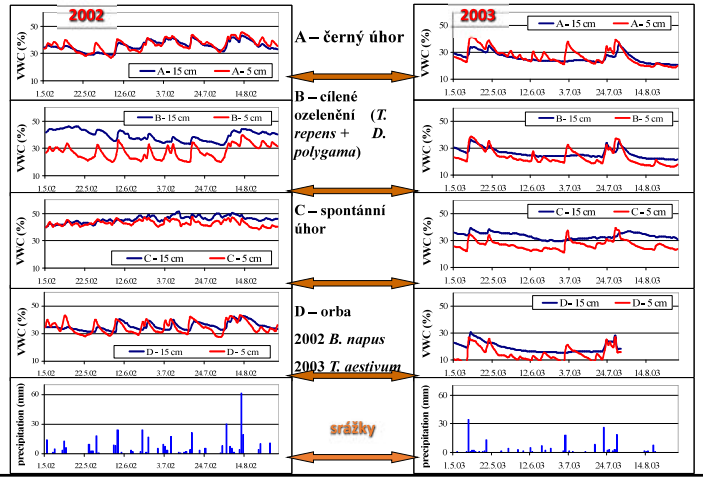
Vliv aplikace dusíkatých hnojiv na architekturu kořenového systému na plochách s mělkým kypřením – pohled shora.



VLIV ZPRACOVÁNÍ PŮDY A HNOJENÍ NA KOŘENOVÝ SYSTÉM

178

Vliv půdního druhu, porostů a zpracování půdy na objemovou vlhkost půdy (VWC, %) v letech 2002 a 2003



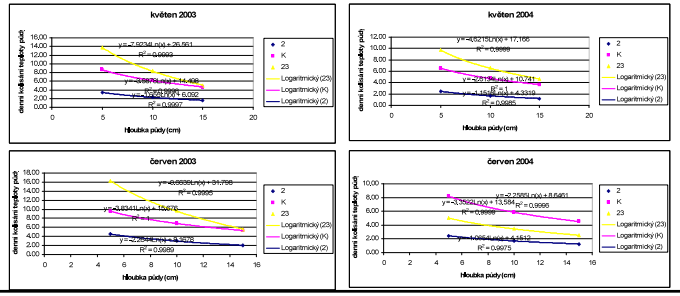
179

Vliv vegetačního pokryvu půdy na denní kolísání teploty půdy (°C) v měsících květen a červen v půdním profilu 0 – 15 cm, tj. rozdíl mezi max. a min. teplotou půdy během dne

2 – jetelotravní směs
K – černý úhor
23 – pšenice ozimá
} 2003

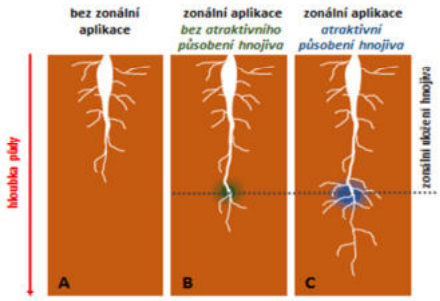
2 – jetelotravní směs
K – černý úhor
23 – hořčice bílá
} 2004

Brant a Pivec, 2006



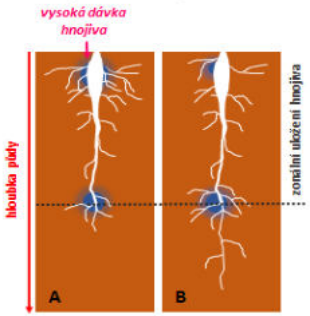
180

Zonální aplikace hnojiv



Vliv zonální aplikace hnojiva na rozvoj kořenového systému: A – bez zonální aplikace, B – zonální aplikace hnojiv bez atraktivního účinku, C - zonální aplikace hnojiv bez atraktivního účinku, B – zonální aplikace hnojiv s atraktivním účinkem (upraveno dle Hermann a kol., 2012). Brant 2015

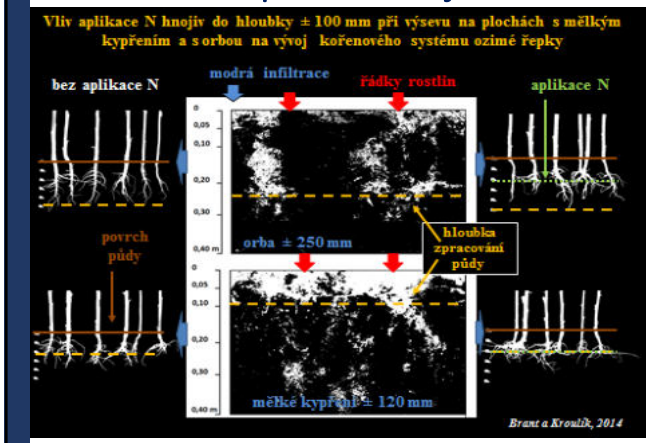
hnojení pod patu a zonální aplikace hnojiv *s atraktivním působením*



Vliv dávky hnojiva s atraktivním účinkem při aplikaci pod patu v kombinaci se zonální aplikací hnojiva s atraktivním účinkem na rozvoj kořenového systému: A – vysoká dávka hnojiva při přihnojení pod patu, B – obvyklá dávka hnojiva při přihnojení pod patu (upraveno dle Hermann a kol., 2012). Brant 2015

181

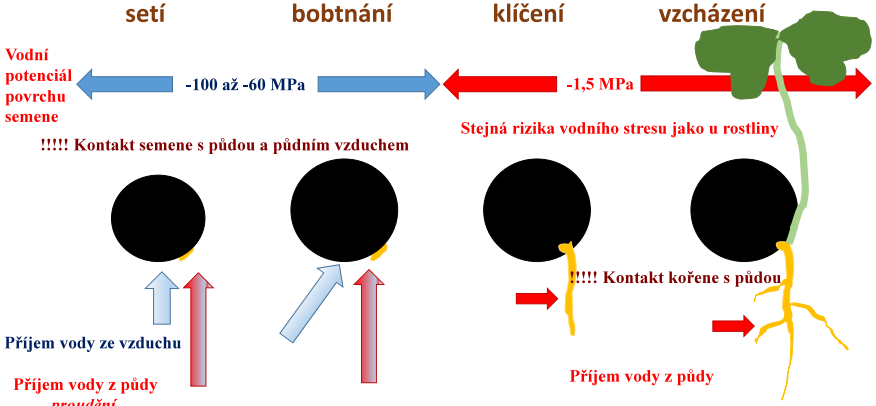
Zonální aplikace hnojiv



Vliv mělké aplikace dusíkatých hnojiv do zóny kořenů při výsevu na architekturu kořenového systému na plochách s mělkým kypřením a s orbou (Brant a kol., 2014)

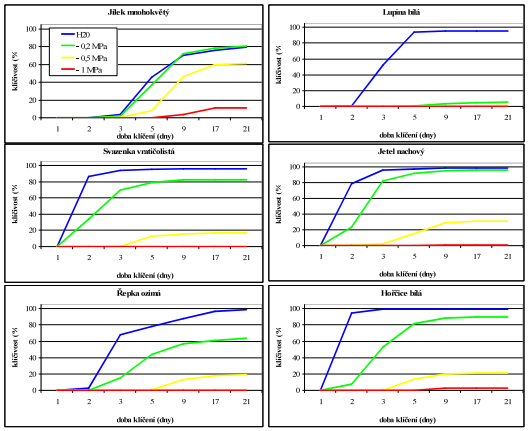
182

Příjem vody semenem řepky ozimé



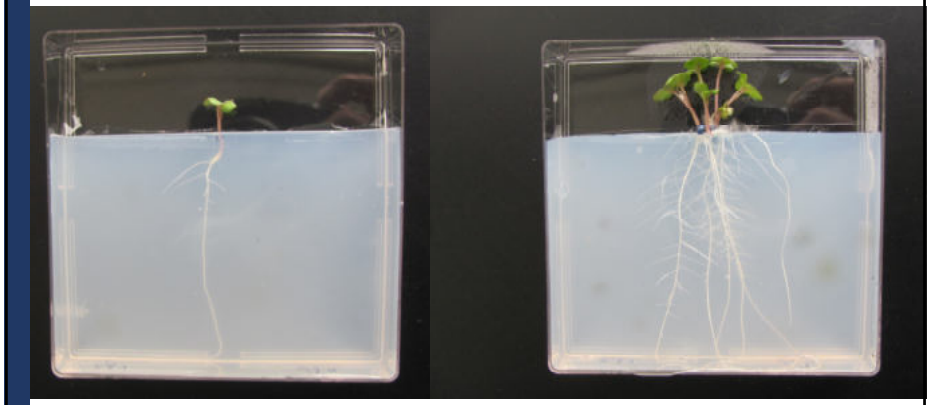
183

Klíčivost semen strniskových meziplodin v závislosti na hodnotě vodního potenciálu a délce doby klíčení



184

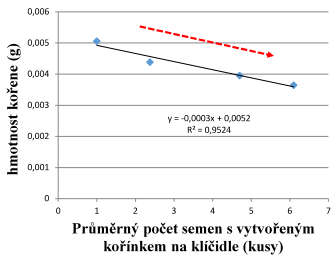
Interakce mezi semeny ozimé řepky při klíčení



185

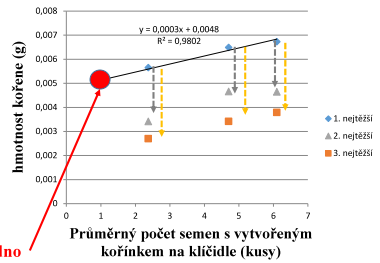
Interakce mezi semeny ozimé řepky při klíčení

Závislost mezi průměrnou hmotností kořene (g) a průměrným počtem semen s vytvořeným kořínkem na klíčidle (kusy)



Hmotnost ≠ délka, pozitivní vliv délky a rozvětvení

Závislost mezi průměrnou hmotností (g) 1., 2. a 3. nejtěžšího kořene a průměrným počtem semen s vytvořeným kořínkem na klíčidle (kusy)



Jedno semeno na klíčidle

186

Možné reakce na sucho

- Termínem výsevu určuji délku vegetace a vývoj porostu
- Počtem rostlin určuji produkci jedince (kompenzační schopnost rostliny)
- Reakce rostliny na podmínky stanoviště (rozdíly mezi druhy)
- Počet jedinců rozhoduje o čerpání zdrojů (voda, živiny, prostor apod.)
- Menší počet jedinců může oddálit limitní situaci dostupnosti zdrojů
- Při nedostatku zdrojů jedinec redukuje produkci biomasy a urychluje vstup do generativní fáze – ukončení vegetace
- Lze cíleně ovlivnit vývoj orgánů rostliny a jejich rozložení v prostoru a prostorové rozmístění zdrojů
- Ovlivnění na úrovni agrotechnických postupů

187

Optimalizace počtu rostlin na jednotku plochy

- Reakce na průběh počasí a variabilitu pozemku
- Přesné setí a setí na počet jedinců
- Variabilní setí dle map výsevu
- Zvětšení rozteč řádků u obilnin, řepky a luskovin
- Snížení výsevku – kompenzační odrůdy pšenice (ověřuje se ječmen jarní)
- Snížení výsevku a přesné setí u řepky (optimalizace prostoru – homogenita porostu)
- Změna počtu jedinců u kukuřice (pozdější výsev a nižší výsevek)
- Přesné setí u luskovin, širší řádky a zonální hnojení
- Kvalitní výsev u meziplodin – vyšší vzcházivost a snížení výsevku

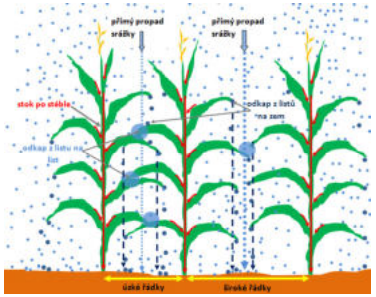
Rozteč řádků 45 cm

Rozteč řádků 75 cm

188

Přesné setí a variabilní setí kukuřice a rozteč řádků

Distribuce srážky v porostu – rozteč řádků



Vliv počtu rostlin na pokryvnost povrchu půdy

hybrid	rostlin/ha	pokryvnost povrchu půdy (%)
DKC 3730	85 000	30,6 a
Futurixx		34,0 a
DKC 3730	105000	36,4 a
Futurixx		36,4 a

Výnos 23,7 t/ha 100% sušina

21,1 t/ha

189

Vliv hustoty výsevu na výnosové parametry

Průměrné hodnoty biometrických parametrů kukuřice seté v závislosti na hustotě porostu – Budihostice, 2018

hybrid	rostlin na ha (kusy)	výška (m)	počet listů (ks)	vyvinutá palice (ks)	nevyvinutá palice (ks)	suchá hmotnost listů na rostlině (g)	suchá hmotnost stébla na rostlině (g)	suchá hmotnost palic na rostlině (g)	suchá rostlina celkem (g)
DKC 3730	85 000	2,925 a	12,7 a	1	0,7	38,5 ab	105,8 b	135,5 b	279,7 b
Futurixx		3,133 c	13,5 b	1	0,8	43,2 b	107,5 b	132,4 b	283,1 b
DKC 3730	95000	3,005 ab	12,9 ab	1	0,2	33,6 a	81,1 a	99,1 a	213,7 a
Futurixx		3,091 bc	12,9 ab	1	0,5	36,3 a	89,5 ab	92,4 a	218,2 a
DKC 3730	105000	3,116 c	13,0 ab	1	0,6	35,5 a	83,2 a	96,5 a	215,3 a
Futurixx		3,184 c	13,2 ab	1	0,5	35,5 a	93,0 ab	89,2 a	217,6 a

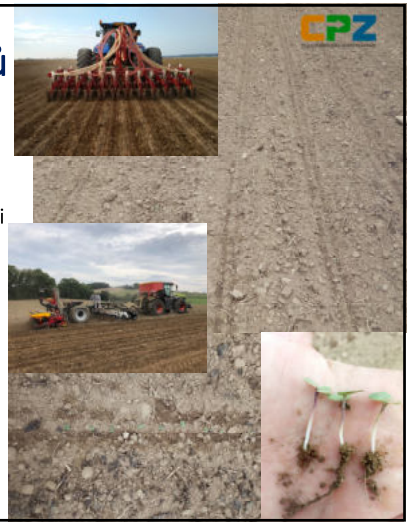
Průměrné hodnoty parametrů biomasy kukuřice seté v závislosti na hustotě porostu – Budihostice, 2018

hybrid	rostlin na ha (kusy)	suchá biomasa porostu t/ha	sušina rostliny (%)	sušina listů (%)	sušina stébla (%)	sušina palic (%)
DKC 3730	85 000	23,685 a	24,7 a	37,9 ab	21,2 a	28,5 a
Futurixx		23,953 a	25,4 a	42,6 b	22,2 ab	27,4 a
DKC 3730	95000	20,203 a	25,6 a	32,7 a	22,5 ab	27,6 a
Futurixx		20,454 a	25,6 a	35,3 a	23,9 bc	24,7 a
DKC 3730	105000	21,084 a	30,1 b	34,5 a	23,2 b	38,4 b
Futurixx		23,654 a	31,0 b	34,3 a	25,6 c	36,0 b

190

Přesné setí do širších řádků

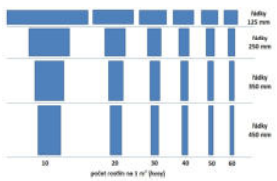
- Přesné rozmístění rostlin
  - Optimalizace vývoje – homogenita
  - Úspora na osivu a eliminace konkurence mezi rostlinami
  - Možnost plečkování
  - Zpracování půdy a založení půdy jedním přejezdem
  - Možnost využití pásového postřiku
  - Snížení rizika vlivu počasí
  - Optimalizace podmínek při setí



191

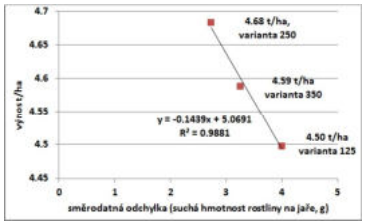
Struktura porostů ozimé řepky

- Optimalizace vývoje rostlin
- vyrovnané porosty
- přesné setí s roztečí nad 30 cm – secí stroje pro přesné setí
- dvojřádky – konvenční stroje (25 – 50 – 25 cm)
- zonální hnojení pod řepku na podzim
- vysoká kompenzační schopnost řepky
- 10 rostlin/m2 – výnosy vyšší než 4 t/ha
- Společná výsev při zpracování půdy pomocí přesných secích strojů = srovnání výkonnosti s klasickými stroji



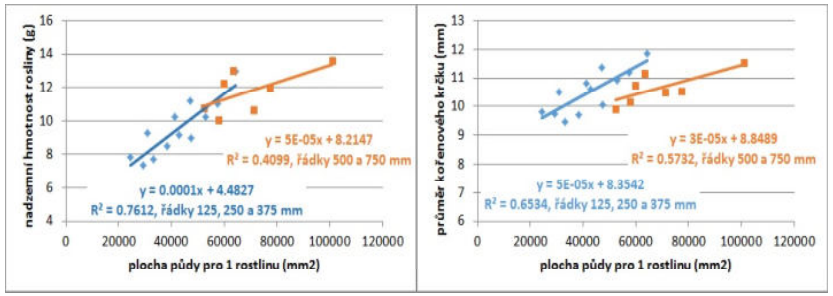
Teoretický tvar plochy pro jednoho jedince v závislosti na rozteči řádků a počtu rostlin na jednotku plochy.

Vliv variability rostlin řepky (směrodatná odchylka suché hmotnosti rostliny na jaře) na průměrný výnos semene (t/ha, 100 % sušina)



192

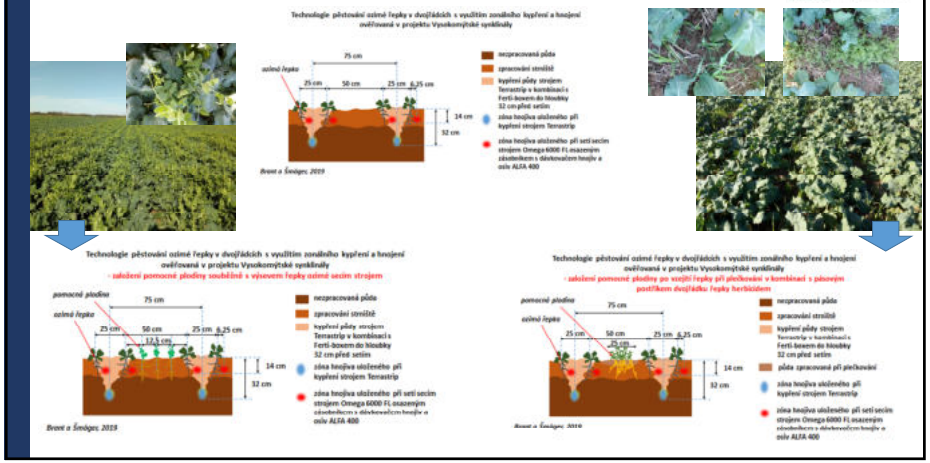
Plocha půdy na 1 rostlinu



Vliv počtu rostlin na jednotku plochy (m²) při sledovaných roztečích řádků (viz. Graf 5)na průměrnou suchou hmotnost jedné rostliny (g) a na průměr kořenového krčku (mm) Brant a kol. 2015

193

Systém dvojřádků – konvenční secí stroje



194

Rozteč řádků – jak pracovat s meziřádkem?

Nebo, jak pracovat s řádkem.

- Zajištění infiltrace pro vodu
- Omezení výparu
- Omezení eroze
- Má pracovat (fixace slunečního záření, fixace vzdušného dusíku, fixace živin)
- Nemá podporovat rozvoj plevelů
- Prostor pro přihnojení rostlin
- Jiný přístup k řádku plodiny a meziřádku
- Nikdo nezná reakci legislativy (legislativa vychází z údajů starých min. 30 let)

Reakce: plečkování, pomocné plodiny, pásová aplikace pesticidů, přihnojení do půdy během vegetace apod.

195

Širší řádky obilniny – 250 mm a více

- **kompenzační odrůdy**
- **výsevky max. 120 kg (optimum pod 100 kg)**
- **tvorba odnoží již na podzim**
- **optimální hospodaření s vodou**
- **redukce odnoží – neredukuje hlavní stéblo a silné odnože**
- **stabilizace HTZ**
- **úspora nákladů za osivo**
- **možnost plečkování**

Porosty ozimé pšenice s roztečí řádků 250 mm (hospodářský rok 2018 - 2019) - demonstrační plochy Nabočany

varianta/struktura porostu	specifikace	12.3.2018		10.6.2019		22.7.2019		
		průměrný počet odnoží na rostlinu pšenice (kusy)	počet rostlin pšenice ozimé na m2 (kusy)	počet plodných odnoží na rostlině (kusy)	počet klasů pšenice na m2 (kusy)	výška porostu (m)	výnos zrna (100 % sušina a čistota) t/ha	výnos slámy (100 % sušina) t/ha
rozteč řádků pšenice 250 mm,	obilnina 120 kg/ha (Turandot)	6,9 c	204 a	4,1 abc	726 a	0,908 a	8,559 b	12,349 a
rozteč řádků pšenice 125 mm	obilnina 160 kg/ha (Turandot)	7,7 c	272 ab	3,6 abc	657 a	0,904 a	6,856 a	12,915 a

196

Odlišný habitus odrůd Julie a Turandot při výsevu do řádků s roztečí 25 cm, infrasnímek dokumentuje zakrytí řádků, Nabočany 16.4.2019

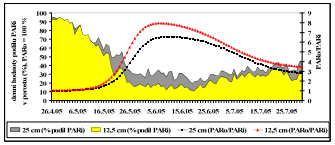
Julie | Turandot

197

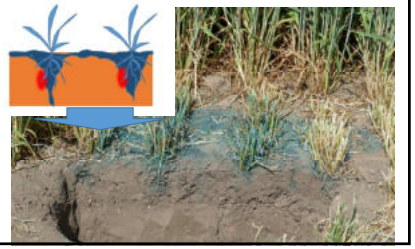
Úvaha

- vyšší využití slunečního záření u užších řádků
- při dostatku vody lze očekávat vyšší produkci nadzemní biomasy
- tvorba výnosu hlavním stéblem + 1. a 2. odnoží
- vyšší produkce biomasy = větší spotřeba vody
- při nižších výsevech hrají roli odnože – kompenzace
- kompenzační odrůdy uzavírají řádky
- širší řádky jinak pracují se srážkou
- širší řádky – přesné zonální hnojení

Prostupnost porostů pro FAR



250 mm



198

Změny v technologiích – zpracování půdy

- Zonální zpracování půdy
- Cílené zpracování půdy pro podporu rozvoje kořenů
- Souběžné cílené uložení hnojiva
- Soustředění pohybu vody ke kořenům a k hnojivu
- Infiltrační brzda
- Holá půda v místě výsevu (ohřev půdy)
- Pásová aplikace herbicidů i při pokrytí meziřádku mulčem
- Cílená návaznost trajektorií kypřících radlic a secích botek
- Homogenizace variability a následný jednotný vývoj porostů
- Spojování pracovních operací (zpracování – setí jedním přejezdem)
- Možnosti uplatnění pomocných plodin – pracují v meziřádku

199

Vliv zonální aplikace při setí – rozdílný výsevek (orba) ozimá řepka

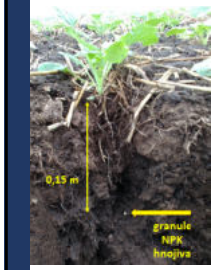
Foto Nyč

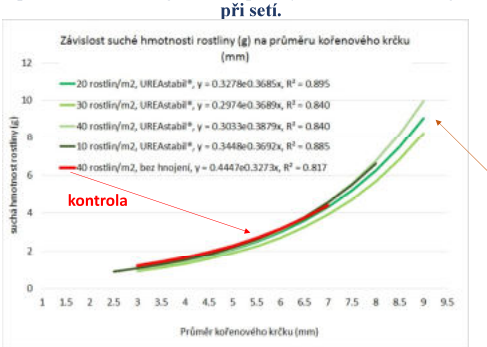
Průměr kořenového krčku (mm), variační koeficient pro hodnoty kořenového krčku (%), průměrná suchá hmotnost rostliny (g) a variační koeficient pro hodnoty suché nadzemní hmotnosti rostliny stanovené 20.10.2015 na plochách s rozdílným výsevkem a s aplikací UREAstabil® při výsevu do zóny kořenů. Výsev byl proveden 27.8.2015, Marathon

Základní zpracování půdy	Hnojivo	Dávka hnojiva při setí (kg/ha)	Vyseté množství (semeno/m²)	Průměr kořenového krčku (mm) 20.10.2015	Variační koeficient pro průměr kořenového krčku (%) 20.10.2015	Průměrná hmotnost rostliny (g)	Variační koeficient pro průměrnou hmotnost rostliny (%) 20.10.2015
orba	UREAstabil®	100	10	5,5	35,5	3,4	70,3
orba	UREAstabil®	100	20	5,9	32,1	3,5	61,8
orba	UREAstabil®	100	30	6,1	28,5	3,4	47,4
orba	UREAstabil®	100	40	5,9	24,2	3,6	63,9
orba	Kontrola bez hnojení	0	40	4,9	21,8	2,3	36,2

200

Závislost mezi průměrem kořenového krčku (mm) a hmotností suché nadzemní biomasy rostlin ozimé řepky (g) při rozdílných počtech rostlin na jednotku plochy a ve vztahu k hnojení dusíkem do zóny kořenů při setí.



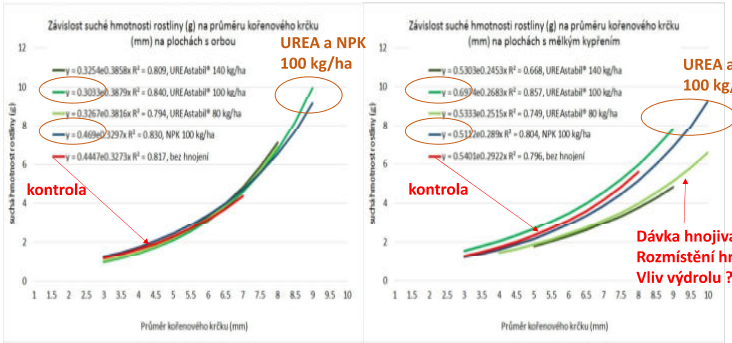


Rozmístění rostlin ???
Rozmístění hnojiva ???

Počet rostlin udává teoretický výsevek, písmeno N označuje varianty hnojené dusíkem (UREAstabil®, 100 kg/ha). Hodnota konfidenčního intervalu pro stanovené modely činí 95 %. Interval průměru krčku je omezen reálným rozsahem průměrů kořenových krčků na pokusných variantách. Hodnocení proběhlo 20.10.2016. Výsev byl proveden 27.8.2015.

201

Závislost mezi průměrem kořenového krčku (mm) a hmotností suché nadzemní biomasy rostlin ozimé řepky (g) v závislosti na dávce a druhu hnojiva aplikovaného do zóny kořenů při setí na plochách s orbou a mělkým kypřením.



Dávka hnojiva ???
Rozmístění hnojiva ???
Vliv výdrolu ???

Teoretický výsevek činil 40 rostlin na m². Interval průměru krčku je omezen reálným rozsahem průměrů kořenových krčků na pokusných variantách. Hodnocení proběhlo 20.10.2016. Výsev byl proveden 27.8.2015. - UREAstabil® a NPK (11 – 7 – 7).

202

Vliv zonální aplikace při setí - výnos

závislost na dávce a druhu hnojiva

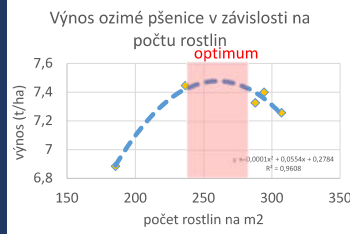
- Kvalita rozhozu slámy
- Dynamika výdrolu a vyšší konkurenční schopnost
- Nižší náklady na zpracování půdy a čas

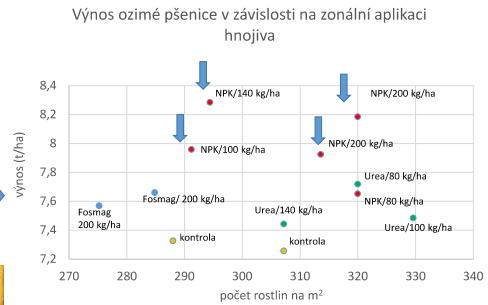
Základní zpracování půdy	Hnojivo	Dávka hnojiva při setí (kg/ha)	Skutečný počet rostlin (rostlina/m²) 20.3.2016	Výnos semene (t/ha) x	Srovnání výnosů (%) xx
orba	UREAstabil®	140	19,8	3,686	101,0
orba	UREAstabil®	100	16,6	3,821	104,7
orba	UREAstabil®	80	19,6	3,828	104,9
orba	NPK	100	17,4	3,835	105,1
orba	kontrola	0	20,2	3,648	100,0
mělké kypření	kontrola	0	16,2	3,346	91,7
mělké kypření	NPK	100	19,0	3,748	102,7
mělké kypření	UREAstabil®	80	18,0	3,616	99,1
mělké kypření	UREAstabil®	100	16,6	3,559	97,6
mělké kypření	UREAstabil®	140	15,6	3,398	93,1

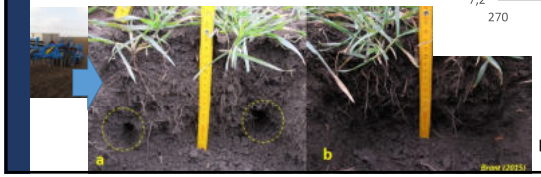
Počet rostlin na jednotku plochy (rostlina/m²) stanovený 20.3.2016 a průměrný výnos semen (t/ha, výnos při 100% sušině a 100% čistotě, 25.7.2016) v závislosti na dávce a druhu hnojiva aplikovaného do zóny kořenů při setí na plochách s orbou a mělkým kypřením. Výsev byl proveden 27.8.2015. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α = 0,05 (ANOVA, Tukey).

203

Vliv zonální aplikace při setí – rozdílný výsevek (orba) ozimá pšenice





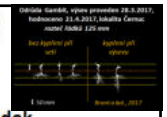


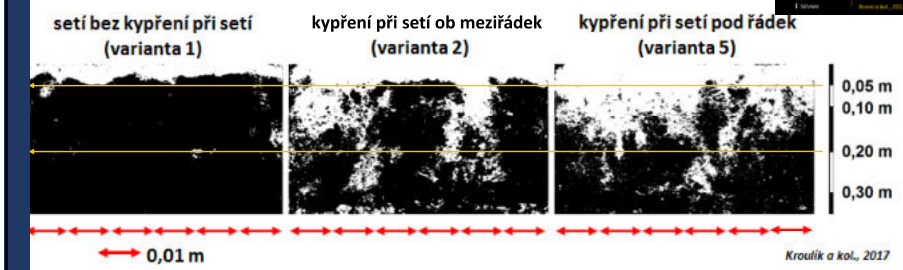
kontrola

Genius, UREAstabil® a NPK (11 – 7 – 7).

204

Modifikace seťového lože





Vliv tvorby seťového lože na infiltraci vody do půdy na variantách 1, 2 a 5, dne 23.4.2017 stanovený metodou modré infiltrace. Množství modré barvy odpovídalo srážce 40 mm. Bílá barva dokumentuje místa infiltrace modré barvy do půdního profilu.

205

Výnosové parametry

Specifikace pokusných variant na lokalitě Černuc v roce 2017, odrůda Gambit, výsevek 100 MKS na m².

varianta	výsevek	počet rostlin na m² (kusy), n = 5	rozteč řádků	kypření při setí	aplikace NPK
1	100%	91,2	125 mm	bez kypření	0
2	100%	107,2	125 mm	hloubka 120 mm ob meziřádek	0
3	70%	78,4	125 mm	hloubka 120 mm ob meziřádek	0
4	100%	105,6	125 mm	hloubka 120 mm ob meziřádek	100 kg/ha
5	100%	78,4	250 mm	hloubka 120 mm pod každý řádek	0
6	100%	81,6	250 mm	hloubka 120 mm pod každý řádek	100 kg/ha

Hmotnost tisíce semen (HTS, g), výnos semen a slámy (t/ha) a hmotnostní podíl semen a slámy při sklizni 10.7.2017. Výnos zrna a slámy je uváděn při 100% čistotě a 100% sušině). Odlišné indexy v rámci sloupce dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti, α = 0,05, n je počet opakování.

varianta	HTS (g) n = 4		výnos semen (t/ha) n = 4		srovnání výnosů semen var. 2 = 100%	výnos slámy (t/ha) n = 4		podíl produkce semen a slámy n = 4	
1	266,0	a	4,762	a	87	9,660	a	0,49	b
2	269,6	ab	5,445	bc	100	11,152	bc	0,49	b
3	275,9	c	5,232	ab	96	10,670	ab	0,49	b
4	269,7	ab	5,397	bc	99	11,152	bc	0,48	b
5	266,1	a	4,828	ab	89	10,439	ab	0,46	a
6	273,5	bc	5,865	c	108	12,046	c	0,49	b

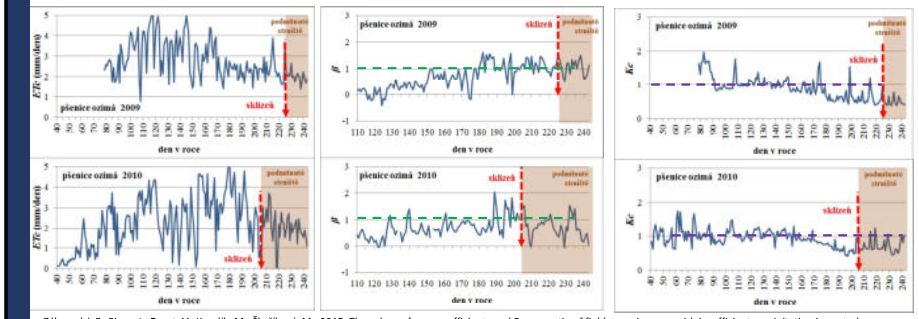
206

Vláhové nároky pšenice ozimé

Denní hodnoty aktuální evapotr. (ET_c, mm/den) porostů pšenice ozimé v letech 2009 a 2010

Denní hodnoty Bowenova poměru (β) porostů pšenice ozimé v letech 2009 a 2010

Denní hodnoty crop koeficientů (K_c) porostů pšenice ozimé v letech 2009 a 2010

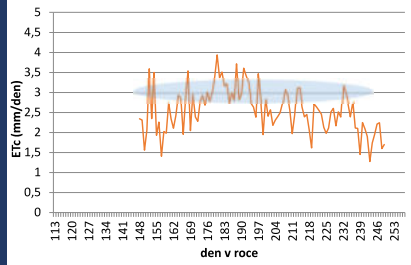


Zábranský, P., Pivec, J., **Brant, V.**, Kroulík, M., Škeříková, M., 2015: The values of crop coefficients and Bowen ratio of field crops in areas with insufficient precipitation in central Europe. *Irrigation & Drainage, 64(2): 253 – 262,*

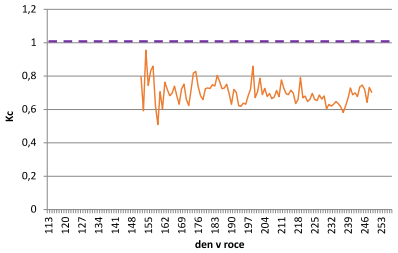
207

Vláhové nároky kukuřice seté

Průměrné denní hodnoty aktuální měřené evapotranspirace (ETc, mm/den) porostu kukuřice za období let 2009 až 2012 na lokalitě Budihostice.



Průměrné denní hodnoty crop koeficientů (K_c) porostu kukuřice za období let 2009 až 2012 na lokalitě Budihostice.

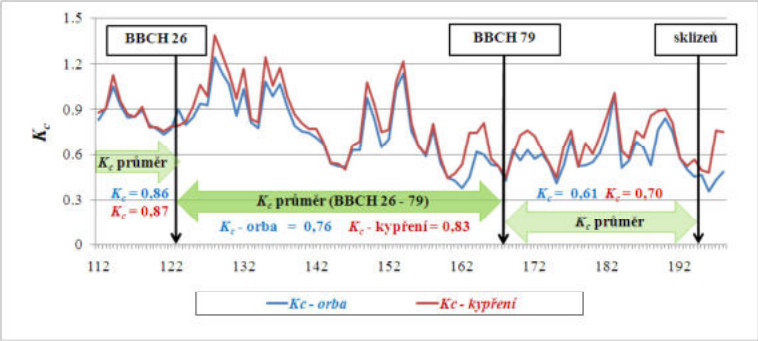


Zábranský, P., Pivec, J., **Brant, V.**, Kroulík, M., Škeříková, M., 2015: The values of crop coefficients and Bowen ratio of field crops in areas with insufficient precipitation in central Europe. *Irrigation & Drainage, 64(2): 253 – 262,*

208

Vliv zpracování půdy na vláhové nároky porostů

Průměrné denní hodnoty K_c porostů jarního ječmene v závislosti na zpracování půdy za sledované období. DOY – den v roce (Brant *et al*., 2009).



Brant, V. - Pivec, J. **-** Kroulík, M., 2009: Evapotranspirational demands of cereal crops in the areas with shortage of precipitation. Ekologické dni Zborník abstraktov z medzinárodnej vedeckej konferencie Stará Lesná, Prešovská univerzita, Prešov, 31.

209

Hodnoty aktuální evapotranspirace jednotlivých plodin (ET_c, mm/den za periodu) a průměrné denní hodnoty crop koeficientů (K_c) za periodu

Plodina	Rok		Období (den v roce)																		
			81–90	91–100	101–110	111–120	121–130	131–140	141–150	151–160	161–170	171–180	181–190	191–200	201–210	211–220	221–230	231–240
B. vulgaris	2008	ET_c									3.3	4.8	4.8	3.4	4.2	3.4	3.0	3.5
		K_c									1.02	1.03	1.04	1.17	1.10	0.74	1.02	0.98
	2012	ET_c								2.9	3.2	3.4	4.0	4.3	4.4	3.8	3.4	4.2
		K_c								0.79	0.91	0.60	0.78	0.87	0.93	0.78	0.72	0.77
H. vulgare	2007	ET_c				3.9	2.9	3.8	2.8	2.9	2.5	2.4	2.7	2.4				
		K_c				1.14	1.29	1.17	1.13	1.09	1.20	1.73	1.35	1.34				
	2011	ET_c					3.8	3.4	4.4	4.1	3.7	4.1	2.4	2.3	1.5			
		K_c					0.96	1.03	0.95	0.99	0.95	0.97	0.73	0.50	0.74			
M. sativa	2009	ET_c	1.8	3.1	3.9	4.2	3.2	2.9	3.5	3.6	4.3	2.5	3.8	3.6	4.0	2.8	2.7	2.0
		K_c	1.31	0.97	1.19	1.05	0.99	0.89	1.12	1.12	1.17	1.00	0.96	1.08	0.98	0.64	0.66	0.51
S. bicolor	2010	ET_c								2.7	2.7	2.2	3.0	3.7	2.7	2.1	1.7	2.2
		K_c								0.58	0.75	0.50	0.63	0.78	0.78	0.72	0.65	0.66
	2011	ET_c									2.7	3.0	2.2	3.1	1.6	1.5	1.9	2.2
		K_c									0.70	0.69	0.63	0.67	0.68	0.72	0.67	0.59
	2012	ET_c										0.39	3.29	2.97	3.18	2.96	3.13	3.01
		K_c										0.08	0.85	0.92	0.87	0.80	0.93	0.82
T. aestivum	2009	ET_c	2.4	2.9	3.3	4.1	3.6	3.2	3.4	2.7	3.4	2.3	2.3	2.2	2.4	2.5	2.1	1.9
		K_c	1.60	0.92	1.05	1.01	1.09	1.03	1.07	0.83	0.91	0.98	0.56	0.69	0.56	0.61	0.53	0.50
	2010	ET_c	2.5	1.9	2.7	3.7	2.0	2.0	2.6	3.0	3.1	3.6	3.2	2.6	2.1	2.0	2.1	1.9
		K_c	1.04	0.84	1.16	0.97	1.12	1.06	1.10	0.98	0.92	0.80	0.69	0.54	0.66	0.77	0.72	0.62
Z. mays	2009	ET_c				4.9	2.8	3.2	3.1	2.5	2.9	2.3	3.3	2.0	2.3	2.5	2.4	2.1
		K_c				1.03	0.80	0.90	0.96	0.83	0.79	0.91	0.83	0.62	0.58	0.56	0.58	0.51
	2010	ET_c								2.5	2.3	2.8	3.6	3.9	3.1	2.6	2.6	3.0
		K_c								0.54	0.64	0.58	0.71	0.81	0.87	0.88	0.87	0.87
	2011	ET_c									3.3	3.5	2.6	3.1	2.0	1.8	2.2	2.3
		K_c									0.78	0.76	0.71	0.65	0.69	0.77	0.67	0.59
	2012	ET_c								1.9	2.4	3.1	3.0	2.5	2.9	2.8	2.3	2.4
		K_c								0.64	0.64	0.62	0.68	0.67	0.66	0.62	0.54	0.55

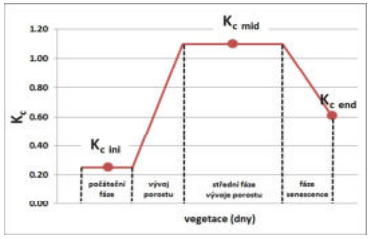
Zábranský, P., Pivec, J., **Brant, V.**, Kroulík, M., Škeříková, M., 2015: The values of crop coefficients and Bowen ratio of field crops in areas with insufficient precipitation in central Europe. *Irrigation & Drainage, 64(2): 253 – 262*

210

Crop koeficient

Crop koeficient (K_c) dokumentuje vztah mezi referenční evapotranspirací a aktuální (skutečnou) evapotranspirací porostu. Referenční evapotranspirace (ET_0) vyjadřuje vláhové nároky prostředí na základě algoritmu FAO (Allen, 1998) a je vztažena na travnatý (hypotetický) povrch.

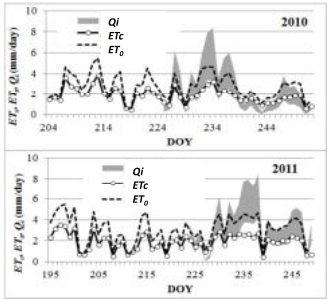
Hodnota crop koeficientu tedy vychází z následujícího vztahu: $K_c = ET_c/ET_0$.



Grafické znázornění obecného průběhu hodnot crop koeficientu v průběhu vývoje porostu. $K_{c\ ini}$ – jsou hodnoty po výsevu porostu a na začátku jeho vývoje. $K_{c\ mid}$ jsou hodnoty odpovídající období vývoje porostu a hlavnímu období růstu. $K_{c\ end}$ jsou hodnoty platné pro období stárnutí porostu. Upraveno dle Allen a kol. (1998).

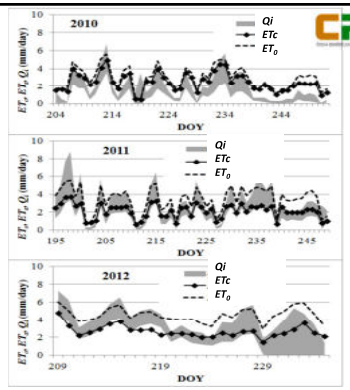
211

Vztah mezi evapotranspirací a transpirací porostů



Denní hodnoty ET_0 (mm/den), ETc (mm/den) a denní hodnoty transpirace Q_i (mm/day) porostů čiroku v letech 2010 - 2011. Hodnoty Q_i (mm/day, šedé pole) dokládají interval hodnot pro měřené rostliny počítaný dle vztahu $Q_i = Q \pm SD$. Q *je* (průměr měřených rostlin, mm/den) a SD je směrodatná odchylka.

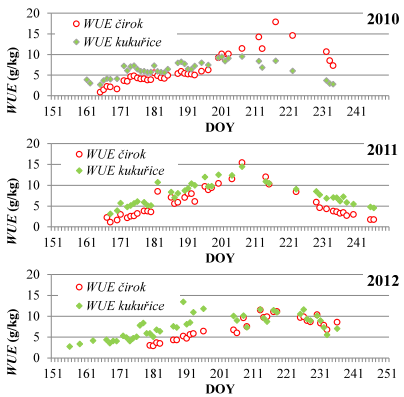
nepublikováno



Denní hodnoty ET_0 (mm/day), ET_c (mm/day) a denní hodnoty transpirace Q_i (mm/day) porostů kukuřice v letech 2010 - 2012. Hodnoty Q_i (mm/day, šedé pole) dokládají interval hodnot pro měřené rostliny počítaný dle vztahu $Q_i = Q \pm SD$. Q *je* (průměr měřených rostlin, mm/day) a SD je směrodatná odchylka.

212

Účinnost využití vody (*WUE*)

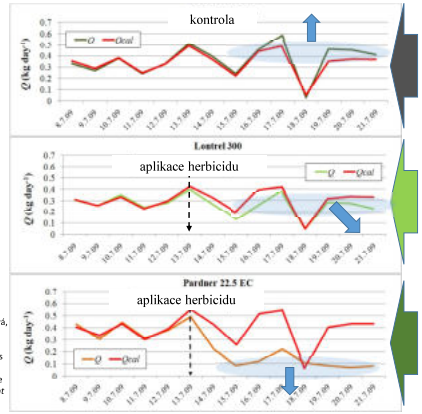


Průměrné denní hodnoty účinnosti využití vody (*WUE*, g/kg) u porostů kukuřice a čiroku v letech 2010 – 2012. Pro výpočet byly použity dny s denní sumou globální radiace ≥ 18 MJ/den.

nepublikováno

213

Vliv aplikace herbicidů na vláhové nároky rostliny (Q, kg den^{-1}) stanovená metodou sap flow, Q_{cal} (kg den^{-1}) je vypočtená hodnota pro období po aplikaci herbicidu



kontrola

Lontrel 300, dávka 0,4 l/ha účinná látka: *Clopyralid* 300 g/l

Pardner 22,5 EC , dávka 1,5 l/ha účinná látka: *Bromoxynil* 225 g/l

Brant, V., Pivec, J., Hamouzová, K., Zábranský, P., Satrapová, J., Škeříková, M., 2014: Determination of the influence of herbicides on dicotyledons plant transpiration using the sap flow method. *Plant Soil Environment.* *60*(12): 562 – 568

214

Bilance organické hmoty (produkce a fixace CO_2)

215

Bilance organické hmoty (produkce a fixace CO_2)

- Plně souvisí s bilancí energie
- Kalkulace odčerpané a doplněné organické hmoty
- Kalkulace s bilancí živin
- Práce s obsahem CO2 (fixace a produkce)
- Hledání energeticky nenáročných zdrojů organické hmoty
- Specifikace potřeby produkce – optimalizace bilance
- Optimalizace produkce vede k poklesu energetických vstupů

216

Historie osevních postupů v Evropě

Základ lidská výživa

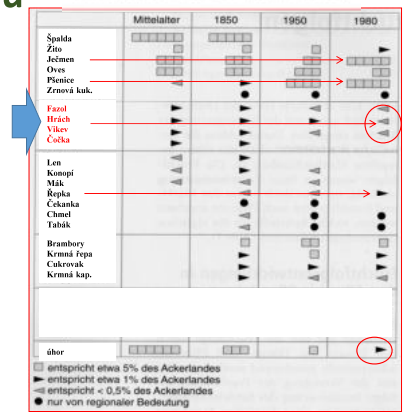
Vývoj osevních postupů

- náhrada úhoru

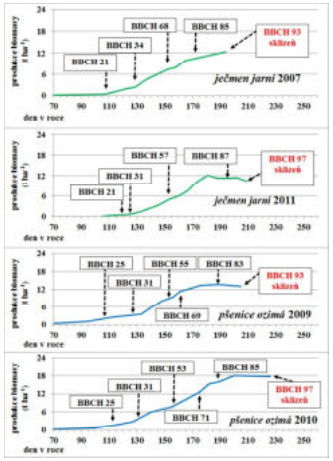
Změna v 50. letech

Současnost ?

Zastoupení plodin v OP *(Knauer, 1993)*



217

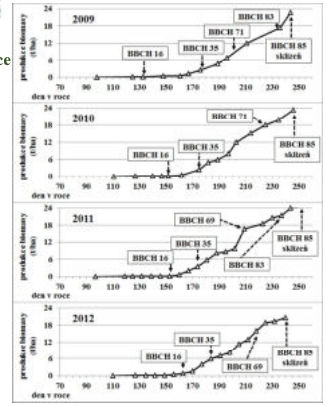


Obilniny

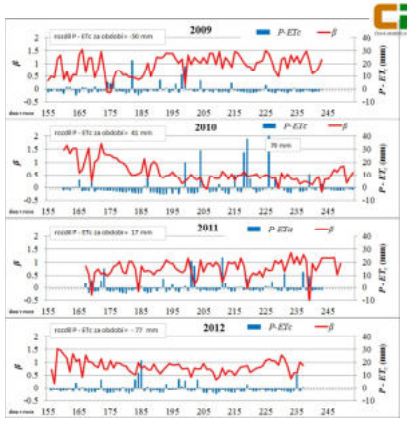
Dynamika produkce suché nadzemní biomasy porostů (t/ha) ozimé pšenice a jarního ječmene a vybrané BBCH fáze rostlin ve sledovaných letech.

218

Kukuřice



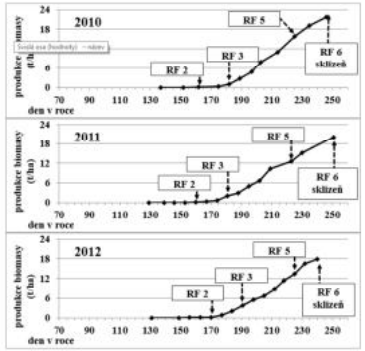
Produkce suché nadzemní biomasy porostů (t/ha) kukuřice na lokalitě Budihostice a vybrané BBCH fáze v letech 2009 a 2012.



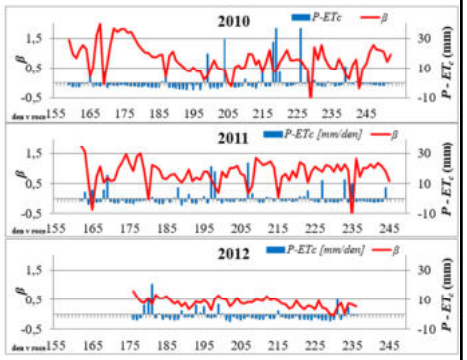
Vláhová potřeba porostů kukuřice stanovená na základě rozdílů denních sum srážek (P, mm/den) a denních sum hodnot měřené aktuální evapotranspirace (ETc, mm/den) a denní hodnoty Bowenova poměru (β) v letech 2009 až 2012 na lokalitě Budihostice.

219

Čirok



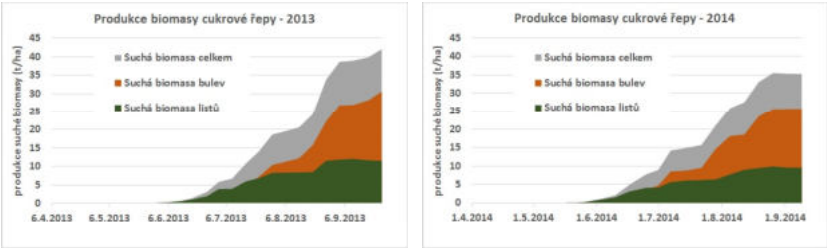
Produkce suché nadzemní biomasy porostů čiroku (t/ha) na lokalitě Budihostice a vybrané růstové fáze v letech 2010 a 2012. RF – růstová fáze. RF 2 – fáze 5. listu, RF 3 – fáze prodlužování, RF 5 – metání, RF 6 – kvetení až zrání.



Vláhová potřeba porostů čiroku stanovená na základě rozdílů denních sum srážek (P, mm/den) a denních sum hodnot aktuální (měřené) evapotranspirace (ET_c, mm/den) a denní hodnoty Bowenova poměru (β) v letech 2010 až 2012 na lokalitě Budihostice.

220

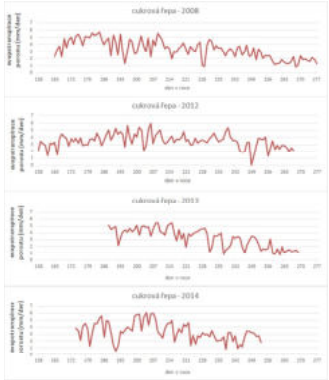
Cukrová řepa



Dynamika produkce suché nadzemní biomasy porostů cukrové řepy (t/ha, listy, bulvy a celkem) na lokalitě Budihostice v letech 2013 a 2014.

221

Cukrová řepa



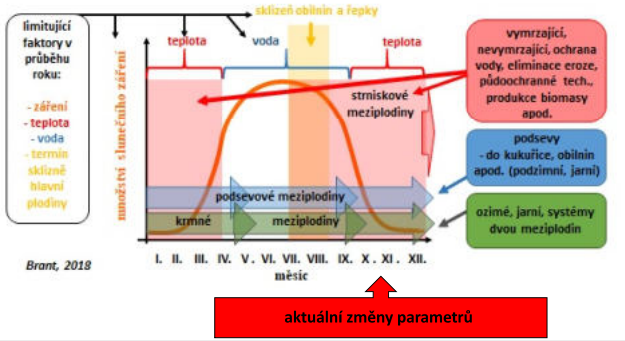
Denní hodnoty aktuální evapotranspirace (mm) porostů cukrové řepy na lokalitě Budihostice v letech 2008, 2012, 2013 a 2014.

Průměrné denní hodnoty crop koeficientů (K_c) porostu cukrové řepy za období let 2008, 2012, 2013 a 2014 na lokalitě Budihostice.

222

Filosofie pěstování meziplodin v závislosti na podmínkách prostředí

Abiotické faktory ovlivňující vývoj porostů meziplodin



223

Chybné pohledy na funkci meziplodin v ČR

- Konkurenti z hlediska spotřeby vody pro hlavní plodinu
- Podceňování vlivu na půdní mikroflóru a na výživu hlavní plodiny – „živinová konzerva“
- Jednoznačné nedocenění významu cílených výsevů směsných plodin
- Nerespektování kultivační a infiltrační funkce kořenového systému meziplodin
- Nesprávná práce s mulčem meziplodin a kořenovým systémem
- Nekvalitní zakládání porostů meziplodin
- Nereflektování nových trendů a nepropojení s moderními technickými a technologickými řešeními
- Chybné ekonomické kalkulace stanovení efektů meziplodin

224

Funkce meziplodin – efektivní hospodaření s vodou

- Omezování evaporace v době růstu hlavní plodiny
- Ochrana povrchu půd před degradací deštěm a zachování infiltrační schopnosti půdy horní vrstvy ornice – živý a mrtvý mulč
- Tvorba infiltračního systému v důsledku působení živého kořenového systému či jeho zbytků po odumření rostliny
- Omezování povrchového odtoku a odnosu půdy na základě pokryvu povrchu půdy
- Podpora rozvoje kořenového systému hlavní plodiny do spodních vrstev půdy
- Zajištění dostupnosti živin v závislosti na dostupnosti vody v půdě
- Využití druhů s nižšími nároky na vodu – rostliny typu C4

225

Obsah energie v suché biomase strniskových meziplodin (MJ kg^{-1}) a míra využití slunečního záření porosty (%, meziplodina - M a výdrol předplodiny - V) v letech 2004 – 2006

Odlišné indexy v rámci sloupce označují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α = 0,05 mezi průměry, ANOVA.

Brant *et al.*, 2011

Rostlinný druh	Obsah energie (MJ kg^{-1})			Využití slunečního záření (%)					
				M	V	M	V	M	V
	2004	2005	2006	2004		2005		2006	
B. napus	17.24ab	17.29cd	17.48cd	0.02a	0.03c	0.05a	0.16a	0.19bc	0.09ab
L. multiflorum	18.29cd	17.56cd	17.49cd	0.07bc	0.01a	0.09a	0.15a	0.03a	0.05ab
L. perenne	18.78d	16.59abc	17.56cd	0.05ab	0.01ab	0.04a	0.19a	0.03ab	0.10ab
P. tanacetifolia	17.09a	15.65a	15.81a	0.12cd	0.01ab	0.17ab	0.11a	0.30c	0.04a
R. sativus		16.01ab	16.44ab			0.32bc	0.13a	0.26c	0.02a
S. alba	17.73bc	17.09c	17.03bc	0.11cd	0.01ab	0.47c	0.07a	0.30d	0.03a
T. incarnatum	17.65ab	16.98bc	18.50e	0.13d	0.03bc	0.10a	0.15a	0.17abc	0.10ab
T. subterraneum		15.73a	18.13de			0.14a	0.14a	0.18abc	0.14b

t, V., Pivec, J., Fuksa, P., Neckář, K., Kocourková, D., Venclová, V., 2011: Biomass and energy production of catch crops in areas with deficiency of precipitation during summer period in central Bohemia. *Biomass and nergy*, 35(3): 1286-1294

226

Energetická produkce porostů meziplodin – M a výdrolu - V obilní předplodiny (MJ m^{-2}) v letech 2004 – 2006

Odlišné indexy v rámci sloupce označují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti α = 0,05 mezi průměry, ANOVA.

Vstupy energie na ha u polních plodin se pohybují v rozmezí 12 – 50 GJ na ha, poměr získané energie a vložené energie se pohybuje v rozmezí 3 - 7 (Börjsson, 1996).

od 3 do 23 GJ ha^{-1}

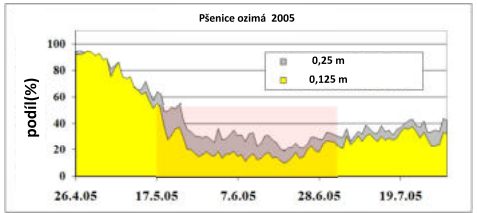
Brant *et al.*, 2011

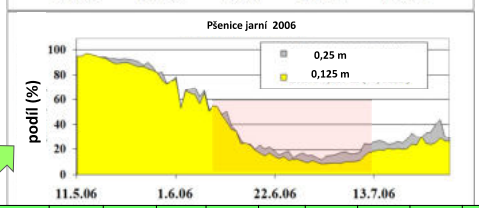
porost	Produkce energie (MJ m^{-2})										
	M	V	M	V	M	V	M+V	M+V	M+V	M	V
	2004		2005		2006		2004	2005	2006	průměr 2004 - 2006	
B. napus	0.22a	0.27c	0.34a	1.07a	1.20bc	0.55ab	0.49a	1.41bc	1.75bc	0.59	
L. multiflorum	0.65bc	0.09a	0.60a	0.99a	0.18a	0.34ab	0.73ab	1.58a	0.52a	0.47	
L. perenne	0.41ab	0.11ab	0.29a	1.23a	0.21ab	0.65ab	0.52a	1.52ab	0.86ab	0.31	
P. tanacetifolia	1.02cd	0.12ab	1.10ab	0.73a	1.87c	0.26a	1.14bc	1.84c	2.12c	1.33	0.53
R. sativus			2.12bc	0.83a	1.63c	0.13a		2.95cd	2.34cd	1.88	
S. alba	0.96cd	0.12ab	3.08c	0.46a	3.08d	0.17a	1.07bc	3.54d	3.26d	2.37	
T. incarnatum	1.18d	0.24bc	0.67a	0.97a	1.10abc	0.61ab	1.42c	1.64bc	1.71bc	0.98	
T. subterraneum			0.89a	0.92a	1.16abc	0.86b		1.80cd	2.44cd	1.02	

t, V., Pivec, J., Fuksa, P., Neckář, K., Kocourková, D., Venclová, V., 2011: Biomass and energy production of catch crops in areas with deficiency of precipitation during summer period in central Bohemia. *Biomass and nergy*, 35(3): 1286-1294

227

Podíl fotosynteticky aktivní radiace (PAR) v porostu na celkové sumě PAR nad porostem (podíl, %) v porostech ozimé a jarní pšenice v závislosti na rozteči řádků (0,125 a 0,25 m) při shodném počtu rostlin na jednotku plochy





Datum	18.5.06	25.5.06	1.6.06	8.6.06	15.6.06	22.6.06	29.6.06	11.7.06	18.7.06	25.7.06	2.8.06
BBCH	21	23	29	31	37	49	59	73	77	87	91

Brant, V., Neckář, K., Fuksa, P., Pivec, J., Venclová, V., 2006: Entwicklung der Verunkrautung in verschiedenen Beständen von Sommerzwischenfrüchten. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft, XX*, 309 – 316.

228

Systémy uplatnění meziplodin:

Podsevové meziplodiny:

Výrazný nárůst z hlediska protierozních technologií (stávající jsou min. 30 let staré a poplatné době)

Klasické postupy: podsevy po vzejití porostu /setí do vymrzlé meziplodiny/

Nové technologie:

Pásové podzimní a jarní výsevy meziplodin

Pozdní výsevy při výšce porostu kukuřice 1 m a později (voda), kombinace s vymrzající

Výsevy podsevů před sklizní kukuřice seté (zpracování půdy pro následnou plodinu, zdroj živin, eliminace plevelů apod.)

Část nových technologií je neperspektivní – zákaz glyphosate

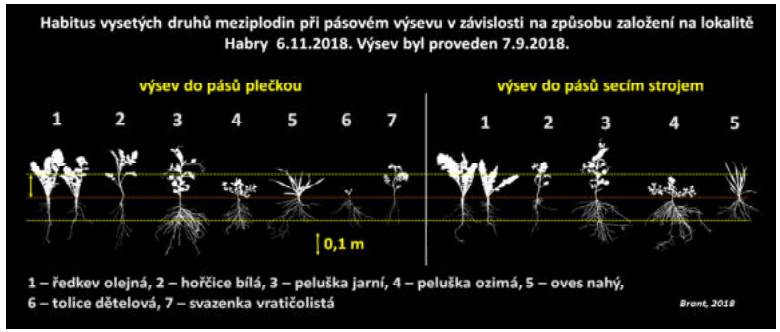
229

230

Pokryvnost povrchu půdy pomocnou plodinou v hodnoceném pásu, počet rostlin v hodnoceném pásu a produkce suché nadzemní biomasy na jednotku plochy celého pozemku na hodnocených variantách 5.10.2018. Rozdílné indexy dokumentují statisticky průkazný mezi průměry na hladině významnosti 95% (ANOVA).

rostlinný druh	způsob výsevu	pokryvnost půdy v meziřádku (%), šířka pásu meziřádku 0,33 m		počet rostlin v meziřádku (kusy/1 m²), šířka pásu meziřádku 0,33 m		produkce suché nadzemní biomasy (kg/ha)	
tolice dětelová	plečka	3,1	a	_		_	
oves nahý	plečka	5,7	ab	_		_	
peluška ozimá forma	secí stroj	6,8	ab	98	ab	26,197	a
peluška ozimá forma	plečka	11,2	abc	95	ab	45,657	a
peluška jarní forma	secí stroj	_		90	a	34,682	a
peluška jarní forma	plečka	11,5	bc	90	a	31,435	a
svazenka vratičolistá	plečka	17,2	cd	940	d	95,093	bc
ředkev olejná	secí stroj	18,3	cd	213	abc	52,629	ab
ředkev olejná	plečka	13,0	bc	263	bc	124,472	c
hořčice bílá	secí stroj	28,8	e	308	c	43,644	a
hořčice bílá	plečka	25,1	de	238	abc	105,157	c

231



Habitus nadzemní a podzemní části rostlin hodnocených druhů na pokusných plochách s pásovým výsevem.

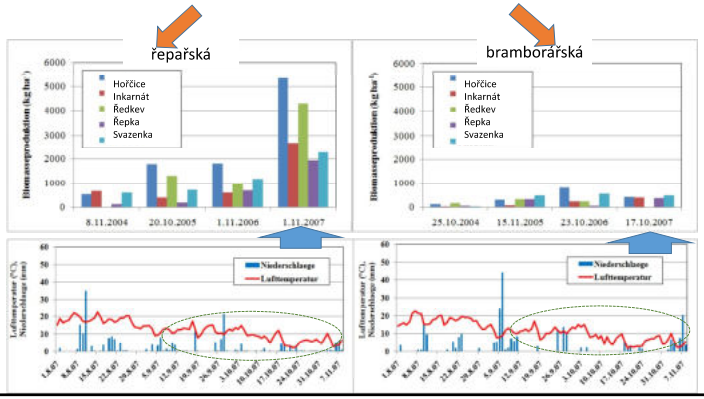
232

Letní a strniskové meziplodiny

- Tvorba pokryvu za účelem tvorby biomasy
- Zpracování půdy pro následnou plodinu
- Zlepšení fytosanitárního stavu
- Nahrazení neselektivních herbicidů
- Práce s více-komponentními směsmi
- Eliminace eroze
- Cílené zpracování půdy a hnojení
- Protierozní působení
- Tvorba mulče pro širokořádkové plodiny

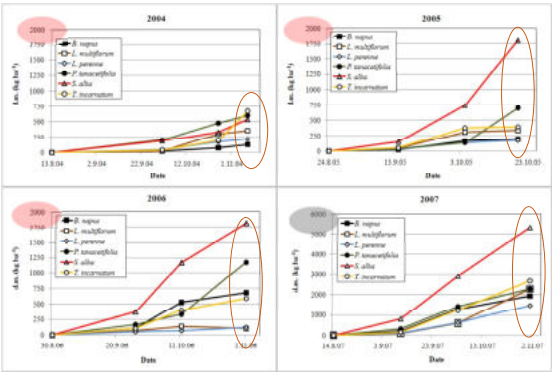
233

Produkce strniskových meziplodin v závislosti na výrobní oblasti



234

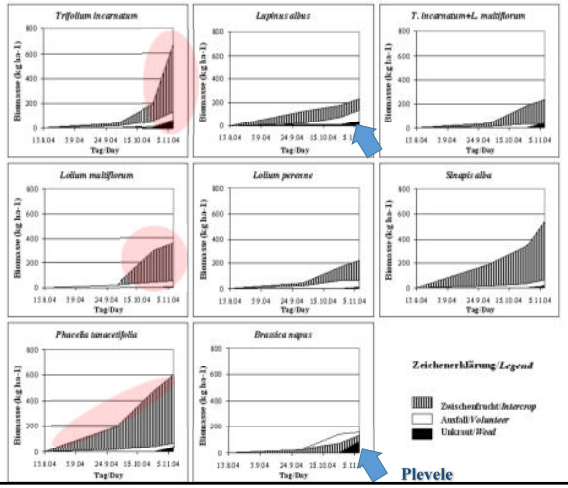
Dynamika tvorby nadzemní biomasy strniskových meziplodin (kg ha^{-1}, % sušina) v letech 2004 – 2007, Brant et al. (2009).



Brant, V., Neckář, K., Pivec, J., Duchoslav, M., Holec, J., Fuksa, P., Venclová. V., 2009: Competition of some summer catch crops and volunteer cereals in the areas with limited precipitation. *Plant Soil and Environment*, 55(1): 17–24

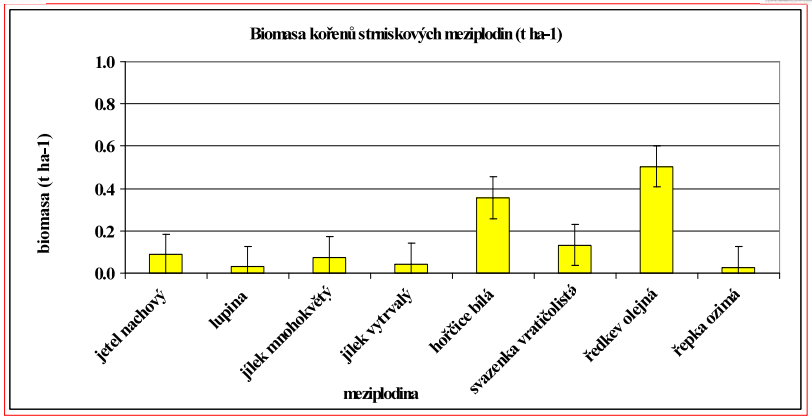
235

Dynamika produkce nadzemní biomasy strniskových meziplodin



Meziplodina - pruhovaně
Výdrol obilniny - bíle
Plevele - černě

236



237

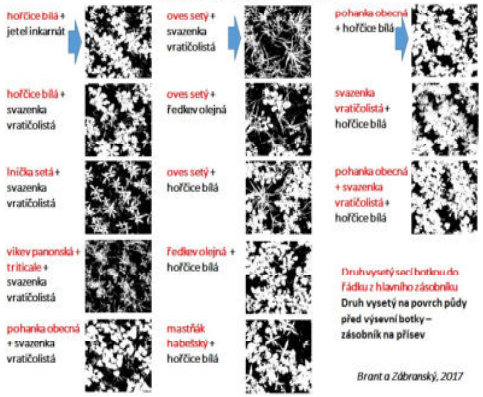
Ekonomika pěstování meziplodin
Cena osiva použitých směsí (Kč/ha)

Směsi plodin				cena za osivo na Kč/ha		
Druh 1	výsevek (kg/ha)	Druh 2	výsevek (kg/ha)	cena druh 1	cena druh 2	cena celkem na ha
hořčice bílá	10	jetel inkarnát	18	290	990	1280
hořčice bílá	10	svazenka vratičolistá	8	290	680	970
lnička setá	8	svazenka vratičolistá	8	204	680	884
pohanka obecná	50	svazenka vratičolistá	8	1250	680	1930
oves setý	70	svazenka vratičolistá	8	560	680	1240
oves setý	70	ředkev olejná	18	560	963	1523
oves setý	70	hořčice bílá	10	560	290	850
ředkev olejná	18	hořčice bílá	10	963	290	1253
pohanka obecná	50	hořčice bílá	10	1250	290	1540
svazenka vratičolistá	7	hořčice bílá	10	595	290	885

238

Stav vybraných porostů meziplodin 5.9.2017 – měsíc po výsevu.

239



Pokryvnost povrchu půdy porosty vícedruhových směsí meziplodin, lokalita Šumice - Uherský Brod. Termín hodnocení 5.9.2017, termín výsevu 4.8.2017. Povrch půdy znázorňuje černá barva.

240

Pokryvnost povrchu půdy (%) porosty vícedruhových směsí meziplodin, lokalita Šumice - Uherský Brod, stanovená 5.9.2017 a 22.9.2017, termín výsevu 4.8.2017. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci mezi průměry (α = 0,05, Tukey, ANOVA).

druh vysetý secí botkou – hlavní zásobník	druh vysetý na povrch půdy před výsevní botky – zásobník na přísev	pokryvnost povrchu půdy (%) 5.9.2017		pokryvnost povrchu půdy (%) 22.9.2017	
hořčice bílá +	jetel inkarnát	41,9	d	77,8	de
hořčice bílá +	svazenka vratičolistá	37,8	cd	69,5	cde
lnička setá +	svazenka vratičolistá	23,0	a	53,9	ab
vikev panonská + tritikale +	svazenka vratičolistá	25,0	ab	65,6	bcd
pohanka obecná +	svazenka vratičolistá	45,1	de	67,9	cde
oves setý +	svazenka vratičolistá	29,5	abc	50,9	a
oves setý +	ředkev olejná	35,8	bcd	61,2	abc
oves setý +	hořčice bílá	43,4	d	64,8	bcd
ředkev olejná +	hořčice bílá	55,0	ef	65,0	bcd
mastňák habešský +	hořčice bílá	44,2	de	73,3	cde

241

Cena za jednotku pokrytí půdy - osivo

Směs		Pokryv. povrchu půdy (%) 5.9.2017	Pokryv. povrchu půdy (%) 22.9.2017	Druh 1	Druh 2	cena celkem na ha	cena za 1 m2 pokrytí půdy v Kč 5.9.2017	cena za 1 m2 pokrytí půdy v Kč 22.9.2017
hořčice bílá +	jetel inkarnát	41.9	77.8	4190	7780	1280	0.31	0.16
hořčice bílá +	svazenka vratičolistá	37.8	69.5	3780	6950	970	0.26	0.14
lnička setá +	svazenka vratičolistá	23	53.9	2300	5390	884	0.38	0.16
pohanka obecná +	svazenka vratičolistá	45.1	67.9	4510	6790	1930	0.43	0.28
oves setý +	svazenka vratičolistá	29.5	50.9	2950	5090	1240	0.42	0.24
oves setý +	ředkev olejná	35.8	61.2	3580	6120	1523	0.43	0.25
oves setý +	hořčice bílá	43.4	64.8	4340	6480	850	0.20	0.13
ředkev olejná +	hořčice bílá	55	65	5500	6500	1253	0.23	0.19
pohanka obecná +	hořčice bílá	61.4	70.3	6140	7030	1540	0.25	0.22
svazenka vratičolistá +	hořčice bílá	58.1	66.6	5810	6660	885	0.15	0.13

242

Hmotnostní podíl (%) jednotlivých druhů na celkové produkci nadzemní biomasy v porostech vícedruhových směsí meziplodin a celková suchá produkce nadzemní biomasy porostů (t/ha), lokalita Šumice - Uherský Brod. Termín hodnocení 5.9.2017, termín výsevu 4.8.2017.

druh vysetý secí botkou – hlavní zásobník	druh vysetý na povrch půdy před výsevní botky – zásobník na přísev	druh vysetý secí botkou (hmotnostní podíl %)	druh vysetý na povrch půdy (hmotnostní podíl %)
hořčice bílá +	jetel inkarnát	73,4	26,6
hořčice bílá +	svazenka vratičolistá	88,4	11,6
lnička setá +	svazenka vratičolistá	81,7	18,3
vikev panonská+ tritikale +	svazenka vratičolistá	55,0+15,9	29,1
pohanka obecná +	svazenka vratičolistá	81,9	18,1
oves setý +	svazenka vratičolistá	91,2	8,8
oves setý +	ředkev olejná	50,8	49,2
oves setý +	hořčice bílá	42,8	57,2
ředkev olejná +	hořčice bílá	74,4	25,6
mastňák habešský +	hořčice bílá	16,0	84,0
pohanka obecná +	hořčice bílá	55,3	44,7
svazenka vratičolistá +	hořčice bílá	20,3	79,7
svazenka vratičolistá + pohanka obecná +	hořčice bílá	4,3+45,4	50,3

243

Průměrná suchá hmotnost nadzemní části rostliny (g) v závislosti na způsobu uložení do půdy při výsevu a ve vztahu ke složení vyseté směsi, lokalita Šumice - Uherský Brod. Termín hodnocení 5.9.2017, termín výsevu 4.8.2017. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci mezi průměry (α = 0,05, Tukey, ANOVA).

způsob výsevu		průměrná suchá hmotnost nadzemní části rostliny (g)					
druh vysetý secí botkou – hlavní zásobník	druh vysetý na povrch půdy před secí botky – zásobník na přísev	hořčice bílá		svazenka vratičolistá		pohanka obecná	
hořčice bílá	svazenka vratičolistá	0,328	ab	0,061	ab	0,196	a
pohanka obecná	svazenka vratičolistá			0,044	a		
pohanka obecná	hořčice bílá	0,218	a			0,223	a
svazenka vratičolistá	hořčice bílá	0,424	b	0,073	b		
svazenka vratičolistá + pohanka obecná	hořčice bílá	0,355	ab	0,057	ab	0,200	a

244

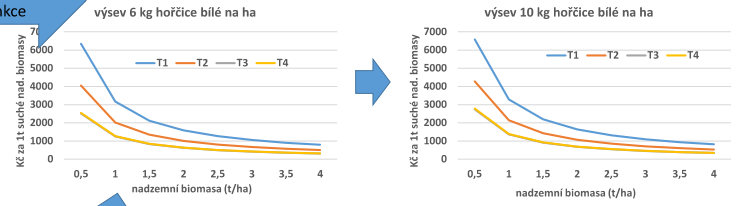
Průměrná produkce suché nadzemní a celkové biomasy (nadzemní + podzemní) na jednotku plochy (t/ha) vícedruhových směsí meziplodin, lokalita Šumice - Uherský Brod. Termín hodnocení 5.9.2017 a 22.9.2017, termín výsevu 4.8.2017. Odlišné průměry v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci mezi průměry (α = 0,05, Tukey, ANOVA).

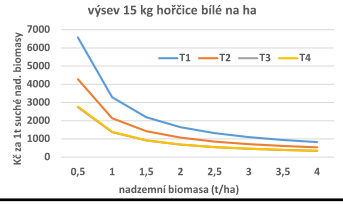
druh vysetý secí botkou – hlavní zásobník	druh vysetý na povrch půdy před pěchovací válec – zásobník na přísev	celková produkce suché nadzemní biomasy (t/ha)		produkce celkové suché nadzemní a podzemní biomasy (t/ha)		celková produkce suché nadzemní biomasy (t/ha)		produkce celkové suché nadzemní a podzemní biomasy (t/ha)	
		5.9.2017				22.9.2017			
hořčice bílá +	jetel inkarnát	0,372	abc	0,454	abcde	1,025	abcd	1,268	abcd
hořčice bílá +	svazenka vratičolistá	0,257	ab	0,294	abc	0,858	abc	1,008	abc
lnička setá +	svazenka vratičolistá	0,187	a	0,252	ab	0,725	a	0,805	a
vikev panonská + tritikale +	svazenka vratičolistá	0,168	a	0,190	a	0,715	a	0,897	ab
pohanka obecná +	svazenka vratičolistá	0,310	ab	0,359	abcd	0,833	abc	0,936	ab
oves setý +	svazenka vratičolistá	0,355	ab	0,493	bcdef	0,779	ab	0,978	ab
oves setý +	ředkev olejná	0,481	bcd	0,614	def	0,960	abc	1,244	abcd
oves setý +	hořčice bílá	0,485	bcd	0,614	def	1,098	abcd	1,412	bcde
ředkev olejná +	hořčice bílá	0,638	d	0,726	ef	1,214	cde	1,513	cde
mastňák habešský +	hořčice bílá	0,320	ab	0,371	abcd	1,187	bcde	1,409	bcde
pohanka obecná +	hořčice bílá	0,481	bcd	0,560	cdef	1,440	de	1,684	de
svazenka vratičolistá +	hořčice bílá	0,604	cd	0,687	ef	1,036	abcd	1,201	abcd
svazenka vratičolistá + pohanka obecná +	hořčice bílá	0,643	d	0,744	f	1,564	e	1,818	e

245

Náklady v Kč na 1t suché nadzemní biomasy hořčice bílé

Mocninná funkce





1 – orba, předseť. příprava, setí,
ena osiva – 3174 Kč/ha
2 – podmítka, setí, osivo – 2024
č/ha
3 – podmítka, rozhoz
zmetadlem, osivo – 1254 Kč/ha
4 – podmítka a setí při podmítce,
sivo – 1274 Kč/ha

246

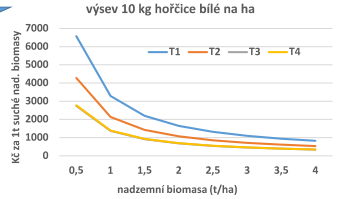
Náklady v Kč na 1t suché celkové hmoty hořčice bílé

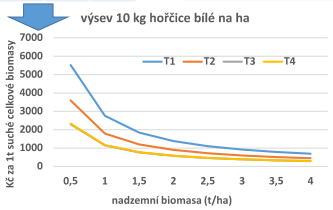
Podzemní navýšená o 40%

dzemní ha	náklady na 1t suché nadzemní biomasy v Kč			
	T1	T2	T3	T4
0.5	6580	4280	2740	2780
1	3290	2140	1370	1390
1.5	2193	1427	913	927
2	1645	1070	685	695
2.5	1316	856	548	556
3	1097	713	457	463
3.5	940	611	391	397
4	823	535	343	348

nadzemní t/ha	náklady na 1t suché celkové biomasy v Kč			
	T1	T2	T3	T4
0.5	5519	3590	2298	2332
1	2759	1795	1149	1166
1.5	1840	1197	766	777
2	1380	897	575	583
2.5	1104	718	460	466
3	920	598	383	389
3.5	788	513	328	333
4	690	449	287	291

nadzemní t/ha	náklady na 1t suché celkové biomasy v Kč			
	T1	T2	T3	T4
0.5	3933	2558	1638	1662
1	1966	1279	819	831
1.5	1311	853	546	554
2	983	640	409	415
2.5	787	512	328	332
3	655	426	273	277
3.5	562	365	234	237
4	492	320	205	208





247

Průměrný poměr nadzemní a podzemní biomasy (nadzemní/podzemní) u hodnocených druhů meziplodin, lokalita Šumice - Uherský Brod. Termín hodnocení 5.9.2017 a 22.9.2017, termín výsevu 4.8.2017. Odlišné průměry v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci mezi průměry (α = 0,05, Tukey, ANOVA). Zeleně jsou označeny hodnoty s nejnižším poměrem, červeně s nejvyšším.

druh	poměr suché nadzemní a podzemní biomasy (nadzemní/podzemní)			
	5.9.2017		22.9.2017	
tritikale	1,545	a	1,718	a
jetel nachový	2,357	a	3,602	ab
oves setý	2,403	a	2,800	ab
vikev panonská	3,156	ab	4,057	ab
mastňák habešský	4,759	abc	7,445	b
pohanka obecná	5,748	bc	6,783	ab
hořčice bílá	6,674	c	5,159	ab
ředkev olejná	7,409	c	3,768	ab
lnička setá	10,621	d	7,314	b
svazenka vartičolistá	11,727	d	17,417	c

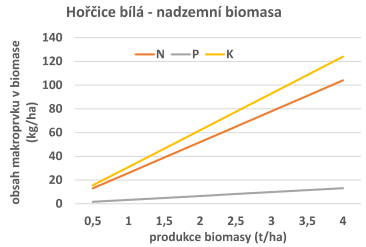
248

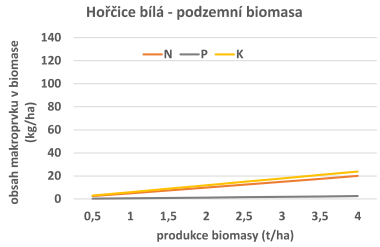
Obsahy makroelementů v nadzemní biomase meziplodin (%), rozmezí hodnot stanovených za období let 2004 – 2007.

rostlinný druh	obsah makroelementů (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
hořčice bílá	2,243 – 2,967	0,256 – 0,495	1,376 – 5,762	0,090 – 2,049	0,084 – 0,433
jetel inkarnát	3,141 – 3,625	0,248 – 0,359	1,507 – 2,672	0,583 – 1,460	0,170 – 0,345
jetel podzemní	2,084 – 3,105	0,257 – 0,306	1,580 – 1,766	0,397 – 0,988	0,106 – 0,172
jílek mnohokvětý	2,064 – 2,221	0,251 –0,620	1,430 – 4,783	0,225 – 2,035	0,143 – 0,268
jílek vytrvalý	2,022 – 2,645	0,279 – 0,548	1,823 – 4,805	0,189 – 0,562	0,104 – 0,212
lupina bílá	2,791 – 3,337	0,239 – 0,534	1,890 – 3,840	0,862 – 1,410	0,211 – 0,228
ředkev olejná	2,591 – 3,341	0,386 – 0,573	1,447 – 5,833	1,401 – 4,954	0,161 – 0,369
řepka ozimá	2,785 – 3,283	0,321 – 0,584	2,051 – 3,238	1,172 – 3,536	0,191 – 0,321
svazenka vratičolistá	2,677 – 2,814	0,348 – 0,542	1,611 – 5,685	1,144 – 4,738	0,191 – 0,345

249

Obsah N, P a K v biomase hořčice bílé





250

Čirok a bér jako strnisková meziplodina

Lokalita: Praha Ruzyně; pozemek VÚRV, v.v.i.

Spolupracující subjekty: VÚRV, v.v.i. a ČZU Praha

Hodnocené druhy:

čirok zrnový – odrůda Ruzrok

bér italský - Ruberit

bér italský – Rucereus

Termíny založení pokusných ploch

Výsev (I.): 27.7.2018 – velikost pokusné plochy 2x (1,5 x 10 m) = 30m² hodnoceného druhu

Výsev (II.): 13.8.2018 – velikost pokusné plochy 2x (1,5 x 10 m) = 30m² hodnoceného druhu

Výsev:

Řádkovým secím strojem: rozteč řádků 150 mm, hloubka výsevu 25 mm

Výsevek (kg/ha):

čirok zrnový – Ruzrok 26

bér italský – Ruberit 23

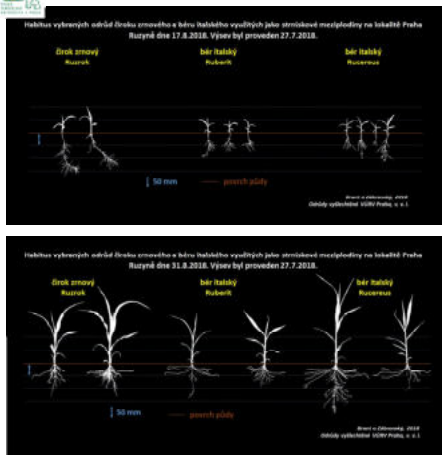
bér italský – Rucereus 23

251

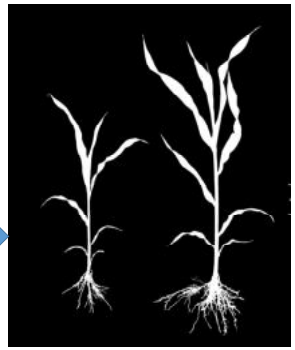
Průměrná suchá hmotnost rostliny (g) a produkce suché nadzemní biomasy (kg/ha) čiroku zrnového (odrůda Ruzrok) a béru italského (Ruberit a Rucereus) stanovené 17.8.2018, 31.8.2018, 14.9.2018 a 25.9.2018 na lokalitě Praha Ruzyně. Výsev (I.) byl proveden 27.7.2018. Odlišné indexy v rámci sloupce dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti a = 0,05 (ANOVA, Tukey).

	17.8.2018				31.8.2018				14.9.2018				25.9.2018			
Druh	průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy rostliny (g)		průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy (kg/ha)		průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy rostliny (g)		průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy (kg/ha)		průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy rostliny (g)		průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy (kg/ha)		průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy rostliny (g)		průměrná suchá hmotnost nadzemní biomasy (kg/ha)	
Ruzrok - čirok zrnový	0,032	b	27,76	a	0,704	b	657,65	b	1,475	a	2550,90	a	4,966	b	4831,60	a
Ruberit - bér italský	0,016	a	44,14	a	0,249	a	594,38	ab	1,561	a	2211,40	a	2,683	a	3635,00	a
Rucereus - bér italský	0,018	a	50,77	a	0,307	a	430,10	a	1,178	a	1753,80	a	2,474	a	3857,80	a

252



Ruzrok – čirok zrnový, 14.9.2018

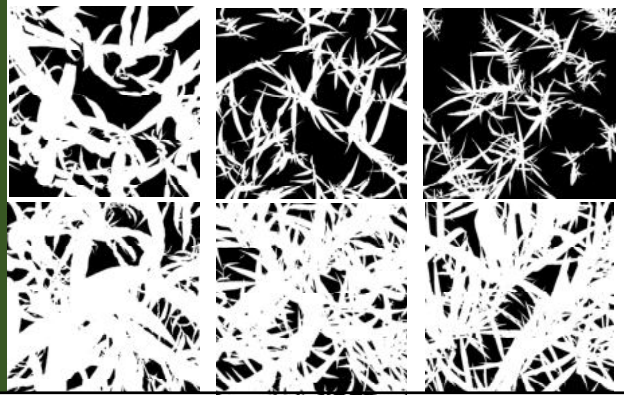


253

Pokryvnost povrchu půdy

Výsev (I.)

Ruzrok – čirok zrnový | Ruberit – bér italský | Rucereus – bér italský



31.8.2018

14.9.2018

254

Pomocná plodina

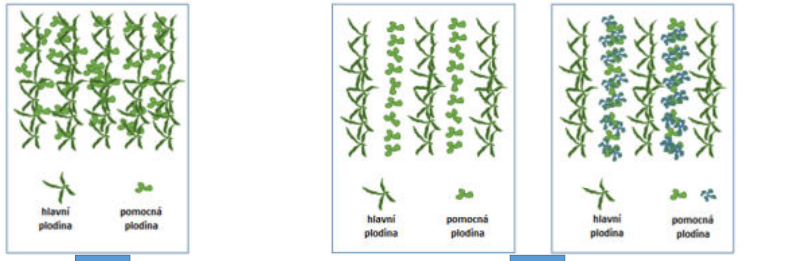
Struktura porostu s pomocnou plodinou – filosofie

- cílené či náhodné rozmístění pomocné a hlavní plodiny
- cílené či náhodné rozmístění druhů pomocných plodin
- cílený výsev pomocných plodin z hlediska dynamiky růstu nadzemní biomasy
- cílený výsev pomocných plodin z hlediska dynamiky růstu kořenového systému
- cílené rozmístění ve vztahu ke způsobu umrtvení
- cílená ochrana pokryvu meziřádku
- apod.

255

Struktura porostu – úzkořádkové plodiny

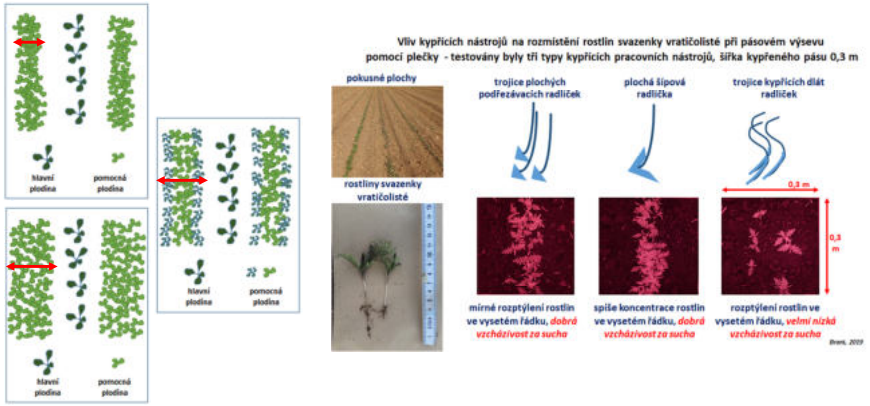
náhodné rozmístění | cílené rozmístění



256

Struktura porostu - širokořádkové

rozmístění rostlin v meziřádku – cílené !!!!



257

Struktura porostu – plodiny do širších řádků

Potenciál:

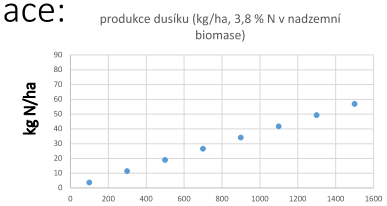
- **ozimá řepka, mák, sója, bob**
- **možnost mechanické regulace pomocné plodiny**
- **jednoduší výsev pomocné plodiny**
- **omezení rozvoje plevelů v širším meziřadí apod.**

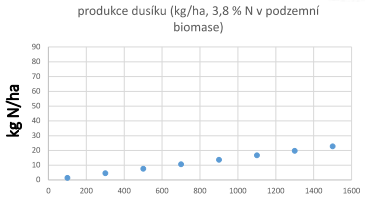
ozimá řepka - dvojřádky

258

Produkce nadzemní biomasy hrachů 6 – 12 t/ha, fáze nalití lusků - standard

Kalkulace:

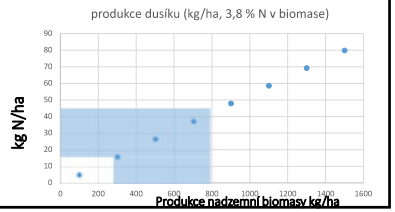




2/3 N využitelné v následném roce

Vývoj porostů při podzimním výsevu:

Obsah N v nadzemní a podzemní biomase – průměr 3,8%
Poměr nadzemní a podzemní biomasy 2,5 :1
Délka vegetace rostlin 30 – 50 dní
Reálná produkce nadzemní biomasy 150 – 700 kg suché hmoty na ha
Výsevek do 80 kg/ha



259

Proč?, Potřebuji to?

- využití 15 – 30 kg N/ha
- produkce OH ve výši 200 – 700 kg/ha (úzký poměr C :N)
- omezení rozvoje plevelů a zvýšení účineku herbicidu
- zpřístupnění P a zabudování dalších mikroprvků do OH
- snížení výsevku a zvýšení rozteče řádků obilniny
- zvýšení pestrosti plodin na PB
- podpora infiltrace
- kalkulace nákladů náklady

260

Porosty ozimé řepky s pomocnou plodinou

Cíle:

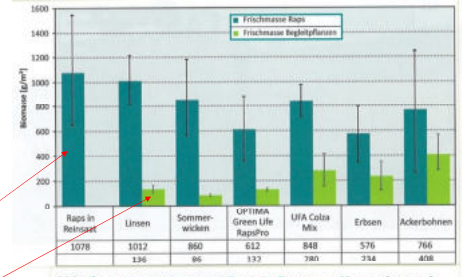
- zajištění části dusíkaté výživy ozimé řepky na základě společného pěstování s rostlinami z čeledi bobovité,
- eliminace erozních rizik po zasetí a během vegetace při pěstování ozimé řepky v širších řádcích,
- omezení ztrát dusíku vyplavením od výsevu ozimé řepky do začátku vegetace na jaře,
- omezení rozvoje plevelů, chorob a škůdců v porostech ozimé řepky na základě přítomnosti pomocných plodin,
- zvýšení potravní nabídky pro volně žijící organismy v době přítomnosti pomocné plodiny v porostech ozimé řepky,
- biologické zpracování půdy v podzimním období pomocnou plodinou za účelem rozvoje kořenového systému ozimé řepky a z důvodu podpory infiltrace vody do půdy
- udržitelnost pěstování ozimé řepky jako hlavní olejniny západní a střední Evropy v měnícím se vnímání významu zemědělství společností.

261

Druhy jako pomocné plodiny – produkce biomasy

- Dominantní zastoupení luskovin – jarní formy hrachů a vikve, bob, čočka, vícekomponentní směsi s jetelovnou (fixace dusíku)

Seidel a Gläser (2017) produkce dusíku obsaženého v biomase se u hrachu setého použitého jako pomocné plodiny v ozimé řepce na konci podzimní vegetace pohybovala v rozmezí 14 – 20 kg/ha, u bobu obecného 20 – 30 kg/ha a u jarní vikve 2 – 14 kg/ha.



řepka
pomocná plodina

Abb. 4: Biomasse Raps und Begleitpflanzen zu Vegetationsende, Scheppau 2016.

Epperlein a kol. (2018)

262

Obsah N_{min} na začátku jarní vegetace

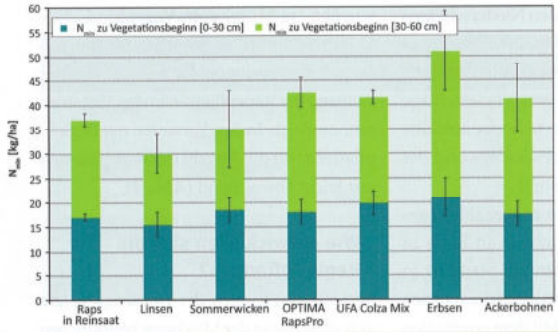


Abb. 5: N_{min} zu Vegetationsbeginn, Scheppau 2017.

Jsou použitelné ozimé formy?

Epperlein a kol. (2018)

263

Použití směsí a ostatních druhů

Cíl: regulace plevelů, omezení eroze, omezení evaporace

- čisté přísevy luskovin
- jetele, vikve, pohanka, mastňák, hrachor, lnička, svazenka (problematický výsev - velikostně heterogenní směsi)
- zvýšení pokryvnosti povrchu půdy o 20 % (záleží na struktuře porostu řepky a pomocné plodiny)

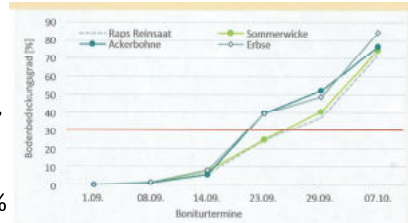


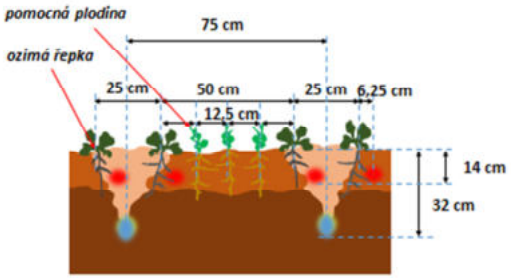
Abb. 3: Entwicklung der Bedeckungsgrade der Varianten im Vergleich zur Reinsaat (rote Linie: Mindestbedeckungsgrad für Erosionsschutz), Gersdorf 2016.

Seidel a Gläser (2017)

264

Technologie pěstování ozimé řepky v dvojřádcích s využitím zonálního kypření a hnojení ověřovaná v projektu Vysokomýtské synklinály

- založení pomocné plodiny souběžně s výsevem řepky ozimé secím strojem



- nezpracovaná půda
- zpracování strniště
- kypření půdy strojem Terrastrip v kombinaci s Ferti-boxem do hloubky 32 cm před setím
- zóna hnojiva uloženého při kypření strojem Terrastrip
- zóna hnojiva uloženého při setí secím strojem Omega 6000 FL osazená zásobníkem s dávkovačem hnojiv a osiv ALFA 400

Řešitelský tým:

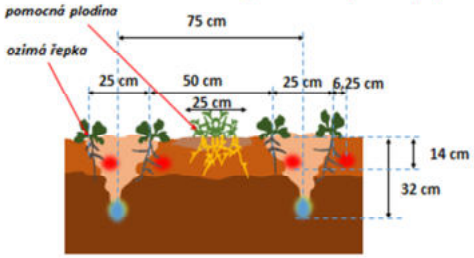
Výzkumné organizace: ***Centrum precizního zemědělství při ČZU***
Zemědělské subjekty: ***Statek Bureš s.r.o., Zemědělské družstvo Dolní Újezd***
Výrobci a prodejci zemědělské techniky: ***BEDNAR FMT s.r.o., Strom Praha a.s.***
Producenti a distributoři osiv: ***Selgen a.s., PRO Seeds s.r.o., SOUFFLET AGRO a.s.***

Brant a Šmöger, 2019

265

Technologie pěstování ozimé řepky v dvojřádcích s využitím zonálního kypření a hnojení ověřovaná v projektu Vysokomýtské synklinály

- založení pomocné plodiny po vzejití řepky při plečkování v kombinaci s pásovým postřikem dvojřádku řepky herbicidem



- nezpracovaná půda
- zpracování strniště
- kypření půdy strojem Terrastrip v kombinaci s Ferti-boxem do hloubky 32 cm před setím
- půda zpracovaná při plečkování
- zóna hnojiva uloženého při kypření strojem Terrastrip
- zóna hnojiva uloženého při setí secím strojem Omega 6000 FL osazená zásobníkem s dávkovačem hnojiv a osiv ALFA 400

Řešitelský tým:

Výzkumné organizace: ***Centrum precizního zemědělství při ČZU***
Zemědělské subjekty: ***Statek Bureš s.r.o., Zemědělské družstvo Dolní Újezd***
Výrobci a prodejci zemědělské techniky: ***BEDNAR FMT s.r.o., Strom Praha a.s.***
Producenti a distributoři osiv: ***Selgen a.s., PRO Seeds s.r.o., SOUFFLET AGRO a.s.***

Brant a Šmöger, 2019

266

Stav porostů pomocná plodina ozimá peluška (Arkta), 3.9.2019, lokalita DÚ

267

Stav porostů pomocná plodina jarní hrách setý a bob obecný, 3.9.2019, lokalita DÚ

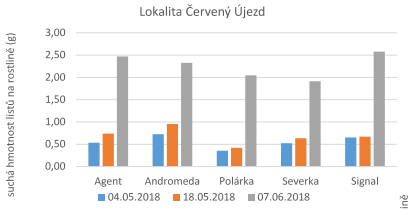
268

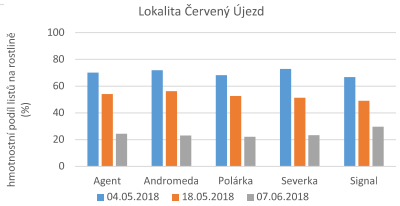
Druhy využitelné jako meziplodiny

- Nedostatečná variabilita v habitu rostlin (výška, podíl orgánů na rostlině, intenzita olistění apod.)
- Cílené šlechtění na specifické znaky (kořenový systém, výška rostlin, odolnost k zakvétání apod.)
- Nejsou legislativní podmínky pro šlechtění plodin využitelných jako meziplodiny
- Nedostatek informací o kvalitativních parametrech (obsah živin, produkce alelopatických látek apod.)
- Není zajištěna produkce osiva u nových druhů, produkce farmážského osiva

269

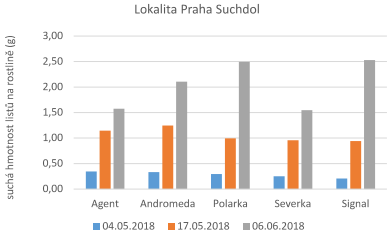
Hořčice bílá – parametry rostlin

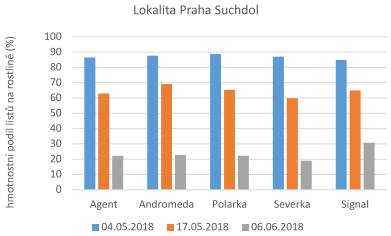




270

Hořčice bílá – parametry rostlin

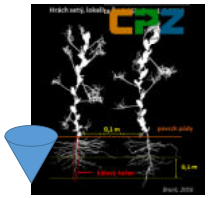




271

Kořenový systém luskovin

- **druhové rozdíly -**
- **modifikace prostředím ?**



Rostlinný druh	Hloubka prokořenění půdy (m)	Šířka prokořenění půdy (m)	Tvar kořenového systému
očka jedlá	0,6 – 1	0,3 – 0,4	kuželový až válcový
ikev panonská	až 1,1	0,3 – 0,5	válcový
ob obecný	0,5 – 1,2	0,5 – 1,2	kuželový
rachor setý	až 1	0,5	válcový
rách setý	0,6 - 1	0,8 – 1	kuželový
ója luštinatá	až 1,4 m	0,6 - 1	válcový
azol obecný	0,3 - 1	až 1,3	kuželový až válcový

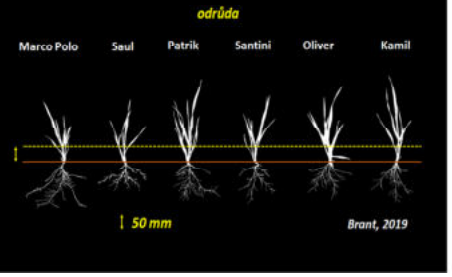
Zdroj: upraveno podle Kutschera, 2009

272

Biometrické parametry odrůd ovsa nahého, založení porostů 21.3.2019 na lokalitě Stupice, termín hodnocení 30.4.2019

Odrůda	délka rostliny (m) - od odnožovacího uzlu po vrchol nejdelšího listu	průměrný počet odnoží na rostlině (kusy)
Marco Polo	0,197	2,4
Saul	0,178	1,2
Patrik	0,227	2,0
Santini	0,211	1,9
Oliver	0,215	0,7
Kamil	0,259	0,7

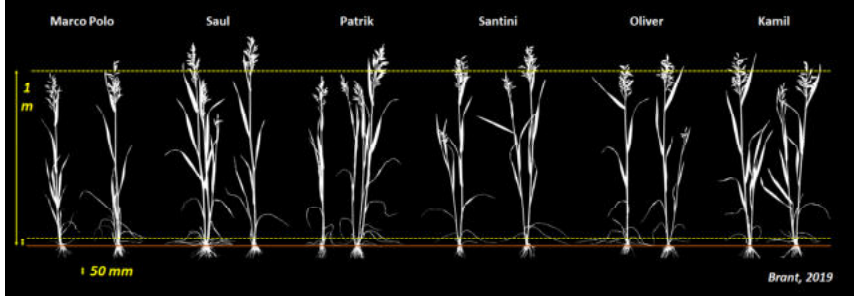
Dynamika vývoje odrůd ovsa nahého, založení porostů 21.3.2019 na lokalitě Stupice, termín hodnocení 30.4.2019



Dynamika vývoje odrůd ovsa nahého, založení porostů 21.3.2019 na lokalitě Stupice, termín hodnocení 30.4.2019.

273

Dynamika vývoje odrůd ovsa nahého, založení porostů 21.3.2019 na lokalitě Stupice, termín hodnocení 20.6.2019



Dynamika vývoje odrůd ovsa nahého, založení porostů 21.3.2019 na lokalitě Stupice, termín hodnocení 20.6.2019.

274

Energetická náročnost zpracování půdy

Energetické náklady spojené se spotřebou PHM a výrobou mechanizačních prostředků.

- **Energetická náročnost orby je vyšší než u kypření. Při obrácení 1 cm vrstvy půdy (tj. 100 m^3 půdy nebo 150 t ha^{-1}) se průměrná spotřeba pohonných hmot pohybuje v rozmezí (Boxberger a Moitzi, 2008).**
- **Část energie výkonu motoru je potřebná na pohyb vpřed. To je značně ovlivněno hmotností traktoru. Jednou z možností snížení spotřeby odběru energie na pohyb vpřed je snížení podílu mezi hmotností traktoru a výkonem motoru. V současné době došlo ke snížení tohoto podílu ze 100 kg kW^{-1} na , a v budoucnu se lze přiblížit hodnotě (Boxberger a Moitzi, 2008).**
- **Zvýšením výkonu dochází rovněž k poklesu při výrobě traktorů. V důsledku zvýšení výkonu traktoru však dochází k nárůstu zatížení kol, protože pohotovostní a užitná hmotnost traktoru se .**

275

Energetická náročnost zpracování půdy

- **Vezmeme-li v úvahu rozdělení energie traktoru, jsou pro potřebu tahové síly z celkového dostupného výkonu spotřebovány 4 l ha^{-1} z celkové energie obsažené v palivu spotřeba paliva při orbě činí asi 20 l ha^{-1}). Poté účinnost soustavy dosahuje jen . Přes energie se do prostředí uvolní v podobě tepla (Boxberger a Moitzi, 2008).**
- **Dle Holze (2006) lze spotřebu paliva traktorů v rozmezí považovat za velmi dobrou a v rozmezí za dobrou.**
- **Kromě míry využití motoru hraje roli rovněž . (půdní druh, vlhkost půdy, utužení apod.) výrazně ovlivňují energetickou náročnost zpracování půdy. vede ke snížení zhutnění půdy a úspoře PHM v důsledku zvýšení využití tahové síly až o (Volk a Rose, 2009)**
- **Významná je z hlediska efektivity práce strojů rovněž .**

276

Energetická náročnost zpracování půdy

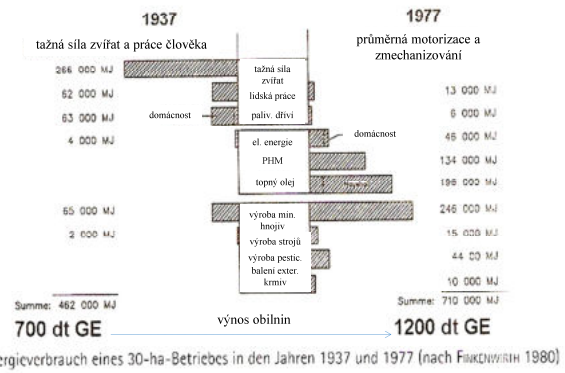
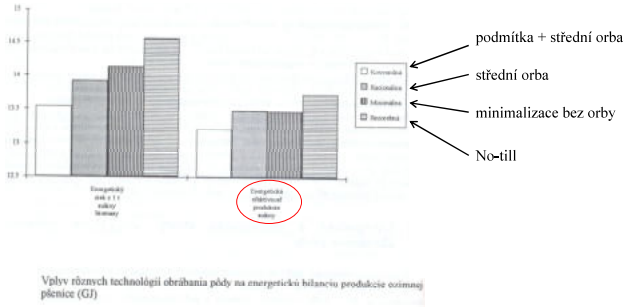


Abb. 1: Energieverbrauch eines 30-ha-Betriebes in den Jahren 1937 und 1977 (nach FRIEDWIRTH 1980)

Spotřeba energie 30-ti hektarovým podnikem v roce 1937 a 1977

277

Vliv rozdílného zpracování půdy na energetickou bilanci produkce ozimé pšenice (Nozdrovický a Marko, 1993)



Vplyv rôznych technológií obrábania pôdy na energetickú bilanciu produkcie ozimnej pšenice (GJ)

278

Závěrem: Eliminace vstupů pesticidů a hnojiv

279

Eliminace pesticidů

- Ničení semen výdrolu a plevelů při sklizni (sklízecí mlátička)
- Systémy velmi mělkého zpracování půdy
- Opakovaná mělká kultivace
- Využití pomocných plodin
- Plečkování (úzkořádkové plodiny a širokořádkové plodiny)
- Pásové postřiky (řádek nebo meziřádek plodiny)
- Detekce plevelného spektra na pozemku (mapy zaplevelení)
- Stanovení souřadnic rostlin hlavní plodiny
- Robotické plečky a robotické postřikovače

280

Eliminace použití minerálních hnojiv

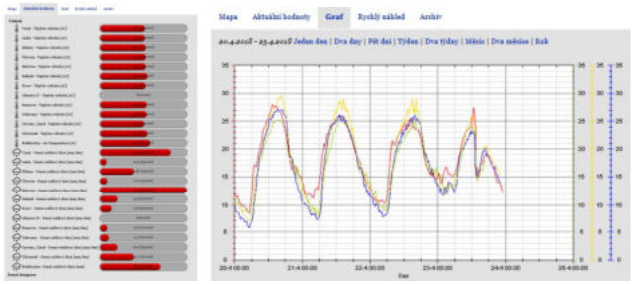
- Použití meziplodin a pomocných plodin
- Využití dusík fixujících plodin
- Cílené zonální hnojení do zóny kořenů
- Cílené hnojení při plečkování
- Cílené pásové hnojení kapalnými hnojivy
- Obohacování kapalných organických hnojiv živinami
- Variabilní zásobní hnojení
- Variabilní přihnojení (mapy, N senzory)

281

Meteorologická síť ISIDOR

https://cpz.czu.cz/cs/

EMS Brno

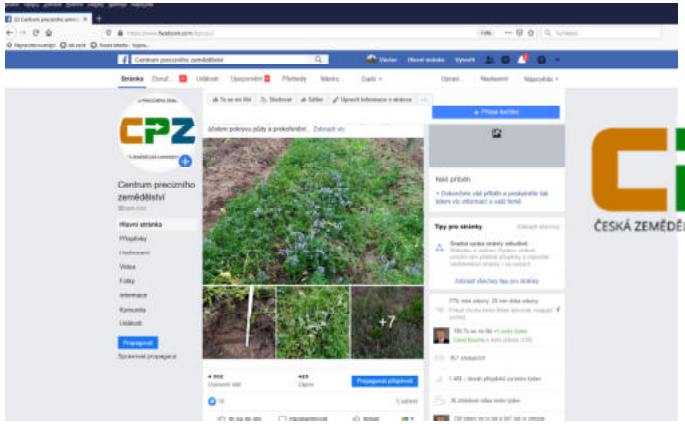


Páteřní stanice

Doplňkové stanice

282

Aktuální informace na FB CPZ



ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

283

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Děkujeme za pozornost!

284

Název: Pěstební systémy omezující degradaci životního prostředí a zvyšující efektivitu agrotechniky
Vydavatel: Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s.
Hybernská 38, Praha 1
Druh publikace: Sborník ze semináře
Odborní garanti: Ing. Veronika Hlaváčková, Ph.D.

Určeno: manažeři zemědělských podniků
Vydání: první
Rok vydání: 2019
Náklad: 220 výtisků
(Institut vzdělávání v zemědělství o.p.s., Hybernská 38, 110 00 Praha 1)

Za obsahovou a jazykovou správnost díla odpovídají autoři.