

EFEKTIVNÍ HOSPODAŘENÍ
S VODOU JE ZÁKLADEM
SETRVALEHO ROZVOJE ZEMĚDĚLSTVÍ.
KUKURICE SETÁ BYLA, JE A BUDE VÝZNAMNOU
PLODINOU PRO LIDSTVO.

OCHRANA PŮDY JE SYSTÉM VEDOUcí K ZAJIŠTĚNÍ
POŽADOVANÉ PRODUKCE POLNÍCH PLODIN.
PĚSTEBNÍ TECHNOLOGIE SE MUSEJÍ VYVIJET
V SOULADU SE ZMĚNAMI KRAJINNÉHO PROSTORU.



AGRÁRNÍ KOMORA
České republiky



„Síla naše však spočívá
v půdě naší, o tu musíme
všemožně se starati, aby
nám většího užitku než
dosud poskytovala.“

František Horský

Publikace Agrární komory České republiky

EFEKTIVNÍ HOSPODAŘENÍ S VODOU A ELIMINACE DEGRADACE PŮDY v pěstebních systémech kukuřice seté

Vedoucí autorského kolektivu
Doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.



EFEKTIVNÍ HOSPODAŘENÍ S VODOU A ELIMINACE DEGRADACE PŮDY

v pěstebních systémech kukuřice seté

Václav Brant, Milan Kroulík, Jindřich Šmöger, Michaela Škeříková, Petr Zábranský,
Miroslav Jursík, Evženie Prokinová, Pavel Fuksa, Josef Hák



Autorský kolektiv:

Doc. Ing. **Václav Brant**, Ph.D.,

Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze

Spoluautoři:

Ing. **Pavel Fuksa**, Ph.D.,

Česká zemědělská univerzita v Praze

Doc. Ing. **Josef Hák**, Ph.D.,

Česká zemědělská univerzita v Praze

Doc. Ing. **Miroslav Jursík**, Ph.D.,

Česká zemědělská univerzita v Praze

Doc. Ing. **Milan Kroulík**, Ph.D.,

Česká zemědělská univerzita v Praze,

Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze

Doc. Ing. **Evženie Prokinová**, CSc.,

Česká zemědělská univerzita v Praze

Ing. **Michaela Škeříková**, Ph.D.,

AGROFINAL spol. s r.o.

Jindřich Šmöger

Statek Bureš, s.r.o.

Ing. **Petr Zábranský**, Ph.D.,

Česká zemědělská univerzita v Praze,

Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze

Rok vydání: 2020

ISBN 978-80-88351-13-9

VYDALA:

Agrární komora České republiky

Počernická 272/96, 108 00 Praha 10

Tel.: +420 296 411 180

e-mail: sekretariat@akcr.cz

www.akcr.cz, www.eagri.cz

Recenzenti:

Prof. Ing. **Josef Hůla**, CSc.,

Výzkumný ústav zemědělské
techniky, v. v. i.

Ing. **Václav Hlaváček**, CSc.,

Agrární komora ČR



Autoři fotografií:

Václav Brant, Miroslav Jursík, Markéta Gernerlová,
Vladimír Hovad, Milan Kroulík, Aleš Kuthan, Martin Nečada,
Zdeněk Souhrada, Petr Zábranský, FARMET, a.s.

Poděkování:

Publikace byla vytvořena pouze za finanční podpory Ministerstva zemědělství ČR.

Výsledky zahrnuté do předkládané publikace byly získány v rámci projektu:

EIP, č. 17/005/1611a/453/00010

Přodochranné technologie v oblasti Vysokomýtské synklinály (MZe ČR)

OBSAH

1. Kukuřice setá v zemědělském systému (Brant)	10
2. Význam kukuřice seté v České republice (Fuksa)	12
2. 1. Vývoj osevních ploch a výnosů kukuřice	12
2. 2. Vývoj struktury registrovaných hybridů	14
2. 3. Význam pěstování kukuřice na siláž	17
2. 4. Využití kukuřice pro produkci bioplynu	18
2. 5. Význam pěstování kukuřice na zrno	19
3. Biologie kukuřice seté (Brant)	20
3. 1. Semeno a faktory ovlivňující klíčení semen	21
3. 2. Vývoj rostlin kukuřice seté	25
3. 2. 1. Kořenový systém a jeho vývoj	25
3. 2. 2. Nadzemní orgány rostliny	30
4. Vláhové nároky kukuřice seté (Brant)	35
4. 1. Evapotranspirační nároky porostů kukuřice (Brant a Zábranský)	37
4. 2. Energetická bilance porostů kukuřice seté	40
4. 3. Transpirační nároky kukuřice seté (Brant a Škeříková)	42
4. 4. Porostní srážka (Brant, Zábranský a Škeříková)	45
4. 5. Efektivita využití vody	53
5. Degradální procesy půdy (Brant a Kroulík)	56
5. 1. Technologie a půdní vlastnosti (Kroulík)	61
5. 1. 1. Obsah organické hmoty v půdě	62
5. 1. 2. Fyzikální vlastnosti půdy	65
5. 1. 3. Infiltrační procesy	69
5. 1. 4. Infiltrace vody do půdy na promrzlé půdě	74
6. Pásové zpracování půdy – konvenční tvorba pásů (Brant a Kroulík)	76
6. 1. Pásové zpracování půdy v Evropě	77
6. 2. Princip technologie	79
6. 3. Agrotechnické požadavky	81
6. 4. Vliv technologie na teplotu a vodu v půdě	83
6. 5. Omezení kapkové eroze a stabilita půdních agregátů	87
6. 6. Vývoj rostlin v systémech pásového zpracování půdy	88
7. Setí do vyfrézovaných pásů - frézový výsev (Brant, Kroulík a Zábranský)	91
7. 1. Ověřování technologie v podmínkách České republiky	93
7. 2. Infiltrace vody do půdy	94
7. 3. Penetrační odpor	96

7. 4.	Rostlinné zbytky v meziřádku	97
7. 5.	Kořenový systém	98
7. 6.	Vývoj rostlin a produkce biomasy	100
7. 7.	Herbicidní ochrana	100
8.	Pěstování kukuřice seté v hrůbkách (Brant a Kroulík)	101
8. 1.	Hrůbky v Evropě	103
8. 2.	Agrotechnické požadavky na hrůbky	106
8. 3.	Teplota a voda v půdě	111
8. 4.	Půdní struktura a pokrývnost půdy	114
8. 5.	Vývoj rostlin a produkce biomasy	115
8. 6.	Využití navigačních technologií	116
9.	Systémy živého a mrtvého mulče (Brant a Šmöger)	117
9. 1.	Setí do mulče předplodiny	117
9. 2.	Systémy zakládání kukuřice seté do cíleně založeného umrtveného mulče	119
9. 2. 1.	Zakládání porostů do vymrzajících plodin	119
9. 2. 2.	Zakládání porostů do nevymrzajících plodin	122
9. 3.	Systémy zakládání kukuřice seté do živého mulče	124
9. 4.	Zakládání podsevů a pomocných plodin	125
9. 5.	Pásové výsevy meziplodin	129
9. 5. 1.	Podzimní pásové výsevy	130
9. 5. 2.	Jarní pásové výsevy	133
10.	Pěstování kukuřice seté v užších řádcích (Brant, Škeříková a Zábranský)	135
10. 1.	Ověřování technologie v podmínkách ČR	136
10. 2.	Porostní srážka a kapková eroze	137
10. 3.	Dynamika vývoje porostů a výnosy	141
11.	Pěstování kukuřice pod fólií (Brant, Zábranský, Škeříková a Kroulík)	146
11. 1.	Ověřování technologie v roce 2015	148
11. 2.	Ověřování technologie v roce 2016	162
12.	Kultivace během vegetace, zonální aplikace hnojiv a pesticidů (Brant, Šmöger a Kroulík)	168
12. 1.	Infiltrace vody po kypření a zonální aplikace hnojiv	169
12. 2.	Pásové aplikace kapalných látek	172
12. 3.	Koncepty vývoje systémů	173
13.	Vyžití principů precizního zemědělství (Kroulík)	177
13. 1.	Variabilní výsevek	177
13. 2.	Variabilita přítlaku na secí botku	180
13. 3.	Zonální a cílené kypření	182

14. Obsevy a prosevy jako agronomický nástroj (Šmöger, Brant a Kroulík)	186
14. 1. Ozelenění kolejových stop	186
14. 2. Optimalizace produkční plochy půdního bloku	192
15. Regulace plevelů v porostech kukuřice seté (Jursík)	195
15. 1. Plevelné spektrum a konkurence plevelů v kukuřici seté	195
15. 2. Možnosti nepřímých regulačních opatření proti plevelům	196
15. 3. Plečkování	196
15. 4. Možnosti herbicidní ochrany	197
15. 4. 1. Preemergentní ošetření	197
15. 4. 2. Časné postemergentní ošetření	198
15. 4. 3. Klasické postemergentní ošetření	200
15. 5. Faktory ovlivňující účinnost půdních herbicidů	202
15. 5. 1. Vlhkost půdy	202
15. 5. 2. Půdní vlastnosti	203
15. 5. 3. Zpracování půdy	204
15. 6. Specifika použití herbicidů v porostech zakládáných půdoochrannými technologiemi	205
15. 6. 1. Restrikce <i>glyphosatu</i>	205
15. 6. 2. Pravděpodobná renezance pýru plazivého	205
15. 6. 3. Likvidace meziplodin a zelených mulčů	206
15. 6. 4. Duo systém	207
16. Choroby a škůdci v půdo- a vodoochranných technologiích (Prokinová)	209
16. 1. Škůdci kukuřice	211
16. 2. Choroby kukuřice	213
16. 3. Půdo- a vodoochranné technologie zpracování půdy a ochrana proti škůdcům a chorobám	216
17. Vliv půdo- a vodoochranných technologií na kvalitu biomasy (Hakl)	220
18. Seznam literatury	224

PŘEDMLUVA

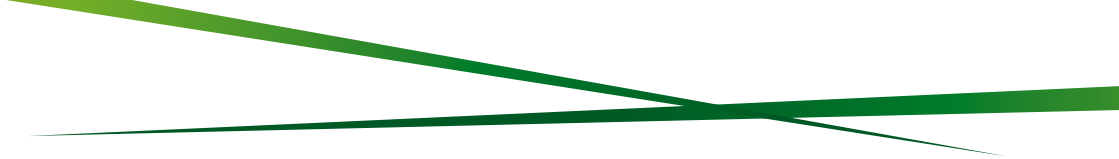
Pěstební systémy zajišťující efektivní hospodaření s vodou a přispívající k omezení degradačních procesů půdy jsou základem nejen efektivního využití půdy a dosažení požadovaných výnosů plodin, ale zároveň vedou k dlouhodobému a setrvalému využívání půdy a krajiny. Především u kukuřice seté hrají vodo- a půdoochranné technologie významnou roli. Nejedná se zde pouze o omezení degradačních procesů půdy, včetně snížení erozních rizik, ale i o zajištění efektivního využití vody porosty a udržení vody v půdním prostředí.

Hlavním cílem předkládané knižní publikace je poskytnout ucelený pohled na problematiku využití vodo- a půdoochranných technologií při pěstování kukuřice seté v podmínkách České republiky, včetně nových trendů vycházejících z požadavků kladených na šetrné způsoby využití přírodních zdrojů a ve vztahu k celospolečenským požadavkům kladeným na funkce zemědělství.

Publikace obsahuje nejen zahraniční poznatky, ale především uceleným způsobem předkládá originální výsledky autorského kolektivu získané při primárním výzkumu a ověřování technologií v podmínkách České republiky za posledních deset let. Právě výsledky laboratorních a polních experimentů a z nich vyplývajících závěry platné pro podmínky České republiky lze považovat za velmi cenné pro zemědělskou praxi.

Z hlediska zaměření je kniha primárně určena pro zemědělskou praxi provádějící zemědělskou výrobu v rámci konvenčních a ekologických systémů hospodaření.

Autoři



ABSTRAKT

Kukuřice setá je oprávněně považována za plodinu, která při nevhodných způsobech pěstování může negativně působit na půdní vlastnosti a v konečném důsledku i na půdní úrodnost. V kontextu vývoje klimatu je však v pěstebních technologiích kukuřice seté nutné řešit otázku vodoochranných technologií z hlediska produkčních a mimoprodukčních funkcí zemědělství. Publikace se věnuje nejen obecným principům degradace půdy a koloběhu vody v porostech kukuřice seté, ale rovněž rozdílným technologiím spadajícím do kategorie vodo- a půdoochranných. Primárně je práce zaměřena na možnosti jejich využití v podmínkách České republiky a zahrnuje výsledky výzkumu a ověřování právě v těchto podmínkách. Mezi jednotlivé technologie jsou zahrnuty systémy pásového zpracování půdy, frézového výsevu, pěstování v hrůbcích, systémy pěstování kukuřice v užších řádcích, technologie pěstování pod fólií, systémy živého a mrtvého mulče a vývoj systémů kultivace během vegetace.

ABSTRACT

Maize is rightly considered to be a crop which can have a negative effect on soil properties and ultimately, on soil fertility when using unsuitable cultivation methods. Moreover, in the context of climate change, growing maize it is also connected with the issue of water protection farming technologies in terms of production and non-production functions of agriculture. The publication deals not only with the general principles of soil degradation and water circulation in maize stands, but it also deals with different technologies falling into the category of water and soil protective. The publication is primarily focused on the possibilities of using these technologies under conditions in the Czech Republic and includes the results of the research and results verification under these conditions. The observed technologies include strip-tillage systems, strip tillage with strip rotavator (Rotor-Strip-Till) and sowing, ridges maize growing systems, growing in narrower rows, growing of maize under foil, „alive and dead“ mulch systems and the development and improvement of cultivation systems during maize plant vegetation.

1. KUKUŘICE SETÁ V ZEMĚDĚLSKÉM SYSTÉMU

Kukuřice setá se po objevení Ameriky začíná pěstovat v Evropě. K jejímu rozšíření dochází v 16. století v západní Evropě, zejména pak v oblastech s průměrnou roční teplotou vyšší než 10 °C. Kukuřice je v Evropě pěstována pro produkci zrna a její výraznější nárůst lze v oblastech nacházejících se mezi západní a střední Evropou sledovat od konce 1. světové války (Zscheischler a kol., 1990). Výrazný nárůst ploch kukuřice je spjat do 2. světové války s potravinovým programem Třetí říše a s případným jejím pěstováním ve vhodných oblastech obsazených zemí. Výše uvedení autoři uvádějí, že v roce 1938 činily osevní plochy kukuřice na zrna ve Třetí říši 59 394 ha a zároveň došlo k nárůstu ploch kukuřice na produkci zelené biomasy.

Po roce 1945 dochází k útlumu produkce kukuřice a nárůst osevních ploch začíná stoupat kolem roku 1950. S nárůstem osevních ploch kukuřice seté, tak dochází i k jejímu výraznějšímu vlivu na zemědělské systémy. Odlišný vývoj pěstebních systémů je historicky spjat i s rozdělením Evropy do roku 1989, zejména z hlediska vývoje genetického materiálu, strojů pro zakládání porostů a techniky pro sklizeň. Obecně však vývoj šlechtění (hybridní šlechtění) a techniky od 60. let minulého století zajistil nejen, rozšíření kukuřice seté i do vyšších a chladnějších poloh, ale také zásadním způsobem eliminoval potřebu lidské práce při jejím pěstování a při sklizni. Opomenout nelze ani zásadní význam vývoje prostředků na ochranu rostlin, především prostředků pro regulaci plevelů v porostech kukuřice seté, zejména triazinových herbicidů. Od 60. let minulého století začíná však v části západní a ve střední Evropě převažovat dominantní zastoupení silážní kukuřice, které trvá do dnešní doby. Lütke Entrup a kol. (2013) poukazují na skutečnost, že členské státy Evropské unie se vyznačují výrazným zastoupením ploch silážní kukuřice ve srovnání se zbytkem světa a osevní plocha zde přesahuje 5 milionů hektarů.

Zařazení kukuřice seté do pěstebních systémů je spojeno následujícími specifiky:

- Kukuřice setá nevyžaduje zásadní nároky na předplodinu v osevním postupu a umožňuje efektivní pěstování v monokultuře.
- Jedná se o plodinu, zejména při silážním využití, která je při dodržení časového hlediska vhodnou předplodinou pro většinu plodin.
- Dobře reaguje na animální hnojení pevnými statkovými i kapalnými organickými hnojivy.
- V současné době jsou v zemědělské praxi dobře zvládnuty jak chemické, tak mechanické způsoby regulace plevelů.
- Dostupné jsou systémy pro přesné setí, včetně systémů variabilního setí, a kvalitní technika pro sklizeň zrnové a silážní kukuřice.

- Kukuřice setá je v evropských podmínkách považována za nejrizikovější plodinu z hlediska větrné, ale především vodní eroze.
- Jako zástupce skupiny druhů s cyklem fixace oxidu uhličitého označovaným jako C4 je považována za perspektivní plodinu přizpůsobující se snáze podmínkám oteplování evropského klimatu, včetně efektivnějšího systému hospodaření s vodou.
- Rostliny kukuřice seté zásadním způsobem nereagují na rozdílné systémy zpracování půdy lišící se hloubkou či intenzitou zpracování půdního profilu a úspěšně jsou využitelné i v technologiích setí do nezpracované půdy.
- U kukuřice seté existuje velmi rozpracovaný a v praxi zvládnutý systém rozdílných půdoochranných a vodu šetřících technologií.
- Kukuřice setá je jednou z plodin, u kterých se intenzivně a úspěšně pracuje na procesu šlechtění a zvyšování odolnosti nových hybridů vůči stresovým faktorům, včetně genetických modifikací.
- Především využití kukuřice seté pro produkci zelené biomasy je spojeno se zvýšeným rizikem zhutnění půdy především při odvozu biomasy rostlin, tato rizika však mohou narůstat i s rozvojem systémů mechanické regulace plevelů.
- Využití kukuřice na siláž je spojeno s výrazným porušením bilance organické hmoty na pozemku, protože celá rostlina představuje hlavní produkt. Z tohoto důvodu je nutné pamatovat na stabilizaci bilance organické hmoty v rámci osevního postupu s využitím kukuřice pro produkci zelené biomasy. Tato rizika narůstají v případech, kdy se ze silážní kukuřice stává obchodovatelná komodita, a biomasa tak není zahrnuta do vnitřního koloběhu organické hmoty zemědělského podniku.
- Vývoj systémů pěstování některých polních plodin v širších řádcích, či pomocí systémů zonálního nebo pásového zpracování půdy, zvyšuje využití strojů určených do pěstebních technologií kukuřice i v jiných plodinách.
- Kukuřici setou lze úspěšně pěstovat v užších řádcích, či systémem dvouřádků, což opět zvyšuje možnosti využití technických prostředků podniku, které jsou primárně určeny pro jiné plodiny.
- Určitá nejistota panuje u širšího využití kukuřice v systémech ekologického zemědělství z hlediska stability výnosů a reálnosti regulace plevelů.
- V systémech kukuřice seté lze efektivně využít systémy pásové aplikace pesticidů, či jejich kombinace se systémy mechanické regulace plevelů, či v kombinaci s využitím ozelenění meziřádků.
- Existuje značná míra ověřených technologických postupů pro využití souběžného pěstování kukuřice seté s pomocnými plodinami s rozdílnými termíny jejich založení ve vztahu k výsevu kukuřice.
- Intenzivně je zkoumána možnost uplatnění kukuřice seté v systémech souběžného pěstování s jinou hlavní plodinou, tzv. double cropping.
- Ve střední Evropě je osevní plocha kukuřice seté zásadním způsobem napojena na živočišnou výrobu (silážní kukuřice na chov skotu a zrnová částečně na chov prasat) a plochy dále závisí na podmínkách stanovených pro produkci energie z obnovitelných zdrojů.

2. VÝZNAM KUKUŘICE SETÉ V ČESKÉ REPUBLICE

Kukuřice setá představuje jednu z významných plodin pěstovaných na orné půdě v České republice. Její význam je spjat nejen se zajištěním krmivové základny, ale také přímo souvisí s rozvojem systémů produkce energie z obnovitelných zdrojů.

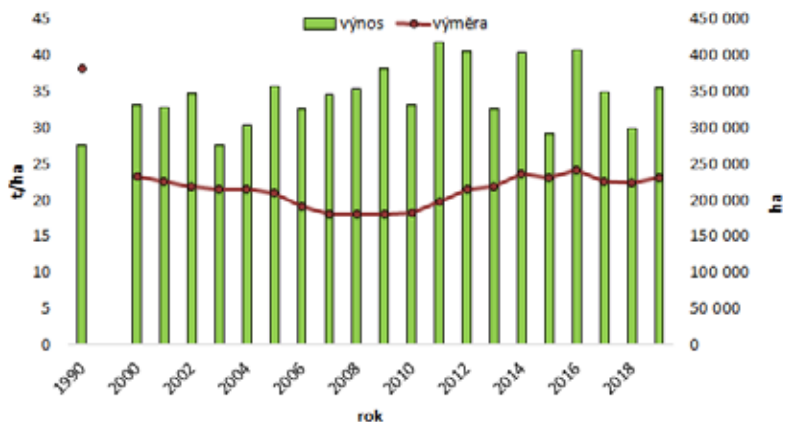
2. 1. Vývoj osevních ploch a výnosů kukuřice

Celosvětově patří kukuřice společně s pšenicí a rýží mezi tři nejvýznamnější plodiny (FAOSTAT, 2020). Bez ohledu na široké možnosti uplatnění této plodiny, jsou evidovány dva základní způsoby využití: na zrno a na siláž. Z globálního pohledu převažuje pěstování kukuřice na zrno, v České republice vzhledem ke klimatickým podmínkám jsou větší plochy věnovány kukuřici na siláž.

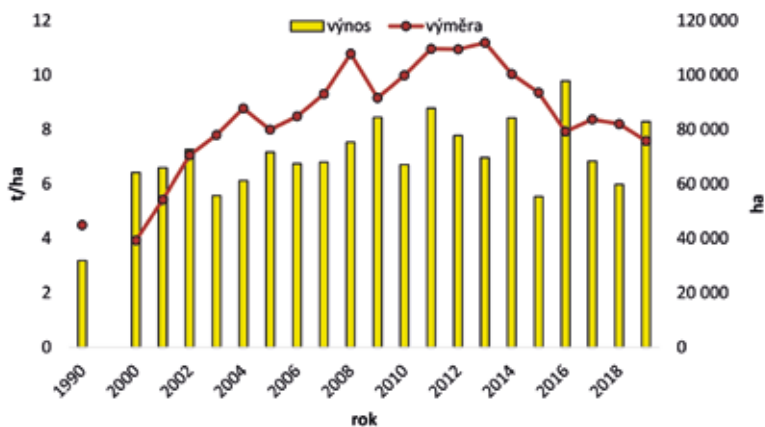
Kukuřice setá v České republice dlouhodobě zaujímá relativně stabilní podíl 9 – 13 % z celkové osevní plochy. Z podrobnější analýzy statistických dat (ČSÚ, 2020) je však patrné, že v posledních několika desetiletích došlo k výrazným změnám jak ve výměře osevních ploch, tak i v účelu pěstování kukuřice.

Výměra silážní kukuřice (obr. 1) se postupně od roku 1990, kdy činila 382 000 ha, snižovala až do roku 2009 na 180 000 ha v důsledku snižování stavu skotu z 3,5 mil. kusů až na 1,4 mil. kusů (ČSÚ, 2020). Jak je z těchto čísel patrné, nebyl pokles výměry silážní kukuřice tak výrazný jako pokles stavu zvířat, a to především z důvodu omezení používání méně kvalitních krmiv, která byla nahrazena silážní kukuřicí. Současně s poklesem počtu krav (z 1,24 mil. na 0,56 mil. kusů) se v tomto období zvýšila dojivost o 74 % (z 3 950 na 6 870 l za rok).

Následně se výměra silážní kukuřice postupně navyšovala a v posledních deseti letech se pohybuje v průměru okolo 220 000 ha (182 000 – 242 000 ha). Vzhledem k tomu, že ve stavech skotu (rok 2019: 1,4 mil. ks skotu, z toho 0,59 mil. krav) nedochází k výraznějším změnám, lze tento nárůst výměry dedikovat uplatnění silážní kukuřice v bioplynových stanicích. Přesnější statistiky, jaké množství silážní kukuřice se využívá ke krmným účelům a jaké pro produkci bioplynu, nejsou k dispozici.



Obr. 1: Výnos zelené hmoty (t/ha) a výměra (ha) kukuřice na siláž v České republice v letech 1990 – 2019 (ČSÚ, 2020).



Obr. 2: Výnos (t/ha) a výměra (ha) kukuřice na zrno v České republice v letech 1990 – 2019 (ČSÚ, 2020).

Z obrázku 1 je dále patrný pozvolný nárůst průměrných výnosů zelené hmoty v 1. dekádě 21. století (z 30 na 40 t/ha), který lze přičíst jak zvyšování úrovně pěstování, tak novým hybridům. Zvýšený výnosový potenciál silážní kukuřice je však v posledních letech výrazně limitován průběhem počasí a zejména pak nedostatkem srážek.

Opačný trend lze pozorovat ve vývoji ploch kukuřice na zrno (obr. 2). V letech 1990 až 2000 činila průměrná výměra 33 000 ha (27 000 – 45 000 ha). V posledních 20 letech pak osevní plochy oscilují okolo 90 000 ha (70 000 – 110 000 ha). Průměrné výnosy zrnové kukuřice se v posledních dvou dekáдах pohybují na úrovni 7 t/ha a oproti roku 1990 jsou více než dvojnásobné. Podobně jako u silážní kukuřice jsou však výrazně ovlivněny ročníkem.

Nížší míra kolísání výměry kukuřice na siláž souvisí s její poměrně pevně danou potřebou zásobování živočišné výroby a bioplynových stanic. Výraznější změny ploch kukuřice na zrno pak souvisejí především s mírou rentability jejího pěstování. Výhodou pěstování kukuřice seté je také určitá míra flexibility, která umožňuje v případě nižších výnosů silážní kukuřice sklídit a zakonzervovat porosty původně určené na zrno a v opačné situaci ponechat silážní porosty na zrno.

Celková roční sklizeň kukuřice na siláž se od devadesátých let až do současnosti pohybovala v rozmezí 5,9 – 10,5 mil. tun. Sklizeň zrna se postupně navyšovala ze 140 000 t až na 1 mil. t; v posledních pěti letech je na úrovni okolo 600 000 t.

2. 2. Vývoj struktury registrovaných hybridů

V současné době je ve Státní odrůdové knize (ÚKZÚZ, 2018) registrováno 395 hybridů kukuřice (tab. 1), což je nejvyšší počet odrůd ve srovnání s jakoukoliv jinou kulturní plodinou (zapsáno je např. 160 odrůd pšenice seté). Z tohoto počtu je 22 hybridů geneticky modifikovaných (GM). U všech GM hybridů se jedná o hybridy s odolností vůči zavíječi kukuřičnému (Bt-kukuřice, geneticky modifikovaná odrůda MON-00810-6). Larvy tohoto motýla poškozují požerky stéblo a palice. Absence napadení tímto škůdcem se pozitivně projevuje na snížené lámavosti a poléhavosti porostu a zejména pak na nižším napadení mechanicky poškozených pletiv houbovými chorobami, což se promítá do sníženého obsahu mykotoxinů v kukuřičné siláži nebo zrna.

Největší výměra GM kukuřice (8 380 ha) a počet pěstitelů (167) v ČR byly v roce 2008. V důsledku přísných administrativních a organizačních povinností, negativní medializace GMO plodin, která se promítá i do požadavku na GMO free mléko, docházelo v následujících letech k postupnému snížení ploch až na 75 ha v roce 2016. V letech 2017 – 2019 již nebyl evidován žádný pěstitel GM kukuřice. V období, kdy byla GM kukuřice pěstována, byla většina produkce využívána jako krmivo pro hospodářská zvířata a menší část jako surovina pro výrobu bioethanolu nebo bioplynu a nesloužila pro přímé potravinářské účely (Kůst a Záruba, 2020).

Z tabulky 1 je dále zřejmé, že zastoupení silážních hybridů, které tvoří polovinu sortimentu, je dlouhodobě stabilní. V průběhu posledních let je patrný pokles zastoupení hybridů vhodných pro kombinované využití (na siláž a na zrno).

Tab. 1: Vývoj počtu hybridů kukuřice a změna zastoupení (%) jednotlivých kategorií hybridů v letech 2002 – 2018 (ÚKZÚZ, 2002; 2008; 2018).

	rok		
	2002	2008	2018
počet hybridů	172	268	395
(z toho GMO)	(-)	(17)	(22)
kategorie hybridů	%		
silážní	49	51	51
zrnové	41	42	46
kombinované	10	7	3
celkem	100	100	100

Vzhledem k velkým rozdílům v délce vegetační doby se hybridy kukuřice dělí dle ranosti do čtyř skupin. Ranost se u kukuřice vyjadřuje tzv. číslem FAO; čím vyšší je toto číslo, tím delší má hybrid vegetační dobu. Při procesu registrace nových hybridů se číslo FAO odvozuje od souboru kontrolních hybridů, které byly sklizeny v optimální sklizňové zralosti. Silážní a zrnové hybridy se posuzují a kategorizují samostatně. U silážních hybridů se porovnává sušina celých rostlin a u zrnových hybridů se vychází ze sušiny zrna. Hybridy pro kombinované využití mají uvedena dvě čísla ranosti (*Povolný a Vacek, 2018*).

Obecně platí, že hybridy s vyšším číslem FAO mají delší vegetační dobu a hodí se tedy pro teplotně příznivější oblasti. Tyto pozdnější hybridy mají ve srovnání s ranějšími lepší výchozí potenciál k dosažení větších výnosů z důvodu vyšších rostlin o vyšší hmotnosti, což je dáno obvykle větším počtem internodií a listů a větších palicí. V podmínkách bez významnějšího omezení zásobení vodou a živinami je výnos kukuřice závislý především na velikosti listové plochy, tj. hodnotě *LAI* (leaf area index), která vyjadřuje velikost listové plochy na jednotku plochy (m^2/m^2). Stanovení hodnoty *LAI* vychází z plochy jednotlivých listů a jejich počtu na rostlině s ohledem na počet rostlin na jednotku plochy. Počet listů na rostlině je v pozitivní korelaci s délkou vegetační doby hybridů. Z toho vyplývá, že pozdnější hybridy mají větší listovou plochu. V teplotně příznivých oblastech s delší vegetační dobou mají pozdní hybridy k dispozici delší období pro tvorbu biomasy a mají tedy i vyšší výnosový potenciál. Menší listová plocha jedné rostliny raných hybridů se proto kompenzuje vyšším počtem rostlin na jednotku plochy, čímž se hodnota *LAI* jednotlivých

skupin raností hybridů vyrovnává. Ranější hybridy se také vyznačují rychlejším nárůstem *LAI* ve vegetačním období. Z uvedeného vyplývá, že ranější hybridy nemusí vždy výnosově zaostávat za hybridy pozdějšími (Fukša a kol., 2017). Rané hybridy s kratší vegetační dobou se obvykle vyznačují vyšším podílem palic (i přes 60 %; vyjádřeno v sušině) ke zbytku rostliny (Fukša, 2018).

Z tabulky 2 je patrné, že největší zastoupení v sortimentu kukuřice na siláž i na zrno má dlouhodobě skupina raných hybridů. U kukuřice na zrno tvoří druhou nejpočetnější skupinu hybridy velmi rané. U silážní kukuřice došlo v posledních dvou dekáдах k poklesu zastoupení registrovaných velmi raných hybridů, naopak se výrazně navýšil sortiment hybridů středně raných. Z porovnání let 2002 a 2008 je zřetelný mírný nárůst podílu hybridů s nejvyššími čísly FAO, ale aktuálně se jejich zastoupení opět snížilo.

Tab. 2: Změna zastoupení (%) jednotlivých skupin ranosti hybridů kukuřice na siláž a na zrno v letech 2002 – 2018 (ÚKZÚZ, 2002; 2008; 2018).

skupina ranosti	hybridy na siláž				hybridy na zrno			
	číslo FAO	rok			číslo FAO	rok		
		2002	2008	2018		2002	2008	2018
		%				%		
velmi rané	do 220	26	23	13	do 250	33	32	32
rané	220-260	54	54	53	250-300	45	43	46
středně rané	260-300	13	12	25	300-350	13	11	14
středně pozdní	nad 300	7	11	9	nad 350	9	14	8
celkem		100	100	100		100	100	100

Z hlediska typů hybridů zaujímají největší podíl hybridy dvouliniové, jejichž zastoupení se v registrovaném sortimentu dlouhodobě zvyšuje (tab. 3). Tyto hybridy vzniklé křížením dvou inbredních linií (A x B) mají řadu předností. Vykazují vysoký heterózní efekt, jsou geneticky i fenotypově vyrovnané a lze je relativně snadno vytvářet a uvádět do praxe. Na druhou stranu jsou méně plastické ve vztahu k prostředí a mohou být náchylnější k napadení patogenními organismy. Tříliniové hybridy (získané křížením dvouliniového hybridu s jednou linií [A x B] x C) a čtyřliniové hybridy (vzniklé postupným

Tab. 3: Změna zastoupení (%) jednotlivých typů hybridů kukuřice v letech 2002 – 2018 (ÚKZÚZ, 2002; 2008; 2018).

typy hybridů	rok		
	2002	2008	2018
	%		
dvouliniové	58	71	74
tříliniové	36	28	25
čtyřliniové	6	1	1
celkem	100	100	100

křížením dvou dvouliniových hybridů [A x B] x [C x D]) se vyznačují menší vzhledovou vyrovnaností, ale jsou přízpůsobivější ke stanovištním podmínkám (*Smith a kol., 2004*).

2. 3. Význam pěstování kukuřice na siláž

Silážní kukuřice je v našich podmínkách nejvýznamnějším objemným krmivem pro skot a současně je i nejpoužívanějším substrátem pro produkci bioplynu. Převážná část produkce kukuřice na siláž tvoří základ krmné dávky dojníc a určitý podíl se využívá i pro výkrm masného skotu.

Důvody, které stojí za významem silážní kukuřice, spočívají ve třech oblastech. Kukuřice je v našich podmínkách díky fotosyntetickému systému C4 a heteróznímu efektu pícninou s nejvyšším výnosovým potenciálem. Dále je z krmivářského hlediska unikátní tím, že plně vyvinutá palice s vysokým obsahem škrobu tvoří významný podíl ve sklizené píce i zvyšuje tak energetickou hodnotu píce. V neposlední řadě jsou výhodou i velmi dobře propracované technologické postupy spjaté s touto plodinou. Optimální termín sklizně z hlediska krmného využití je vhodný i z pohledu konzervace a porosty lze na rozdíl od jetelovin sklízet jednofázově. Hmoty je s ohledem na vysoký obsah vodorozpuštěných sacharidů také snadno silážovatelná.

Výnos kukuřice na siláž je určen počtem rostlin z jednotky plochy a hmotností jednotlivých rostlin. Hmotnost rostlin vychází z výnosového potenciálu konkrétního hybridu a je dále ovlivňována úrovní hnojení (*Çarpıcı a kol., 2010*), pěstovaným hybridem (*Lynch a kol., 2012*), půdními (*Ion a kol., 2014*), teplotními (*Cociu, 2012*) a vláhovými podmínkami (*Kiziloglu a kol., 2009*), vzájemnou konkurencí mezi rostlinami (*Pagano a Maddonni, 2007*), zaplevelením (*Marin a Weiner, 2014*) a dalšími faktory, které mají souvislost zejména s ročníkem. O výsledné kvalitě hmoty určené k silážování, která je v úzké korelaci především s podílem palic na rostlině a celkovou sušinou, pak rozhoduje, kromě ročníku, stanoviště a řady dalších faktorů souvisejících s agrotechnickými zásahy, především genotyp pěstovaného hybridu (*Hakl a kol., 2017*) a termín sklizně (*Darby a Lauer, 2002*).

Tabulka 4 dokumentuje variabilitu výnosových charakteristik kukuřice na siláž v závislosti na hybridu a ročníku. Z výsledků je patrný výrazný efekt ročníku jak na výnos sušiny (14,1 – 20,7 t/ha v průměru za sledované hybridy) tak i na podíl palice (52,5 – 63,3 %). Diference mezi nejméně a nejvíce výnosným hybridem byla v hodnocených letech v rozpětí 2,0 – 7,5 t/ha sušiny. Rozdíl v podílu palice mezi hodnocenými hybridy pak činil 5,9 – 8,7 %. Uvedené výsledky dokládají, že hmotnostní podíl palic na rostlině je výrazně vázán na konkrétní hybrid, ale nepříznivé podmínky prostředí jej mohou negativně ovlivnit. Nižší podíl palic na rostlině se nepříznivě odráží na kvalitě silážní hmoty, protože klesá podíl škrobu a bílkovin, a naopak narůstá obsah NDF a ADF (*Baghdadi a kol., 2012; Fuksa, 2018*).

Tab. 4: Výnosové charakteristiky kukuřice na siláž, Červený Újezd (okr. Praha-západ), 2016 – 2019.

rok	výnos zelené hmoty	výnos sušiny	podíl palic	sušina palic	sušina zbytku rostliny	sušina celých rostlin	počet dnů vegetace	počet sledovaných hybridů
	t/ha		%					
2016	62,1-	19,8-	51,2-	43,7-	22,2-	30,7-	142	5
	67,1	22,2	57,1	47,2	26,7	34,2		
průměr	63,9	20,7	54,3	45,2	24,2	32,4		
2017	41,2-	13,0-	57,6-	43,5-	19,5-	29,0-	135	6
	68,0	20,5	64,4	48,6	22,3	33,1		
průměr	55,6	17,2	61,5	45,6	20,7	31,1		
2018	28,6-	13,0-	47,0-	51,2-	30,9-	37,9-	120	6
	38,7	15,0	54,9	60,6	39,2	49,0		
průměr	32,8	14,1	52,5	55,8	34,6	43,4		
2019	52,0-	17,5-	59,1-	42,4-	18,6-	30,1-	147	7
	68,5	20,9	67,8	49,9	22,4	34,8		
průměr	60,1	19,1	63,3	46,4	20,7	31,9		

2. 4. Využití kukuřice pro produkci bioplynu

Silážní kukuřice je v současné době v Evropě i v ČR nejvýznamnější cíleně pěstovanou plodinou pro produkci bioplynu. Její předností je značný výnosový potenciál, vysoká výtěžnost bioplynu z jednoho kilogramu sušiny a snadná konzervovatelnost umožňující kontinuální využití hmoty v bioplynových stanicích (Fuksa, 2018).

Celková produkce bioplynu z jednotky plochy (m^3/ha) závisí jednak na substrátové produkci bioplynu, která udává, kolik litrů bioplynu lze získat z 1 kg biomasy, a dále na celkovém výnosu hmoty (t/ha). Z 1 tuny kukuřičné siláže lze vyrobit okolo 200 m^3 bioplynu (Pastorek a kol., 2004) s obsahem metanu 50 – 62 % (Amon a kol., 2007; Rath a kol., 2015). Celková produkce bioplynu se v závislosti na substrátové produkci a výnosu biomasy kukuřice pohybuje okolo $9\,000 \text{ m}^3/\text{ha}$, tj. $5\,000 \text{ m}^3$ metanu z 1 hektaru (Pastorek a kol., 2004).

Z hlediska anaerobní fermentace je nejhodnotnější částí palice, neboť je tvořena převážně zrnem, které se vzhledem k vysokému obsahu škrobu vyznačuje vysokou rozložitelností organické hmoty (okolo 90 %). Palice proto poskytuje vyšší výtěžnost bioplynu ve srovnání se zbytkem rostliny, který obsahuje výrazně vyšší podíl vlákniny a zejména ligninu, který je v procesu anaerobní fermentace

energeticky nevyužitelný (Amon a kol., 2007; Seppälä a kol., 2012; Menardo a kol., 2015). Současně však platí, že o celkové produkci bioplynu z hektaru rozhoduje především celkový výnos biomasy. Z tohoto důvodu jsou obvykle doporučovány vzrůstnější hybridy s vysokým výnosem hmoty, které ale mají nižší podíl palic (Grieder a kol., 2012).

V současné době tak existují dvě částečně rozdílné šlechtitelské strategie. První postup se orientuje na maximální výnos hmoty a z velké části zanedbává podíl palice na výnosu. Vysoké rostliny však ke zvýšení odolnosti vůči poléhání vyžadují vyšší podíl lignocelulózového komplexu, který může negativně ovlivnit rozložitelnost hmoty. Druhý přístup je zaměřen na vyšší obsah škrobu a bere v úvahu i stravitelnost zbytku rostliny. Tento postup se tedy výrazně neliší od šlechtitelských cílů pro hybridy ke krmnému využití (Herrmann a Rath, 2012). Mezi další postupy směřující k navýšení produkce bioplynu patří zvýšení současných nízkých obsahů tuků a bílkovin kvůli jejich vyšším specifickým výtěžkům metanu ve srovnání se sacharidy (Schittenhelm, 2008). Z výsledků, které uvádějí např. Oslaj a kol. (2010) či Seppälä a kol. (2012) také vyplývá, že existují rozdíly v substrátové produkci bioplynu mezi různými hybridy. Vzhledem ke komplexnosti problematiky ale nebyly dosud jednoznačně identifikovány všechny proměnné, které za rozdíly ve výtěžnosti bioplynu mezi hybridy stojí. Z hlediska termínu sklizně doporučují Amon a kol. (2007) rané a polorané hybridy sklízet v mléčně-voskové zralosti. Pozdní hybridy lze za příznivých klimatických podmínek sklízet i později, neboť pokles substrátové produkce bioplynu v důsledku klesající kvality biomasy je více než dostatečně kompenzován nárůstem výnosu biomasy.

2. 5. Význam pěstování kukuřice na zrno

O důležitosti zrnové kukuřice svědčí její rozsah pěstování ve světě, kde plocha věnovaná kukuřici na zrno zaujímá po pšenici druhé místo a z hlediska celkové produkce zrna je na místě prvním (FAOSTAT, 2020). Důvodem pro její pěstování je jednak vysoký výnosový potenciál a také široké možnosti uplatnění zrna, které vyplývají z jeho složení. Základní složkou zrna je škrob, jehož obsah se obvykle pohybuje v rozpětí 65 – 75 % (Liu a kol., 2016), což je zpravidla více než u jiných plodin; např. 60 – 70 % u pšenice (Štěrbová a kol., 2016), 54 – 67 % u ječmene (Anele a kol., 2015), či okolo 16 % u brambor (Narwojsz a kol., 2020).

Kukuřičné zrno nalézá uplatnění v mnoha průmyslových odvětvích. Je významnou součástí krmných směsí pro hospodářská i ostatní zvířata. Výroba krmných směsí pro zvířata určená k výrobě potravin (skot, prasata, drůbež, ovce, králci a ryby) byla v ČR na počátku nového tisíciletí na úrovni 2,8 – 3,2 mil. tun ročně a od roku 2010 až do současnosti se pohybuje okolo 2,4 mil. tun. Potřeba kukuřičného zrna pro krmné směsi je dlouhodobě v rozmezí 250 – 300 tis. t za rok (Trínáctý a kol., 2013; Josrová, 2019), ale v roce 2019 byl zaznamenán výrazný nárůst potřeby na více než 350 000 t (Sikora a Havrda, 2020).

Další významné využití zrna kukuřice je pro produkci bioethanolu (bezvodý lih, obsah ethanolu min. 99,7 %), který se přimíchává do motorových benzinů. Díky vysokému obsahu škrobu se kukuřice vyznačuje značným produkčním potenciálem; z 1 t zrna lze vyrobit okolo 360 l bioethanolu (Línoř a kol., 2006). V ČR se bioethanol vyrábí převážně z cukrové řepy a kukuřice na zrno. Z celkové produkce 75 100 t bioethanolu v roce 2018 bylo 21 700 t vyrobeno z kukuřice, na což bylo spotřebováno téměř 70 000 t zrna (Kůst a Záruba, 2020). Součástí procesu výroby bioethanolu je i produkce kukuřičného oleje a sušených kukuřičných výpalků DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles), které jsou využitelné jako zdroj N-látek ke krmeným účelům pro skot, prasata a drůbež, případně je lze využít jako substrát v bioplynových stanicích. Ethanol, kromě energetického využití, nachází uplatnění v mnoha dalších průmyslových odvětvích (chemický, farmaceutický, kosmetický, potravinářský průmysl aj.).

Samotný kukuřičný škrob se po rozličných fyzikálních a chemických způsobech zpracování dále využívá v průmyslu potravinářském (pekárenství, mlékárenství, konzervárenství), farmaceutickém (plniva tablet), kosmetickém (pudry, zubní pasty), papírenském, textilním, stavebním, těžebním a v řadě odvětví průmyslu chemického (biodegradovatelné plasty, lepidla, prací prostředky aj.).

Kukuřičné zrno je komodita, která se ve velkém objemu z ČR vyváží i na naše území dováží. Roční objem vývozu se v letech 2011 – 2018 pohyboval v rozmezí 195 000 – 511 000 t a dovoz činil 21 000 – 151 000 t. V důsledku nízké sklizně v roce 2018 se zvýšil v následujícím roce dovoz na 247 000 t, který tak převýšil vývoz o 66 000 t (Kůst a Záruba, 2020).

3. BIOLOGIE KUKUŘICE SETÉ

Biologie rostlin promítající se do jejího fenotypového projevu je primárně dána interakcí mezi genotypem a prostředím. Budeme-li se na rostlinu kukuřice seté dívat z pohledu kulturní rostliny, tedy druhu primárně určeného k naplňování potřeb člověka, je jasné, že vzájemná interakce mezi prostředím a genetickým základem daného hybridu se zásadním způsobem projeví na produkčních parametrech rostliny a porostu. Zde se jedná jak o kvantitativní parametry, jako je produkce nadzemní biomasy vycházející z velikostních a hmotnostních parametrů nadzemních a podzemních orgánů, jejich vzájemný hmotnostní podíl na rostlině, počet palic na rostlině (vyvinuté a nevyvinuté v termínu sklizně), až počet řad zrn v palici a počet zrn v řadě na palici, tak o parametry kvalitativní. Kvalitativní parametry jsou určovány pěstebním směrem a následným využitím primárního produktu.

3. 1. Semeno a faktory ovlivňující klíčení semen

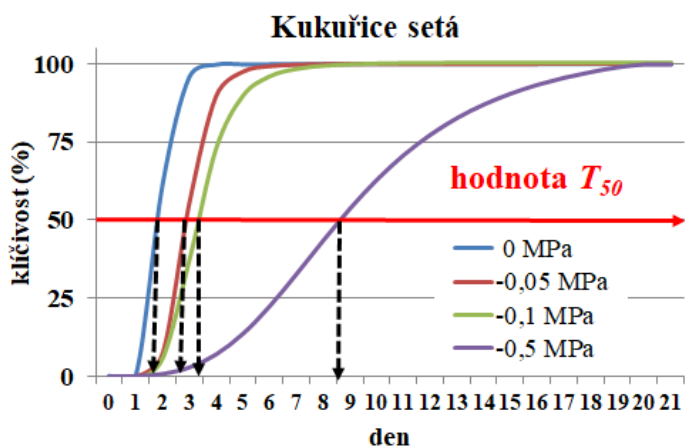
Plodem kukuřice seté je obilka. U kukuřice seté se vyskytuje 7 kovariet, které vykazují kvalitativní a kvantitativní rozdíly v parametrech zrna (Lütke Entrup a kol., 2013). Většinou jsou tyto rozdíly intenzivně zkoumány z pohledu hospodářského využití a zpracování, ale opomíjen je jejich vliv např. při práci s osivem při výsevu (transport osiva, uchycení osiva výsevními mechanizmy sečího ústrojí, práce s cílenou orientací semen apod.).

Obdobně jako u ostatních semen jsou procesy klíčení semen a vzházení rostlin u kukuřice seté zásadním způsobem ovlivněny základními vegetačními faktory. Primárním faktorem nutným pro zahájení procesů klíčení a vzházení je fáze bobtnání, kdy dochází ke zvýšení obsahu vody v semeni na takovou hodnotu, která umožní zahájení fyziologických procesů pro klíčení a vzházení semen. Významnou roli při získávání vody z půdy semeno hraje rovněž kontakt mezi semenem a půdou (Wuest, 2002). Obecně se uvádí, že kontakt povrchu semínka s půdními částicemi činí přibližně 10 %. Schopnost rostlin přijímat vodu z půdy je všeobecně podmíněna nižší hodnotou vodního potenciálu v semeni ve srovnání s hodnotami vodního potenciálu půdy (Larcher, 2001). Na povrchu suchých semen se hodnoty vodního potenciálu pohybují v rozmezí -100 až -60 MPa a významnou roli pro bobtnání semen zde hraje difuze vody (Bradbeer, 1988). Příjem vody semenem je rovněž závislý na hydraulické vodivosti půdy a její příjem z půdy je pro semena přijatelnější (Koller a Hadas, 1982).

Z hlediska příjmu vody lze dobu od uložení osiva do půdy až po vzejtí prostu rozlišit do následujících fází. Po výsevu nastává fáze bobtnání semen. Ta se vyznačuje příjmem vody do osiva a trvá do doby, než zárodečný kořínek proroste osetím. V této době osivo velice dobře přijímá vodu. Proces příjmu vody je při jejím dostatku v okolním prostředí velmi rychlý. Na základě našich experimentů se čas potřebný k plnému nabobtnání semen pohybuje v jednotkách minut či hodin. K příjmu vody semeno dochází na základě jejich kontaktu s půdou, kde výraznější roli má proudění vody než difuze. Podle dosavadních znalostí, mohou semena čerpat vodu i z půdního vzduchu. Klíčivost se s nárůstem relativní vlhkosti půdního vzduchu zvyšuje. Optimální je vlhkost vzduchu vyšší než 70 % (Brant a kol., 2016a). Otázkou však zůstává, zda se jedná o přímé využití vody z půdního vzduchu, nebo o vodu kondenzující na povrchu semene.

Zásadní význam pro klíčení obilek u kukuřice seté mají vláhové a teplotní podmínky půdního prostředí, včetně dostatku kyslíku v půdním vzduchu. Významný vliv na dostupnost vody pro semena má i samotné zpracování půdy, které mění velikostní složení půdních agregátů a prostorové rozmístění půdní hmoty. 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 půdy (Hartge a Horn, 1999). Nakypřením půdy dojde nejen k celkovému poklesu dostupnosti vody pro semena

či rostliny, ale nakypřená půda bez napojené kapilarity ze spodních vrstev rychleji vysychá. Následná míra dostupnosti vody v půdě v kombinaci s teplotou půdy rozhodují o dynamice klíčení semen a následně vzházení porostů. S poklesem dostupnosti vody pro semena klesá celková klíčivost, ale prodlužuje se i doba potřebná k vyklíčení semen (obr. 3), což opoždí dobu vzejití porostu.



Obr. 3: Dynamika klíčivosti semen kukuřice seté a čiroku obecného při teplotě 20 °C v závislosti na hodnotě osmotického potenciálu (0, -0,05, -0,1 a -0,5 MPa) vody a polyetylenglykolu (PEG 6000). Hodnota klíčivosti 100 % odpovídá počtu semen vyklíčených na klíčidle 21. den po uložení na klíčidle. T_{50} udává počet dnů potřebných k vyklíčení 50 % semen z celkového počtu vyklíčených na konci doby klíčení (Zábranský a kol., 2012).

Teplota půdy představuje primární faktor ovlivňující dynamiku klíčení semen a vzházení rostlin u kukuřice seté. Teplota půdy, tj. její ohřev na optimální teplotu pro klíčení, je závislá na vstupech energie slunečního záření a na samotných půdních vlastnostech, zejména na poměru vody a vzduchu. Nižší měrná tepelná kapacita vzduchu ($\pm 1,01$ kJ/kg.K) ve srovnání s vodou ($\pm 4,20$ kJ/kg.K) zde hraje zásadní význam, u pevné fáze je hodnota této veličiny nižší než u vody (Brant a kol., 2016a). Dalším faktorem je skutečnost, jak se teplo vede dále do hloubky. I zde hraje důležitou roli vzduch, který vykazuje nejnižší hodnoty tepelné vodivosti, tj. odvod tepla z povrchu do spodních vrstev je snadnější ve vlhké půdě (Brant a kol., 2017a).

Průměrná teplota půdy v době setí kukuřice by měla dosahovat hodnoty 8 °C v hloubce půdy 50 mm. Průměrná teplota půdy ovšem závisí na denní dynamice průběhu teploty, který je udáván především rozdílem mezi denním minimem a maximem (*Brant a kol., 2017a*). Přesahují-li denní maxima 15 °C, lze očekávat, že průměrná denní teplota půdy bude vyšší než 10 °C (*Lütke Entrup a kol., 2013*). *Brant a kol. (2016b)* uvádějí, že při poklesu denních minim pod hodnotu 0 °C nelze dosažení požadované teploty očekávat. Na ohřev půdy má však zásadní vliv i způsob zpracování půdy, kdy na orbě může být dosaženo vyšších hodnot denních maxim teploty, ale při jasných nocích dochází zase na orbou zpracované půdě k jejímu vyššímu ochlazení ve srovnání s mělkým kypřením. To může vést k poklesu průměrné denní teploty v hodnocené vrstvě půdy (*Brant a kol., 2017a*). *Sundermeier a Reeder (2006)* a *Hermann a kol. (2012)* poukazují na vhodnější podmínky pro ohřev půdy při využití technologie strip till ve srovnání se systémy setí do nezpracované půdy, čímž lze počítat s časnějším termínem výsevu. Z testování klíčivosti semen kukuřice v laboratorních podmínkách (tab. 5) je evidentní, že s klesající teplotou se výrazně prodlužuje doba potřebná k úplnému vyklíčení osiva až na 21 dnů při 10 °C. Z tabulky 5 je dále patrné, že na hodnotu celkové klíčivosti semen kukuřice neměla teplota průkazný vliv. Nevzejdou-li rostliny kukuřice do 20 dnů od výsevu, narůstá riziko jejich poškození škodlivými činiteli (*Lütke Entrup a kol., 2013*).

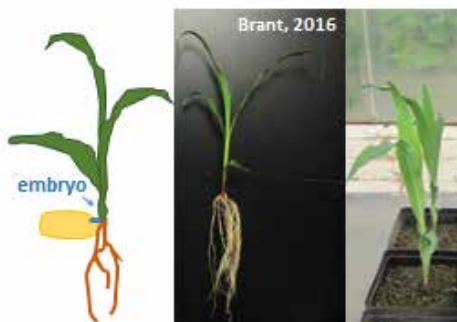
Tab. 5: Průměrné hodnoty klíčivosti (%) semen kukuřice seté v závislosti na teplotě (t; °C), upraveno podle *Fuksa a kol. (2013)*. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazný rozdíl mezi hodnotami v rámci sloupců, ANOVA, $\alpha = 0,05$.

rostlinný druh	den po uložení na klíčiďlo							
	t (°C)	1.	2.	3.	5.	7.	14.	21.
kukuřice setá	5	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
	10	0 a	0 a	0 a	0,3 b	10,8 b	96,5 b	98,8 b
	15	0 a	0 a	0 a	92,0 c	98,5 c	99,3 b	99,5 b
	20	0 a	70,8 b	96,8 b	98,5 c	99,3 c	99,5 b	99,5 b
	25	7,3 b	96,0 c	98,3 b	98,5 c	98,5 c	98,5 b	98,5 b

Ke snížení teploty půdy přispívá rovněž přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy. Rostlinné zbytky výrazně ovlivňují nejen teplotní, ale i vlhkostní režim půdy. Obecně se uvádí, že každá tuna rostlinných zbytků snižuje teplotu půdy o 0,4 °C (např. *Burrows a Larson, 1962*). V evropských podmínkách, kdy alternativu pásového zpracování půdy představuje orba nebo systémy mělkého či hlubšího kypření na pravidelně zpracovávané půdě, nelze samozřejmě očekávat typické teplotní rozdíly mezi pásovým zpracováním půdy a dlouhodobě uplatňovaným systémem setí do nezpracované půdy či velmi mělkým kypřením (*Brant a kol., 2016d*).

Opomíjený je rovněž poměr mezi kyslíkem a oxidem uhličitým. Je třeba si uvědomit, že štěpné reakce zásobních látek při klíčení vyžadují dostatečný přísun kyslíku. Na zvýšenou potřebu kyslíku pro klíčení poukazuje *Bradbeer (1988)*, který uvádí zvýšenou spotřebu kyslíku semeny fazolu obecného mezi 2. až 6. dnem po uložení na klíčidlo. O dostupnosti kyslíku samozřejmě rozhoduje i obsah vody v půdě. Difuze kyslíku do půdního vzduchu je několikanásobně vyšší než jeho pronikání do půdní vody. Negativní vliv zvýšeného obsahu oxidu uhličitého v půdě na klíčení semen kukuřice v závislosti na technologii zpracování půdy prokázali např. *Anken a kol. (2007)*. Na technologii se setím do nezpracované půdy byl ve srovnání se setím do vyfrézovaného pásu a orbou stanoven vyšší obsah oxidu uhličitého v místě uložení semen, což snížilo klíčivost semen. Z hlediska dostupnosti kyslíku pro semena a následně pro kořenový systém klíčenců, včetně odvádění vzniklého oxidu uhličitého ze semen, je důležité nakypření půdy nad seťovým ložem a omezení vzniku půdního škraloupu. Objemová hmotnost slité půdy může mnohdy přesahovat hodnotu $1,9 \text{ g/cm}^3$ (*Lütke Entrup a kol., 2013*).

Zajímavou otázkou v pěstebních systémech efektivně hospodařících s vodou a omezujících erozní proces je práce s orientací uložení osiva, včetně vztahu k produktivnosti porostů. Orientace obilky kukuřice seté v půdě ovlivňuje konečné postavení listů na rostlině, a tím i rozložení listové plochy na jednotku plochy půdy. Je-li obilka orientována špičkou kolmo na směr řádku a embryo se nachází na její horní straně (obr. 4), je následné postavení listů kolmé na směr řádku. Tato skutečnost je historicky známa (*Peters a Woolley, 1959*), ale teprve v poslední době se promítá do konstrukce secích strojů. Optimálním rozložením listů, zejména snížením jejich překrývání, dochází k vyššímu využití slunečního záření a k nárůstu výnosů až o 5 %. Orientace obilky však také ovlivňuje vzcházivost rostlin. Uložení obilky svisle špičkou dolů, či stranou s embryem směrem dolů, je spojeno s pomalejším vzcházením porostů v důsledku delší doby prorůstání klíčku, který musí obilku obrůstat (*Brant a kol., 2016b*). Orientace obilky je rovněž závislá na půdních podmínkách při výsevu a na konstrukci secího stroje.



Obr. 4: Uložení obilky v půdě ovlivňuje nejen postavení listů v řádku, ale také dynamiku klíčení a vzcházení porostů (*Brant a kol., 2016b*).

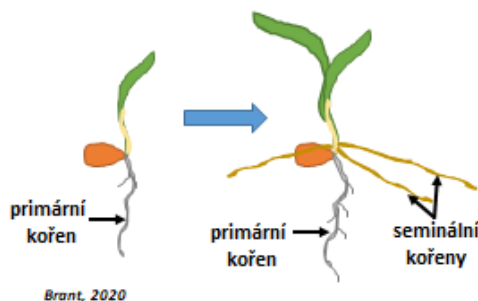
3. 2. Vývoj rostlin kukuřice seté

V rámci vodo- a půdoochranných technologií vystupuje biologie rostliny promítající se do celkové architektury porostu jako faktor rozhodující o míře působení stresových faktorů. Jednotlivé systémy zpracování půdy, včetně jednotlivých pracovních operací od základního zpracování půdy, přes způsob založení porostů až po kultivaci během vegetace, rozhodují o vývoji kořenového systému v půdním prostředí, včetně jeho architektury. Tyto skutečnosti následně určují nejen schopnost příjmu vody a živin z půdního prostředí, ale také ovlivňují infiltraci vody do půdy, včetně procesů vodní a větrné eroze. Výška stébel společně s počtem listů a v kombinaci s jejich postavením na rostlině a prostorovým rozmístěním v prostoru (vertikální a horizontální rozložení) zásadním způsobem ovlivňují fotosyntetické a transpirační procesy rostlin a porostů, rozhodují o evaporačních procesech půdy a definují podmínky pro průběhy procesů, jako jsou porostní srážka, kapková eroze, mikroklima porostu apod. Dále jsou morfologické parametry rostlin a jejich fyziologické procesy modifikovány strukturou porostů, která mnohdy vychází i z principů a možností dané technologie. Opomenout nelze ani skutečnost, že součástí technologií eliminujících rizika vodního stresu a degradace půdy je i práce s optimalizací doby růstu a tím i vývoje porostů na stanovišti.

Na základě výše uvedených skutečností je nutné v rámci jednotlivých pěstebních technologií pracovat s morfologickými vlastnostmi rostlin a s metodami jejich cílené modifikace za účelem naplnění pěstebních cílů a omezení degradace životního prostředí.

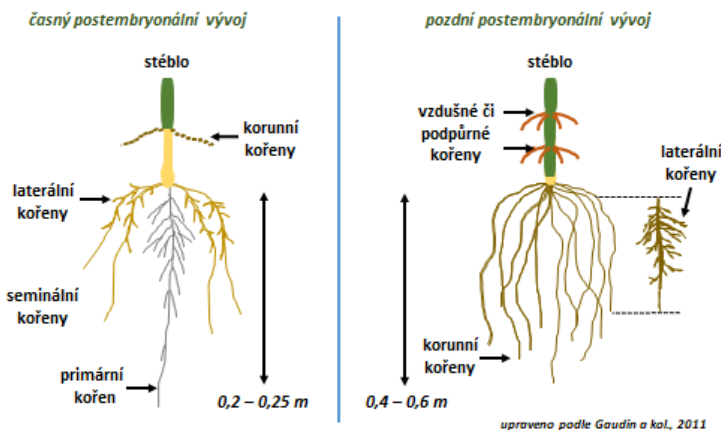
3. 2. 1. Kořenový systém a jeho vývoj

Kořenový systém kukuřice seté se skládá ze čtyř rozdílných typů kořenů. V rámci procesu klíčení se prvotně vytváří primární (embryonální) kořen. Následuje růst 2 až 5 seminálních kořenů (obr. 5), které vyrůstají z meristematických pletiv nacházejících se mezi prvním listem a nasazením koleoptile (Lütke Entrup a kol., 2013). Primární kořen spotřebovává na začátku růstu zásobní látky ze semene, seminální kořeny zásobují klíčence vodou a živinami z půdy v prvních dvou až třech týdnech vývoje. S nástupem rostlin do fáze 3. listu se růst seminálních kořenů zastavuje, ale jejich funkce zůstává. Embryonální primární a seminární kořeny spolu se svými laterálními (postranními) kořeny jsou důležité pro růst kukuřice v průběhu raného vývoje, postembryonální nodální kořeny a jejich latery jsou poté zásadní pro tvorbu biomasy porostů (Hochholding a kol., 2018).



Obr. 5: Při klíčení se prvotně vytváří primární (embryonální) kořen a po vzejití následuje růst seminálních kořenů.

S nástupem rostliny do prodlužovací fáze, tedy při prodlužování stébka, začíná tvorba stonku, dochází k tvorbě nodálních kořenů. Kořeny primárně rostoucí horizontálně a poté vertikálně v půdě jsou označovány jako korunní (obr. 6). Kořeny vytvářející se nad zemí jsou označovány jako vzdušné či podpůrné (Saengwilai a kol., 2014). U podpůrných kořenů se popisuje jejich pozitivní vliv na omezení polehání (Gu a kol., 2017), ale Guo a York (2019) poukazují na skutečnost, že se nejedná o jednoznačně prokázaný efekt. K ukončení růstu nodálních kořenů dochází ve fázi kvetení samičích květů (Lütke Entrup a kol., 2013), nebo podle některých autorů až ve fázi mléčné voskové zralosti (Kutschera a kol., 2009). Hloubka prokořenění půdy se u kukuřice může na základě literárních údajů pohybovat do hloubky 1,4 m (Sobotík a kol., 2018), Kutschera a kol. (2009) poté až do hloubky 1,85 m.



Obr. 6: V postembryonálním růstu dochází k tvorbě nodálních kořenů – korunních a vzdušných či podpůrných (upraveno podle Gaudin a kol., 2011, upravil Brant)

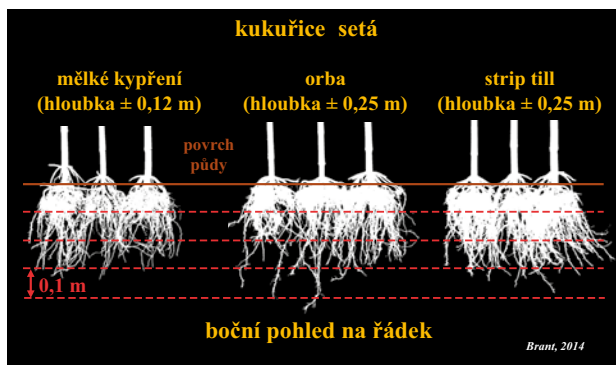
Zásadní vliv na vývoj kořenového systému kukuřice seté má zpracování půdy. Primárním faktorem je již tvorba seťového lože. U rostlin kukuřice se můžeme setkat s negativním vlivem utužení dna výsevní rýhy. K němu dochází jak při setí do nezpracované půdy, nebo při zakládání porostů do vlhké půdy, kdy nadměrný tlak na secí sekci vede k umáznutí a utužení dna a stěn výsevní rýhy. V důsledku zhutnění výsevní rýhy dochází k omezení růstu primárního kořene, ale i kořenů seminálních, do spodních vrstev půdního profilu (obr. 7). Omezení pronikání kořenů do spodnějších vrstev půdy zvyšuje riziko vodního stresu, neboť horní vrstva půdy nad semenem velmi rychle vysychá. Zhutnění půdy, zejména na těžších půdách, vede k tvorbě malých pórů, kde je voda sice přítomná, ale je z důvodu silné vazby na půdní částice pro rostliny nedostupná. Za vlhka může naopak docházet k akumulaci vody ve výsevní rýze, jejímž důsledkem je nejen snížení teploty půdy, ale také pokles obsahu vzduchu v půdě, a tím i kyslíku (Brant a kol., 2017a). Zásadní roli z hlediska pěstování kukuřice seté hraje i teplota půdy pro rozvoj kořenů, kdy za optimální lze považovat teplotu v rozmezí 18 – 20 °C (Brant a kol., 2016d).



Obr. 7: Vliv utužení dna výsevní rýhy na omezení rozvoje primárních a pomocných kořenů u kukuřice seté (Brant a kol., 2016c).

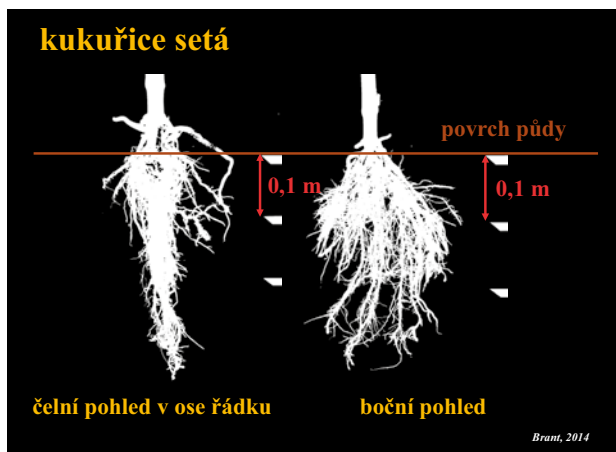
Riziko utužení půdy s sebou přináší nejen snížení obsahu kyslíku v půdním vzduchu, ale také nárůst obsahu oxidu uhličitého. Rozvoj kořenového systému v půdě je rovněž zásadním způsobem ovlivněn základním zpracováním půdy. Obrázek 8 dokumentuje prostorové rozmístění kořenů u kukuřice seté na plochách s rozdílnou technologií zpracování půdy (mělké kypření, orba a strip till – podzimní kypření) na středně těžké půdě. Z obrázku je patné hlubší prokořenění půdy na plochách s hlubším zpracováním půdy (orba, strip till) ve srovnání s mělkým kypřením. U technologie strip till lze usuzovat na intenzivnější prokořenění vrstvy půdy v hloubce 0,1 až 0,2 m ve srovnání s orbou

a mělkým kypřením. Důvodem této skutečnosti je na základě měření penetračního odporu půdy vyšší nakypřenost půdy ve vrstvě 0,1 až 0,2 m na plochách se strip till ve srovnání s ostatními variantami. Vyšší utužení půdy v této vrstvě na plochách s orbou je dáno kompaktností skýv (Brant a kol., 2016d).



Obr. 8: Prostorové rozmístění kořenů kukuřice na plochách s rozdílnou technologií zpracování půdy (mělké kypření, orba a strip till na podzim) na středně těžké půdě v srpnu 2013 (Brant a kol., 2014a).

Negativní vliv pásového zpracování půdy za nevhodných půdních podmínek vedoucí ke vzniku úzké nakypřené rýhy se ztuhlými boky kolem ní popisují Brant a kol. (2014a a 2016d). Boční ztuhnutí kypřeného pásu vedlo k rozvoji kořenů pouze v rýze trajektorie kypřicí radlice (obr. 9).



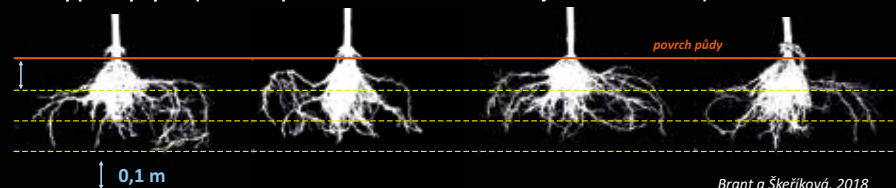
Obr. 9: Vliv provedení pásového kypření půdy za nevhodných půdních podmínek na architekturu kořenového systému kukuřice (Brant a kol., 2014a).

Vliv rozdílných systémů pásového zpracování půdy na prostorové rozmístění kořenového systému kukuřice seté v půdě v termínu sklizně, lokalita Dolní Dobrouč, 4.9.2018. Čelní pohled na rostliny v řádku. Zobrazeny jsou čtyři sousední rostliny v řádku.

Klasické strip till (kypřič Kultistrip s následným výsevem secím strojem Mascar Maxi 5)



Frézový pásový výsev (Rotor Strip Till v kombinaci se secím strojem Mascar Maxi 5)

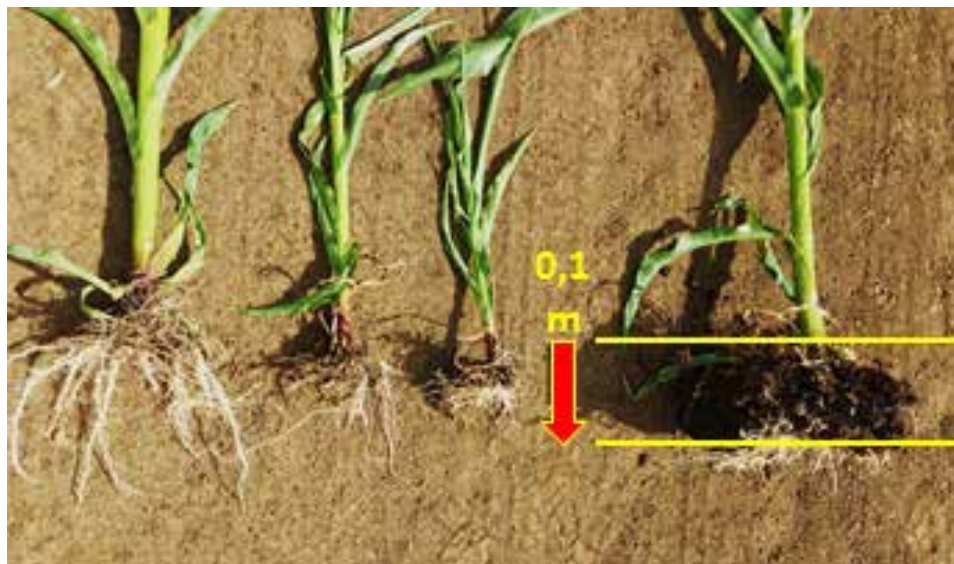


Brant a Škeříková, 2018

Obr. 10: Vliv rozdílných systémů pásového zpracování půdy na prostorové rozmístění kořenového systému kukuřice seté v půdě v termínu sklizně, lokalita Dolní Dobrouč (Hofbauer a kol., 2019).

Obrázek 10 dokládá vliv klasického strip till a frézového pásového kypření na rozvoj kořenového systému kukuřice seté. Intenzivnější boční rozvoj kořenového systému na plochách s frézovým pásovým kypřením ve srovnání s technologií klasického strip till byl způsoben prasknutím půdy do boku v důsledku práce kypřicí radlice umístěné pod pásovou frézovací sekci. Boční praskliny podpořily i infiltraci srážkové vody do těchto zón, a tím i rozvoj kořenového systému (Brant a kol., 2018a).

K negativnímu vývoji kořenového systému může docházet i v důsledku aplikace kejdy a digestátu zejména v jarním období. To lze provést v rámci půdoochranných technologií v kombinaci s mělkým kypřením zachovávajícím rostlinné zbytky předplodiny, či meziplodiny, na povrchu půdy. U jarních plošných povrchových aplikací s následným mělkým zapravením či s mělkým zapravením při aplikaci dochází ke značnému utužení půdy přejezdy tažných prostředků, mnohdy spojenému s negativním vlivem na půdní strukturu (obr. 11). Další negativní efekt může mít následná předseťová příprava půdy.



Obr. 11: Omezený rozvoj kořenového systému kukuřice seté v důsledku opakované předsetové přípravy po jarní aplikaci kejdy 30. 6. 2017 (foto Brant).

3. 2. 2. Nadzemní orgány rostliny

Z hlediska zemědělské produkce jsou pro tvorbu hlavního produktu využívány nadzemní orgány rostliny kukuřice seté. Vývoj rostlin a kvalitativní parametry jednotlivých nadzemních částí rostliny jsou závislé i na použité pěstební technologii.

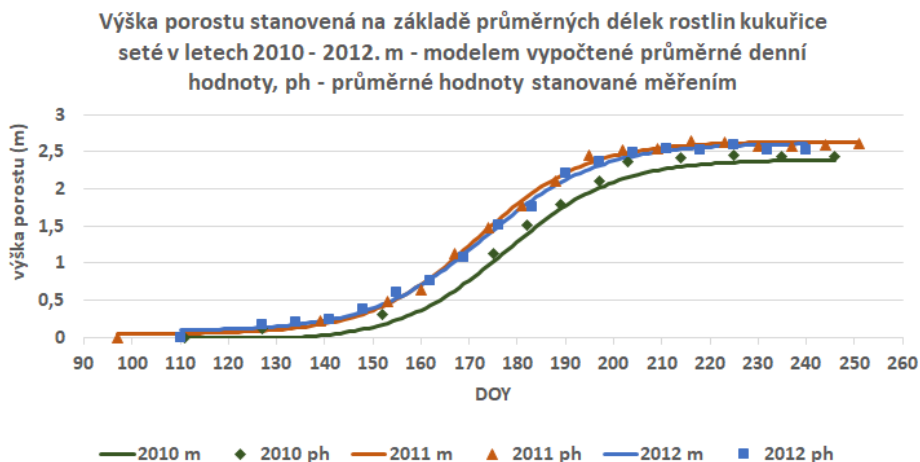
Stéblo

Stéblo kukuřice seté vytváří přibližně 8 – 16 internodií, u pozdních hybridů se může jednat až o tvorbu 20 internodií (Lütke Entrup a kol., 2013). Délka stébla a dynamika jeho růstu je závislá nejen na daném hybridu, ale také na podmínkách ovlivňujících vývoj kukuřice seté. Výplň internodií tvoří dřeň, která v době vegetativního růstu slouží jako zásobárna živin. Délka a počet internodií určují výšku porostu, která se společně s listy podílí na podmínkách mikroklimatu porostu, určuje možnosti agrotechnických zásahů během vegetace a ovlivňuje například i procesy porostní srážky, výpar z povrchu půdy apod. Obrázek 12 dokumentuje dynamiku vývoje výšky porostů kukuřice seté v průběhu vegetace, které vycházejí z hodnot měření délek rostlin. S narůstající výškou porostu narůstá zároveň i plocha indexu listové plochy a produkce nadzemní biomasy rostliny, oba tyto parametry vykazují shodný průběh S-křivky. Nárůst výšky porostu a tvorby listů snižuje erozní rizika a zvyšuje ochranu půdy před vlivem deště na vlastnosti horní vrstvy půdy. S nárůstem výšky

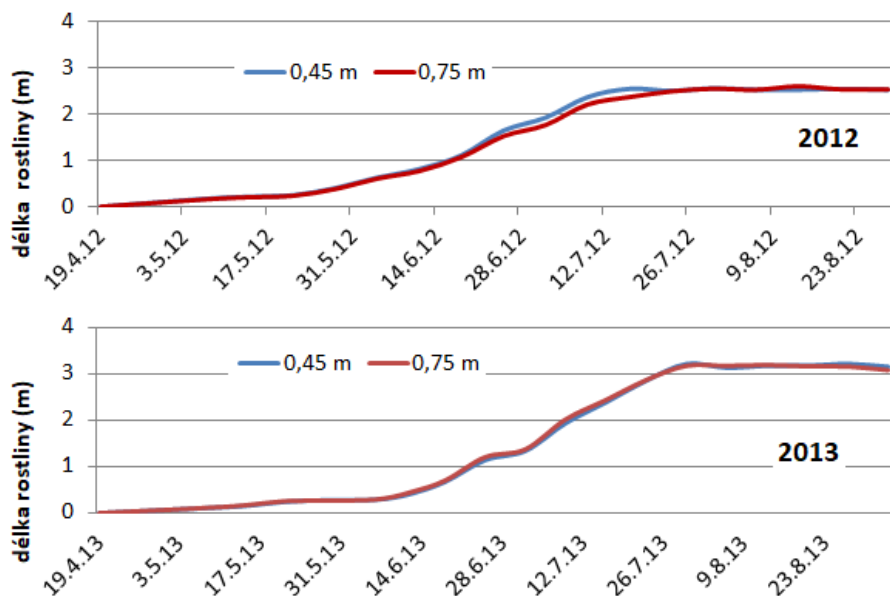
porostu dochází ke snížení hodnot porostní srážky vůči atmosférické srážce, zejména v období vývojové fáze porostu BBCH 30–70 (Brant a kol, 2017b). Z hlediska vstupu do porostů, například při zakládání podsevů, lze očekávat, že mezi 70. až 90. dnem od výsevu dosáhne porost výšky 1 m.

Význam stébla je rovněž zásadním způsobem spojen s využitím atmosférických srážek ulpívajících na rostlinných orgánech, především na listech. Stéblo rostlin zajišťuje stok srážkové vody ke kořenům, kde dochází k její infiltraci do kořenové zóny rostliny (Brant a kol., 2016d).

Zajímavou otázkou je rovněž vliv struktury porostu na délku rostlin. V pokusných letech 2012 a 2013 byla v podmínkách České republiky (lokalita Budihostice) hodnocena výška porostů v závislosti na rozteči řádků (0,45 m a 0,75 m, hybrid PR38N86). Průměrná vzdálenost rostlin v řádku činila v roce 2012 po vzejití u porostů s roztečí řádků 0,45 m 0,271 m (nastavená vzdálenost při výsevu byla 0,255 m) a 0,151 m u řádků o šířce 0,75 m (nastavená vzdálenost 0,150 m). Skutečný počet rostlin na jednotku plochy dosahoval u řádků 0,45 m hodnoty 88 889 rostlin na ha a u širokých řádků 89 333 rostlin na ha (2012). V roce 2013 činila rozteč mezi rostlinami 0,259 m (0,45 m) a 0,156 m (0,75 m). Skutečný počet rostlin na jednotku plochy dosahoval u řádků 0,45 m hodnoty 87 778 rostlin na ha a u širokých řádků 89 333 rostlin na ha (2013). Experimenty poukázaly na skutečnost, že na délku rostlin neměla změna rozteče řádků zásadní vliv (obr. 13).



Obr. 12: Výška porostu stanovená na základě průměrných délek rostlin kukuřice seté v letech 2010 – 2012. m - modelem vypočtené průměrné denní hodnoty, ph - průměrné hodnoty stanované měřením. DOY – den v roce.



Obr. 13: Dynamika vývoje průměrné délky rostlin (m) kukuřice seté v závislosti na šířce řádků (0,45 m a 0,75 m) v letech 2012 a 2013 (Brant a kol., 2014b).

Listy

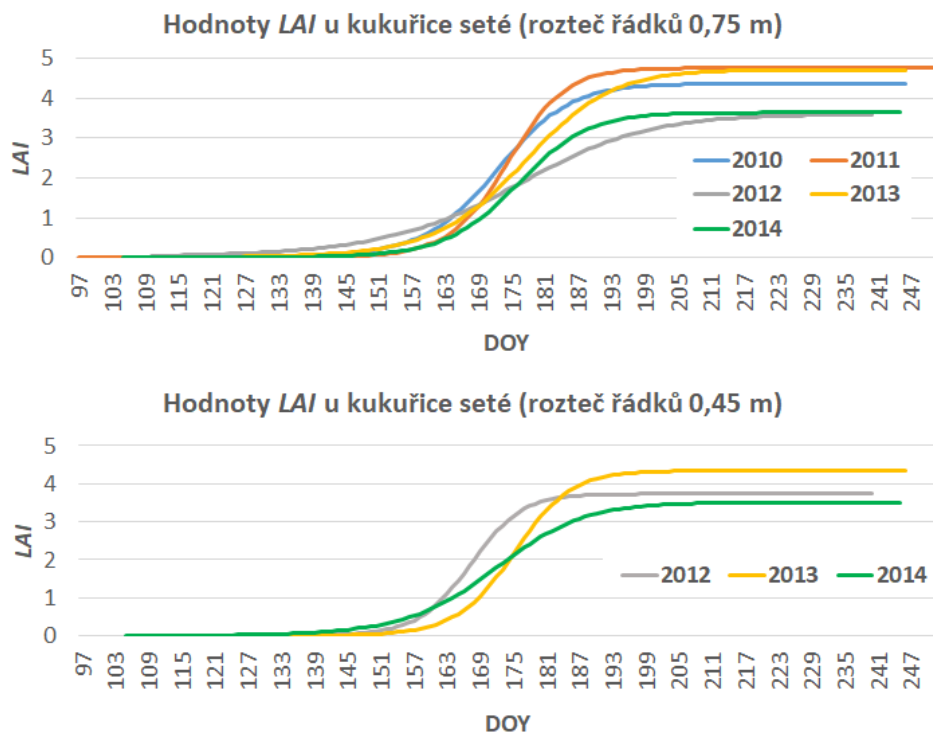
Listy jsou primárně vnímány jako hlavní orgán rostliny podílející se na fotosyntéze, tedy na příjmu slunečního záření. Druhou zmiňovanou skutečností je jejich podíl na produkci nadzemní biomasy rostliny a porostu, včetně kvalitativních parametrů ve vztahu k využití nadzemní zelené hmoty. Opomíjen je však vliv listů rostliny na mikroklima porostu, distribuci srážkové vody směrem do půdy, ale i na transpirační procesy předávající vodní páru do atmosféry. Počet listů na rostlině je jednoznačně závislý na daném hybridu, ale také na jeho ranosti. Obecně se pozdější hybridy vyznačují vyšší tvorbou listů ve srovnání s hybridy ranějšími. *Lütke Entrup a kol. (2013)* uvádějí, že v závislosti na délce stébla se počet listů může pohybovat v rozmezí 8 až 40 kusů. *Zscheischler a kol. (1990)* popisují přítomnost 6 – 8 listů na rostlině u raných hybridů, u pozdějších až pozdních poté dokonce 48 listů. Podle těchto autorů se průměrný počet listů na rostlinách kukuřice seté může v podmínkách Spolkové republiky Německo pohybovat v rozmezí 8 – 16 kusů. Počet listů na rostlině může být ovlivněn i pěstební technologií, která v kombinaci s podmínkami prostředí bude ovlivňovat vývoj rostlin kukuřice seté a zároveň i morfologické charakteristiky.

Tab. 6: Biometrické charakteristiky porostu kukuřice na siláž stanovené na plochách s orbou, kypřením a s technologií strip till dne 30. 8. 2012. Odlišné indexy mezi průměry v rámci sloupců dokumentují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (ANOVA), (Brant a kol., 2013).

varianta	počet listů na rostlině (kusy)	hmotnost suché biomasy (g)			výška rostliny (m)	sušina (%)			průměrný výnos suché nadzemní biomasy (t/ha), sušina 100 %
		stéblo a listy	palice	celá rostlina		stéblo a listy	palice	celá rostlina	
orba	12 a	87,2 a	153,9 b	241,0 a	2,44 a	28,2 a	46,0 b	37,4 b	19,9 a
strip till	13 b	102,4 b	150,9 a	253,2 a	2,70 b	26,7 a	43,5 a	34,7 a	20,3 a

Tabulka 6 dokumentuje rozdíly v biometrických charakteristikách rostlin kukuřice seté v závislosti na technologii zpracování půdy.

Kromě počtu listů na rostlině je důležitý i jejich podíl na celkové hmotnosti rostliny, ale i plocha listů. Plocha listů je nejčastěji vyjadřována hodnotou indexu listové plochy (*LAI*, *Leaf Area Index*). *LAI* je bezrozměrná veličina a byla poprvé definována jako celková plocha horní části fotosyntetické tkáně listu na jednotku plochy půdy (Watson, 1947). Hodnota *LAI* je velmi často využívána pro stanovení fotosyntetických procesů rostlinných společenstev, ale i rostliny jako jedince. Zásadní význam má i pro specifikaci intenzity růstu rostlin (Barclay, 1998). Index listové plochy ovlivňuje mikroklima porostu, určuje intercepční procesy, využití slunečního záření, výměnu vody a plynů porostem a představuje jeden ze základních parametrů pro stanovení biochemických cyklů ekosystémů (Bréda, 2003). Zároveň je hodnota *LAI* používána i pro specifikaci erozních procesů (Davie a Durocher, 1997). Turner et al. (1999) považují hodnotu *LAI* za významný faktor pro stanovení vlivu rostlinného pokryvu půdy na půdní úrodnost, protože rostlinný pokryv půdy má pozitivní vliv na kvalitu půdy (Foody, 2002). Průměrné kalkulované hodnoty *LAI* u rostlin kukuřice seté stanovené v podmínkách České republiky pro rozteče řádků 0,75 a 0,45 m dokládá obrázek 14. Lindquist a kol. (2005) uvádějí, že konečné hodnoty *LAI* se u kukuřice seté pohybují v rozmezí 4,8 až 7,8. Pro příjem více než 90 % slunečního záření by se hodnota *LAI* měla pohybovat kolem hodnoty 6 (Hay a Porter, 2006). Kromě samotné hodnoty *LAI* je však důležité pracovat i s prostorovým rozmístěním listů v prostoru, a to jak vertikálně, tak horizontálně.



Obr. 14: Denní kalkulované hodnoty LAI porostů kukuřice seté v závislosti na rozteči řádků 0,75 a 0,45 m. DOY představuje den v roce. Výpočet kalkulovaných hodnot byl stanoven podle metodiky Brant a kol., (2017b).

Květy a plody

Kulturní formy kukuřice seté vytvářejí jednopohlavné květy. Samčí květenství tvoří vrcholová lata klásků, která vyráží z hlavní osy. Samčí květenství je základem pro kvalitní opylení samicích květů, které se zásadním způsobem podílejí na výnosu hlavního produktu u silážní i zrnové kukuřice. Samičí květenství u kulturní kukuřice seté vytváří ztlustlý útvar, označovaný jako palice. Počet obilek na palici je jedním z významných výnosotvorných prvků, který je určen počtem řad obilek na palici a počtem obilek v řadě. Počet míst pro obilky na palici se pohybuje v rozmezí 750 až 1000 kusů (Lütke Entrup a kol., 2013), kdy při sklizni se počet obilek pohybuje v rozmezí 400 až 600 kusů na palici, při počtu 14 až 22 řad obilek s počtem 30 – 50 obilek v řadě.

4. VLÁHOVÉ NÁROKY KUKUŘICE SETÉ

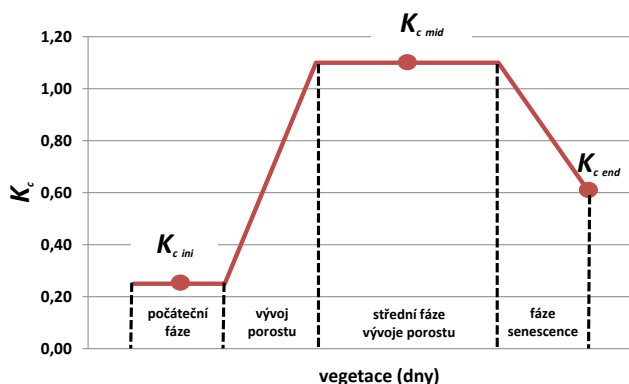
Znalost aktuálních hodnot evapotranspirace kulturních rostlin, tedy znalost o výparu vody z půdy a z rostlin, je předpokladem pro pochopení vlivu zemědělství na životní prostředí a zároveň základem pro eliminaci negativního působení zemědělské činnosti v krajině na její vodní bilanci. Z praktického hlediska lze znalost evapotranspiračních nároků plodin využít pro stabilizaci vodní bilance stanoviště na základě cíleného ovlivnění struktury porostu a délky trvání a dobou nástupu vývojových fází porostu (*San José a kol., 2003*). Obecně hodnoty transpirace porostů závisí na pěstební technologii, na výživě rostlin (*Shepherd a kol., 1987*), termínu výsevu (*Connor a kol., 1992*) a druhu či odrůdě plodiny (*Eastham a Gregory, 2000*). Dále se jedná o hodnocení toků tepla a o specifikaci efektivity využití vody (např. *Corbeels a kol., 1998; Asseng a Hsiao, 2000*), včetně posouzení energetických toků a transformace energie v krajině (*Ripl, 1995*). Složky energetické bilance jsou silně ovlivněny indexem listové plochy a výškou rostliny během všech vývojových stádií rostliny, které se podílejí na toku tepla (*Cleber a kol., 2008*).

Významné je stanovení hodnot aktuální evapotranspirace (ET_a) pro výpočet hodnot crop koeficientů (*Inman-Bamber a McGlinchey, 2003; Hanson a May, 2006; Kato a Kamichika, 2006*). Crop koeficienty plodin jsou klasifikovány jako jednoduché nebo duální (*Allen a kol., 1998*). Jednoduché koeficienty zahrnují jak odpařování z půdy, tak transpiraci rostlin. U duálního koeficientu se jedná o součinitele bazálního koeficientu a koeficientů, které popisují odpařování z půdy. Bazální koeficienty odrážejí podmínky suchého povrchu půdy a dostatečného množství půdní vody k udržení maximální transpirace rostlin (*Hanson a May, 2006*).

Znalost hodnot crop koeficientů umožňuje následné stanovení ET_a . ET_a zahrnuje vliv plodiny v podobě crop koeficientu (K_c), přičemž účinek různých povětrnostních podmínek je začleněn do referenční evapotranspirace (ET_o) - *Allen a kol. (1998)*. Crop koeficient tedy dokumentuje vztah mezi referenční evapotranspirací a aktuální (skutečnou) evapotranspirací porostu. Referenční evapotranspirace (ET_o) vyjadřuje vláhové nároky prostředí na základě algoritmu FAO (*Allen, 1998*) a je vztažena na travnatý povrch. Aktuální evapotranspirace (ET_a) naopak určuje hodnoty evapotranspirace daného porostu v závislosti na aktuálních podmínkách stanoviště. Vynásobením hodnoty referenční evapotranspirace hodnotou K_c se poté získá vypočtená (modelová) hodnota aktuální evapotranspirace požadovaného porostu. Hodnota crop koeficientu tedy vychází z následujícího vztahu: $K_c = ET_a/ET_o$.

Hodnoty K_c určené pro většinu zemědělských plodin se typicky mění ve vztahu ke změnám vegetativního růstu (*Hunsaker a kol., 2003*) a jeho rozsah je primárně závislý na konkrétních růstových charakteristikách plodiny (*Jensen a kol., 1990*). Problematika stanovení ET_a a K_c je

intenzivně zkoumána především v aridních a semiaridních oblastech, zejména v souvislosti s otázkou závlahy. Hodnoty K_c porostů kulturních plodin pro počáteční stádium až do stádia stárnutí uvádí (Allen a kol., 1998). Získání hodnot K_c může být, jak již bylo výše uvedeno, provedeno na základě modelového stanovení (metodika FAO) nebo na srovnání reálných naměřených hodnot ET_a v polních podmínkách a vypočtených hodnot ET_o pro dané stanoviště. Obecný průběh hodnot K_c u porostů polních plodin dokumentuje obrázek 15. Od zasetí do počátku vývoje porostu jsou hodnoty K_c nízké. Aktuální evapotranspirace je dána především výparem z půdy. S nástupem vývoje porostu hodnoty K_c narůstají a převládající podíl na evapotranspiraci má samotná transpirace rostlin, samozřejmě za předpokladu, že porosty nejsou výrazně stresovány suchem. S nástupem fáze stárnutí porostu opět aktuální transpirace klesá a hodnoty ET_a jsou proto nižší než ET_o .



Obr. 15: 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).

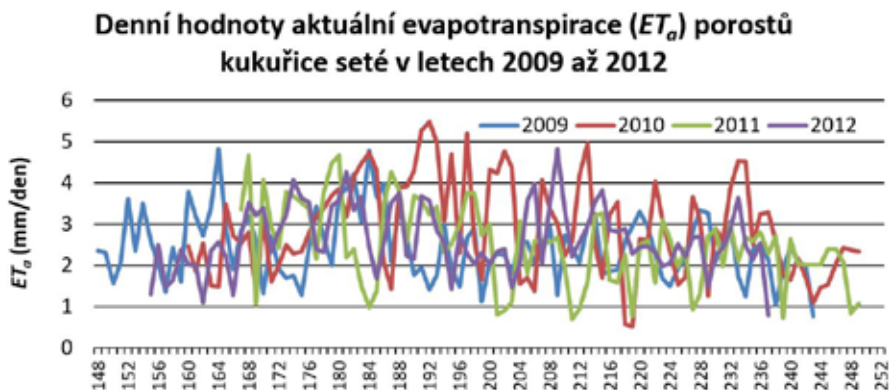
Znalost ET_o a produkce biomasy porostů umožňuje rovněž stanovení efektivity využití vody ($WUE = \text{Water Use Efficiency}$). Hodnota WUE značně závisí na klimatu, vláhových podmínkách prostředí ve vztahu k transpiračním nárokům a na intenzitě fotosyntézy jednotlivých rostlin a porostů plodin (např. Abbate a kol., 2004). Hodnoty WUE jsou rovněž ovlivňovány agronomickými postupy, především závlahou a hnojením (např. Zhang a kol., 1998, Asseng a kol., 2001 a Gaiser a kol., 2004).

Obecně jsou informace o hodnotách K_c v podmínkách stření Evropy omezené. V souladu se změnami vláhových podmínek stanoviště je problém nedostatku vody rovněž aktuální i pro oblasti s optimálně zavlaženým klimatem.

4. 1. Evapotranspirační nároky porostů kukuřice (Brant a Záborský)

Evapotranspirační nároky polních plodin se v podmínkách České republiky pohybují v rozmezí 1 až 6 mm za den (Záborský a kol., 2015). Mezi jednotlivými plodinami lze nalézt rozdíly mezi zástupci rostlin náležícími do skupiny C3 a C4, stejně tak jako mezi jednotlivými skupinami plodin (obilniny, luskoviny, okopaniny apod.). Výše uvedení autoři uvádějí, že pro vybraná vegetační období (tab. 7) v hodnocených plodinách se hodnoty ET_a u pšenice ozimé pohybovaly v rozmezí od 1,9 do 4,1 mm/den (hodnoty z let 2009 a 2010). K obdobným závěrům došli Tyagi a kol. (2000), kteří v podmínkách Indie stanovili pro počáteční období vývoje porostů hodnotu ET_a nižší než 1 mm/den a více než 4 mm/den ve stadiu mléčné zralosti. U ječmene jarního se v našich podmínkách pohybovaly hodnoty aktuální evapotranspirace v rozmezí od 1,5 do 4,4 mm/den (hodnoty 2007 a 2011). Porosty kukuřice seté byly charakterizovány hodnotami ET_a v rozmezí od 1,8 do 4,9 mm/den (hodnoty 2009 až 2012), u číroku obecného poté rozmezí 0,39 až 3,29 mm/den (hodnoty 2010 až 2012).

Hodnoty aktuální evapotranspirace během vývoje porostů a v závislosti na podmínkách půdy a atmosféry mohou výrazně kolísat. Nízké hodnoty evapotranspirace jsou samozřejmě spojené s nedostatkem vody v půdě, nebo s nevhodnými slunečními podmínkami. Při zatažené obloze nebo při srážce není dostatek energie pro transpirační procesy a transpirace klesá. Odpar zachycené srážkové vody na povrchu listů rostlin, tzv. intercepce, může při slunečném počasí následujícím po srážkové události hodnoty aktuální evapotranspirace navyšovat.



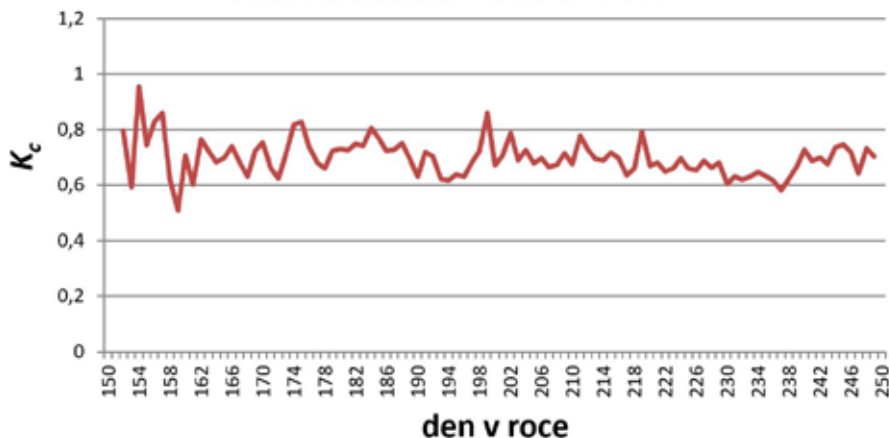
Obr. 16: Denní hodnoty aktuální evapotranspirace (ET_a) porostů kukuřice seté v letech 2009 až 2012 (upraveno podle Brant a kol., 2015a).

Obrázek 16 dokládá variabilitu denních hodnot aktuální evapotranspirace u porostů kukuřice seté během vegetace (Brant a kol., 2015a), kde se projevuje především vliv průběhu počasí. Při stanovení průměrných denních hodnot aktuální evapotranspirace za sledované období se zásadním způsobem eliminuje meziroční kolísání hodnot (obr. 17). Poté se průměrné denní hodnoty pohybují v rozmezí 2,5 – 3,2 mm za den. Průměrně se tedy z porostu kukuřice seté vypaří od počátku prodlužovací fáze do sklizně na siláž 2,6 mm vody za den. Srovnáme-li tyto hodnoty s ostatními plodinami, jejichž hodnoty evapotranspirace byly rovněž měřeny v České republice, je nutné konstatovat, že porosty kukuřice seté vykazují ve srovnání s pšenicí ozimou (průměrná denní hodnota ET_a 3,4 mm/den) a s ječmenem jarním (průměrná denní hodnota ET_a 2,9 mm/den) nižší evapotranspirační nároky (Brant a kol., 2015b). U široko obecného se za období let 2010 až 2012 činila denní průměrná hodnota evapotranspirace 2,4 mm/den. (Brant a kol., 2015c a Škeřiková a kol., 2018). U cukrové řepy se průměrné denní hodnoty aktuální evapotranspirace (průměr čtyřletých měření) pohybovaly v rozmezí 3,8 až 4,3 mm za den (Brant a kol., 2016e). Samotné hodnota ET_a je jednou z možností přímého vyjádření vláhových nároků, opomenout však nelze ani srovnání hodnot K_c jednotlivých plodin (tab. 7 a obr. 18). Z obrázku 18 je patrné, že průměrné hodnoty K_c dosahují u kukuřice seté hodnoty nižší než 1, tj. průměrné hodnoty měřené ET_a nedosahují hodnot ET_o . Nižší hodnota K_c dané plodiny, či v daném období jejího růstu, poukazuje na nižší spotřebu vody porosty.



Obr. 17: Průměrné denní hodnoty aktuální evapotranspirace (ET_a) porostů kukuřice seté za období 2009 až 2012 (Brant a kol., 2015a).

Průměrné denní hodnoty K_c porostů kukuřice seté za období 2009 až 2012



Obr. 18: Průměrné denní hodnoty crop koeficientů (K_c) porostu kukuřice za období let 2009 až 2012 ve středních Čechách (upraveno podle Brant a kol., 2015a a Zábranský a kol., 2015).

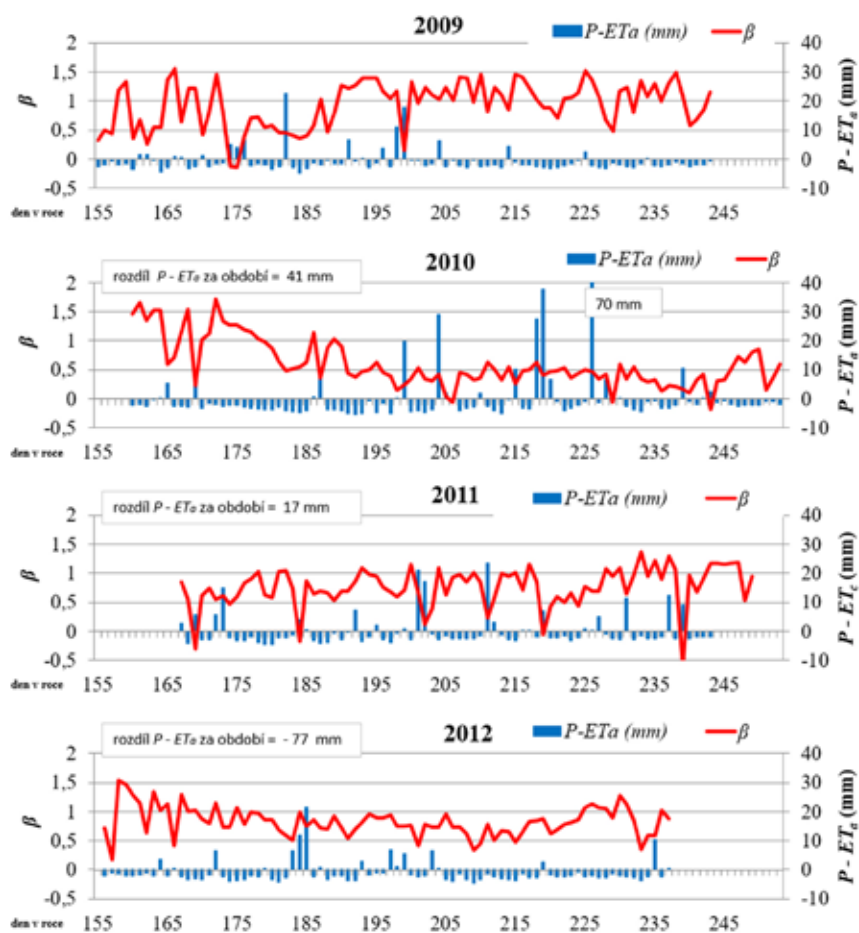
4. 2. Energetická bilance porostů kukuřice seté

Energetickou bilanci porostů lze vyjádřit hodnotami Bowenova poměru (β). Ty popisují poměr mezi zjevným teplem (energie na ohřev atmosféry) a latentním teplem (energie na výpar – evapotranspiraci). Hodnoty β vyšší než 1 jsou typické pro situace, kdy v důsledku nedostatku vody v prostředí dochází k ohřevu atmosféry. Hodnoty Bowenova poměru nižší než 1 charakterizují stav prostředí, ve kterém je převážná část vstupující energie využívána na výpar (Beringer a kol., 2003).

Z obrázku 19 dokumentujícího denní hodnoty β v jednotlivých letech je dobře patný vliv srážkového deficitu na nárůst hodnot β v roce 2009. Naopak na srážky bohatý rok 2010 je charakterizován hodnotami β nižšími než 1. Kolísání hodnot β kolem hodnoty 1 dokládají roky 2011 a 2012. Rozdíl srážek a evapotranspirace přiložený k hodnotám β (obr. 19) je samozřejmě jedním z důležitých parametrů vodní bilance stanoviště, ale transpirační nároky porostu výrazně ovlivňuje také zásoba vody v půdě.

U porostů kukuřice je nutné podotknout, že nižší nároky této plodiny na spotřebu vody jsou spojeny s pozitivním vlivem na chlazení krajiny, období kdy hodnoty β jsou rovny, či nižší než 1 (obr. 19).

Význam porostů kukuřice seté pro stabilizaci energetické bilance krajiny je zásadní především v době, kdy obilniny vstupují do fáze plné zralosti a již netranspirují, což nastává přibližně 14 dní před sklizní (Brant a kol., 2015b). Obdobně tomu je i u ozimé řepky, její rostliny s nástupem do růstové fáze BBCH 83 (Pivec a kol., 2009) přestávají transpirovat a na chlazení krajiny se rovněž nepodílejí. Poté porosty kukuřice seté společně s porosty cukrové řepy a vojtěšky seté, případně s porosty meziplodin, zajišťují do doby jejich sklizně produktivní výpar na orné půdě.



Obr. 19: Vláhová potřeba porostů kukuřice stanovená na základě rozdílů denních sum srážek (P , mm/den) a denních sum hodnot měřené aktuální evapotranspirace (ET_a , mm/den) a denní hodnoty Bowenova poměru (β) v letech 2009 až 2012 ve středních Čechách.

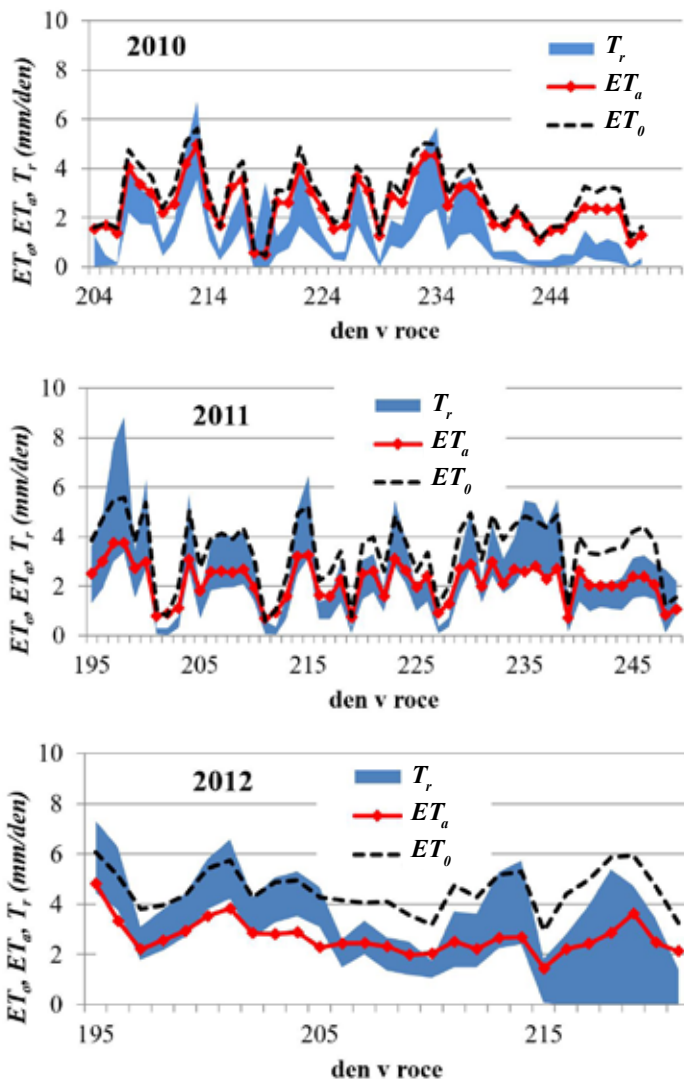
4. 3. Transpirační nároky kukuřice seté

Transpirační nároky vyjadřují spotřebu vody rostlinou či porostem bez výparu vody z půdy. Součtem hodnot transpirace a evaporace se získá hodnota evapotranspirace. Informace o transpiračních nárocích kukuřice seté v polních podmínkách v České republice jsou velmi omezené. Stanovení transpiračních nároků plodin je možné stanovit několika metodami. Mezi nejpožívanější patří gazometrické metody, které měří hodnoty transpirace na jedné části rostliny, nejčastěji na listu, nebo jsou při využití komorových systémů schopny měřit transpiraci celé rostliny. Jejich použití v polních podmínkách je omezené a neumožňuje dlouhodobé kontinuální měření. Druhým rozšířeným způsobem je stanovení transpirace metodou sap flow, kdy je měření založeno na vztahu mezi vstupním množstvím tepla a vzrůstající teplotě v definovaném prostoru (Kučera a kol., 1977; Tatarinov a kol., 2005). Výsledky měření transpirace metodou sap flow u kulturních rostlin dokumentuje tabulka 8.

Podle Škeřkové a kol. (2018) s hodnoty transpirace kukuřice v podmínkách středních Čech pohybovaly u jednotlivých měřených rostlin v rozmezí 24 – 213 g/h. Obrázek 20 dokládá denní hodnoty referenční evapotranspirace (ET_0 , mm/den), aktuální evapotranspirace (ET_a , mm/den) a transpirace (T_r , mm/den) u porostů kukuřice seté stanovené v polních podmínkách středních Čech. Hodnoty transpirace dokládají minimální a maximální hodnotu transpirace stanovenou pro jednotlivé rostliny a přepočtenou na mm vodního sloupce za den.

Tab. 8: Hodnoty transpirace kulturních rostlin metodou sap flow (T_r , g/h) – upraveno podle Brant a kol. (2012).

druh	odrůda	T_r (g/h)	podmínky	zdroj
ozimá řepka	Quantum	to 39	skleník	Angadi a kol. (2003)
	Arrow	0 – 27	pole	
bavlník	Deltapine 77	0 – 95	pole	Dugas a kol. (1994)
kukuřice setá	-	0 – 175	skleník	Gavloski a kol. (1992)
	-	0 – 150	skleník	Kjelgaard a kol. (1997)
brambor obecný	Atlantic	0 – 55	skleník	Gordon a kol. (1997)
	Monona	0 – 25		
	-	0 – 35	skleník	Kjelgaard a kol. (1997)
sója luštěinatá	-	0 – 95	laboratoř	Cohen a kol. (1993)
slunečnice roční	-	0 – 200	skleník	Kjelgaard a kol. (1997)
pšenice setá	-	0 – 5	pole	Senock a kol. (1996)



Obr. 20: Denní hodnoty referenční evapotranspirace (ET_0 , mm/den), aktuální evapotranspirace (ET_a , mm/den) a transpirace (T_r , mm/den) u porostů kukuřice seté stanovené v polních podmínkách středních Čech. Hodnoty transpirace dokládají minimální a maximální hodnotu transpirace stanovenou pro jednotlivé rostliny a přepočteno na mm vodního sloupce za den (upraveno podle Škeříková a kol., 2018).

Důvodem tohoto vyjádření je značné kolísání hodnot mezi jednotlivými rostlinami, které je z hlediska transpirace u rostlin jednoho druhu typické. Důvodem je variabilita rostlin a jejich odlišná reakce na podmínky prostředí, ale např. i rozdíl ve vývoji rostlin, napadení chorobami (které se opticky neprojeví), změna distribuce porostní srážky apod.

Výsledky poukazují na skutečnost, že během vegetace se hodnoty transpirace u porostů kukuřice seté výrazně přibližují hodnotám aktuální evapotranspirace. Tedy, že evaporace je u porostů vstupujících do prodlužovací fáze a ve fázích následného vývoje rostlin výrazně menší, než transpirace. Naše měření ukázala, že hodnoty evaporace se na hodnotách aktuální evapotranspirace v polních podmínkách (střední Čechy) podílejí od 10 do 15 %. Značná část vody z pozemku s kukuřicí setou tedy přechází do atmosféry procesem transpirace. Výraznější ztráty evaporací lze u porostů kukuřice očekávat do doby začátku prodlužovacího růstu a zde hraje důležitou roli i její omezení, např. pokrytí půdy mulčem, nakypření půdy, pěstování kukuřice pod fóliemi apod. vnitřní variabilita rostlin.

Tabulka 9 dokumentuje průměrné denní hodnoty evaporace v období plného vývoje porostů kukuřice. Z tabulky je patrné, že vyšší hodnoty výparu vody z půdy byly naměřeny vždy ve středu meziřádku, nižší poté v řádku rostlin. Primárním důvodem jsou vyšší vstupy sluneční energie dopadající na méně zastíněnou část řádku. Vliv pokryvu půdy se rovněž projevil i u vlivu struktury porostu, kdy nižší hodnoty evaporace byly stanoveny v užších řádcích. Na základě této skutečnosti je patrné, že pokrytí půdy mulčem v nezpracovaném meziřádku při pásovém kypření může výrazně snižovat neproduktivní výpar z půdy. Obrázek 25 dokládá následný vliv distribuce vody porostem v závislosti na rozteči řádků a podmínek pro výpar z hlediska pronikání záření do porostu. Od středu meziřádku, na základě výše uvedených skutečností, hodnota objemové vlhkosti půdy směrem k řádku rostliny klesá (*Brant a kol., 2014c*).

Tab. 9: Průměrné denní hodnoty evaporace (mm/den) v porostech kukuřice seté s rozdílnou šířkou řádků (0,45 a 0,75 m) v meziřádku a v řádku rostlin stanovené na oraných plochách stanovené gazometricky (přístroj CIRAS II s komorou SRC-1, PP Systems, USA), *Brant a kol., (2014c)*.

datum/čas	rozteč řádků/ pozice	evaporace (mm/den)	rozteč řádků/ pozice	evaporace (mm/den)
15. 6. 2013	450 mm, řádek	0,37	750 mm, řádek	0,41
10:45–11:45	450 mm, meziřádek	0,47	750 mm, meziřádek	0,54
15. 6. 2013	450 mm, řádek	0,32	750 mm, řádek	0,40
12:15–13:15	450 mm, meziřádek	0,38	750 mm, meziřádek	0,41
23. 6. 2013	450 mm, řádek	0,40	750 mm, řádek	0,27
10:45–11:45	450 mm, meziřádek	0,45	750 mm, meziřádek	0,59

4. 4. Porostní srážka

Rostlinný pokryv výrazně ovlivňuje distribuci srážek dopadajících na povrch půdy. V případě redistribuce srážky se jedná o porostní srážku, která zahrnuje odkap vody z listů, přímý propad srážky na půdu a stok vody po stonku rostliny. Stok vody po rostlině rovněž výrazně ovlivňuje koloběh vody a živin ve fytoceenózách (např. *Butler a Huband, 1985* a *Price a kol., 1997*), erozní procesy (např. *Paltineanu a Starr, 2000*; *Brant a kol., 2016d* a *2017b*).

V porostech kukuřice seté je porostní srážka považována za významný faktor podílející se na distribuci atmosférické srážky. Důvodem je habitus rostlin, který je dán nasazením listů na stéble, se kterým svírají na bázi ostrý úhel. Postavení listů na rostlině kukuřice seté se však v průběhu vegetace mění. Zpočátku většinou erektofilně postavené nejmladší listy se v rámci procesu stárnutí začínají přibližně v polovině až první třetině vrchní části listu ohýbat. Ohnutí vrcholu listu vede k tomu, že voda zachycená na povrchu listu nestéká směrem ke stéblu, ale odkapává ze svěšeného vrcholu listu na povrch půdy. Při procesu odkapávání vody z listů však dochází k tvorbě větších kapek, které dopadají na stejné místo a zvyšují tím riziko kapkové eroze (obr. 21). Starší spodní listy mohou se stéblem svírat na bázi kolmý úhel, čímž může docházet k výraznému odvodu vody stékající z horních částí rostliny od stébla mimo kořenovou zónu rostliny. Voda stékající po stéble je sváděna k bázi rostliny, kde se následně infiltruje do kořenové zóny. V místě kořenové zóny nacházející se v blízkosti paty stébla jsou v důsledku intenzivního prokořenění půdy a dostatečných infiltračních prostor mezi kořeny a půdou velmi dobré podmínky pro infiltraci vody (obr. 22). *Brückler a kol. (2004)* stanovili nejvyšší hodnoty infiltrace přímo v řádcích kukuřice seté s roztečí řádků 0,75 m, nejvyšší hodnoty infiltrace byly měřeny přímo v řádcích rostlin, nejnižší ve vzdálenosti 70 – 136 mm od linií rostlin. Nejvyšší propad porostní srážky byl při této meziřádkové vzdálenosti ve středu meziřádku.



Obr. 21: Krátery vznikající jako důsledek vody odkapávající z listů kukuřice (foto Gemerlová).

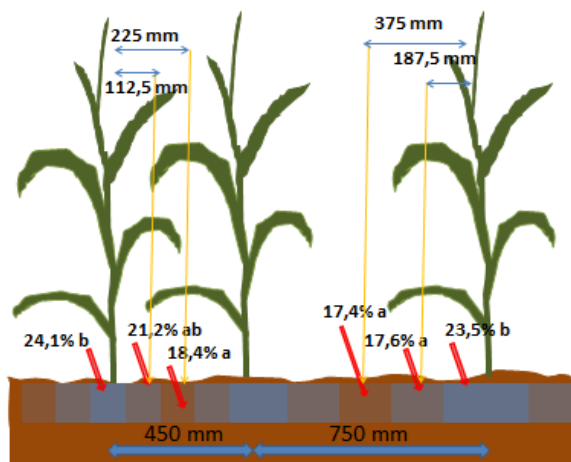


Obr. 22: V okolí stěbla dochází v důsledku stoku vody po stěble k výraznější infiltraci vody do půdy – infiltrace vody je znázorněna modrou barvou.

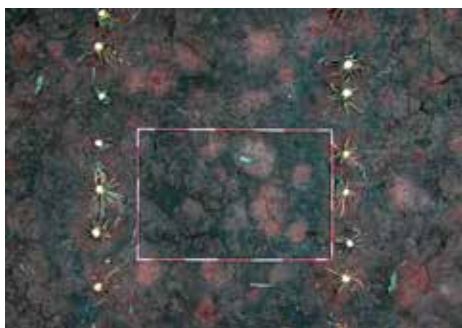
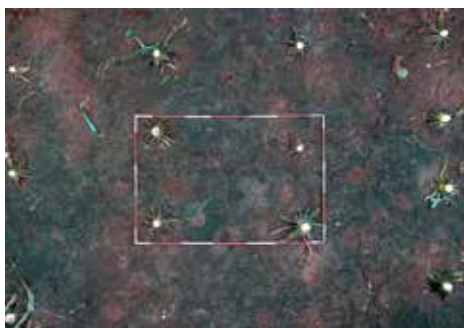
Porostní srážka zásadním způsobem ovlivňuje i vlhkost půdy v porostech kukuřice seté (Hupet a Vanclooster, 2005; Martello a kol., 2015 a Brant a kol., 2016b). Dekker a Ritsema (1997) poukazují na významnou variabilitu obsahu půdní objemové vlhkosti v porostech kukuřice seté v důsledku distribuce srážek porostem, kdy upozorňují na zvýšené hodnoty vlhkosti v řádku rostlin v důsledku stoku vody po stěble. Dále může docházet ke zvýšení vlhkosti v místě odkapu vody z listů. Mikro topografické deprese na povrchu půdy mezi řádkem a meziřádkem mohou dále diferencovat rozdíly ve vlhkosti půdy. Na tuto skutečnost poukazují i Dekker a Ritsema (1997), kteří stanovili výškový rozdíl mezi vrcholem řádku a dnem meziřádku ve výši 70 mm. Většina současných technologií pěstování kukuřice seté umožňuje uložení osiva kukuřice do hlubší rýhy, kterou může vytvořit i secí stroj, a tím zvyšuje zadržení vody stékající po stěble k rostlině. Rozdíl ve vlhkosti půdy v prostoru mezi řádky kukuřice seté ovlivňuje i rozteč řádků. Na obrázku 23 je patrný vliv dvou roztečí řádku kukuřice na změnu objemové vlhkosti půdy v meziřádku. Zásadní vliv na distribuci vody u kukuřice seté nemá jen rozteč řádků, ale také počet rostlin na jednotku plochy, růstová fáze, ale také orientace listů na stéblech směrem ke středu meziřádku (Brant a kol., 2017b). Postavení listů na stéblech kukuřice seté, tj. jejich úhel svírající s osou řádku, ovlivňuje směr pohybu vody po ploše listů. Při rozdílném úhlu orientace listů vznikají v porostech dvě primární zóny distribuce srážek. První je dána umístěním konců listů do středu meziřádku, tedy vzdáleností mezi středem řádku a jejich koncem. Čím svírají listy ostřejší úhel se středem řádku, tím se vzdálenost mezi středem řádku a koncem listu zkracuje. Druhým faktorem je prostor mezi středem řádku a místem počátku křížení sousedních listů. Opět platí, že čím je tento úhel ostřejší, tím je širší zóna mezi stéblem a křížením listů užší. Tyto skutečnosti se následně mění se

změnou rozteče řádků (obr. 24) a zároveň se promítají do kvantitativního vyjádření porostní srážky v jednotlivých zónách meziřádku (obr. 25).

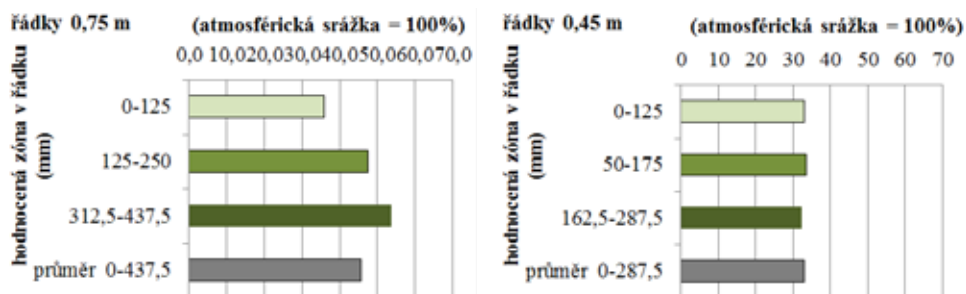
Hodnota porostní srážky ve vztahu ke srážce atmosférické je vždy zásadním způsobem ovlivněna variabilitou porostu na úrovni cílené struktury porostu ovlivněné agrotechnikou a morfologií rostlin jako fenotypového projevu. Na významný vliv variability porostu jako faktoru určujícího parametry porostní srážky poukazují např. *Bui a Box (1992)*.



Obr. 23: Vliv rozdílné šířky řádků u kukuřice na hodnoty objemové vlhkosti půdy (%) v důsledku diferenciací porostní srážky a pronikání slunečního záření do porostu (*Brant a kol., 2014c*).

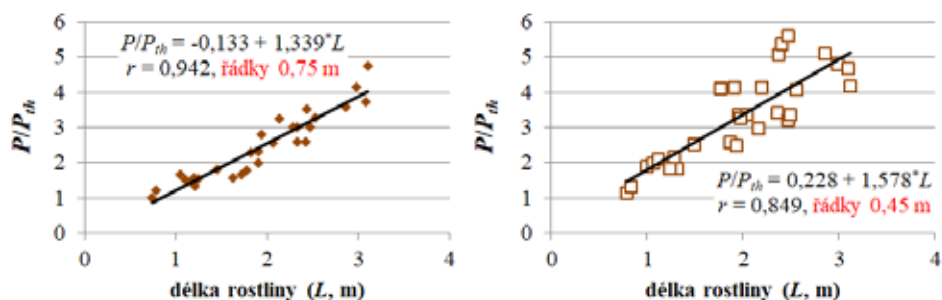


Obr. 24: Vliv rozdílné šířky řádků na propad dešťové vody do porostu kukuřice. Porost kukuřice se nacházel v růstové fázi BBCH 63. Světlé plochy s vyplavenou modrou barvou dokumentují místa koncentrace dešťové vody. Vlevo řádky s roztečí 0,45 m, vpravo 0,75 m (*foto Kroulík*).

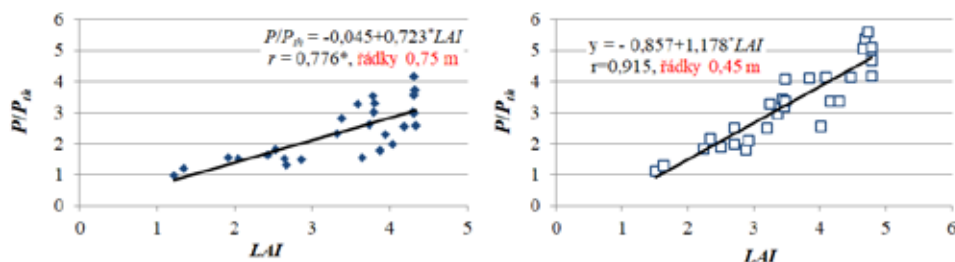


Obr. 25: Vliv šířky řádků kukuřice na hodnoty propadu vody do porostu (P_{th} , %) v rámci meziřádku (průměr let 2012 – 2014) vyjádřené jako podíl z atmosférické srážky (P , mm), která představuje 100 % (Brant a kol., 2015d).

Vliv výšky porostu a hodnoty LAI na poměr mezi atmosférickou srážkou a propadem vody do porostu u porostů založených do řádků s roztečí 0,75 m a 0,45 m dokládají obrázky 26 a 27. Z obrázků je patrné, že s narůstající hodnotou délky rostlin a LAI roste i poměr mezi atmosférickou srážkou a množstvím vody propadlé na povrch půdy (do výpočtu není zahrnut stok vody po stéble). Čím je hodnota poměru mezi atmosférickou srážkou a propadem do porostu větší, tím do porostu na povrch půdy propadlo méně vody. Zároveň obrázky dokládají, že porosty s roztečí řádků 0,45 m omezují výrazněji propad vody porostem na povrch půdy, což má pozitivní efekt na snížení rizika vodní eroze. Menší množství propadlé vody do porostu může být způsobeno vyššími hodnotami stoku vody po stéble u těchto porostů, ale především i vyššími hodnotami intercepce, tedy množstvím vody zachycené na povrchu listů, které se následně odpaří. Hodnocené porosty s rozdílnou roztečí řádků vykazovaly obdobné počty rostlin na jednotku plochy a ve dvou z hodnocených let nebyl rozdíl ani v hodnotách LAI .



Obr. 26: Podíl atmosférické (P , mm) a porostní srážky (P_{th} , mm) v závislosti na výšce rostlin (L , m). Hodnocení probíhalo v růstové fázi kukuřice seté BBCH 30 – 70, data jsou zpracována jako průměr let 2012 až 2014 (Brant a kol., 2017b).



Obr. 27: Podíl atmosférické (P , mm) a porostní srážky (P_{th} , mm) v závislosti na hodnotách indexu listové plochy (LAI). Hodnocení probíhalo v růstové fázi kukuřice seté BBCH 30 – 70, data jsou zpracována jako průměr let 2012 až 2014 (Brant a kol., 2017b).

V roce 2012 byly vyšší hodnoty LAI stanoveny v porostech s roztečí řádků 0,45 m. Plocha listů však při užších řádcích a větší vzdálenosti rostlin v řádku (rozteč řádků 0,45 m) efektivněji pokývala povrch půdy a vytvářela větší listovou plochu pro zachycení srážek z důvodu menšího překrytí rostlin.

V rámci porostní srážky je potřebné se zmínit i o stoku vody po rostlině. Jestliže se propad srážky podílí necelými 50 % na sumě atmosférické srážky, lze předpokládat, že nezanedbatelný podíl na směřování vody do půdy bude mít právě stok po stéble. Naše měření ukazují, že srážky o velikosti 8 mm mohou zajistit až soustředění 0,5 l srážkové vody k rostlině. I zde však platí, že stok vody po rostlině je velmi variabilní veličina, která je závislá nejen na intenzitě srážky, velikosti dešťových kapek a na šikmosti srážky, ale také na morfologii rostliny. Stok vody po rostlině kukuřice seté dokumentuje obrázek 28, kdy pro znázornění toku vody po rostlině byla provedena simulace deště s přidáním modrého barviva. Na hodnotě stoku vody se podílí i struktura porostu, která může stok vody po stéble dále modifikovat.

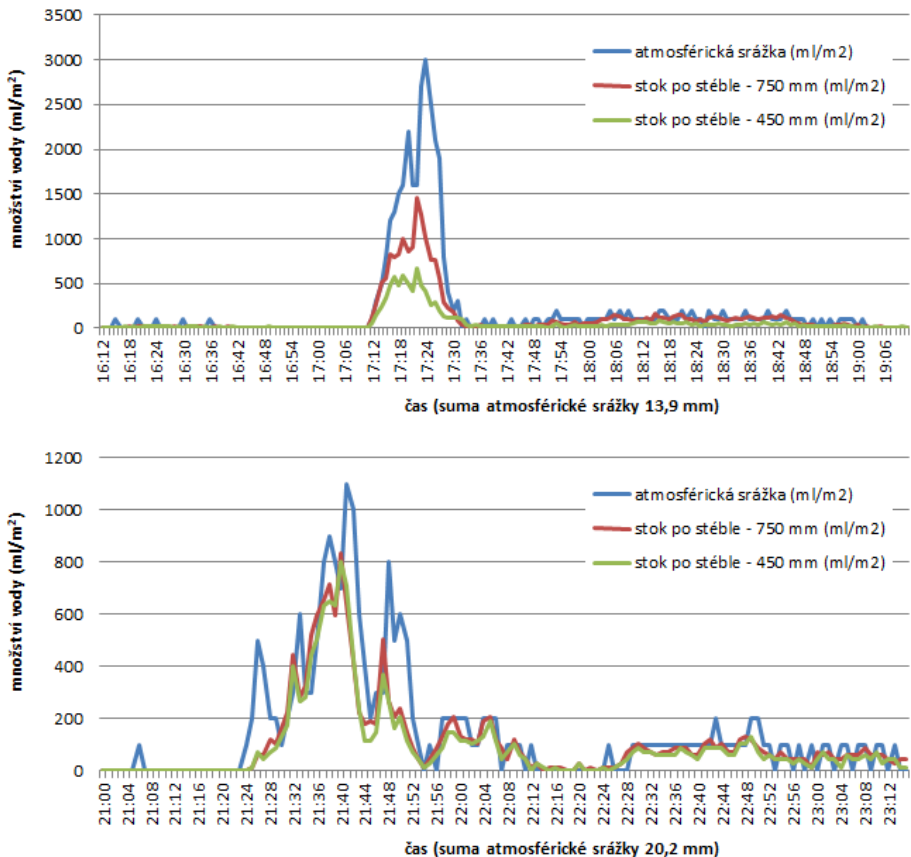


Obr. 28: Znáznornění stoku vody po stéble po simulaci deště s přidáním modrého barviva (foto Brant).

Na obrázku 29 je znázorněn grafický průběh stoku vody po stéble v porostech kukuřice seté v závislosti na rozteči řádků (0,45 a 0,75 m). Obrázek zachycuje srážku o hodnotě 13,9 mm (minutový záznam, ml/m^2 , horní obrázek) a hodnoty stoku vody po stéble v hodnocených porostech (ml/m^2), Z obrázku je patrný rozdíl mezi atmosférickou srážkou a stokem po stéble. Zajímavý je rovněž rozdíl mezi variantou s řádky 0,75 m a 0,45 m. Tuto skutečnost lze vysvětlit především strukturou porostu. U hodnocených porostů byl rovněž hodnocen index listové plochy (LAI), rozdíly v LAI mezi porosty však nebyly zásadní. Spíše se ukazuje, že u porostů s šířkou 0,45 m je v důsledku rovnoměrnějšího pokrytí půdy větší zachytá plocha listů, kde se zachycuje voda. Tato skutečnost vedla pravděpodobně k většímu množství zachycené vody na listech, což snížilo množství odtokové vody. V rámci srážkové události byly zaznamenány vysoké hodnoty intenzity (až $3,5 \text{ ml/m}^2$). Z tohoto důvodu není z obrázku patrné zpoždění u stoku vůči srážce, které je typické pro nižší srážkovou intenzitu na začátku srážkové události. U porostů s řádky 0,75 m činila hodnota stoku za tuto srážkovou událost 11,1 mm a u porostů s řádky 0,45 m 7,8 mm (Pivec a kol., 2014).

Při srážkové události, kdy suma srážky činila 20,2 mm (obr. 29, dole), stok vody po stéble činil na plochách s řádky 0,75 m 14,7 mm a u užších řádků 12,9 mm. Na základě množství propadlé

vody do porostu, které bylo také měřeno, propadlo do porostů s řádky 0,75 m 19 % z celkové srážky a u užších řádků (0,45 m) 17,5 mm. V konečném součtu to znamená, že hodnota intercepce (zůstatek po odečtení stoku a propadu od srážky) činila u porostů s řádky 0,75 m 8 % a u porostů s řádky 0,45 m 18 %. Kontinuální záznam stoku vody po stěble byl měřen automatickými systémy pro záznam stoku vody vyvinutý autorským kolektivem (obr. 30).



Obr. 29: Kontinuální záznam srážky nad porostem (minutový záznam, ml/m²) a hodnot stoku vody po stěble v hodnocených porostech (minutový záznam, ml/m²) při sumě srážky 13,9 mm (nahore) a 20,2 mm (dole). Upraveno podle Pivec a kol. (2014).



Obr. 30: Kontinuální měření stoku vody po stéble kukuřice seté pomocí automatických stem flow metrů (foto Brant).

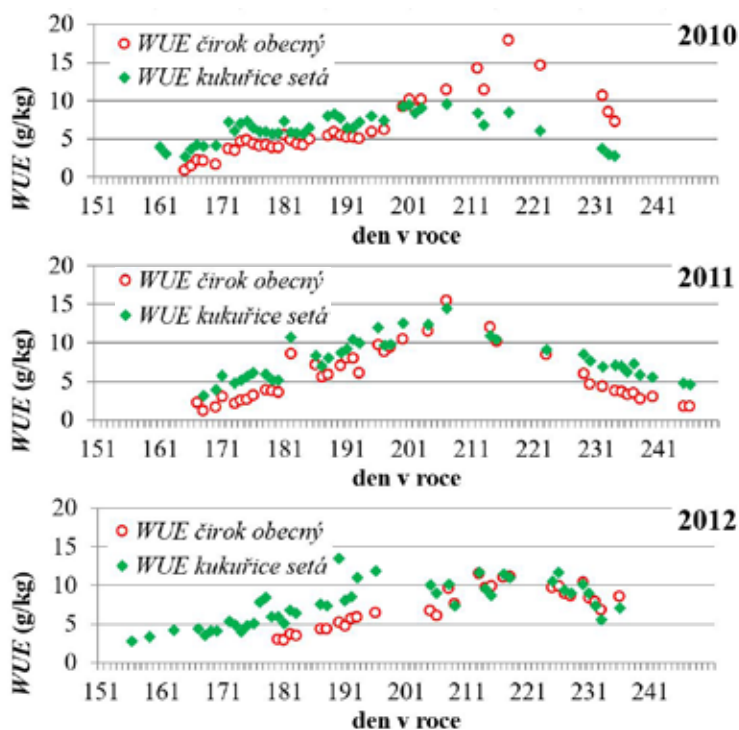
Porostní srážka je jedním z faktorů, který je nutné respektovat již při základním zpracování půdy, při zonálním hnojení, ale i při kultivaci porostů. Velmi dobře s porostní srážkou pracují především systémy zonálního zpracování půdy, kdy výsev řádků kukuřice seté navazuje na trajektorie kypřících pracovních nástrojů. Tím dochází nejen k podpoře rozvoje kořenového systému kukuřice seté do kypřících zón, ale zároveň dochází k intenzivnější podpoře infiltrace vody stékající po stéble kukuřice při srážce. Znalost zóny dopadu srážkové vody do meziřádku určuje místa vhodná pro lokální aplikaci hnojiv při setí a během vegetace. Uložení hnojiva při kultivaci by mělo být provedeno do budoucí zóny propadu vody, nebo do zóny infiltrace vody stékající po stéble při setí nebo při základním zpracování půdy. Znalost míst v meziřádku s nejvyšším zatížením propadu srážkové vody musí být adekvátně zajištěna proti rizikům eroze, za účelem infiltrace vody do půdy a s cílem eliminace evaporace.

Středy meziřádků při rozteči řádků kukuřice seté 0,75 m by měly být pokryty mulčem, nebo by tam měly být při kultivaci během vegetace vytvořeny vhodné podmínky pro infiltrace vody do spodnějších vrstev, aby nedocházelo k rychlé ztrátě vody evapací, protože se jedná o zónu s nejvyšším vstupem slunečního záření na povrch půdy. U řádků užších (0,45 m) lze nejvyšší zatížení meziřádku porostní srážkou očekávat ve středu poloviny meziřádku – levá i pravá část meziřádku. Zde je potřebné si uvědomit, že při užších řádcích je prostor pro práci s mulčem omezenější a na podpoře infiltrace by se měl podílet již okraj kořenové zóny a protierozním efektem je rovněž větší pokryvnost plochy meziřádku listy rostlin ve srovnání se širšími řádky.

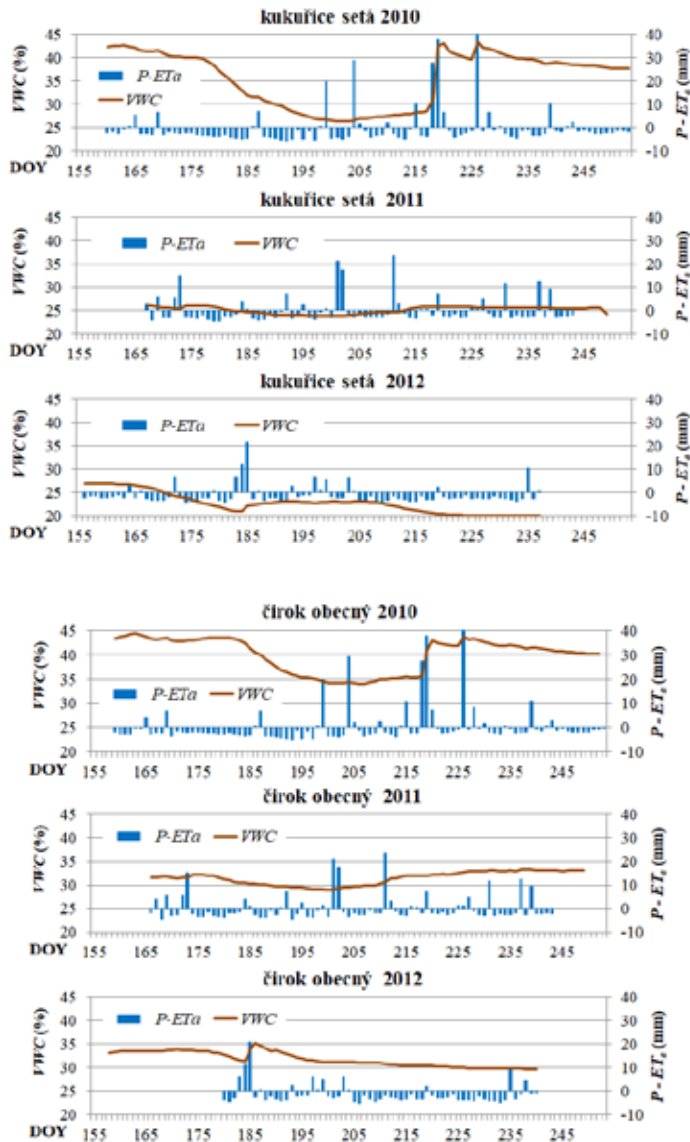
4. 5. Efektivita využití vody

Efektivita využití vody (WUE) hovoří o tvorbě jednotky sušiny z jednoho kilogramu vody rostlinou. U kukuřice seté se obecně jako u rostlin typu hovoří o vyšší míře využití vody ve srovnání s rostlinami C3. Údaje o hodnotách WUE pro podmínky České republiky z hlediska kontinuálního měření v polních podmínkách jsou velmi omezené. Představu o efektivitě využití vody porostem kukuřice seté ve srovnání s čírokem obecným dokládá práce Škeříkové a kol. (2018). Autoři v letech 2010 až 2012 hodnotili na základě měření aktuální evapotranspirace a produkce nadzemní biomasy rozdíly v hodnotách WUE u výše uvedených druhů (obr. 31). Z průběhu hodnot je patrné, že v období od 170. do 220. dne v roce (DOY, číslo dne v roce) vykazují hodnoty rostoucí trend, v období následně vykazují pokles. V tomto období docházelo k intenzivnímu nárůstu produkce biomasy porostů. V roce 2010 (180 – 240 DOY) činila nejvyšší hodnota WUE u kukuřice seté 9,49 g/kg, u číroku obecného 17,86 g/kg. Za shodné období v roce 2011 poté 14,45 (kukuřice setá) a 15,41 g/kg u číroku obecného. V roce 2012 činila nejvyšší denní hodnota WUE u kukuřice seté 11,81 g/kg a u číroku obecného 11,51 g/kg. Výsledky nepřímo korespondují s údaji Pan a kol., (2011). Tito autoři uvádějí vyšší hodnoty evapotranspirace porostů číroku obecného ve vlhkých letech, vůči hodnotám evapotranspirace u kukuřice seté. V průměrných a suchých letech vykazovaly porosty opačné hodnoty. Efektivita využití vody je však mezi porosty problematická. Především z důvodu pozdního setí číroku obecného vůči kukuřici seté, což vede k posunu růstových fází. V podmínkách střední Evropy nedochází mnohdy k dosažení generativní fáze u číroku obecného a následný vývoj porostů je poté ukončen nástupem nízkých teplot.

Pro dokreslení průběhů hodnot WUE je potřebné rovněž specifikovat vláhové podmínky stanoviště (obr. 32). Nejvyšší suma srážek v době růstu porostů (91 – 243 DOY) byla stanovena v roce 2010, činila 400 mm. Nejnížší suma srážek za sledované období byla v roce 2012 – 248 mm, v roce 2011 poté činila 306 mm. Rok 2012 se vyznačoval nižšími hodnotami denních sum srážek, z nichž většina nepřekročila sumu 10 mm za den. U těchto srážek lze očekávat menší vliv na zvýšení zásoby vody v půdě v důsledku intercepčního výparu. Rozdíly mezi denními hodnotami srážky (P , mm/den) hodnotami aktuální evapotranspirace (ET_g , mm/den) a hodnoty objemové vlhkosti půdy (VWC, %) v hloubce 0,3 m v hodnocených letech dokumentuje obrázek 32. Ve všech hodnocených letech byly nižší hodnoty VWC na plochách s kukuřicí setou. Vyšší pokles hodnot VWC v porostech kukuřice seté mohl být zapříčiněn také časnějším výsevem a tím časnějším spotřebou vody na transpiraci rostlin. Vyšší hodnoty VWC na plochách čírokem obecným mohly být způsobeny poklesem evaporace v důsledku nárůstu hodnot LAI , což potvrzují i výsledky, které publikovali Kato a Kamichika (2006). U číroku obecného docházelo k počátku intenzivní tvorby listové plochy kolem 180 DOY.



Obr. 31: Průměrné denní hodnoty WUE (g/kg) porostů kukuřice seté a čiroku obecného stanovené v letech 2010 – 2012 ve středních Čechách. Hodnoty WUE jsou vypočteny z denních hodnot ET_o (kg/m²) a z denních přírůstků biomasy (g/m²). V grafu jsou hodnoty WUE stanoveny pro dny, kdy denní suma R_g byla ≥ 18 MJ/m², upraveno podle Škeříkové a kol. (2018).



Obr. 32: Rozdíly mezi denními hodnotami srážky (P , mm/den) a denními hodnotami aktuální evapotranspirace (ET_a , mm/den) a denní chod objemové vlhkosti půdy (VWC, %) na plochách kukuřice seté a čiroku obecného v letech 2010 – 2012. DOY je den v roce, upraveno podle Škeříkové a kol. (2018).

5. DEGRADAČNÍ PROCESY PŮDY

Kukuřice setá je z hlediska dynamiky vývoje porostu vyznačujícího se pomalou pokrývností povrchu půdy rostlinami do fáze prodlužovacího růstu v kombinaci se širší roztečí řádků oprávněně považována za nejproblematictější plodinu z hlediska rizika vzniku vodní eroze. Dalším faktorem zásadním způsobem ovlivňujícím vznik erozních událostí je výsev kukuřice seté v pozdním jara, tedy v období, kdy začíná narůstat pravděpodobnost výskytu srážek s vyšší intenzitou za kratší časové období.

V posledních letech ke zvýšení erozních rizik přispívají další faktory, jejichž pravděpodobnost výskytu lze obtížně specifikovat. Významným faktorem zvyšujícím riziko erozních událostí jsou suchá jara. Nedostatek jarní vláhy v sobě zahrnuje dva rizikové faktory. Primárně je samozřejmě suchem negativně ovlivněn vývoj porostů po zasetí, tedy klíčivost semen, vzcházivost rostlin a pozdější vstup do prodlužovací fáze. Mnohdy však větší riziko představuje přesušení horní vrstvy půdy, které vede při intenzivnější srážce k rychlému rozbití půdních agregátů dešťovými kapkami a k jejich nabobtnání v důsledku příjmu vody. Změna objemu půdních agregátů v kombinaci s jejich rozplavením způsobí omezení infiltrace vody z horní povrchové vrstvy půdy do vrstev spodních, a dochází tím ke kumulaci vody na povrchu půdy a k jejímu povrchovému odtoku. Druhým faktorem omezujícím rychlou dynamiku růstu rostlin kukuřice seté jsou chladná jara, mnohdy však v kombinaci se suchem.

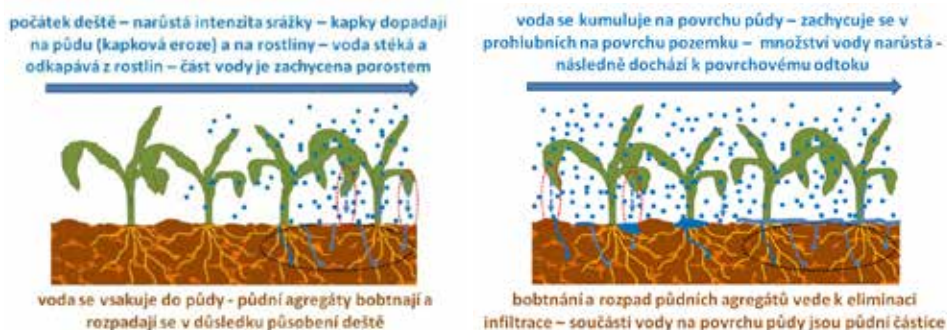
Výrazně opomíjenou skutečností v České republice je větrná eroze. Zde opět biologie kukuřice seté vyžadující pozdní setí vede k prodlužování délky meziporostního období mezi předplodinou a výsevem, čímž narůstá riziko větrné eroze od podzimu do jara. Dlouhé meziporostní období v kombinaci s absencí sněhové pokrývky a přeschlým povrchem půdy v důsledku sucha jsou faktory vytvářející vhodné podmínky pro odnos jemných částic půdy větrem, či pro jejich posun v rámci půdního bloku.

Z hlediska ochranných opatření proti větrné a vodní erozi je potřebné rozlišovat jednotlivé stupně jejich úrovně z hlediska agrotechnických a krajinných opatření. Půdoochranné technologie, představují systém opatření, která systémově pracují s půdními vlastnostmi, které přispívají k eliminaci erozních rizik, ale komplexně zajišťují zachování půdní úrodnosti a potenciálu setrvalého využití půdy. Jejich efektivita je vždy spojena s parametry půdního bloku (velikost, tvar, variabilita nadmořské výšky apod.) v interakci s parametry krajinného prostoru určenými strukturou krajiny.

Významným faktorem ovlivňujícím půdní vlastnosti je struktura půdy. Z hlediska hodnocení zemědělských půd je za optimální považována tzv. drobtovitá struktura půdy, jejímž základem jsou

strukturní částice o velikosti 1 až 10 mm. Nachází-li se půda v tzv. strukturním stavu, pohybuje se pórovitost půdy na úrovni 50 %.

Morgan (2005) uvádí, že základem erozních procesů je kapková eroze, kterou vyvolává přímý dopad kapek deště na povrch půdy nebo odkapávající voda z rostlin. Kapky dopadající na půdní agregáty nacházející se na povrchu půdy je rozbíjejí na jemné půdní částice. Tyto částice přispívají v kombinaci s procesem bobtnání půdních částic přijímajících vodu ke snižování pórovitosti horní vrstvy půdy a k akumulaci vody na jejím povrchu. Uvolněné jemné půdní částice se stávají součástí vody nacházející se na povrchu půdy a mohou být s odtékající vodou následně transportovány (Leguèdois a kol., 2005; van Dijk a kol., 2002). Dopadá-li na půdu větší množství vody, než je schopna přijmout, začíná se voda hromadit na jejím povrchu a dochází k povrchovému odtoku (obr. 33). Povrchový odtok se následně mění na soustředný, jehož důsledkem je rýhová a výmolová eroze půdy.



Obr. 33: Základem erozních procesů je kapková eroze. Následná kumulace vody na povrchu půdy vytváří podmínky pro povrchový odtok vody (Brant a kol., 2016a).

Kapková eroze je závislá na kinetické energii deště, jeho intenzitě, stabilitě půdních agregátů a na rostlinném pokryvu (Quansah, 1981; Sharma a kol., 1991; van Dijk a kol., 1996). Dále závisí na vrstvě vody nacházející se na povrchu (Kinnell, 1991; Richter, 1998) a na přítomnosti kamenů, hrud a rostlinných zbytků na povrchu půdy (Wainwright, 1996; Morgan, 2005). Při dopadu dešťových kapek na povrch půdy dochází rovněž k rozstříku srážkové vody s uvolněnými půdními částicemi. Rozstřík půdy závisí na síle vrstvy vody na povrchu půdy, na šikmosti srážky a na velikosti dešťových kapek. Při šikmém dopadu srážky, či při síle vrstvy vody větší než 3 mm, je úhel rozstříku strmější, při dopadu na tvrdou zem (nepokrytou vodou) je poté plošší (Auerswald, 1998). Opomenout nelze ani skutečnost, že při rozstříku vody při dešti dochází nejen ke znečištění rostlin, ale i k přenosu především původců bakteriálních a houbových chorob z půdy na rostliny. Kinetickou energii dešťových kapek pro rozdílné srážky definované na základě intenzity deště uvádí Auerswald (1998), tabulka 10.

Tab. 10: Kinetická energii dešťových kapek pro rozdílné srážky definované na základě intenzity deště (Auerswald, 1998).

kategorie srážky	intenzita (mm/h)	průměr dešťových kapek (mm)	pádová rychlost (m/s)	kinetická energie kapek (kJ/(m ² / h)
mlha	0,1	0,01	0,003	10 ⁻⁶
mžení	0,2	0,10	0,200	10 ⁻³
mrholení	0,5	1,00	4,200	10 ⁰
slabý déšť	1,0	1,20	4,900	10 ¹
střední déšť	4,0	1,60	5,800	10 ²
silný déšť	15,0	2,10	6,900	10 ³
bouřky	100	3,00	8,400	10 ⁴

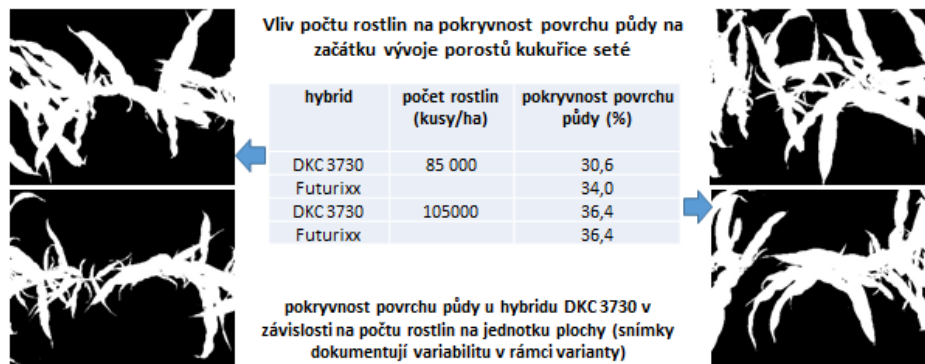
Porostní srážka je výrazně ovlivněna dynamikou vývoje porostů. Tabulka 11 dokumentuje rozdíly v hodnotách rozstříknuté půdy u jarních plodin (ječmen jarní, kukuřice setá a čirok obecný) při dané hodnotě atmosférické srážky v rozdílných růstových fázích porostů. Dalším faktorem je samozřejmě struktura porostu, která je dána roztečí řádků a vzdáleností rostlin v řádku. Navýšení počtu rostlin v řádku nemusí být spojeno s výrazným nárůstem pokryvu půdy listovou plochou při pohledu shora (obr. 34). Mezi základní biometrické parametry porostu kukuřice seté ovlivňující parametry porostní srážky a následně působení kapkové eroze jsou výška porostu a index listové plochy (Davie a Durocher, 1997). Turner a kol. (1999) považují hodnotu LAI za významný faktor pro stanovení vlivu rostlinného pokryvu půdy na půdní úrodnost. Foody (2002) uvádí, že rostlinný pokryv půdy má pozitivní vliv i na kvalitu půdy.

Index listové plochy vycházející z obecně uznávané definice (Watson, 1947) vnímá hodnotu LAI jako kolmý průmět listové plochy vůči povrchu půdy. Tato definice je tedy platná za předpokladu, že se jedná o ploché listy bez ohybů a plošných deformací a vrchní a spodní plocha listu jsou shodné. Tato skutečnost však v reálných podmínkách nenastává. Listy kukuřice během svého vývoje mění nejen úhel postavení na stéble, ale také se v průběhu vývoje rostliny rozdílným způsobem ohýbají. Při procesu vývoje rostliny dochází k ohýbání koncových částí listů směrem od rostliny, v pozdější fázi vývoje se starší listy ohýbají v místě nasazení listu na stéblo a směřují k povrchu půdy. S procesem senescence dochází k poklesu listové plochy i z důvodu odumírání starších listů. Přesto je při určité míře zjednodušení hodnotu LAI pro odhad erozních rizik použít. Obrázek 35 znázorňuje modelově stanovený denní průběh hodnot produkce suché nadzemní biomasy, indexu listové plochy a výšky porostu vycházející z délky rostlin u kukuřice seté. Výpočet vychází z měřených hodnot daných parametrů v roce 2014 na lokalitě Budihostice při rozteči řádků kukuřice seté 0,75 m.

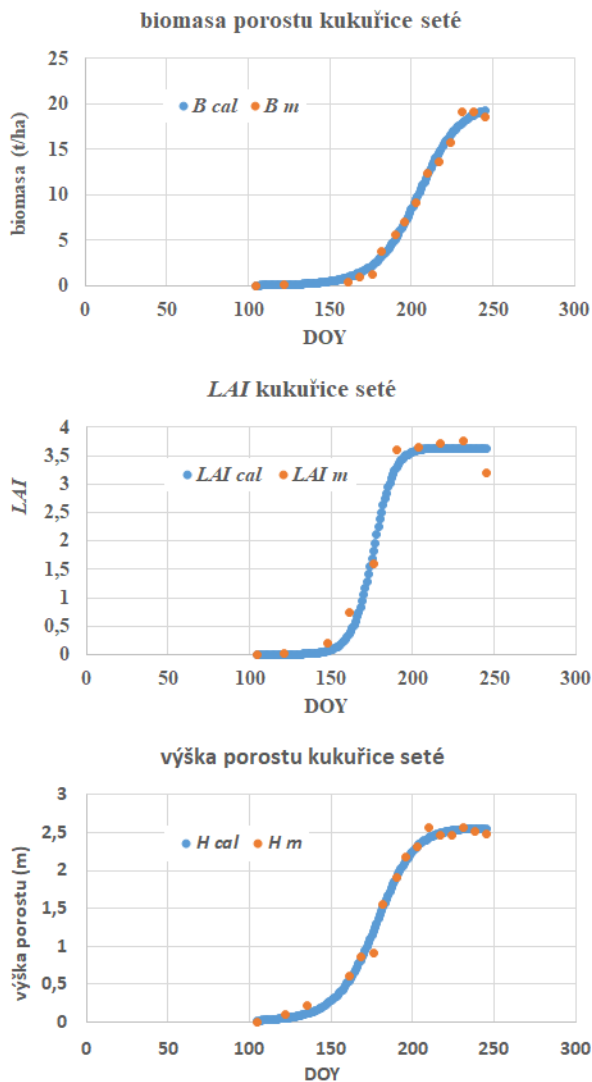
Tab. 11: Průměrné hodnoty kapkové eroze vyjádřené množstvím rozstříknuté půdy (MSR, g/m²) v porostech ječmene jarního, čiroku obecného a kukuřice seté, průměrná výška porostu a suma srážek pro danou hodnotu MSR v roce 2011.

datum	7.6.	9.6.	14.6.	17.6.	22.6.	23.6.	28.6.	4.7.	11.7.	14.7.	18.7.
jarní ječmen (MSR)	33,0	58,9	23,8	8,6	37,9	21,7	30,7	21,3	31,2	39,1	22,6
čirok (MSR)	1684,4	66,1	88,8	510,2	727,4	685,9	56,1	26,1	135,2	33,6	18,4
kukuřice (MSR)	1575,0	115,5	115,4	332,3	644,6	601,5	38,0	30,4	151,0	52,4	25,3
výška porostu/čirok		0,26		0,47		0,61		1,32		1,73	
výška porostu/kukuřice		0,63		1,14		1,47		2,11		2,45	
BBCH/ječmen		59		69		71		75		87	
růstová fáze/čirok		5. list		6. list		začátek prodluž. růstu		prodlužovací růst			
BBCH/kukuřice		17		30		35		53		57	
suma srážky (mm)	19,0	4,5	4,6	6,9	21,1	13,8	2,0	6,7	15,0	2,2	11,4

Hodnota MSR a suma srážek je vždy stanovena pro období od předchozího data stanovení po datum stanovení. Výška porostu a růstová fáze jsou platné k danému datu hodnocení.



Obr. 34: Vliv počtu rostlin na jednotku plochy u kukuřice seté na pokryvnost půdy listovou plochou.



Obr. 35: Grafické znázornění vypočtených denních hodnot B_{cal} (t/ha) a naměřených hodnot B_m (t/ha) produkce suché nadzemní biomasy, vypočtených denních hodnot LAI_{cal} a naměřených hodnot LAI_m a vypočtených denních hodnot výšky porostu H_{cal} (m) a naměřených hodnot H_m (m) u kukuřice seté.

Širší uplatnění různých forem půdo-ochranných technologií zpracování půdy a zakládání porostů umožňují nová konstrukční řešení strojů (Hůla a Procházková, 2008). Díky technickému pokroku, zejména v navigacích strojů a řídicí elektronice, přicházejí stále nové možnosti zakládání porostů a protierozních opatření. Volbou technologií zpracování půdy a setí a využitím možnosti soudobé strojové techniky je možné zčásti omezit nepříznivé účinky intenzivních srážek na půdu.

5. 1. Technologie a půdní vlastnosti

Dopady rozdílných technologických postupů, dlouhodobě uplatňovaných při monokulturním pěstování kukuřice seté na pozemku, jsou primárně spojeny s ovlivněním půdních vlastností a tím i erozních procesů. K hodnocení technologií ve vztahu k vodní erozi bylo využito simulátoru deště.

Erozní události jsou spojeny s výskytem přivalových, erozně nebezpečných, dešťů s nepravidelným výskytem, které lze jen obtížně předvídat. Podle statistik Českého hydrometeorologického ústavu kolísá výskyt těchto dešťů v jedné lokalitě v širokém rozmezí, nejvyšší pravděpodobnost jejich výskytu je v období od května do srpna (Janeček, 2005). Při intenzivních dešťových srážkách má velký význam poměr mezi infiltrací vody do půdy a povrchovým odtokem. Studie odtoku a infiltrace vody do půdy jsou významně limitovány závislostí na přírodních srážkách a dále díky variabilitě v intenzitě dešťových srážek, velikosti kapek a jejich energie dopadu. Naproti tomu simulace srážek umožňuje rychlý a reprodukovatelný sběr dat v laboratoři i v terénu (Miller, 1987; Esteves a kol., 2000). Zkoumání příčin eroze půdy je v přírodních podmínkách v důsledku přítomnosti řady faktorů obtížné. Bez zjednodušení experimentálních podmínek je sledováno chování půdy při posuzování řady faktorů obtížné a ve většině případů nemožné.

Často je tedy nezbytné zavedení simulačních přístupů (Vahabi a Nikkami, 2008) vycházejících z navození umělé a přesně definované srážkové události pomocí simulátorů deště. Simulátory deště jsou hojně využívány při zkoumání srážkoodtokových vztahů a infiltrace vody do půdy. V rámci výzkumných aktivit členů autorského kolektivu byly sledovány erozní procesy na vybraných pozemcích, na kterých byly uplatňovány rozdílné technologie zpracování půdy. Rychlost vsakování vody do půdy a následná vizualizace pohybu vody v půdním profilu byla měřena na pozemku zemědělského podniku, 1. Zemědělské a.s., Višňové. Pozemek vykazoval hlinitou hnědozemní půdu. K dispozici byly tři parcely s rozdílnou intenzitou a hloubkou zpracování. Jednalo se o následující varianty:

- Orba (PL) do hloubky 20 cm, na jaře smykování, před setím zpracování půdy kypřičem Horsch Phantom.
- Zpracování půdy talířovým kypřičem (ST) do hloubky 10 až 12 cm, před setím zpracování půdy kypřičem Horsch Phantom.
- Bez zpracování (NT).

Setí kukuřice bylo provedeno osmiřádkovým secím strojem Kinze s přihnojením pod patu a následným přivalením porostů. Pokusy byly založeny na plochách s monokulturním pěstováním kukuřice na zrno, kde jsou dlouhodobě uplatňovány zmíněné technologie a probíhaly již od roku 2001. Dlouhodobě uplatněné technologie ovlivnily změny ve fyzikálních a biologických vlastnostech půdy na jednotlivých parcelách. Tyto změny měly výrazný vliv na průběh srážkoodtokových vztahů.

5. 1. 1. Obsah organické hmoty v půdě

Z tabulek 12 a 13 můžeme sledovat vliv technologie na zastoupení C_{ox} v půdním profilu při uplatnění rozdílného zpracování půdy. Pokud porovnáme rozdíly v hodnotách C_{ox} pro jednotlivé varianty zpracování půdy a hloubky odběru vidíme, že nejvyšší hodnoty C_{ox} byly pozorovány vždy ve vrchní vrstvě půdy (tab. 12). Zejména mělké kypření (ST) vykazovalo v obou letech statisticky významný rozdíl v podílu C_{ox} ve vrchní vrstvě oproti spodním vrstvám půdy. U orby (PL) statisticky významný rozdíl v hodnotách C_{ox} pro jednotlivé hloubky zjištěn nebyl. Zatímco v roce 2007 nevykazovaly hodnoty C_{ox} u varianty přímého setí (NT) přes klesající tendenci statisticky významné rozdíly, v následujícím roce byly zjištěny vyšší hodnoty C_{ox} pro první dvě hloubky oproti vrstvě nejhlubší. Distribuce organické hmoty je pro minimalizační technologie typické.

Při porovnání technologií mezi sebou, vždy pro jednotlivé vrstvy půdy (tab. 13), vidíme, že v roce 2007 byl významně vyšší hodnoty u variant ST oproti PL a NT. Další rozdíly byly patrné ve vrstvě 0,20 až 0,30 m, kdy byly pozorovány významně nižší hodnoty u variant NT. V roce 2008 nebyly zaznamenány významné rozdíly v hodnotách C_{ox} pro vrchní vrstvu. Významné rozdíly byly pozorovány pro hloubku 0,1 až 0,2 m. a hloubku 0,20 až 0,30 m (obr. 36).

Tab. 12: Vliv technologie zpracování půdy na zastoupení C_{ox} (%) v rozdílných hloubkách. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé roky a technologie zpracování půdy jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

technologie zpracování půdy	hloubka (m)	rok	
		2007	2008
PL	0-0,1	1,38 a	1,92 a
	0,1-0,2	1,31 a	1,84 a
	0,2-0,3	1,43 a	1,66 a
ST	0-0,1	2,23 b	1,93 b
	0,1-0,2	1,43 a	1,31 a
	0,2-0,3	1,33 a	1,17 a
NT	0-0,1	1,40 a	1,66 b
	0,1-0,2	1,19 a	1,49 b
	0,2-0,3	1,08 a	1,21 a

Tab. 13: Vliv technologie zpracování půdy na zastoupení C_{ox} (%) v rozdílných hloubkách. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé roky a hloubku půdního profilu jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

rok	2007			2008		
hloubka (m) / technologie zpracování půdy	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3
PL	1,38 a	1,31 a	1,33 b	1,92 a	1,84 c	1,66 b
ST	2,23 b	1,43 a	1,43 b	1,93 a	1,31 a	1,17 a
NT	1,40 a	1,19 a	1,08 a	1,66 a	1,49 b	1,21 a

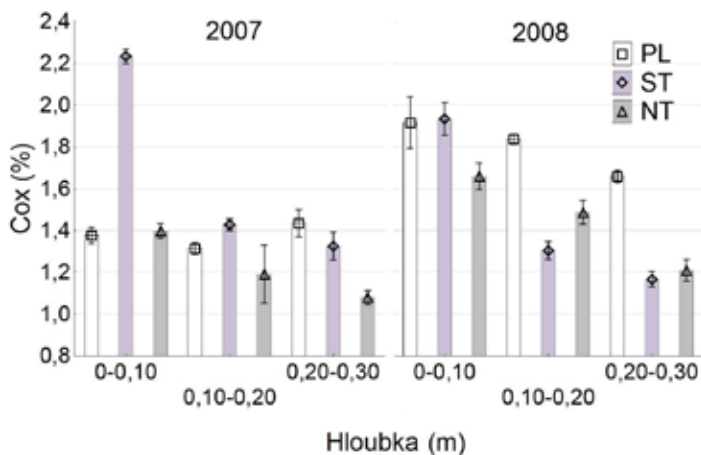
Vliv technologie na rozvrstvení C_{ox} v půdě dokládá také tabulka 14. Hodnoty v tabulce představují poměr mezi hodnotami ve vrchní vrstvě a vrstvě 0,10 až 0,20 m. Významný nárůst hodnot podílů pro variant ST oproti PL a NT v obou letech dokládá vliv zpracování půdy na rozvrstvení C_{ox} v půdním profilu.

Tab. 14: Vliv technologie zpracování půdy na rozvrstvení C_{ox} (%) v půdním profilu. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé roky a technologie zpracování půdy jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

technologie zpracování půdy	rok	
	2007	2008
PL	1,50 a	1,04 a
ST	1,57 b	1,49 b
NT	1,20 a	1,12 a

Tabulky 15 a 16 přináší hodnoty pH půdy pro jednotlivé varianty zpracování půdy a hloubky odběrů. Technologie zpracování půdy zde významně ovlivnila hodnoty pH (tab. 15). Zejména hodnoty pH u varianty s mělkým kypřením vykazují vždy významně nižší hodnoty oproti ostatním variantám zpracování půdy. Mezi orbou a přímým setím byly významné rozdíly pozorovány především v roce 2007.

V rámci variant zpracování půdy byly významně nižší hodnoty pro vrchní vrstvu půdy pozorovány v roce 2007 (tab. 16). V roce 2008 byly významné rozdíly pozorované pouze u variant ST.



Obr. 36: Hodnoty C_{ox} (%) na sledovaných variantách ve dvou sledovaných letech 2007 a 2008. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

Tab. 15.: Vliv technologie zpracování půdy na zastoupení pH v rozdílných hloubkách. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé roky a technologie zpracování půdy jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

rok	2007			2008		
hloubka (m) / technologie zpracování půdy	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3
NT	6,8 c	6,9 c	6,9 c	6,5 b	6,5 b	6,6 c
PL	6,5 b	6,6 b	6,7 b	6,6 b	6,6 b	6,6 b
ST	4,1 a	5,8 a	6,0 a	4,1 a	5,2 a	5,4 a

Tab. 16: Vliv technologie zpracování půdy na zastoupení pH v rozdílných hloubkách. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé roky a hloubku půdního profilu jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

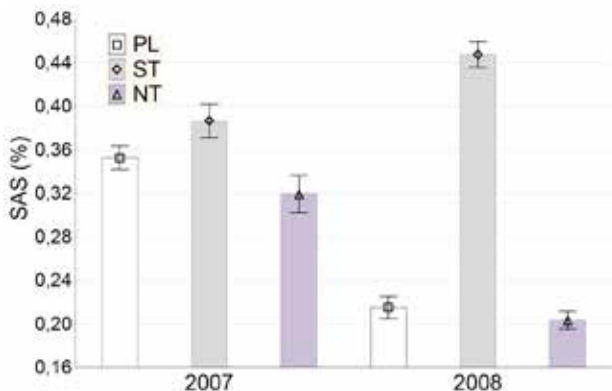
technologie zpracování půdy	hloubka (m)	rok	
		2007	2008
PL	0-0,1	6,5 a	6,6 a
	0,1-0,2	6,6 b	6,6 a
	0,2-0,3	6,7 b	6,6 a
ST	0-0,1	4,1 a	4,1 a
	0,1-0,2	5,8 b	5,2 b
	0,2-0,3	6,0 c	5,4 c
NT	0-0,1	6,8 a	6,5 a
	0,1-0,2	6,9 b	6,5 a
	0,2-0,3	6,9 b	6,6 a

5. 1. 2. Fyzikální vlastnosti půdy

Tabulka 17 a obrázek 37 ukazují rozdíly v hodnotách stability půdních agregátů ve vrchní vrstvě půdy. Nejvyšší podíl stabilních agregátů byl pozorován v obou případech na kypřené variantě (ST). Významně vyšší hodnoty byly pozorovány v roce 2008.

Tab. 17: Dlouhodobý efekt zpracování půdy na stabilitu půdních agregátů (SAS) v hloubce 0 až 0,10 m. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé roky a technologie zpracování půdy jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

technologie zpracování půdy	2007	2008
PL	0,35 ab	0,22 a
ST	0,39 b	0,45 b
NT	0,32 ca	0,20 a

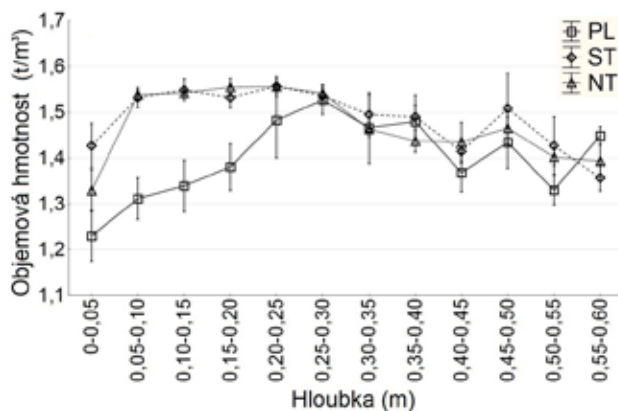


Obr. 37: Stabilita půdních agregátů pro rozdílné technologie zpracování půdy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé seti.

Hodnoty objemové hmotnosti (tab. 18) vykazaly významné rozdíly na orané variantě oproti kypření a přímému seti. Tyto rozdíly platily pouze pro vrstvy do hloubky 0,20 m. S hlubšími vrstvami již významné rozdíly patrné nebyly. Hodnoty orby se s hloubkou orby vyrovnaly ostatním variantám (obr. 38).

Tab. 18: Dlouhodobý efekt zpracování půdy na objemovou hmotnost půdy (t/m^3) v jednotlivých hloubkách. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé hloubky půdního profilu jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé seti.

technologie zpracování půdy / hloubka (m)	PL	ST	NT
0-0,05	1,23 a	1,43 b	1,33 ab
0,05-0,10	1,31 a	1,53 b	1,54 b
0,10-0,15	1,34 a	1,55 b	1,54 b
0,15-0,20	1,38 a	1,53 a	1,55 a
0,20-0,25	1,48 a	1,56 a	1,56 a
0,25-0,30	1,53 a	1,54 a	1,54 a
0,30-0,35	1,47 a	1,49 a	1,46 a
0,35-0,40	1,48 a	1,49 a	1,44 a
0,40-0,45	1,37 a	1,41 a	1,43 a
0,45-0,50	1,43 a	1,51 a	1,47 a
0,50-0,55	1,33 a	1,43 a	1,40 a
0,55-0,60	1,45 a	1,36 a	1,39 a

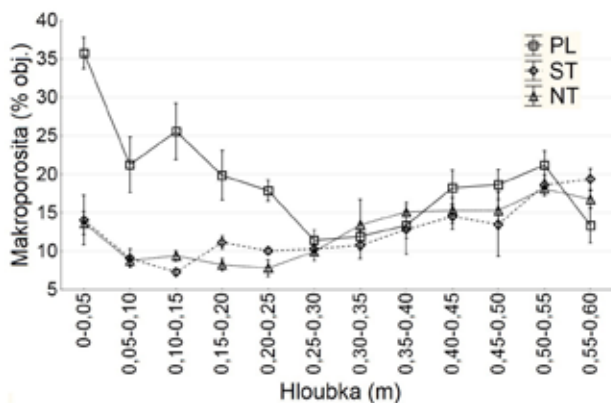


Obr. 38: Objemová hmotnost půdy ovlivněná technologií zpracování půdy. Úsečky vyznačují interval ± 1 standardní chyby. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé seti.

Výsledky hodnocení makroporosity (tab. 19) vykazují významně vyšší hodnoty na orané variantě. K vyrovnání hodnoty došlo opět s dosažením hloubky 0,25 m (obr. 39).

Tab. 19: Dlouhodobý efekt zpracování půdy na makroporositu (% obj.) v jednotlivých hloubkách. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé hloubky půdního profilu jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé seti.

technologie zpracování půdy / hloubka (m)	PL	ST	NT
0-0,05	35,7 a	14,0 b	13,7 b
0,05-0,10	21,2 a	9,1 b	8,8 b
0,10-0,15	25,6 a	7,3 b	9,4 b
0,15-0,20	19,9 a	11,1 b	8,3 b
0,20-0,25	17,9 a	10,0 b	7,8 b
0,25-0,30	11,4 a	10,3 a	9,9 a
0,30-0,35	11,9 a	10,8 a	13,4 a
0,35-0,40	13,3 a	12,8 a	15,1 a
0,40-0,45	18,3 a	14,5 a	15,3 a
0,45-0,50	18,6 a	13,5 a	15,3 a
0,50-0,55	21,2 a	18,6 a	18,1 a
0,55-0,60	13,3 a	19,4 a	16,7 a



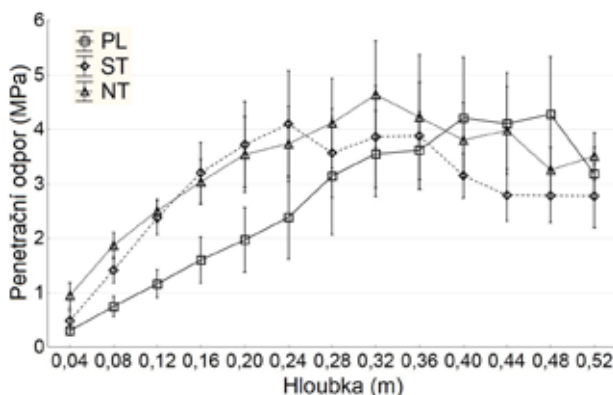
Obr. 39: Makroporosita půdy ovlivněná technologií zpracování půdy. Úsečky vyznačují interval ± 1 standardní chyby. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

Hodnoty penetračního odporu nevykazovaly významné rozdíly mezi variantami zpracování půdy (tab. 20). U orby byl pozorován nižší hodnoty ve zpracovávaném profilu půdy (obr. 40), rozdíly však nebyly shledány jako významné.

Tab. 20: Dlouhodobý efekt zpracování půdy na penetrační odpor (MPa) v jednotlivých hloubkách. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

hloubka (m)	technologie zpracování půdy			významné rozdíly*
	PL	ST	NT	
0,04	0,30	0,48	0,94	ns
0,08	0,74	1,41	1,86	ns
0,12	1,16	2,37	2,50	ns
0,16	1,59	3,20	3,03	ns
0,2	1,97	3,71	3,54	ns
0,24	2,38	4,09	3,73	ns
0,28	3,14	3,56	4,11	ns
0,32	3,55	3,86	4,64	ns
0,36	3,61	3,88	4,22	ns
0,4	4,20	3,14	3,80	ns
0,44	4,10	2,79	3,98	ns
0,48	4,27	2,78	3,25	ns
0,52	3,18	2,77	3,50	ns

*(ns statisticky neprůkazný rozdíl)



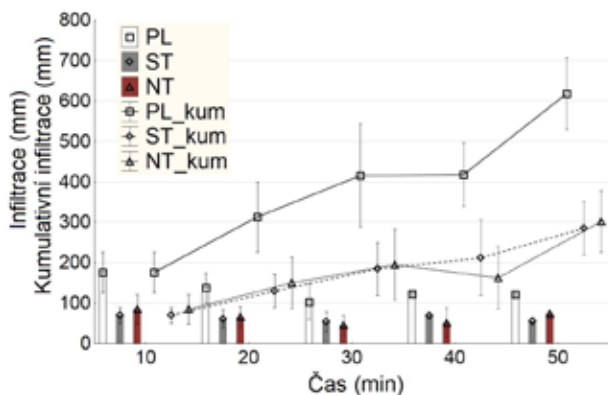
Obr. 40: Penetrační odpor půdy ovlivněný technologií zpracování půdy. Úsečky vyznačují interval ± 1 standardní chyby. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé seti.

5. 1. 3. Infiltrační procesy

Výsledky měření infiltrace pomocí kruhových infiltrometrů přináší tabulka 21. Obrázek 41 rovněž dokládá hodnoty kumulativní infiltrace, kde je patrný stálý růst hodnot. Nejvyšší infiltrační kapacitu z hodnocených variant vykazovala plocha oraná. Varianty kypřené a přímo oseté vykazovaly podobný průběh rychlosti infiltrace a kumulativní infiltrace. Významně vyšší hodnoty infiltrace byly shledány pouze u orby za první časový úsek měření.

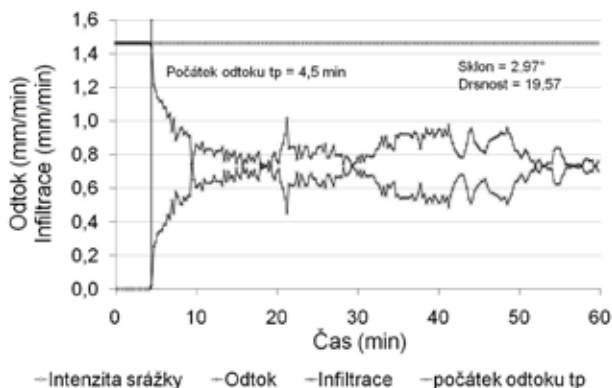
Tab. 21: Vliv dlouhodobého uplatňování technologie zpracování půdy na infiltraci vody do půdy (mm) pro tři technologie zpracování půdy. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé časy měření infiltrace jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé seti.

čas (min)	technologie zpracování půdy		
	PI	ST	NT
10	175,6 a	69,6 b	84,3 b
20	136,9 a	60,3 a	65,3 a
30	132,9 a	70,6 a	57,7 a
40	133,2 a	73,7 a	58,0 a
50	121,4 a	55,2 a	72,6 a

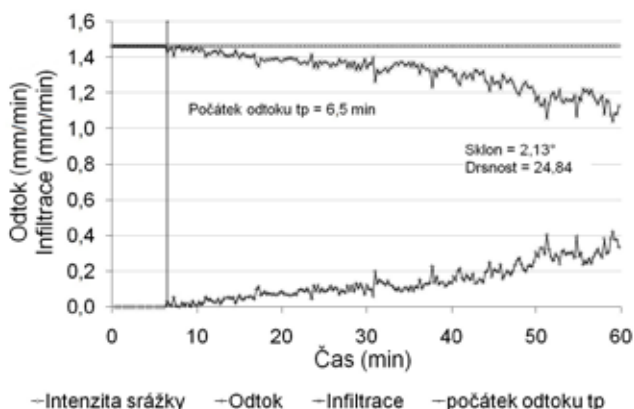


Obr. 41 Dlouhodobý efekt zpracování půdy na kumulativní infiltraci (mm) na jednotlivých variantách pro intervaly 10 min. Úsečky vyznačují interval ± 1 standardní chyby. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

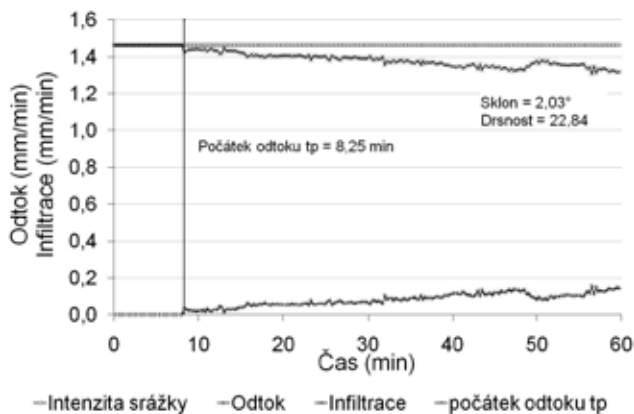
Obrázky 42 až 44 přináší přehled průběhu hodnot infiltrace, odtoku a počátku odtoku pro jednotlivé varianty zpracování půdy v roce 2008. Z průběhu hodnot byly postupně odečítány počátku odtoku hodnoty infiltrace a odtoku po 5, 30 a 60 minutách zadešťování. Z vody, která otekla během srážky, bylo dále stanoveno množství splavené zeminy. Zaznamenané hodnoty byly využity v následné statistické analýze. Z grafu jsou patrné rozdíly v počátcích odtoku vody ze sledované plochy a rovněž rozdíl v průběhu rychlosti infiltrace.



Obr. 42 Odtok vody a infiltrace vody do půdy při simulované srážce 87,8 mm/h. Měřeno na orané variantě.



Obr. 43: Odtok vody a infiltrace vody do půdy při simulované srážce 87,8 mm/h. Měřeno na variantě mělkého kypření.



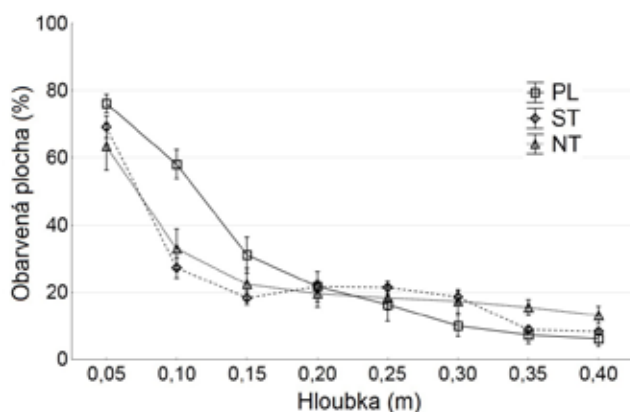
Obr. 44: Odtok vody a infiltrace vody do půdy při simulované srážce 87,8 mm/h. Měřeno na variantě bez zpracování půdy.

Vizualizace proudění vody v půdě je zachycena na obrázku 45 a popspána v tabulce 22. Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u orby, kde intenzivně zpracováváný profil půdy pojmul vyšší množství vody v porovnání s ostatními způsoby zpracování půdy. Zastoupení modré barvy se s hloubkou měření snižovalo, nejvíce právě pro orbu. Z obrázku 46a je možné pozorovat vliv utužené vrstvy podorníčí, které bránilo dalšímu intenzivnějšímu zasakování. U variant s menší

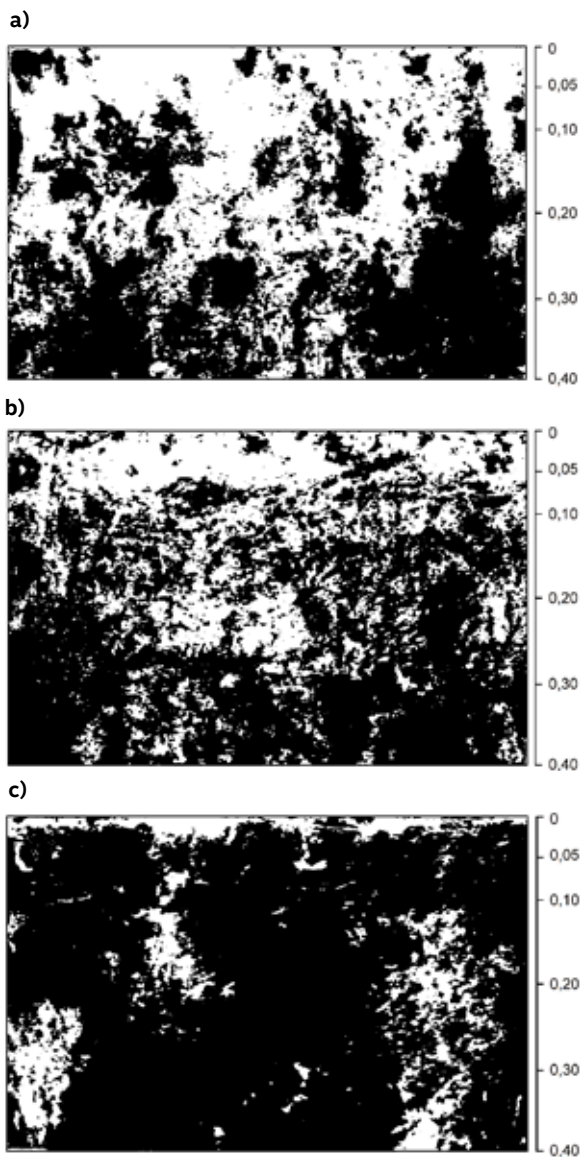
intenzitou a hloubkou zpracování půdy bylo zastoupení modré barvy výrazně ovlivněno hloubkou zpracování půdy. Z obrázku 46b si můžeme povšimnout stálého vlivu zhuťnělého podorníčí na průběh vsakování a navíc přibyla kompaktnější vrstvy půdy v hloubce mělkého zpracování. Pro variantu přímé setí byly typické trhliny a makropóry, které vytvářely souvislé preferenční cesty (obr. 46c).

Tab. 22: Dlouhodobý efekt zpracování půdy na charakter infiltrace (%) v jednotlivých hloubkách. Statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro jednotlivé hloubky půdního profilu jsou označeny rozdílnými indexy. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.

hloubka (m)	technologie zpracování půdy		
	PL	ST	NT
0-0,05	76,2 ab	69,2 bc	63,4 c
0,05-0,10	58,1 a	27,2 b	33,0 b
0,10-0,15	31,1 a	18,3 bc	22,4 a
0,15-0,20	21,7 a	21,7 a	19,6 a
0,20-0,25	16,3 a	21,4 a	18,3 a
0,25-0,30	10,0 a	18,5 a	17,2 a
0,30-0,35	7,3 a	8,9 a	15,4 a
0,35-0,40	6,2 a	8,3 a	13,1 a



Obr. 45: Charakter průsaku vody do půdního profilu, vyjádřený poměrem obarveného a neobarveného profilu půdy. Úsečky vyznačují interval ± 1 standardní chyby. PL – orba, ST – mělké kypření a NT – přímé setí.



Obr. 46: Vertikální profily půdy kde je patrný charakter průsaku obarvené vody. Bílá barva představuje vodu, černá barva představuje půdu: (a) orba (PL); (b) mělké kypření (ST); (c) přímé setí (NT).

Byla představena série výsledků, které prezentují výstupy z měření infikace vody do půdy a změny fyzikálních a biologických vlastností půdy vlivem technologie zpracování půdy. Výsledky infiltrace modré barvy v případě mělkého zpracování půdy poukazují na výrazně nasycený profil v hloubce zpracování s následným významným poklesem zastoupení modré barvy. *Baumhard a Jones (2002)* poukázali na utužování půdy pod pracovními nástroji kypřiče podobně jako je tomu v případě orby. Vytvořená vrstva potom brání průsaku vody, voda neprotéká rovnoměrně, ale hledala přednostní cestu k odtoku. Při hodnocení varianty přímého setí napříč celým profilem, vykazuje modrá barva pravidelnější zastoupení. Příčinou tohoto pravidelného odtoku byly zřejmě spojitě makropóry. V případě orby bylo sledáno nasycení oraného profilu. Ustálení odtoku vody nastal v hloubce okolo 0,25 až 0,30 m. Tento pokles byl pravděpodobně způsoben hloubkou orby a výskytem utužené vrstvy v této hloubce.

Homogenní vrstva s horizontální strukturou vznikla při klasickém zpracování půdy, vertikální struktura potom při redukovaném zpracování. Tyto stavy se potom přímo odráží v rychlosti infiltrace, vyplavování živin a erozi. Podle některých autorů nabízí redukované zpracování půdy zvýšení kapacity vodivosti a infiltrace a redukcí povrchového odtoku a rizika eroze. Například *Shipitalo a kol. (2000)* uvádějí, že konzervační technologie může redukovat povrchový odtok a zvyšuje infiltraci. Na druhou stranu však vyvstává obava, že upřednostňování odtoku velkými porý způsobuje odtok nitrátů a postřikových látek do spodních vod.

Zajímavé výsledky a konfrontaci přineslo porovnání zátopové infiltrace pomocí kruhových infiltrometrů a infiltrace při simulované srážce. V prvním případě vykazala orba výraznou infiltrační kapacitu zpracovávaného profilu a výrazně se lišila od zbylých variant. V případě simulované srážky naopak došlo k brzkému počátku odtoku z parcely a infiltrace výrazně klesala na úkor odtoku. Je patrné, jak významným faktorem je strukturní stav půdy, především povrchu půdy, kam kapky dopadají a rovněž přítomnost rostlinných zbytků, případně krycího porostu.

5. 1. 4. Infiltrace vody do půdy na promrzlé půdě

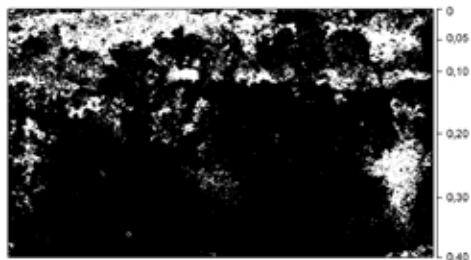
Významný je také problém odtoku vody a eroze v období, kdy na zmrzlý povrch dopadá déšť nebo tající sněh. Riziko v tomto období je vysoké zejména na dlouhých svazích, protože povrch půdy pokrývá minimum rostlinných zbytků, případně rostlin a infiltrace vody do půdy je velice nízká (*Schillinger, 2001*). Na obrázku 47 je dobře patrný rozdíl při odtávání sněhu na rozdílně zpracovaných částech pozemku. V tomto případě se jedná o výsledky měření z pozemků, které obhospodařuje ZD Klapý (okres Litoměřice).



Obr. 47: Rozdíly v odtávání sněhu. Pokusné pozemky Klapý. Varianty s orbou a pozemkem s mělkým kypřením zaoraným pozemkem (foto Kroulík).

Na pozemku převládala těžká jílovitá půda, půdního typu černozem karbonátová. Půda byla ponechána v hrubé brázdě, resp. nakypřená po podzimním zpracování půdy, před předseťovou přípravou a setím kukuřice. Pořízené snímky demonstrují průběh infiltrace v termínu na počátku jara, kdy povrch půdy byl již rozmrzlý, ale od hloubky 0,05 m až 0,1 m byla půda stále promrzlá. Je zde nepřímo patrný vliv intenzity zpracování půdy na prohřívání půdy. *Alvi a Chen (2003)* upozorňují na problém zvýšeného rizika povrchového odtoku vody a eroze během uvedeného období. I když může být infiltrační schopnost půdy větší než intenzita srážek, během zimy se vytvoří promrzlá vrstva, která infiltraci vody brání. Přítomnost promrzlé vrstvy je patrná z obou obrázků. Přesto se zoraná půda rychleji prohřívala a dokázala zadržet více vody. Docházelo i k průsaku do větších hloubek (obr. 48a). Mělké kypření radličkovým kypřičem do hloubky 0,14 m dovolilo nasycení pouze vrchní vrstvy půdy (obr. 48b). Z obrázku je patrný pokles v zastoupení modré barvy na nulové hodnoty.

a)



b)



Obr. 48: Vertikální profily půdy, kde byl sledován charakter průsaku vody. (a) orba ; (b) mělké kypření.

6. PÁSOVÉ ZPRACOVÁNÍ PŮDY – KONVENČNÍ TVORBA PÁSŮ

Za důvod vzniku pásového zpracování půdy (strip till) je považována optimalizace systémů setí do nezpracované půdy a velmi mělkého zpracování půdy v Severní Americe. Tak jako všechny technologie zpracování půdy, i systémy přímého setí či mělkého zpracování půdy jsou spojeny s určitými omezeními. Jedná se zejména o postupný nárůst utužení půdy, pomalé ohřívání půdy na jaře, snížení optimální teploty půdy pro růst kořenového systému u teplomilnějších plodin během vegetace, okyselení horní vrstvy půdy a snížení možností intenzifikace výroby, především efektivitu využití hnojiv.

Za hlavní výhody pásového zpracování půdy jsou považovány (např. *Sundermeier a Reeder, 2006; Hermann a kol., 2012*):

- Ochrana půdy v důsledku ponechání rostlinných zbytků v meziřádcích (eliminace erozních procesů) a omezení vodního stresu při hlubším zpracování půdy ve srovnání se systémy celoplošného hlubšího zpracování půdy.
- Zlepšení půdních podmínek pro vývoj rostlin v řádcích (vyšší teplota a kvalitněji připravené seťové lůžko) oproti technologiím setí do nezpracované půdy.
- Uložení hnojiv do blízkosti kořenů, což umožňuje i snížení jejich množství (vyšší efektivita využití hnojiv) a možnost cíleného ovlivnění rozvoje kořenového systému rostliny.
- Vhodnější podmínky pro výsev, spočívající v časnějším termínu setí a v nižších požadavcích na startovací dávky hnojiv ve srovnání s technologiemi mělkého zpracování a setí do nezpracované půdy.

Jako významná přednost pásového kypření, ve srovnání s technologiemi zpracovávajícími celý povrch pozemku (orba a hlubší kypření bez obracení půdy), je zvýšení zásoby vody v půdě v důsledku nezpracování půdy mezi řádky plodiny a snížení evaporace z důvodu pokrytí meziřádků rostlinnými zbytky. Efekt eliminace výparu z půdy je vždy závislý na množství rostlinných zbytků na povrchu půdy. Prokázán byl rovněž vliv technologií pásového zpracování půdy na snížení produkce CO₂ na jednotku plochy ve srovnání s celoplošnými systémy zpracování půdy (*Nowatzki a kol., 2011*). Uplatnění pásového zpracování půdy jednoznačně vede, oproti konvenčním technologiím, k celkovému poklesu spotřeby pohonných hmot na jednotku plochy, a tím ke snížení energetických a ekonomických vstupů.

6. 1. Pásové zpracování půdy v Evropě

Zásadním rozdílem evropského zemědělství ve srovnání s americkým je podle *Branta a kol. (2016d)* téměř nulové využití systémů setí do nezpracované půdy a celoplošné uplatňování vysoké intenzity výroby. Intenzifikace výroby je jednoznačně spojena s pravidelným celoplošným zpracováním půdy a intenzivním hnojením. Z tohoto důvodu je pásové zpracování půdy v Evropě srovnáváno s technologiemi využívajícími pravidelné zpracování půdy, především orby nebo hlubšího či mělčího kypření. Při tomto srovnání se samozřejmě nemůže výrazně projevit pozitivní vliv pásového zpracování půdy na teplotu půdy ve vztahu k rozvoji kořenového systému, který je popisován při srovnání s technologiemi dlouhodobého uplatňování setí do nezpracované půdy. K urychlení termínu výsevu, ke kterému dochází ve srovnání s technologiemi setí do nezpracované půdy, nemůže tedy tento systém ve srovnání s orbou a kypřením rovněž přispět.

U kukuřice seté se jednoznačně jedná o eliminaci erozních procesů (vodní a větrná eroze). Dále jde o snížení rizika nedostatku vody během vegetace, kdy tyto systémy vykazují v sušších podmínkách pozitivnější vliv na výši výnosu, než systémy celoplošného zpracování půdy. Zde je však potřebné podotknout, že i v aridních oblastech střední Evropy se vyskytují roky na srážky bohaté, ve kterých naopak vykazují vyšší výnosy porosty založené konvenčními technologiemi s hlubším celoplošným zpracováním půdy. Významnou roli zde hraje i možnost zonálního hnojení při základním zpracování půdy. Jeho cílem je ukládání požadovaných forem hnojiv do jednotlivých vrstev půdy za účelem zvýšení efektivity využití dodaných živin a snížení jejich spotřeby na jednotku plochy.

Opomenout nelze ani ekonomické důvody, kdy technologie umožňuje snížení nákladů na základě menšího počtu pracovních operací ve srovnání se systémy celoplošného kypření a umožňuje založení porostů bez předseťové přípravy.

Nejširší rozvoj pásového zpracování půdy lze v podmínkách České republiky spatřovat především u kukuřice seté, který vychází z následujících skutečností:

- Přirozená potřeba eliminace erozních procesů (větrná a vodní eroze), včetně zpřísnování evropské a státní legislativy za účelem eliminace degradace půdy.
- Reakce na sucho a hledání technologií zajišťujících zvýšení efektivity využití vody.
- Využitelnost technologie a strojů potřebných pro její provedení také pro pěstování jiných plodin (ozimá řepka, slunečnice roční, čiroky, cukrová řepa a sója luštěinatá), včetně využití rozdílné rozteče kypřených pásů.
- Kombinovatelnost technologie se systémy celoplošného ozelenění půdy a možnost využití systémů pracujících s pomocnými plodinami.
- Využití technologie pro aplikaci kapalných organických hnojiv do půdy zapravením se současným provedením zpracování půdy v pásích.

- Možnost založení porostů jednou pracovní operací spočívající v nakypření pásů půdy, uložení hnojiv, výsevu kukuřice seté a provedení zonální aplikace herbicidu pouze na řádek vyseté plodiny.
- Opomenout nelze ani uplatnění principů precizního zemědělství v technologii, zejména z hlediska omezení zhutnění půdy, optimalizace trajektorií pracovních souprav a uplatnění systémů variabilního zonálního hnojení a variabilního setí.

V současné době jsou v podmínkách České republiky uplatňovány rozdílné modifikace této technologie. Primárně se jedná o tzv. intenzivní strip till, kdy je před provedením pásového zpracování provedeno celoplošné mělké kypření povrchu pozemku. Poté následuje bio-strip till spočívající v provedení pásového kypření na podzim nebo na jaře do živé, vymrzlé či umrtvené meziplodiny. Významným způsobem narůstá využití systémů pásového zpracování půdy, tzv. systémy založení pomocí jednoho přejezdu, které zajišťují kombinaci pásového zpracování, zonálního hnojení (aplikace pevných či kapalných minerálních hnojiv) a setí kukuřice pomocí jednoho přejezdu (obr. 49), případně v kombinaci s pásovou aplikací herbicidu na řádek vyseté plodiny. Pásové zpracování půdy se výrazně uplatňuje i při zakládání kukuřice seté do strniště ozimých mezipločin pro produkce biomasy v bioplynových stanicích (obr. 50).



Obr. 49: Významným způsobem narůstá využití systémů pásového zpracování půdy, tzv. systémy založení pomocí jednoho přejezdu (foto Nečada).



Obr. 50: Pásové zpracování půdy se výrazně uplatňuje i při zakládání kukuřice seté do strniště ozimých meziplodin pro produkce biomasy v bioplynových stanicích (foto Brant).

6. 2. Princip technologie

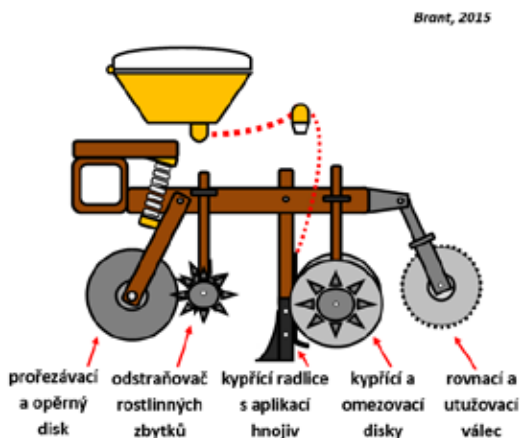
Technologie pásového zpracování půdy představuje zpracování půdy v pruzích ve směru řádků následně vysévané plodiny (obr. 51). Plošný podíl zpracované půdy při využití širší rozteče řádků (0,7 m a více) nepřesahuje většinou více než jednu čtvrtinu povrchu pozemku. Podíl zpracované plochy z celkové plochy pozemku je samozřejmě závislý na rozteči řádků, která se může pohybovat v rozmezí 0,4 m až 0,9 m, a na šíři kypřeného pásu. Jeho šířka se odvíjí od stavu povrchu půdy a orničního profilu, od pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky a jejich množství a rozměrů, od druhu plodiny, konstrukce mechanizačního prostředku apod. Šířka kypřeného pásu se může pohybovat v rozmezí 0,15 a 0,4 m.



Obr. 51: Stav povrchu pozemku po provedení pásového kypření do sklizeného porostu žita setého (foto Brant).

Při zpracování půdy dochází nejdříve k jejímu rozříznutí pomocí prořezávacího disku, který se zároveň podílí na vedení stroje a dle konstrukce může sloužit i jako disk opěrný (obr. 52). Případně je plochý prořezávací disk (kotouč) doplněn opěrnými koly. Poté jsou odstraněny rostlinné zbytky z povrchu zpracovávaného pásu pomocí odhrnovačů rostlinných zbytků – čistící paprskové kotouče různé konstrukce. Následně je půda kypřena dlátem nebo radlicí.

Součástí kypřícího nástroje může být aplikátor tekutých nebo pevných hnojiv. Za kypřícím nástrojem jsou umístěny převážně zvlněné kotouče, jejichž cílem je zamezení rozptýlu půdy mimo zpracovávaný pás a nakypření půdy v horní vrstvě pásu. Na konci sekce je umístěno zařízení pro urovnění a utužení horní vrstvy půdy. Pro pásové zpracování půdy ke kukuřici seté lze dnes využít rozdílná technická řešení umožňující pásové zpracování půdy (obr. 53), včetně systémů frézového výsevu, který je popsán v samostatné kapitole.



Obr. 52: Rozmístění pracovních nástrojů u strojů pro klasické pásové zpracování půdy (Brant a kol., 2015e).

Technické konstrukce použitelné pro pásové zpracování půdy u kukuřice seté



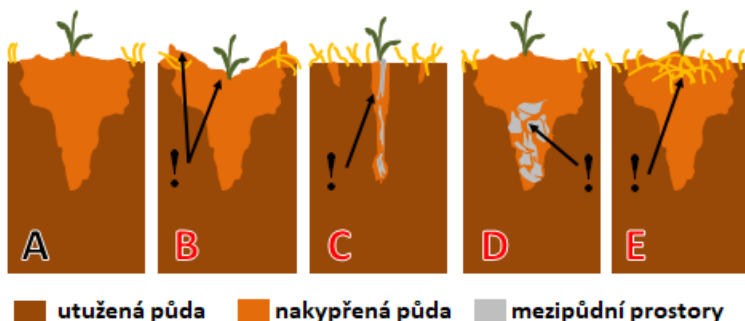
Obr. 53: Pro pásové zpracování půdy ke kukuřici seté lze dnes využít rozdílná technická řešení umožňující pásové zpracování půdy.

6.3. Agrotechnické požadavky

U pásového zpracování nelze zapomenout na skutečnost, že kvalita práce strojů je ve srovnání s pluhem výrazněji, obdobně jako u kypřičů, závislá na půdních podmínkách (Brant a kol., 2016d). Obrázek 54 dokumentuje požadovaný stav kypřeného pásu (A) po provedení kypření ve srovnání s nevhodnými způsoby zpracování půdy. Při pásovém kypření by kypřicí radlicí nakypřená a vyzvednutá půda měla být vrácena zpět do zpracovaného řádku. Přepadávání půdy přes kypřicí kotouče nebo její vyhazování mimo zachytnou plochu kypřicího kotouče jednoznačně signalizuje špatné seřízení stroje. Nevhodně nastavený úhel kypřících kotoučů, příliš velká pracovní hloubka, či velká vzdálenost kypřících kotoučů od slupice radličky vede k rozhozu zeminy mimo kypřený pás. V důsledku toho vzniká ve středu pásu propadlý žlábek (obr. 54B), který může následně zvyšovat odtok vody z pozemku a zároveň negativně ovlivňuje práci secího stroje. Překrytí rostlinných zbytků v meziřádku rozhozenou půdou dále přispívá ke zvýšenému riziku odnosu zeminy a snižuje půdoochranný efekt mulče, včetně rozvoje plevelů. Na těžkých půdách zpracovávaných při vysoké půdní vlhkosti hrozí riziko pouhého proříznutí půdy, bez efektu prokypření (obr. 54C).

Nevhodné půdní podmínky mohou být také spojeny s tvorbou velkých půdních částic (hrud), a tím i mezipůdních prostor vyplněných vzduchem ve spodních vrstvách půdy, které následně negativně ovlivní vývoj rostlin (obr. 54D). Toto riziko je opět typické pro těžší půdy, ale i pro půdy střední, jsou-li zpracovávány na jaře a půdní profil není dostatečně vyschlý. Především při jarním pásovém kypření je potřebné věnovat dostatečnou pozornost zpětnému utužení kypřeného pásu. Důležitou roli hraje správné nastavení odhrnovačů posklizňových zbytků, aby nedocházelo k akumulaci organické hmoty v kypřeném řádku (obr. 54E).

Brant, 2015



Obr. 54: Požadovaný stav pozemku (A) po provedení kypření ve srovnání s nevhodným způsobem: B – tvorba propadlého povrchu řádku, C – nedokonalé prokypření vlhké půdy, D – tvorba hrud a následné špatné slehnutí půdy, E – akumulace rostlinných zbytků v místě výsevu) - Brant a kol. (2015e).

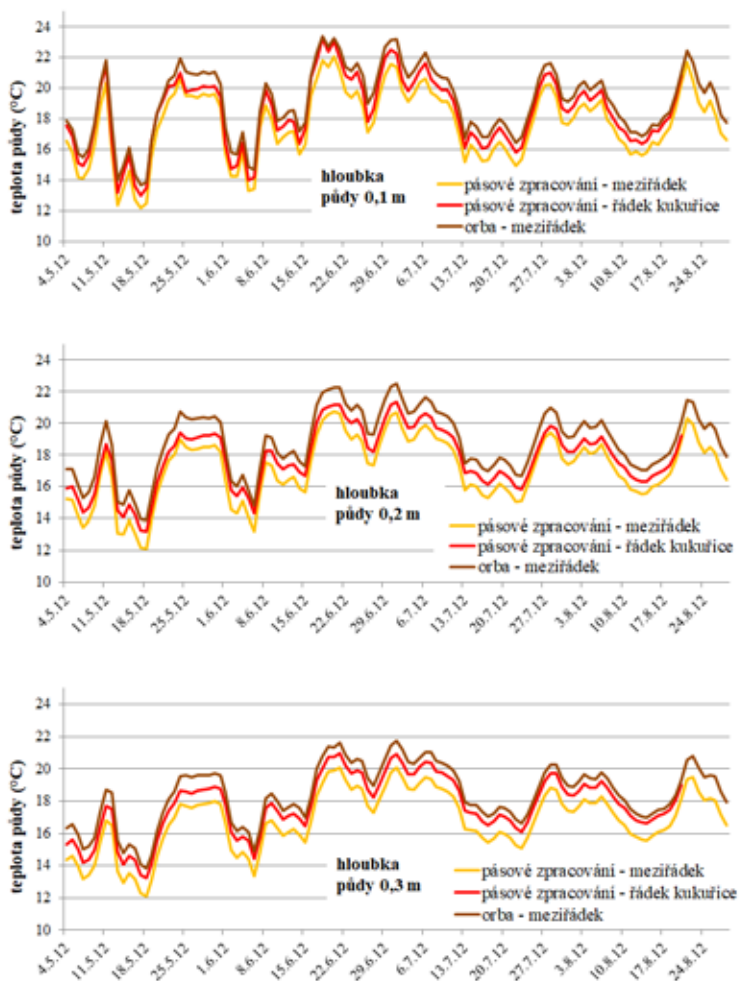
Zásadní roli z hlediska kvality práce kypřičů a následného vývoje rostlin je potřebné veškeré kolejové stopy tažných prostředků a dalších strojů pohybujících se před provedením a při provedení pásového zpracování půdy směřovat do budoucího meziřádku rostlin kukuřice. Technologie na základě optimalizace trajektorií jízdy pracovních souprav a na základě snížení počtu přejezdů po půdním bloku zásadním způsobem přispívá k eliminaci zhuštění půdy. Technologii lze efektivně spojit i se systémy ozelenění okrajů pozemků, kde probíhá otáčení techniky a nedochází tak k poškozování rostlin při otáčení souprav, ale umožňuje i tvorbu soustředných kolejových stop za účelem omezení zhuštění pozemku (obr. 55).



Obr. 55: 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).

6. 4. Vliv technologie na teplotu a vodu v půdě

Pozitivní vliv pásového zpracování půdy na ohřev půdy po výsevu kukuřice seté lze očekávat i v podmínkách České republiky, především ve srovnání se systémy setí do nezpracované půdy, se systémy mělkého kypření a s jednoznačně ve srovnání s technologiemi setí do živého, či mrtvého, mulče meziplodiny a předplodiny. Ve srovnání s oranými pozemky v podmínkách České republiky není jednoznačně pozitivní efekt pásového zpracování půdy na teplotu půdy prokázán. Obrázek 56 dokumentuje rozdíly v teplotě půdy na technologii pásového kypření a na oraném pozemku na lehčí půdě v porostech silážní kukuřice (Brant a kol., 2013). Na pozemku, kde měření probíhala, byla dle potřeby dříve uplatňována jak orba, tak kypření půdy, tj. půda byla pravidelně zpracovávána. Proto rozdíly mezi hodnotami teploty půdy mezi variantami, zejména mezi orbou a teplotou půdy v nakypřeném pásu, nejsou výrazné. Průměrné hodnoty teploty půdy za celé období vegetace byly na orané ploše ve srovnání s průměrnou teplotou půdy měřenou ve středu kypřeného pásu v hloubce 0,1 m vyšší o 0,6 °C, v hloubce 0,2 m o 0,9 °C a v 0,3 m o 0,6 °C. Vůči teplotě v nekypřené půdě (meziřádek) vyšší o 1,4 °C v hloubce 0,1 m, o 1,7 °C v 0,2 m a o 1,6 °C v hloubce 0,3 m. Brant a kol. (2016d) rovněž uvádějí, že provedení pásového kypření přispělo ke zvýšení teploty půdy v nakypřeném pásu až do hloubky 0,2 m ve srovnání s teplotou nakypřeného meziřádku a především ve srovnání s kontrolní plochou, kterou představovalo mělké kypření do hloubky 0,12 m.

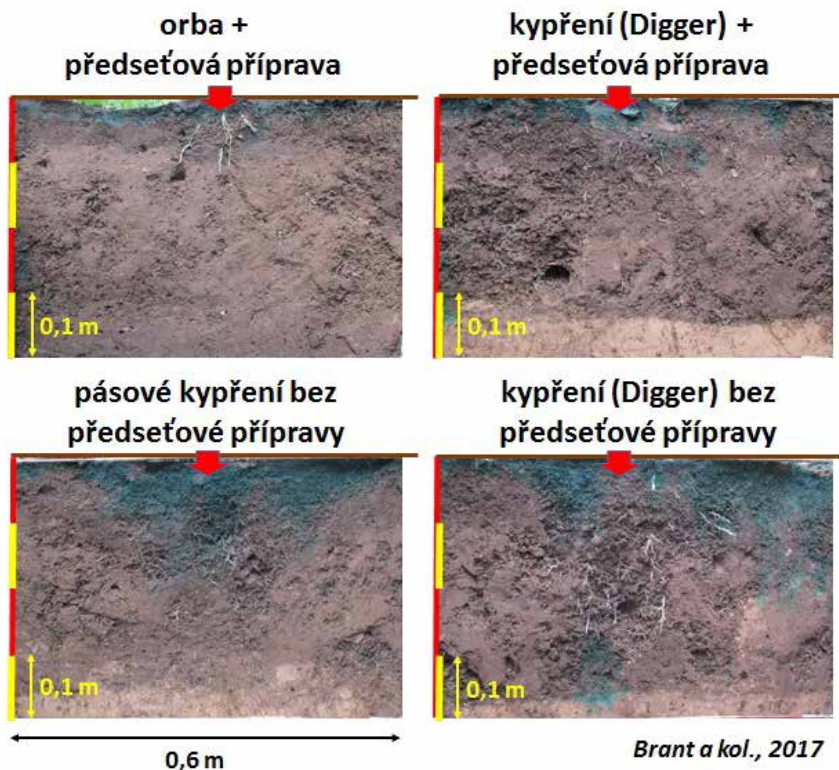


Obr. 56: Průměrné denní hodnoty teploty půdy (°C) na plochách s orbou a s technologií pásového zpracování v období od 4. 5. 2012 do 28. 8. 2012 v hloubkách půdy 0,1; 0,2 a 0,3 m (porost silážní kukuřice). Na variantě s pásovým zpracováním byly hodnoty teploty půdy stanoveny v meziřádku rostlin (nekypřená půda) a v řádku vyšetě plodiny (kypřená půda) a u varianty s orbou pouze v meziřádku (Brant a kol., 2013).

Přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy v meziřádcích mezi nakypřenými pásy přispívá ke snížení ztrát vody z půdy evaporací. Především u jednoletých plodin, kdy povrch půdy zůstává po jejím zpracování holý, dochází v době od výsevu do vzejití porostu k výraznému výparu vody z půdy (Jalota a Prihar, 1998). Technologie rovněž vychází z předpokladu, že nakypřený pás zajišťuje infiltraci vody stékající po rostlinách kukuřice seté do kořenové zóny a nezpracovaná půdy v meziřádku umožňuje dobrou kapilární vzlinavost vody ze spodních vrstev půdního profilu, a tím zásobení rostlin vodou v období sucha. V podmínkách České republiky je technologie pásového zpracování půdy považována za jednu z cest zajišťující reakci na nedostatek vody (Brant a kol., 2016d). Technologie vykazuje pozitivní vliv na stabilitu hodnot vodního potenciálu půdy v půdním prostředí, především nekypřeném meziřádku a zároveň zajišťuje rychlou infiltraci vody do spodních vrstev půdy v místě kypřeného pásu.

Obrázek 57 znázorňuje rozdílný vliv technologií zpracování půdy na infiltraci srážkové vody do kořenové zóny rostlin kukuřice seté (Brant a kol., 2017a). Z výsledků je dobře patrné omezení infiltrace vody do půdy na plochách s provedením předseťové přípravy půdy. Infiltrace vody na orané variantě se vyznačovala proniknutím vody do hloubky maximálně 0,08 m. Výraznější infiltrace vody do půdy na oraných plochách byla zaznamenána pouze v místě primárních prasklin půdy. Na kypřených plochách (kypřič Digger) s jarním provedením předseťové přípravy byla infiltrace pod hloubku předseťové přípravy rovněž omezena, na některých odkrytých profilech byl zaznamenán průnik vody do spodních vrstev v místech trajektorií pracovních nástrojů kypřiče, zejména docházelo-li při kypření k tvorbě hrubší půdní struktury půdy, která do termínu hodnocení (23. 6. 2017) zůstala zachována. Na plochách s pásovým zpracováním půdy voda infiltrovala především do míst nakypřeného pásu, což je dobře patrné z obrázku 57. Na plochách zpracovaných kypřičem Digger a následným setím bez předseťové přípravy byly podmínky pro infiltraci ve srovnání s plochou zpracovanou tímto kypřičem s provedením předseťové přípravy půdy lepší (obr. 57). Významnější preferenční toky srážkové vody do půdy na základě analýzy půdních profilů i na této variantě byly zaznamenány v trajektoriích pracovních nástrojů. Výsledky opět potvrdily možná rizika vzniku utužení, až zhutnění, půdy pod hranicí hloubky předseťové přípravy, na jejichž vzniku se podílejí samozřejmě přejezdy tažných prostředků, ale zároveň i tlakové a smykové faktory vznikající při práci plochých kypřičích radliček.

Vliv zpracování půdy na infiltraci vody do půdy

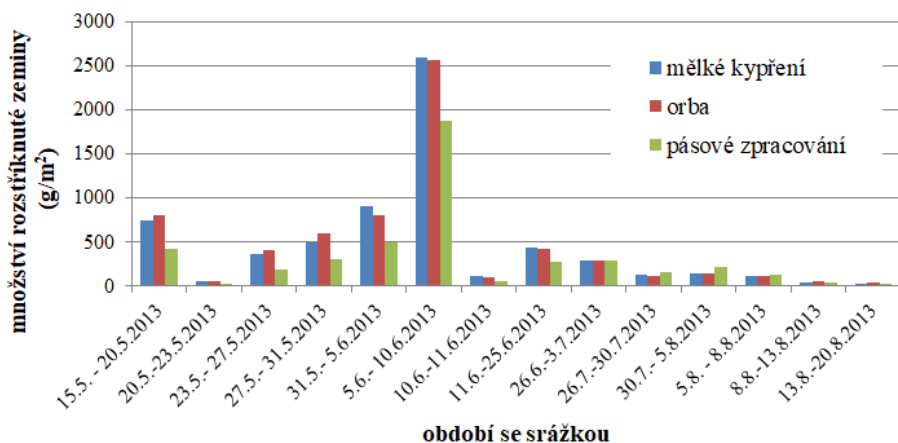


modrá barva znázorňuje preferenční toky infiltrace (suma srážky odpovídá hodnotě 40 mm vodního sloupce), červená šipka udává řádek rostlin kukuřice seté, hodnocení proběhlo 23.6.2017

Obr. 57: Vliv rozdílných systémů zpracování půdy na infiltraci vody do půdy v porostech kukuřice seté (23. 6. 2017), Brant a kol. (2017a).

6. 5. Omezení kapkové eroze a stabilita půdních agregátů

V rámci pásového zpracování půdy má na eliminaci erozních procesů vliv zejména přítomnost posklizňových zbytků v meziřádku a kontinuální systém pórů v nezpracované vrstvě půdy. Plochy zpracované touto technologií vykazují velice dobrou odolnost vůči erozním procesům i při přívalových srážkách. Určité erozní ohrožení představuje tvorba propadlých pásů po kypření (kypřená půda není vrácena zpět do kypřeného pásu), které mohou v kombinaci s topografickými podmínkami půdního bloku představovat budoucí odtokové rýhy pro vodu při srážkových událostech s vysokou intenzitou. Naše výsledky z let 2011 – 2017 potvrdily, že pokrytí půdy v meziřádku rostlinným mulčem zvyšuje jak stabilitu půdních agregátů, tak omezuje rizika vzniku kapkové eroze. Obrázek 58 dokumentuje hodnoty kapkové eroze na plochách s pásovým zpracováním půdy do strniště, mělkým kypřením a orbou při rozteči řádků kukuřice seté 0,75 m (Brant a kol., 2016d). Od začátku vegetace do poloviny června byly hodnoty kapkové eroze statisticky průkazně nižší na ploše s technologií pásového zpracování ve srovnání s ostatními způsoby zpracování půdy (obr. 58). Na plochách s pásovým kypřením se pozitivně projevila přítomnost posklizňových zbytků na povrchu půdy a drsnost povrchu pozemku na nezpracovaném pásu. Na konci vegetace již nebyly rozdíly mezi hodnotami kapkové eroze na hodnocených variantách výrazné.



Obr. 58: Průměrné hodnoty kapkové eroze na plochách s provedením technologie klasického pásového zpracování půdy do strniště ječmene, na plochách s mělkým kypřením půdy a s orbou vyjádřené jako množství rozstříknuté zeminy deštěm na jednotku plochy (g/m²) za období měřená v roce 2013 (Brant a kol., 2014c).

6. 6. Vývoj rostlin v systémech pásového zpracování půdy

Vývoj rostlin při využití technologie pásového zpracování půdy ve srovnání s jinými technologiemi je ovlivněn nejen stavem půdy při jejím zpracování, ale také podmínkami při výsevu a během dalšího vývoje porostů. Dosavadní výsledky polních experimentů ukazují na skutečnost, že vzházivost rostlin při pásovém zpracování půdy je závislá na stavu povrchu půdy při setí, kdy hrubší struktura povrchu půdy, či hrubší struktura půdních částic v kypřeném pásu, může při nedostatku vody zpomalit vzházení porostů. Při hrubším a nerovném povrchu půdy v kypřených pásách je potřebné, obdobně jako i jiných technologiích, snížit pracovní rychlost secího stroje. Při vlhkém průběhu jara vykazují technologie pásového zpracování půdy vhodnější podmínky pro počáteční vývoj ve srovnání se systémy mělkého kypření půdy, či setí do nezpracované půdy v důsledku vyššího ohřevu půdy a vyšší dostupnosti vzduchu pro rostliny v kypřeném pásu, včetně rychlejšího pronikání kořenů směrem do spodních vrstev kypřeného pásu. Obrázek 59 dokumentuje vliv rozdílných technologií zpracování strniště žita setého sklizeného na produkci zelené biomasy na počáteční vývoj rostlin kukuřice seté v roce 2020. Z obrázku je patrný nejen rychlejší růst rostlin na technologii s pásovým zpracováním půdy, ale také rychlejší růst kořenů do spodních vrstev půdy.



Obr. 59: Vliv rozdílných technologií zpracování strniště žita setého sklizeného na produkci zelené biomasy na počáteční vývoj rostlin kukuřice seté v roce 2020.

Tabulka 23 dokumentuje procenta sušiny v jednotlivých částech rostlin. Z výsledků je patrné, že počáteční rychlý vývoj rostlin na oraných plochách vedl v konečném důsledku k dřívějšímu nástupu dozrávání, který se projevil výrazně vyšším obsahem sušiny ve všech částech rostlin při sklizni. Sušina celkové rostliny překračovala v termínu hodnocení hodnotu 36 % a byla přibližně o 6 % vyšší než na ostatních variantách. Počáteční zpomalení růstu na plochách s pásovým

kypřením a celoplošným kypřením se zásadně neprojevilo ani na výnosu nadzemní biomasy (tab. 23). Rozdíly mezi výnosy nebyly statisticky průkazné, nejvyšší výnos suché nadzemní biomasy byl stanoven na plochách s celoplošným kypřením a založením porostů bez provedení předseťové přípravy. Zde je potřebné si uvědomit, že použitá technologie může ovlivnit nejen termín sklizně z hlediska vývoje porostů, ale má vliv i na kvalitativní parametry rostlin z hlediska silážování, což je do případného ekonomického hodnocení technologie nutné zahrnout.

Tab. 23: Průměrné hodnoty sušiny celé rostliny, palice, stébla a listů (%), hmotnostní podíl palice na rostlině a výnos suché nadzemní biomasy (t/ha) stanovené 30. 8. 2016 na hodnocených variantách na lokalitě Budihostice. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci v rámci sloupce (Tukey, ANOVA, $\alpha = 0,05$), *Brant a kol. (2017a)*.

varianta	sušina rostliny (%)	sušina palice (%)	sušina stébla (%)	sušina listů (%)	hmotnostní podíl palic na rostlině (%)	výnos suché biomasy (t/ha)
celoplošné kypření	30,2 a	42,3 a	20,1 a	26,1 a	57,7 a	24,319 a
pásové zpracování	30,7 a	41,6 a	20,6 a	27,0 a	58,8 a	21,957 a
orba	36,7 b	48,6 b	24,1 b	42,6 b	55,0 a	23,550 a

Obdobné výsledky vlivu technologie na vývoj porostů kukuřice seté potvrdily i experimenty provedené v hospodářském roce 2016 – 2017 opět na lokalitě Budihostice. V rámci technologií byla ověřována i absence předseťové přípravy, která je mnohdy spojena s riziky zhutnění horní vrstvy půdy (*Brant a kol., 2017a*). Na plochách bez provedení předseťové přípravy, pásové zpracování půdy a hloubkové kypření, byly stanoveny vyšší průměrné hodnoty suché nadzemní biomasy a celé rostliny při sklizni provedené 31. 8. 2017 (tab. 24). Z hlediska obsahu sušiny v biomase byly opět vyšší hodnoty stanoveny na plochách s předseťovou přípravou vůči porostům založeným bez jejího provedení. Obdobně tomu bylo i u celkové nadzemní produkce suché biomasy, kde byl nejvyšší výnos dosažen na plochách s pásovým kypřením a na variantě s celoplošným kypřením (kypřič Digger) bez předseťové přípravy seťového lůžka (tab. 24).

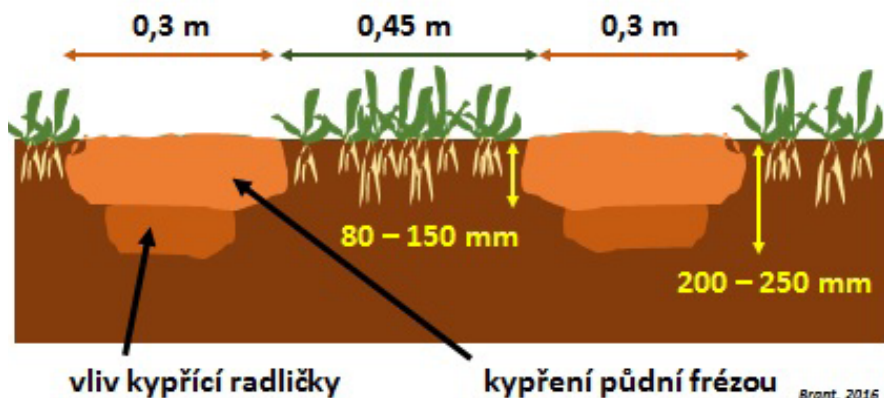
Tab. 24: Průměrné hodnoty délky rostliny (m), sušiny celé rostliny, palice, stébla a listů (%), hmotnostní podíl palice na rostlině (%) a výnos suché nadzemní biomasy (t/ha) stanovené 31. 8. 2017 na hodnocených variantách na lokalitě Budihostice. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkaznou diferenci v rámci sloupce (Tukey, ANOVA, $\alpha = 0,05$), Brant a kol. (2017a).

varianta	délka rostliny (m)	sušina rostliny (%)	sušina palice (%)	sušina stébla (%)	sušina listů (%)	hmot- nostní podíl palic na rostlině (%)	výnos suché biomasy (t/ha)
kypření bez před- seťové přípravy	2,75 b	30,8 a	43,5 ab	21,2 a	27,8 a	54,5 b	21,424 a
kypření + předse- ťová příprava	2,70 b	34,7 b	45,8 c	23,9 a	41,6 b	51,7 ab	20,467 a
orba + předseťo- vá příprava	2,527 a	33,1 ab	45,1 bc	22,7 a	34,4 ab	53,5 b	19,514 a
pásové zpracování	2,73 b	31,5 a	42,6 a	23,0 a	32,8 a	49,5 a	21,534 a

7. SETÍ DO VYFRÉZOVANÝCH PÁSŮ – FRÉZOVÝ VÝSEV

Setí do vyfrézovaných pásů se mnohdy považuje za jednu z variant pásového zpracování půdy. Na základě literárních údajů je tento systém považován za velmi efektivní půdoochrannou technologii využívanou převážně pro pěstování kukuřice seté na svažitých pozemcích. Frézové pásové zpracování půdy je standardně využíváno ve Švýcarsku, kde lze hovořit již téměř o 20-ti letém uplatňování. Omezeně se lze s technologií setkat v Rakousku, případně v Německu. Od roku 2017 je technologie využívána i některými podniky v České republice.

Principem technologie je tvorba vyfrézovaných pásů půdy do porostů většinou živého mulče na jaře (Brant a kol, 2016d). Pro tvorbu živého mulče, který musí být tvořen nevymrzajícími plodinami, jsou využívány obilniny a trávy. Pásové zpracování lze provést i do porostu dočasných travních porostů na orné půdě. Základem pracovní sekce strojů pro frézové zpracování pásů půdy je kypřicí radlička osazená ve spodní části širokými křídly s malým náběhovým úhlem kypřicí půdu pod noži frézovací sekce. Cílem práce radličky je prokypření spodní části kypřeného pásu do hloubky 0,18 – 0,25 m. Horní část pásu směrem k povrchu půdy je zpracována noži půdní frézy. Zpětné uložení nakypřené půdy do prostoru pásu zajišťují postranní kryty frézy. Za jednotlivými frézovacími sekcemi následují pěchovací válce, většinou umístěné na společné hřídeli. Vliv frézového zpracování půdy na půdní profil znázorňuje obrázek 60. Frézové zpracování půdy se



Obr. 60: Vliv frézového zpracování půdy na půdní profil (Brant a kol. 2016d).

prování v termínu výsevu kukuřice a zároveň při zpracování půdy dochází k uložení hnojiva do pásu, k výsevu kukuřice a k umrtvení živého mulče neselektivním herbicidem. Povrch pozemku po provedení frézového zpracování půdy se výrazně podobá plochám s provedením pásového zpracování půdy (obr. 61).

Rozšířeným způsobem je souběžná aplikace neselektivního herbicidu při provádění kypření. Nelze-li tuto operaci uskutečnit současně při zpracování půdy a setí, je nutné provést celoplošnou aplikaci herbicidu před setím. Technologie vykazuje díky aktivně pracujícím nástrojům půdní frézy velice dobrý kypřicí a drobicí efekt půdy i při jejím pokrytí mulčem tvořeným především trávovitými druhy vytvářejícími drn. Obecně je poukazováno na nižší pracovní výkonnost pracovní soupravy při frézování a s tím spojenou menší plošnou výkonnost, protože se pracovní rychlost pohybuje v rozmezí 3 – 5 km/h (*Lehmann, 2014*). Vyšší hmotnost soupravy – kombinace frézovacího kypřiče se secím strojem vykazuje vyšší požadavky na tahovou sílu traktoru (*Wyss, 2007*). Nejčastěji se setkáváme se čtyř až šesti řádkovými stroji. Součástí technologie je rovněž možnost ukládání hnojiva do kypřeného pásu. Frézový výsev lze uplatnit jak na pravidelně oraných plochách, tak v systémech mělkého kypření. Na základě literárních zahraničních údajů je výnosové úroveň u kukuřice seté u této technologie obdobná jako u ostatních pěstebních systémů (*Wyss, 2007; Anken a kol., 2010*). Negativní vliv na pokles výnosu kukuřice u této technologie má vlhký průběh jara, příliš časný výsev a riziko regenerace trav po zasetí.



Obr. 61: Povrch pozemku po provedení frézového zpracování půdy se výrazně podobá plochám s provedením pásového zpracování půdy (foto Brant).

7. 1. Ověřování technologie v podmínkách České republiky

Na jaře 2018 byly na lokalitě Dolní Dobrouč založeny pokusné plochy s frézovým pásovým zpracováním půdy. V první fázi testování bylo cílem posoudit vliv frézového pásového výsevu na infiltraci vody do půdy a na změnu hodnot penetračního odporu půdy v kypřeném pásu. Následně se jednalo stanovení vlivu tohoto způsobu zpracování půdy na rozvoj kořenového systému kukuřice seté, uvedené hodnocení technologie vycházejí z publikací *Brant a kol. (2018a)* a *Hofbauer a kol. (2019)*.

V rámci testování byly na pokusném pozemku po sklizni ozimého žita na zeleno provedeny dva systémy pásového zpracování půdy. Kontrolní variantu představovala plocha založená klasickým osmiřádkovým strojem pro pásové zpracování půdy s nezávislými sekcemi Kultistrip (Kverneland) s následným výsevem kukuřice okamžitě po provedení secím strojem Mascar Maxi 5 (obr. 62). Hloubka kypření činila 0,25 m. Termín založení proběhl 19. 5. 2018. Druhou variantou (založení ploch bylo 16. 5. 2018) byla plocha zpracovaná strojem Rotor Strip Till pro frézový pásový výsev s integrovaným secím strojem Mascar Maxi 5. Hloubka kypření kypřicí radlicí byla 0,2 m a půdní fréza zpracovávala půdu do hloubky 80 mm. Šíře kypřeného pásu byla u obou technologií 0,3 m. Tato rozteč je dána technickým řešením stroje pro frézové zpracování půdy. U konvenčního strip till byla při této rozteči zajištěna bezproblémová průchodnost stroje pro půdu a zbytky kořenových systémů žita. Pohyb pracovních souprav byl řízen navigačními systémy.



Obr. 62: Zakládání porostů kukuřice seté strojem Rotor Strip Till v kombinaci se secím strojem Mascar Maxi 5 (foto Hovad).

7. 2. Infiltrace vody do půdy

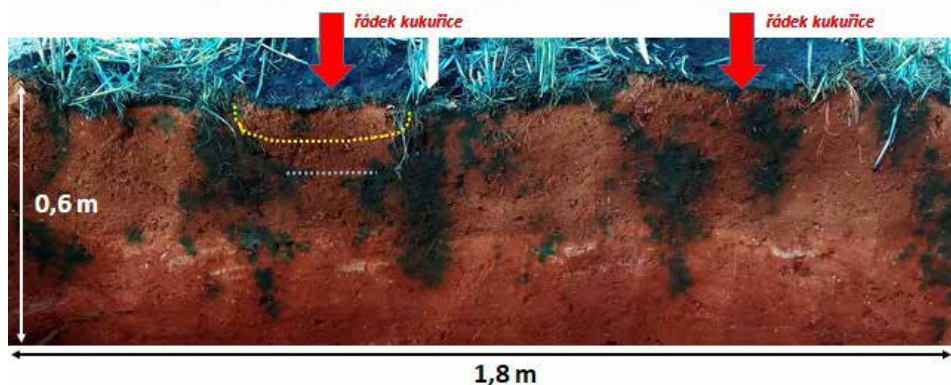
Na základě metody modré infiltrace byla provedena analýza pohybu vody v půdním profilu. Výše simulované srážky odpovídala 40 mm vodního sloupce. Odkrytí půdních profilů následovalo 20 hodin po zalití (obr. 63). Půdní profil se na pokusném pozemku vyznačoval přítomností zhutnělé vrstvy půdy začínající v hloubce 0,16 až 0,2 m. V této hloubce byla dobře patrná i vrstva akumulované organické hmoty z digestátu zapravovaného dlouhodobě na tuto hloubku.



Obr. 63: Povrch pozemku s hodnocenými technologiemi při odkrytí půdních 1. 6. 2018 (foto Brant).

Obrázky 64 a 65 dokládají infiltrační toky v půdním profilu u testovaných technologií. Plochy s frézovým zpracováním půdy vykazovaly hlavní směr infiltrace po stranách frézou zpracovaného pásu s následnou infiltrací po stranách kypřeného pásu (obr. 64). Po stranách kypřicí radlice docházelo pravděpodobně k výraznějšímu praskání a trhání půdy, což podpořilo infiltraci do stran a následně do půdního profilu. Výrazný efekt praskání půdy do stran, směrem od konců křídel kypřicí radlice, mohl být způsoben kypřením zhutnělé vrstvy půdy. Voda samozřejmě infiltrovala i do středu kypřeného pásu. Plochý přechod mezi zpracovanou a nezpracovanou půdou kypřicí radlice mohl rovněž působit, jedná se o situaci vycházející z daného stavu půdy na pozemku při zpracování, jako zpomalovač infiltrace ve středu kypřeného pásu. Na oraných plochách, tedy na hlouběji kypřených půdách (kde byla technologie rovněž testována), byl tento efekt výrazně menší a infiltrační obrazec na půdním řezu se podobal obrazci infiltrace na plochách s konvenčním pásovým zpracováním půdy – strip till (obr. 65). U klasického pásového kypření voda infiltrovala nakypřeným pásem vytvářejícím na průřezu charakteristické „V“ směrem do spodních vrstev půdy. Na obrázku 66 je zdokumentováno prokypření půdního profilu.

frézové pásové zpracování půdy (Rotor Strip Till)

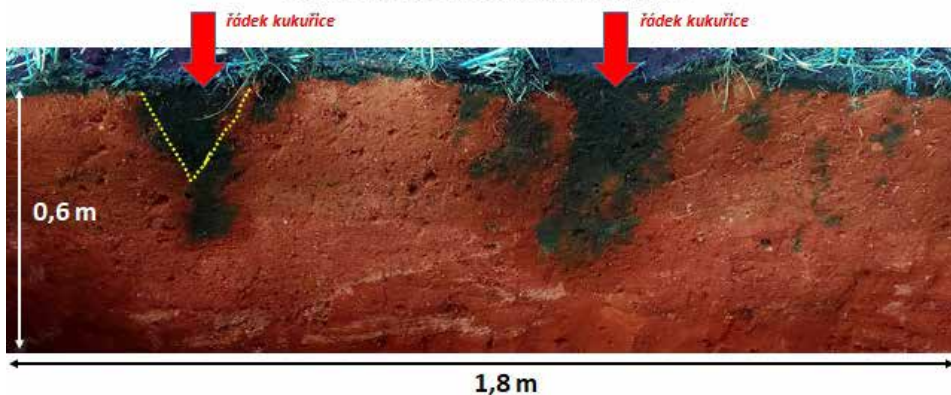


žlutá tečkovaná čára dokumentuje vliv práce půdní frézy a světlemodrá vliv kypřicí radlice

Brant a Kroulík, 2018

Obr. 64: Infiltrační procesy na plochách s frézovým pásovým kypřením.

pásové zpracování půdy (Kultistrip)

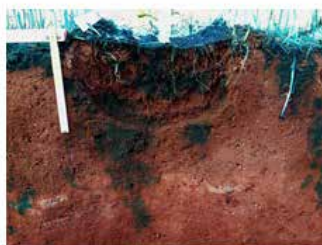


žlutá tečkovaná čára dokumentuje vliv práce kypřicí radlice

Brant a Kroulík, 2018

Obr. 65: Infiltrační procesy na plochách s konvenčním pásovým zpracováním půdy.

nakypřená zóna půdy v závislosti na technologii pásového zpracování půdy



**frézové pásové zpracování půdy
(Rotor Strip Till)**



**pásové zpracování půdy
(Kultistrip)**

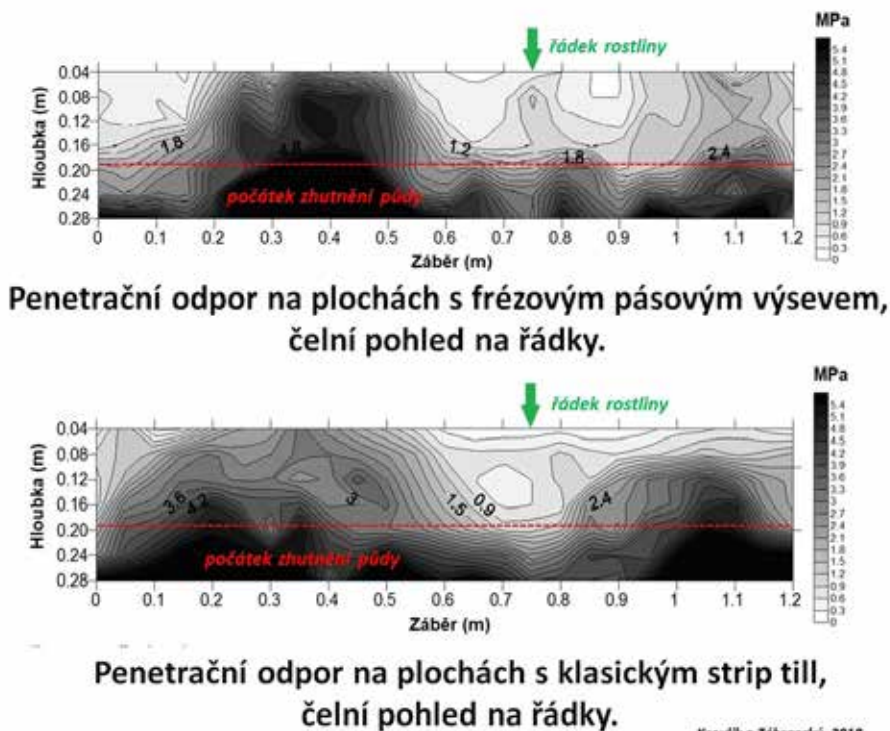
Brant, 2018

Obr. 66: Nakypřená zóna půdy v pásech na hodnocených technologiích.

Na základě analýzy probarvení půdního profilu modrou barvou byly vyšší hodnoty podílu probarvení půdního řezu (celková plocha půdního profilu obarvená modře) na variantě s frézovým výsevem. Velikost plochy půdy obarvené modrou barvou dokumentuje preferenční toky, ale není schopna kvantifikovat množství infiltrující vody v dané části půdního profilu.

7. 3. Penetrační odpor

Obrázek 67 dokládá hodnoty plošně vyjádřeného penetračního odporu na hodnocených variantách. Rozložení zón s rozdílnými hodnotami penetračního odporu je v souladu s hodnotami modré infiltrace. Na plochách s frézovým výsevem docházelo k tvorbě dvou zón s nižšími penetračním odporem po stranách kypřeného pásu. U klasického pásového kypření půdy byla půda nakypřena zejména ve středu pracující radlice a tvar nakypřené zóny opět korespondoval se tvarem písmene „V“. Grafické znázornění penetračního odporu rovněž dokumentuje ztuhnutí půdy začínající na hranici 180 mm pod povrchem.



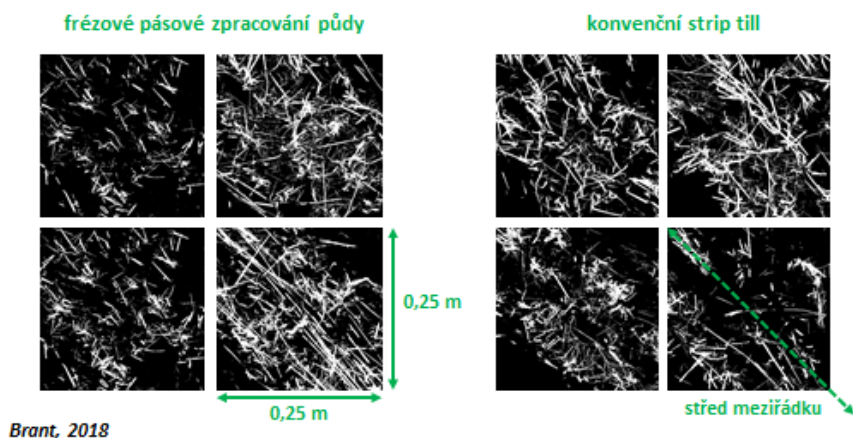
Obr. 67: Hodnoty penetračního odporu na hodnocených variantách.

7. 4. Rostlinné zbytky v meziřádku

Pozornost byla věnována i přítomnosti posklizňových zbytků v meziřádcích po provedení kypření. Průměrná pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky žita činila při použití stroje Kultistrip 21,9 % a u frézového pásového zpracování 23,4 %. Pokryvnost byla stanovena pro čtverec o velikosti 0,25 m² umístěný nakoso mezi řádky kukuřice, čímž byly hodnocené plochy zahrnuty i části zpracovaného pásu. Hodnoty pokryvnosti se pohybovaly v intervalu od 14 do 38 %. Ukázky pokryvnosti meziřádku rostlinnými zbytky na plochách s konvenčním strip till a u frézového pásového zpracování půdy dokumentuje obrázek 68. Suchý průběh léta a podzimu zásadním způsobem přispěl k omezení degradace rostlinných zbytků nacházejících se na povrchu půdy meziřádku a v termínu sklizně (4. 9. 2018) byly rostlinné zbytky na povrchu půdy přítomny.

Z hlediska hodnocení pokrývnosti rostlinnými zbytky je však nutné opět upozornit na příliš zjednodušený pohled z hlediska legislativních požadavků. Samotná hodnota pokrývnosti půdy není jediným parametrem pro hodnocení protierozní ochrany. Po sklizni ozimého žita, nebo po výsevu do vymrzající či umrtvené meziplodiny, může být pokrývnost nižší, než při ponechání rozdrčené slámy na povrchu pozemku. Podstatné je však, že rostlinné zbytky jsou fixovány kořenovým systémem a nehrozí jejich odnos z pozemku a odumírající kořeny vytvářejí ideální preferenční toky pro infiltraci. U půdy prorostlé kořenovým systémem lze rovněž očekávat vyšší stabilitu půdních agregátů, která zajistí delší dobu infiltrace v důsledku oddálení rozplavení, což může vykazovat shodný efekt jako samotný tlumicí efekt rostlinných zbytků umístěných na povrchu půdy vůči kinetické energii dešťových kapek.

Variabilita pokrývnosti povrchu půdy meziřádku po sklizni ozimého žita (rostlinné zbytky – bílá barva), termín hodnocení 1.6.2018



Obr. 68: Variabilita pokrývnosti povrchu půdy meziřádku po sklizni ozimého žita (rostlinné zbytky – bílá barva), termín hodnocení 1. 6. 2018.

7. 5. Kořenový systém

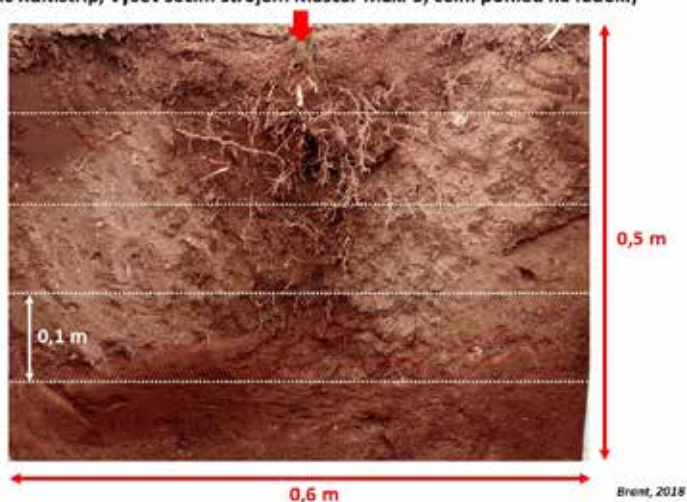
Na konci vegetace (4. 9. 2018) byl hodnocen i rozvoj kořenového systému kukuřice seté v půdním profilu. Odebrány byly vždy čtyři rostliny následující v řádku. Po proplavení kořenového systému byla provedena rekonstrukce prostorového rozmístění v půdě. Obrázky 69 a 70 ukazují rozmístění kořenů v rámci kypřeného pásu na hodnocených variantách. Z obrázku 69 je dobře patrný rozvoj kořenového systému do boku kypřeného pásu, tady do zón kde došlo k intenzivnějšímu kypření půdy a na základě měření i k tvorbě vhodnějších podmínek pro infiltraci. Na variantě se strip till bylo boční prokořenění nižší a kořeny pronikaly do hlubších vrstev orničního profilu.

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.)



Obr. 69: Reálné rozložení kořenového systému na plochách s pásovým frézovým zpracováním půdy (4. 9. 2018).

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



Obr. 70: Reálné rozložení kořenového systému na plochách s klasickým strip till (4. 9. 2018).

7. 6. Vývoj rostlin a produkce biomasy

Na základě hodnocení výživného stavu rostlin a sledování produkce biomasy, které na lokalitách prováděla společnost AGROEKO Žamberk, s.r.o., byl výnos nadzemní biomasy výrazněji ovlivněn systémem hnojení při frézování. Na základě výsledků produkce nadzemní biomasy lze při vhodném systému výživy dosáhnout srovnatelných výnosů silážní kukuřice, jako při ostatních technologiích umožňujících výsev kukuřice seté do strniště žita setého na produkci zelené biomasy.

7. 7. Herbicidní ochrana

Standardním způsobem regulace plevelů a strniště žita setého pro produkci biomasy je využití neselektivních herbicidů s účinnou látkou *glyphosate*. Použití těchto herbicidů je obecně zásadním pro většinu půdoochranných technologií u kukuřice seté. Při suchém průběhu počasí však může dojít rychlému přeschnutí strniště žita, což eliminuje použití *glyphosate* z důvodu nedostatečné plochy porostu pro příjem herbicidu. V těchto případech začínají zbytky rotlin žita setého regenerovat později, většinou však až v době vzcházení kukuřice seté, čímž je použití neselektivního herbicidu znemožněno. Na základě ověřování herbicidních alternativ je zjištěno, že v omezeném množství jsou z hlediska fytotoxicity pro kukuřici možné aplikace i jiných herbicidních přípravků, ovšem jejich použití není v současné době legislativně povoleno.

8. PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE SETÉ V HRŮBKÁCH

Pěstování kukuřice v hrůbkách je známá technologie, která je využívána především v severní Americe převážně od 80. let minulého století, přestože její využití je datováno již do 50. let minulého století (*Hurlbut a Wittmuss, 1957*). Uplatňována je především na těžších půdách, kde je problém s ohříváním půdy na jaře. Základem systému je tvorba hrůbků vejčitého tvaru, kdy stěny hrůbku jsou pokryty rostlinnými zbytky. Vejčitým tvarem se rozumí tvorba širšího hrůbku s rovným vrcholem půdy bez rostlinných zbytků. Výška hrůbků se pohybuje v rozmezí 0,1 až 0,15 m. Tvorba hrůbků je prováděna pomocí modifikovaných dlátových kypřičů, či pomocí hrůbkovacích těles tvořených kypřicí radlicí s postranními tvarovacími křídly. Z vrcholu hrůbku je při výsevu odstraněna menší část zeminy a především rostlinné zbytky z důvodu zajištění ohřevu půdy a kvalitního uložení semen při setí, dále jejich odstranění vede k omezení fyto-sanitárních rizik a k podpoře infiltrace vody stékající po rostlinách do středu hrůbku. Seříznutí vrcholu hrůbku má i odplevelující efekt. K odstranění vrcholu hrůbku dochází souběžně při výsevu. Před výsevní sekce jsou umísťovány rozdílné konstrukce pracovních orgánů, jedná se o rozdílné typy seřezávacích radlic, přes dvojice rozhrnovacích talířů plnicích tvorbu odstraňovače rostlinných zbytků až po systémy vodorovně uložených řezných talířů s rozdílným systémem odsunu odříznuté půdy s rostlinnými zbytky (*Klein a kol., 1996; Redeer, 2000*). Vrchol hrůbku poté vytváří pás o šířce kolem 0,15 m určený pro výsev kukuřice seté.

Hrůbkový systém pěstování kukuřice seté je obecně považován za protierozní technologii (např. *Fisher a Lane, 1973; Redeer, 2000*). Výška hřebenů by po výsevu měla být minimálně o 8 cm vyšší než rýhy mezi hrůbky, aby bylo zajištěno protierozní působení technologie. Vyšší výškový rozdíl je samozřejmě považován za výhodnější. Hrůbkové systémy jsou rovněž spojeny s potřebou dodržení stabilních kolekových stop, která zajišťuje omezení rizik zhutnění půdy (*Laflen a kol., 1990*). Pozitivní vliv dlouhodobějšího uplatnění technologie setí do hrůbků u kukuřice seté na snížení rizika zhutnění a na zvýšení hodnot objemové hmotnosti půdy poukazují *László a Gyuricza (2004)*. V literatuře je rovněž popisován pozitivní vliv této technologie na vývoj porostů kukuřice seté při závlaze.

Obecně se uvádí (např. *Behn, 1982; Klein a kol., 1996; Redeer, 2000*), že systém tvorby hrůbků zajišťuje rychlejší ohřev půdy na jaře a její rychlejší vysychání. Tento předpoklad samozřejmě platí při srovnání s klasickým a dlouhodobějším systémem bezorebného zpracování půdy. Na ohřev půdy v hrůbku mají vliv samozřejmě parametry půdy v pásu určeném pro výsev a poté

kvantitativní a kvalitativní vlastnosti mulče nacházejícího se na stěnách hrůbku a v prostoru mezi hrůbkou (vrstva mulče, barva mulče, kontakt mulče s půdou apod.). Vliv mulče na povrchu půdy je spojen jednak s procesy odrazu slunečního záření, především u rostlinného mulče světlé barvy. Druhým faktorem je přenos tepla z mulče do půdy, ten je závislý na kontaktu mulče s povrchem půdy, dojde-li k tvorbě vzduchové vrstvy mezi půdou a mulčem, je přenos tepla omezen. Některé práce stále poukazují na potřebu orientace stěn hrůbků ke světovým stranám, na jižní stranu na severní polokouli.

Barva mulče je závislá na druhu zdroje mulče a na době jeho stáří. Rostlinné zbytky obilnin, kukuřice na zrno, hořčice a řepky vykazují od sklizně světlou barvu, kterou si udržují téměř do doby výrazné degradace. Typickými rostlinnými zbytky vyznačujícími se tmavou barvou je rostlinný materiál pohanky a svazenky. Kromě samotné barvy se vliv mulče mění i v závislosti na jeho množství ve vztahu k pokryvnosti půdy a k síle vrstvy mulče. S narůstající pokryvností a silou tzv. izolační schopnost mulče narůstá. Tuto izolační schopnost lze vnímat z pohledu tepelné izolace (při slunečném počasí může ohřev půdy omezovat, při chladném počasí omezuje tepelné ztráty z půdy), z hlediska omezení evaporace, ve vztahu k omezení degradace povrchu půdy a samozřejmě i ve vztahu ke snížení rozvoje plevelů. V současné době dochází k ověřování systémů pěstování kukuřice seté v hrůbcích v kombinaci s plošným osevem vytvořených hrůbků na podzim meziplodinou, čímž se kombinuje využití rostlinných zbytků předplodiny a biomasy vytvořené meziplodinami pro tvorbu mulče, včetně efektu biologického zpracování půdy kořeny meziplodin. Opomenout nelze ani systémy cíleného výsevu meziplodin, které jsou cíleně vysévány do středu prostoru mezi hrůbkou, či na stěny hrůbků a ověřovány jsou i možnosti jejich bočního výsevu na vrchol hrůbku mimo zónu seťového lože.

Regulace plevelů je ve většině případů prováděna pomocí herbicidů. Ověřovány jsou i možnosti mechanické kultivace plevelů mezi hrůbkou během vegetace (*Klein a kol., 1996*). Dalším faktorem je omezení rozvoje plevelů v prostoru mezi hrůbkou mulčem.

Omezení rozvoje plevelů je dáno opět dvěma faktory, kdy prvním je omezení přístupu světla ke vzházejícím rostlinám, druhý poté vyčerpáním vzházejících rostlin při prorůstání vrstvou mulče. Zde však obecně platí, že tohoto efektu je dosaženo při síle vrstvy slehlého mulče minimálně 30 mm. Splnění tohoto kritéria je v běžné polní výrobě problematické. Většinou k naplnění této podmínky dochází při opakovaném pěstování kukuřice systémem strip till, kdy jsou posklizňové zbytky z kypřeného pásu odhrnuty na meziřádek, nebo při opakovaném pěstování zrnové kukuřice v hrůbcích. V Evropě se pro tvorbu mulče v prostoru mezi hrůbkou využívá pěstování meziplodin.

8. 1. Hrůbky v Evropě

Americké systémy vycházejí z předpokladu, že tvorba hrůbků je spojena, na základě členitosti povrchu pozemku, se snížením rizik větrné eroze (v oblastech s malou sněhovou pokrývkou) a s omezením evaporace mezi hrůbky v důsledku působení mulče.

Vývoj evropských systémů hrůbkového pěstování kukuřice byl vyvolán jinými důvody a byl modifikován na odlišné podmínky určující uplatnění těchto systémů. Za zásadní lze považovat potřebu zajištění zpracování půdy na půdách s vyšším zastoupením prachových částic, které se vyznačují horší zpracovatelností na jaře. Dále je vývoj evropských systémů spojen s rozvojem systémů zonálního hnojení a s cílenou podporou infiltrace vody do půdy. Zároveň je i v Evropě kladen důraz na pokrytí stěn hrůbků mulčem z hlediska omezení erozních procesů.

V rámci technologických postupů je v Evropě preferován systém tvorby hrůbků pomocí systémů kypřících radlic, či radlic a tvarovacích disků. Většina systémů vychází z nakypření půdy v budoucím středu řádku kukuřice a následnou tvorbou hrůbku radlicemi jedoucimi v trajektorii budoucích středů meziřádku, případně je stroj doplněn tvarovacími příhrnovacími talíři (obr. 71). V reakci na rozvoj systémů zonálního hnojení jsou stroje pro tvorbu hrůbků vybaveny systémem aplikace hnojiva do středu budoucího hrůbku (obr. 72).



Obr. 71: V Evropě preferovaný systém tvorby hrůbků pomocí systémů kypřících radlic, či radlic a tvarovacích talířů (foto Brant a Kroulík).



Obr. 72: Stroje pro tvorbu hrůbků lze doplnit o systémy aplikace minerálních hnojiv do středu budoucího hrůbku (*foto Farmet a.s.*).

Výsev kukuřice seté je prováděn na jaře přímo do vrcholu hrůbku klasickými secími stroji pro přesné setí, kdy k urovnání povrchu hrůbku a k odstranění rostlinných zbytků jsou využívány běžné odhrnovače rostlinných zbytků umístěných na secích strojích, včetně přihnojení pod patu (obr. 73). V Evropě je omezená dostupnost strojů disponujících systémy čištění vrcholu hrůbku vycházejících z klasických amerických konstrukcí, které zajišťují tvorbu širšího seříznutého vrcholu hrůbku. Určitou alternativou v evropských podmínkách je celoplošné mělké zpracování vrcholu hrůbků stroji s aktivně či pasivně pracujícími pracovními nástroji a následný výsev kukuřice seté cíleně do středu stržených hrůbků (obr. 74).



Obr. 73: Výsev kukuřice do vrcholů hrůbků 21. 4. 2020 (vlevo) a stav povrchu pozemku po zasetí (vpravo) – *foto Nečada a Brant*.

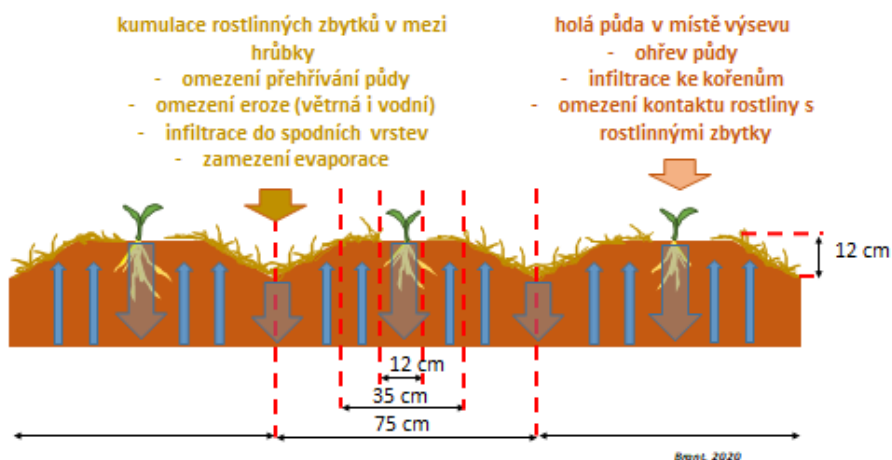


Obr. 74: Jarní nakypření hrůbků vytvořených na podzim kypříčem Horsch Joker RT (hloubka kypření 60 mm, nahoře) s následným výsevem kukuřice (uprostřed) a stav povrchu půdy po zasetí (dole) (foto Nečada a Brant).

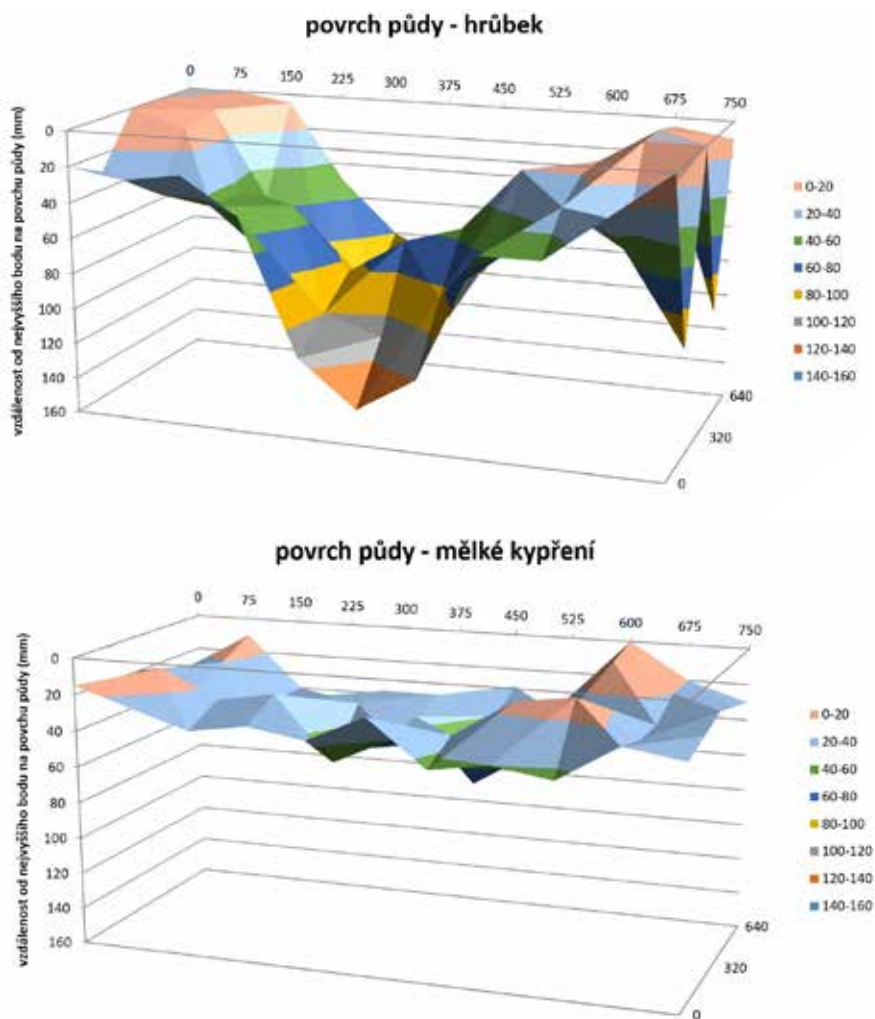
8. 2. Agrotechnické požadavky na hrůbky

Cílem systémů je vytvoření hrůbků s hrubší strukturou povrchu půdy a s členitým dnem mezihrůbkvé rýhy za účelem omezení eroze a podpory infiltrace, včetně snížení rizika povrchového odtoku (obr. 75). Obrázek 76 dokládá srovnání členitosti povrchu půdy při hrůbkovém zpracování a při využití mělkého kypření. Drsnost povrchu půdy a přítomnost hrubších struktur půdních částic snižuje riziko vniku kapkové eroze, která je primárním faktorem vzniku vodní eroze. Kombinace hrubší struktury povrchu půdy a rostlinných zbytků na povrchu půdy snižuje riziko rozplavení půdy dešťovými kapkami. Důležité je neopomenout skutečnost, že při využití hrůbkového systému dochází k výraznému nárůstu plochy povrchu půdy, která přichází do styku s dešťovými kapkami.

Pěstování kukuřice seté v hrůbkách



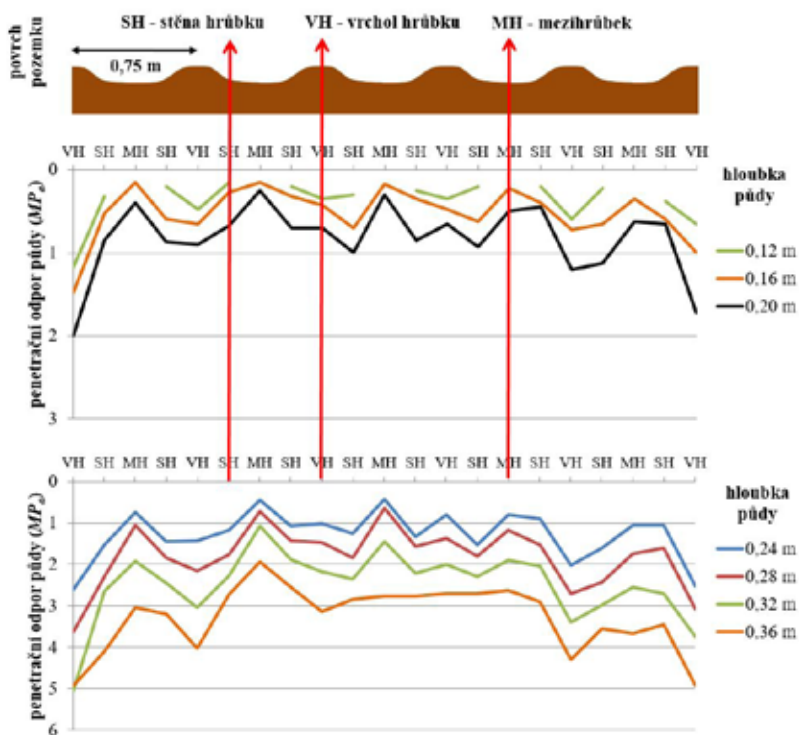
Obr. 75: Princip technologie pěstování kukuřice seté v hrůbkách.



Obr. 76: Srovnání členitosti povrchu půdy při hrůbkovém zpracování a při využití mělkého kypření.

Radlice zpracovávající půdu ve středu budoucího řádku má zajistit podporu rozvoje kořenového systému kukuřice, včetně uložení hnojiva do kypřené rýhy a zlepšit infiltraci vody ke kořenovému systému.

Další posun technologie vychází nejen ze zahraničních zkušeností, ale také z potřeby ověření této technologie ve vztahu ke změnám průběhu povětrnostních podmínek v ČR a ve vztahu k práci s organickou hmotou. Kypřicí radlice hrůbkovačů jedoucí v místě středu budoucího hrůbku má za úkol vytvořit nejen dostatečné množství půdy pro následné vytvarování hrůbku, ale zároveň prokypřit půdní profil pro budoucí rozvoj kořenového systému rostlin kukuřice seté. Jsou-li k tvorbě hrůbků využity opět kypřicí radlice umístěné v druhé řadě, dochází k intenzivnímu prokypření půdy i ve středu prostoru mezi hrůbků. Cílem tohoto prokypření je opět zvýšení infiltrace vody do půdy. Obrázek 77 dokládá hodnoty penetračního odporu v jednotlivých zónách půdy po provedení hrůbkování kypřičem s kypřicími radlicemi v jarním období při podzimním provedení hrůbkování. Poklesy hodnot penetračního odporu jsou patrné především v místech trajektorií kypřících radlic.



Obr. 77. Hodnoty penetračního odporu půdy (MP_d) na plochách s hrůbků (5. 4. 2011). Průměr čtyř transektů – kolmo na směr pracovní jízdy. Hodnoty odporu půdy jsou měřeny od vrcholu hrůbku (výška 0). Výška hrůbků odpovídá výšce 0,12 m.

Intenzivní kypření půdy je jednoznačně spojeno s provedením hrůbkování na podzim, aby do jara došlo ke slehnutí půdy v trajektoriích radlic a k rozpadu případných větších půdních struktur půdy v prostorách hrůbku. Technologie tvorby hrůbku se uplatňují především na půdách obtížně zpracovatelných na jaře, mnohdy se jedná o půdy s vyšším zastoupením prachových částic. Nahrůbkování poté eliminuje potřebu jarního zpracování půdy a riziko zhutnění, či umáznutí půdy při předseťové přípravě a při setí. Na těžkých půdách hrozí při zpracování půdy při nižší a při vyšší vlhkosti k tvorbě větších půdních částic (hrud), které se při absenci mrazu a srážek v zimním období obtížně rozpadají a hrubší struktura půdy uvnitř prostoru hrůbku v kombinaci s přítomností větších mezipůdních prostor vyplněných vzduchem snižuje vztlínání vody ze spodních vrstev do horních částí hrůbku. Nedojde-li k rozpadu větších hrud v horní části hrůbku, dochází ke zhoršení tvorby vrcholu hrůbku při setí, ke kterému jsou v podmínkách Evropy využívány především odstraňovače rostlinných zbytků přítomné na secích strojích. Hrubší struktura ve vrcholu hrůbku může negativně ovlivnit i kvalitní tvorbu seťového lože a přispívá k nerovnoměrné hloubce setí, včetně následné nižší vzcháživosti rostlin. Na těžkých půdách zpracovaných za vhodných půdních podmínek a na půdách středních je tvorba půdní struktury v hrůbku a na jeho povrchu bezproblémová (tab. 25).

Tab. 25: Vzcháživost rostlin kukuřice seté při výsevu do hrůbků založených na podzim, do hrůbků mělce celoplošně zpracovaných na jaře a při výsevu do vymrzlé meziplodiny technologií přímého setí na lokalitě Kněžmost v roce 2020. Výsev kukuřice seté byl proveden 21. 4. 2020, hodnocení počtu rostlin proběhlo 16. 5. 2020. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v rámci sloupců (ANOVA, Tukey).

technologie	počet rostlin (kusy/ha)
setí do hrůbků	66 667 a
setí do kypřených hrůbků	66 250 a
setí do vymrzlé meziplodiny	66 250 a

Jedním z přehlížených rizik při tvorbě hrůbků je riziko zhutnění půdy při jejím zpracování za vyšší půdní vlhkosti v místě trajektorie radlice kypřící budoucí střed hrůbku. Toto zhutnění může následně omezit rozvoj kořenového systému směrem do spodních vrstev hrůbku a kořeny poté využívají pro růst boky hrůbku (obr. 78). Tuto skutečnost lze eliminovat snížením pracovní hloubky kypřících radlic.



Obr. 78: Stav porostů kukuřice na technologii s hrůbky (nahore), rozvoj kořenového systému kukuřice do vytvořené rýhy s hnojivem při hrůbkování (uprostřed), hlubší zpracování utuženějších vrstev půdy kypřicí radlicí může vytvořit utuženou vrstvu pod rostlinami, poté rostliny prokořeňují boky hrůbku (dole). Fotografie byly pořízeny 18. 6. 2020 (foto Brant).

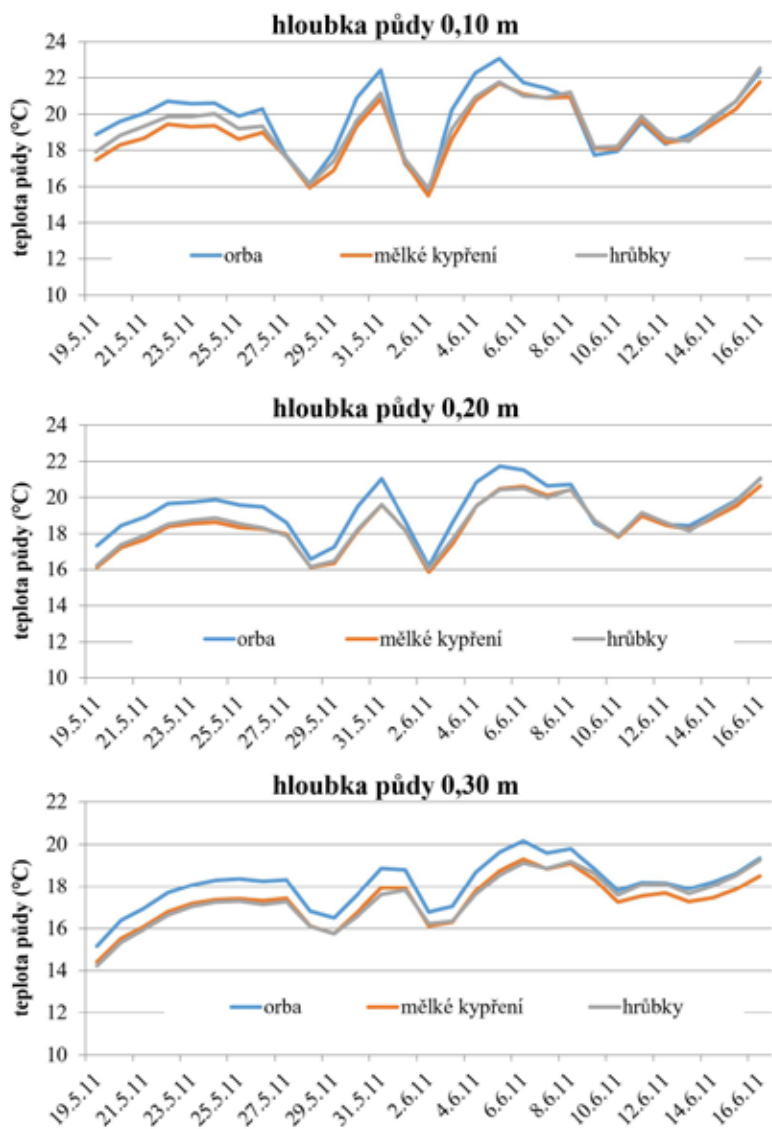
8. 3. Teplota a voda v půdě

Naše dosavadní zkušenosti s ověřováním technologie pěstování kukuřice seté v hrůbčích potvrzují pozitivní efekt technologie na ohřev horní vrstvy půdy na počátku vegetace. Technologie tvorby hrůbků vykazuje samozřejmě rychlejší ohřev horní vrstvy půdy (do 0,1 m) ve srovnání s ostatními půdoochrannými technologiemi, jako jsou setí do mělce zpracované půdy s přítomnými rostlinnými zbytky na povrchu půdy a setí do vymrzající meziplodiny. Ve srovnání s konvenční technologií představovanou orbou a konvenční celoplošnou předseťovou přípravou vykazuje hrůbkový systém pomalejší ohřev horní vrstvy půdy (obr. 79). Měření teploty půdy na variantách s výsevem do hrůbků a do mělce celoplošně kypřených hrůbků v roce 2020 prokázalo pozitivní vliv ohřívání půdy ve středu řádku rostlin na plochách s hrůbků vůči variantě s nakypřenými hrůbků v denních hodinách (obr. 80). U hrůbků na začátku vegetace však docházelo k poklesu teploty půdy v hloubce půdy 0,1 m v nočních hodinách vůči nakypřeným hrůbkům. V hloubce půdy 0,2 a 0,3 m byly v průběhu měření denního chodu zaznamenány vyšší teploty půdy ve srovnání s nakypřenými hrůbků. K výraznějšímu ohřevu docházelo v hrůbčích od druhé poloviny května.

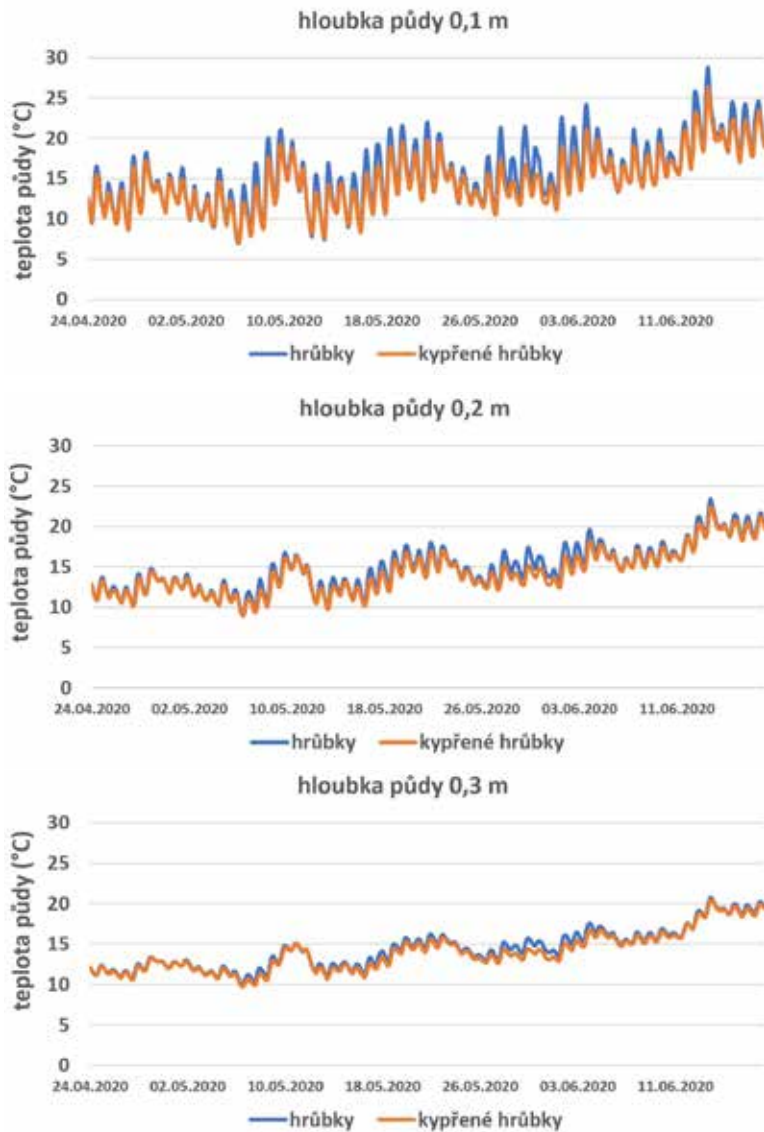
Rychlejší ohřev vrcholů hrůbků je samozřejmě spojen s rychlejším vysycháním horní vrstvy půdy ve srovnání s ostatními půdoochrannými technologiemi (setí do mělce zpracované půdy s rostlinnými zbytky, setí do vymrzající meziplodiny, či se setím do nezpracované půdy). Výsledky měření v letech 2011 – 2012 prokázaly, že k rychlejšímu poklesu objemové vlhkosti půdy ve srovnání s vrcholem hrůbku (hloubka půdy 0,1 m) docházelo na oraných variantách (tab. 26). Obdobný trend samozřejmě vykazují i hodnoty potenciálu půdní vody. V roce 2020 byl potvrzen rychlejší pokles potenciálu půdní vody na plochách při výsevu do hrůbků ve srovnání s variantou s mělkým nakypřením hrůbků před výsevem kukuřice. Tato skutečnost však není při fungování kapilárního vztláčení v hrůbku faktorem, který negativně ovlivňuje vývoj rostlin kukuřice, protože rychlejší vývoj rostlin v důsledku ohřevu půdy urychluje i rozvoj kořenů do spodních vrstev hrůbku, kde tyto systémy vykazují obdobnou dostupnost vody pro rostliny jako ostatní technologie.

Tab. 26: Vliv rozdílných technologií zpracování půdy na hodnoty objemové vlhkosti půdy (VWC, %) ve vrstvách půdy 0 – 0,05; 0,10 – 0,15 a 0,20 – 0,25 m (stanoveno dne 5. 4. 2011) na lokalitě Červený Újezd. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v rámci sloupců.

varianta	VWC (%)		
vrstva půdy	0 – 0,05 m	0,10 – 0,15 m	0,20 – 0,25 m
vrchol hrůbku	11,7 a	23,4 a	29,8 a
mezihrůbek	20,4 b	25,4 ab	26,9 a
mělké kypření	23,1 b	30,3 b	29,3 a
orba	18,9 b	24,7 ab	31,2 a



Obr. 79: Průměrné denní teploty půdy v hloubce půdy 0,1; 0,2 a 0,3 m na plochách s výsevem kukuřice do hrůbků, s mělkým kypřením a na oraných plochách v roce 2011 na lokalitě Červený Újezd na počátku vegetace porostů.



Obr. 80: Průběhy denní teploty půdy na variantách s výsevem do hrůbků a do mělce celoplošně kypřených hrůbků v hloubkách půdy 0,1; 0,2 a 0,3 m v roce 2020 na lokalitě Kněžmost. Čidla byla umístěna ve středu řádku kukuřice seté.

8. 4. Půdní struktura a pokryvnost půdy

Hrubší struktura půdních částic a přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy při hrůbkovém pěstování kukuřice seté má pozitivní vliv na stabilitu půdních agregátů z důvodu ochrany povrchu většími půdními částicemi a rezidui mulče tlumícími kinetickou energii dešťových kapek dopadajících na povrch půdy (tab. 27).

Tab. 27: Hodnoty podílu stabilních agregátů z jejich celkového množství (SAS), hodnoty pH_{KCl} a obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox} , %) dne 5. 4. 2011 a 22. 8. 2011. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v rámci sloupců. Průměr ze čtyřech opakování na variantě (lokalita Červený Újezd).

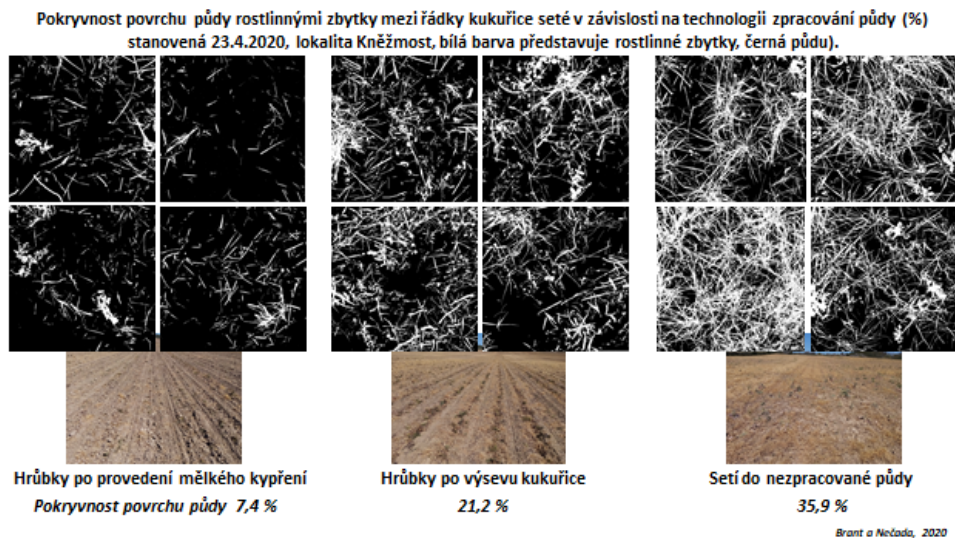
varianta	5. 4. 2011			22. 8. 2011		
	SAS	pH	C_{ox}	SAS	pH	C_{ox}
hrůbky	0,48 b	5,4 a	2,0 a	0,68 b	5,3 b	1,8 b
mělké kypření	0,34 a	5,5 a	2,1 a	0,61 ab	5,0 a	1,2 ab
orba	0,43 b	5,6 a	1,7 a	0,56 a	5,9 c	0,8 a

Tvorba hrůbků do nepodmítnutého strniště vykazuje obdobné hodnoty pokryvu půdy rostlinnými zbytky jako technologie setí do mělce zpracované půdy (tab. 28). Ozelenění hrůbků po jejich tvorbě zvyšuje procento pokryvu půdy na jaře po aplikaci totálního herbicidu. Pokryvnost povrchu půdy je u systému ozelenění hrůbků nižší než při přímém setí kukuřice seté do vymrzlé meziplodiny. Mělké celoplošné kypření hrůbků však vede ke snížení pokryvu povrchu půdy rostlinnými zbytky (obr. 81).

Na základě výsledků našich pokusů v letech 2011 – 2012 vykazovala začátku vegetace technologie setí do hrůbků nižší hodnoty kapkové eroze ve srovnání s orbou, ale vyšší ve srovnání s mělkým kypřením, přestože pokryvnost povrchu rostlinnými zbytky byla shodná. Důvodem je navýšení plochy povrchu půdy hrůbkováním, čímž dochází k nárůstu kontaktní plochy povrchu půdy přicházející do styku s dešťovými kapkami. Proto je u systémů setí kukuřice seté do hrůbků nutné zajistit dobrou pokryvnost stěn hrůbků a prostoru mezi hrůbků rostlinnými zbytky.

Tab. 28: Pokryvnost půdy rostlinnými zbytky a plevely dne 5. 4. 2011 a 22. 8. 2011. Průměr ze čtyř opakování na variantě. Rozdílné indexy mezi průměry dokumentují statisticky průkazný rozdíl na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ v rámci sloupců (lokalita Červený Újezd).

varianta	pokryvnost (%)	
	5. 4. 2011	22. 8. 2011
hrůbky	10,9 b	12,1 b
mělké kypření	10,0 b	16,6 b
orba	1,6 a	1,5 a

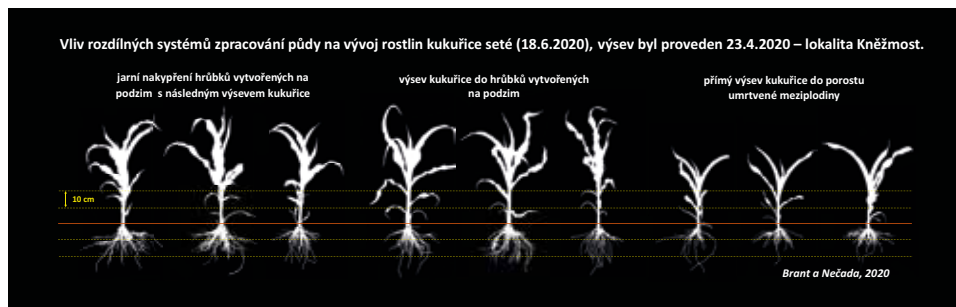


Obr. 81: Pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky mezi řádky kukuřice seté po výsevu v závislosti na technologii zpracování půdy (%) stanovená 23. 4. 2020, lokalita Kněžmost, bílá barva představuje rostlinné zbytky, černá půdu.

8. 5. Vývoj rostlin a produkce biomasy

Výsledky stanovené v podmínkách České republiky poukazují na skutečnost, že počáteční vývoj rostlin kukuřice seté vyseté do hrůbků vykazuje obdobnou dynamiku růstu, jako u ostatních technologií. Při chladném a vlhkém průběhu jara je dynamika vývoje rostlin na hrůbcích rychlejší než na plochách s mělkým zpracováním půdy či seti do mulče. Ve srovnání s orbou v kombinaci s klasickou předseťovou přípravou je však dynamika pomalejší. Obrázek 82 dokumentuje vliv rozdílných systémů zpracování půdy na vývoj rostlin kukuřice seté (18. 6. 2020), výsev byl proveden 23. 4. 2020 na lokalitě Kněžmost.

Při tvorbě velkých hrud v prostoru hrůbku při podzimním zpracování půdy a jejich nerozpadnutí se během zimního období může dojít k horší vzcházejivosti rostlin a ke snížení jejich počtu na jednotku plochy, včetně omezení růstu, v důsledku snížené dostupnosti vody na počátku vegetace. Pomalejší dynamiku růstu mohou rostliny ještě při následném dostatku srážek kompenzovat v druhé polovině vegetace, ale nelze zapomínat na skutečnost, že počet rostlin na jednotku plochy je u kukuřice seté významný výnosotvorný prvek.



Obr. 82: Vliv rozdílných systémů zpracování půdy na vývoj rostlin kukuřice seté (18. 6. 2020), výsev byl proveden 23. 4. 2020 na lokalitě Kněžmost.

Námi stanovené výsledky produkce nadzemní biomasy při pěstování na siláž ukazují, že výnosy biomasy silážní kukuřice dosahují obdobných hodnot jako u jiných technologií. Výraznější vliv na produkci biomasy má průběh ročníku, kdy se u hrůbkové technologie může méně projevit počáteční výhoda ohřevu půdy na jaře. Výnosy suché nadzemní biomasy se na lokalitě Červený Újezd pohybovaly v rozmezí 19 až 20 t suché nadzemní biomasy na hektar.

Samotné výnosy však nejsou primárním hodnocením efektivity technologie. Zásadním přínosem technologie je snížení počtu pracovních operací, zejména omezení předsetové přípravy a snížení rizik zhutnění půdy.

8. 6. Využití navigačních technologií

Základem technologie je zajištění výsevu osiva do středu hrůbku. Zejména při setí do vrcholu hrůbku je potřebné zajistit přesné navedení stroje na hrůbek a udržení trajektorií výsevních sekcí na vrcholu hrůbku. K dobrému vedení výsevních sekcí po vrcholu hrůbku přispívá kvalitní seřízení a urovnání vrcholu hrůbku. Základem je rovněž sladění trajektorií jízdy hrůbkovače a následně sečícího stroje, jejichž pracovní záběry se musí shodovat. Opomenout nelze ani dostatečnou šířku souvratě zajišťující přímý nájezd sečící soupravy na hrůbky, ta se bude odvíjet od záběru souprav.

9. SYSTÉMY ŽIVÉHO A MRTVÉHO MULČE

Pěstební systémy kukuřice seté pracující s využitím živého a mrtvého mulče představují širokou skupinu technologií. Jejich obecným základem je práce s efekty mulče za účelem eliminace větrné a vodní eroze, omezení evapotranspirace, zvýšení biologické aktivity půdy, omezení rozvoje plevelů, obohacení půdy o organickou hmotu apod.

Z hlediska dílčího pohledu na tyto pěstební systémy lze jejich členění provést na základě rozdílných pohledů. Primární kritéria jejich dělení jsou:

- Zdroj mulče pokrývajícího povrch půdy (rostlinné zbytky předplodiny či cíleně založený vegetační kryt).
- Termín cíleného založení vegetačního krytu ve vztahu k termínu výsevu kukuřice seté (před výsevem, při výsevu či po výsevu kukuřice seté).
- Pokrytí povrchu půdy mulčem v době výsevu kukuřice seté (celoplošný pokryv či cílené pokrytí půdy ve vztahu k řádkům kukuřice seté).
- Způsob umrtvení cíleně založeného vegetačního krytu (působení abiotických faktorů, chemická regulace, mechanická regulace).
- Primární funkce cíleně založeného mulče či mulče předplodiny (protierozní ochrana, omezení evaporace, fixace živin a tvorba biomasy, biologické zpracování půdy apod.).

Výše uvedené faktory se při uplatnění v zemědělské praxi prolínají a jejich výběr vychází z daného pěstebního cíle při dané struktuře plodin a je určován ve vztahu k eliminaci případných rizik omezujících pěstování kukuřice seté, či faktorů negativně působících na přírodní zdroje. Využití systémů živého a mrtvého mulče je rovněž závislé na systémech zpracování půdy a má své uplatnění v systémech celoplošného (mělkého a hlubšího) zpracování půdy bez jejího obracení, v systémech pásového zpracování půdy, při pěstování kukuřice seté v hrůbcích, až po systémy setí do nezpracované půdy. Opomenout nelze ani možnost jejich využití při orebném zpracování půdy.

9. 1. Setí do mulče předplodiny

Základem systému je využití rostlinných zbytků předplodiny pro tvorbu mulče. Kritériem pro členění technologických postupů je stav pozemku po sklizni předplodiny, který vychází z termínu sklizně ve vztahu k růstové fázi předplodiny. Jedná-li se o sklizeň předplodiny ve fázi tvorby generativních orgánů (porost se nachází ve fázi plné zralosti plodů), je mulč tvořen rostlinnými zbytky strniště, případně slámou předplodiny. Ve většině případů se při pěstování kukuřice seté jedná o využití rostlinných zbytků po sklizni obilnin na zrno. Sláma obilnin vykazuje z důvodu

širšího poměru C a N (70 – 120 : 1) dlouhodobější odolnost vůči biologické degradaci a mulč zůstává na povrchu půdy přítomen až do poloviny vegetace kukuřice seté. V důsledku suchého průběhu počasí dochází rovněž k pomalejší degradaci slámy, ale pomalejší rozklad zvyšuje fyto-sanitární rizika pro kukuřici. Množství mulče a rostlinných zbytků na povrchu půdy je závislé na druhu předplodiny, kdy lze při odhadu jeho množství vycházet z obecně platných poměrů zrna a slámy u obilnin. *Morgan (2005)* uvádí, že při 30% pokryvnosti povrchu půdy slámou obilnin odpovídá přibližně hodnotě 1,2 t slámy na hektar. Skutečné množství mulče na povrchu půdy, tedy vrstva mulče a pokryvnost půdy, však závisí i na způsobu zpracování půdy. Systémy celoplošného mělkého či hlubšího zpracování půdy snižují celkovou pokryvnost povrchu půdy mulčem obilnin předplodiny. Pokryvnost povrchu půdy se v závislosti na použitém typu stroje může pohybovat v rozmezí 20 až 60 %. Při výsevu kukuřice seté do nezpracované půdy systémem přímého setí dochází ke zvýšení pokryvnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky až na hodnotu 90 %. Systémy setí kukuřice seté do mulče předplodiny mající ukončený vývoj jsou standardně celosvětově uplatňovány v technologiích mělkého celoplošného zpracování půdy a setí do nezpracované půdy.

Přítomnost posklizňových zbytků předplodiny na povrchu půdy zásadním způsobem omezuje celoplošnou aplikaci preemergentních herbicidů a použití jejich pásových aplikací za účelem omezení spotřeby účinné látky na jednotku plochy vyvolává potřebu změny technologií. Tedy vývoj strojů zajišťujících dokonalé odstranění rostlinných zbytků z povrchu řádku plodiny před nebo při setí a vývoj strojů pro pásovou aplikaci pesticidů. Odstranění rostlinných zbytků z řádku plodiny je důležité i z fyto-sanitárního hlediska, z důvodu ohřevu půdy a výměny půdního vzduchu, a roli hraje i při eliminaci negativního vlivu mulče při vzcházení. Tím se dostáváme k navýšení významu postemergentních herbicidů, jejichž účinek je však výrazněji ovlivňován počasím, zejména chladnými periodami. Při případném zákazu *glyphosate* dojde k potřebě jejich častější aplikace, což bude zvyšovat náklady na pěstební technologií.

Omezení zpracování půdy za účelem ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy eliminuje i možnosti hlubšího zapravení živin do půdy a změnu dynamiky rozkladu slámy. Posun rozkladu slámy do jarního období a její rozklad v důsledku srážek spadlých až v termínu či po termínu výsevu kukuřice zvyšuje rizika nástupu dusíkové deprese v době raného vývoje porostů. Redukce hloubky zpracování půdy a omezení promyšleného režimu půdy v důsledku sucha přispívá k zásadnímu nárůstu rizika reziduálního působení herbicidů a opomenout nelze ani zvyšování salinity s dopady na půdní strukturu.

Druhou možností je zakládání porostů kukuřice seté do strniště předplodiny, která se v termínu sklizně nenacházela ve fázi plné zralosti semen a její rostlinné zbytky (kořenový systém a neskližená nadzemní biomasa) mohou vykazovat schopnost regenerace. Do této skupiny lze zařadit výsev kukuřice seté po píce-nách, či meziplodinách, sklizených na produkci biomasy. V důsledku odvozu nadzemní biomasy zde klesá množství rostlinných zbytků ponechaných na povrchu pozemku

a nutné je rovněž provést umrtvení regenerujících rostlin předplodiny. Zde je potřebné pracovat s termínem sklizně předplodiny. Byla-li sklizena na podzim, může k omezení její regenerace přispět působení mrazu nebo je nutné ji na podzim, či na jaře, umrtvit herbicidně. Je-li sklizeň předplodiny či meziplodiny provedena na jaře, je opět nutné regeneraci předplodiny řešit herbicidně. Stabilita rostlinných zbytků předplodin a meziplodin sklizených na produkci biomasy je z důvodu užšího poměru C : N velmi omezena a rostlinné zbytky strniště rychle podléhají biologické degradaci.

9. 2. Systémy zakládání kukuřice seté do cíleně založeného umrtveného mulče

Technologie jsou založeny na principu cíleného vytvoření vegetačního krytu, který bude využit pro tvorbu mulče. Také tyto systémy se vyznačují značnou variabilitou a primárně jdou rozdělit na systémy výsevu do vymrzajících a nevymrzajících plodin, kdy se počítá s výsevem do umrtveného mulče. Z hlediska multifunkčnosti těchto systémů lze při jejich využití pracovat s následujícími efekty, které systémy setí do mulče předplodiny nejsou ve většině případů schopny zajistit:

- Cílené biologické zpracování půdy kořenovými systémy porostů založených pro tvorbu mulče.
- Fixace slunečního záření v meziorostním období mezi dvěma hlavními plodinami.
- Produkce biomasy a fixace živin do rostlinných pletiv a tvorba zdroje organické hmoty pro půdní ekosystém.
- Zajištění koloběhu vody a chlazení krajiny v meziorostním období, kdy ukončení vegetace založeného porostu vychází z požadavku na omezení rizik přesušení půdy.
- Vytváření druhově pestré potravní nabídky pro volně žijící organismy a stabilizace potravních řetězců.
- Aktivní omezení růstu plevelů na základě konkurence mezi plevelnými rostlinami a založenými porosty.

U těchto systémů se většinou předpokládá celoplošné ozelenění povrchu pozemku bez respektování budoucích řádků kukuřice. Celoplošné pokrytí povrchu půdy takto vytvořeným mulčem je spojeno s problémy pomalejšího ohřevu půdy, s pomalejším vysycháním půdy a s následným oddálením termínu výsevu. Opomenout nelze ani případná rizika regenerace vysetých druhů pro tvorbu mulče, především v řádku rostlin kukuřice seté.

9. 2. 1. Zakládání porostů do vymrzajících plodin

Jedná se o velmi rozšířené agrotechnické postupy pracující především s porosty vymrzajících letních či strniskových meziplodin. U porostů vymrzajících meziplodin se předpokládá ukončení vegetace porostů mrazem. Pro osevy se využívají rozdílné jednoleté druhy a jejich směsi především z čeledi brukvovitých, bobovitých, hvězdnicovitých, stružkovcovitých, rdesnovitých apod., případně se jedná o jednoleté teplomilnější druhy z čeledi lipnicovitých (čiroky a béry),

v podmínkách se spolehlivým nástupem mrazů o ovsy. Tabulka 29 dokládá příklady dvou- až tří-komponentních směsí strniskových vymrzajících meziplodin vhodných pro tvorbu mulče pro výsev kukuřice seté do vymrzlé meziplodiny.

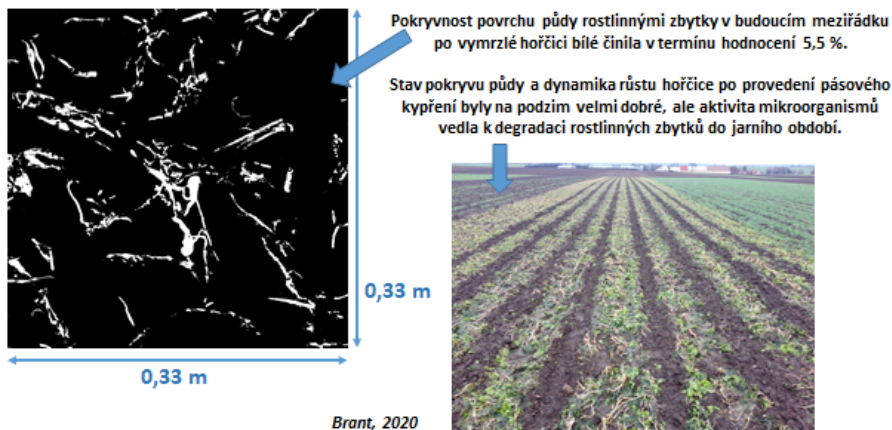
Tab. 29: Příklady směsí strniskových plodin. Varianty dvou- a tří-komponentních směsí meziplodin a hodnoty výsevku (kg/ha), upraveno podle *Brant a kol. (2017c)*.

druh 1	výsevek (kg/ha)	druh 2	výsevek (kg/ha)	druh 3	výsevek (kg/ha)
hořčice bílá	10	svazenka vratičolistá	8		
lnička setá	8	svazenka vratičolistá	8		
pohanka obecná	50	svazenka vratičolistá	8		
oves setý	60	svazenka vratičolistá	8		
oves setý	60	ředkev olejná	18		
oves setý	50	hořčice bílá	5		
oves setý	40	hořčice bílá	5	mastňák habešský	8
ředkev olejná	18	hořčice bílá	10		
mastňák habešský	10	hořčice bílá	7		
pohanka obecná	50	hořčice bílá	10		
svazenka vratičolistá	7	hořčice bílá	5	mastňák habešský	8
svazenka vratičolistá	5	pohanka obecná	35	hořčice bílá	6

Z hlediska tvorby mulče je primárním cílem dosažení dostatečného množství nadzemní biomasy, která zůstane na povrchu půdy až do vzejití porostu kukuřice seté. Dostatečná tvorba nadzemní biomasy je však značně závislá na průběhu počasí, tedy na dostatku půdní vláhy a následně na nástupu nízkých teplot, které vegetaci porostů ukončí. Produkce nadzemní biomasy strniskových vymrzajících meziplodin se může v podmínkách České republiky pohybovat v rozmezí od 0,2 až 5,3 t/ha (*Brant a kol., 2009; Brant a kol., 2011; Brant a kol., 2017c*).

Setrvání rostlinných zbytků meziplodiny na povrchu půdy od umrtvení do termínu výsevu hlavní plodiny na jaře je však spojeno s rizikem degradace pro bakterie dobře rozložitelné biomasy. Tomu přispívají i teplejší průběhy zim a celkově absence sněhové pokrývky a promrznutí půdy. Ztráta pokrývnosti je však následně kompenzována dřívějšími efekty aktivního působení kořenů na infiltraci, na stabilitu půdních agregátů, na rozvoj kroužkovců apod. Obrázek 83 dokumentuje pokrývnost povrchu půdy rostlinnými zbytky hořčice bílé na jaře po podzimním provedení pásového kypření na lokalitě Nabočany.

Pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky hořčice bílé na jaře (12.3.2019) po podzimním provedení pásového kypření



Obr. 83: Pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky hořčice bílé na jaře po podzimním provedení pásového kypření na lokalitě Nabočany.

Pokryvnost půdy má samozřejmě důležitý vliv na omezení erozních rizik a na snížení evaporace z půdy v pozdějším období vývoje kukuřice seté. Z hlediska založení porostů však mohou vzrůstné porosty zanechávající silné lodyhy vymrzlé mezplodiny představovat problém pro práci secích strojů, především z důvodu omezení průchodnosti rostlinného materiálu mezi výsevními sekcemi. Tyto problémy lze očekávat při snižování rozteče řádků. Při rozteci 0,75 m je dostatek prostoru pro uložení rostlinných zbytků do prostoru meziřádku. Obrázek 84 dokumentuje rozdílný stav porostů vymrzlé hořčice bílé před výsevem kukuřice seté.



Obr. 84: Rozdílné množství rostlinných zbytků a stav habitu vymrzlých rostlin může zásadním způsobem ovlivnit následné agrotechnické operace a výsev kukuřice seté, fotografie dokládají dva odlišné porosty hořčice bílé na jaře (foto Brant).

Přestože jsou v těchto systémech využívány k osevu především vymrzající druhy, je při mírných průbězích zimy nutné počítat i s určitým rizikem jejich regenerace. Typickým druhem vyznačujícím se schopností regenerace po poškození mrazem je ředkev olejná (Brant a kol., 2019b). Její rostliny na jaře dobře regenerují ze ztloustlých kořenů chráněných v půdě před mrazem (obr. 85). Poslední průběhy zim však poukázaly na skutečnost, že schopnost odolávat nižším teplotám mají i rostliny hořčice bílé nacházející se do nástupu zimy ve fázi počátku prodlužovacího růstu, nebo vzrůstné porosty svazenky vratičolisté. Druhy jako jsou pohanka obecná, lnička setá, masťňák habešský, čiroky a béry apod. vykazují vysokou citlivost k nízkým teplotám, kdy teploty pod 8 °C již mohou vést k ukončení jejich růstu. Tato skutečnost však může přispět i k předčasnému poškození rostlin po vzejití a k jejich eliminaci ve směsi.



Obr. 85: Rostliny ředkve olejné na jaře dobře regenerují ze ztloustlých kořenů chráněných v půdě před mrazem (foto Brant).

9. 2. 2. Zakládání porostů do nevymrzajících plodin

Legislativní nařízení spojená s pěstováním kukuřice seté na mírně erozně ohrožené půdě vycházející z požadavku na splnění 20% pokryvnosti povrchu půdy v termínu výsevu kukuřice seté vedla k rozvoji výsevů do nevymrzajících mezipločin. Zároveň tato skutečnost přispěla ke snížení spektra druhů pro cílené ozelenění půdy, které fungovaly jako významné přerušovače osevních sledů. Dominantní roli převzaly nevymrzající druhy z čeledi lipnicovité, které vykazují přijatelnou dynamiku růstu na podzim a rychlou tvorbu pokryvu půdy na jaře (Brant a kol., 2019a). Vyznačují se intenzivním prokořeněním horní vrstvy půdy svazčitými kořeny, ale také jsou problematicky

hubitelné mechanicky a vykazují vysokou míru regenerace i po aplikaci herbicidů. Vyšší schopnost regenerace rostlin po aplikaci herbicidů, včetně *glyphosate*, je většinou spojena s pomalou translokací herbicidů do nadzemní biomasy a do kořenového systému při časných aplikacích spojených s chladným počasím, či obecně při delším studeném průběhu jara. Naše dosavadní výsledky rovněž potvrdily předpoklad, že náhrada účinné látky *glyphosate* graminicidními herbicidy za účelem regulace nevymrzajících porostů obilnin založených pro tvorbu mulče v kukuřici seté není efektivní a vede nejen ke zvýšení ekonomických vstupů, ale rovněž k potřebě opakování herbicidního zásahu (Brant a kol., 2019a). Za v praxi použitelné řešení regulace nevymrzajících porostů obilnin určených pro tvorbu mulče nelze považovat ani v některých zemích Evropské unie uplatňované omezení účinné dávky *glyphosate* na jednotku plochy za rok, protože povolené dávky nezajistí spolehlivou regulaci vysetých obilnin v jarním období. Obrázek 86 dokládá srovnání účinku graminicidu na porost žita setého ve srovnání s aplikací herbicidu s účinnou látkou *glyphosate*.

Stav porostů žita setého po aplikaci herbicidů (12.4.2019) dne 29.4.2019 na plochách s kukuřicí setou založenou technologií strip till (25.4.2019)

Aplikace přípravku Agil (1,5 l/ha)



Aplikace přípravku Roundup Flex (3 l/ha)



Brant, 2019

Obr. 86: Stav porostů žita setého po aplikaci herbicidů dne 29. 4. 2019, lokalita Herálec.

Současné spektrum druhů z čeledi lipnicovité, které jsou v praxi využívány pro tvorbu mulče pro kukuřici setou, je tvořeno jednoznačně ozimými obilninami. Ty zcela vytlačily klasické trávy. Nevýhodou klasických trav využitelných pro tvorbu mulče (jílky, srhy a kostřavy) je pomalá dynamika růstu na podzim a v časném jaře. Určitým způsobem zajišťujícím vyšší tvorbu biomasy jsou časnější výsevy. Ty jsou však problematické při suchých podzimech. Dalším rizikovým faktorem je výsev trav po obilninách, kdy klasické trávy nejsou schopny konkurovat výdrolu obilní předplodiny. Klasické travní druhy jsou rovněž obtížněji hubitelné mechanicky a vykazují vysokou schopnost regenerace.

Opomenout nelze ani jednoznačně vyšší náklady na osivo ve srovnání s obilninami. Kombinace menší produkce nadzemní biomasy a jemnější listy trav vedou k rychlejší degradaci biomasy po umrtvení, a proto je zajištění podmínky pokryvu půdy v termínu výsevu rostlinnými zbytky (20 % podle podmínek DZES) obtížně dosažitelné.

Na základě výše uvedených skutečností jsou v praxi preferovány ozimé obilniny. U obilnin by výsev neměl překročit 60 kg/ha z důvodu omezení tvorby kompatního drnu. Žito seté má dobrou schopnost potlačovat plevely včetně jejich regulace na základě alelopatického působení (Samson, 1991). Při využití farmářského, či v praxi používaného vlastního osiva, se jedná o ekonomicky nejefektivnější řešení, včetně dostupnosti secích strojů a dalších technických prostředků pro výsev (např. využití rozmetadel hnojiv). Většinou zemědělci z fytosanitárního hlediska preferují žito, které se vyznačuje i optimální dynamikou růstu. Omezené je využití ozimého ječmene. S nárůstem ploch spadajících do kategorie erozně ohrožených bohužel narůstá využití pšenice ozimé. Důvodem je zajištění dostupnosti levného osiva na narůstající plochy. Osivem pšenice ozimé vlastní provenience disponují asi všechny subjekty a její rychlá využitelnost dle potřeby setí a cena jsou základními faktory rozhodujícím o jejím využití.

Rizikovým faktorem při využití nevymrzajících obilnin pro tvorbu mulče je riziko jejich regenerace. Následná konkurence regenerujících obilnin vůči rostlinám kukuřice seté může vést ke snížení výnosu silážní kukuřice až o 30 %.

9. 3. Systémy zakládání kukuřice seté do živého mulče

V Evropě se ověřují technologie tzv. přímého setí do živého či čerstvého mulče (např. Ilgen, 2017; Böhlér a Dierauer, 2017). Výrazněji jsou tyto systémy ověřovány u obilnin a vznikly za účelem omezení použití neselektivních herbicidů v systémech redukováného zpracování půdy. U kukuřice seté se ověřují výsevy především do porostů ozimých luskovin. Luskoviny jsou voleny z důvodu fixace vzdušného dusíku a jeho následného využití porosty kukuřice seté, včetně pokrytí půdy biomasou omezující rozvoj plevelů. Ověřování technologie, která přispívá i ke snížení erozních rizik a po mechanickém umrtvení porostu zajišťujícího tvorbu mulče při setí, či těsně před výsevem, probíhala především v ekologických systémech. Systémy setí do živého mulče a výsevy do krycích porostů umrtvených v krátké době před výsevem, či při něm, jsou však spojeny i s rizikovými faktory. Corak a kol. (1991) poukazují na skutečnost, že výsev kukuřice seté do porostu vikve huňaté byl spojen se zpomalením vývoje kukuřice v časném počátku vegetace v důsledku přesušení půdy rostoucím porostem vikve huňaté. Zároveň však uvádějí, že v důsledku omezení evaporace mulčem se po dvou až čtyřech týdnech vlhkost vyrovnala s plochami představujícími podzimní úhor a do osmého týdne od výsevu byla vlhkost v horní vrstvě půdy vyšší. Vliv vikve huňaté na výživu kukuřice seté se projevil jen na plochách s nulovým hnojením minerálním dusíkem.

Böhler a Dierauer (2017) ověřovali technologie setí kukuřice seté do porostu pomocných plodin umrtných řeznými válci, kdy porosty byly uvaleny ve směru budoucí jízdy secího stroje. Cílem bylo omezení rozvoje plevelů a zajištění výživy pro rostliny kukuřice seté rozkladem rostlinných zbytků. Výsledky ukázaly, že ve srovnání s konvenční technologií, byly výnosy silážní kukuřice, v závislosti na použité pomocné plodině, o 7 až 25 % nižší. Přesto autoři považují technologii za efektivní. Jako hlavní výhody uvádějí zvýšení úrodnosti půdy při sklizni, omezení vyplavování živin v zimním období a intenzivní podporu kapitálního systému půdy. Za nevýhody považují riziko přesušení půdy na jaře neumrtným porostem pomocné plodiny, zamezení pronikání nízkých srážek na začátku vegetace vrstvou mulče do horní vrstvy půdy, pomalou mineralizaci mulče, omezení regulace plevelů, riziko prorůstání vojtěšky seté, jílku vytrvalého a šťovíků mulčem a zvýšené riziko výskytu slimáčků.

Technologie však přináší i technologické problémy při setí, kdy z hlediska zajištění kvalitní práce secího stroje musí dojít k povalení porostu či jeho rozmělnění řeznými či lámacími válci ve směru jízdy secího stroje.

9. 4. Zakládání podsevů a pomocných plodin

Zakládání podsevů do porostů kukuřice seté je dlouhodoběji využívaný systém, jehož základ lze nalézt v 80. letech minulého století. Základem vzniku systémů byla eliminace plevelů v meziřádcích kukuřice seté v ekologickém zemědělství. Zakládání podsevů do kukuřice lze rozdělit na využití jednoletých a víceletých podsevočných plodin (*Brant a kol., 2019b*). V rámci jednoletých druhů jsou využívány svazenka vratičolistá, jetel nachový, vikve apod. U jednoletých druhů je však problematický případný vstup rostlin do generativní fáze a zvýšení rizika zaplevelení následných plodin jejich generativními orgány. U vzrůstných druhů je nutné posunout termín výsevu z důvodu omezení konkurence s kukuřicí setou o vodu a živiny. Porosty vikve huňaté založené do porostu kukuřice v květnu nebo v červnu redukovaly produkci plevelů až o 95 % bez vlivu na výnos kukuřice (*Hoffman a kol., 1993*).

Dále se rozvíjí systémy pomocných plodin, kde jsou společně s kukuřicí setou, či po jejím výsevu do meziřádků zakládány jednoleté druhy z čeledi bobovitých (zástupci rodu fazol, hrách, vikve apod.), které se mají podílet na zásobování rostlin kukuřice seté především dusíkem a fosforem. Ověřováno je souběžné pěstování fazolu setého a kukuřice seté (*Paul, 2016*).

Specifickou podsevočnou plodinou jsou ozimé obilniny (pšenice ozimá, žito seté a triticales). Obilniny byly v rámci osetí meziřádku využívány jako dobře vzcházející druhy, které vytváří hustý pokryv půdy a dobře reagují na mulčování meziřádku v raných fázích vývoje. Systémy cíleného mulčování meziřadí kukuřice seté s pomocnou plodinou se opět začínají ověřovat. Důvodem je rozvoj meziřádkových systémů mulčování, které umožňují vstup i do porostů kukuřice seté v prodlužovací

fázi, či umrtvení porostů pomocných plodin vysetých do pásů před výsevem kukuřice seté v době růstu hlavní plodiny.

Nejčastěji se jako podseвовé plodiny do kukuřice seté využívají víceleté trávy (jílek vytrvalý a mnohokvětý, kostřava červená a zástupci rodu srha) a jeteloviny (jetel plazivý, jetel luční, jetel šípovitý, jetel zvrácený, jetel podzemní, tolíce dětelová a další) – obrázek 87. Při hodnocení podseвовých meziplodin vykazovala dobré výsledky i lipnice obecná (*Ammon a Scherrer, 1994*). Pozitivní vliv podseवů jetelovin (jetele lučního, jetele plazivého a komonice lékařské) na výnosy kukuřice popisuje *Könnecke (1967)*. Příklady druhů vhodných jako podseвовé pomocné plodiny dokládá tabulka 30.



Obr. 87: Posev jetele plazivého v porostech kukuřice seté založený do porostu při výšce rostlin kukuřice 0,3 m (foto Brant).

Tab. 30: Příklady podsekových pomocných plodin jejich směsí do porostů kukuřice seté (Brant a kol., 2019b).

rostlinný druh	výsevek (kg/ha)	termín výsevu
jetel luční	8 – 10	při výšce kukuřice 30 cm
	15 – 17	přísev do meziřádku při výšce kukuřice ± 1 m
jetel plazivý	5 – 6	od 6. listu kukuřice
	10 – 14	přísev do meziřádku při výšce kukuřice ± 1 m
jetel šípovitý	12	přísev do meziřádku při výšce kukuřice ± 1 m
jetel podzemní	16	přísev do meziřádku při výšce kukuřice ± 1 m
jílek mnohokvětý	30 – 40	při výšce kukuřice 30 cm, pozdní odrůdy jílku
jílek mnohokvětý + jetel luční+ jetel plazivý	12 + 3 + 2	při výšce kukuřice 30 cm, pozdní odrůdy jílku
jílek vytrvalý	4 – 5	od výsevu do fáze 2. – 3. listu kukuřice, pozdní odrůdy jílku
jílek vytrvalý	5 – 6	ve fázi 5 – 6. listu kukuřice, pozdní odrůdy jílku
	16 – 20	přísev do meziřádku při výšce kukuřice ± 1 m
jílek vytrvalý + jetel plazivý	6 + 2	od 6. listu kukuřice, pozdní odrůdy jílku
srha laločnatá	5 – 6	ve fázi 5. – 6. listu kukuřice

Zásadní otázkou výsevu podsevů je termín. U většiny druhů se doporučuje termín výsevu při výšce rostlin kukuřice seté minimálně 0,3 m z důvodu omezení vzájemné konkurence rostlin na počátku vegetace. U pozdních odrůd trav lze termín výsevu provést dříve. Je potřebné si však uvědomit, že z protierozního hlediska nemají podsevy založené až po vzejití porostů kukuřice seté na začátku vegetace zásadní význam. Zakládání podsevů lze provádět pomocí plečích bran osazených zásobníkem osiva s pneumatickým transportem osiva k rozptylovacím destičkám. Plečí brány je vhodné upravit tak, aby pruty pracovaly jen v meziřádku. Nebo lze výsev provést při plečkování za kypřicí nástroje plečky. Známé jsou i speciální konstrukce umožňující výsev do meziřádku pomocí secích botek. Jednotlivé systémy lze rovněž rozlišit na základě možnosti přesného lokálního výsevu do meziřádku (výsev secí botkou a za pracovní nástroje plečky) a na systémy náhodného rozmístění osiva do porostu kukuřice seté, včetně rizika uložení do řádku hlavní plodiny. Plošné výsevy jsou rizikové i z důvodu pomalého vzcházení osiva uloženého na povrchu půdy nebo mělce pod povrchem půdy.

Dlouhodoběji se ověřují výsevy podsevů i v pozdější fázi růstu kukuřice seté. Jedná se o výsevy do výšky rostlin kukuřice seté kolem 1 m. Pro tyto systémy jsou využívány speciální konstrukce

umožňující výsev pomocné plodiny pomocí secích btek. Pozdější zakládání podsevů může být spojeno se zvýšeným rizikem nedostatku vody pro pomocné plodiny. Zásadně však pozdější výsevy eliminují riziko konkurence pomocné plodiny vůči kukuřici seté a vyšší konkurenční tlak kukuřice seté omezuje rychlý vývoj podsevu. Vyzkoušeny jsou i přisevy pomocných plodin, či budoucích hlavních plodin, ve fázi nástupu mléčné voskové zralosti kukuřice seté.

Mezi nejnovější postupy patří systémy pásových výsevů pomocných plodin na podzim či na jaře. Systémy pásových výsevů pomocných plodin zajišťují eliminaci případného negativního působení rostlinných zbytků nebo živých rostlin pomocné plodiny na rostliny kukuřice seté. Vývoj technických prostředků pro pásové výsevy pomocných plodin (plečky a mělké pásové kypřiče, včetně pásového kypření s osetím meziřádku) umožňuje efektivní cílené výsevy pomocné plodiny. Dalším technickým vývojem, tj. doplněním strojů pro zakládání pásových výsevů o systémy pásové aplikace herbicidů do řádku, či meziřádku, dochází ke vzniku zcela nových technologií.

Systémy podsevů vycházející z využití víceletých druhů trav a jetelovin jsou rovněž využívány pro založení následných porostů pícnin. Vyseté druhy ve vývoji reguluje porost kukuřice seté, čímž omezuje jejich vstup do generativní fáze v roce výsevu. Po sklizni kukuřice seté na siláž zůstává porost podsevu na pozemku a v následném roce je využit pro sklizeň biomasy (obr. 88).

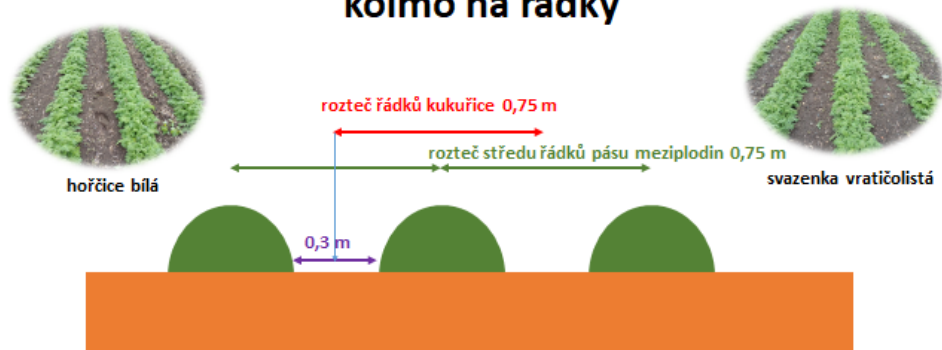


Obr. 88: Porost jílku vytrvalého založený jako podsev do kukuřice seté pěstované na siláž po sklizni kukuřice před koncem vegetace (vlevo) a jeho regenerace na jaře (vpravo), *foto Brant*.

9. 5. Pásové výsevy meziplodin

Jedná se o systémy výsevu meziplodin či pomocných plodin do budoucích meziřádků kukuřice seté na podzim, nebo na jaře (obr. 89). Primárně pásové výsevy řeší negativní působení plošně vysetých meziplodin v budoucím řádku hlavní plodiny (regenerace, působení meziproductů rozkladu biomasy, pomalý ohřev půdy apod.). Brant a kol. (2019b) uvádějí, že princip technologie spočívá v cíleném vysetí pomocné plodiny do budoucího meziřádku či řádku hlavní plodiny. V osetém meziřádku mají tyto plodiny zajistit ochranu půdy před erozí, podpořit infiltraci vody do půdy během svého růstu a po ukončení vegetace na základě přítomnosti zbytků kořenového systému. Dále vytvořit hluboké prokořenění půdy, které je zárukou vnosu organické hmoty do půdy, a vytvořit tak dočasnou „živinovou konzervu“. Nadzemní biomasa omezuje, na základě přímé konkurence, rozvoj plevelů a po ukončení vegetace (vymrznutí, mechanické či chemické umrtvení) omezuje rozvoj plevelů jako mrtvý mulč. Za jeden z perspektivních způsobů eliminace neproduktivního výparu v oblastech s nedostatkem vody je cílené povalení porostu meziplodiny reznými válci, které vede k zalomení jejich stonků a k následnému umrtvení porostu, ale především k tvorbě kompaktní vrstvy mulče na povrchu půdy. Mezi vhodné plodiny pro osev meziřádků lze zařadit hrachy, hořčice, ředkve, lničku setou apod.

Profil porostů hořčice a svazenky v pohledu kolmo na řádky



Brant, 2019

Obr. 89: Horizontální profil porostů pomocných plodin založených na jaře pásovým výsevem před založením hlavní širokořádkové plodiny (Brant a kol., 2019b).

Dále se u těchto systémů předpokládá, že meziřádky nebudou před založením porostu kultivovány, aby nedošlo k přerušení kontinuity půdního profilu a porušení stávajícího stavu povrchu půdy. Proto je zde využíváno rozdílných postupů pásového zpracování půdy v budoucím řádku plodiny (konvenční strip till, mělké pásové kypření apod.) a uplatňována je pásová předseťová příprava půdy. Primárně byly pro ozelenění budoucích meziřádků využívány trávy, které byly v časném jaře umrtveny neselektivním herbicidem (*Brant a kol., 2011a a 2017a*).

Z agrotechnického hlediska lze pásové výsevy meziplojin založit na podzim nebo v časném jaře před výsevem kukuřice seté. Termín výsevu pásů určuje nejen použití druhu pro osev, ale určuje i volbu agrotechnických opatření.

9. 5. 1. Podzimní pásové výsevy

Podzimní pásové výsevy lze provést po sklizni předplodiny, většinou po předchozím celoplošném zpracování půdy, včetně oraných pozemků. Termín založení na podzim rozhoduje o budoucí délce vegetace porostů, především u vymrzajících druhů. Časnější výsevy jsou při dostatku vody v půdě spojeny s tvorbou většího množství biomasy plodin vysetých v pásích. U vymrzajících druhů není vysoká tvorba biomasy a vzrůstnost porostu problémovým faktorem, protože se část vytvořené nadzemní biomasy rozloží a neosetá plocha budoucího řádku, většinou o šířce 0,3 m, zajistí dostatečný ohřev půdy, provedení pásové předseťové přípravy a umožní i kvalitní práci secího stroje, včetně průchodnosti vymrzlé nadzemní biomasy mezi sekcemi secího stroje. U druhů citlivých na nižší teploty (mstňák habešský, pohanka obecná, lnička setá apod.) by měl být termín výsevu proveden co nejdříve po sklizni předplodiny. U hořčice bílé, svazenky vratičolisté, ozimých a jarních forem hrachu setého a rolního lze termín posunout na začátek září. Teplomilné druhy jako čiroky a bery je nutné vysévat v srpnu. Klasické obilniny lze, mimo ovesa setého, vysévat až do konce září, případně do první poloviny října při teplém průběhu podzimu. U časných výsevů obilnin (ozimá pšenice, žito seté, ozimý, ale také jarní, ječmen) lze očekávat vysokou růstovou aktivitu a počítat je nutné i s větším rozvojem rostlin směrem do budoucího řádku kukuřice seté. Problémy při využití obilnin, ale i ostatních meziplojin, jsou spojeny především s plošnými výsevy. Při přímém setí kukuřice do celoplošně vysetých porostů narůstá zásadně riziko vzájemné konkurence mezi kukuřicí a pomalu odumírající nevymrzající meziplojinou. Plošné výsevy jsou však problematické i při technologii pásového zpracování půdy, kde mohou regenerovat i po zapravení do kypřeného řádku. Tyto rizika lze při využití obilnin řešit právě pásovými výsevy (obr. 90). Jednou z možností omezující tato rizika je pásový výsev nevymrzajících meziplojin. U časných podzimních výsevů těchto druhů je proto potřebné zúžení osévaného pásu. U nevymrzajících druhů je nutné počítat i dobou vegetace na jaře, než dojde k jejich chemickému umrtvení.

**Pásový výsev obilniny pro kukuřici
setou pomocí plečky**



**Plošný výsev obilniny pro kukuřici
setou pomocí secího stroje**



Obr. 90: Pásový a celoplošné výsevy ozimé obilniny pro tvorbu mulče v kukuřici seté na lokalitě Dolní Újezd (Brant a kol., 2019a).

Podzimní výsevy se při příznivém průběhu povětrnostních podmínek vyznačují dobou dynamikou růstu a rychlým zakrytím osetého pásu, čímž dochází k výrazné regulaci plevelů (obr. 91). O dynamice růstu a pokryvu půdy ve vysetém pásu rozhoduje rovněž způsob výsevu.



Obr. 91: O dynamice růstu a pokryvu půdy ve vysetém pásu rozhoduje rovněž způsob výsevu. Vlevo výsev secím strojem, vpravo plečkou (foto Brant).

Problémem, obdobně jako u všech systémů využívajících cílené založení vegetačního krytu pro tvorbu mulče, je rozvoj výdrolu obilní předplodiny. Rostliny výdrolu mnohdy vykazují rychlejší vzházivost vůči vyseté mezplodině a zároveň značnou konkurenceschopnost. Rozvoj výdrolu a jeho přezimování je jedním z důvodů jarní aplikace neselektivních herbicidů i na plochách s vymrzajícími pásovými výsevy mezplodin.

Produkce nadzemní a podzemní biomasy meziplodin vysetých na podzim do pásů je zásadním způsobem ovlivněna termínem výsevu, zvoleným druhem, šířkou osetí pásu, ale také zvoleným strojem pro výsev. Přestože podzimní pásové výsevy vykazují dobrou produkci nadzemní a podzemní biomasy (tab. 31 a obr. 92) v budoucím meziřádku pomocné plodiny, a to zejména vymrzající dynamicky rostoucí druhy, které zajišťují na podzim až 100% pokryvnost povrchu půdy osetého pásu, dochází do jara ke značné degradaci mulče na povrchu půdy. Z důvodu degradace nadzemní biomasy vymrzajících meziplodin v ozeleněném meziřadí do výsevu kukuřice seté půdními bakteriemi, dochází k poklesu pokryvnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky pod hodnotu 20 %, což limituje legislativní splnění požadavků na půdoochrannou technologii.

Tab. 31: Šířka pásu pokrytého vegetací, průměrná výška porostu a produkce suché nadzemní biomasy při podzimním pásovém výsevu na jednotku plochy celého pozemku na hodnocených variantách v závislosti na způsobu výsevu dne 6. 11. 2018. Rozdílné indexy dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry na hladině významnosti 95 % (ANOVA). Výsev byl proveden 7. 9. 2018. (Brant a kol., 2019b).

rostlinný druh	způsob výsevu	šířka pásu pokrytého biomasou (m)	průměrná výška porostu (m)	produkce suché nadzemní biomasy (kg/ha)
oves nahý	secí stroj	0,311 d	0,092 abc	132,5 a
oves nahý	plečka	0,121 a	0,101 bc	148,6 a
peluška ozimá forma	secí stroj	0,306 d	0,070 ab	126,7 a
peluška ozimá forma	plečka	0,111 a	0,059 a	163,4 a
peluška jarní forma	secí stroj	0,310 d	0,157 ef	126,7 a
peluška jarní forma	plečka	0,110 a	0,141 de	163,4 a
svazenka vratičolistá	plečka	0,248 b	0,150 e	425,8 b
ředkev olejná	secí stroj	0,375 e	0,109 cd	531,6 b
ředkev olejná	plečka	0,254 bc	0,151 e	493,3 b
hořčice bílá	secí stroj	0,389 e	0,138 de	469,9 b
hořčice bílá	plečka	0,290 cd	0,190 f	435,1 b

Stav porostů ve vysetém pásu v závislosti na způsobu založení 6.11.2018
- žluté úsečky dokládají průměrnou šířku pásu plodiny



Obr. 92: Stav porostů ve vysetém pásu v závislosti na způsobu založení 6. 11. 2018.

9. 5. 2. Jarní pásové výsevy

Z důvodu zajištění dobrého pokryvu povrchu půdy v budoucím meziřádku v termínu výsevu širokořádkových plodin a zajištění aktivní funkce živého mulče v meziřádku širokořádkových plodin se začínají ověřovat jarní pásové výsevy pomocných plodin. Jejich cílem je založení pásů pomocných plodin v časném jaře či těsně před výsevem širokořádkových plodin. Zasetí meziplodiny, která zde plní aktivní funkci pomocné plodiny, do pásů eliminuje rizika případné vzájemné konkurence mezi pomocnou plodinou a plodinou hlavní. Termínem výsevu lze zásadním způsobem řídit vývoj porostu pomocné plodiny v řádku, i když vývoj porostu bude primárně závislý na vláhových podmínkách v půdě a na srážkové dotaci během vývoje. Mezi pásy vyseté pomocné plodiny vznikne pás půdy nepokrytý vegetací, který zajistí optimální podmínky pro výsev hlavní plodiny.

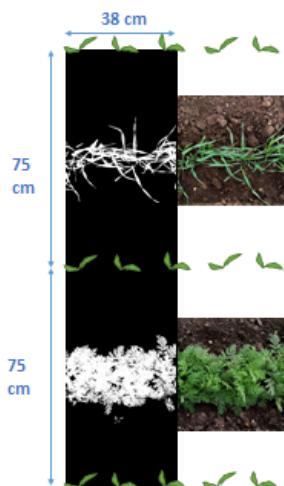
Technologie vychází z výsevu meziplodin do pásu na jaře, před výsevem kukuřice seté, kdy osev v řádku může být podle jeho vývoje a pěstebního cíle mrtven chemicky před výsev, při výsevu, nebo po něm, tedy také až po vzejití kukuřice seté (obr. 93). Technologie rovněž umožňuje mechanickou likvidaci porostu v meziřádku plošně válci (rýhované, lámací a řezné) těsně před setím, nebo meziřádkově po vzejití kukuřice. Méně vzrůstné porosty v meziřádku lze odstranit rovněž plečkováním. Veškeré zásahy vedoucí k regulaci porostů v meziřádku se však vyznačují vyšší náročností na optimalizaci termínu zásahu. Pozdní načasování zásahu regulace, nebo selhání operace, je spojeno s negativním vlivem osetého řádku na porost kukuřice seté.



Obr. 93: Porost kukuřice seté založený do pásů vyseté svazanky vratičolisté na jaře (foto Brant).

Pro jarní pásové výsevy meziplovin lze využít klasické druhy meziplovin a jejich směsí. Omezujícím faktorem vývoje a dynamiky růstu jarních výsevů může být samozřejmě teplota, která omezí vzházení teplomilnějších druhů, a jarní přísušky. Pokryvnost povrchu půdy a produkce biomasy je samozřejmě ovlivněna druhem použitým k osevu budoucího meziřádku (obr. 94).

Pokryvnost povrchu půdy pásových výsevů meziplovin v termínu vzházení kukuřice seté



Pásový výsev ovsa nahého do budoucího meziřádku kukuřice seté. Založení proběhlo 16.3.2020.

Kukuřice byla vyseta mezi pásy 15.4.2020. Stav porostů ovsa při vzejití kukuřice 29.4.2020.

Průměrná pokryvnost povrchu půdy na pozemku v termínu vzházení kukuřice činila 8 %.

Pásový výsev svazanky vratičolisté do budoucího meziřádku kukuřice seté. Založení proběhlo 16.3.2020.

Kukuřice byla vyseta mezi pásy 15.4.2020. Stav porostů svazanky při vzejití kukuřice 29.4.2020.

Průměrná pokryvnost povrchu půdy na pozemku v termínu vzházení kukuřice činila 24 %.

Brant, 2020

Obr. 94: Pokryvnost povrchu půdy pásových výsevů meziplovin v termínu vzházení kukuřice seté.

Na základě našich pokusů jsou jarní výsevy náchylnější při chladném průběhu jara k poškození škůdci. U brukvovitých druhů se jedná o poškození, mnohdy zcela zničení porostů, zástupci rodu dřepčík, u luskovin poté může nastat intenzivní žír listopasů. Jarní pásové výsevy zásadním způsobem zvyšují potravní nabídku pro zvěř, protože představují první vzházející jařiny. Spásání vysetých pásů zvěří (srnčí a zajíci) však může vést ke značnému poškození pásových výsevů.

10. PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE SETÉ V UŽŠÍCH ŘÁDKÁCH

Šířka řádků je jedním z hlavních faktorů ovlivňujících produkci zrnové kukuřice (*Johnson a kol., 1998; Farnham, 2001; Barbieri a kol., 2000*) a výnosy kukuřice seté při silážním využití (*Uppenkamp, 2007; Nübel, 2008*). Úzké řádky jsou primárně spojeny s vyšším využitím slunečního záření rostlinami kukuřice seté (*Ottman a Welch, 1989; Andrade a kol., 2002*). Využití užších řádků může být spojeno s vyššími evapotranspiračními nároky porostu ve srovnání s řádky širšími (0,75 m), samozřejmě v závislosti na vláhových podmínkách (*Barbieri a kol., 2008*).

Kukuřice je obecně považována za nejrizikovější plodinu z hlediska průběhu erozních procesů. Eroze půdy je jedním z nejzávažnějších problémů životního prostředí a veřejného využití krajiny, kterému lidská společnost čelí (*Pimentel, 2006*). Eroze půdy je obecně závislá na typu půdy, parametrech srážky, topografii terénu, na systému hospodaření na půdě, na pěstované plodině a na praktických ochrany půdy (*Hudson, 1995*).

Vzhledem k tomu, že degradace půdy dešťovými kapkami je jedním z nejdůležitějších faktorů podílejících se na vzniku vodní eroze (*Morgan, 2005*), lze kapkovou erozi považovat za primární faktor vedoucí k erozním procesům na orné půdě. Kapková eroze přispívá v důsledku působení kinetické energie deště k oddělování půdních částic od povrchu půdy, čímž usnadňuje jejich transport po povrchu půdy s vodou (*Leguédois a kol., 2005; van Dijk a kol., 2002*). Kapková eroze závisí na kinetické energii srážek, intenzitě srážky, stabilitě půdních agregátů a na rostlinném krytu (*Quansah, 1981; Sharma a kol., 1991; van Dijk a kol., 1996*). Závisí také na vrstvě vody na povrchu půdy (*Kinnell, 1991; Richter, 1998*) a na přítomnosti kamenů, hrudek a zbytků plodin na povrchu půdy (*Wainwright, 1996; Morgan, 2005*).

Obecně se předpokládá, že snížení rozteče řádků u kukuřice seté vede k poklesu rizika vzniku vodní eroze (Uppenkamp, 2007; Nübel, 2008; Mohammadi a kol., 2012). Ve Spolkové republice Německo nebyly širokořádkové plodiny pěstované v užších řádcích ($\leq 0,45$ m, včetně kukuřice seté) považovány za erozně problematické. Z tohoto důvodu se u nich neuplatňovaly přísnější protierozní kritéria (Lfl, 2010). Snížení rozteče řádků omezuje hodnoty propadu srážek na povrch půdy, a tím i rizika eroze (Mannering a Johnson, 1969; Sangoi a Salvador, 1998).

Mannering a Johnson (1969) uvádějí, že při pěstování kukuřice seté s roztečí řádků 0,51; 0,76 a 1,02 m nebyl prokázán vliv řádků na pokryvnost půdy a na snížení eroze v období od výsevu do 5. týdne po zasetí. K omezení eroze došlo u užších řádků (0,51 m) 7. až 8. týden po výsevu v důsledku zvýšeného pokrytí povrchu půdy porostem. Zábranský a kol. (2013) upozorňují na skutečnost, že snížení rozteče řádků kukuřice seté z 0,75 m na 0,45 m vedlo ke snížení hodnot propadu srážkové vody porostem a ke snížení hodnot kapkové eroze.

Brückler a kol. (2004) určili nejvyšší hodnoty propadu srážky (přirozená a závlaha) do středu meziřádku u porostů pěstovaných s roztečí 0,75 m. Autoři dále uvádějí, že nejvyšší hodnoty infiltrace srážkové vody byly naměřeny přímo v řádku rostlin, nejnižší ve vzdálenosti 70 – 136 mm od řádku rostliny. Dekker a Ritsema (1997) poukazují na významnou variabilitu hodnot objemové vlhkosti půdy v porostech kukuřice seté při rozteči řádků 0,75 m v důsledku vlivu stoku vody po rostlině k bázi stébla, čímž dochází k infiltraci vody do kořenové zóny. Na změně vlhkosti půdy v zóně meziřádku se však výrazně podílí i odkap vody z listů. Vliv distribuce srážek porostem na změny objemové vlhkosti půdy potvrzují také Hupet a Vanclooster (2005) a Martello a kol. (2015).

Významnou roli na erozní procesy má i mikoreliéf povrchu půdy. Topografické rozvrstvení povrchu půdy vede k rozdílné koncentraci srážkové vody na povrchu půdy a k rozdílným projevům kapkové eroze a samozřejmě ke vzniku rozdílných zón infiltrace srážkové vody. Podle literárních údajů dosahují výškové rozdíly povrchu půdy v meziřadí kukuřice hodnot 70 mm (Dekker a Ritsema, 1997). Hodnoty porostní srážky a zóny jejího propadu jsou velmi variabilní a závisí na variabilitě biometrických parametrů porostu a rostlin (např. Bui a Box, 1992; Paltineanu a Starr, 2000).

10. 1. Ověřování technologie v podmínkách České republiky

V letech 2012 až 2014 byl ověřován vliv rozteče řádků kukuřice seté na hodnoty porostní srážky, kapkové eroze a na biometrické parametry rostlin a na výnos nadzemní biomasy pro silážní využití. Ověřovány byly rozteče řádků 0,45 m a 0,75 m na lokalitě Budihostice. Vliv porostů na erozní ohrožení byl sledován na plochách, které byly orány a nejednalo se o technologie využívající přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy. Z hlediska minimalizace rozdílů v kvalitě výsevu byl pro výsev použit secí stroj s možností změny rozteče mezi výsevními sekcemi (obr. 95). Na hodnocených plochách byl dodržen shodný počet jedinců (tab. 32).



Obr. 95: Pro výsev porostů byl použit šestiřádkový secí stroj Kverneland Accord Optima HD, výsev do řádků 0,45 m vlevo a 0,75 m vpravo (foto Brant).

Tab. 32: Termín výsevu porostů kukuřice seté, průměrný počet rostlin na jednotku plochy a průměrná vzdálenost mezi rostlinami v řádku (m) stanovená tři týdny po výsevu v letech 2012, 2013 a 2014.

rok	termín výsevu	rozteč řádků (m)	počet rostlin na ha	průměrná vzdálenost mezi rostlinami v řádku (m)
2012	19. 4.	0,45	88 889	0,271
		0,75	89 333	0,151
2013	19. 4.	0,45	87 778	0,259
		0,75	89 333	0,156
2014	15. 4.	0,45	85 556	0,266
		0,75	86 667	0,154

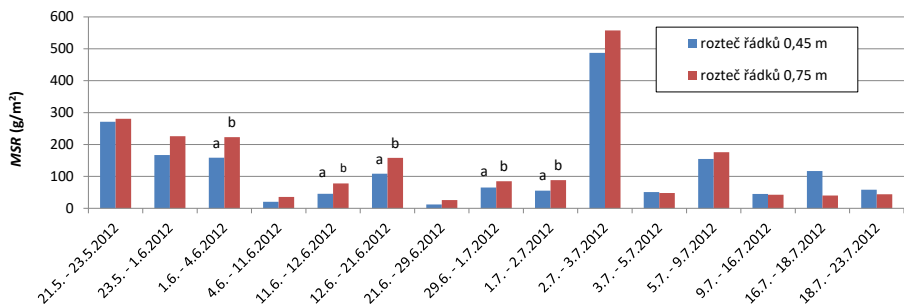
10. 2. Porostní srážka a kapková eroze

Výsev porostů do užších řádků vedl ke snížení hodnot porostní srážky ve srovnání s porosty vysetými do řádků 0,75 m. Tabulka 33 dokumentuje poměr atmosférické srážky a porostní srážky (okap vody z listů, přímý propad srážky a voda odražená z povrchu listů) pro srážkové události během vegetačního období. Z tabulky 33 je patrné, že ve většině případů byly hodnoty porostní srážky v porostech s užšími řádky nižší. Lze předpokládat, že příčinou vyšších hodnot porostní srážky byla pravděpodobně nižší míra zapojení porostu s řádky 0,75 m. Z tohoto důvodu dopadala větší část kapek přímo na půdu. Opomenout však nelze skutečnost, kterou je vzájemné překrývání listů. U širších řádků byla menší pravděpodobnost stékání vody z listu na list mezi řádky a voda z listů intenzivněji odkapávala do meziřádku. Nepřímým potvrzením tohoto tvrzení jsou hodnoty porostní srážky, které byly ve středu meziřádků u širších řádků vyšší, tj. v meziřádku kukuřice vyseté do řádků 0,75 m byly naměřeny vyšší hodnoty srážky, než u porostů s užšími řádky (obr. 25).

Tab. 33: Počet srážkových událostí rozdělených do kategorií v závislosti na sumě srážky a průměrný poměr atmosférické srážky (P) a porostní srážky (P_{th}) v porostech kukuřice seté vyseté do řádků s roztečí 0,45 a 0,75 m v letech 2012 až 2014, upraveno podle Brant a kol. (2017b).

suma srážkové události (mm)	počet srážkových událostí			P/P_{th}					
				rozteč řádků (m)					
				0,75	0,45	0,75	0,45	0,75	0,45
	rok								
	2012	2013	2014	2012		2013		2014	
$0 \leq 2$	2	0	1	1,44	3,48			4,07	6,75
$2 \leq 5$	5	1	5	1,48	2,52	4,14	1,99	2,85	3,21
$5 \leq 10$	5	4	3	2,32	4,13	1,99	3,06	2,55	2,71
$10 \leq 15$	2	3	0	2,58	4,88	3,36	4,91		
$15 \leq 20$	0	1	1			3,73	4,52	1,54	2,18
$20 \leq 25$	0	0	0						
$25 \leq 30$	0	1	0			3,58	5,19		
$30 \leq 35$	1	1	1	2,31	3,38	4,16	4,63	2,61	3,42
> 35	0	1	2			1,33	1,65	2,93	2,86
suma	15	12	13						

Snížení hodnot porostní srážky u porostů vysetých do řádků 0,45 m vedlo ke snížení hodnot kapkové eroze ve všech hodnocených letech. Ukázkově lze tuto skutečnost prezentovat na výsledcích z roku 2012 (Gemerlová a kol., 2013 a Brant a kol., 2017b). Především v období od 1. 6. do 2. 7. 2012 byly stanoveny statisticky průkazně nižší hodnoty kapkové eroze na plochách s užšími řádky (0,45 m, obr. 96). V průměru byly hodnoty kapkové eroze vyjádřené jako hodnota MSR stanovené na variantě za období od 1. 6. do 2. 7. 2012 s řádky 0,45 m o 37 % nižší, než na variantě se širšími řádky.

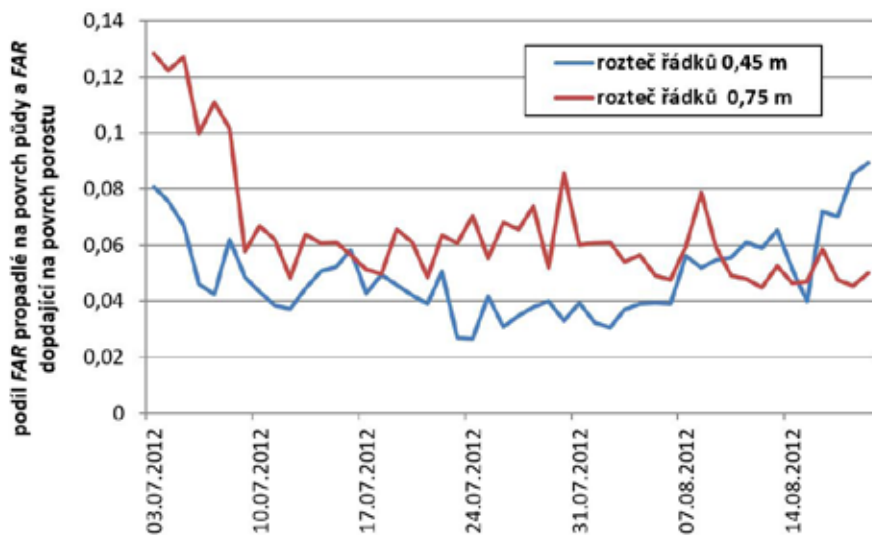


Obr. 96: Hodnoty kapkové eroze na hodnocených variantách s roztečí řádků kukuřice seté 0,45 a 0,75 m. Hodnoty kapkové eroze jsou vyjádřeny jako množství rozstříknuté zeminy na jednotku plochy (MSR, g/m²) za hodnocené období v roce 2012. Odlišné indexy nad sloupci označují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti (ANOVA, Tukey, $\alpha = 0,05$) mezi průměry. Mezi sloupci bez indexů nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl (Gemerlová a kol., 2013).

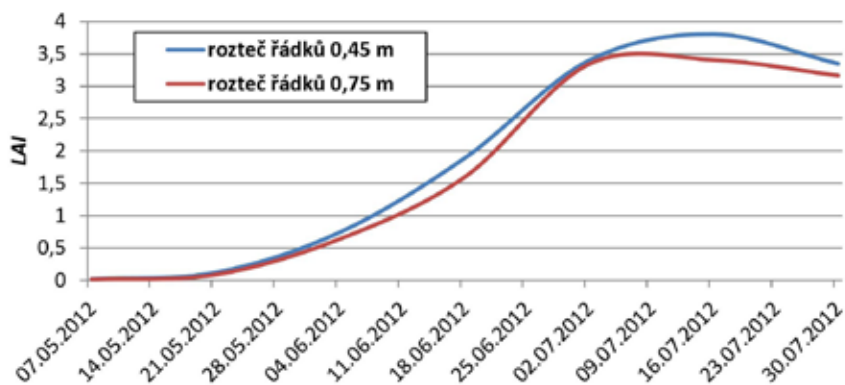
Dalším faktorem ovlivňujícím hodnoty porostní srážky a kapkové eroze jsou samozřejmě změny v pokrytí povrchu půdy porostem mezi variantami a během vegetace. Během vegetace dochází nejen k změně hodnot indexu listové plochy, ale mění se i postavení listů na rostlině. Změny v pokrytí půdy porostem lze rovněž nepřímo vyjádřit pomocí hodnot poměru záření dopadajícího na povrch půdy (měřena byla fotosynteticky aktivní radiace, FAR) v porostu a dopadajícího záření na povrch porostu. Přičemž platí, že čím větší je daná hodnota, tím je porost řidší, neboť jím projde více světla na povrch půdy v porostu. Z obrázku 97 je patrná změna průběhu hodnot tohoto poměru, k níž došlo kolem 10. 7. 2012. V tomto časovém období došlo k poklesu hodnot poměru na obou plochách. V tomto termínu se rostliny nacházely ve fázi kvetení a došlo k plnému vyvinutí listové plochy. I po vyvinutí listové plochy vykazoval porost kukuřice seté o šířce řádků 0,45 m menší propad záření na povrch půdy.

Vyšší hodnoty indexu listové plochy (LAI) na plochách s řádky 0,45 m ve srovnání s porosty se šířkou řádků 0,75 m (obr. 98) rovněž vysvětlují nižší hodnoty kapkové eroze naměřené v užších řádcích a korespondují s hodnotami poměru záření dopadajícího na povrch půdy a porostu.

Na základě měření vlivu rozteče řádků kukuřice seté na hodnoty stability půdních agregátů lze hovořit o pozitivním vlivu porostů s užšími řádky na zvýšení hodnot tohoto parametru vůči řádkům širším (tab. 34). Do stability půdních agregátů se však rovněž výrazným způsobem promítají vysoké srážky s krátkou intenzitou, jejichž destrukční efekt na povrch půdy zásadním způsobem nesníží ani pokryv vegetace, ani přítomnost rostlinných zbytků na povrchu půdy. Poškození půdní struktury těmito srážkovými událostmi poté přetrvává po celou dobu zbývajících vegetace, k této situaci došlo i v roce 2013, což ovlivnilo hodnoty stability půdních agregátů.



Obr. 97: Podíl fotosynteticky aktivní radiace (FAR) dopadající na povrch půdy v porostu a FAR dopadající na povrch porostu v roce 2012 (upraveno podle Gemerlová a kol., 2013 a Brant a kol., 2017b).



Obr. 98: Hodnoty indexů listové plochy (LAI) v porostech kukuřice s rozdílnou šířkou řádků v roce 2012 (Gemerlová a kol., 2013).

Tab. 34: Vliv rozteče řádků u kukuřice seté na hodnoty stability půdních agregátů (SAS, podíl stabilních na celkovém počtu agregátů) na konci vegetace v letech 2012 – 2014. Odlišné indexy nad sloupce označují statisticky průkaznou diferenci na hladině významnosti (ANOVA, Tukey, $\alpha = 0,05$) mezi průměry.

rozteč řádků (m)	SAS		
	2. 9. 2012	13. 9. 2013	9. 9. 2014
0,45	0,29 b	0,24 a	0,38 a
0,75	0,25 a	0,26 a	0,36 a

10. 3. Dynamika vývoje porostů a výnosy

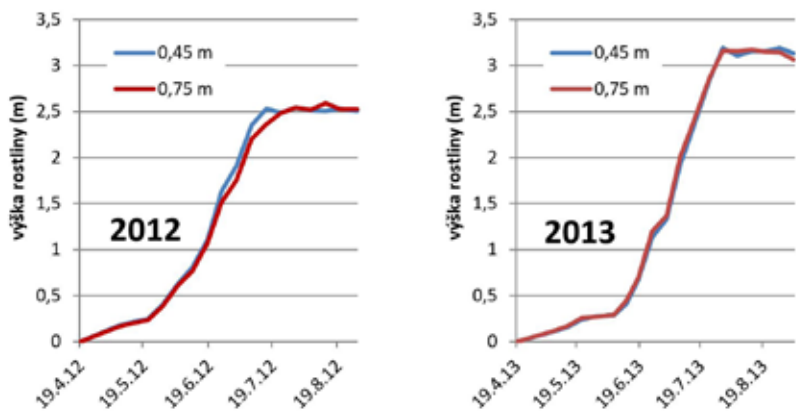
Dynamiku hmotnosti suché nadzemní biomasy (t/ha) u kukuřice seté v roce 2012 dokumentuje obrázek 99. V období od 25. 6. 2012 do 16. 7. 2012 byla stanovena vyšší produkce nadzemní biomasy na plochách s řádky 0,45 m. Produkce nadzemní biomasy byla v daném období v průměru o 21 % vyšší na plochách s řádky 0,45 m ve srovnání s širokými řádky. Zajímavé jsou rovněž rozdíly v hodnotách sušiny nadzemní biomasy mezi variantami v těchto termínech (tab. 35). Hodnoty sušiny biomasy byly v obou termínech statisticky průkazně vyšší na variantě s řádky 0,45 m. Dne 11. 6. 2012 byla průměrná hodnota sušiny na variantě s řádky širokými 0,45 m o 4,1 % vyšší a 25. 6. 2012 o 5,0 %. Vyšší přírůstek biomasy na plochách s řádky 0,45 m mohl být následně spojen s větší spotřebou vody, což mohlo vést ke snížení jejího obsahu v půdě. Tato skutečnost, v souvislosti s nižší srážkovou činností v následném období, mohla být důvodem k vyrovnání produkce mezi variantami (obr. 99) na začátku srpna. Celkový obsah sušiny při sklizni byl u varianty s roztečí řádků 0,45 m vyšší, ale mezi průměry nebyl prokázán statisticky průkazný rozdíl. Konečná produkce suché nadzemní biomasy byla na variantě s řádky 0,45 m o 4,1 % (tj. o 0,84 t/ha) vyšší než na variantě s řádky 0,75 m. Na výšku rostlin neměla změna rozteče řádků vliv (obr. 100).

Tab. 35: Průměrné hodnoty obsahu sušiny v biomase (%) kukuřice v závislosti na šířce řádků (0,45 m a 0,75 m) v roce 2012.

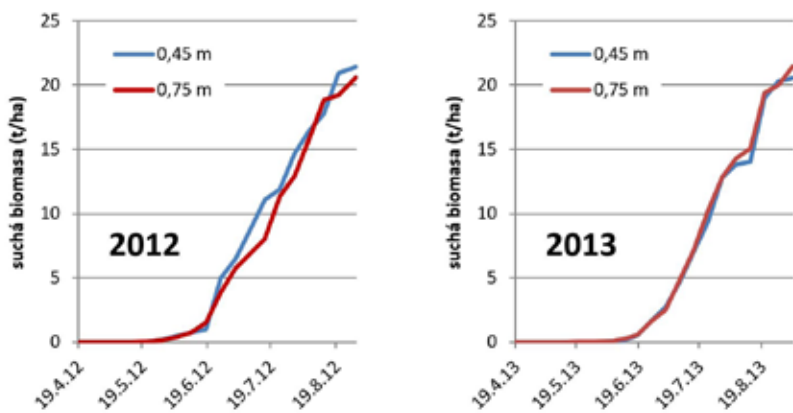
termín hodnocení	rozteč řádků 0,45 m	rozteč řádků 0,75 m	rozdíl 0,45 - 0,75 (%)
14. 5. 12	12,4	12,5	-0,1
28. 5. 12	15,0	15,2	-0,2
11. 6. 12	11,5	11,0	0,5
25. 6. 12	13,4	12,8	0,7
9. 7. 12	29,2	29,9	-0,7
23. 7. 12	19,0	20,6	-1,6
6. 8. 12	30,2	27,7	2,4
13. 8. 12	34,4	30,3	4,1
20. 8. 12	34,4	33,9	0,5
28. 8. 12	41,9	40,6	1,3

Tab. 36: Průměrné hodnoty obsahu sušiny v biomase (%) kukuřice v závislosti na šířce řádků (0,45 m a 0,75 m) v roce 2013.

termín hodnocení	rozteč řádků 0,45 m	rozteč řádků 0,75 m	rozdíl 0,45 - 0,75 (%)
14. 5. 13	15,3	14,3	0,9
21. 5. 13	12,6	12,6	0,1
28. 5. 13	14,5	14,3	0,2
12. 6. 13	13,2	13,2	0,0
18. 6. 13	12,6	11,8	0,8
2. 7. 13	11,9	13,5	-1,6
16. 7. 13	14,1	15,1	-1,0
30. 7. 13	17,7	18,4	-0,7
13. 8. 13	19,3	17,8	1,6
27. 8. 13	27,5	25,6	1,9
10. 9. 13	32,0	30,5	1,5



Obr. 99: Dynamika průměrné suché nadzemní biomasy rostlin (t/ha) kukuřice v závislosti na šířce řádků (0,45 m a 0,75 m) v letech 2012 a 2013 (Brant a kol., 2014b).



Obr. 100: Dynamika průměrné výšky rostlin (m) kukuřice v závislosti na šířce řádků (0,45 m a 0,75 m) v letech 2012 a 2013.



Obr. 101: Stav porostů kukuřice seté 23. 5. 2012, řádky 0,45 m (vlevo) a vpravo 0,75 m (foto Brant).

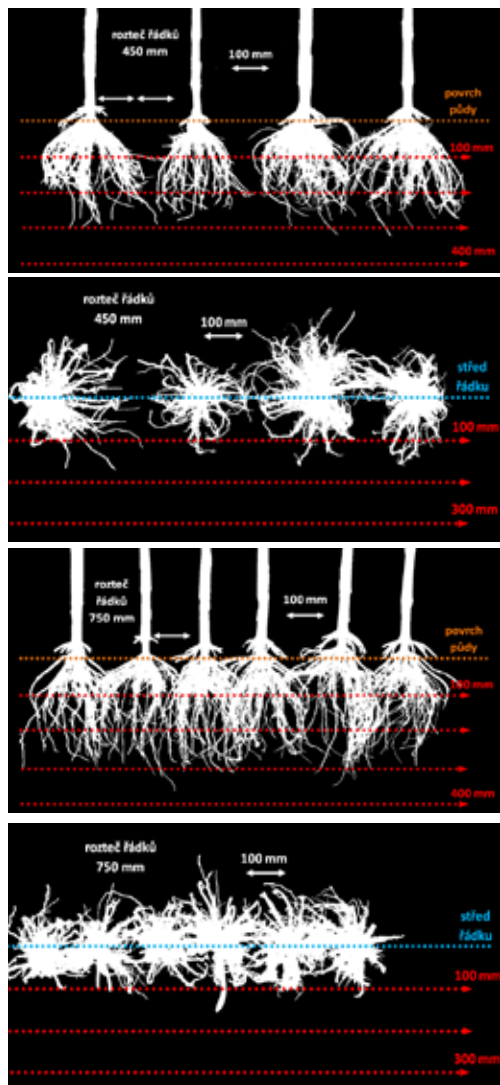


Obr. 102: Stav porostů kukuřice seté 7. 10. 2013, řádky 0,45 m (vlevo) a vpravo 0,75 m (foto Brant).

V roce 2013 nebyly rozdíly mezi variantami z hlediska dynamiky produkce nadzemní biomasy tak rozdílné jako v roce 2012 (obr. 99). V roce 2013 byl zaznamenán pozvolnější nárůst rostlinné hmoty na začátku vegetace ve srovnání s rokem 2012 (obr. 99). Příčinou pomalejšího nárůstu vegetace v roce 2013 jsou teplotní podmínky. Teplota vzduchu na začátku vegetace byla v roce 2013 nižší než v roce 2012. Rok 2013 se naopak vyznačoval vyššími úhrny srážek. Ani rozdíly v obsahu sušiny nekolísaly jako v roce 2012 (tabulky 35 a 36). Na konci vegetace činila produkce suché nadzemní biomasy u porostů s řádky 0,45 m 20,6 t/ha a u řádků 0,75 m 21,5 t/ha. U klasických řádků tak byla stanovena produkce nadzemní biomasy o 4,2 % vyšší. Výšku rostlin změna rozteče řádků neovlivnila ani v roce 2013 (obr. 100). Obrázky 101 a 102 dokumentují stav porostů kukuřice seté ve sledovaných letech na začátku vegetace a na jejím konci.

Čerpání vody z půdy rostlinami a jejich vzájemná konkurence vychází pravděpodobně i z rozložení kořenového systému v půdě, který reaguje na rozdílnou rozteč rostlin v řádku a na šířku meziřádku (obr. 103).

Na základě doposud provedených výsledků je patrné, že snížení rozteče řádků u kukuřice jednoznačně nepřispělo k nárůstu produkce suché nadzemní biomasy. Spíše se ukazuje, že jedním z faktorů, který bude produkci biomasy ovlivňovat, je průběh povětrnostních podmínek.



Obr. 103: Prostorové rozmístění kořenů kukuřice v závislosti na šířce řádků (nahore rozteč 0,45 m, dole 0,75 m) v roce 2013 (Zábranský a kol., 2014).

11. PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE POD FÓLIÍ

Technologie obecně využívá princip solarizace. Ten spočívá v pokrytí půdy průhlednou fólií, která zajišťuje zvýšení teploty půdy a teploty vzduchu mezi půdou a fólií (obr. 104). Fólie přispívá k vytváření skleníkového efektu. Toho se využívá především k zajištění optimálních podmínek pro růst rostlin. Použití technologie umožňuje časnější výsev porostů kukuřice seté, a tím i prodloužení doby vegetace, především v oblastech, kde je vegetační doba kukuřice seté omezoována chladnějším nástupem jara. Časnější výsev je spojen s prodloužením doby vegetace, která se pozitivně projeví na nárůstu výnosu a na kvalitativních parametrech (Lütke Entrup a kol., 2013). Pokrytí půdy fólií může být spojeno s omezováním degradace půdní struktury na začátku vývoje porostů a zároveň se snížením následných erozních rizik (Brant a kol., 2015f). Zajímavou otázkou je uplatnění technologie pokrytí půdy při výsevu kukuřice seté fólií z hlediska omezení evapotranspirace v důsledku působení UV-záření.

V České republice je systém pěstování kukuřice seté pod fólií ověřován od roku 2015, kdy se jednalo o systém Samco. Úkolem technologie je zajistit vhodné podmínky pro klíčení a následný vývoj rostlin kukuřice seté v polních podmínkách pokrytím půdy průhlednou fólií v době, kdy běžné povětrnostní a klimatické podmínky neumožňují klíčení a růst rostlin. Tím je možné provést výsev o čtyři až šest týdnů dříve, než je běžný agrotechnický termín založení porostů v dané oblasti. Doba pokrytí půdy fólií je dána typem zvolené fólie, který ovlivňuje čas její degradace. Volba daného typu fólie vychází z doby potřebné k tomu, aby rostliny fólií prorazily, tedy fólií prorostly, až v době, kdy nemůže dojít k jejich poškození stresovými faktory, především nízkými teplotami. Prodloužení doby vegetace zajišťuje využití hybridů s vyšším číslem FAO, a tím dosažení vyšších výnosů, primárně u zrnové kukuřice.



Obr. 104: Princip technologie spočívá v pokrytí půdy průhlednou fólií, která zajišťuje zvýšení teploty půdy a teploty vzduchu mezi půdou a fólií (foto Brant).

Základem technologie je zvládnutí založení porostu. Při tomto procesu dochází prvotně k tvorbě nízkého hrůbku, následně k výsevu, aplikaci herbicidu a pokrytí půdy fólií, včetně jejího ukotvení v půdě zahrnutím (obr. 105). Vytvářen je hrůbek, jehož šířka po zahrnutí fólie, činí 0,7 m. Mezi pásy fólie zůstává ve vztahu k použitému stroji pruh o šířce nepokryté půdy. Kvalita předchozího zpracování půdy ovlivňuje nejen tvorbu hrůbku, ale především kvalitu zahrnutí fólie. V kypré půdě vytváří disky dostatečně hlubokou rýhu pro uložení fólie a zároveň je k dispozici dostatek zeminy pro její zahrnutí. Boky fólie jsou ukotveny zahrnutím do půdy, zahrnutá plocha fólie má šířku 0,2 m a nachází se v hloubce 0,1 m. Kvalitním ukotvením fólie je dosaženo jejího požadovaného napnutí. Fólie by měla být plně napnuta a neměla by se po ukotvení volně vlnit. Napnutou fólii rostliny lépe prorůstají a nehrozí její poškození větrem. Po stranách zakrytého hrůbku jsou ventilační otvory, které stabilizují mikroklima pod fólií, umožňují také vsakování vody a usnadňují rovněž prorůstání rostlin (Obr. 106). Velikost a počet otvorů může být u jednotlivých typů fólií odlišný. Po vzejití se rostliny vyvíjejí pod fólií, kterou následně prorůstají. Degradace fólie nastává postupným trháním se vodorovně v ose řádku. Na degradaci fólie se podílejí změny teploty, působení UV záření a mikroorganismů. Výrobce udává, že v termínu sklizně je 90 % fólie již rozloženo.

Za hlavní výhody technologie je obecně považováno:

- založení porostu jednou pracovní operací (setí, aplikace herbicidu a natažení fólie),
- dobré podmínky pro klíčení,
- ochrana rostlin před přízemními mrazíky,
- udržení vlhkosti půdy pod fólií,
- dobré podmínky pro rozvoj kořenů,
- nárůst výnosů a dřívější sklizeň,
- vyšší kvalitativní parametry rostlin,
- ochrana půdní struktury,
- eliminace pěstebních rizik.



Obr. 105: Založení porostu technologií Samco (foto Zábranský).



Obr. 106: Po stranách zakrytého hrůbku jsou ventilační otvory, které stabilizují mikroklima pod fólií a usnadňují rovněž prorůstání rostlin (foto Brant).

11. 1. Ověřování technologie v roce 2015

V roce 2015 byl ověřován vliv technologie Samco v podmínkách České republiky na (Brant a kol. 2015f). Polní experimenty probíhaly ve Středních Čechách na lokalitě Ledčice (černozem modální, 240 m n.m.). Základním zpracováním půdy byla orba. Předplodinou byl jarní ječmen. Herbicidní ošetření bylo provedeno přípravkem WING - P. Pokusné plochy byly osety strojem Samco 22 TR vytvářejícím jeden hrůbek pokrytý fólií se dvěma řádky kukuřice po stranách hrůbku. V rámci pokusu byly ověřovány dva typy fólie. Fólie se žlutým zabarvením, méně stabilní (rostliny ji také snadněji prorůstají) a se zeleným zabarvením, odolnější vůči degradaci a vykazující pomalejší prorůstání rostlinami kukuřice. Typ perforace byl u obou fólií shodný.

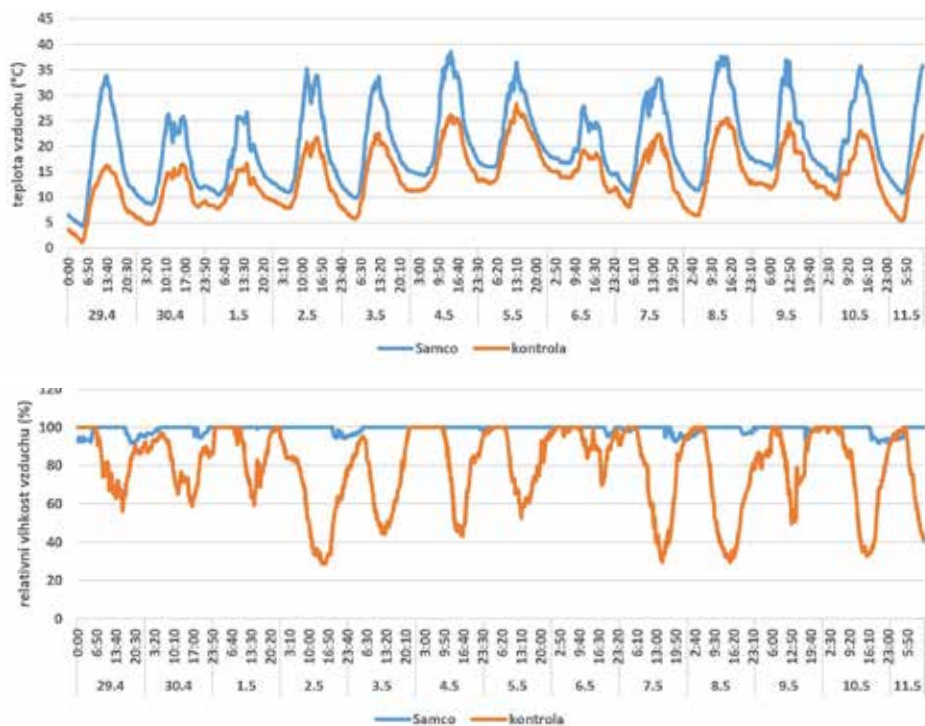
Založení pokusných ploch proběhlo 24. 4. 2015. Vysety byly rozdílné hybridy kukuřice v kombinaci s vybraným typem fólie (tab. 37). U vybraných hybridů byly rovněž založeny kontrolní plochy bez fólie (tab. 37). Na základě prvotního testování stroje a hybridů byly pokusné plochy s fólií a bez fólie založeny ve shodném termínu. Na plochách osetych hybridem Mas 35.K (plocha s fólií a kontrola) byla měřena teplota a vlhkost vzduchu přízemní vrstvy atmosféry, teplota půdy a hodnoty vodního potenciálu půdy.

Tab. 37: Sledované hybridy kukuřice na pokusných plochách a použitá pěstební technologie.

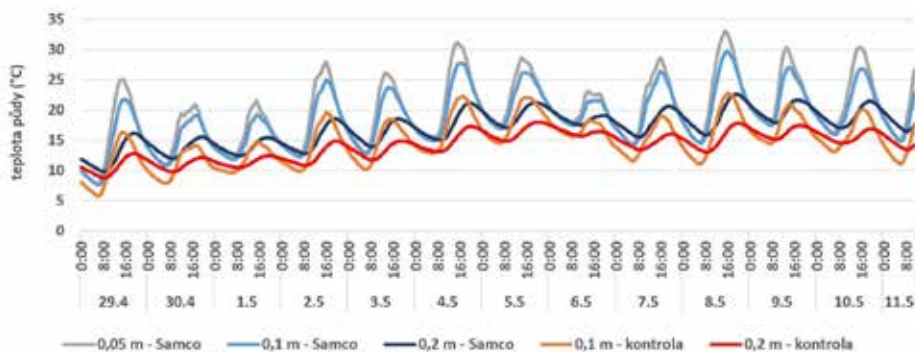
hybrid	technologie		číslo FAO		typ fólie
	Samco	kontrola (bez fólie)	zrno	siláž	Samco
Mas 35.K	ano	ano	330	350	žlutá
Mas 40.F	ano	ne	390	-	žlutá
Mas 51.G	ano	ano*	440	440	zelená
Mas 56.E	ano	ano*	550	-	zelená

*kontrolní plochy pro stanovení počáteční dynamiky vývoje rostlin, plochy nebyly určeny pro stanovení výnosu

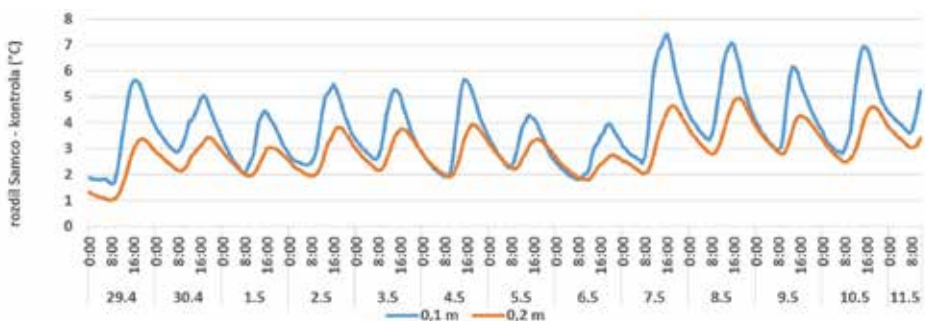
Na základě měření parametrů přízemní vrstvy atmosféry byl potvrzen pozitivní vliv zakrytí půdy fólií. Obrázek 107 dokumentuje denní chod hodnot teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu pod fólií a na kontrolní ploše v období od 29. 4. 2015 do 11. 5. 2015 (záznam hodnot v desetiminutovém intervalu). Ve výše uvedeném období byla denní minima teploty vzduchu stanovená pod fólií v průměru o 3 °C vyšší než na kontrole, denní minima byla v průměru o 12 °C vyšší. Denní rozdíly mezi minimy na plochách s fólií a na kontrole se pohybovaly v intervalu 1,7 – 4,7 °C a mezi denními maximy od 8,3 až 17,6 °C ve prospěch ploch s fólií. Relativní vlhkost vzduchu dosahovala v období od 29. 4. 2015 do 11. 5. 2015 pod fólií téměř stále hodnoty 100 % (obr. 107). Pozitivní vliv pokrytí fólií na začátku vegetace (29. 4. 2015 do 11. 5. 2015) byl potvrzen i při měření teploty půdy (obr. 108). I zde teploty půdy pod fólií výrazně překračovaly hodnoty teploty půdy na kontrole. Podstatné je, že v hloubce půdy 0,2 m pod fólií dosahovala již v druhé polovině měřeného období průměrná denní teplota 18 °C, tedy optimální teplotu pro vývoj kořenového systému. Teplotní rozdíly mezi teplotou půdy pod fólií a bez fólie dokumentuje obrázek 109.



Obr. 107: Hodnoty teploty vzduchu (°C) a relativní vlhkosti vzduchu (%) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie). Interval záznamu veličin byl 10 min, výška měření 80 mm nad povrchem půdy. Období 29. 4. 2015 – 11. 5. 2015.

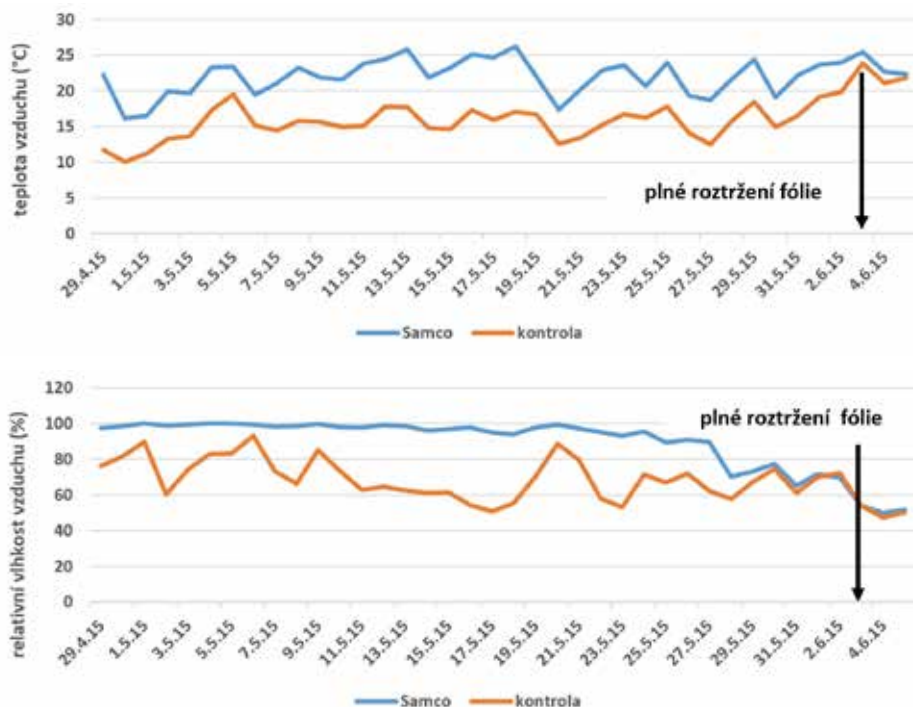


Obr. 108: Teplotní rozdíl mezi teplotami půdy (°C, interval záznamu 1 hod) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie) v hloubkách půdy 0,05; 0,1 a 0,2 m. Období 29. 4. 2015 – 11. 5. 2015.

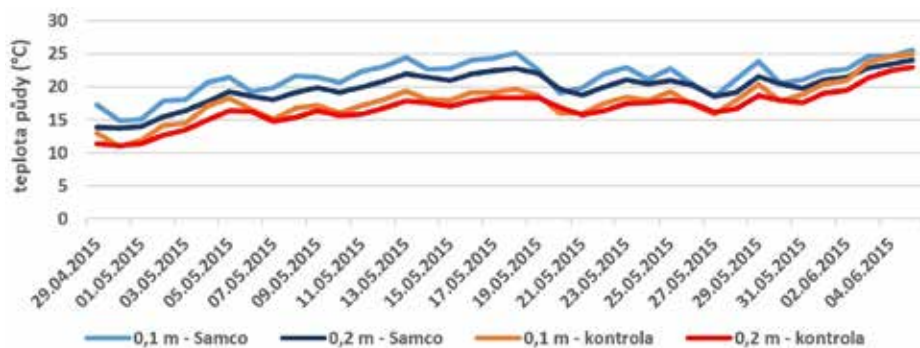


Obr. 109: Teplotní rozdíl mezi teplotami půdy (°C, interval záznamu 1 hod) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie) v hloubkách půdy 0,1 a 0,2 m. Období 29. 4. 2015 – 11. 5. 2015.

Na obrázku 110 je dobře viditelný vliv pokrytí půdy fólií na zvýšení průměrné denní teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Na základě dynamiky průběhu sledovaných veličin je patrný proces počátku degradace fólie, především na změně průběhu hodnot vlhkosti vzduchu. Postupné trhání fólie v založeném řádku totiž primárně ovlivňuje ventilaci vzduchu pod fólií (obr. 110). Průměrné denní teploty půdy na hodnocených plochách opět dokládají vliv využití fólie na zvýšení teploty (obr. 111). Ke konci měřeného období (obr. 111) je i na teplotách půdy pozorovatelná degradace fólie, kdy se teploty půdy mezi plochami s technologií Samco a kontrolou začínají vyrovnávat. Teplotní poměry na plochách s fólií a na kontrole (hybrid Mas 35.K) a izolační vliv fólie při zataženém obloze dokumentují obrázky 112 a 113.

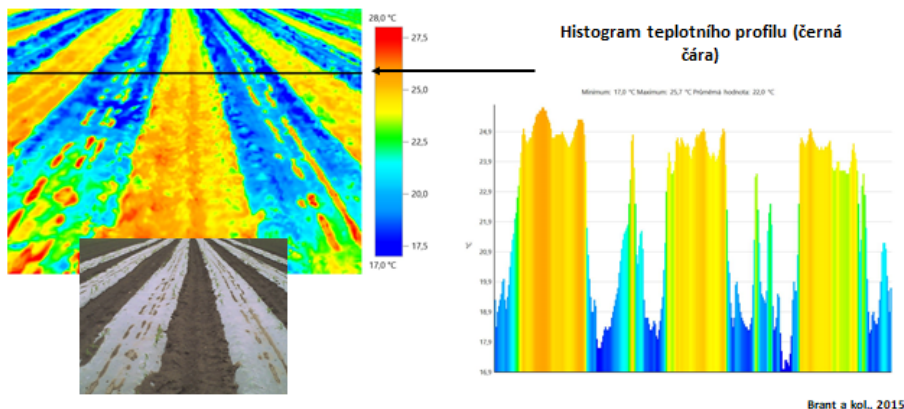


Obr. 110: Průměrné denní hodnoty teploty vzduchu (°C) a relativní vlhkosti vzduchu (%) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie). Období 29. 4. 2015 – 6. 6. 2015.



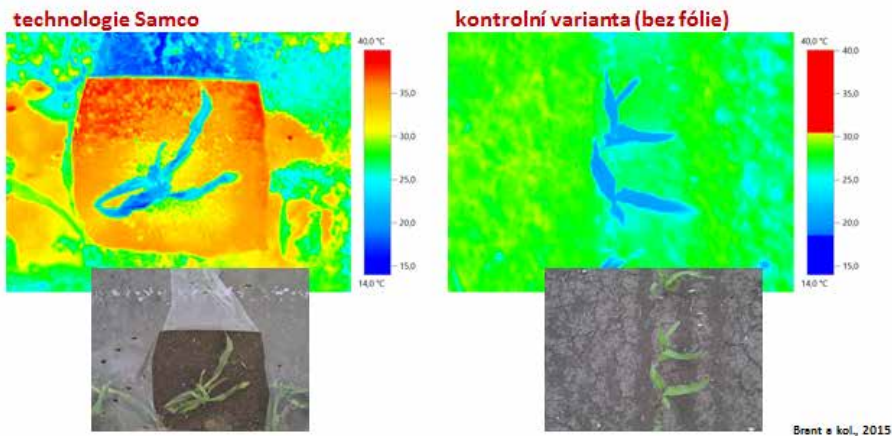
Obr. 111: Průměrné denní hodnoty teploty půdy (°C) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie) v hloubkách půdy 0,1 a 0,2 m. Období 29. 4. 2015 – 6. 6. 2015.

Povrchová teplota půdy a fólie na plochách s technologií Samco dne 19.5.2015 (čas 14:00, zataženo). Snímek dokumentuje izolační vliv fólie.



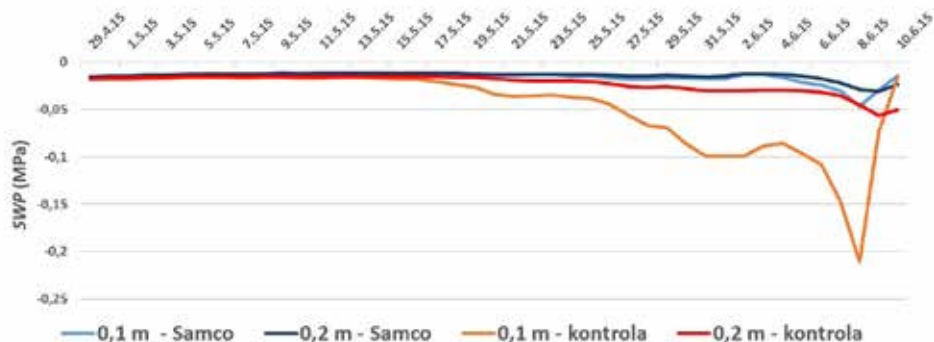
Obr. 112: Povrchová teplota půdy a fólie na plochách s technologií Samco dne 19. 5. 2015 (čas 14:00, zataženo). Modré plochy jsou místa s fólií.

Povrchová teplota půdy na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie) dne 19.5.2015 (čas 14:15, zataženo).



Obr. 113: Povrchová teplota půdy na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie) dne 19. 5. 2015 (čas 14:15, zataženo).

Obrázek 114 dokumentuje hodnoty vodního potenciálu půdy v hodnocených hloubkách. Měření neprokázala zásadní rozdíly mezi variantami. Ke konci měřeného období je patrný pokles hodnot vodního potenciálu na ploše bez fólie a jejich zpětný návrat k nulové hodnotě v důsledku srážky 9. 6. 2015 (11,4 mm). Nulová hodnota představuje plnou dostupnost vody pro rostliny v půdě. Pokles hodnot vodního potenciálu do záporných hodnot signalizuje snížení přístupnosti vody pro rostliny. Hodnoty vodního potenciálu stanovené na pokusných plochách však nevykazují riziko nástupu vodního stresu. Výše uvedený pokles vodního potenciálu, z hlediska vývoje rostlin zanedbatelný, na ploše bez fólie (hloubka půdy 0,1 m) ve srovnání se stabilním průběhem těchto hodnot v téže hloubce s fólií naznačuje, že na počátku vegetace může vést pokrytí půdy fólií ke snižování evaporace. Na začátku vegetace jsou totiž transpirační nároky rostlin velice malé a zásadní roli z hlediska vláhové bilance může hrát především výpar z půdy. V pozdější době je tomu naopak. Na této lokalitě se hodnoty aktuální evapotranspirace v období od fáze prodlužování do fáze mléčné zralosti pohybují v rozmezí 2 – 4 mm za den (měření autorů). Hodnoty evaporace však jen 0,2 až 0,4 mm za den.



Obr. 114: Průměrné denní hodnoty vodního potenciálu půdy (SWP, MPa) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (hloubka půdy 0,1 a 0,2 m). Období 29. 4. 2015 – 11. 6. 2015.

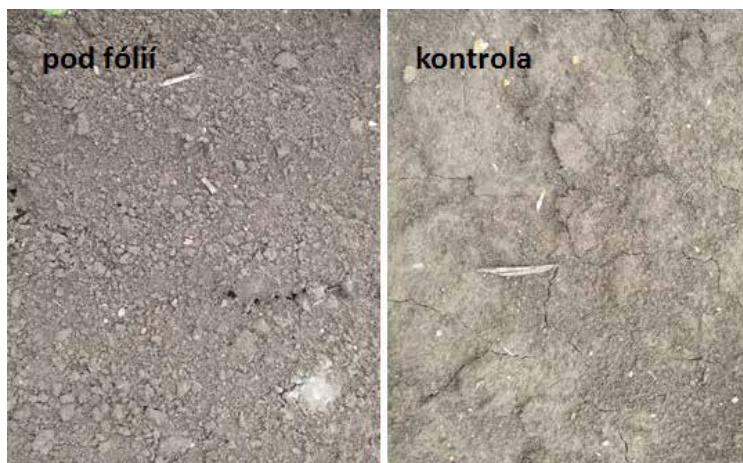
Otázkou však zůstává, jak pokrytí půdy fólií ovlivňuje využitelnost srážkové vody. Tuto skutečnost nebylo možné v měřeném období posoudit, protože do 9. 6. 2015 nejvyšší srážka po dobu měření nepřesáhla 3,3 mm za den. Takto nízká srážka nemůže zásadně ovlivnit vláhové podmínky v hloubce 0,1 m, ani prokázat vliv fólie na infiltrační procesy.

Provedená hodnocení pH půdy stanovená přímo v polních podmínkách ani metodou pH_{KCl} neprokázala rozdíly mezi variantami. Na základě stanovení stability půdních agregátů na plochách s fólií a na kontrole byl potvrzen výrobcem uváděný pozitivní vliv technologie Samco na strukturu půdy. Procentuální podíl stabilních agregátů byl v půdě pod fólií statisticky průkazně vyšší než na kontrole (plochy s hybridem Mas 35.K) - tab. 38.

Tab. 38: Průměrné hodnoty stability půdních agregátů (SAS, %, podíl stabilních agregátů z celkového počtu agregátů) a oxidovatelného uhlíku (C_{ox} , %) v horní vrstvě půdy 40 mm na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie) u hybridu Mas 35. K dne 11. 6. 2015. Rozdílné indexy mezi průměry v rámci sloupce dokumentují statisticky průkazný rozdíl (LSD test, $\alpha = 0,05$).

varianta	SAS (%)	C_{ox} (%)
F	71,5 b	1,7
K	54,4 a	1,8

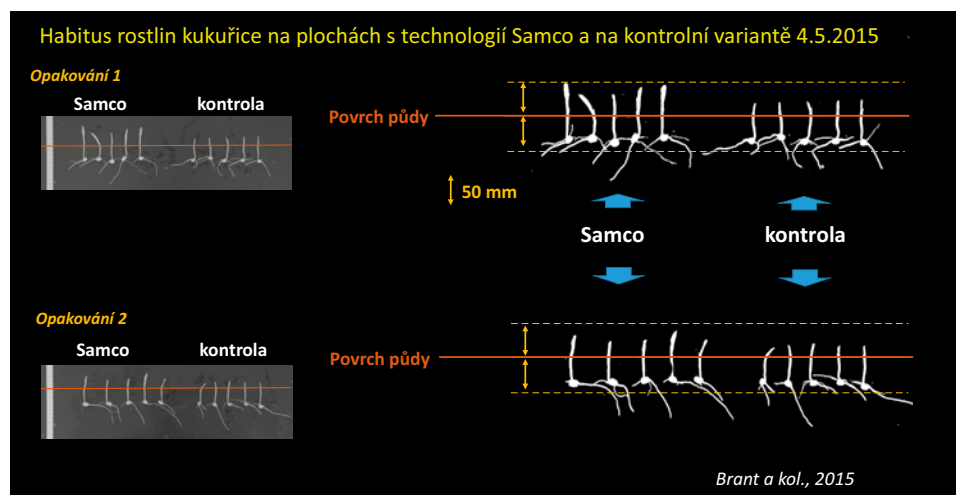
Přítomnost fólie na povrchu půdy, mnohdy v nepřímém kontaktu s půdou, snižuje poškození půdní struktury dešťovými kapkami. Tlumí kinetickou energii dešťových kapek, které pak nerozbíjejí půdní agregáty. Přítomnost fólie na půdě vlastně, do doby své degradace, prodlužuje období, kdy je na pozemku vytvořená struktura půdy vzniklá při založení porostu. Po odkrytí půdy však již funkci fólie může přebrat porost kukuřice, přesně řečeno listy rostlin. Výrazně se však porost kukuřice na eliminaci poškozování půdy kapkami deště, a tím i na snižování působení rizika kapkové eroze, podílí od fáze BBCH 30 (měření autorů). Můžeme tedy říci, že čím budou rostliny při začátku rozpadu fólie větší, tím budou podmínky pro následnou infiltraci vody do půdy a pro snižování erozních rizik v průběhu následné doby vegetace lepší. Stav povrchu půdy pod fólií a na kontrolní variantě v době začátku trhání se fólie dokumentuje obrázek 115.



Obr. 115: Stav povrchu půdy po odkrytí fólie a na kontrolní variantě (11. 6. 2015) – plochy s hybridem Mas 35.K (foto Brant).

Dne 3. 6. 2015 byly na plochách s hybridem Mas 35.K sledovány hodnoty půdní respirace pomocí gazometrického měření. Na plochách s fólií byly stanoveny průkazně vyšší hodnoty ve srovnání s kontrolní variantou. Tato skutečnost poukazuje na vyšší aktivitu půdních mikroorganismů, než na variantě kontrolní. Otázkou zůstává, zda vyšší respirace může přispět ke zvýšení obsahu CO₂ ve vzduchu mezi fólií a půdou a zda toto navýšení může přispět k výraznějšímu ovlivnění procesu fotosyntézy rostlin neprorostlých fólií.

V rámci experimentů byly rovněž sledovány biometrické charakteristiky rostlin. Počáteční vývoj rostlin na hodnocených variantách po vzejití kukuřice (4. 5. 2015) dokumentuje obrázek 116. Při tomto prvním hodnocení suché nadzemní biomasy rostlin byly prokázány statisticky průkazné rozdíly mezi variantami, hmotnost nadzemní biomasy rostlin pěstovaných pod fólií byla statisticky průkazně vyšší (tab. 39).



Obr. 116: Habitus rostlin na plochách s technologií Samco (hybrid Mas 35.K) a na kontrolní ploše bez fólie (hybrid Mas 35.K) dne 4. 5. 2015. Výsev porostů byl proveden 24. 4. 2015.

Tab. 39: Průměrná hmotnost čerstvé a suché nadzemní biomasy rostlin (g) na plochách s technologií Samco (průměr hodnocených hybridů) a na kontrolní variantě (bez fólie, hybrid Mas 35.K) dne 4. 5. 2015. F je hmotnost rostlin pod fólií a K je kontrola. Rozdílné indexy mezi průměry v rámci sloupce dokumentují statisticky průkazný rozdíl (LSD test, $\alpha = 0,05$). Výsev byl proveden 24. 4. 2015.

Varianta	čerstvá hmotnost (g)	suchá hmotnost (g)
F	0,092 b	0,0081 b
K	0,040 a	0,0042 a

Tab. 40: Průměrná hmotnost suché nadzemní biomasy rostlin (g) na plochách s technologií Samco (průměr hodnocených hybridů) a na kontrolní variantě (bez fólie, hybrid Mas 35.K) dne 11. 5. 2015. F1 je hmotnost rostlin prorostlých fólií, F2 je hmotnost rostlin, které ještě neprorostly fólií a K je kontrola. Rozdílné indexy mezi průměry v rámci sloupce dokumentují statisticky průkazný rozdíl (LSD test, $\alpha = 0,05$). Výsev byl proveden 24. 4. 2015.

varianta	hmotnost rostliny (g)
F1	0,108 b
F2	0,101 b
K	0,054 a

Tabulka 40 dokumentuje srovnání průměrné suché nadzemní biomasy rostlin pěstovaných pod fólií (průměr všech hybridů, 11. 5. 2015) ve srovnání s hmotností rostlin na kontrolní variantě (hybrid Mas 35.K). Jak u rostlin prorostlých fólií, tak u rostlin, které ještě fólií neprorostly, byla stanovena statisticky průkazně vyšší hmotnost suché rostliny ve srovnání s kontrolou (tab. 40).

Tabulka 41 dokumentuje vliv typu fólie na schopnost rostlin fólií prorůst. Přestože jsou zde hodnoceny rozdílné hybridy, je na základě hodnocení procenta prorostlých rostlin a hodnot variačního koeficientu patrné, že zvolený typ fólie prorůstání rostlin ovlivňuje. Otázka vhodného výběru fólie je součástí pěstební strategie. Je třeba mít na paměti, že větší stabilita fólie a pomalejší prorůstání rostlin může mít své opodstatnění například při velmi časných výsevech. V těchto případech bude mít pozdnější opuštění ochranného vlivu fólie rostlinami své opodstatnění. Je však obecně známou skutečností, že technologie Samco nemusí vyhovovat všem hybridům stejně. Mezi hybridy jsou i rozdíly ve schopnosti fólií prorůstat. Rozdílný habitus hybridů na pokusných plochách dokumentuje obrázek 117.

Tab. 41: Vliv typu fólie na prorůstání rostlin kukuřice. Stanoveno je průměrné procento prorostlých rostlin (%) a hodnoty variačního koeficientu (V, %). Hodnocení proběhlo 25. 5. 2015. Rozdílné indexy mezi průměry v rámci sloupce dokumentují statisticky průkazný rozdíl (LSD test, $\alpha = 0,05$). Výsev byl proveden 24. 4. 2015.

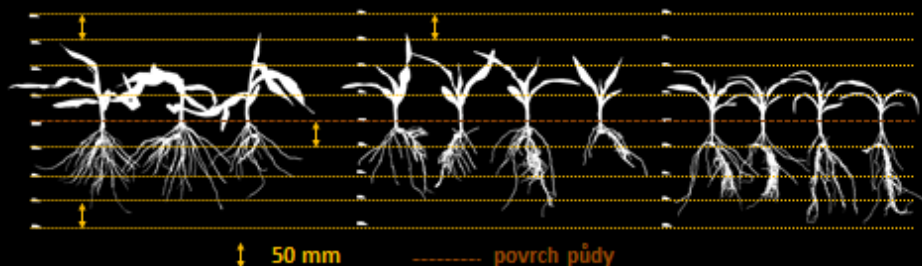
hybrid	prorostlé rostliny (%)	V (%)	typ fólie
Mas 35.K	41,1 a	42,9	zelená
Mas 40.F	31,7 a	49,1	zelená
Mas 51.G	68,1 b	24,9	žlutá
Mas 56.E	70,0 b	16,8	žlutá

Habitus nadzemní a podzemní části vybraných hybridů kukuřice seté při použití technologie Samco a bez použití technologie Samco (18.5.2015). Výsev porostů byl proveden 24.4.2015. Lokalita: Ledčice.

Hybrid Mas 56.E (FAO 550), technologie Samco.

Hybrid Mas 51.G (FAO 440), bez technologie Samco.

Hybrid Mas 35.K (FAO 350), bez technologie Samco.



Brant a kol., 2015

Obr. 117: Habitus rostlin vybraných hybridů kukuřice seté při použití technologie Samco a bez použití fólie – 18. 4. 2015. Výsev porostů byl proveden 24. 4. 2015.

Tabulky 42 a 43 dokládají vliv technologie na průměrnou suchou hmotnost rostliny u sledovaných hybridů, včetně srovnání hmotnosti prorostlých a ještě neprorostlých rostlin fólii. Na základě těchto hodnocení jsou patrné tři skutečnosti. Prorostlé i neprorostlé rostliny měly statisticky průkazně vyšší hmotnost než rostliny na kontrole. Za druhé je z tabulky 42 znatelné, že u dvou hybridů mají prorostlé rostliny vyšší hmotnost rostlé než neprorostlé a u jiných dvou je tomu naopak (rozdíly však nejsou statisticky průkazné). Může to být způsobeno jednak vlivem typu fólie, což se dle výsledků nabízí, ale také například reakcí prorostlých rostlin na jiné mikroklima. Třetí skutečností jsou rozdíly mezi hybridy (tab. 43). Rozdíly v habitu rostlin v závislosti na daném hybridu a technologii (4. 6. 2015) dokumentuje obrázek 118.

Tab. 42: Průměrná hmotnost nadzemní biomasy rostlin (g) na plochách s technologií Samco (hodnocené hybridy) a na kontrolní variantě (bez fólie) dne 25. 5. 2015 – srovnání v rámci hybridu. F1 je hmotnost rostlin prorostlých fólií, F2 je hmotnost rostlin, které ještě neprorostly fólií a K je kontrola. Rozdílné indexy mezi průměry v rámci sloupce dokumentují statisticky průkazný rozdíl (LSD test, $\alpha = 0,05$). Výsev byl proveden 24. 4. 2015.

rostlina	hybrid			
	Mas 35.K	Mas 40.F	Mas 51.G	Mas 56.E
F1	1,240 b	1,135 a	0,723 b	0,844 b
F2	1,143 b	1,012 a	0,787 b	1,005 b
K	0,417 a	-	0,297 a	0,371 a

Tab. 43: Průměrná délka rostliny (m), průměrný počet vyvinutých listů (kusy) na rostlině a průměrná suchá hmotnost rostliny (g) na plochách s technologií Samco (hodnocené hybridy) a na kontrolní variantě (bez fólie, Mas 35.K) dne 11. 6. 2015 – srovnání v rámci skupin rostlin. Hodnoceny byly prorostlé rostliny a K je kontrola. Rozdílné indexy mezi průměry v rámci sloupce dokumentují statisticky průkazný rozdíl (LSD test, $\alpha = 0,05$). Výsev byl proveden 24. 4. 2015.

hybrid	délka rostliny (m)	počet listů (kusy)	hmotnost rostliny (g)
Mas 35.K - Samco	0,720 c	12,6 c	7,67 bc
Mas 40.F - Samco	0,722 c	11,5 b	9,01 c
Mas 51.G - Samco	0,644 b	10,9 ab	7,17 b
Mas 56.E - Samco	0,693 bc	10,5 b	6,05 b
Mas 35.K – kontrola	0,480 a	11,0 ab	3,12 a

Tab. 44: Průměrná délka rostliny (m), průměrný počet vyvinutých listů (kusy) na rostlině a průměrná suchá hmotnost rostliny (g) na plochách s technologií Samco (hodnocené hybridy) a na kontrolní variantě (bez fólie, Mas 35.K) dne 11. 6. 2015 – srovnání v rámci skupin rostlin. Hodnoceny byly prorostlé rostliny a K je kontrola. Rozdílné indexy mezi průměry v rámci sloupce dokumentují statisticky průkazný rozdíl (LSD test, $\alpha = 0,05$). Výsev byl proveden 24. 4. 2015.

hybrid	délka rostliny (m)	počet listů (kusy)	hmotnost rostliny (g)
Mas 35.K - Samco	0,720 c	12,6 c	7,67 bc
Mas 40.F - Samco	0,722 c	11,5 b	9,01 c
Mas 51.G - Samco	0,644 b	10,9 ab	7,17 b
Mas 56.E - Samco	0,693 bc	10,5 b	6,05 b
Mas 35.K – kontrola	0,480 a	11,0 ab	3,12 a



Obr. 119: Stav porostů na plochách s technologií Samco (vlevo) a na kontrolní variantě (vpravo) dne 11. 6. 2015 – hybrid Mas 35.K (foto Brant).

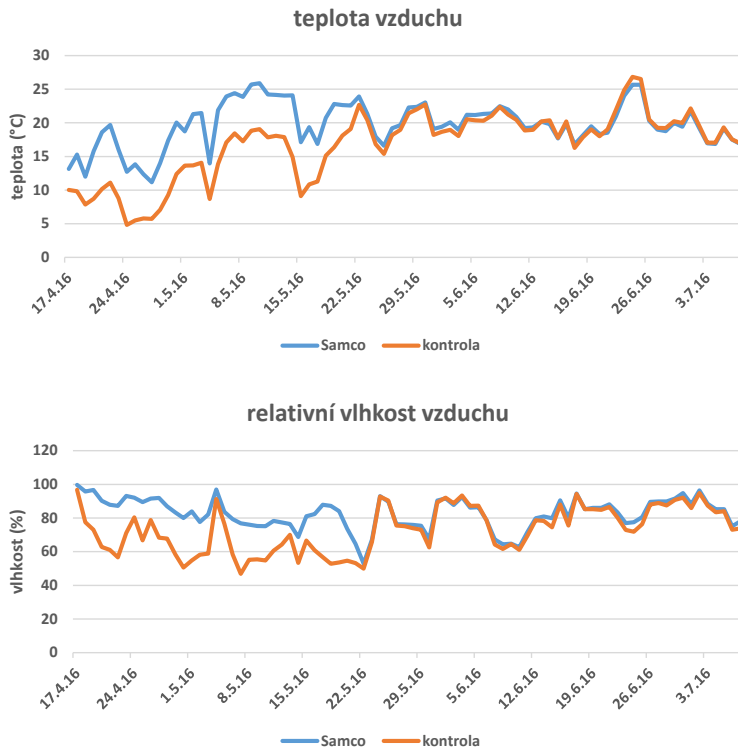
11. 2. Ověřování technologie v roce 2016

V roce 2016 probíhalo ověřování technologie na lokalitě Roudnice nad Labem. Založení porostů kukuřice seté s využitím systému Samco proběhlo 25. 3. 2016 (obr. 120). Kontrolní plocha byla vyseta 20. 4. 2016. Na pokusných plochách byla hodnocena produkce suché nadzemní biomasy rostliny, tak parametry přízemní vrstvy atmosféry a orničního profilu. V roce 2016 byly rovněž sledovány v rozdílu v evapotranspiračních nárocích porostů. Měření aktuální evapotranspirace porostů (ET_d).

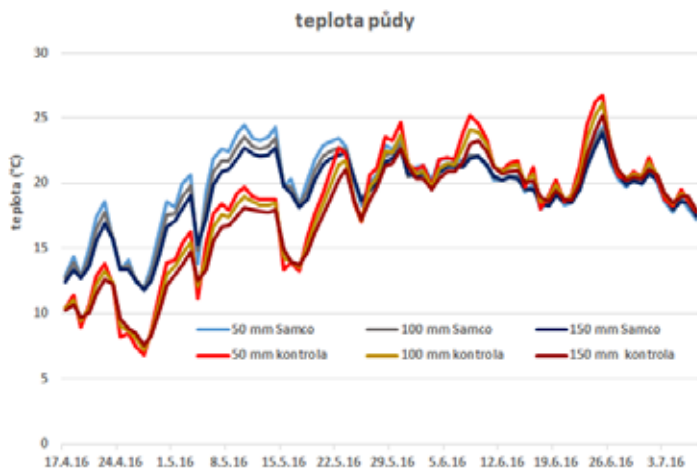


Obr. 120: Stav pokusných ploch po založení systémem Samco a umístění systému pro měření aktuální evapotranspirace v roce 2016 (foto Brant).

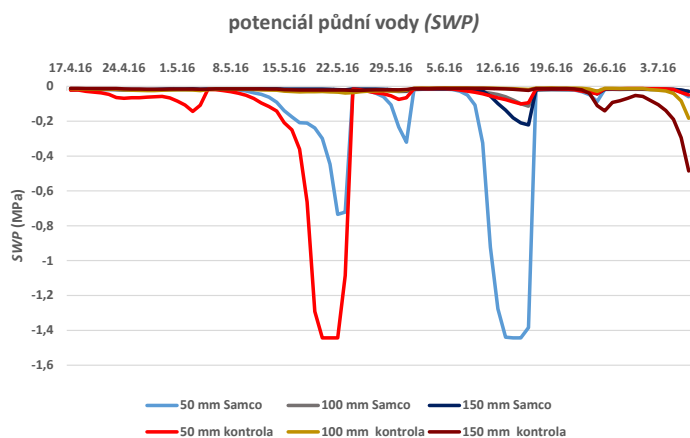
V následném roce hodnocení byl opět prokázán pozitivní vliv pokrytí půdy fólií na zvýšení teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu vůči plochám bez fólie. Na počátku rozpadu fólie se i přes rozdílnou dynamiku růstu rostlin kukuřice seté, rychlejší dynamika růstu na plochách s fólií, hodnoty měřených veličin vyrovnaly (obr. 121). Obdobně tomu bylo i u teploty půdy, kdy teplota půdy pod fólií vykazovala optimální teplotní podmínky pro vývoj rostlin kukuřice (obr. 122). Pokrytí půdy fólií na začátku vegetace eliminovalo ve srovnání s nepokrytou fólií přesušení horní vrstvy půdy, ke kterému došlo až v pozdější době, kdy však již rostliny čerpaly vodu ze spodních vrstev půdy. Toto skutečnost dokumentuje obrázek 123 zachycující kontinuální průběh hodnot vodního potenciálu půdy na hodnocených plochách.



Obr. 121: Průměrné denní hodnoty teploty vzduchu (°C) a relativní vlhkosti vzduchu (%) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie). Období 17. 4. 2016 – 7. 7. 2016.

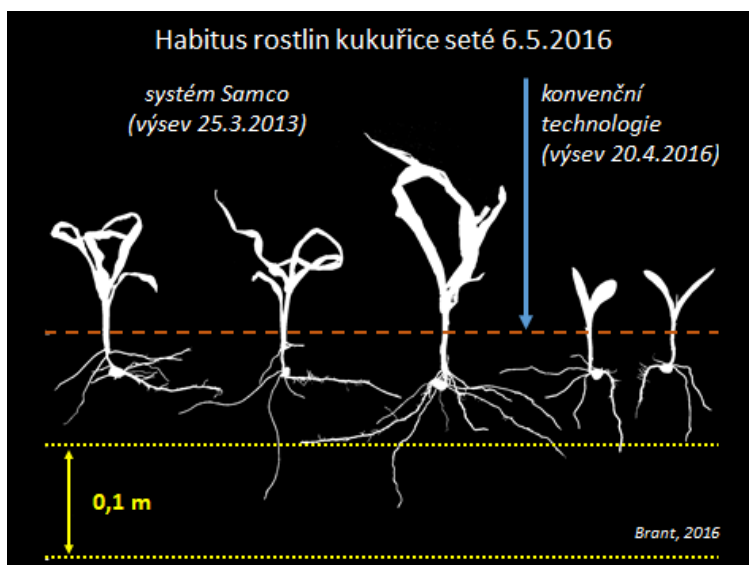


Obr. 122: Průměrné denní hodnoty teploty půdy (°C) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (bez fólie) v hloubkách půdy 0,1 a 0,2 m. Období 17. 4. 2016 – 7. 7. 2016.



Obr. 123: Průměrné denní hodnoty vodního potenciálu půdy (SWP, MPa) na plochách s technologií Samco a na kontrolní variantě (hloubka půdy 0,1 a 0,2 m). Období 17. 4. 2016 – 7. 7. 2016.

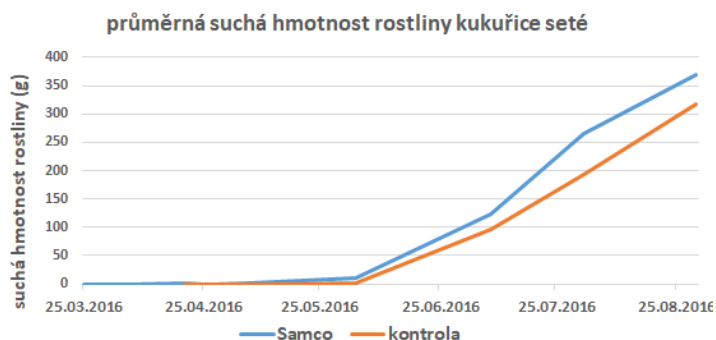
Časnější výsev porostů a zajištění optimálních podmínek pro jejich vývoj u systému Samco se projevilo pozitivně dynamice růstu rostlin. Při hodnocení dynamiky růstu rostlin 6. 5. 2016 vykazovaly rostliny kukuřice seté na plochách s použitím fólie čtyři vyvinuté listy, na kontrolní variantě porosty ukončovaly vzházení (obr. 124). Rostliny na plochách s využitím fólie samozřejmě dříve vstoupily do fáze kvetení (obr. 125). Rozdíl ve výsevu a v rychlosti dynamiky růstu se projevila také na průměrné suché hmotnosti rostlin u hodnocených porostů. Na plochách se systémem Samco vykazovaly rostliny po celou dobu vegetace průměrně vyšší hodnoty suché nadzemní biomasy (obr. 126). Při hodnocení produkce suché nadzemní biomasy tak průměrný výnos činil na plochách s použitím fólie 23,9 t suché biomasy na ha a na kontrolní variantě 18,5 t/ha.



Obr 124: Habitus rostlin kukuřice seté na hodnocených plochách 6. 5. 2016.



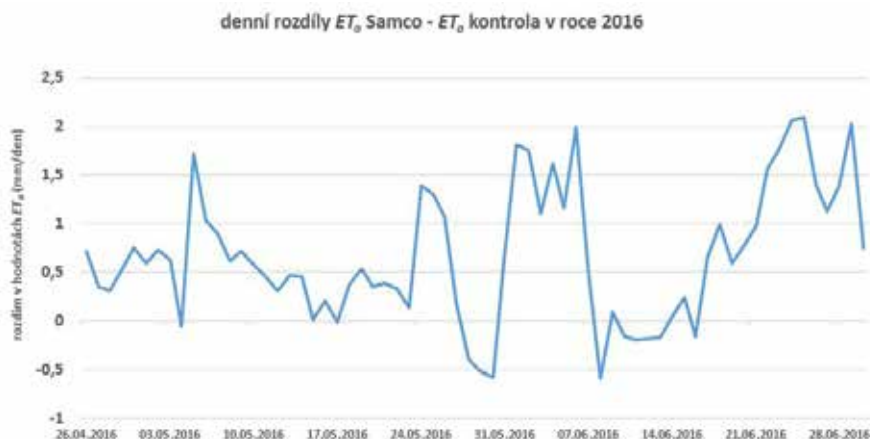
Obr. 125: Rostliny na plochách s využitím fólie dříve vstoupily do fáze kvetení. Fotografie byla pořízena 8. 7. 2016, vlevo jsou plochy se systémem Samco a vpravo kontrolní varianta (foto Brant).



Obr. 126: Dynamika průměrné suché hmotnosti nadzemní biomasy rostliny v roce 2016 na plochách se systémem Samco a na kontrolní variantě.

Zajímavý pohled na srovnání technologií přináší i zhodnocení evapotranspiračních nároků porostů. V první polovině vegetace vykazovaly vyšší hodnoty aktuální denní evapotranspirace porosty založené s využitím systému Samco. Tato skutečnost může být spojena se dvěma faktory. Na vyšších hodnotách aktuální evapotranspirace se mohla podílet dynamika růstu rostlin, které byla na plochách se systémem Samco rychlejší, včetně produkce nadzemní biomasy, a druhým důvodem mohlo být snížení evaporace vody z půdy v důsledku jejího omezení přítomností fólie na povrchu půdy. Rozdíly mezi denními hodnotami aktuální evapotranspirace porostů dokládá obrázek 127. Jedná se o rozdíl mezi ET_a na plochách se systémem Samco a na ET_a na kontrolní variantě.

Dosavadní výsledky ukazují, že systémy pěstování kukuřice systémem Samco mohou být jednou z technologií, kterou lze považovat jak za půdoochrannou, tak zajišťující na základě eliminace evaporace lepší vláhové podmínky pro vývoj porostů.



Obr. 127: Rozdíly mezi denními hodnotami aktuální evapotranspirace (ET_a , mm/den) na plochách kukuřice seté pěstované pomocí technologie Samco a na kontrolní variantě v roce 2016.

12. KULTIVACE BĚHEM VEGETACE, ZONÁLNÍ APLIKACE HNOJIV A PESTICIDŮ

Kultivace porostů kukuřice seté během vegetace je dlouhodobě opomíjenou technologií z hlediska omezení eroze, zvýšení cílené infiltrace vody do kořenové zóny a spodních vrstev půdy. Zcela zásadní význam z hlediska ochrany půdy, vody, živých organismů a obecně snížení negativního vlivu zemědělství na životní prostředí mají technologie pásové aplikace pesticidů a pomocných látek (včetně živých organismů) a zonálního hnojení kapalnými a pevnými formami minerálních hnojiv apod.

Pěstování kukuřice seté s roztečí řádků 0,45 m a více jednoznačně umožňuje provádění kultivace během vegetace, včetně systémů cílených zonálních aplikací rozdílných látek za účelem ochrany rostlin, výživy rostlin, zvyšování jejich fitness a pro podporu mikrobiálního života v půdě.

Základem kultivace porostů během vegetace z hlediska protierozní ochrany a podpory infiltrace vody do půdy je volba kypřících nástrojů, nebo jejich kombinací, které po provedení kypření ponechají část rostlinných zbytků na povrchu půdy, vytvoří infiltrační rýhu pro vodu ke kořenům, nebo k depu uloženého hnojiva a přispějí k tvorbě hrubší struktury půdy na povrchu meziřádku. Opomenout samozřejmě nelze ani požadavek na regulaci plevelů.

Tvorba infiltračních rýh při plečkování musí zajistit infiltraci vody ve středu meziřádku minimálně do hloubky 0,1 m. Infiltrace vody do této hloubky zásadním způsobem sníží riziko rychlé ztráty vody z povrchu půdy evaporací. Směrem od středu meziřádku je hloubku kypření nutné korigovat ve vztahu k hloubce kořenového systému, kdy i při mělčím kypření voda do spodních vrstev půdy infiltruje kolem kořenů. Při kombinaci kypření a hnojení, či ukládání jiných látek za kypřicí nástroj (stimulátory růstu, aplikace bakterií apod.), slouží pracovním nástrojem vytvořená infiltrační rýha jako preferenční tok srážkové vody do zóny uloženého hnojiva, čímž dochází následně ke zlepšení jeho podmínek pro rozptýlení v půdním profilu. Mírné utužení dna aplikační rýhy poté funguje jako tzv. infiltrační brzda zpomalující rychlý odtok vody mimo zónu s hnojivem a na začátku vegetace i mimo kořenovou zónu mladých rostlin kukuřice seté. Hlubší aplikace hnojiv do spodnějších vrstev půdy přispívá ve srovnání s povrchovou aplikací rovněž k omezení jejich ztrát při erozním smyvu. Cílené umístění hnojiv a infiltračních rýh v meziřádku musí respektovat nejen vývoj kořenového

systému, ale potřebné je, aby korespondovalo se zónami dopadu srážkové vody po modifikaci porostem, tedy s porostní srážkou.

12. 1. Infiltrace vody po kypření a zonální aplikace hnojiv

Za účelem podpory infiltrace vody do půdy, včetně aplikace látek za pracovní nástroje, je vhodné pro kultivaci půdy během vegetace využít rozdílné typy dlát. Jejich konstrukce určuje možnost pracovní hloubky, počet nástrojů na pracovní sekci a kombinovatelnost s jinými typy pracovních nástrojů (radličky, taliře, pruty apod.). Zásadní roli z hlediska práce kypřících dlát má geometrie a tuhost slupice a rozměry a geometrie samotných kypřících ostří. Na obrázku 128 je znázorněn vliv kypření středu meziřadí pomocí dlátka do hloubky 0,18 m v porostech kukuřice seté založené do řádků s roztečí 0,75 m v nepřejetém meziřadí a v přejetém meziřadí kolem tažného prostředku na infiltraci vody (simulovaná výše srážky činila 40 mm). Z obrázku je patrný soustředný tok vody do kypřené zóny, včetně přijatelné infiltrace v kolejové stopě. Umístění kypřené rýhy do středu meziřádku při dané rozteči řádků respektuje i pravidla dopadu porostní srážky, která je při rozteči 0,75 m nejvyšší ve středu meziřádku (přímý propad a odkap z listů). Provedení kultivace meziřádku šípovou radličkou (obr. 129) zásadním způsobem infiltraci do spodních vrstev nepodpořilo. Na zpomalení infiltrace se projevil i zhutňující efekt ploché radličky na přechodu kypřené a nekypřené půdy. V místě kypření kolejových stop šípovou radličkou byl efekt infiltrace výrazně omezen.

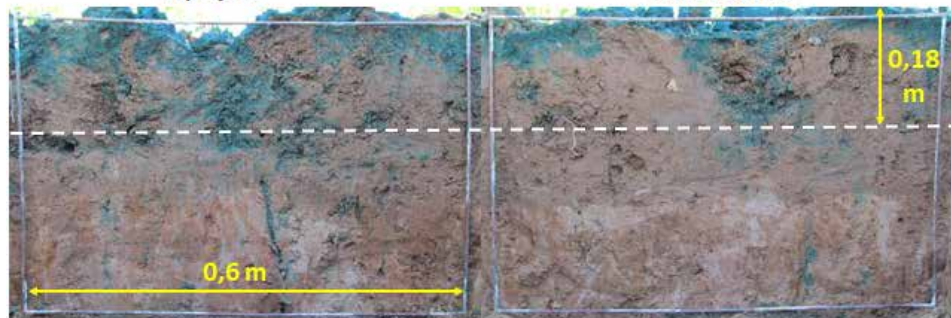
V rámci kypření pomocí dlát do středu meziřádku byl současně ověřován efekt přihnojení kapalným hnojivem DAM 390 v dávce 200 l/ha za kypřící dláto. Tři dny po provedení kypření došlo na pokusném pozemku ke srážkové události s vysokou intenzitou (35 mm srážky za 30 min). Dobrá infiltrace srážkové vody do půdy k zóně hnojiva podpořila rozvoj kořenového systému do této zóny ve středu meziřádku (rozvoj kořenů byl hodnocen 11 dnů po srážce) – obrázek 130.

K obdobnému efektu dochází i při ukládání hnojiv ke kořenové zóně mladých rostlin kukuřice seté, kdy jsou hnojiva či ostatní látky aplikovány po stranách řádku kukuřice. Aplikovány mohou být kapalné, tak i pevné látky, či kombinace obou skupenství (obr. 131).

Cílené vytvoření infiltrační rýhy při kultivaci porostu kukuřice seté v místě soustředného dopadu porostní srážky za účelem eliminace povrchového odtoku, výše simulované srážky činila 40 mm

**Vliv kypřicího dláta na infiltraci -
nepřežeto**

**Vliv kypřicího dláta na infiltraci -
stopa traktoru**



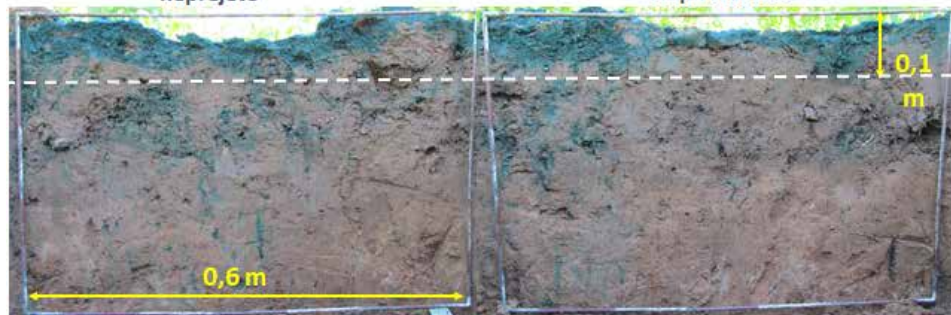
Brant a Kroulík, 2016

Obr. 128: Cílené vytvoření infiltrační rýhy při kultivaci porostu kukuřice seté v místě soustředného dopadu porostní srážky za účelem eliminace povrchového odtoku, výše simulované srážky činila 40 mm.

Infiltrace vody do půdy při kultivaci porostu kukuřice seté plochou šípovou radličkou v místě soustředného dopadu porostní srážky, výše simulované srážky činila 40 mm

**Vliv kypřící radličky na infiltraci -
nepřežeto**

**Vliv kypřící radličky na infiltraci -
stopa traktoru**



Brant a Kroulík, 2016

Obr. 129: Infiltrace vody do půdy při kultivaci porostu kukuřice seté plochou šípovou radličkou v místě soustředného dopadu porostní srážky, výše simulované srážky činila 40 mm.



Obr. 130: Rozvoj kořenů do středu meziřadí, kde bylo provedeno kypření dlátkem s aplikací hnojiva DAM 390, byl pozitivně podpořen srážkovou vodou infiltrující do kypřené rýhy (foto Brant).



Obr. 131: Kypřicí dlátka po stranách řádku kukuřice seté vybavená systémem pro aplikaci kapalných látek (zleva i zprava) a pevných látek zleva (foto Brant).

12. 2. Pásové aplikace kapalných látek

Jedním z moderních prvků aplikace pesticidů v porostech kukuřice seté jsou pásové aplikace kapalných látek (pesticidy, pomocné látky, roztoky bakterií a hub apod.). Postřik lze provádět přímo na řádek s kukuřicí setou, nebo jen do meziřádku. Při aplikaci na řádek dochází zároveň k mechanické kultivaci meziřadí, včetně regulace plevelů. Obrázek 132 dokládá pásovou aplikaci fungicidu se současnou kultivací meziřádku v kombinaci s aplikací pevných minerálních hnojiv za kypřící dlátka jedoucí vedle řádku kukuřice seté. Při aplikaci herbicidů do meziřádku lze provést odplevelení řádku s kukuřicí setou například osazením plečky pracovními nástroji s prstovými koly (obr. 133).

Pásové aplikace kapalných látek na povrch půdy či rostlin zásadním způsobem snižují spotřebu pesticidů, což snižuje ekologická rizika a přispívá ke snížení nákladů na pěstební technologii. Pásové aplikace pomocných látek, stimulátorů růstu, bakteriálních preparátů apod. umožňují snížit náklady vůči plošné aplikaci, nebo zvýšit dávku pouze na ošetřenou plochu při shodné spotřebě jako při plošné aplikaci. Tabulka 45 dokumentuje procento povrchu půdy, které zůstane v závislosti na šíři rozteče řádků kukuřice a šíři aplikovaného pásu nepokryto postřikovací jíchou.



Obr. 132: Pásová aplikace fungicidu na řádek kukuřice se současnou kultivací meziřádku v kombinaci s aplikací pevných minerálních hnojiv za kypřící dlátka (foto Brant).



Obr. 133: Při aplikaci herbicidů do meziřádku lze provést odplevelení řádku s kukuřicí setou například osazením plečky pracovními nástroji s prstovými koly (foto Brant).

Tab. 45: Procento půdy nepokryté aplikační jichou při pásové aplikaci (na řádek či meziřádek) při šíři aplikovaného pásu (0,2; 0,3 a 0,4 m) v porostech kukuřice seté při rozteči řádku 0,75; 0,6 a 0,45 m.

rozteč řádků kukuřice seté (m)	šířka pásu postřiku (m)		
	0,2	0,3	0,4
0,75	73 %	60 %	47 %
0,6	67 %	50 %	33 %
0,45	56 %	33 %	11 %

12. 3. Koncepty vývoje systémů

Základním předpokladem vývoje těchto systémů je osazení soupravy pro kultivaci během vegetace zásobníky s aplikátory na kapalné a pevné látky, včetně systémů jejich rozvodu a usměrňování zóny aplikace (obr. 134). Technologie přináší především diferencovaný přístup k zónám půdního bloku ve vztahu k hlavní, ale i následné plodině. Zároveň jsou již v současné době k dispozici systémy diferencovaného ukládání látek z v rámci hloubek půdního profilu.

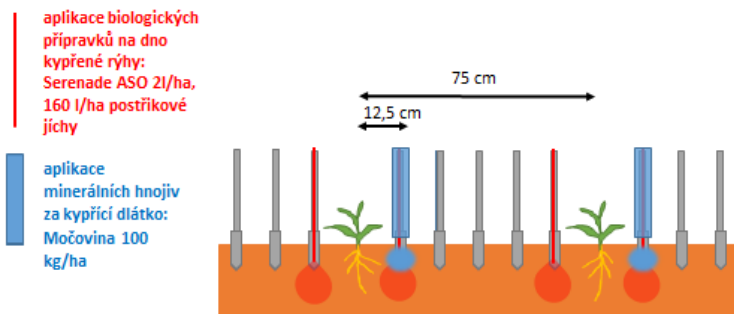
Z hlediska koncepčního pojetí lze provést současnou kultivaci meziřadí v kombinaci s aplikací pevných a kapalných látek, kdy lze na základě rozdílných skupenství látek a tím i jejich ukládání do proudu zeminy, zajistit i jejich odlišné uložení za kypřícím nástrojem v půdě. Schematické příklady rozdílných konceptů ověřovaných autorským kolektivem dokumentují obrázky 135 až 137. Koncepty kombinace mechanické kultivace během vegetace a aplikaci rozdílných látek pevného a kapalného skupenství lze specifikovat následovně:

- Cílené zonální aplikace umožňují nejen rozdílné rozmístění odlišných látek (kapalné a pevné) do různých zón vůči řádku hlavní plodiny, ale také eliminují jejich případné vzájemné interakce (např. hnojiva x bakterie, nebo aplikace bakterií mimo zóny pásové aplikace herbicidů apod.).
- Aplikace umožňují i diferencované rozmístění látek v půdním profilu. Využít lze např. aplikaci kapalných i pevných látek za jedno dlátko. Kapalné látky aplikované za dlátko pronikají od dna kypřené rýhy do spodních vrstev půdy, pevné látky jsou zamíchány do proudu kypřené půdy nacházející se mezi povrchem půdy a dnem kypřící rýhy.
- Cílené aplikace umožňují snížení celkové spotřeby látky na jednotu plochy půdního bloku, což je efektivní nejen z ekologického, ale i ekonomického hlediska. Nebo lze při použití cílené aplikace dané látky zvýšit lokálně její efekt při stejných nákladech.
- Práce s bakteriemi mění požadavky na optimální stav půdy pro plečkování, kdy za výhodnější lze považovat provedení aplikace při vyšší půdní vlhkosti, než při klasickém odplevelujícím účinku plečkování.
- Nelze zapomínat na skutečnost, že pohyb aplikovaných látek může být v půdním profilu výrazně ovlivněn vytvořenými preferenčními toky pro vodu vzniklými při základním zpracování půdy (strip till, systémy zonálního celoplošného kypření, pásová předsetová příprava apod).
- Znalost zonálních aplikací, např. u herbicidů, umožňuje cílený výsev následných plodin mimo zón jejich předchozí aplikace, protože lze předpokládat, že reziduální působení může být spojeno s výskytem zbytků herbicidů ve spodnějších, méně intenzivně kypřených, vrstvách orničního profilu apod.



Obr. 134: Souprava pro kultivaci kukuřice během vegetace vybavená zásobníky pro současnou aplikaci kapalných a pevných látek (foto Brant).

Vybrané varianty cílené aplikace pevných a kapalných látek při plečkování kukuřice seté na lokalitě Bučina (6.6.2020)

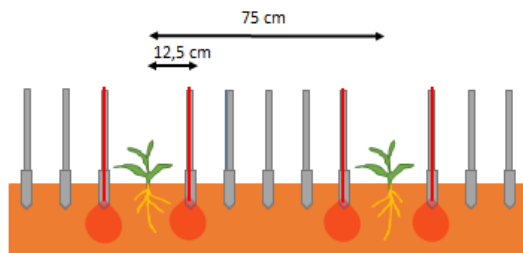


Brant a Šmøger, 2020

Obr. 135: Souběžná cílená aplikace pevných a kapalných látek při plečkování meziřádku porostů kukuřice seté ke kořenovému systému rostlin.

Vybrané varianty cílené aplikace pevných a kapalných látek při plečkování kukuřice seté na lokalitě Bučina (6.6.2020)

aplikace kapalných
hnojiv na dno
kypřené rýhy:
DAM 390, 100 l/ha



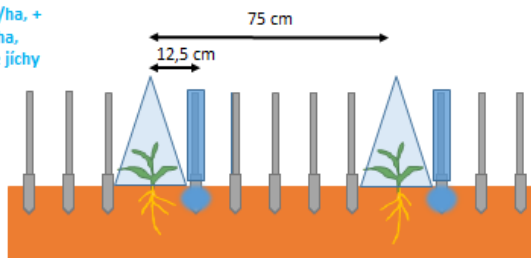
Brant a Šmøger, 2020

Obr. 136: Souběžná cílená aplikace kapalných látek při plečkování meziřádku porostů kukuřice seté ke kořenovému systému rostlin.

Vybrané varianty cílené aplikace pevných a kapalných látek při plečkování kukuřice seté na lokalitě Bučina (6.6.2020)

aplikace biologických
přípravků a fungicidů
pásovým postřikem:
Serenade ASO 0,3 l/ha, +
Prosaro 250 EC 1 l/ha,
160 l/ha postřikové jichy

aplikace
minerálních hnojiv
za kypřicí dílatko:
Močovina 100
kg/ha



Brant a Šmøger, 2020

Obr. 137: Souběžná cílená aplikace pevných látek při plečkování meziřádku porostů kukuřice seté ke kořenovému systému rostlin a provedení pásového postřiku řádku kukuřice.

13. VYŽITÍ PRINCIPŮ PRECIZNÍHO ZEMĚDĚLSTVÍ

Z hlediska zajištění efektivního využití vody v krajině a omezení degradace půdy je potřebné pracovat i s variabilitou půdního bloku a vycházet z principů individuálního přístupu k jeho jednotlivým zónám na úrovni makro a mezovariability.

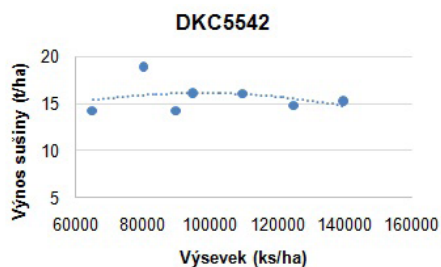
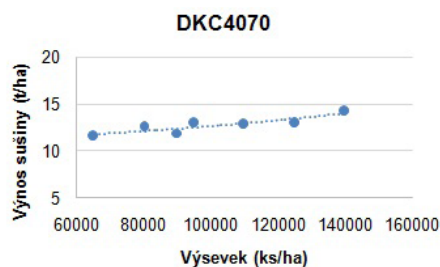
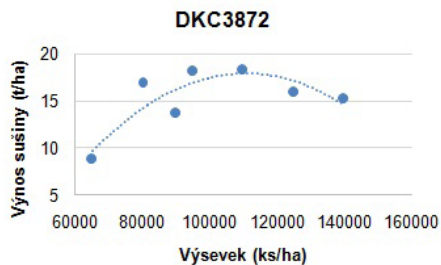
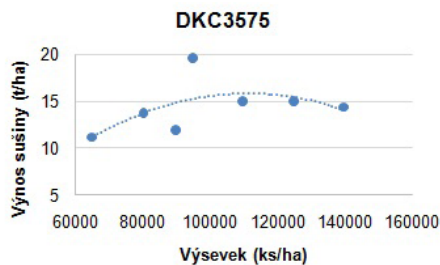
To lze zajistit využitím principů precizního zemědělství ve vztahu k variabilnímu hnojení pozemku, optimalizaci přejezdů techniky z hlediska agrotechnických opatření a sklizně, variabilním výsevem pracujícím s optimalizací počtu rostlin na jednotku plochy apod.

Na druhou stranu jsou tyto technologické postupy či jejich optimalizace zároveň základem pro zajištění produkce požadovaného množství kvalitní biomasy. Prvky precizního zemědělství, které rozhodují o konečném výsledku v podobě kvalitní siláže, vstupují do procesu hned při zpracování půdy a setí vhodného hybridu.

Řada postupů precizního zemědělství v zakládání porostů je delší dobu známa a náležitě využívána. Výrazný pokrok byl bezpochyby zaznamenán v technologii sklizně, zavedením sofistikovaných senzorických prvků pro stanovení výnosových parametrů, kvalitativních parametrů řezanky a úpravu řezanky.

13. 1. Variabilní výsevek

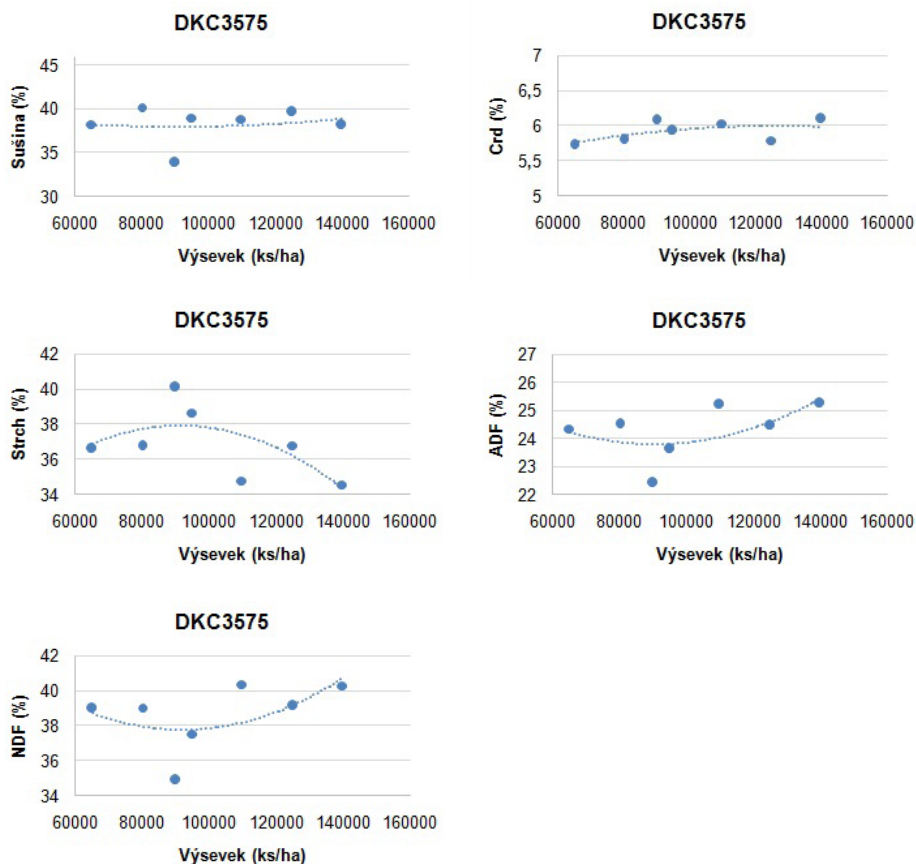
Při zakládání porostu vstupuje do hry řada faktorů a je vždy obtížné stanovit prioritu jednoho před druhým. Do jisté míry budou rozhodující technické možnosti strojového parku. K základním variabilním vstupům patří bezesporu variabilní setí. Pokud máme k dispozici například mapy výnosového potenciálu nebo výnosové mapy z předchozích let, nabízí se možnost využití dat, vhodného hybridu a znalosti lokality k nastavení výsevku pro danou část pozemku. Výsledky z provozního pokusu, kde byly sledovány výnosové parametry rozdílných hybridů kukuřice, pěstované na siláž a dopad hustoty porostu, daného výsevku, na výnos a ukazatele kvality řezanky přináší grafy na obrázku 138.



Obr. 138: Průběh hodnoty výnosu sušiny čtyř odrůd kukuřice na siláž v závislosti na výsevku.

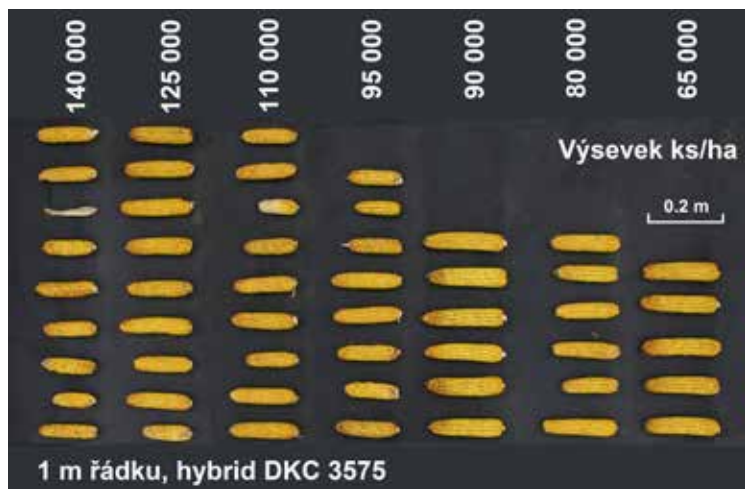
Kromě výnosu je pro zajištění zdárné konzervace a výroby kvalitní siláže nezbytné dosáhnout příslušných kvalitativních parametrů. Pomocí optických senzorů a spektroskopie lze tyto parametry sledovat a zaznamenávat přímo během sklizně. Jak dokládají další obrázky, hustota výsevku měla výrazný podíl na kvalitativních parametrech řezanky během sklizně. Je tedy jasné patrné, jak významný počin představuje setí a zvolená strategie zakládání porostů.

V grafech na obrázku 139 jsou postupně uvedeny průběhy hodnot vybraných parametrů řezanky u odrůdy DKC3575. Kukuřičná siláže se vyrábí sklizní celé rostliny v období, kdy má sušina výsledné řezanky 30–35 %. Rostlina kukuřice na siláže se skládá ze dvou druhů krmiva. Jedná se o palici, která obsahuje hlavně zrno (zrno obsahuje asi 60 % škrobu) a tvoří 50–60 % sušiny z celé rostliny. Zbytek rostliny tvoří zelená část, která obsahuje hlavně vlákninu (obsah vlákniny 18–24 %, obsah NDF 40–50 %). Podíl zrna hraje významnou roli z hlediska obsahu energie v kukuřičné siláži (Jambor, 2015). Jednotlivé grafy dokládají hodnoty sušiny, škrobu (*Starch*), vlákniny ADF (acido-detergentní vláknina) a NDF (neutrálně-detergentní vláknina) a dusíkatých látek (*Crd*). Jak dokládají grafy, hustota výsevku výrazně ovlivňuje kvalitativní parametry siláže, bude ale rovněž určující pro stanovení termínu sklizně.



Obr. 139: Ukazatele kvality kukuřičné řezanky v závislosti na výsevku pro hybrid DKC3575.

Obrázek 140 doplňuje podklady pro volbu variability výsevku s ohledem na zvolenou odrůdu. Na velikosti zmíněných palic je dobře patrný rozdíl, kdy velikost palic klesala s vyšší výsevkem. Na těchto palicích jsou rovněž patrné známky poškození ve vývoji během vegetace. Jedním z výrazných stresových faktorů je nedostatek vláhy, který se s vyšším výsevem a vyšší vzájemnou konkurencí mezi rostlinami ještě prohlubuje. Na základě literárního přehledu a získaných výsledků se nabízí volba nižších výsevků na méně produkčních plochách.

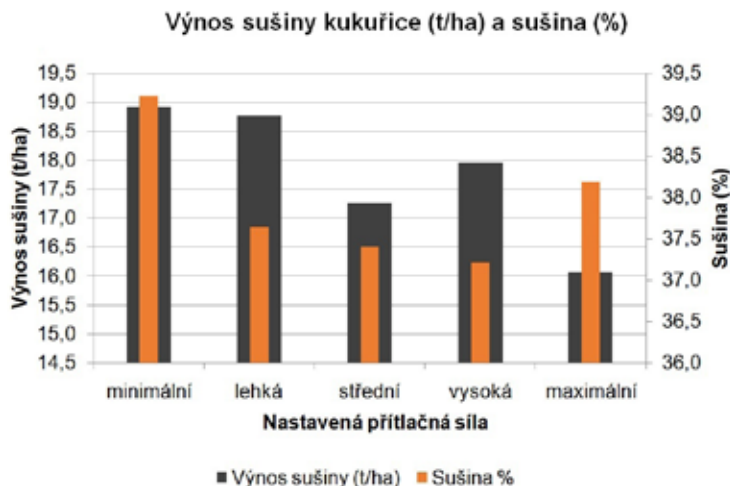


Obr. 140: Dopady velikosti výsevku na velikost palic pro zvolenou odrůdu (foto Kroulík).

Otázka hustoty a vyrovnanosti porostu je také významná v případě setí na souvratích a obsévání hranic pozemků, kde se pohybujeme v zatáčkách. Zde nastupují moderní prvky řízení a pohonu výsevních mechanismů, které zajistí shodné rozestupy rostlin v zakřivených liniích. S požadavky na protierozní opatření budou nároky na vyrovňávání výsevku v zatáčkách ještě narůstat. Zejména se bude jednat o technologie tzv. vrstevnicového obhospodařování svažitých pozemků, kde řídicí křivka navigace traktoru respektuje vrstevnici svahu.

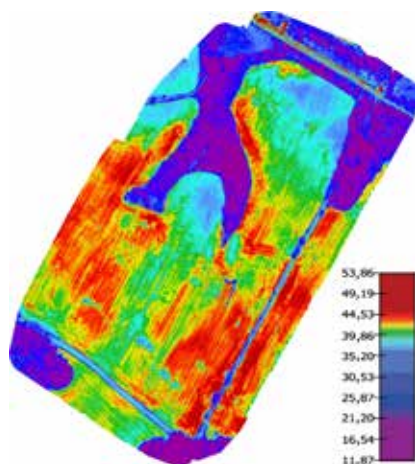
13. 2. Variabilita přítlaku na seci botku

Variabilní výsevek není jediný parametr, který vstupuje do hry při zakládání porostu. Jak dokládají výsledky z polního pokusu s variabilitou přítlaku na seci botku, tak dodržování hloubky setí s ohledem na stanovištní heterogenitu se do hodnot výnosových parametrů výrazně promítají. Graf na obrázku 141 dokládá význam nastavení přítlačné síly na seci botky při variabilitě pozemku. Výsledky byly získány v rámci poloprovozního polního pokusu, kdy byla nastavena rozdílná úroveň přítlaku na seci botky při setí kukuřice. Výsevek byl nastaven na 91 000 jedinců/ha.



Obr. 141: Výnos sušiny kukuřice a hodnoty sušiny při rozdílném nastavení přitlaku na secí botky.

Zajištění stálé hloubky setí je jedna možnost, na druhou stranu se dnes nabízí systémy pro variabilní přitlak na secí botku s cílem umístit zrno do vhodné hloubky. Jedním z rozhodujících parametrů a zároveň požadavků je vlhkost půdy. V této souvislosti může zajímavá dat přinést termokamera. Termokamera nachází uplatnění v mnoha oborech včetně zemědělství. Při sledování stavu rostlin je to jeden z údajů pro stanovení stresových indexů, u půdy je to spojeno s prohříváním povrchu půdy v závislosti na její vlhkosti, zrnitostním složením, barvou, případně fyzikálním stavem. Právě půdní vlastnosti a vlhkost půdy budou mít přímou souvislost s prohříváním povrchu půdy. Na termogramu (obr. 142) je jeden z pozemků, který je v rámci pokusů s variabilními výsevky sledován. Při setí může být informace o teplotě povrchu půdy zajímavá ve vztahu s termínem nebo hloubkou setí, případně termínem ošetření.



Obr. 142: Termogram pozemku zobrazující teplotu půdy v době setí kukuřice.

S vývojem přesných secích strojů, zejména ve vztahu k přesnému ukládání osiva i v podmínkách méně intenzivně zpracované půdy, dochází k přehodnocení významu intenzity základního zpracování půdy a především předseťové přípravy.

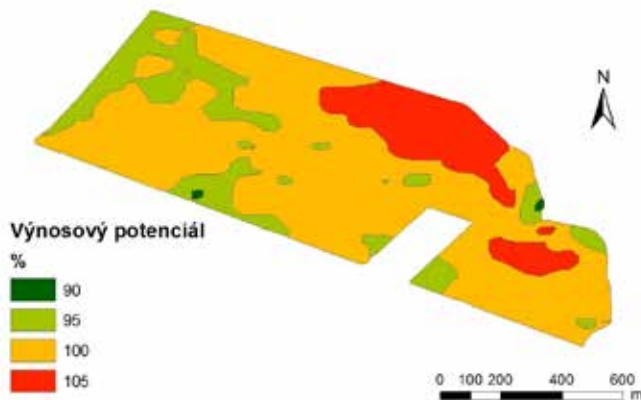
13. 3. Zonální a cílené kypření

Díky přesným navigacím vyvstává význam cíleného zonálního zpracování půdy, hnojení, ochrany a setí. V poslední době se stále častěji setkáváme s nedostatkem srážek, extrémními projevy počasí nebo nerovnoměrné rozložení srážek. Jedním z přínosů zonálního a cíleného kypření je podpora hospodaření se srážkovou vodou a její cílená distribuce v půdním profilu. Rovněž je snaha minimalizovat intenzitu zpracování půdy v celé šíři záběru z důvodu snížení energetické náročnosti zpracování půdy nebo omezení rizika technogenního zhutnění. Polní pokus s rozdílnou intenzitou zpracování půdy byl založen na pozemku s rozdílnou úrovní výnosového potenciálu. Do hodnocení byly připraveny varianty s celoplošnou předseťovou přípravou oproti variantě, kde byla příprava provedena upraveným kypřičem pro meziřádkovou kultivaci, pouze v místě budoucího řádku kukuřice. Kypřič byl nesen čelně v kombinaci s přesným secím strojem (obr. 143).

S ohledem na variabilitu pozemku byly jednotlivé varianty zpracování půdy doplněny o variabilní výsevek. Stejně jako snížená intenzita předseťové přípravy přináší pozitivní efekt v hospodaření s vodou, nižší výsevek v místě slabšího výnosového potenciálu má zajistit nižší konkurenční tlak rostlin. Na obrázku 144 je mapa výnosového potenciálu pozemku, kde byl v letošním roce zakládán porost kukuřice.



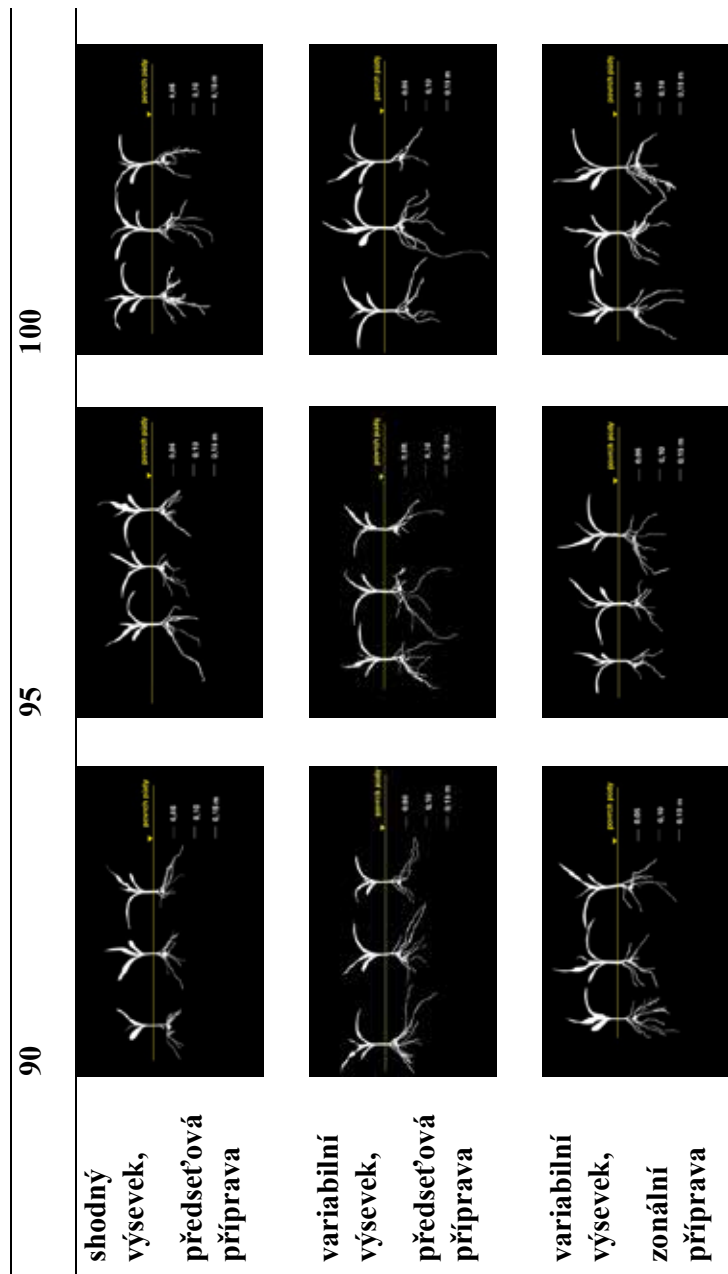
Obr. 143: Souprava pro současné provedení předsetové přípravy a seti kukuřice (foto Kroulík).



Obr. 144: Výnosový potenciál pozemku, kukuřice byla oseta na části pozemku, kde byl výnosový potenciál v rozmezí 90 až 100 %.

Obrázek 145 přináší pohled na počáteční fázi vývoje rostlin kukuřice podle jednotlivých výnosových zón a zpracování půdy. Již v této fázi je patrný rozdíl ve vývoji kořenového systému a hloubce prokořenění. Rozdíly jsou patrné mezi zónami výnosového potenciálu i technologií zpracování.

výnosový potenciál (%)



Obr. 145: Vliv technologie zpracování půdy a výnosového potenciálu půdy na počáteční vývoj porostu kukuřice.

V době požadavků na sběr dat a potřeby být informován o dění a stavu věcí, vstupuje do hry významný nástroj a tím je možnost vzdáleného přístupu na terminál traktoru a možnost vzdálené vzájemné komunikace mezi traktorem a osobním počítačem nebo mobilním zařízením. Tato kniha vznikla v době, kdy je společnost vystavena nepříznivé epidemiologické situaci způsobené pandemií onemocnění Covid-19. Mimo jiná opatření je snaha omezit vzájemný blízký kontakt mezi lidmi. Tento příklad ještě více dokládá význam telematiky, kdy máme možnost nepřetržitě vzdáleně vstupovat do procesu řízení, nastavovat a spravovat zařízení, nebo přebírat na sebe zodpovědnost za svá rozhodnutí namísto obsluhy traktoru a pochopitelně získat podkladové materiály pro následné využití. Tímto krokem se blížíme k naplnění konceptu In-door farming. Logickým krokem je pokračování v podobě robotických systémů, které na našich polích již také pracují. Obrázek 146 je dokladem sdílení dat. Mapa setí, která byla nejprve odeslána z aplikace do terminálu traktoru je následně doplněna mapou zpětně odeslanou, která potvrzuje správnost vykonané práce. Je patrné, že se nejedná o mapu setí kukuřice, nicméně technické provedení je naprosto shodné.



Obr. 146: Kontrola odvedené práce na mobilním zařízení. Data z variantního setí ozimé řepky (foto Kroulík).

14. OBSEVY A PROSEVY JAKO AGRONOMICKÝ NÁSTROJ

Jednou z možností eliminace erozních rizik je zakládání obsevů a prosevů na půdních blocích a jejich dílech s osevy kukuřice seté. Primárně se tyto postupy rozdílným způsobem promítají do legislativních opatření z hlediska splnění podmínek standardů dobrého zemědělského a agroenvironmentálního stavu půdy. Jejich specifikace a metodologické postupy implementace jsou však více podmíněny principům kontrolovatelnosti státní správou a nerespektují efektivní zapojení do agrotechnických postupů. Dále jsou rovněž spojeny s nárůstem zhutnění půdy, zvýšení emisí oxidu uhličitého, nárůstem ekonomických vstupů pro zemědělský subjekt apod.

V současné době vznikají zcela nové koncepce využívající rozdílných systémů prosevů a obsevů půdních bloků, či koncepce optimalizující tvar plochy určené k pěstování kukuřice seté na půdním bloku. Jejich cílem je nejen zajištění ochrany životního prostředí, ale především jejich začlenění do systémů střídání plodin, omezení zhutnění půdy, dlouhodobá opakovatelnost opatření na půdním bloku, zajištění jejich proveditelnosti v souladu s principy optimalizace přejezdů, kombinovatelnost s principy precizního zemědělství apod. Z hlediska naplnění protierozních a vodoochranných opatření se tyto systémy mohou vyznačovat značnou mírou variability a individuálního přístupu ze strany zemědělce ve vztahu ke specifikám krajinného prostoru, ve kterém zemědělskou výrobu provádí. V uvedené kapitole jsou uvedeny vybrané příklady těchto postupů, které autorský kolektiv v zemědělské praxi ověřuje.

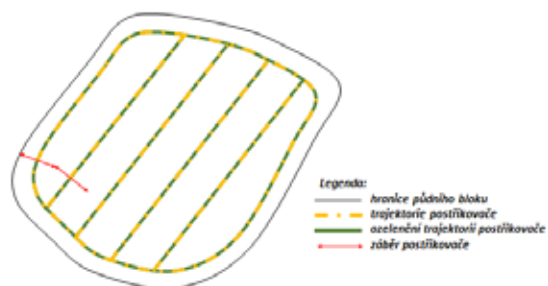
14. 1. Ozelenění kolejových stop

Systémy ozelenění prostoru kolejových stop pro pohyb aplikačních technických prostředků (aplikace pesticidů, biologických přípravků, hnojiv a pomocných látek, včetně hub a bakterií) vycházejí z předpokladu, že přejezd mechanizačních prostředků při aplikaci výše uvedených látek může být spojen s poklesem výnosu hlavní plodiny mezi trajektoriemi stop kol aplikační techniky (postřikovačů). Z tohoto důvodu lze uvažovat o ozelenění ploch mezi budoucími trajektoriemi kol aplikační techniky za účelem podpory mimoprodukčních funkcí zemědělství. Stabilně ozeleněné plochy mezi kolejovými stopami postřikovačů nejsou ošetřovány pesticidy a jejich management vychází z principu zachování půdní úrodnosti. Šířka ozeleněných pásů vychází z rozchodu kol postřikovače a vzdálenost mezi nimi je násobkem jeho záběrů. Nejčastěji jsou pásy zakládány pro každou trajektorii záběru postřikovače nebo jsou kombinovány s obsetím trajektorie postřikovače na souvrati, či obsevem půdního bloku, jehož šířka odpovídá polovině záběru postřikovače (obr. 147).

Za primární cíle těchto systémů lze považovat:

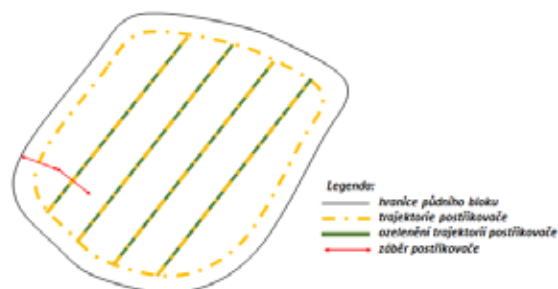
- Zvýšení diverzifikace plochy půdního bloku z hlediska rostlinného pokryvu.
- Omezení rizik vodní eroze mimo a během vegetačního období na základě tvorby přerušovacích pásů a infiltračních zón v porostech polních plodin.
- Snížení rizik větrné eroze v meziporostním období při zakládání ozeleněných kolejových stop pro jarní plodiny na podzim.
- Zvýšení ploch plodin pěstovaných na orné půdě v ekologickém zájmu na orné půdě ve vegetačním a mimo vegetační období.
- Zvýšení potravní nabídky a prostupnosti krajiny pro volně žijící organismy a cílené propojení stabilních prvků krajinné matrice dočasnými koridory na orné půdě.
- Zajištění stabilní produkce rostlinných produktů pro potravinářské a technické využití při cílené segmentaci půdních bloků.
- Efektivní využití principů precizního zemědělství a technologií smart farming pro omezení negativního vlivu zemědělství na životní prostředí.

Systém ozelenění vnitřních a okrajových kolejových stop postřikovače na půdním bloku



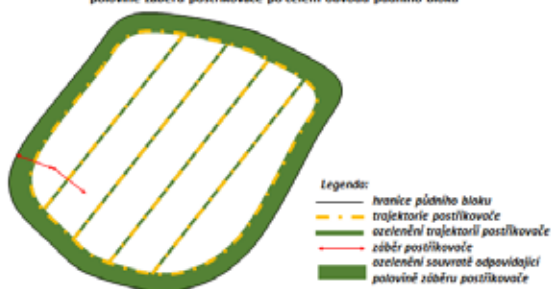
Šmóger a Brant, 2020

Systém ozelenění vnitřních kolejových stop postřikovače na půdním bloku



Šmóger a Brant, 2020

Systém ozelenění vnitřních kolejových stop postřikovače a souvratě odpovídající polovině záběru postřikovače po celém obvodu půdního bloku



Šmóger a Brant, 2020

Obr. 147: Rozdílné koncepty ozelenění trajektorií pohybu postřikovače v porostech kukuřice seté.

Tvorba ozeleněných pásů pro pěstování kukuřice seté může být provedena v rozdílných termínech, ve vztahu ke struktuře plodin a pěstovaným druhům použitým pro osev pásů. Ozelenění lze provést na podzim po provedení celoplošného zpracování půdy, před a po provedení pásového kypření, časově neomezeně u technologií no-till.

Z důvodu omezení rizik větrné eroze je vhodné preferovat využití rychle rostoucích a vzrůstných druhů vymrzajících plodin. Tvorba vyšších pásů vegetace, které mohou rizika větrné eroze snižovat (zpomalení proudění větru v přízemních vrstvách půdy). Pro osev je vhodné použít potravně atraktivní druhy pro volně žijící organismy z důvodu zvýšení potravní nabídky, omezení škod na porostech hlavní plodiny, zajištění vegetačního krytu pro zvěť v zimním období apod. V rámci osevu by měly být použity směsi zahrnující vymrzající jednoleté druhy a dobře přezimující víceleté druhy nebo jednoleté přezimující druhy (jeteloviny a trávy). Vymrzající druhy budou vytvářet ochranný kryt pro druhy, které budou ve vegetaci pokračovat na jaře. Ozelenění trajektorií lze kombinovat i s využitím meziplodin pro tvorbu mulče (výsev pásu lze provést před výsevem meziplodiny, či po ní. Technicky složitější, ale reálné, je použití ozelenění i v systémech využívajících zapravení meziplodiny do půdy. Rizikové faktory jsou: rozvoj výdrolu předplodiny, nutnost kalkulace s možností sníženého umrtvení vymrzajících druhů při teplých zimách a zvýšený výskyt hrabošů.

Ozelenění kolejových stop na jaře u jarních plodin je možné před a po výsevu hlavní plodiny. Cílem je rychlá tvorba nadzemní biomasy z hlediska pokryvu půdy v jarní plodině. K osevu by měly být použity směsi zahrnující jednoleté druhy a víceleté druhy dobře reagující na mulčování. Použité druhy by měly zajistit zvýšení potravní nabídky pro volně žijící organismy. Stav osetých porostů kolejových trajektorií postřikovače po založení až do doby zrání kukuřice seté dokumentují obrázky 148. Tabulka 46 dokumentuje příklady vicedruhových směsí vhodných pro osev pásů.

Z důvodu omezení tvorby semen plevelů a semen vysetých druhů, které by zvýšily zásobu semen plevelů v půdě a riziko zaplevelení následných plodin je nutné, dle potřeby, porost v prostoru kolejových stop regulovat mulčováním, sečením bez odvozu biomasy či jinými mechanickými způsoby. Obrázek 149 dokládá mulčování osetých pásů provedené z důvodu nadměrného rozvoje lebedy rozkladité a ježatky kuří nohy.

Tab. 46: Příklady vícedruhových směsí vhodných pro jarní osetí trajektorií jízdy postřikovačů v porostech kukuřice seté (zdroj: PRO SEEDS s.r.o.).

rostlinný druh	směs 1 (kg/ha)	směs 2 (kg/ha)	směs 3 (kg/ha)
svazenka vratičolistá	2,5	2	2
svazenka shloučená	0	2	2
jetel alexandrijský	3,5	2,5	2,5
jetel šípovitý	0	2,5	2,5
vikev setá jarní	15	15	15
pohanka obecná	9	9	6
len setý	0	1,5	1
světlíce barvířská	0	0	3
proso seté	0	0	0
kg/ha celkem	30	34,5	34



Obr. 148: Stav porostů na osetých trajektoriích postřikovače v porostech kukuřice seté v různých fázích vývoje během vegetace (*foto Brant*).



Obr. 149: Mulčování osetých pásů provedené z důvodu nadměrného rozvoje lebedy rozkladité a ježatky kuří nohy čelně neseným mulčovačem (foto Souhrada).

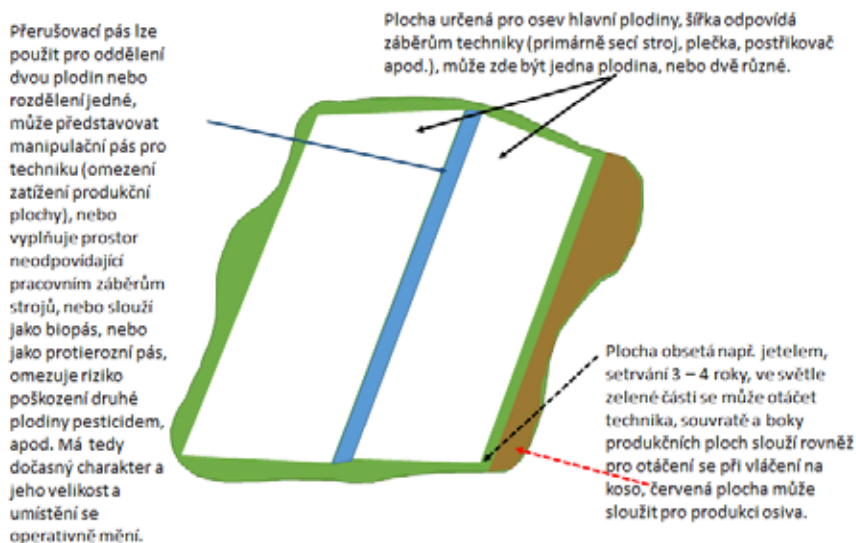
14. 2. Optimalizace produkční plochy půdního bloku

Technologie vychází z předpokladu tvorby hlavní produkční plochy půdního bloku ve vztahu k optimalizaci přejezdů zemědělské techniky. Primárně vzešla z požadavků zemědělských podniků hospodařících v ekologickém režimu, ale využitelná je i v systémech konvenčního zemědělství u širokořádkových plodin, či u porostů, které budou kultivovány ve směru řádků plodiny. V rámci půdního bloku či jeho dílu jsou vytvořeny primární produkční plochy, jejichž šířka vychází z optimalizace záběrů pracovních souprav a okolní plochy mohou být produkčně nebo mimoprodukčně využity. Obrázek 150 znázorňuje představu o tvorbě jednotlivých zón na půdním bloku. Pro uplatnění daného systému je však z ekologických, agrotechnických a ekonomických důvodů nutné vycházet z následujících pravidel:

- Strukturalizace půdního bloku vychází z tvorby optimálních záhonů pro pohyb zemědělské techniky, jejichž velikostní a tvarové parametry odpovídají technickým parametrům strojů.
- Vyčlenění ploch mimo těchto záhonů na půdním bloku, které v důsledku přejezdů mechanizace, okrajového efektu lemových společenstev, v důsledku přechodu na systémy kultivace během vegetace apod. vykazují následně nižší výnosovou úroveň.
- Rozdělení ploch mimo obhospodařované záhony na plochy s dlouhodobějším setrváním na půdním bloku a plochy s plošnou či prostorovou variabilitou v čase se měnící, zejména ve vztahu k osevnímu postupu a technologii pěstované plodiny.
- Tvorba trvalejších či dočasných „neprodukčních“ zón může vycházet z potřeby omezení erozních rizik, propojení trvalých složek krajinné matrice (třeba i za účelem eliminace škod zvěří), z potřeby ploch pro otáčení techniky (např. vláčení v ekologii na koso), z nutnosti zajištění centralizace kolejových stop odvozdové techniky, z potřeby eliminace šíření problematických druhů plevelů na pozemek z okrajových společenstev (péče státu, obcí a dalších vlastníků o tyto plochy je nesystémová a nedostatečná), z důvodu návaznosti pohybu techniky po pozemku na vstupy na pozemek z přilehlých komunikací apod.

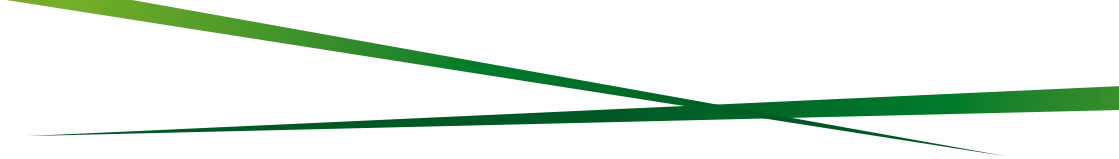
- Dále se uvažuje, jaké plochy určené k obsevu je smysluplné produkčně využít, či nikoliv – ekonomické hledisko.
- Zároveň se vychází z předpokladu, že se na „neprodukčních“ plochách může pohybovat technika a že budou, dle souladu s péčí řádného hospodáře, ošetřovány.
- Ve hře jsou samozřejmě další logická kritéria, která mají zajistit nejen splnění ekologických a technologických požadavků, ale především zajistit i ekonomickou únosnost pro zemědělský subjekt, ale v konečném důsledku snižovat nároky na výši dotací, které musí neekonomicky nastavená opatření kompenzovat.

Modelový příklad znázorňující rozdílná kritéria, která mohou určovat pravidla dělení půdního bloku



Brant, 2020

Obr. 150: Modelový příklad znázorňující rozdílná kritéria, která mohou určovat pravidla využití půdního bloku.



Na druhou stranu je nutné připomenout, že strukturalizace půdních bloků není prostá záležitost vnitřní části půdního bloku, musí navazovat na strukturu přírodních prvků krajiny, musí být v souladu s infrastrukturou, musí na ní systémově navazovat systémy péče o krajinu mimo zemědělskou půdu apod. Protože se jedná o systémové propojení půdního bloku a jeho zón s okolními prvky krajinné matrice je pro obdobné systémy vytvářet i vhodné podmínky ze strany společnosti a legislativy:

- Systémová eliminace rizik šíření škodlivých činitelů z nezemědělské půdy na zemědělskou (např. cílená regulace problematických plevelů na plochách sousedících se zemědělskou půdou).
- Zajištění přístupů na pozemky v souladu s platnou legislativou (budování nájezdů na pozemky, tvorba ploch pro odvozové prostředky na okrajích pozemků souvisejících s komunikací apod.).
- Obnova stávajících polních cest a jejich úprava pro stávající technické prostředky.
- Zahrnutí ploch vytvořených zemědělcem jako mimoprodukčních do ploch spadajících do kategorie ploch založených v ekologickém zájmu.
- Zapojení vlastníků půdy do těchto procesů a jejich motivace státem.
- Základem je rovněž změna přístupu státní správy, kdy je potřebné z represivního přístupu opatření, přejít k opatřením preventivním, kdy aktivním tvůrcem bude samotný zemědělec.

Představené systémy eliminace rizik pěstování kukuřice seté na životní prostředí jsou autorským kolektivem ověřovány v zemědělské praxi. Představují však jen jednu z mnoha možností efektivního přístupu k řešení problému.

15. REGULACE PLEVELŮ V POROSTECH KUKUŘICE SETÉ

15. 1. Plevelné spektrum a konkurence plevelů v kukuřici seté

Plevelné spektrum v porostech kukuřice seté bývá poměrně úzké. Dominují obvykle merlíky, laskavce, rdesna a prosovité trávy (nejčastěji ježatka kuří noha). Lokálně mohou způsobovat problémy také další pozdní jarní plevely, především bery, bažanka roční, durman obecný, mračňák Theophrastův, či plevelná prosa, které mohou vzházet z poměrně velké hloubky, čímž se stávají odolnější vůči preemergentním herbicidům. Časté je také zaplevelení vytrvalými plevele, zejména pýrem plazivým, pcháčem rolním a v posledních letech intenzivně se šířícími svačkovitými plevele. Typickým plevellem kukuřice seté je také opletka obecná. Výše uvedené plevelné spektrum je však charakteristické především pro typické kukuřičné oblasti. V méně vhodných polohách pro pěstování kukuřice seté (vyšší polohy), nebo na lokalitách s extrémním zastoupením obilnin a řepky v osevním sledu, je nutné počítat také s vyšším výskytem ozimých a časných jarních plevelů (svízel přitula, heřmánkovec nevonný, violka rolní, kakost maličká, oves hluchý), které při vysoké intenzitě zaplevelení a vhodných vláhových podmínkách na počátku vegetace mohou kukuřici seté také výrazně konkurovat.

Kukuřice setá patří k plodinám se střední až nižší konkurenční schopností. Při absenci regulace plevelů se výnosové ztráty způsobené zaplevelením pohybují mezi 30 - 50 %, při extrémním zaplevelení se však může výnos snížit až o 90 %. Vedle sníženého výnosu může zaplevelení negativně ovlivňovat také jeho kvalitu (důležité zejména u silážní kukuřice), zvyšuje náchylnost kukuřice seté k polehání, porosty dozrávají nerovnoměrně a v neposlední řadě bývá problematická sklizeň.

Velká meziřádková vzdálenost (0,7 – 0,75 m) a často až příliš časné setí jsou hlavní příčinou poměrně dlouhého období od zasetí kukuřice seté do úplného zapojení porostu (obvykle 6 - 8 týdnů), což klade poměrně vysoké požadavky na účinnost herbicidů. Z hlediska konkurenčního působení plevelů je však kritické období poněkud kratší, obvykle od vzejití do fáze 4 až 6 (8) listů kukuřice, přičemž při výskytu vytrvalých plevelů je toto období delší. Plevely vzešlé po tomto období již obvykle nezpůsobují výraznější výnosové ztráty, mohou se však reprodukovat a obohatit tak půdní zásobu semen na několik dalších let. Naopak jestliže je porost kukuřice vystaven intenzivnímu zaplevelení, a ošetření proti plevelům je provedeno později, mohou plevely konkurenčně působit již v relativně raných růstových fázích kukuřice, což se projevuje nižším vzrůstem rostlin kukuřice a horším uspořádáním listů (nižší využití světelného záření). Mezi

hybridy kukuřice seté existují poměrně velké rozdíly v konkurenční schopnosti, které se projevují především při nižší intenzitě zaplevelení, kterému dokáží konkurenčně silnější hybridy odolávat výrazně lépe. Obecně lze říci, že ranější hybridy a hybridy s větším olistěním jsou konkurenčně silnější.

15. 2. Možnosti nepřímých regulačních opatření proti plevelům

Jako nepřímé metody regulace plevelů se označují takové agrotechnické postupy, které dokáží omezovat zaplevelení porostů kukuřice, tím, že vytváří nevhodné podmínky pro růst a reprodukci plevelů. Nejvýznamnějším agrotechnickým opatřením je střídání plodin s odlišnou bionomií. V případě kukuřice seté, je tedy vhodné její zařazování do sledů ozimých plodin, případně jařin s vysokou konkurenční schopností. Naopak okopanin, zeleniny, či řídké porosty jařin nejsou z hlediska šíření pozdních jarních plevelných druhů příliš vhodné. Úplně nejhorší je dlouhodobé, opakované pěstování kukuřice na jednom pozemku (dlouhodobé kukuřičné monokultury), k čemuž často dochází zejména v blízkosti bioplynových stanic, či velkokapacitních kravinů. Na takových pozemcích dochází velmi často k vytváření specifických plevelných společenstev, která jsou navíc velmi náchylná k vývoji populací rezistentních k opakovaně používaným herbicidům.

15. 3. Plečkování

Tlak na omezování herbicidů v celé Evropské unii vede ke zvýšenému zájmu pěstitelů kukuřice o mechanické způsoby regulace, zejména plečkování. V kukuřici seté lze plečkování využít velmi efektivně, přičemž k ošetření úzkého neprolečkováného pruhu (0,15 – 0,25 m) lze použít pásový postřik selektivním herbicidem. Vedle významné regulační funkce na plevele, dochází při plečkování k prokypření povrchu půdy, čímž se zpřístupní živiny a omezí evaporace (vypařování vody z půdy). Po přivalových srážkách, které jsou v důsledku klimatické změny v posledních letech velmi časté, dochází (především na méně strukturních půdách) k tvorbě škraloupu na povrchu půdy. V případě, že není tato bariéra na povrchu půdy rozrušena plečkováním (ideální jsou pasivní plečky), může docházet ke stresování rostlin kukuřice v důsledku nedostatku kyslíku v půdě.

V případě, že je plečkování využito po ošetření půdním herbicidem, je vhodné, aby byl dodržen alespoň dvoutýdenní odstup. V opačném případě může dojít k porušení herbicidního filmu na povrchu půdy a masivnímu vzejití plevelů. V případě dostatku srážek se herbicidní film po plečkování dokáže alespoň částečně obnovit (není-li plečkování příliš hluboké), za suchého a teplého počasí však dochází k výraznější a rychlejší degradaci herbicidu, který již nedokáže bránit vzcházení nových plevelů.

Na druhou stranu je třeba k plečkování přistoupit včas (platí především v případě nepoužití půdních herbicidů), tedy v době, kdy jsou plevele citlivé k tomuto agrotechnickému zásahu. Ve

vyšších růstových fázích nemusí být plevele plečkou dostatečně potlačeny, přičemž dochází velmi rychle k jejich regeneraci a to zejména za vlhka. Velmi odolná k plečkování je především ježatka kuří noha, která vytváří v půdě velmi rychle mohutný kořenový systém a v průběhu odnožování dochází k přisednutí spodních částí stébel k půdě. Při mělkém plečkování pak nože plečky snadno sklouzávají po mohutných a v půdě dobře ukotvených rostlinách.

15. 4. Možnosti herbicidní ochrany

Spektrum herbicidů registrovaných do kukuřice je prozatím poměrně široké, i když postupně dochází k restrikcím především půdních herbicidů. Z pohledu omezení konkurenčního působení plevelů, je vhodné preemergentní, případně časně postemergentní ošetření herbicidem s reziduálním působením v půdě. Jistou výhodou mají herbicidy, které lze použít preemergentně i časně postemergentně, i když to vždy neznamená, že jejich účinnost v obou aplikačních termínech bude stejná na všechny plevele. Výhodou klasického postemergentního ošetření je naopak cílenost aplikačního zásahu a možnost zasáhnout širší spektrum plevelů včetně vytrvalých druhů. Kritéria, podle kterých je vhodné se rozhodovat o aplikačním termínu, jsou uvedena v tabulce 47.

15. 4. 1. Preemergentní ošetření

Nejpoužívanější účinnou látkou při preemergentním, resp. časně postemergentním herbicidním ošetření, je *terbuthylazin*. Tato účinná látka je v současnosti prodávána pouze ve směsných přípravcích (Akris, Balaton, Aspect, Sulcotrek, atd.), které mimo *terbuthylazinu* obsahují ještě účinné látky na bázi acetamidů, případně jiné. *Terbuthylazin* vykazuje dobrou účinnost na mnoho



Obr. 151 Selhání účinnosti půdního herbicidu na ježatku kuří nohu při nedostatku srážek (foto Jursík).

jednoletých dvouděložných plevelů a zároveň má vysokou selektivitu ke kukuřici seté. Za sucha však může dojít k výraznému snížení účinnosti, především na plevely vzcházející z větší hloubky (opletká obecná, svízel přitula, durman obecný, bažanka roční, atd.).

Acetamidy *dimethenamid* (Outlook), *metolachlor* (Dual, Efica) a *pethoxamid* (Successor, Somero, Quantum, atd.) působí na poměrně úzké plevelné spektrum (především jednoleté plevelné trávy) a proto se v kukuřici seté používají převážně ve směsných přípravcích (Akris, Koban T, Balaton, Bolton, atd.) jako partneři k účinné látce *terbuthylazin*. Mohou se však také použít jako tank-mix (TM) partneři k postemergentním herbicidům s krátkým reziduálním působením. Mezi acetamidovými herbicidy existují poměrně výrazné rozdíly v závislosti účinnosti na vlhkosti půdy. Účinnost *dimethenamidu* je vláhovými podmínkami ovlivněna méně než účinnost *pethoxamidu* či *metolachloru*. Naopak výhodou *pethoxamidu* je jeho dobrý ekotoxický profil, který umožňuje jeho použití v PHO 2. stupně.

15. 4. 2. Časné postemergentní ošetření

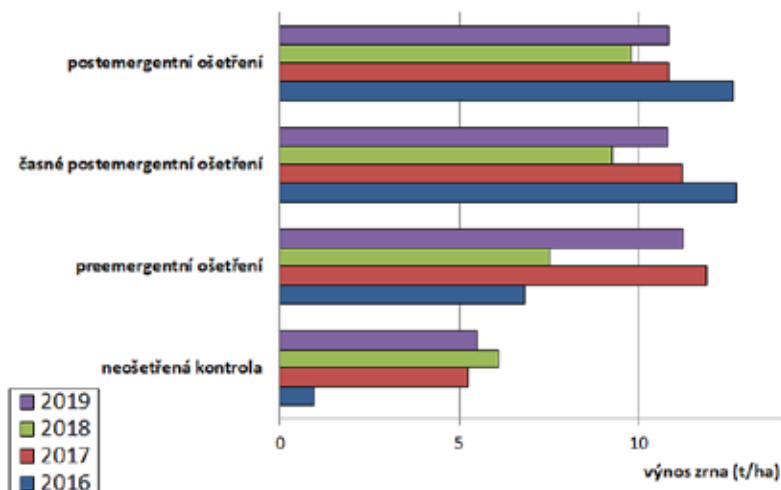
Pod pojmem časné postemergentní ošetření rozumíme ošetření po vzejití kukuřice až do fáze 2 až 3 listů (někdy i déle), přičemž o termínu aplikace rozhoduje především fáze plevelů, které by měly být už vzešlé, avšak neměly by mít vytvořeny více než 4 pravé listy (trávy max. 2 - 3 listy). Tento aplikační termín se nejprve jevil jako velmi efektivní, neboť v sobě snoubila výhody obou původně používaných aplikačních termínů (preemergentní a postemergentní). V posledních letech se však začínají projevovat určité nedostatky tohoto aplikačního termínu. Jestliže má být totiž takové ošetření dostatečně účinné musí být správně načasováno, přičemž mezi herbicidy používanými k tomu ošetření existují velké rozdíly nejen v plevelném spektru, na které působí, ale také v maximální růstové fázi plevelů ve které jsou ještě schopny účinně působit. Z tohoto pohledu bývá zásadní především růstová fáze ježatky kuří nohy, na kterou účinnost nejčastěji selhává.

K časnému postemergentnímu ošetření kukuřice seté je registrována celá řada herbicidů používaných původně především preemergentně (Akris, Koban, Balaton, Aspect, atd.). Dostatečná účinnost těchto přípravků je však podmíněna velmi ranou růstovou fází plevelů při aplikaci (ježatka max. 1 - 2 listy). Termín aplikace těchto herbicidů je proto vhodné volit podle aktuální půdní vlhkosti (obr. 151). V humidnějších oblastech (vyšší polohy), či v případě intenzivnějších srážek před setím, nebo krátce po něm, je vhodnější preemergentní aplikace, naopak v aridnějších oblastech (Polabí, Poohří, Jižní Morava) bývá vhodnější vyčkat s aplikací až po provlhlení půdy (efektivní jsou obvykle až srážky od 10 mm), či vzejití plevelů (příjem přes list) a to bez ohledu na růstovou fázi kukuřice. Problém však může nastat, pakliže očekávaný déšť je příliš intenzivní či srážky trvají příliš dlouho, takže ošetření není možné technicky provést a plevely přerostou.

Vyšší účinnost na plevely ve vyšších růstových fázích plevelů vykazují herbicidy obsahující účinné látky ze skupiny HPPD inhibitorů. Nejčastěji se používá *isoxaflutole* v kombinaci s *thiencarbazonem* a safenerem (Adengo). Vhodné jsou však také *mesotrione* a *sulcotrione*. Výše uvedené HPPD inhibitory jsou přijímány listy i kořeny plevelů a vykazují tedy reziduální účinnost na nově vzcházející plevely. *Mesotrione* i *sulcotrione* jsou obvykle formulovány společně s dalšími účinnými látkami (Lumax, Story, Sulcotrek, Camix, atd.), čímž se dosáhne rozšíření spektra působení nebo prodloužení reziduálního působení. Za sucha se doporučuje ošetření těmito herbicidy s vhodným adjuvancem. *Tembotrione* (Laudis) lze v tomto aplikačním termínu využít také, je však třeba zajistit reziduální působení na nově vzcházející plevely některým z výše uvedených půdních herbicidů.



Obr. 152: Konkurenční působení plevelů, především za sucha, vede k soupeření o vodu (foto Jursík).



Obr. 153: Vliv termínu aplikace na výnos zrna kukuřice ve čtyřech srážkově odlišných letech: 2016 - suché jaro, 2017 - dostatek srážek v průběhu celé vegetace, 2018 - velmi suché jaro i léto, 2019 - extrémně suchý duben a velmi vlhký květen (výsledky srovnávacích herbicidních pokusů na ČZU v Praze: jedná se o průměrné výnosy všech testovaných herbicidních variant v jednotlivých termínech ošetření).

V posledních letech se začínají v tomto aplikačním termínu uplatňovat také některé sulfonylmočovinné přípravky (obvykle ve snížených dávkách) či kontaktní herbicidy (Onyx), které však mají poměrně krátké reziduální působení a používají se proto obvykle v kombinaci s herbicidem, který zamezí vzniku nových plevelů po aplikaci a často také urychlí jejich působení. V takových případech lze aplikační termín mírně posunout (obvykle až do fáze 4 listů kukuřice). Mnoho agrochemických společností již dnes tuto strategii podporuje a nabízí pěstitelům různě výhodné obchodní balíčky. Za sucha může být vhodné doplnit tyto TM kombinace o olejový adjuvant (neplatí pro OD formulace herbicidů, které ho již mají v sobě zabudován).

15. 4. 3. Klasické postemergentní ošetření

Přestože je z pohledu vyloučení konkurence plevelů vhodnější preemergentní, případně časné postemergentní herbicidní ošetření, má klasické postemergentní ošetření stále velké uplatnění, zejména:

- v aridních oblastech nebo za sucha, kdy plevelé vzházejí později, nebo etapovitě (časté především u prosovitých trav),
- v případě přímého setí do nezpracované půdy (často rostlinný mulč),

- pokud je na povrchu půdy velké množství posklizňových zbytků (monokultury kukuřice na zrno zakládané bezorebnými technologiemi),
- na pozemcích s vysokou intenzitou zaplevelení vytrvalými plevely,
- v případě selhání nebo nedostatečné účinnosti preemergentního nebo časného postemergentního ošetření.

Klasické postemergentní ošetření kukuřice seté proti plevelům se obvykle provádí ve fázi 4 – 6 listů kukuřice. V této fázi je kukuřice nejméně citlivá k herbicidům a plevele ještě obvykle nejsou přerostlé. Dvouděložné plevele jsou spolehlivě potlačovány do fáze 4 – 8 pravých listů, některými herbicidy i ve vyšších růstových fázích. Ošetření v pozdějším období již nemusí mít dostatečnou účinnost, zvyšuje se riziko fytotoxického působení většiny herbicidů a navíc v té době již dochází k výraznému konkurenčnímu působení plevelů, především za sucha, kdy je limitujícím zdrojem konkurence voda (obr. 152). Opoždění herbicidního ošetření se pak může projevit výrazným zpomalením růstu, které se kukuřici, v některých letech, již nemusí podařit dohnat a dochází ke snížení výnosu (obr. 153).

Jako klasické postemergentní herbicidy se používají hlavně sulfonylmočovinové přípravky. Zatímco *thifensulfuron* (Refine), *tritosulfuron* (jedna ze dvou účinných látek v herbicidu Arrat) působí pouze na dvouděložné plevele, *nicosulfuron* (Samson, Nicogan, Fornet, atd.), *rimsulfuron* (Titus) a *foramsulfuron* (Equip), vykazují vysokou účinnost také na plevelné trávy včetně vytrvalých druhů. Spektrum působení jednotlivých sulfonylmočovin je poměrně úzké, častěji se proto používají kombinované přípravky (Maister, Maister Power, Hector, Grid atd.), které dokáží zasáhnout širší spektrum plevelů. Sulfonylmočoviny působí pomalu a plné účinnosti bývá dosaženo až tři týdny po aplikaci. K zajištění maximální účinnosti je potřeba tyto herbicidy aplikovat společně s vhodným adjuvancem, který zvyšuje a urychluje příjem přípravku (platí především pro WG formulace). V opačném případě nemusí být odrostlejší trávy a plevele tvořící silnější voskovou vrstvičku na povrchu listů (merlík bílý) dostatečně potlačeny. Použití adjuvantu je obzvláště důležité, pokud aplikace následuje po delším bezesrážkovém období, kdy jsou ochranné bariéry na povrchu listů velmi silné. Při rozvleklém vzházení plevelů, bývá lepší dělená aplikace sulfonylmočovinových přípravků v intervalu 10-14 dnů (vhodné především u *nicosulfuronu* a *rimsulfuronu*, jejichž účinnost na dvouděložné plevele v pokročilejších růstových fázích prudce klesá).

V tomto aplikačním termínu lze použít také některé HPPD inhibitory, především *tembotrione* (Laudis) a *mesotrione* (Callisto, Temsa, Osorno atd.), přičemž SC formulace obsahující 100 g/l *mesotrione* jsou obvykle efektivnější. Registrována je také celá řada směsných přípravků, které mimo *mesotrione* obsahují také sulfonylmočovinu (Arigo, Elumis, Nikita). Oproti sulfonylmočovinám působí tyto herbicidy rychleji. Plné účinnosti bývá dosaženo do dvou týdnů po aplikaci, za vhodných povětrnostních podmínek i dříve.

Nejrychleji působícími postemergentními herbicidy v kukuřici jsou kontaktní listové herbicidy. Používá se především *bromoxynil* (např. Pardner), případně *pyridate* (Onyx). *Bromoxynil* působí na široké spektrum jednoletých dvouděložných plevelů, přičemž využívána bývá zejména jeho vysoká účinnost na rdesna (včetně opletky), merlíky a durman obecný. *Pyridate* se používá nejčastěji v kombinaci s *mesotrionem* (Tems), kdy tato kombinace dokáže zasáhnout velmi široké spektrum plevelů (mimo vytrvalých).

Účinnost většiny výše uvedených herbicidů klesá s rostoucí růstovou fází plevelů. V pozdějších růstových fázích, je pro dosažení dostatečné účinnosti na některé dvouděložné plevele (především vytrvalé), nutné použít růstové herbicidy (2,4-D, *clopyralid*, *picloram*, *dicamba*, *fluroxypyr* atd.), případně lze použít směsné přípravky (Arrat, Mustang, Mustang Forte, Principal, Nikita atd.).

15. 5. Faktory ovlivňující účinnost půdních herbicidů

15. 5. 1. Vlhkost půdy

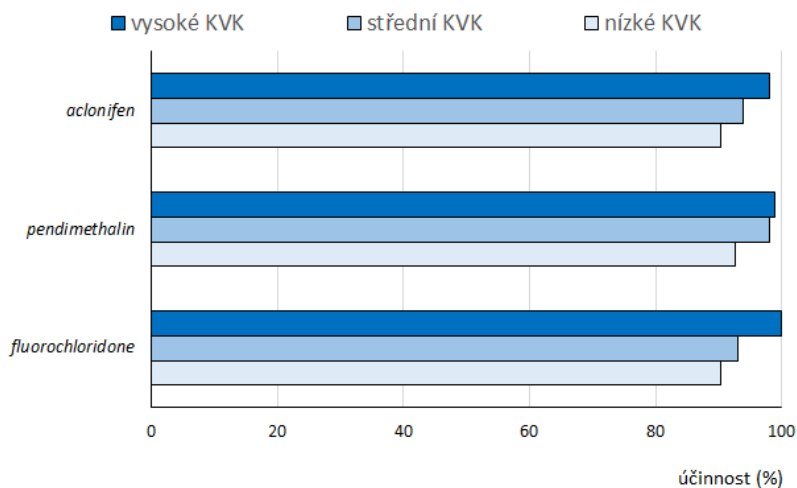
Vlhkost půdy je nejvýznamnějším faktorem ovlivňující účinnost herbicidů přijímaných převážně kořeny (půdní herbicidy). Čím je vlhkost půdy vyšší, tím je obvykle dosahováno vyšší účinnosti. Vzházející plevele totiž přijímají herbicid, podobně jako ostatní látky, převážně ve formě vodného roztoku. Pokud je tedy v půdě vody nedostatek, jsou účinné látky herbicidů pro vzházející plevele hůře dostupné a podobně jako živiny jsou poutány v půdě.

Vlhkost půdy je ovlivňována celou řadou faktorů, především srážkami, teplotou vzduchu, intenzitou slunečního záření, větrem a půdními vlastnostmi. Srážky i teplota jsou významným způsobem závislé na nadmořské výšce, přičemž s rostoucí nadmořskou výškou obvykle klesá teplota a rostou srážky. Ve vyšších polohách proto bývá vlhkost půdy vyšší a půdní (preemergentní a časné postemergentní) herbicidy zde obvykle mívají vyšší účinnost než v nížinách. Důležitá je také intenzita a charakter srážek. Srážky do 5 mm nemohou zlepšit provlhlčení půdy, pokud před tím došlo k jejímu přeschnutí. V takových situacích, je třeba, aby spadlo alespoň 10 mm. Důležité je také, během jak dlouhé doby srážky spadnou (intenzivní krátká bouřka je obvykle méně užitečná než celodenní déšť) a jaké počasí po srážkách následuje. Vítr, intenzivní sluneční svit a vysoké teploty dokážou velmi rychle vysušit povrch půdy a často také degradovat desorbovaný herbicid.

Srážky, jako nejvýznamnější faktor ovlivňující vlhkost půdy, mohou však zároveň snižovat selektivitu řady půdních herbicidů, zejména těch, u kterých je selektivita založena pozičně. To znamená, že přípravek působí pouze v povrchové vrstvě půdy, odkud klíčí většina plevelů, ale ke kořenům kukuřice (ve větší hloubce) se téměř nedostane. Vysoké srážky po preemergentní aplikaci však mohou proplavit účinnou látku herbicidu do hlubších vrstev půdního profilu, kde se nachází klíčící, či vzházející plodina. Projevy fytotoxicity jsou pak u herbicidů s nižší metabolickou selektivitou poměrně časté a výrazné.

15. 5. 2. Půdní vlastnosti

Velký vliv na účinnost půdních herbicidů mají samozřejmě půdní vlastnosti, především zrnitostní složení, obsah organické hmoty a mikrobiální aktivita. Vyšší účinnost obvykle vykazují půdní herbicidy na lehčích půdách, které se však často váží na vyšší polohy, kde bývají lepší vláhové podmínky (viz výše). V našich pokusech prováděných na třech odlišných půdách situovaných v přibližně stejné nadmořské výšce (250 - 300 m.n.m.) jsme zaznamenali významný vliv sorpční schopnosti půdy (vyjádřené jako KVK) na účinnost preemergentních herbicidů. Ve všech třech pokusných letech bylo dosaženo nejvyšší účinnosti na merlík bílý na lokalitě s nejvyšší sorpční schopností půdy (černozem), naopak nejnižší účinnost byla zaznamenána na velmi lehkých půdách s nízkou sorpční schopností (obr. 154). Tyto rozdíly byly patrné zejména v suchších letech. Toto poměrně překvapivé zjištění lze vysvětlit takto: herbicid, který není v půdě sorbován, zůstává v půdním roztoku, odkud je přijímán kořeny plevelů. Při dostatečné půdní vlhkosti tedy vykazují půdní herbicidy na lehkých půdách s nízkou sorpční schopností dobrou účinnost i v relativně nízkých dávkách. V suchých podmínkách, které jsou v nižších polohách během dubna téměř pravidlem, však herbicidy, které nejsou v půdě pevněji vázány, rychle degradují a nedokáží si na vhodnější vláhové podmínky (déšť) „počkat“. Naopak přijdou-li intenzivní srážky krátce po aplikaci, jsou tyto půdy náchylnější k proplavování do nižších vrstev půdy, kde mohou působit fytotoxicky, či kontaminovat podpovrchové vody.



Obr. 154: Vliv sorpční schopnosti půd (vyjádřené jako KVK) na účinnost preemergentních herbicidů na merlík bílý (jde o průměrné výsledky z let 2015-2017).

15. 5. 3. Zpracování půdy

Použitá technologie zpracování půdy a zakládání porostu stejně jako kvalita těchto operací může významným způsobem ovlivnit účinnost půdních herbicidů. Aby bylo dosaženo dobré účinnosti půdních herbicidů, je třeba, aby byl pozemek dobře urovňán a bez větších hrud a organických zbytků na povrchu půdy. Větší hroudy a nerovnosti půdního povrchu způsobují vytváření aplikačních stínů (semena plevelů uložená pod hroudou nejsou dostatečně zasažena), navíc po jejich rozpadu, vlivem povětrnostních podmínek či agrotechnických operací, mohou klíčit semena plevelů v nich uložená. Rostlinné zbytky na povrchu půdy zase zabraňují herbicidu v cestě do půdy, kde pak jeho koncentrace nemusí být dostatečná a herbicidní film kompaktní (obr. 155).

Z tohoto pohledu jsou problematické především minimalizační a půdoochranné technologie zakládání porostu, a to především pokud jsou uplatňovány po plodinách, které nechávají na pozemku větší množství posklizňových zbytků a jsou sklizeny pozdě (kukuřice na zrno).



Obr. 155: Rostlinné zbytky na povrchu půdy zabraňují herbicidu v cestě do půdy, kde jeho koncentrace nemusí být dostatečná a herbicidní film kompaktní (*foto Jursík*).

Z pohledu selektivity půdních herbicidů je důležité především nastavení správné hloubky setí, ale také její plošná vyrovnanost. Vymělnění secích botek na utužených částech pozemku (časté především na souvratích), může po intenzivnějších srážkách vést k poměrně silnému poškození plodiny méně selektivními půdními herbicidy. Velmi často dochází na takových částech pozemku k aditivnímu působení více stresových faktorů, neboť už jen samotné utužení půdy způsobuje

rostlině výrazný stres. Pokud navíc dojde na takových místech ještě k předávkování herbicidu, může být retardace kukuřice fatální.

15. 6. Specifika použití herbicidů v porostech zakládáných půdoochrannými technologiemi

15. 6. 1. Restrikce *glyphosatu*

Přestože má *glyphosat* oproti ostatním syntetickým herbicidům poměrně dobrý ekotoxický profil a nebyly při jeho používání dosud prokázány žádné zásadnější negativní důsledky na člověka, necílové organismy ani prostředí, nárůst jeho spotřeby vzbudil u některých aktivistických skupin v Evropě obavy, které se ve společnosti začaly rychle šířit, a to za výrazné podpory mnoha medií. Načež se politická reprezentace v mnoha Evropských zemích (včetně ČR) dostala pod tlak, který může během několika let vést k úplnému zákazu *glyphosatu* v EU. V ČR je prozatím pouze zakázáno používat *glyphosatové* herbicidy k desikacím plodin určených pro výrobu potravin a krmiv. Některé podniky jsou však již dnes smluvně zavázány mlékárnám nepoužívat *glyphosat* vůbec. O důsledcích takových rozhodnutí lze zatím jen spekulovat, neboť se neprojeví z roku na rok. Navíc bude záležet na dalších restrikcích herbicidů, ale také na přibývajících regulacích, které budou pěstitelé dostávat pod stále větší technický, administrativní, ale hlavně finanční tlak. Lze však důvodně předpokládat problémy s některými trávovitými pleveli, především pýrem plazivým.

15. 6. 2. Pravděpodobná renezanace pýru plazivého

Pýr plazivý patřil v minulosti k našim nejvýznamnějším plevelům. Před zavedením listových graminicidů a následně *glyphosátu*, způsoboval pěstitelům velmi významné ztráty, a to nejen na výnosech, ale také na kvalitě sklizených produktů. V posledních 10-15 letech se podařilo intenzitu zaplevelení pýrem výrazně snížit, zejména za pomoci *glyphosatových* herbicidů, které se používají na regenerující pýr po podmitce. Ještě efektivnější (nižší regenerace) byly předsklizňové aplikace *glyphosatu* (pýr byl zasažen v době, kdy neměl vytvořeno dostatečné množství zásobních látek). V případě úplné absence používání *glyphosátu* v zemědělském podniku, tedy hrozí opětovné masivní šíření tohoto plevelu, jehož eliminace v mnoha plodinách je výrazně složitější a nákladnější, přičemž i v případě jejího úspěšného zvládnutí, může dojít k retardaci plodiny v důsledku konkurenčního a alelopatického působení (alelopatické látky se do půdy uvolňují ještě několik týdnů po odumření pýru a mohou retardovat růst řady plodin), obr. 156. Největší problémy lze očekávat na pozemcích, kde se využívají půdoochranné technologie zpracování půdy, neboť hlubší orba (s předradličkou), je významným regulačním opatřením, které však v současnosti není (nebo nemůže být) na řadě pozemků uplatňováno.

V kukuřici je sice možné k regulaci pýru použít několik sulfonfylmočovin, je však třeba počítat s pomalým působením a vyšší regenerací pýru, zejména za sucha. Vysokou účinnost vykazují

především herbicidy obsahující *foramsulfuron* (Equip), zejména jsou-li kombinovány s dalšími graminicidními látkami (herbicidy Maister a Maister Power). Vysokou účinnost vykazoval také *nicosulfuron* (Samson, Nicogan, atd.), u něhož však nedávno došlo k výraznému snížení maximální povolené dávky, která již nemusí být na pýr, zejména za sucha, dostatečná. V této souvislosti byly zavedeny kombinované přípravky *nicosulfuronu* s *rimsulfuronem*. Přestože účinnost samotného *rimsulfuronu* (Titus) je oproti *foramsulfuronu* či *nicosulfuronu* (v dávce 60 g/ha) nižší, kombinované přípravky (např. Herold) se účinností původní dávce *nicosulfuronu* vyrovnají. Pro dosažení dostatečné účinnosti je třeba většinu sulfonylmočovinových herbicidů použít s adjuvancem (nejlépe olejovým).



Obr. 156: Alelopatické a konkureční působení pýru plazivého v porostech kukuřice seté (foto Jursík).

15. 6. 3. Likvidace meziplojin a zelených mulčů

Pěstitelé uplatňující technologie zakládání porostů kukuřice do krycích plodin, které přes zimu nevymrzají (žito seté, zástupci rodu jilek) využívají k desikaci krycích plodin obvykle *glyphosate*. Po teplých zimách, je však často třeba použít *glyphosate*, také k desikaci krycích plodin, které běžně vymrzají (hořčice bílá, ředkev olejná a svazanka vratičolistá). V případě úplného zákazu glyphosátových herbicidů, ke kterému může dojít během velmi krátké doby, bude třeba řešit likvidaci/desikaci krycích plodin alternativními způsoby, které budou výrazně nákladnější, přičemž jejich účinnost bude pomalejší a nižší. Například regenerace žita po aplikaci listových graminicidů bývá (zejména za chladnějšího počasí) výrazně vyšší než po glyphosátovém ošetření, které nebývá teplotou příliš ovlivněno.

15. 6. 4. Duo systém

Duo systém je technologie využívající hybridů kukuřice odolných k listovému graminicidu *cycloxydim*. V těchto hybridech se tedy může používat herbicid Stratos Ultra, který je určen k regulaci většiny trávovitých plevelů, včetně pýru plazivého a krycích trav (mimo lipnic a kostřav). Tato technologie je tedy vhodná především do sušších oblastí s intenzivním zaplevelením trávovitými plevele, zejména ježatkou, béry či plevelnými prosy, ale může pomoci s regulací také vytrvalých plevelů jako je pýr plazivý či troskut prstnatý. Herbicid Stratos Ultra lze rovněž využít k likvidaci obilní či travní krycí plodiny po vzejití kukuřice.

V našich pokusech vykázal herbicid Stratos Ultra velmi dobrou a rychlou účinnost nejen na trávovité plevele, ale pokud byl použit v TM kombinaci s půdním herbicidem (testováno s herbicidem Akris) také na většinu sledovaných jednoletých dvouděložných plevelů. Časování takových TM kombinací je poměrně variabilní, obvykle je však vhodné počkat s ošetřením až po masovém vzejití ježatky. Herbicid Stratos Ultra v takové kombinaci plní nejen graminicidní funkci, ale pomocné látky (zejména rozpouštědla) v něm obsažená (EC formulace) výrazně zvyšují účinnost půdního herbicidu.

Tab. 47: Rozhodovací kritéria při volbě aplikačního termínu herbicidů v kukuřici seté.

kritérium	termín aplikace		
	preemergentní ošetření	časné postemergentní ošetření	klasické postemergentní ošetření
šířka aplikačního termínu	od výsevu do vzejití kukuřice 5-10 (15) dní	kukuřice 1-3 listy 4-7 (10) dní	kukuřice 4-6 listů 5-10 (15) dní
plevelné spektrum	Plevele vzházející povrchových vrstev půdy (laskavce, lilky, heřmánky, pětoury, kokoška pastuší tobolka, ptačinec prostřední, atd.) a druhy s rychlou dynamikou zaplevelení na počátku vegetace a za chladného počasí (hořčice rolní, peníze rolní, atd.).	Merlík bílý, ježatka kuří noha, mračňák Theophrastův, bažanka roční, durman obecný, opletka obecná, kakostovitě plevele, výdrol slunečnice a řepky, atd.	Vytrvalé plevele (pýr plazivý, pcháč rolní, svlačec rolní, přeslička rolní, rdesno obojživelné, atd.), plevele vzházející etapovitě (ježatka kuří noha, béry, durman obecný, bažanka roční, atd.) a plevele odolné k půdním herbicidům (opletko obecná, svízel přitula, zeměděm lékařský, atd.).
intenzita zaplevelení	velmi vysoká (počítá se s opravami)	střední	střední až nízká
vlhkost půdy	Dostatek vody v půdě a příznivá srážková předpověď.	Mírný nedostatek vody v půdě nemusí vadit.	Pozvolné vzházení plevelů v důsledku nedostatku vody v půdě.
nadmořská výška	Vyšší polohy (obvykle lehčí půdy a více srážek).	Nižší a střední polohy (časté přísušky).	Vhodné do všech oblastí, ale využívá se především v těch nejnižších
technologie a kvalita zpracování půdy	Orané pozemky s kvalitní předseťovou přípravou půdy (drobtovitá struktura, bez hrud a organických zbytků na povrchu půdy).	Hrubší půdní struktura a menší množství organických zbytků na povrchu nemusí být na závadu.	Není rozhodující (vhodné pro půdo-ochranné technologie, využívající setí do nezpracované půdy).

16. CHOROBY A ŠKŮDCI V PŮDO- A VODO- OCHRANNÝCH TECHNOLOGIÍCH

V úvodu této kapitoly je potřeba připomenout, co je škůdce, co choroba rostliny a co patogen. Samotný pojem „škůdce“ je doslova vynález člověka, protože každý existující organismus na planetě na ní má své místo v potravním řetězci, není jen z našeho pohledu škodlivý. V oblasti pěstování rostlin jako škůdce označujeme živočišný organismus, který poškozuje pěstované rostliny – buď přímo, konzumací rostlin nebo jejich částí (žír, sání), nebo nepřímo – přenosem patogenů, kontaminací produktu zdravotně závadnými látkami.

Patogen je mikroorganismus, který po proniknutí do rostliny (= infekce) vyvolává reakci rostliny – dochází ke změnám v jejím metabolismu, jejich důsledkem je pak odchylka od normálních fyziologických funkcí rostliny = choroba. Důsledkem činnosti škůdců i patogenů je oslabení rostliny a ve výsledku kvantitativní nebo kvalitativní ztráty předpokládaného výnosu. Souhrnně škůdce a patogeny označujeme jako škodlivé organismy. Mimo ně jsou do daného pojmu zahrnuty i parazitické a plevelné rostliny – viz Zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů a nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/2031 ze dne 26. října 2016, které uvádí, že škodlivý organismus je „jakýkoli druh, kmen nebo biotyp patogenů, živočichů či parazitických rostlin škodlivých rostlinám nebo rostlinným produktům“.

Díky rozvoji poznatků o významu biodiverzity už dlouhá desetiletí víme, že cílem ochránit rostliny před škůdci a chorobami, resp. patogeny, v žádném případě není absolutní likvidace škodlivého organismu, ale pouze zmenšení jeho populace na únosnou míru, která nepovede k hospodářské ztrátě. K rozhodnutí o kurativním zásahu – aktuálně jde z cca 95 % o aplikaci přípravku na ochranu rostlin (POR) – proto slouží prahy škodlivosti. Ty jsou vypočítávány podle metodik stanovení rizik jednotlivých škůdců a patogenů pro danou plodinu (Pest Risk Analysis). V současné době – opět na základě rozvoje poznání o vedlejších účincích POR – se těžiště metod ochrany rostlin přesouvá k preventivním metodám i v tzv. konvenčním zemědělství.

K základním preventivním metodám ochrany patří pečlivé dodržování správné agrotechniky. Faktem je, že pojem „správná agrotechnika“ je diskutabilní a určitě není jednou provždy daný. Vhodná agrotechnická opatření musí vycházet z nároků konkrétní plodiny – dnes už i odrůdy, z místních půdně-klimatických podmínek, dostupných mechanizačních prostředků a musí zohledňovat řadu dalších faktorů a to vše se v čase mění a pěstitel na to musí reagovat.

Výchozím, nezbytným předpokladem zdravého porostu a vysokého výnosu v požadované kvalitě je kvalitní osivo a především kondice půdy, ve které plodinu pěstujeme. Nejvýznamnějším faktorem, kterým kondici půdy můžeme ovlivnit, je to, jak pracujeme s půdou. Způsob zpracování půdy je dominantní činitel, kterým ovlivňujeme množství vzduchu a vody v půdě (a tak i rychlost rozkladu organických zbytků), tím i velikost populací druhů půdních organismů. Způsob zpracování půdy (a hnojení, resp. obsah různorodé organické hmoty v půdě) má tak bezprostřední vliv nejen na pěstovanou plodinu, ale také na populace škůdců a patogenů, ale i jejich konkurentů a nepřátel, kteří v půdě žijí nebo v ní přežívají nepříznivá období (zimní období, sucho).

Aktuálně jsou upřesňovány, pozměňovány systémy zpracování půdy jako reakce na ohrožení orné půdy erozí a suchem, k některým se po letech na podstatně vyšší technické úrovni a na základě nových poznatků vracíme, některé se zkouší nově. Technologie využívající meziřádkové kultury (pásky) nejsou nic nového, zmínku o jejich existenci u nás najdeme už v učebnici Rostlinná výroba z roku 1986 (*Špaldon a kol., 1986*). Tyto technologie byly více studovány v 90. letech minulého století např. v některých státech USA, kde bylo potřeba řešit problémy, které Evropu a tedy i ČR postihly až v posledních letech. Všechny tyto práce mohou posloužit jako inspirace pro současný výzkum.

Jako meziřádkové kultury (intercrop) je ve světové literatuře označováno několik způsobů pěstování, z nich nejčastější je střídání jednotlivých řádků plodin a střídání pásů plodin. Z technického hlediska je samozřejmě přijatelnější střídání pásů plodin, v případě uplatňování strip till bez meziplodiny – využití např. mulče nebo jen mechanického odplevelování meziřádku může být výhodnější střídání jednotlivých řádků. Ve vztahu k výskytu a četnosti škůdců a původců chorob je hlavním faktorem omezení možnosti šíření daného škůdce, patogenu v rámci porostu. U půdních organismů bude mít určité pozitivní vliv pásové zpracování půdy, kdy se budou střídat prokypřené pásy s více utuženou – a pro pohyb půdních organismů méně příznivou – půdou. U organismů, které napadají hlavně nadzemní části rostlin a nejsou životně závislé na půdním prostředí, bude mít žádoucí vliv hlavně pestrost různých rostlinných druhů na pozemku (hostitelské a nehostitelské rostliny). Stejný efekt mohou mít i podsevy, pokud půjde o rostliny, které nejsou napadány stejnými škůdci a patogeny jako kukuřice. Rostliny v meziřádku nebo jako podsev budou mimo jiné působit i jako mechanická bariéra, která zpomalí šíření škodlivého organismu mezi rostlinami cílové plodiny. Z pohledu rostlinolékaře jsou nejrizikovější výsevy do mulče. Tento systém významně omezuje ztráty vody v půdě, ale podporuje přežívání, možnost reprodukce a šíření patogenů a škůdců. V tomto případě je třeba počítat s intenzivnější chemickou ochranou.

V následujícím textu na příkladu nejvýznamnějších škodlivých organismů kukuřice u nás představíme současné poznatky o významu práce s půdou a využívání meziřádkových plodin z pohledu výskytu škůdců a chorob. V případě kukuřice bude potřeba jejímu zdravotnímu stavu věnovat stále větší pozornost, protože stejně jako u jiných plodin platí, že čím větší je v oblasti

plocha jedné plodiny, tím více škůdců a chorob (jak početně, tak druhově) bude mít hospodářský význam. A to, jak velké jsou osevní plochy jednotlivých plodin, nemohou pěstitelé – podnikatelé ovlivnit, ti jen musí řešit související problémy, tj. i zdravotní stav porostů.

16. 1. Škůdci kukuřice

Bázlivec kukuřičný

(*Diabrotica virgifera virgifera*)

Patří ke škůdcům (obr. 157), u kterých lze velikost jejich populací bezpochyby ovlivnit způsobem zpracování půdy, protože v půdě přežívají vajíčka bázlivce. Pro míru poškození kořenů kukuřice je důležité, kolik vajíček přežije zimu, kolik se vylihně životaschopných larev a právě to se v jednotlivých oblastech a letech liší (Meinke a kol., 2009; Gray a kol., 1992). V nemalé míře má vliv i forma zpracování půdy.

V bezorebných technologiích bylo jedinců bázlivce podstatně méně než na půdách klasicky oraných (Tonhasca a Stinner, 1991). To odporuje informaci uváděné na Rostlinolékařském portálu (ÚKZÚZ, 2020), kde se říká, že hluboká orba přispívá k redukci populace bázlivce kukuřičného, naopak redukováné zpracování půdy vede ke zvýšení početnosti bázlivce. Gray a Tollefson (1988) zase na základě polních pokusů s různým zpracováním půdy konstatovali, že tento faktor množství bázlivce neovlivnil. Pravdu ovšem mohou mít všichni, protože je potřeba brát v úvahu rozdílnost lokálních půdních podmínek – především dostupnost vzduchu a vody pro půdní organismy, teplotu půdy a samozřejmě metodiku monitoringu škůdce.

Teplota, obsah vody dostupné pro rostliny, míra utužení/prokypření půdy se samozřejmě liší i v jednotlivých pásích půdy při využívání technologie pásové orby (strip till) a vliv má i využití podsevu. Nejmenší poškození kořenů larvami bázlivce a také nejmenší počet vylihnutých jedinců byl zaznamenán v nekypřených meziřádcích, v prokypřené půdě s většími póry přeživalo větší množství jedinců. Větší utužení půdy v meziřádku pod meziplodinou by mohlo být jedním ze způsobů, jak omezit pohyb larev bázlivce mezi kypřenými řádky s kukuřicí (Ellsbury a kol., 1994). Jiní autoři uvádějí, že meziplodina může a nemusí ovlivnit počet aktivních larev bázlivce a četnost poškození kořenů kukuřice. V poloprovozních pokusech použili jilek vytrvalý, jilek italský, směs jilků vytrvalého a jetele plazivého, jetel plazivý, hořčici a slunečnici, ale hypotéza, že kořeny rostlin v meziřádku omezí pohyb a škodlivost larev se nepotvrdila. Významné snížení larev bázlivce bylo jen u slunečnice, jetel bílý jejich počet dokonce zvýšil (Schumann a kol., 2017). To může souviset s mírou prokořenění meziřádku a tím ovlivněním množství vzduchu v půdě. V pokusu na zamořeném poli (pěstování kukuřice po kukuřici) se metoda meziřádků osetých sójou, ve kterých je více zhutnělá půda, osvědčila, v této variantě bylo méně dospělců a méně poškozených kořenů kukuřice (Ellsbury a kol., 1999). Určitý vliv jiných rostlin plošně rozmístěných v porostu kukuřice - v tomto případě širokolistých,

trávnatých plevelů a jejich směsi na četnost dospělců *D. virgifera* potvrdili Pavuk a Stinner už v r. 1994. V jejich pokusu ani širokolisté ani trávnaté plevele samostatně nijak významně neovlivnily počet dospělců bázlivce kukuřičného, ale pokud se jednalo o směs plevelů, zjistili významně vyšší počet brouků než ve variantách s jedním typem plevelných rostlin.



Obr. 157: Dospělec bázlivce kukuřičného (foto Kuthan).

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*)

Zavíječ kukuřičný má dva biotypy, které se liší spektrem hostitelských rostlin a strukturou sexuálního feromonu. Jeden z biotypů žije výhradně na kukuřici, druhý biotyp na dvouděložných rostlinách. Nejvýznamnější je na kukuřici. Dále napadá konopí, proso, slunečnici, chmel, papriku, jabloně, širokolisté plevele (lebedy, merlíky, pelyňky, rdesna a kopřivy) (*Rostlinolékařský portál*, 2020). V posklizňových zbytcích přezimují housenky (obr. 158), které se kuklí na jaře. Vzhledem ke způsobu přezimování patří i zavíječ kukuřičný ke škůdcům, jejichž populaci ovlivňuje způsob zpracování půdy a založení porostu. Pozornost je věnována hlavně půdo-ochranným technologiím, což u nás aktuálně v předpisech a nařízeních bohužel znamená prakticky jen vyloučení orby na ohrožených pozemcích, což není vždycky automaticky nejúčinnější řešení.

V poměrně rozsáhlém pokusu prováděném v ČR, kde bylo sledováno několik faktorů, nebyl statisticky průkazně potvrzen vliv zpracování půdy (mělká orba versus podmítka) na četnost napadení kukuřice zavíječem, i když při použití orby bylo napadených rostlin méně (*Štěpánek a kol*, 2014). Šlo ale o nestandardní pěstování – kukuřice více let po sobě, sklizeň LKS (= velké

množství posklizňových zbytků), což jsou faktory významně podporující četnost populace zavíječe a výsledné napadení rostlin. Navíc mezi mělkou orbou a kvalitní podmínkou není z hlediska přežívání škůdců a patogenů obvykle podstatný rozdíl. V pokusech zaměřených cíleně na sledování výskytu zavíječe se jednoznačně prokázalo, že důkladná likvidace posklizňových zbytků (hlubší orba, drčení) vede k podstatnému snížení populací a tedy poškození rostlin tímto škůdcem v dalších letech (Schaafsma a kol., 1996), totéž doporučují i Rotrekl a Kolařík (2016).

Nadějně se v ochraně proti zavíječi jeví i využití meziřádků. Pod pojmem meziřádky jsou v mnoha publikacích zahrnuty i technologie pásů, kdy se střídají např. 4 a 4 řádky dvou plodin, přitom se může a nemusí jednat o různé zpracování půdy v jednotlivých pásích.

Při pěstování kukuřice na siláž s meziřádky sóji došlo k významnému snížení napadení kukuřice zavíječem ve srovnání s monokulturou, přitom opakovaně byl méně napaden nízký hybrid ve srovnání s vysokými rostlinami (Martin a kol., 1989). Je zřejmé, že meziřádky sóji výrazně omezily možnost migrace housenek mezi rostlinami. Stejní autoři v daném pokusu sledovali i vliv dávky N na napadení a celkem podle očekávání zjistili, že vyšší dávky N vedou k vyššímu napadení. Podle očekávání proto, že dávka dusíku má obecně vliv na pevnost rostlinných pletiv, ta jsou při vyšší dávce měkčí a tedy pro housenky (ale i mšice a další hmyz, který se živí zelenými pletivy rostlin – nejen kukuřice) atraktivnější. Obdobně došlo k významnému snížení napadení kukuřice zavíječem při pěstování s červeným jetelem v meziřádcích. Význam přitom měl i termín setí jetele – opakovaně pozitivní vliv měl výsev jetele 10 dní po kukuřici, pouze v jednom roce sledování bylo ve srovnání se samotnou kukuřicí napadení nižší v případě výsevu jetele 25 dní po kukuřici (Lambert a kol., 1987).



Obr. 158: Housenky a dospělci zavíječe kukuřičného (foto Kuthan).

16. 2. Choroby kukuřice

V obecné rovině je reálné očekávat, že pokud plodina v meziřádku nebo jako podsev nepatří mezi hostitelské rostliny daného patogenu hlavní plodiny, v našem případě kukuřice, bude mít pozitivní vliv a dojde ke snížení infekčního tlaku sledovaného původce choroby a tedy snížení

výsledného napadení. V případě využití jakékoli varianty mulče je naopak riziko většího výskytu choroby, v případě kukuřice jde hlavně o původce z rodu *Fusarium*.

Fuzariózy kukuřice

Pozn.: Podle českého názvosloví rostlinných chorob je samostatně uváděna bělorůžová hniloba obilí kukuřice i když její příčinou jsou většinou stejné druhy *Fusarium* jako při napadení kořenů a bázi stébel.

Onemocnění je vyvoláváno několika druhy hub rodu *Fusarium*, v našich podmínkách jsou na kukuřici dominantní druhy *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* (Nedělník, 2002), *F. subglutinans* a *F. verticillioides* (Kmoch a Šafránková, 2008). Četnost zastoupení jednotlivých druhů je ovlivněna hlavně průběhem počasí. Z praktického hlediska je méně podstatné, které druhy dominují, protože všechny produkují mykotoxiny, liší se jen množstvím, poměr jednotlivých toxinů. Jejich škodlivost je v obecné rovině z hlediska uplatnění kontaminovaného produktu na trhu srovnatelná. V našich podmínkách je napadení palic závažné právě díky schopnosti většiny druhů *Fusarium* produkovat silné toxiny a kontaminovat napadené palice, což vede ke značným kvalitativním ztrátám. V dostupných zdrojích nejsou informace přímo o vlivu pásové orby a meziřádků na výskyt fuzarióz kukuřice zatím dostupné.

Existuje ale řada publikací, které dokládají úzkou vazbu mezi napadením kukuřice zavíječem (*Ostrinia nubilalis*) a napadením palic fuzárií, případně přímo o vztahu mezi napadením zavíječem a obsahem fuzariových mykotoxinů. Lze konstatovat, že autoři všech dostupných studií se shodují v tom, že existuje přímá úměra mezi mírou napadení rostlin zavíječem a mírou napadení fuzárií, resp. obsahem fuzariových toxinů v zrně (např. Blandino a kol., 2015; Sobek a Munkvold, 1999; Magg a kol., 2002). Z toho vyplývá, že při nízkém napadení zavíječem je i nižší kontaminace zrn fuzariovými toxiny. A četnost populace zavíječe je možné pěstební technologií ovlivnit (viz výše). Přítomnost fuzarióz na rostlinách kukuřice seté a spóry dokládá obrázek 159.



Obr. 159: Přítomnost fuzarióz na rostlinách kukuřice seté a spóry *Fusarium graminearum* (foto Prokinová).

Mezi stále častěji se vyskytující choroby kukuřice patří i listová spála kukuřice.

Pozn.: české názvosloví rostlin rozlišuje helmitosporiovou skvrnitost kukuřice, kterou způsobuje houba *Setosphaeria turcica* (onemocnění je více známé jako jižní spála kukuřice) a obecnou listovou spálu kukuřice, kterou vyvolává houba *Cochliobolus heterostrophus* (choroba je známější jako severní spála kukuřice).

Houby přežívají na rostlinných zbytcích, na napadených listech se pak tvoří výtrusy (obr. 160), které jsou pohybem větru/vzduchu přenášeny dále z rostliny na rostlinu. V tomto případě nejsou žádné dostupné informace o tom, že by byl proveden cílený výzkum, sledování vlivu půdo- a vodo- ochranných technologií na výskyt původců listové spály. Jisté ale je, že bude platit obecně to, co je známo – v případě meziplodiny v pásech/řádcích a podsevu budou tyto rostliny fungovat jako mechanická bariéra pro šíření spór patogenů mezi rostlinami kukuřice. Při ponechání většího množství zbytků kukuřice na pozemku ať už v meziřádcích nebo plošně riziko vyššího napadení spálou poroste.



Obr. 160: Listová spála kukuřice (foto Prokinová).

Sněť kukuřičná

(*Ustilago maydis*)

V některých letech se může ve větším množství objevit sněť kukuřičná (*Ustilago maydis*), obr. 161. U tohoto původce je dominantní vliv zdravého a ošetřeného osiva. Nicméně bylo prokázáno, že vyšší dávky N zvyšují riziko napadení. V souvislosti se zlepšením zásobenosti půdy dusíkem bylo zjištěno, že využití leguminóz (lupina, fazol, sója, hrachor) zvyšuje výskyt napadení kukuřice snětí (Hegewald, 1984).



Obr. 161: Sněť kukuřičná - obecná snětivost kukuřice (foto Prokinová).

16. 3. Půdo- a vodoochranné technologie zpracování půdy a ochrana proti škůdcům a chorobám

Základní principy ochrany rostlin proti škodlivým organismům se v jednotlivých pěstebních technologiích neliší. Vždycky byly, jsou a budou výchozí metody preventivní, tj. vlastně kvalitně prováděná agrotechnická opatření. Celá tato publikace velice podrobně a na konkrétních výstupech ukazuje, že zpracování půdy je zásadní. Systém zpracování půdy musí vycházet především z aktuálních půdně-klimatických podmínek konkrétního místa a plodinové skladby. Aktuálně jde hlavně o zadržení dostatečného množství vody v půdě a v případě kukuřice i zvýšené riziko eroze jak vodní, tak větrné.

Další neopominutelnou metodou ochrany rostlin ve všech pěstebních systémech je volba odolných odrůd, pokud jsou k dispozici. V některých oblastech je výhodnější volit možná méně výnosnou odrůdu, ale zato výrazně stabilnější a odolnější vůči v místě převládajícímu škodlivému organismu. Ve výsledku to bývá i levnější, protože se podstatně snižují náklady na kurativní

chemickou ochranu. V Evropě hodně doplácíme na velmi diskutabilní zákaz GMO organismů. Konkrétně v případě kukuřice to naše pěstitele nesmírně znevýhodňuje před pěstiteli mimo EU a navíc to představuje naprosto zbytečnou zátěž pro životní prostředí a necílové organismy (nutnost většinou chemické ochrany proti zavíječi u „normálních“ odrůd). Vzhledem k ekonomice pěstování se dá čekat, že někdy v budoucnu i u nás tato omezení nebudou platit.

Chemická ochrana je zatím nejvíce v povědomí nejen laiků, ale i profesionálních uživatelů POR (přípravků na ochranu rostlin). Zatím je nezbytná, dosud má zásadní význam hlavně u monokultur při plošném zpracování půdy, ještě větší význam při mělkém zpracování půdy, u technologií s využitím mulče, ale např. i při nevhodně zvolené plodině pro podsev. V případě pásového zpracování půdy a využívání řádkových meziplodin je do budoucna reálné dosáhnout snížení potřeby POR pro kurativní zásahy jak proti škůdcům, tak proti původcům chorob, ale zatím není k dispozici dostatek konkrétních informací z našich podmínek. Je vysoce pravděpodobné, že se objeví nové POR, výrazně šetrnější k životnímu prostředí, asi i na přírodní, nikoli syntetické bázi, ale rozhodně se nebude možné ani v budoucnu bez chemické ochrany plně obejít a to ani v půdo- a vodo-ochranných technologiích zpracování půdy.

Přibližně ve 40. letech minulého století se vědci začali intenzivněji věnovat výzkumu možností biologické ochrany. Tento směr byl dost oslaben nástupem úspěchů chemické ochrany rostlin v 50. letech, přesto ale pokračoval a dnes slaví „návrat na výsluní“. Obecně v biologické ochraně rostlin (dále BOR) rozlišujeme dvě hlavní strategie: a) podporu, b) introdukci užitečných organismů. Podporou užitečných organismů rozumíme vytváření vhodných podmínek pro jejich přežívání, rozmnožování, vývoj a růst. Právě pásové zpracování půdy a využívání meziřádků jiných plodin, případně využívání podsevu, ale i založené tzv. biopásky, nektarodárné pásy jsou metody, které v důsledku znamenají větší biodiverzitu, větší rodovou i druhovou pestrost organismů, které žijí na daném pozemku. Ta funguje dvěma způsoby: 1) kompetice (soutěžení) o živiny, prostor mezi různými organismy, což znamená snížení početnosti populací jednotlivých druhů včetně škůdců a patogenů, tedy menší riziko hospodářsky významného výskytu v porostu, 2) mohou se zde „zabydlet“ dostatečně velké populace řady organismů, včetně predátorů, parazitů a parazitoidů škůdců a antagonistů patogenů, které aktivně snižují počet jedinců škodlivého organismu. Zlepšení biodiverzity členovců v kukuřičném poli při využití technologie strip-till potvrdili např. *Norris a kol. (2016)*. *Boudreau (2013)* publikoval důkladný přehled výsledků prací, které se zabývaly vlivem řádkových meziplodin na výskyt chorob cílových plodin a uvádí, že 73 % z více než 200 prací potvrdilo, že především v případě listových chorob došlo ke snížení jejich výskytu při pěstování s meziplodinou ve srovnání s monokulturou.

Větší pravděpodobnost úspěchu této strategie je samozřejmě v případě, že škodlivý organismus je původní. Pokud jde o zavlečený, nepůvodní druh, nemusí být přítomen žádný jeho přirozený nepřítel. To zjistili např. *Toepfer a Kuhlmann (2004)* v práci, ve které sledovali výskyt parazitických

háďátek a houbových patogenů bázlivce kukuřičného mimo jiné i v Maďarsku a Chorvatsku. Zjistili, že s výjimkou nevýznamného napadení entomopatogenními houbami *Beauveria bassiana* a *Metarhizium anisopliae* neměl bázlivec v těchto oblastech žádného přirozeného nepřitele. Přitom ale samozřejmě dochází k dalšímu vývoji a již o dva roky později našli Pilz et al. (2008) na kukuřičných polích v Maďarsku (na rozdíl od Rumunska, Srbska, Rakouska a Itálie) poměrně hojný výskyt obou výše zmíněných entomopatogenních hub a objevili i první larvy napadené háďátkou rodu *Heterorhabditis* a *Steinernema*. Takže bázlivec nakonec bude mít funkční přirozené nepřátele i v Evropě. Pokud bychom tedy věděli, která technologie pěstování kukuřice, které konkrétní používané POR, dávky hnojiv podporují výskyt uvedených přirozených nepřátel, mohli bychom jejich populace podpořit. Bohužel to není tak úplně jednoduché zjistit (a hlavně potřebný výzkum zaplatit). Zatím se musíme spokojit s konstatováním, že v mnoha pracích bylo prokázáno, že intenzivní chemická ochrana (včetně herbicidní) na daném pozemku, prováděná mnoho let za sebou, vede k výraznému omezení biodiverzity půdních organismů, většinou mizí právě přirození nepřátelé škodlivých organismů.

Současné je v povědomí veřejnosti s pojmem biologická ochrana spojen spíš druhý princip – introdukce užitečného organismu. U kukuřice praxe zná a již řadu let úspěšně uplatňuje biologickou ochranu proti zavíječi – aplikaci parazitické vosičky *Trichogramma* (např. bioagens („přípravek“) TrichoLet. Méně se již ví o dvou biologických přípravcích registrovaných do kukuřice proti fuzariózám – Serenade ASO na bázi bakterie *Bacillus amyloliquefaciens*, která potlačuje růst hub rodu *Fusarium* a přípravek Xilon GR na bázi antagonistické houby *Trichoderma asperellum*, která potlačuje růst *Fusarium* spp. a částečně na fuzariích i parazituje.

Je nutné zdůraznit, že biologická ochrana rostlin musí být preventivní. Kurativně lze sice provést introdukci užitečného organismu, ale takový zásah má v 99 % případů minimální efekt a je nerentabilní.

Všechny metody ochrany rostlin proti škodlivým organismům se musí doplňovat, konkrétní volba jednotlivých kroků musí vycházet ze znalostí jak místních podmínek, tak nároků plodin a hlavně – ze znalostí životních cyklů, nároků jak škodlivých organismů, tak jejich nepřátel. A je nezbytné předem plánovat celý systém ochrany a to dlouhodobě. To je vlastně systém Integrované ochrany rostlin (dále IOR). Více či méně úspěšná snaha o prosazování tohoto systému ochrany rostlin probíhá v ČR již nejméně 35 let – viz např. Fadejev a Novožilov (1986). Od roku 2012 je povinnost uplatňovat tento systém i legislativně dána. Zákon č. 326/2004 Sb., o rostlinolékařské péči a o změně některých souvisejících zákonů, § 2, písm. d) udává, že „integrovanou ochranou rostlin (pozn.: se rozumí) souhrn opatření, která po zvážení veškerých dostupných metod ochrany rostlin potlačují rozvoj populací škodlivých organismů, podporují přirozené mechanismy ochrany rostlin před škodlivými organismy a snižují rizika pro lidské zdraví a životní prostředí“. Paragraf 5 tohoto zákona pak přímo stanovuje profesionálnímu uživateli (pozn.: rozumí se uživateli přípravků na

ochranu rostlin) povinnost uplatňování IOR. Tato povinnost se vztahuje na všechny profesionální uživatele, bez ohledu na systém, způsob hospodaření – tzn. i na ekologicky hospodařící subjekty.

Závěr:

- Je nutné počítat se stálým tlakem na snižování spotřeby chemických přípravků na ochranu rostlin, v dohledné době bude z trhu postupně staženo více účinných látek.
- Je potřeba věnovat maximální pozornost nepřímým (agrotechnika) i přímým (odolná odrůda, biologická ochrana) preventivním metodám ochrany rostlin. Ty se musí stát nosnými, základem ochrany rostlin v blízké budoucnosti. Jde tedy o přesun těžiště ochrany k prevenci a odklon od kurativních chemických zásahů.
- Z hlediska výskytu chorob a škůdců může obecně ke snížení jejich výskytu významně přispět technologie pásového zpracování půdy a především zařazení řádkových meziplodin.
- Využívání půdo- a vodo-ochranných technologií přesto nemusí automaticky, ve všech případech, znamenat snížení výskytu chorob a škůdců. Pro přesnější informace je potřeba získat ještě další poznatky.
- Zatím se bez chemické ochrany nelze obejít.

17. VLIV PŮDO- A VODOOCHRANNÝCH TECHNOLOGIÍ NA KVALITU BIOMASY

Výnos píce bezpochyby představuje stěžejní faktor hodnocení pěstování kukuřice na biomasu, kde dosažená kvalita píce umožňuje posoudit efektivitu pro finální konverzi na cílový produkt, neboť kukuřičná píce (siláž) je především meziprodukt rostlinné produkce, který se spotřebovává v živočišné produkci nebo v bioplynových stanicích. Kvalita píce je však, na rozdíl od výnosu, multikriteriální proměnná, která zahrnuje celou řadu kvalitativních charakteristik v závislosti na pěstované plodině. Kvůli komplikovanému hodnocení těchto vícerozměrných dat se v poslední době se stále více prosazují moderní metody hodnocení, které dokážou transformovat komplex kvalitativních proměnných do jednoduše interpretovatelné hodnoty. Příkladem může například systém MILK 2006, který uvádí, kolik kg mléka se vyprodukuje z jedné tuny krmiva, což je údaj, který lze snadno využít k porovnávání hybridů kukuřice, v kombinaci s hodnotou produkce kg mléka na hektar, zohledňující produktivitu pěstované kukuřice (Loučka a kol., 2019).

Kvalitu silážní kukuřice lze hodnotit pomocí obsahu jednotlivých živin (NDF, ADF, škrob apod.) a jejich stravitelností. Stravitelnost organické hmoty (OMD) nebo neutrodetergentní vlákniny (NDFD) jsou velmi vypovídající kvalitativní ukazatele, u kterých je však problematické jejich objektivní stanovení. Jednoduché laboratorní *in vitro* enzymatické testy mohou být dostačující pro orientační srovnání, pokud jsou použity jednotně pro celý soubor dat. Výsledky těchto jednoduchých testů (či jejich kalibrací na NIRS) však nemusí korespondovat s hodnotami zjištěnými *in vitro* pomocí bacherové tekutiny, nebo testováním na zvířatech *in situ* (inkubace vzorků krmiva v nylonových sáčcích přímo v bacheru), nebo *in vivo* (bilanční pokusy, kterými se zjišťuje využitelnost živin z krmiva po průchodu trávicím ústrojím). Je třeba také brát v úvahu dobu inkubace vzorků, kdy s delší dobou inkubace dostáváme vyšší hodnoty, ale tato doba nemusí odpovídat reálnému času retence částic v bacheru. Z těchto důvodů je třeba realisticky posuzovat komerčně uváděné hodnoty stravitelností s ohledem na použitou metodu. V rámci porovnávání cca 60 hybridů kukuřice v podmínkách ČR v sedmiletém období se hodnoty NDFD, zjišťované *in situ* v bacheru krav po 24 hodinách, pohybovaly u píce celých rostlin v rozmezí od 40 do 59 % a následně dopočtené hodnoty OMD byly 61 až 71 % (Hakl a kol., 2017).

Dalším faktorem, který je třeba vzít v úvahu při hodnocení kvality silážní kukuřice, je těsná závislost morfologie rostliny na kvalitě píce, kterou dokládá rozdílná kvalita jednotlivých částí rostlin kukuřice (Lynch a kol., 2012). Celkovou stravitelnost rostliny (OMD) totiž výrazně pozitivně ovlivňuje zvyšující se podíl palice (škrobu) na celkovém výnosu, ale je zde negativní vztah obou

těchto proměnných k výnosu píce v daném sklizňovém termínu (*Hakl a kol., 2017*). Mimo to, přímé využití škrobu v metabolismu přežvýkavců má určité limity, proto se pozornost šlechtitelů soustředí i na posuzování a zvyšování NDFD stébla a listů kukuřice, označované jako zbytek rostliny bez palice (*Loučka a kol., 2019*). Kvalita tohoto zbytku rostliny má větší vliv, než odpovídá jejímu hmotnostnímu podílu, neboť je kvalitativně mnohem variabilnější než sklizené kukuřičné palice (*Hakl a kol., 2017*). Při konstantním obsahu škrobu je vztah mezi OMD a NDFD velmi těsný (*Barrière a kol., 2004*) a zvýšení hodnoty NDFD tak nemusí mít negativní vliv na výnos ani podíl palic (*Hakl a kol., 2017*).

Z výše uvedeného je zřejmé, že na nutriční hodnoty silážní kukuřice v polních podmínkách mají vliv všechny faktory, které mohou ovlivnit morfologii rostliny a podíl jejích částí. Hlavní nástroj pro management kvality píce kukuřice v provozních podmínkách však představuje volba vhodného hybridu, která vysvětluje větší podíl variability nutričních ukazatelů než ročník s pěstební lokalitou dohromady (*Hakl a kol., 2017*). Široký sortiment hybridů dává dostatečný prostor pro optimální výběr do daných pedoklimatických podmínek ve vztahu k výnosu i požadované kvalitě píce. Druhým klíčovým nástrojem pro ovlivnění kvality je optimální načasování sklizně, kdy její oddalování pomáhá zvyšovat výnosy a podíl palice (škrobu), ale zároveň může činit určité potíže při fermentaci (*Lynch a kol., 2012*). Tento stupeň zralosti při sklizni porostu je v úzkém vztahu k sušině celé rostliny a obsahu NDF u listů a stébel (*Hakl a kol., 2017*). Vnější prostředí (lokalita a ročník) hraje rovněž podstatnou roli ve změnách kvality píce, přičemž u některých ukazatelů (např. NDF) je prostředí pokládáno za významnější než genotyp rostliny (*Kruse a kol., 2008*). Lze konstatovat, že právě interakce genotypu a parametrů vnějšího prostředí může být příčinou zjišťovaných rozdílů v kvalitě píce mezi jednotlivými hybridy (*Hakl a kol., 2017*). Vliv ročníku spočívá především ve vztahu teplot se srážkami během vegetace kukuřice, přičemž po standardizaci obsahu sušiny v siláži vykazoval ročník větší vliv na fermentační ukazatele (12 %), než na nutriční hodnotu (6 %) u 597 vzorků siláží v průběhu sedmileté časové řady (*Loučka a kol., 2015*).

Z porovnání s těmito hlavními vlivy, které primárně určují kvalitu biomasy kukuřice, je patrné, že vhodná agrotechnika a správná výživa a ochrana porostů jsou z pohledu dosažené kvality doplňková opatření. Vliv těchto opatření se proto hodnotí především z pohledu výnosu, neboť ve většině dostupných literárních zdrojích, zahrnujících i hodnocení kvality píce, není vliv agrotechnických opatření na nutriční hodnotu zaznamenán či je minimální (*Baron a kol., 2006; Jirmanová a kol., 2016*). Lze proto konstatovat, že v běžných podmínkách nelze očekávat, že budou mít zvolené půdoochranné technologie na kvalitu sklizené kukuřice zásadní význam. Některé dílčí výsledky však naznačují, že i z pohledu agrotechniky lze vysledovat určité trendy ve změně kvalitativních ukazatelů. Pro objektivní srovnávání je však třeba posuzovat, zda je kvalita hodnocena pouze na úrovni celé rostliny či v jednotlivých částech. Hodnocení na úrovni částí rostliny umožní oddělit efekt změny nutriční hodnoty zbytku rostliny od změn v podílu palic, který bývá často v negativním vztahu s výnosem a může překrývat změny v kvalitě listů a stébel.

Jedno z agrotechnických opatření představuje změna rozteče řádků, která se začíná využívat

u některých půdoochranných technologií, jako je například pásové zpracování půdy. Toto opatření se pak často kombinuje se změnami výsevku, resp. hustoty porostu. Dopady těchto samostatných opatření na kvalitu píce kukuřice jsou zanedbatelné (Baron a kol., 2006), někdy se však ukazují tendence, že snížení rozteče řádků je schopno částečně eliminovat negativní vliv zvyšování hustoty porostu na podíl palice, tyto husté porosty v užších řádcích pak ale mohou mít vyšší obsah NDF ve zbytku rostliny. Samotné zúžení řádků (0,35 vs. 0,7 m) však zpravidla nemá na celkový obsah NDF vliv (Jirmanová a kol., 2016). Tendence úzkých řádků k vyšším rostlinám, vyšší hodnotě LAI a celkové hmotnosti rostlin oproti klasické rozteči 70 cm jsou postupně během vegetace vykompenzovány, a tak i různé organizované porosty zpravidla poskytnou při finální sklizni obdobné výsledky, i přes zaznamenané rozdíly během vegetace (Robles a kol., 2012).

Podobně většina studií nezjišťuje významné rozdíly v kvalitě píce při samotných změnách hustoty porostu (Baron a kol., 2006), někdy se však uvádí zvýšení ADF a snížení stravitelnosti při zvýšení hustoty porostu nad 90 000 rostlin na hektar, především v souvislosti se snížením podílu palice (Baghdadi a kol., 2012). Podobný efekt může vykazovat i pásové zpracování půdy, kde výsledky Branta a kol. (2013) dokládají určitou tendenci k vyšším a výnosnějším rostlinám u technologie strip till, ale při současném snížení hmotnosti palice a jejího podílu na rostlině. I přes statistickou průkaznost se však nejednalo o podstatné rozdíly. Dále je třeba upozornit i na nižší obsahy sušiny v celé rostlině (i ve všech jejích částech), což lze interpretovat jako určitou tendenci k pomalejšímu dozrávání porostu u technologie strip till. Porovnání různých technologií zpracování půdy před výsevem kukuřice také nepřináší žádný podstatný vliv na kvalitu, v interakci se změnami hustoty byl zaznamenán vliv jen na snížení obsahu hrubého proteinu při redukováném zpracování půdy (Baghdadi a kol., 2012). Pěstování kukuřice s plodinami čeledi *Fabaceae* (fazol, bob) má očekávatelný pozitivní efekt na obsah hrubého proteinu ve sklizené biomase, ale zároveň zvyšuje obsah NDF a částečně i pH silážované píce (Contreras-Govea a kol., 2009). Jílky jako podsevové meziplodiny mohou snižovat obsah proteinů v kukuřici, ale obvykle zvyšují celkovou produkci stravitelné organické hmoty (Garibay a kol., 1997).

Na závěr lze shrnout, že hodnoty kvality silážní kukuřice jsou ovlivněny především vzájemnou interakcí prvků použité technologie (hybrid, lokalita, agrotechnika, ročník), a proto lze jen velmi obtížně určit konzistentní efekt agrotechnických opatření na podíly částí rostlin nebo jejich nutriční parametry, a to dokonce i v přesných polních pokusech. Vcelku slabé samostatné tendence snížení podílu palic u užších řádků, vyšších výsevků a dalších agrotechnických opatření se mohou vzájemně kombinovat a způsobit tak i významnější změny v podílu palic ve sklizené biomase kukuřice. Mimo změn v podílu částí rostlin se mohou kvalitativní změny projevovat i v koncentraci a stravitelnosti NDF ve zbytku rostliny, kde opatření podporující intenzivnější růst (výšku) rostlin mají tendenci k vyšší koncentraci NDF a následně i nižší stravitelnosti zbytku rostliny, pravděpodobně v souvislosti s vyšším podílem mohutnějšího stébla. Tyto změny je však třeba posuzovat v kontextu změn výnosu, požadavků na kvalitu píce a lze na ně reagovat především volbou vhodného hybridu a vhodným načasováním sklizně.

18. SEZNAM LITERATURY

- Abbate, P. E., Dardanelli, J. L., Cantarero, M. G., Maturano, M., Melchiori, R. J. M., Suero, E. E. 2004: Climatic and water availability effects on water-use efficiency in wheat. *Crop Science*. 44: 474-483.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raies, D., Smith, M. 1998: Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, United Nations, Rome.
- Alvi, M. K., Chen, S. 2003. The Effect of Frozen Soil Depth on Winter Infiltration Hydrology in the Pataha Creek Watershed. ASAE Meeting Presentation, Paper Number: 032160.
- Ammon, H. U., Scherrer, C. 1994: Untersaten in Mais zur Begrünung nach der Ernte. *Z. PflKrankh, PflSchutz, Sonderh*, 14: 421-428.
- Amon, T., Amon, B., Kryvoruchko, V., Zollitsch, W., Mayer, K., Gruber, L. 2007: Biogas production from maize and dairy cattle manure – Influence of biomass composition on the methane yield. *Agriculture, Ecosystems and Environments*. 118: 173-182.
- Andrade, F. H., Calviño, P., Cirilo, A., Barbieri, P. 2002: Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal*. 94: 975-980.
- Anele, U. Y., Refat, B., Swift, M. L., Zhao, Y. L., Doublier, C., McAllister, T. A., Yang, W. Z. 2015: In vitro ruminal fermentation of ground and dry-rolled barley grain differing in starch content. *Animal Feed Science and Technology*. 203: 88-94.
- Angadi, S. V., Cutforth, H. W., McConkey, B. G. 2003: Determination of the water use and water use response of canola to solar radiation and temperature by using heat balance stem flow gauges. *Canadian Journal of Plant Science*. 83: 31-38.
- Anken, T., Heusser, J., Weisskopf, P., Rek, J., Boller, M., Stamp, P. 2007: Mulch- und Direktsaaten – Ursachen reduzierter Feldaufgänge. ART-Bericht. Ettenhausen.
- Anken, T., Albisser, G., Berweger, J., Berweger, J., Krummenacher J., Senn, R., Brönimann, A. 2010: Tipps aus 20 Jahren Erfahrung, Datenblätter Ackerbau. *Agridea*. Winterthur. 6, 47-50..
- Asseng, S., Turner, N. C., Keating, B. A. 2001: Analysis of water- and nitrogen use efficiency of wheat in a Mediterranean climate. *Plant and Soil*. 233(1): 127-143.
- Asseng, S., Hsiao, T. C. 2000: Canopy CO₂ assimilation, energy balance, and water use efficiency of an alfalfa crop before and after cutting. *Field Crops Research*. 67: 191-206.
- Auerswald, K. 1998: Prozesse und Wirkungen der Bodenerosion. 31-42. In: Richter, G. 1998: Bodenerosion, Analyse und Bilanz eines Umweltproblems, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Baghdadi, A., Halim, R. A., Majidian, M., Daud, W. N. W., Ahmad, I. 2012: Plant density and tillage effects on forage corn quality. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 10(2): 366-370.

- Barbieri, P. A., Echeverría, H. E., Sainz, R. H., Andrade, F. H. 2008: Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. *Agronomy Journal*. 100: 1094-1100.
- Barbieri, P. A., Sainz, R. H., Andrade, F. H., Echeverría, H. E. 2000: Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agronomy Journal*. 92: 283-288.
- Barclay, H. J. 1998: Conversion of total leaf area to projected leaf area in lodgepole pine and Douglas-fir. *Tree Physiology*. 18: 185-193.
- Baron, V. S., Najda, H. G., Stevenson, F. C. 2006: Influence of population density, row spacing and hybrid on forage corn yield and nutritive value in a cool-season environment. *Canadian Journal of Plant Science*. 86: 1131-1138.
- Barrière, Y., Emile, J. C., Traineau, R., Surault, F., Briand, M., Gallais, A. 2004: Genetic variation for organic matter and cell wall digestibility in silage maize. Lessons from a 34-year long experiment with sheep in digestibility crates. *Maydica*. 49: 115-126.
- Baumhard, R.L., Jones, O.R. 2002. Residue management and paratillage effects on some soil properties and rain infiltration. *Soil & Tillage Research*. 65: 19-27.
- Behn, E. E. 1982: More Profit with Less Tillage. Ben Enterprises, Iowa, 132 s.
- Beringer, J., Hutley, L. B., Tapper, N. J, Coutts, A., Kerley, A., O'Grady, A. P. 2003: Fire impacts on surface heat, moisture and carbon fluxes from a tropical savanna in northern Australia. *International Journal of Wildland Fire*. 12(3-4): 333-340.
- Blandino, M., Scarpino, V., Vanara, F., Sulyok, M., Krska, R., Reyneri, A. 2015: Role of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) on contamination of maize with 13 *Fusarium* mycotoxins. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 32(4): 533-543.
- Boudreau, M. A. 2013: Diseases in Intercropping Systém. *Annual Review of Phytopathology*. 51: 499-519.
- Böhler, D., Dierauer, H. 2017: Messerwalze statt Glyphosat. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug*. 5: 39-43.
- Bradbeer, J. W. 1988: Seed Dormancy and Germination. Blackie and Son Ltd. London. 146 s.
- Brant, V., Šmöger, J., Nečada, M., Kroulík, M., Jírová, A. 2019a: Tvorba mulče v protierozních technologiích u kukuřice. *Úroda*. 67(12): 33-38.
- Brant, V., Kroulík, M., Šmöger, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Hamouz, P., Tyšer, L. 2019b. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Agrární komora ČR, Praha. 164 s.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Hofbauer, M., Škeříková, M., Hovad, V. 2018a: Vliv frézového pásového výsevu na infiltraci a rozvoj kořenů. *Úroda*. 66(12): 40-42.
- Brant, V., Kroulík, M., Kapička, J., Lang, J., Petrus, D., Novotný, I. 2018b: Půdní blok a jeho parametry – hranice půdního bloku a souvrať (2). *Agromanuál*. (13)8: 94-98.
- Brant, V., Nýč, M., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2017a: Technologické postupy optimalizace tvorby seťového lože s využitím systémů zonálního hnojení. *Certifikovaná metodika*, Kurent, s.r.o., České Budějovice. 108 s.

- Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Pivec, J., Kroulík M., Procházka L. 2017b: Effect of row width on splash erosion and throughfall in silage maize crops. *Soil and Water Research*. 12(1): 39-50.
- Brant, V., Škeříková, M., Zábranský, P., Kroulík, M., Petrásek, S., Mrázek, L., Kunte, J. 2017c: Technologické postupy zakládání porostů vícedruhových směsí meziplodin. *Agromanuál*. 12(11-12): 96-101.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2016a: Seťové lůžko a abiotické faktory ovlivňující klíčení a vzházení. *Úroda*. 64(2): 12-16.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2016b: Základem setí je biologie rostlin. *Zemědělec*. 24(47): 19-20.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2016c: Minimalizace předseťové přípravy a seťového lože při setí kukuřice. *Úroda*. 64(3): 14-20.
- Brant, V., Bečka, D., Cihlář, P., Fuksa, P., Hakl, J., Holec, J., Chyba, J., Jursík, M., Kobzová, D., Krček, V., Kroulík, M., Kusá, H., Novotný, I., Pivec, J., Prokinová, E., Růžek, P., Smutný, V., Škeříková, M., Zábranský, P. 2016d: Pásové zpracování půdy (strip tillage). *Profi press s.r.o., Praha*. 135 s.
- Brant, V., Pivec, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Kroulík, M. 2016e: Vláhové nároky cukrové řepy. *Agromanuál*. 11(8): 80-81.
- Brant, V., Pivec, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Kroulík, M. 2015a: Vláhové nároky kukuřice v oblastech s nedostatkem srážek. 10(4): 108-111.
- Brant, V., Pivec, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Kroulík, M. 2015b: Vláhové nároky porostů obilnin v oblastech s nedostatkem srážek. *Agromanuál*. 10(8): 81-83.
- Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Škeříková, M., Kroulík, M. 2015c: Vláhové nároky čiroku obecného v oblastech s nedostatkem srážek. *Agromanuál*. 10(7): 82-83.
- Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Pivec, J., Kroulík, M., Procházka, L. 2015d: Praktické možnosti využití užších řádků u kukuřice v rámci ochrany půdy proti erozi. *Agromanuál*. 10(2): 96-99.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P. 2015e: Pásové zpracování půdy – strip tillage. *Úroda*. 63(5): 98-103.
- Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Pivec, J., Kroulík, M., Poláková, M., Šilha, J. 2015f: Pěstování kukuřice systémem Samco v České republice. *Agromanuál*. 10(10-11): 90-95.
- Brant, V., Zábranský, P., Kroulík, M., Škeříková, M., Pivec, J. 2014a: Vývoj kořenového systému kukuřice a řepky ve vztahu ke zpracování půdy, struktuře porostu a hnojení. *Agromanuál*. 9(11-12): 91-95.
- Brant, V., Zábranský, P., Kroulík, M., Pivec, J., Škeříková, M. 2014b: Produkce biomasy silážní kukuřice v závislosti na šířce řádků. *Agromanuál*. 9(5): 107-109.
- Brant, V., Zábranský, P., Škeříková, M., Kroulík, M., Krček, V., Pivec, J., Baranyk, P. 2014c: Distribuce srážek a hodnoty kapkové eroze v porostech ozimé řepky v závislosti na šířce řádků. *Agromanuál*. 9(2): 82-84.
- Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Gemerlová, M., Kroulík, M. 2013: Pásové zpracování půdy ke kukuřici seté. *Agromanuál*. 8(3): 104-108.

- Brant, V., Pivec, J., Zábanský, P., Hák, J. 2012: Water consumption by Asteraceae weeds under field conditions. *Weed Biology and Management*. 12(2): 71-83.
- Brant, 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 Bioenergy* 35(3): 1286-1294.
- 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.
- Bréda, N. J. J. 2003: Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany*. 54(392): 2403-2417.
- Brückler, L., Lafolie, F., Doussan, C., Bussièrès, F. 2004: Modeling soil-root water transport with non-uniform water supply and heterogeneous root distribution. *Plant and Soil*. 260: 205-224.
- Bui, E. N., Box, J. E. Jr. 1992: Stemflow, rain throughfall, and erosion under canopies of corn and sorghum. *Soil Science Society of America Journal*. 56: 242-247.
- Burrows, W. C., Larson, W. E. 1962: Effect of Amount of Mulch on Soil Temperature and Early Growth of Corn. *Agronomy Journal*. 54(1): 19-23.
- Butler, D. R., Huband, N. D. S. 1985: Throughfall and stem-flow in wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*. 35: 329-338.
- Çarpici, E. B., Çelik, N., Bayram, G. 2010: Yield and quality of forage maize as influenced by plant density and nitrogen rate. *Turkish Journal of Field Crops*. 15(2): 128-132.
- Cleber, B. S., Bernardo, B. S., Pedro, V. A., Vicente, P. R. S. 2008: Fluxos de energia e desenvolvimento da cultura do abacaxizeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 12: 400-407.
- Cociu, A. I. 2012: Air temperature and precipitation influence on maize grain yield within different annual and perennial crop rotations. *Romanian Agricultural Research*. 29: 149-154.
- Cohen, Y., Takeuchi, S., Nozaka, J., Yano, T. 1993: Accuracy of sap flow measurement using heat balance and heat pulse methods. *Agronomy Journal*. 85: 1080-1086.
- Connor, D. J., Theiveyanathan, S., Rimmington, G. M. 1992: Development, growth, water-use and yield of a spring and a winter wheat in response to time of sowing. *Australian Journal of Soil Research*. 43: 493-516.
- Contreras-Govea, F. E., Muck, R. E., Armstrong, K. L., Albrecht, K. A. 2009: Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. *Animal Feed Science and Technology*. 150(1-2): 1-8.
- Corak, S. J., Frye, W. W., Smith, M. S. 1991: Legume Mulch and Nitrogen Fertilizer Effects on Soil Water and Corn Production. *Soil Science Society of America Journal*. 55(5): 1395-1400.
- Corbeels, M., Hofman, G., Van Cleemput, O. 1998: Analysis of water use by wheat grown on a cracking clay soil in a semi-arid Mediterranean environment: weather and nitrogen effects. *Agricultural Water Management*. 38: 147-167.
- ČSÚ 2020: Český statistický úřad – Zemědělství. [cit. 2018-05-05], dostupné z: https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi_zem.

- Darby, H. M., Lauer, J. G. 2002: Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality, and preservation. *Agronomy Journal*. 94(3): 559-566.
- Davie, T. J. A., Durocher, M. G. 1997: A model to consider the spatial variability of rainfall partitioning within deciduous canopy. I. Model description. *Hydrological Processes*. 11: 1509-1523.
- Dekker, L. W., Ritsema, C. J. 1997: Effect of maize canopy and water repellency on moisture patterns in a Dutch black plaggen soil. *Plant and Soil*. 195: 339-350.
- Dugas, W. A., Heuer, M. L., Hunsaker, D., Kimball, B. A., Lewin, K. F., Nagy, J., Johnson, M. 1994: Sap flow measurements of transpiration from cotton grown under ambient and enriched CO₂ concentrations. *Agricultural and Forest Meteorology*. 70: 231-245.
- Eastham, J., Gregory, P. J. 2000: The influence of crop management on the water balance of lupin and wheat crops on a layered soil in a Mediterranean climate. *Plant and Soil*. 221: 239-251.
- Ellsbury, M. M., Exner, D. N., Cruse, R. M. 1999: Movement of Corn Rootworm Larvae (Coleoptera: Chrysomelidae) Between Border Rows of Soybean and Corn in a Strip Intercropping System. *Journal of Economic Entomology*. 92(1): 207-214.
- Ellsbury, M. M., Schumacher, T. E., Gustin, R. D., Woodson, W. D. 1994: Soil Compaction Effect on Corn Rootworm Populations in Maize Artificially Infested with Eggs of Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*. 23(4), 1: 943-948.
- Esteves, M., Planchon O., Lapetite J.M., Silveria N., Cadet, P. 2000: The "Empire" large rainfall simulator: design and field testing. *Earth Surf. Process*. 25: 681-690.
- Fadejev, J. N., Novožilov, K. V. 1986: *Integrovaná ochrana rastlín*. Bratislava, *Príroda*. 572 s.
- FAOSTAT 2020: Crops – Area harvested, yield and production quantity. [cit. 2018-05-04], dostupné z: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Farnham, D. E. 2001: Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*. 93: 1049-1053.
- Fisher, W. F., Lane, D. E. 1973: Till-planting. In: *Conservation Tillage*. Soil Conservation Society of America. s. 187-194.
- Foody, G. M. 2002: Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*. 80: 185-201.
- Fuksa, P. 2018: Vliv organizace porostu silážní kukuřice na produkci bioplynu. *Agromanuál*. 13(7): 99-103.
- Fuksa, P., Hakl, J., Šantrůček, J. 2017: Vliv hybridu a výsevu na výnos silážní kukuřice. *Agromanuál*. 12(11-12): 56-58.
- Fuksa, P., Hrevušová, Z., Šantrůček, J., Brant, V. 2013: Vliv teploty na klíčivost semen pšicích čiroků. 42-47. In: Pazderů, K. (ed.): *Osivo a sadba*. Sborník příspěvků z XI. odborného a vědeckého semináře, ČZU v Praze, Praha.

- Gaiser, T., de Barros, I., Lange, F. M., Williams, J. R. 2004: Water use efficiency of a maize/cowpea intercrop on a highly acidic tropical soil as affected by liming and fertilizer application. *Plant Soil*. 263: 165-171.
- Garibay, S. V., Stamp, P., Ammon, H. U., Feil, B. 1997: Yield and quality components of silage maize in killed and live cover crop sods. *European Journal of Agronomy*. 6(3-4): 179-190.
- Gaudin, A. C., McClymont, S. A., Holmes, B. M., Lyons, E., Raizada, M. N. 2011: Novel temporal, fine-scale and growth variation phenotypes in roots of adult-stage maize (*Zea mays* L.) in response to low nitrogen stress. *Plant, Cell & Environment*. 34: 2122-2137.
- Gavloski, J. E., Whitfield, G. H., Ellis, C. R. 1992: Effect of restricted watering on sap flow and growth in corn (*Zea mays* L.) *Canadian Journal of Plant Science*. 72: 361-368.
- Gemerlová, M., Brant, V., Zábranský, P., Pivec, J., Kroulík, M. 2013: Eliminují užší řádky rizika vzniku vodní eroze v porostech kukuřice seté? *Agromanuál*. 2(8): 72-74.
- Gordon, R., Dixon, M. A., Brown, D. M. 1997: Verification of sap flow by heat balance method on three potato cultivars. *Potato Research*. 40: 267-276.
- Gray, M. E., Hein, G. L., Boetel, M. A., Walgenbach D. D. 1992: Western and Northern Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) Egg Densities at Three Soil Depths: Implications for Future Ecological Studies. *Journal of the Kansas Entomological Society*. 65(3): 354-356.
- Gray, M. E., Tollefson, J. J. 1988: Survival of the Western and Northern Corn Rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) in Different Tillage Systems Throughout the Growing Season of Corn. *Journal of Economic Entomology*. 81(1): 178-183.
- Grieder, C., Dhillon, B. S., Schipprack, W., Melchinger, A. E. 2012: Breeding maize as biogas substrate in Central Europe: II. Quantitative-genetic parameters for inbred lines and correlations with testcross performance. *Theoretical and Applied Genetics*. 124: 981-988.
- Gu, D., Mei, X., Yu, T., Sun, N., Xu, D., Liu, C., Cai, Y. 2017: QTL identification for brace-root traits of maize in different generations and environments. *Crop Science*. 57: 13-21.
- Guo, H., York, L. M. 2019: Maize with fewer nodal roots allocates mass to more lateral and deep roots that improve nitrogen uptake and shoot growth. *Journal of Experimental Botany*. 70(19): 5299-5309.
- Hakl, J., Loučka, R., Jirmanová, J., Jambor, V. 2017: Influence of genotype, site, and year on maize nutritive value – yield relationships. *Scientia Agriculturae Bohemica*. 48(2): 47-53.
- Hanson, B. R., May, D. M. 2006: Crop coefficients for drip-irrigated processing tomato. *Agricultural Water Management*. 81: 381-399.
- Hartge, K. H., Horn, R. 1999: Einführung in die Bodenphysik. F. Encke Verlag. Stuttgart. 304 s.
- Hay, R. K. M., Porter, J. R. 2006: The Physiology of Crop Yield. Blackwell Publishing Ltd.: Oxford. 314 s.
- Hegewald, H. B. 1984: Effect of legumes on maize disease incidence in mixed cultivation. *Angewandte Botanik*. 58(3-4): 301-306.
- Hermann, W., Bauer, B., Bischoff, J. 2012: Srip Till, Mit Streifen zum Erfolg, DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

- Herrmann, A., Rath, J. 2012: Biogas production from maize: Current state, challenges, and prospects. 1 Methane yield potential. *Bioenergy Research*. 5(4): 1027-1042.
- Hofbauer, M., Brant, V., Kroulík, M., Záborský, P., Škeříková, M. 2019: Erosionsschutz mittels Streifenfräse. *Landwirtschaft ohne Pflug*. s. 36-40.
- Hoffman, M. L., Regnier, E. E., Cardina, J. 1993: Weed and corn (*Zea mays*) response to a hairy vetch (*Vicia villosa*) cover crop. *Weed Technology*. 7: 594-599.
- Hochholdinger, F. Yu. P., Marcon, C. 2018: Genetic control of root system development in maize. *Trends in Plant Science*. 23: 79-88.
- Hudson, N. 1995: *Soil Conservation*, Ames, Iowa State University Press. 395 s.
- Hunsaker DJ, Pinter PJ, Barnes EM, Kimball BA. 2003. Estimating cotton evapotranspiration crop coefficients with a multispectral vegetation index. *Irrigation Science*. 22(2): 95-104.
- Hupet, F., Vanclooster, M. 2005: Micro-variability of hydrological processes at the maize row scale: implications for soil water content measurements and evapotranspiration estimates. *Journal of Hydrology*. 303: 247-270.
- Hurlbut, L. W., Wittmuss, J. D. 1957: Fewer field operations for corn. *Nebr. Experiment Station Quarterly (Summer)*. 1(1): 5.
- Hůla, J., Procházková, B. (eds.) 2008: *Minimalizace zpracování půdy*. ProfiPress, Praha. 248 s.
- Ilgen, B. 2017: Kein ackerbaulicher Weltuntergang. *LOP Landwirtschaft ohne Pflug*. 6: 15-19.
- Inman-Bamber, N. G., McGlinchey, M. G. 2003: Crop coefficients and water-use estimates for sugarcane based on long-term Bowen ratio energy balance measurements. *Field Crops Research*. 83: 125-138.
- Ion, V., Băsa, A. G., Temocico, G., Dicu, G., Epure, L. I., State, D. 2014: Maize plant biomass at different hybrids, plant populations, row spacing and soil conditions. *Romanian Biotechnological Letters* 19(4): 9543-9552.
- Janeček, M. (ed.) 2005. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV nakladatelství, Praha. 195 s.
- Jalota, S. K., Prihar, S. S. 1998: *Reducing soil water evaporation with tillage and straw mulching*. Ames, Iowa State University Press. 142 s.
- Jambor, V. 2015. Co ovlivňuje výrobu kvalitní kukuřičné siláže? <http://www.agris.cz/clanek/187772>
- Jirmanová, J., Fuksa, P., Hakl, J., Brant, V., Šantrůček, J. 2016: Effect of different plant arrangements on maize morphology and forage quality. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 62(2): 62-71.
- Johnson, G. A., Hoverstad, T. R., Greenwald, R. E. 1998: Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides, and cultivation. *Agronomy Journal*. 90: 40-46.
- Josrová, L. 2019: Situační a výhledová zpráva – Krmiva 2018. Ministerstvo zemědělství, Praha. 52 s.
- Jensen, M.E., Burman, R.D., Allen, R.G. 1990: *Evapotranspiration and Irrigation. Water Requirements*. ASCE - Manuals and Report on Engineering. Practice, No. 70. American Society of Civil Engineers. New York. 360 s.

- Kato, T., Kamichika, M. 2006: Determination of a crop coefficient for evapotranspiration in a sparse sorghum field. *Irrigation and Drainage*. 55: 165-175.
- Kinnell, P. I. A. 1991: The effect of flow depth on sediment transport induced by raindrops impacting shallow flows. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 34: 161-168.
- Kiziloglu, F. M., Sahin, U., Kuslu, Y., Tunc, T. 2009: Determining water–yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. *Irrigation Science*. 27(2): 129-137.
- Kjelgaard, J. F., Stöckle, C. O., Black, R. A., Campbell, G. S. 1997: Measuring sap flow with the heat balance approach using constant and variable heat inputs. *Agricultural and Forest Meteorology*. 85: 239-250.
- Klein, R. N., Wicks, G. A., Wilson, R. G. 1996: Ridge-Till, An Integrated
- Koller, D., Hadas, A. 1982: Water relations in the germination of seeds. 401-431. In: Lange, O. L., Nobel, P. S., Osmand, C. B., Ziegler, H. (eds.): *Physiological Plant Ecology*. Springer. Berlin.
- Kmoch, M., Šafránková, I. 2008: Occurrence of fusarium spp. o the corn kernel (*Zea mays* L.) http://web2.mendelu.cz/af_291_mendelnet/mendelnet09agro/files/articles/fyto_kmoch.pdf .
- Koller, D., Hadas, A. 1982: Water relations in the germination of seeds. 401 – 431. In: Lange, O. L., Nobel, P. S., Osmand, C. B., Ziegler, H., (eds.): *Physiological Plant Ecology*. Springer. Berlin. 750 s.
- Könnecke, G. 1967: *Fruchtfolgen*. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 335 s.
- Kruse, S., Herrmann, A., Kornher, A., Taube, F. 2008: Evaluation of genotype and environmental variation in fibre content of silage maize using a model-assisted approach. *European Journal of Agronomy*. 28: 210-223.
- Kučera, J., Čermák, J., Penka, M. 1977: Improved thermal method of continual recording the transpiration flow rate dynamics. *Biologia Plantarum*. 19: 413-420.
- Kutschera, L., Lichtenegger, E., Sobotik, M. 2009: *Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßigter Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaues*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 411 s.
- Kůst, F., Záruba, J. 2020: *Situační a výhledová zpráva – Obiloviny 2019*. Ministerstvo zemědělství, Praha, 110 s.
- Laflen, J. M., Lal, R., El-Swaify, S. A. 1990: Soil erosion and a sustainable agriculture. 569-581. In: Edwards, C. A., Lal, R., Madden, P., Miller, R. H., House, G. eds. *Sustainable Agricultural Systems*. Soil and Water Conservation Service. Ankeny, IA.
- Lambert, J. D. H., Arnason, J. T., Serratos, A., Philogene, B. J. R., Faris, M. A. 1987: Role of Intercropped Red Clover in Inhibiting European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) Damage to Corn in Eastern Ontario. *Journal of Economic Entomology*. 80(6): 1192-1196.
- Larcher, W. 2001: *Physiological plant ecology*. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart, 514 s.
- László, P., Gyuricza, C. 2004: Effect of the ridge tillage system on some selected soil physical properties in a maize monoculture. *Acta Agronomica Hungarica*. 52(3): 211-220.

- Leguédais, S., Planchon, O., Legout, C., Le Bissonnais, Y. 2005: Splash projection distance for aggregated soils: Theory and experiment, *Soil Science Society of America Journal*. 69: 30-37.
- Lehmann, U. 2014: Streifenfrässaar im Maisanbau. St. Galler Bauer 14.
- LfL 2010: Hinweise zur bayerischen Erosionsschutzverordnung (ESchV), Freising, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 8 s.
- Lindquist, J. L., Arkebauer, T. J., Walters, D. T., Cassman, K. G., Dobermann, A. 2005: Maize Radiation Use Efficiency under Optimal Growth Conditions. *Agronomy Journal*. 97(1): 72-78.
- Linoj, K. N. V., Prabha, D., Anandajit, G., Sameer, M. 2006: Liquid biofuels in South Asia: Resources and technologies. *Asian Biotechnology and Development Review*. 8(2): 31-49.
- Liu, N., Xue, Y., Guo, Z., Li, W., Tang, J. 2016: Genome-wide association study identifies candidate genes for starch content regulation in maize kernels. *Frontiers in Plant Science*. 7: 1046.
- Loučka, R., Jančík, F., Tyrolová, Y. 2019: Zajištění krmivové základny s ohledem na možné klimatické změny. Agrární komora České republiky, Praha. 85 s.
- Loučka, R., Hakl, J., Jirmanová, J., Tyrolová, Y. 2015: Yearly variation in maize silage fermentation and nutritive quality. *Grass and Forage Science*. 70: 674-681.
- Lütke Entrup, N., Herausgeber, F. J., Heilmann, H. 2013: Handbuch Mais: Grundlagen - Anbau - Verwertung - Ökonomie. DLG-Verlag GmbH. Frankfurt am Main, 451.
- Lynch, J. P., O'Kiely, P., Doyle, E. M. 2012: Yield, quality and ensilage characteristics of whole-crop maize and of the cob and stover components: harvest date and hybrid effects. *Grass and Forage Science*. 67(4): 472-487.
- Magg, T., Melchinger, A. E., Klein, D., Bohn, M. 2002. Relationship between European corn borer resistance and concentration of mycotoxins produced by *Fusarium* spp. in grains of transgenic Bt maize hybrids, their isogenic counterparts, and commercial varieties. *Plant Breeding*. 121(2): 146-154.
- Mannerling, J. V., Johnson, C. B. 1969: Effect of crop row spacing on erosion and infiltration, *Agronomy Journal*. 61: 902-905.
- Marín, C., Weiner, J. 2014: Effects of density and sowing pattern on weed suppression and grain yield in three varieties of maize under high weed pressure. *Weed Research*. 54: 467-474.
- Martin R. C., Arnason, T. J., Lambert, J. D. H., Isabelle, P., Voldeng, H. D., Smith, D. L. 1989. Reduction of European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) Damage by Intercropping Corn with Soybean. *Journal of Economic Entomology*. 82(5): 1455-1459.
- Martello, M., Dal Ferro, N., Bortolini, L., Morari, F. 2015: Effect of incident rainfall redistribution by maize canopy on soil moisture at the crop row scale. *Water*. 7: 2254-2271.
- Meinke, L. J., Sappington, T. W., Onstad, D. W., Guillemaud, T., Nicholas, J., Komáromi, M. J., Levay, N., Furlan, L., Kiss, J., Toth, F. 2009: Recent research on the western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) population dynamics. *Agricultural and Forest Entomology*. 11: 29-46.

- Menardo, S., Airoidi, G., Cacciatore, V., Balsari, P. 2015: Potential biogas and methane yield of maize stover fractions and evaluation of some possible stover harvest chains. *Biosystems Engineering*. 129: 352-359.
- Miller, W.P. 1987. A solenoid-operated, variable intensity rainfall simulator. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 832-834.
- Mohammadi, G. R., Ghobadi, M. E., Sheikheh-Poor, S. 2012: Phosphate biofertilizer, row spacing and plant density effects on corn (*Zea mays* L.) yield and weed growth. *Journal of Plant Sciences*. 3: 425-429.
- Morgan, R. P. C. 2005: *Soil Erosion and Conservation*, 3rd Ed, Oxford, Blackwell Publishing, 304 s.
- Narwojsz, A., Borowska, E. J., Polak-Śliwińska, M., Danowska-Oziewicz, M. 2020: Effect of different methods of thermal treatment on starch and bioactive compounds of potato. *Plant Foods for Human Nutrition*. 75: 298-304.
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/2031 ze dne 26. října 2016. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32016R2031>
- Nedělník, J. 2002: Damage to corn by fungi of the genus *Fusarium* and the presence of fusariotoxins. *Plant Protection Science*. 38: 46-54.
- Norris, S. L., Blackshaw, R. P., Dunn, R. M., Critchley, N. R., Smith, K. E., Williams, J. R., Randall, N. P., Murray, P. J. 2016: Improving above and below-ground arthropod biodiversity in maize cultivation systems. *Applied Soil Ecology*. 108: 25-46.
- Nowatzki, J., Endres, G., DeJong-Hughes, J., Aakre, D. 2011: *Strip till for, field crop production*. North Dakota State University. 1370 s.
- Nübel, V. 2008: 75cm Reihenabstand im Maisanbau Zeitgemäß? Saarbrücken, VDM Verlag Dr. Müller, 132 s.
- Oslaj, M., Mursec, B., Vindis, P. 2010: Biogas production from maize hybrids. *Biomass and Bioenergy*. 34: 1538-1545.
- Ottman, M. J., Welch, L. F. 1989: Planting pattern and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. *Agronomy Journal*. 81: 167-174.
- Pagano, E., Maddonni, G. A. 2007: Intra-specific competition in maize: Early established hierarchies differ in plant growth and biomass partitioning to the ear around silking. *Field Crops Research*. 101: 306-320.
- Paltineanu, I. C., Starr, J. L. 2000: Preferential water flow through corn canopy and soil water dynamics across rows. *Soil Science Society of America Journal*. 64: 44-54.
- Pan, G., Ouyang, Z., Luo, Q., Yu, Q., Wang, J. 2011: Water use patterns of forage cultivars in the North China Plain. *International Journal of Plant Production*. 5: 181-194.
- Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P. 2004: *Biomasa – obnovitelný zdroj energie*. FCC Public s.r.o., Praha, 288 s.
- Paul, N. 2016: Mais und Bohnen im Duett. *Dlz agrarmagazin*. s. 74-77.

- Pavuk, D. M., Stinner, B. R. 1994: Influence of weeds within zeo crops plantings on populations of adult *Diabrotica barberi* and *Diabrotica virgifera virgifera*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 50: 165-175.
- Peters, D. B., Woolley, J. T. 1959: Orientation corn planting saves moisture. *Agricultural Research*. 7(9): 6-7.
- Pilz, C., Wegensteiner, R., Keller, S. 2008: Natural occurrence of insect pathogenic fungi and insect parasitic nematodes in *Diabrotica virgifera virgifera* populations. *BioControl*. 53: 353-359.
- Pimentel, D. 2006: Soil erosion: A food and environmental threat. *International Journal of Environment and Sustainable Development*. 8: 119-137.
- Pivec, J., Brant, V., Škeříková, M., Zábranský, P., Kroulík, M., Chyba, J. 2014: Stok vody po rostlinách v porostech kukuřice. *Agromanuál*. 9(9-10): 80-81.
- Pivec, J., Brant, V., Bečka, D. 2009: The influence of weather conditions on the sap flow of *Brassica napus* L. during the fructification and maturation stages. *Ekológia*. 28(1): 43-51.
- Povolný, M., Vacek, E. 2018: Přehled odrůd kukuřice. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno, 87 s.
- Price, A. G., Dunham, K., Carleton, T., Band, L. 1997: Variability of water fluxes through the black spruce (*Picea mariana*) canopy and feather moss (*Pleurozium schreberi*) carpet in the boreal forest of northern Manitoba. *Journal of Hydrology*. 196: 310-323.
- Quansah, C. 1981: The effect of soil type, slope, rain intensity and their interactions on splash detachment and transport. *Journal of Soil Science*. 32: 215-224.
- Rath, J., Heuwinkel, H., Taube, F., Herrmann, A. 2015: Predicting specific biogas yield of maize – Validation of different model approaches. *Bioenergy Research*. 8(2): 832-842.
- Redeer, R. (ed) 2000: Conservation Tillage Systems and Management: MWPS-45, 270 s.
- Richter, G. 1998: Bodenerosion, Analyse und Bilanz eines Umweltproblems, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 264 s.
- Ripl, W. 1995: Management of Water Cycle and Energy Flow for Ecosystem Control - The Energy - Transport - Reaction (ETR) Model. *Ecological Modelling*. 78: 61-35.
- Robles, M., Cianpitti, I. A., Vyn, T. J. 2012: Responses of Maize Hybrids to Twin-Row Spatial Arrangement at Multiple Plant Densities. *Agronomy journal*. 104(6): 1747-1756.
- Rostlinolékařský portál 2020. dostupné z: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#rpldomuluvod.
- Rotrekl, J., Kolařík, P. 2016: Regulace početnosti zavíječe kukuřičného v porostech kukuřice. *Agromanuál*. 11(5): 46-47.
- Saengwilai, P., Tian, X., Lynch, J. P. 2014: Low crown root number enhances nitrogen acquisition from low-nitrogen soils in maize. *Plant Physiology*. 166: 581-589.
- Samson, R. A. 1991: The weed suppressing effects of cover crops. In: Proc. Fifth Annual REAP Conference, Macdonald College, Ste Anne de Bellevue, Québec. 11 – 22.

- San José, J. J., Bracho, R., Montes, R., Nikonova, N. 2003: Comparative energy exchange from cowpeas (*Vigna unguiculata* (L.) Walp cvs. TC-9-6 and M-28-6-6) with differences in canopy architectures and growth durations at the Orinoco llanos. *Agricultural and Forest Meteorology*. 116: 197-219.
- Sangoi, L., Salvador, R. J. 1998: Influence of plant height and leaf number on maize production at high plant densities. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 33: 297-306.
- Senock, R. S., Ham, J. M., Loughin, T. M., Kimball, B. A., Hunsaker, D. J., Pinter, P. J., Wall, G. W., Garcia, R. L., LaMorte, R. L. 1996: Sap flow in wheat under free-air CO₂ enrichment. *Plant, Cell and Environment*. 19: 147-158.
- Seppälä, M., Pyykkönen, V., Laine, A., Rintala, J. 2012: Methane production from maize in Finland – Screening for different maize varieties and plant parts. *Biomass and Bioenergy*. 46: 282-290.
- Sharma, P. P., Gupta, S. C., Rawls, W. J. 1991: Soil detachment by single raindrops of varying kinetic energy. *Soil Science Society of America Journal*. 55: 301-307.
- Shepherd, K. D., Cooper, P. J. M., Allan, A. Y., Drennan, D. S. H., Keatinge, J. D. H. 1987: Growth, water use and yield of barley in Mediterranean-type environments. *Journal of Agricultural Science*. 108: 365-378.
- Schaafsma, A. W., Meloche, F., Pitblado, R. E. 1996: Effect of mowing corn stalks and tillage on overwintering mortality of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in field corn. *Journal of Economic Entomology*. 89(6): 1587-1592.
- Schittenhelm, S. 2008: Chemical composition and methane yield of maize hybrids with contrasting maturity. *European Journal of Agronomy*. 29(2-3): 72-79.
- Shipitalo, M. J., Dick, W. A., Edwards, W. M. 2000. Conservation tillage and macropore factors that affect water movement and the fate of chemicals. *Soil & Tillage Research*. 53 (3-4): 167-183.
- Schillinger, W. F., 2001. Reducing Water Runoff and Erosion from Frozen Agricultural Soils. *Soil Erosion Research for the 21st Century, Proc. Int. Symp., ASAE 701P000*. 7: 32-35.
- Schumann, M., Tappe, B., French, W., Vidal, S. 2017: Semi field trials to evaluate undersowings in maize for management of western corn rootworm larvae. *Bulletin of Insectology*. 70(1): 63-68.
- Sikora, R., Havrda, D. 2020: Výroba průmyslových krmiv v roce 2019. Výsledky statistického zjišťování Krmiva (MZe) 3-01 Roční výkaz o výrobě průmyslových krmiv za rok 2019. Ministerstvo zemědělství, Praha. [cit. 2018-05-05], dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/zivocisna-vyroba/krmiva/statistiky/vyroba-prumyslovych-krmiv-v-roce-2019.html>.
- Smith, C. W., Betrán, J., Runge, E. C. A. (eds.) 2004: *Corn: Origin, History, Technology, and Production*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 949 s.
- Sobek, E. A., Munkvold, G. P. 1999: European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) Larvae as Vectors of *Fusarium moniliforme*, Causing Kernel Rot and Symptomless Infection of Maize Kernels. *Journal of Economic Entomology*. 92(3): 503-509.

- Sobotik, M., Graf, T., Himmelbauer, M., Bodner, G., Bohner, A., Loiskandl, W. 2018: In-situ root system characterization of hop and maize via soil profile excavation. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*. 69(2): 121-130.
- Sundermeier, A., Reeder, R. C., Hayes, W. 2006: *Fall Strip Tillage Systems: An Introduction*. Ohio State University Fact Sheet. Agricultural Engineering. Columbus, Ohio.
- Škeříková, M., Brant, V., Kroulík, M., Pivec, J., Zábranský, P., Hofbauer, M., Hakl, J. 2018: Water demands and biomass production of sorghum and maize plants in areas with insufficient precipitation in Central Europe. *Plant, Soil and Environment*. 64: 367-378.
- Špaldon, E. 1986: *Rostlinná výroba*. SZN, Praha. 714 s.
- Štěpánek, P., Veselá, M., Muška, F. 2008: The influence of various cultivating technologies of maize on the occurrence of *Ostrinia nubilalis*, Hübner. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.* 2008, 2: 227-234.
- Štěrbová, L., Bradová, J., Sedláček, T., Holasová, M., Fiedlerová, V., Dvořáček, V., Smrčková, P. 2016: Influence of technological processing of wheat grain on starch digestibility and resistant starch content. *Starch/Stärke*. 68: 593-602.
- Tatarinov, F. A., Kučera, J., Cienicala, E. 2005: The analysis of physical background of tree sap flow measurement based on thermal methods. *Measurement Science and Technology*. 16: 1157-1169.
- Toepfer, S., Kuhlmann, U. 2004: Survey for natural enemies of the invasive alien chrysomelid, *Diabrotica virgifera virgifera*, in Central Europe. *BioControl*. 49: 385-395.
- Tonhasca A., Jr., Stinner, B. R.. 1991: Effects of Strip Intercropping and No-Tillage on Some Pests and Beneficial Invertebrates of Corn in Ohio. *Environmental Entomology*. 20(5): 1251-1258.
- Turner, D. P., Cohen, W. B., Kennedy, R. E., Fassnacht, K. S., Briggs, J. M. 1999: Relationships between leaf area index, fapar, and net primary production of terrestrial ecosystems. *Remote Sensing of Environment*. 70: 52-68.
- Trínáctý, J. (ed.) 2013: *Hodnocení krmiv pro dojnice*. AgroDigest s.r.o., Pohořelice, 592 s.
- Tyagi, N. K., Sharma, D. K., Luthra, S. K. 2000. Evapotranspiration and crop coefficients of wheat and sorghum. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 126(4): 215-222.
- ÚKZÚZ 2018: Seznam odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize ke dni 15. června 2018. *Věstník Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského, ročník XVII, řada Národní odrůdový úřad, ÚKZÚZ, Brno.*
- ÚKZÚZ 2008: Seznam odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize ke dni 15. června 2008. *Věstník Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského, ročník VII, řada Národní odrůdový úřad, ÚKZÚZ, Brno.*
- ÚKZÚZ 2002: Seznam odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize ke dni 15. června 2002. *Věstník Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského, ročník I, řada Národní odrůdový úřad, ÚKZÚZ, Brno.*
- Uppenkamp, N. 2007: *Praxiserfahrungen mit der Maisensaat*, Mais. 34: 26-28.

- Vahabi, J., Nikkami, D. 2008. Assessing dominant factors affecting soil erosion using a portable rainfall simulator. *International Journal of Sediment Research*. 23 (4): 376–386.
- van Dijk, A. I. J. M., Meesters, A. G. C. A., Bruijnzeel, L. A. 2002: Exponential distribution theory and the interpretation of splash detachment and transport experiments. *Soil Science Society of America Journal*. 66: 1466-1474.
- van Dijk, P. M., van der Zijp, M., Kwaad, F. J. P. M. 1996: Soil erodibility parameters under various cropping systems of maize. *Hydrological Processes*. 10: 1061-1067.
- Wainwright, J. 1996: Infiltration, runoff and erosion characteristics of agricultural land in extreme storm events, SE France. *Catena supplement*. 26(1-2): 27-47.
- Watson, D. J. 1947: Comparative physiological studies in the growth of field crops. I: Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*. 11: 41-76.
- Wuest, S. B. 2002: Water transfer from soil to seed: The role of vapor transport. *Soil Science Society of America Journal*. 66: 1760-1763.
- Wyss, B. 2007: Streifenfrässaar Schweiz – Reihensfrässaar, SWC Technologie: Streifenfrässaar, Schweiz. WOCAT. s. 1-4.
- 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 and Drainage*. 64(2): 253-252.
- Zábranský, P., Brant, V., Pivec, J., Škeříková, M. 2014: Pěstování kukuřice v užších řádcích. *Syninfo – měsíčník společnosti Syngenta*. 3: 18-20.
- Zábranský, P., Brant, V., Pivec, J., Gernerlová, M., Kroulík, M. 2013: Vliv struktury porostů kukuřice seté na distribuci srážek. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin – Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze. s. 310-313.
- Zábranský, P., Brant, V., Hamouzová, K., Pivec, J., Fuksa, P. 2012: Čírok (3) - Vliv dostupnosti vody a teploty na klíčivost číroku obecného. *Agromanuál*. 7(2): 84-86.
- Zhang, H., Oweis, T. Y., Garabet, S., Pala, P. 1998: Water-use efficiency and transpiration efficiency of wheat under rain-fed conditions and supplemental irrigation in a Mediterranean-type environment. *Plant Soil*. 201: 295-305.
- Zscheischler, J., Estler, M. C., Staudacher, W., Groß, F., Burgstaller, G., Streyl, H., Rechmann, T. 1990: *Handbuch Mais. Umweltgerechter Anbau. Wirtschaftliche Verwertung*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main. 320 s.

Odborný posudek na knižní publikaci

„Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté“

Oponent: Ing. **Václav Hlaváček**, CSc.,
víceprezident Agrární komory České republiky

Knižní publikace zaměřená na problematiku efektivního hospodaření s vodou a eliminací degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté obsahuje 240 stran včetně souhrnného seznamu použité literatury. Oceňuji, že autoři uspořádali obsah publikace prakticky a přehledně.

Na zpracování knižní publikace se podílely instituce Česká zemědělská univerzita v Praze, Centrum precizního zemědělství při ČZU v Praze a podniky Farnet, a.s., AGROFINAL, s.r.o., Statek Bureš, s.r.o.

Cílovou skupinou publikace jsou zemědělci a jejím hlavním cílem je poskytnout ucelenou informaci o efektivním a udržitelném hospodaření s vodou a dosažení eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté v podmínkách ČR s využitím současných i budoucích půdoochranných technologií.

Závěr:

Knižní publikace „Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté“ přináší nejnovější vědecké a odborné poznatky o udržitelném pěstování kukuřice seté v podmínkách ČR. Zaměření, uspořádání, texty, fotografické části doplněné vlastním či citovaným výzkumem je přínosem pro zemědělskou komunitu zejména v zemědělské prvovýrobě.

V Brně, 13. října 2020

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.





ISBN 978-80-88351-13-9

VYDALA:

Agrární komora České republiky

Počernická 272/96, 108 00 Praha 10

Tel.: +420 296 411 180

e-mail: sekretariat@akcr.cz

www.akcr.cz, www.eagri.cz