

Inovované protierozní technologie v širokořádkových plodinách pomocí meziřádkové kultivace při současném hrázkování a setí pomocné plodiny

Metodika pro praxi

Radek Pražan a kolektiv



Praha 2025



Národní centrum zemědělského
a potravinářského výzkumu

T A
Č R

Inovované protierozní technologie v širokořádkových plodinách pomocí meziřádkové kultivace při současném hrázkování a setí pomocné plodiny

Autorský kolektiv:

Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i.

(Martin Stehlík, Jan Haberle, Ivana Raimanová, Markéta Mayerová, Pavel Svoboda, Zdeněk Abrhám, Petr Jevič)

Rok vydání: 2025

Dedikace: Metodika byla vytvořena s podporou projektu Technologické agentury České republiky č. FW09020047 „Inovované protierozní technologie v širokořádkových plodinách“

Oponentní posudky vypracovali:

Odborný oponent: prof. Ing. Josef Hůla, CSc., Česká zemědělská univerzita v Praze

Oponent ze státní správy: Ing. Václav Kadlec, Ph.D., Ministerstvo zemědělství České republiky,

Odbor rostlinných komodit

Publikaci bylo přiděleno osvědčení č. MZE-89585/2025-13124

ISBN: 978-80-7427-454-1.

Vydal:

© Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., 2025

Tisk: Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., Praha

OBSAH

Cíl metodiky.....	str. 1
Vlastní popis metodiky.....	str. 1
Úvod.....	str. 1
I. Rešerše současného stavu.....	str. 3
II. Vlastní popis metodiky.....	str. 14
III. Vybrané výsledky poloprovozních pokusů.....	str. 19
IV. Srovnání novosti postupů.....	str. 33
V. Popis uplatnění certifikované metodiky.....	str. 33
VI. Ekonomické aspekty.....	str. 36
VIII) Seznam publikací, které předcházely metodice.....	str. 44

Cíl metodiky

Cílem metodiky je seznámit odbornou veřejnost a zemědělskou praxi s inovovanou protierozní technologií využitelnou při pěstování širokořádkových plodin. Hlavním cílem vývoje této technologie byla minimalizace eroze půdy. Tyto cíle reagují na současné výzvy týkající se eroze a zhoršování kvality půdního prostředí, úbytku organické hmoty a snížení biodiverzity v prostředí nastupující změny klimatu. Na základě vývoje dvou prototypů strojů, optimalizací kvality jejich práce a získaných poznatků a víceletého ověřování inovované technologie a současných protierozních opatření v rámci založených poloprovozních polních pokusů během řešení projektu v letech 2023 – 2025, jsou vyčísleny přínosy této technologie a navrženy a doporučeny vhodné postupy pro uplatnění této technologie v rámci současných technologických systémů pěstování širokořádkových plodin (kukuřice).

Úvod

Vzhledem ke změně klimatu a změně charakteru srážek jsou v poslední době v Evropě intenzivně ověřovány nové technologické postupy pěstování plodin s vyšší protierozní ochranou a odolností pomocí diferencovaného zpracování půdy. Důvodem vývoje těchto technologií je hledání nových postupů, které přispějí ke snížení eroze půdy, minimalizují ekonomické ztráty vlivem klimatické změny a posílí udržitelné pěstební systémy. Následně mohou tyto systémy přispět k podpoře infiltrace vody do půdy, k eliminaci vodního stresu, k optimalizaci teploty půdy a k vyššímu využití živin z aplikovaných hnojiv.

Zemědělství, zvláště hospodaření na půdě, je dnes ze společenského hlediska v rozporné pozici; kromě naprosto nezastupitelné funkce v produkci potravin je to, méně pozitivně vnímaný vliv na krajinu, teplotní a vodní poměry, kvalitu vod nebo biodiverzitu. Systémově jde o dopady na udržitelnost eko(agro)systémů, ekosystémové služby a mimoprodukční funkce zemědělství ve vztahu k setrvalému využívání přírodních zdrojů. Všeobecně je přijímána nutnost zvýšení resilience systému/porostů k nepříznivým faktorům (např. Tilman a kol., 2002). Snaha o redukci negativních vlivů intenzivní moderní rostlinné výroby musí nutně zahrnovat řadu opatření na různé úrovni plánování, rozhodování a managementu, od měřítka států až po jednotlivé pozemky a jejich části (např. Schwilch a kol., 2018; Klír a kol., 2018a; Klír a kol. 2018b). Je zřejmé, že v podmínkách nastupující klimatické změny, zvýšeného kolísání srážek, častých period sucha, nebudou efektivní jednotlivá opatření, ale komplex různých přístupů a nástrojů, které se doplňují, vzájemně kompenzují nebo zesilují svůj vliv.

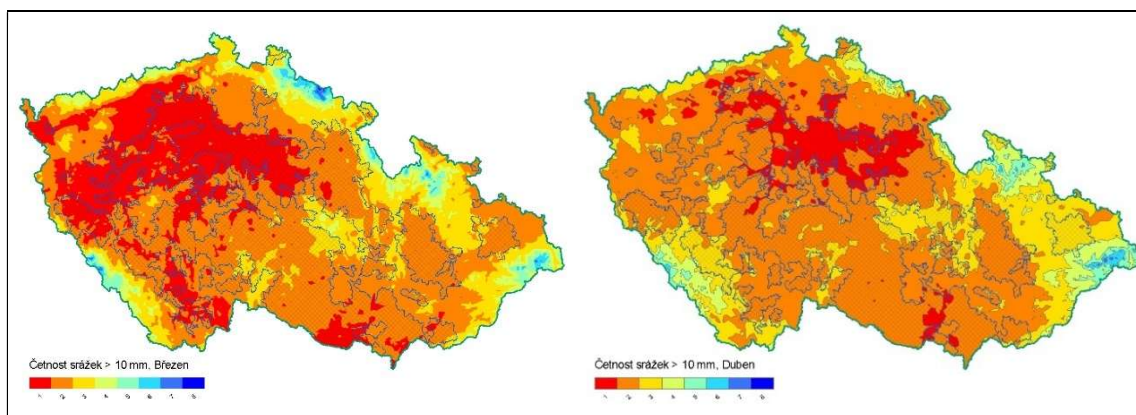
Půda je jedním z nejcennějších přírodních bohatství každého státu a neobnovitelným přírodním zdrojem. Představuje významnou složku životního prostředí s širokým rozsahem funkcí a je základním výrobním prostředkem v zemědělství a lesnictví. Půda je však ohrožována celou řadou procesů, které vedou k omezení nebo až ztrátě schopnosti půdy plnit své základní produkční a mimoprodukční funkce. V podmínkách ČR a střední Evropy je půda ohrožena především vodní a větrnou erozí, utužením, acidifikací, kontaminací, úbytkem organické hmoty a snižováním její kvality a jejími zábory.

Adaptační opatření na změnu klimatu, která se v ČR projevuje vyššími teplotami vzduchu a suchem, zejména v letním období a intenzivnějšími dešťovými srážkami, jsou v současnosti v zemědělství čím dál více aktuální. Dle údajů ČHMU spadne 50 % objemu průměrných ročních srážek v období květen až září. Právě na začátku vegetačního období, kdy je povrch půdy nejvíce zranitelný, je erozní riziko nejvyšší. Snížený zachyt vodních srážek v půdě, vysoký povrchový odtok vody a smyv půdy působí negativně zejména při pěstování širokořádkových plodin, které v České republice tvoří 17 % osevních ploch na 432 000 ha. Pokles v zadržení vody v území se projevuje poklesem ve výnosu plodin a sníženou schopností zachytit dešťové srážky s následnou akumulací do spodních vod. Nutnost řešení zadržování vody v půdě a snížení eroze půdy v krajině se zdůrazňuje zejména s výskytem střídání povodní a sucha. Proto se zvyšuje požadavek na udržení srážkové vody v místě dopadu. Jedním z efektivních řešení je vytvoření velkého počtu povrchových retenčních mikrozervoárů.

Nejrozsáhlejší degradaci půdy nejen v ČR způsobuje dle současných zjištění vodní eroze. Negativní působení erozně-akumulačních procesů spočívá v odnosu organických a minerálních částic půdy z erodovaných ploch a v jejich ukládání na jiných místech. To kromě negativního dopadu na základní produkční a mimoprodukční funkce půdy způsobuje závažné škody na obecním a soukromém majetku, zanášení vodních toků a vodních nádrží, které je velmi často spojeno s přísunem nadměrného množství živin (z hnojiv apod.), pronikání zbytků agrochemikálií a dalších rizikových látek do vodního prostředí

V České republice je v současné době více než 60 % zemědělské půdy potenciálně ohroženo vodní erozí a více než 30 % větrnou erozí. Přičemž degradace půdy vlivem eroze, i přes přijatá různá nová opatření, stále hrozí. Je to dáno jak v souvislosti s necitlivým scelováním pozemků ve větší bloky, vyšší intenzifikací zemědělství, změnou preferencí pěstování některých plodin a útlumem živočišné produkce. Nelze nezmínit ani velmi výrazné změny týkající se distribuce srážek, pravděpodobně související s probíhající klimatickou změnou, vedoucí ke změně v délce trvání, četnosti a velikosti srážkových úhrnů (Podhrázká a kol., 2024).

Kromě snižování kvality půdy, poklesu obsahu humusu, stability půdních agregátů a vodní kapacity zhoršuje ztráty erozí i klimatická změna, která zvyšuje četnost period sucha (se zhoršeným zasakováním vody do přeschlé půdy) a současně narůstá extremita srážek v podobě častějších přívalových srážek (Tamm et al. 2023, Kašpar et al. 2023). Tyto faktory zhoršují stabilitu výnosů, snižují ziskovost a současně zhoršují dopady eroze, ztrátu nejdůležitějšího, humózního horizontu a riziko povrchového splachu hnojiv a pesticidů do vod, zvláště na počátku vegetace a na podzim, kdy chybí ochranný prvek porostu. Pro příklad, mapy (obr. 01) ukazují četnost intenzivních denních srážek větších než 10 mm za den, které již představují zvýšenou míru rizika eroze. V ČR se v dubnu na většině zemědělské půdy vyskytnou 2 až 3 dny se srážkami nad 10 mm.



Obr. 1 Porovnání průměrné četnosti vysokých denních srážek v březnu a dubnu, v posledních 15 letech (Haberle, J., Chuchma F.).

Protierozní ochrana zemědělské půdy tvoří nedílnou složku ochrany životního prostředí a je současně stabilizačním faktorem zemědělské výroby.

Existuje řada způsobů obhospodařování půdy, které snižují riziko degradace půdy a eroze. Mezi jeden z těchto protierozních způsobů v rámci standardu dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES 5 patří hrázkování (Kapička a kol., 2024).

Přínos alternativních postupů zpracování půdy lze hodnotit v rámci ekosystémových služeb (Adhikari & Hartemink, 2016; Greiner a kol., 2017; Rutgers a kol., 2012). Schwilch a kol. (2018) vyvinuli a aplikovali postup pro hodnocení změn v ekosystémových službách (ES) založený na měřených nebo odhadovaných změnách půdních parametrů při různém managementu zpracování půdy.

I. Rešerše současného stavu (Stehlík, Pražan)

1.1 - Technologie hrázkování

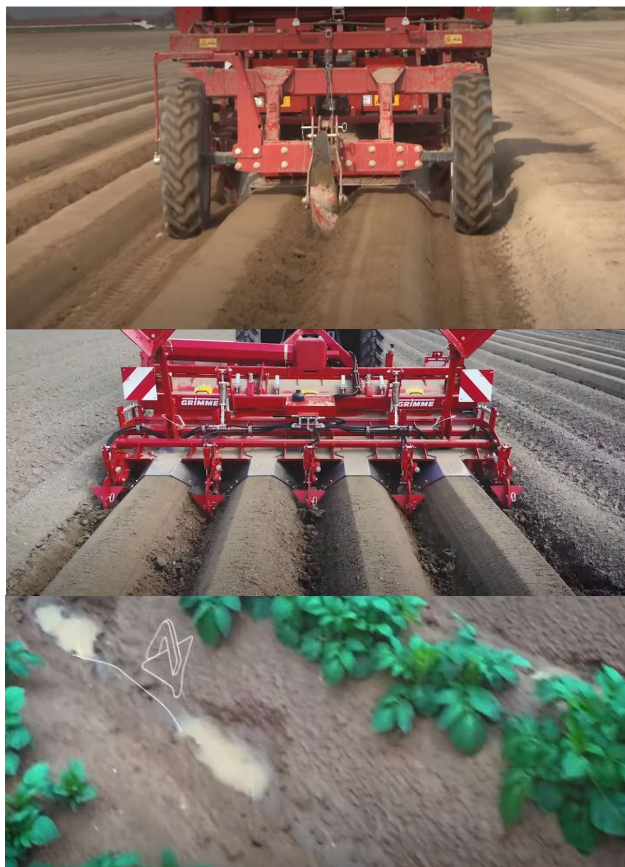
Technologie hrázkování/důlkování je ve světě převážně rozšířena v Severní Americe a částečně i Africe a je známa pod různými názvy jako tied-ridging, dammer diking, reservoir tillage, basin tillage, micro-basin tillage a rain water harvesting tillage.

Principem technologie je omezení eroze půdy, odtoku vody z pozemku a její zadržení, vytvořením retenčního prostoru na povrchu půdy tvorbou důlku nebo hrázky v meziřadí hlavní plodiny. Díky minidepresím zvyšuje technologie zadržení vody a snížení eroze půdy (Zhao, a kol., 2019).

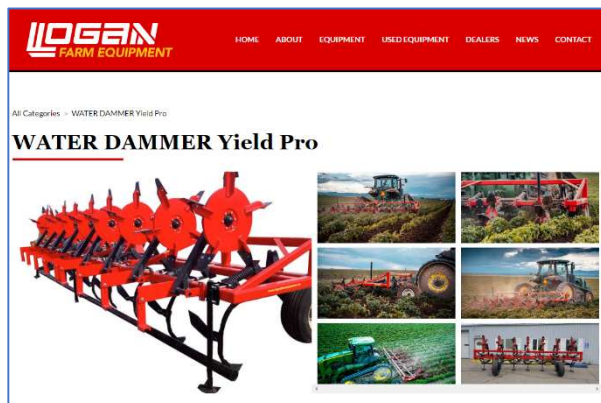
Podle použitého principu mechanizace lze rozdělit technologii na hrázkování nebo důlkování viz obrázek. I.01 Hrázkování je charakteristické tvorbou retenčního prostoru pomocí hrázkovací lopatky, která se v pravidelném intervalu zahlubuje do půdy a tahem vytváří retenční prostor zakončený hrází. Důlkování je oproti hrázkování charakteristické vtlačení důlkovacího tělesa a vytvoření retenčního prostoru důlku a vyškrábnutím zeminy lopatkou. Lopatky jsou u důlkování umístěné v různém počtu na odvalovacím kole mechanismu.

1.2 - Současný stav techniky u technologie hrázkování a důlkování (Stehlík, Pražan)

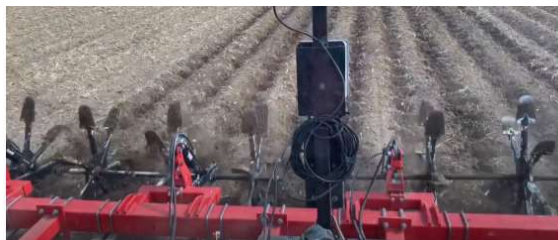
Mechanizace pro technologii důlkování/hrázkování je omezena a čítá několik málo (cca 20) strojů od různých výrobců ve světě. Pro širší spektrum širokořádkových plodin je mechanizace převážně vymezena Severní Amerikou, kde je technologie více rozšířena. Ve státech , Idaho a Severní Dakota v USA, a Alberta v Kanadě sídlí hlavní výrobní firmy jako LittleDiker, Ag-Vantage, Spudnik, LoganFarm Equipment a KirchnerMachine. Jedná se převážně o samostatné důlkovací plečky bez integrace secího zařízení (1-LoganFarm, 2-Spudnik, 3-KirchnerMachine) a secí stroje na kukuřici s integrovaným důlkovacím adaptérem (4-LittleDiker, 5-Ag-Vantage).



Obr. I.01 - Princip mechanizace technologie na hrázkování (střední foto) nebo důlkování (horní foto)



Obr. I.02 - LoganFarm Equipment, USA/Sev. Dakota - <https://www.loganpotato.com/listing/yield-pro>



Obr. I.03 - Spudnik, **USA/Idaho** - <https://www.spudnik.com/type-models?id=9&type=Cultivator>



Obr. I.04 - KirchnerMachine, **Kanada/Alberta** - <http://kirchner-new.simplywebeditor.com/Row-Crop-Equipment/adid/13916963/Kirchner-Deep-Ripper-Paddle-LETHBRIDGE/>



Little Diker
Milton Planter



Little Diker
Milton Planter

Obr. I.05 - LittleDiker, **USA/Idaho** - <https://littlediker.com/products/#products-planters>



Obr. I.06 - Ag-Vantage, **USA/Idaho** - <https://www.ag-vantage.com/culti-dikers>

Mechanizace v Evropě pro hrázkování/důlkování je soustředěna převážně na mechanizaci při pěstování brambor AVR, All-in-one, Miedema, Grimme a na výzkumné prototypy (př. Belgie, ČR). V České republice jsou komerční zařízení taktéž omezená, a to na zařízení při pěstování brambor od Kovo Novák a P&L Biskupice. Na jejich vývoji se podíleli výzkumné instituce VÚRV, v.v.i. a VÚZT, v.v.i.



Obr.1.07- Řešení důlkování pomocí stroje AVR společně se sázením brambor



Obr. 1.08 – Obnova bramborových hrázků a protierozních důlků pomocí stroje od společnosti AVR



Obr.1.09 – Hrázkovací mechanismus na sazeči Ag-Vantage All in one



Obr.1.10 – Detail vytvořených hrázků pomocí sazeče Ag-Vantage All in one



Obr.1.11 -Hrázkovací mechanismus na sazeči brambor MIEDEMA



Obr.1.12 – Detail pole s technologií vytvořených hrázků pomocí sazeče Miedema



Obr. I.13 – Sazení brambor včetně důlkování pomocí strojů od firmy Grimme (dole), vlevo nahoře – obnova hrůbků a obnova hrázků of firmy Grimme (dole)



Obr. I.14 – Systém důlkování na hrůbku - PL Biskupice (zdroj. <https://www.pal.cz/zemedelska-technika/stroje-na-brambory/p-l/modulator-hrubku>)

V Africe je rozvojová základna pro mechanizaci velmi malá a vývojově se jedná o stroje s nižší inovací a čítá stroje z Tuniska a Egypta. Hrázkování má dle řady studií z Afriky a Asie (Čína) pozitivní vliv na zadržetí, nicméně hrázkování jsou často prováděny ručními motykami (Hulugalle, 1988; Miriti a kol., 2012; Wiyo, Kasomekera, & Feyen, 2000; Wang a kol., 2022).



Obr. I.15 - Obrázek 1 Obr.16 Zakládání hrázků do hrůbků brambor – Tunis – <https://www.youtube.com/watch?v=IBwL53obHIQ>



Obr. I.16 – Hrázkovací stroj v systému pěstování brambor - Egypt (Zdroj: Emara, Meselhy, Ashour, & El-Haddad (2023))

1.3 Současný stav poznání k technologii hrázkování (Stehlík, Pražan)

Problematikou této technologie se před 30 lety v Československu zabývala u brambor Sokolová (1994). Od roku 2015 se touto perspektivní udržitelnou technologií zabýval v rámci stanovení přínosů Výzkumný ústav zemědělské techniky a Výzkumný ústav rostlinné výroby. V současnosti po spojení ústavů se problematice věnuje Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu. Hrázkování (při větším rozměru) bylo původně zmiňováno jako způsob pro sběr vody „water harvesting“ (African Development Bank, 2008), v současnosti se technologie důlkování a hrázkování zaměřuje na redukci vodní eroze a zlepšené zasakování vody v hrůbcích při pěstování brambor (např. Kasal, 2016; Mayer a kol., 2016a; Stehlik a kol., 2017; Vacek & Vejchar, 2017; Vejchar a kol., 2017), kukuřice a dalších širokořádkových plodin. Pokusy s barvivou prokázaly, že technologie zlepšuje infiltraci vody do podorničních vrstev (Lemann a kol., 2019).

Výsledky z Belgie dokládají u hrázkování snížení eroze u brambor o 90 % a u kukuřice o 70 %, povrchový odtok vody a pesticidů byl redukován o 88% u brambor a o 50% u kukuřice (Sittig et al., 2020, 2022). Autoři při zakládání pokusů použili svých vytvořených prototypů, samostatných pleček a pleček se secím zařízením na kukuřici na vytvoření retenčních prostor.



Obr.1.17- „ERuiStop“ přídavné zařízení přichycené za rotavátorem pro vytváření mikrozábran pomocí důkování vyráběný společností LSM (Jurbise, Belgie) - snížení odtoku vody a eroze půdy na kukuřičných polích Zdroj: Sittig, Sur, Baets, & Hammel, 2020 (základní rozměry vytvořených důlků obdélníkový tvar 40 x 20 cm, hloubku 12 cm, vzdálenost 15 cm podél brázd



Obr.1.18- „ERuiStop“ výsledné řešení zařízení pro vytváření mikrozábran pomocí důkování vyráběný společností LSM (Jurbise, Belgie) s přídavným secím strojem širokořádkové plodiny- pracovní vytváření důlkování se současným setím hlavní plodiny zdroj - Consideration of risk management practices in regulatory risk assessments: evaluation of field trials with micro-dams to reduce pesticide transport via surface runoff and soil erosion, 2020, Stephan Sittig1* , Robin Sur2 , Dirk Baets3 and Klaus Hammel2



Obr.1.19 - důlkování pomocí vkrojených talířů s pasivním pohonem od firmy LSM, zdroj - Sittig, Sur, Baets, & Hammel, 2022



Obr.I.20 - Hrázkovací zařízení Cottard Barbutte a mikropřehrady v brázdě mezi bramborovými hrůbký. Zdroj: Olivier C. (CRA-W), Goffart J-P. (CRA-W), 2014

Snížení eroze u brambor o 88 % bylo rovněž na vlastních prototypech potvrzeno v České republice (Mayer a kol., 2016b; Sokolová, 1994).



Obr.I.21 - Prototyp samostatné důlkovací plečky – KOVO NOVÁK+VÚZT+VÚBHB, (<https://www.kovonovak.com/agr/protierozni-hrazkovac/>) a Prototyp důlkovacího adaptéru na sazeči brambor – VÚZT

Další studie z Belgie uvádí snížení eroze u brambor o 66% a povrchového odtoku o 50 % (Olivier a kol., 2014). Vyššího snížení odtoku o 75 % bylo dosaženo v Belgii (Olivier, Poulet, & Goffart, 2013) a v Kanadě (Gordon a kol., 2011). V České republice bylo u použití důlkovacího adaptéru na sazeči dosaženo rovněž 75% účinnosti u snížení povrchového odtoku, nicméně po započítání účinnosti opatření v kolejové brázdě klesla účinnost technologie na 50 % (Stehlík a kol., 2017). Obnova důlků důlkovací plečkou a zvýšení pokrývnosti rostlinným krytem zejména kolejové brázdy zvyšuje účinnost technologie přes 80 % (Vejchar a kol., 2017). Vysoká účinnost důlkování, jako nástroje pro omezení povrchového odtoku a eroze u brambor, se snižuje snížením retenční kapacity v důsledku zanášení rezervoárů, což potvrzují ve svých studiích Gordon a kol. (2011), Olivier a kol. (2014) a Vejchar a kol. (2017). Technologií hrázkování a důlkování lze ušetřit velké množství srážkové vody, která při erozních událostech nenávratně odtéká pryč z krajiny. Úspora v množství odteklých srážek se může pohybovat až kolem 20 % z celkových srážek (Munodawafa, 2012; Stehlík a kol., 2018). Technologií hrázkování lze zajistit až 90% snížení eroze, které může představovat až 110 t/ha v průběhu let (Munodawafa, 2012). Při porovnání odtoku z variant bez použití a s použitím technologie hrázkování dochází k úspoře vody za vegetační sezónu. Z pokusů z České republiky uvádí Vejchar a kol. (2017) až 375 000 litrů na hektar úsporu vody pomocí důlkovací technologie. Hrázkováním se zpomaluje povrchový odtok a snižuje se tím riziko a extremita povodňových stavů. Zpomalení vzniku povrchového odtoku o 1 hodinu zmiňuje v pokusech s kukuřicí ze severovýchodní Číny Sui a kol. (2016).

Výsledky z Afriky z Malawi potvrdily výrazný efekt hrázkování při snížení odtoku vody ze srážek při pěstování kukuřice (Wiyo a kol., 2000). Vyšší zadržení vody u zpracování půdy hrázkováním potvrdil Miriti a kol. (2012) na 3-letém pokusu z Keni s kukuřicí a podsevem viny čínské. Dále byl ve studii Ndung'u a kol. (2023) z Keni potvrzen vyšší výnos u kukuřice s hrázkováním a ještě vyšší výnos s hrázkováním v kombinaci s podsevem slunečnice

mexické oproti konvenčnímu způsobu bez hrázkování. Salem a kol. (2014) potvrzují při porovnání 4 technologií druhý nejvyšší výnos kukuřice z jednoletého pokusu ze Španělska u zpracování hrázkováním, který byl o 3 % nižší než u konvenční technologie. Vyšší výnosy kukuřice hrázkováním potvrdil v 5-letém pokuse z Etiopie Belay a kol. (1998), který dále uvádí obecně vyšší výnosy u této technologie v sušších ročních období. Výsledky z Číny Sui a kol. (2016) na 2-letých pokusech s kukuřicí a Wanga a kol. (2022) na 4-letých pokusech s vojtěškou ukazují pozitivní efekt hrázkování na celkovém snížení eroze půdy, odnosu živin a organické hmoty, a naopak zvýšení výnosu o 17 % oproti konvenčnímu založení porostu.

1.4 - Význam podsekových plodin (pomocných plodin, meziplodin) (Haberle, Raimanová, Svoboda, Mayerová)

Jedním z efektivních nástrojů udržitelnosti je zařazení meziplodin (MP), zjednodušeně jde o ozelenění půdy, ať už ve formě strniskových druhů nebo pomocných plodin (PP), zvláště podplodin, v rámci principů biotické intenzifikace (Brant, Kroulík, a kol., 2019; Cadoux a kol., 2015; Vejražka a kol., 2017). Biotická intenzifikace spočívá v cíleném využití pozitivních a negativních biologických interakcí mezi živými organismy na stanovišti. Přínosy zařazení meziplodin na zelené hnojení a pomocných plodin jsou dobře známy (Böldt a kol., 2021; Brant, Kroulík, a kol., 2019; Gebru, 2015; Káš & Haberle, 2015; Vach a kol., 2009), ale efektivnost praktického využití omezuje nedostatek údajů o interakci plodin s přírodními i výrobními podmínkami daného stanoviště (Haberle a kol., 2017; Káš a kol., 2021; Květoň a kol., 2017). Často také chybí, zvláště v případě PP, mechanizace, která by splňovala speciální požadavky na zpracování půdy, výsev druhů a směsí, aplikaci hnojiv do určitých vrstev půdy, pod patu apod.

Využití pomocných plodin zažívá v posledních letech nebývalý rozvoj, a to nejen u tradičních širokořádkových kultur (kukuřice, dřeviny, chmel), ale třeba i u pšenice, máku nebo řepky (Brant a kol., 2018; Brant, Šmöger, a kol., 2019; Capouchová & P., 2022; Vejražka a kol., 2017). Zařazení PP má podobné přínosy jako klasické zařazení meziplodin, přispívá k ozelenění půdy, redukcí eroze prodloužením pokryvu zranitelné půdy před zapojením porostu hlavní plodiny (HP), tak i po ukončení růstu a ztrátě listů HP, příp. i po její sklizni, napomáhá potlačení plevelných druhů, disipaci a využití slunečního záření a redukcí přehřívání povrchu půdy. PP zvyšují biologickou diverzitu, kořenový systém exudáty oživuje půdu a poskytuje substrát pro mikrobiom, PP přispívají ke zpřístupnění živin (včetně inokulace semen a sadby), podle doby růstu je významný i input C (např. Kim a kol., 2020; Salava, 2020). Raketově rostoucí ceny dusíkatých a dalších hnojiv zvyšují význam dusík vázajících druhů, především leguminóz (Kintl a kol., 2022; Schulz a kol., 2020; Vogeler a kol., 2019). Už zlepšení bilance N o 10-20 kg N/ha představuje nezanedbatelný finanční přínos. K tomu přistupuje N a další prvky zadržené v biomase, kde jsou chráněné před ztrátami povrchovým splachem a vyplavením (včetně období po sklizni HP). Perspektivní, ale zatím málo prozkoumané je využití alelopatických vztahů, zvláště v oblasti půdních patogenů. Alelopatické látky vylučuje daleko více druhů rostlin, než se obecně ví (Brant, Kroulík, a kol., 2019; Farooq a kol., 2013).

Přínosy využití pomocných plodin (PP) se projevují v různé míře v závislosti na druhu a odrůdě hlavní plodiny a PP, jejich nároky na podmínky (světlo, voda, rychlost růstu a vývoje, typ kořenového systému, vytrvalost a konkurenční schopnost) a použité technologii. Optimální nastavení technologických postupů pro dosažení očekávaných přínosů vyžaduje znalost biologických vlastností jednotlivých druhů, konkurence o vodu, živiny, a světlo, i synergie u nadzemních orgánů a v kořenové zóně, vlivu na mikroklima porostu apod. Pro výzkum vlivu PP v těchto oblastech existuje dostatek metodických zkušeností ze sledování fyziologických znaků, vlivu sucha, kořenového systému, příjmu a využití živin a vody apod. u jiných plodin (např. Haberle a kol., 2015, 2016; Holubík, Svoboda, Haberle, 2021; Kurešová a kol., 2021; Raimanová a kol., 2018; Středa a kol., 2017; Svoboda a kol., 2018).

Vliv vegetačního pokryvu na smyv půdy se projevuje přímou ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a nepřímou působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost, včetně omezení možnosti zanášení porů jemnými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem. Ochranný vliv vegetace je přímo úměrný pokryvnosti a hustotě porostu v době výskytu přívalových dešťů (měsíce duben – září). Proto dokonalou protierozní ochranu představují porosty trav a jetelovin, zatímco běžným způsobem pěstované širokořádkové plodiny (kukuřice, okopaniny, sady a vinice) chrání půdu nedostatečně (Janeček a kol., 2012).

Ozelenění pozemku (tzv. Greening) má za funkci chránit půdu před nepříznivými vlivy počasí a má sloužit k omezení odtoku vody a ztráty půdy. Další funkcí je obohacení půdy o organickou hmotu, živiny, prokořenění půdního profilu a zlepšení kvality půdy. Nicméně samotné ozelenění u širokořádkových plodin není dostatečným řešením pro omezení eroze a zejména k redukcí odtoku vodu z krajiny. Z protierozních technologií u brambor

hodnotí Sokolová (1994) hrázkování 2x efektivnější oproti mulčování. Výzkumy naznačují snížený účinek ozelenění s postupem času v důsledku snížené infiltrace vody do půdy. Potvrzují se tím dřívější poznatky, že s narůstajícím časovým odstupem od zpracování půdy se snižuje schopnost půdy přijímat vodu při větších srážkách, to vede až k postupnému vyrovnávání intenzity vodní eroze mezi konvenčními a protierozními technologiemi. Důležitý je poznatek o tom, že při intenzivním dešti dochází k povrchovému odtoku vody i na pásovém zpracování půdy (ponechaný travnatý pás, do kterého se vysévá plodina), které sice povrchový odtok zmírní o 50 %, ale nezabrání riziku vodní eroze. Výsledky pokusů Hůly a kol. (2018) a Kovaříčka (2020) rozšířily poznatky o možném přínosu technologie pásového zpracování půdy (strip tillage), která je v poslední době považována za účinnou metodu pro omezení škod způsobovaných vodní erozí při pěstování kukuřice. Ukázalo se, že metoda pásového zpracování půdy může být účinným protierozním agrotechnickým opatřením, ale jen po část vegetační doby plodin pěstovaných v řádcích s velkou roztečí. V budoucnu může uplatnění pásového zpracování půdy zásadně omezit zákaz aplikace glyfosátu, který se používá jako chemizace pro umrtvení strniště (Růžek & Kusá, 2021; Brant a kol, 2019).

Brant a kol. (2019) uvádí dlouhodobou historii využití podsevu do kukuřice seté, které pochází z 80. let minulého století především v systémech ekologického zemědělství za účelem omezení rozvoje plevelů. 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). Nejčastěji se jako pomocné (podsevové) plodiny do kukuřice seté využívají víceleté trávy (jílek vytrvalý a mnohokvětý, kostřava červená a zástupci rodu srha) a jeteloviny (jetel plazivý, jetel luční, jetel zvrácený, jetel podzemní, tolici dětelovou a další). Při hodnocení podsevové mezplodiny vykazovala dobré výsledky i lipnice obecná (Ammon a Scherrer, 1994). Pozitivní vliv podsevu jetelovin (jetele červeného, jetele plazivého a komonice lékařské) na výnosy kukuřice popisuje Könnicke (1967). Dobrou pokrývnost jetele podzemního v porostech kukuřice dosahující v polovině vegetace hodnoty 30 – 40 % popisují Ammon a Scherrer (1994). Podsev jetele podzemního při pěstování kukuřice pomocí výsevu do nezpracované půdy redukoval zaplevelení srovnatelně s herbicidním ošetřením (Enache a Ilnicki, 1990). Osivo jetele podzemního vykazuje velice dobrou vzcházivost i za sucha. Podsevy trav lze následně ponechat do příštího roku jako plodinu hlavní pro pícní či semenářské využití.

Některé práce například prokázaly srovnatelný výnos kukuřice pěstované s leguminózami, vikvemi, fazolem, aj. druhy, např. lichořeřišnici (Ben-chuan a kol., 2022; Schulz a kol., 2020).

1.5 - Spojení hrázkování a mezplodiny (Pražan, Stehlík)

Jako vysoce účinná technologie se jeví propojení ozelenění (greening) s technologií hrázkování/důlkování a zahrnutí těchto dvou technologií do technologie pěstování širokořádkových plodin jako např. kukuřice, cukrové řepy, brambor, slunečnice, širokořádkové pěstování řepky olejné nebo jako sousledná technologie samotného greeningu. Spojení vhodného ozelenění s hrázkováním přináší nový potenciál pro výraznější omezení eroze půdy a odtoku vody z krajiny ve spojení retenčních prostor a funkcí pomocné plodiny (prokořenění, ochranný kryt, snížení zanášení reservoárů, mimoprodukční funkce). Mezplodina je vyseta do prostoru retenčního prostoru důlku a hrázky mezi hlavní plodinu.

Kombinace stroje integrující funkce hrázkování a současného setí mezplodin, pomocných plodin, podplodin není v současné době ve světě k dispozici a na trhu zcela chybí.

V případě kombinace hrázkování a meziřádkových pomocných plodin, lze hlavní efekt očekávat, podle předběžných pokusů, v lepším rozdělování dešťové vody a zlepšených parametrech zasakování srážek, jednak díky narušení jednolitého povrchu půdy a snížení energie kapek při dopadu na rostliny pomocnou plodinou (Gabriel a kol., 2021; Mousavi & Eskandari, 2011).

V současnosti komplexní práce, kde je srovnáván efekt bez hrázkování, pomocné plodiny, hrázkování a hrázkování s pomocnou plodinou byl 3-letý pokus při pěstování brambor v Rakousku, kde byl pro hrázkování použit stroj na brambory Grimme Terra Protect a pomocnou plodinou byl oves. Autoři výzkumu (Konzett a kol., 2022) uvádí redukcii eroze u ozelenění o 53 %, u hrázkování o 84 % a u hrázkování s ozeleněním o 95 %. Oproti výraznému snížení eroze došlo u ozelenění k pouze 7 % redukcii povrchového odtoku. Hrázky zadržely 63 % povrchového odtoku a hrázky s ozeleněním dokonce 81 %. Ozelenění snížilo nestabilitu hrází ze 40 % na 18 % a podstatně zabránilo jejich možnému protržení. Hrázky s ozeleněním zvýšili obsah vody v půdě o 3,5 % objemové vlhkosti.

Nejúčinnější efekt na omezení eroze a povrchového odtoku vykazovala varianta hrázky s mezplodinou, což dokládá také Konzett a kol. (2024) na pěstování širokořádkových plodin na příkladu brambor v 3-leté studii z Rakouska. Význam hrázek oproti samotné mezplodině je vysoký efekt při redukcii povrchového odtoku, jeho

zpoždění a jeho rozpojení. Autoři uvádí dále více než 6-násobný pokles eroze u varianty hrázky s meziplodinou oproti variantě samotné meziplodiny. Varianta hrázky s meziplodinou vykazuje vyšší pokles oproti samotné hrázce. Autoři v další studii (Konzett a kol., 2025) uvádějí vyšší odolnost hrázek s meziplodinou proti protržení ve srovnání samotné hrázky bez meziplodiny.

1.6 Legislativní rámec zařazení pomocných druhů a meziplodin (Haberle, Raimanová, Mayerová)

Zařazení meziplodin je důležitým prvkem snahy o udržitelné zemědělství a snížení některých dopadů na životní prostředí. Strategie Farm to Fork si klade za cíl snížit používání nebezpečných pesticidů o 50 % a hnojiv o 20 % a vyhradit 25 % zemědělské půdy pro ekologické zemědělství, a současně se má zvýšit resilience, adaptabilita agroekosystému a odolnost k výkyvům počasí, zvláště suchu.

V ČR byla v minulých letech přijata řada zákonů a nařízení, která si kladla za cíl snížit negativní dopady zemědělské činnosti na životní prostředí, degradaci půdy, erozi, znečištění povrchových a podzemních vod a eutrofizace vodních toků a vodních nádrží. Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí v rámci podmínek podmíněnosti (Cross Compliance) a podmínek pro ozelenění-Greeningu. Zařazení meziplodin je součástí řady opatření AEKO (agroenvironmentálně-klimatických opatření dle Nařízení vlády č. 80/2023 Sb.) a DZES (DZES 4–7), zvláště pro redukci eroze (DZES 5). Jsou vyjmenovány desítky druhů, tak aby umožnili jejich pěstování v různých podmínkách a sledech plodin a pro specifické cíle. Opatření AEKO jsou dlouhodobějšího charakteru a v současném období (2023-2027) jsou součástí Strategického plánu Společné zemědělské politiky Evropské unie v České republice.

Při pěstování brambor na svažitých pozemcích jsou pěstitelé povinni dodržovat podmínky DZES 5: "Obhospodařování půdy způsobem, který snižuje riziko degradace půdy a eroze, včetně zohlednění sklonu svahu" a používat půdoochranné technologie dle přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 73/2023 Sb., o stanovení pravidel podmíněnosti plateb zemědělcům. Účinnost jednotlivých protierozních opatření je rozdílná a závislá na půdních podmínkách a intenzitě konkrétních srážek. Pro plnění DZES 5 existuje metodická příručka ([metodicka-prirucka-k-plneni-standardu-dzes-5-dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav-pudy-pro-jarni-osevy-roku-2026-a-nasledujici-obdobi](#)), která podrobně vyjmenovává a pokrývá postupy pro všechny kategorie erozního ohrožení (MEO VR, MEO NR a NEO, SEO) a všechny kategorie plodin, obsahuje seznam půdoochranných technologií, které je nutné na vybraných plochách uplatnit, včetně *nepovinného* zakládání porostu s pomocnou plodinou. Doporučené plodiny a směsi dle přílohy č. 19 NV zahrnují přes padesát položek.

Porosty řepky, bobu polního, obilnin jiných než kukuřice nebo čirok mohou být pěstovány souběžně s pomocnou plodinou do meziřádku nebo v ploše s podmínkou minimálně 15 % pokrývnosti půdy rostlinnými zbytky do doby vzcházení porostu hlavní plodiny. Po vzejití porostu musí být rostlinné zbytky vizuálně prokazatelné.

Doporučení pro výběr druhů meziplodin pro kombinaci metody hrázkování a pěstování meziplodin jako pomocných plodin

Volba vhodných druhů a jejich směsí (poměru komponent), termínu výsevu a výše výsevku závisí na více hlediscích, včetně zvažování případné nadměrné konkurence o vodu a dusík s hlavní kulturou. Prioritou je pokryv půdy v meziřadí na počátku růstu rizikových, širokořádkových kultur, především kukuřice, cukrovky nebo brambor. V případě ponechání strniště s meziplodinami do zimy nebo do jara musí směsi obsahovat víceleté jeteloviny nebo trávy. Úspěšnost přežití meziplodin zde ale podle monitoringu poloprovozních pokusů silně závisí na dostatku vody; v suchém létě, jako v roce 2025, pomocné plodiny nepřežily, kromě několika ojedinělých rostlin svazanky a pohanky.

Pro rychlý růst a pokryv půdy jsou vhodné hořčice, žito, oves, lesní žito, len, lnička, ale v případě chladného vlhkého počasí s pomalým vzcházením kukuřice, je potřeba seti odsunout až do fáze 3–5 listu kukuřice. Naopak v teplých oblastech, na sušších lehčích půdách nebo v letech s nedostatkem srážek lze výsev posunout do dřívějších fází, protože rostliny kukuřice kořeny rychle okupují většinu objemu půdy a rychlé zapojení porostu dále omezí růst meziplodin.

Po zapojení porostu kukuřice je růst rostlin pomocných druhů silně potlačován nedostatkem světla a vyčerpáním vody a živin rozsáhlým kořenovým systémem kukuřice.

Tabulka I.1 - Rámcové rozdělení meziplodin pro výsev do meziřadí

Druh, skupina	Rychlost růstu, velikost
Brukvovité (hořčice, řepka, ředkev, lnička)	Vysoká intenzita růstu a konkurenční schopnost při dostatku vody a živin, zvláště v chladnějších podmínkách, riziko výdrolu při dozrání
Svazenka vratičolistá	Rychlý růst a pokrytí půdy, v porostu kukuřice nemá silnou konkurenční sílu, husté prokořenění povrchových vrstev
Lipnicovité, trávy (jílek mnokvětý, j. vytrvalý, kostřavy, lipnice)	Dobré pokrytí půdy, snáší zastínění, citlivé na vyschnutí povrchu půdy Ozimé druhy chrání povrch půdy po sklizni kukuřice
Obilniny (žito, oves, pšenice)	Rychlý růst a pokrytí povrchu půdy, vysoká biomasa a odběr N a vody, nejarovizované ozimy zůstávají nízké
Luskoviny (hrách, peluška, bob)	Rychlý růst při dostatku vody, citlivé na konkurenci, velký výběr odrůd s různou výškou a olistěním, přínos pro bilanci N
Jeteloviny (vikev, jetele)	Velký výběr druhů s různou intenzitou růstu, výškou a konkurenční schopností (jetel plazivý x jetel luční, jetel inkarnát), , vytrvalé druhy v případě přežití chrání půdu po sklizni
Lesknice, pohanka obecná, sléz přeslenitý, světlice barvířská	Tepломilné druhy s různou citlivostí na vyschnutí půdy

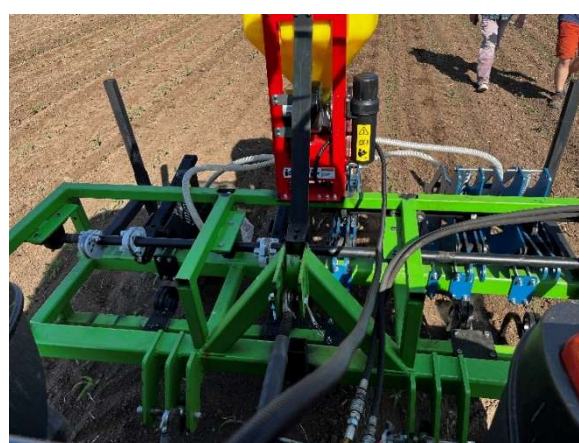
II) Vlastní popis metodiky

2.1 Technické zpracování, koncepce vyvinutých strojů (Pražan)

V rámci řešení projektu byl v první etapě navržen a zkonstruován funkční vzorek stroje s lehce modifikovatelným aktivním pracovním ústrojím hrázkovacího stroje (Obr. II.1.- II.2.). Pro snazší přepravu za účelem testování v různých polních podmínkách byl navržen třířádkový stroj. Vlastní konstrukce se skládala ze tří na sebe navazujících sekcí. První sekce se skládala z posuvných radliček za účelem nakypření půdy a meziřádkové kultivace. Druhou sekcí je hrázkování. Toto bylo řešeno pomocí hydraulicky poháněného mechanismus a lehce měnitelného vačkového hřídele přes pákový mechanismus. V rámci této sekce byly odzkoušeny různé modifikace nastavení kyvného pohybu hrázkovacích dlát. Po vytvoření hrázek navazuje třetí secí sekce. V rámci testování byly ověřovány různé modifikace setí, tedy různé vyústění semenovodu za hrázkovací radličku výsevek s kopírovacím kolem. Při testování stroje na lokalitách Koněprusy, Klíčany, Brniště Chvalíkovice, Benátky nad Jizerou a Lukavec byla posouzena kvalita práce, která se postupnou optimalizací nastavení stroje zlepšovala do výsledného designu práce. Výstupy z testování v různých podmínkách poskytly nové poznatky pro finální návrh prototypu stroje, který byl navržen pro čtyřřádkovou technologii pěstování kukuřice s běžně používanou roztečí 75 cm.



Obr. II.1 – modifikovaný funkční vzorek v roce 2024 s výslednými parametry prototypu (viz modré hrázkovací sekce)



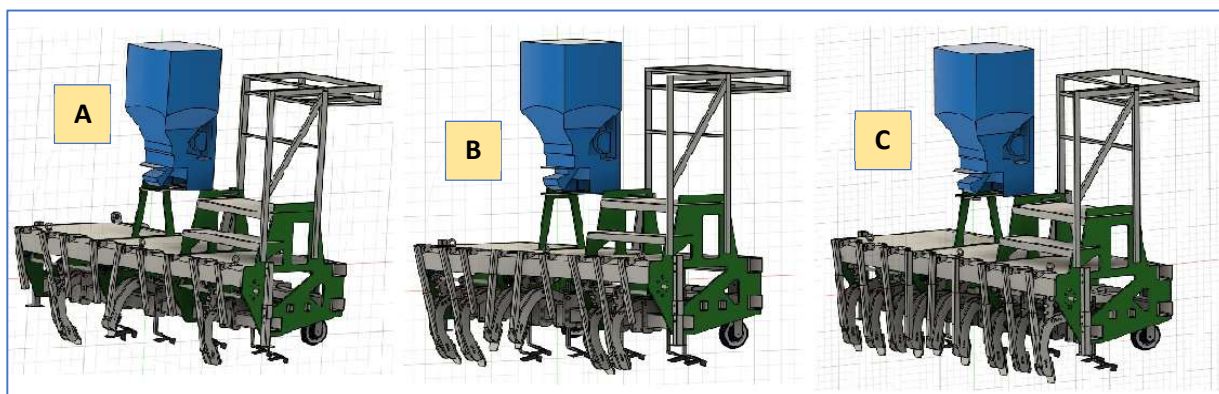
Obr. II.2 – modifikovaný funkční vzorek v roce 2024 s výslednými parametry prototypu – pohled z traktoru

Založení poloprovozních pokusů za účelem stanovení přínosů inovované technologie hrázkování se současným setím pomocné plodiny byl v roce 2024 a 2025 prováděno neseným 4-řádkovým prototypem stroje (Obr. II.3 a II.4). V rámci řešení projektu byl vyvinut a ověřen i širokořádkový stroj pro šestiřádkovou technologii pěstování kukuřice (obr. II.5). Oba vyvinuté stroje jsou schopné v rámci konstrukčního řešení v jedné pracovní operaci, tedy při jednom přejezdu po pozemku, provést tři agrotechnické zásahy

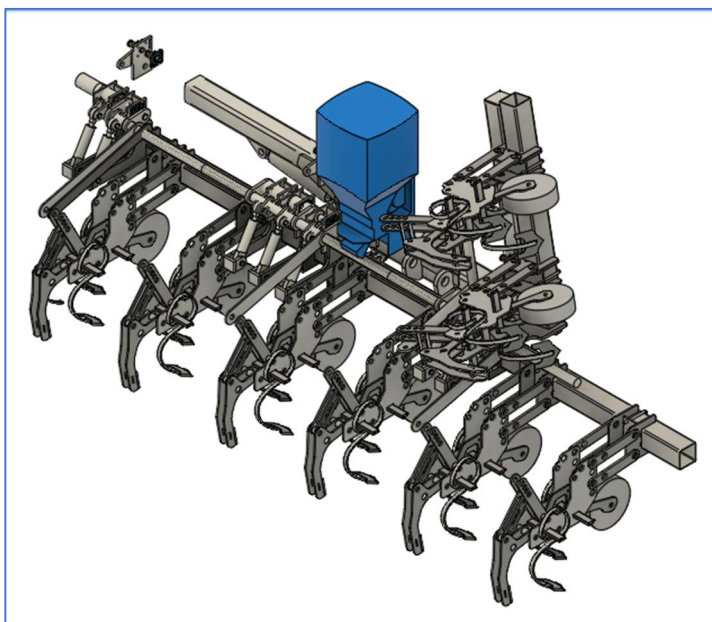
- 1) plečkování v prostoru mezi řádky do hloubky zpracování 8 cm,
- 2) tvorba hrázek pomocí kyvného hrázkovacího dláta (do hloubky 8 cm) s retenčním prostorem 3,6 litrů (viz. Obr.III.6)
- 3) výsev podsevočných plodin do zpracovaného pásu meziplodiny



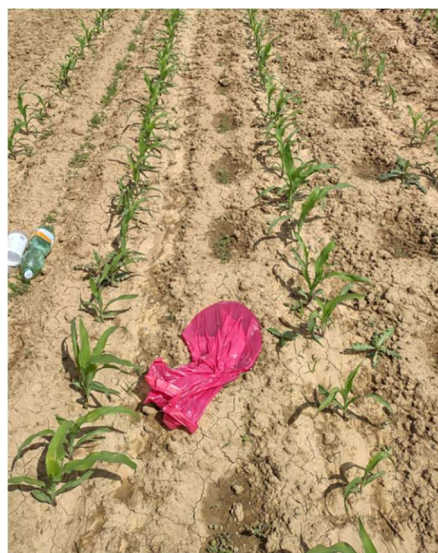
Obr. II.3 – ověřování kvality práce vyrobeného prototypu stroje (HPS4R) pro čtyřřádkovou technologii pěstování kukuřice (Vražkov)



Obr. II.4 – 3D model čtyřřádkového stroje pro tři základní možné modifikace stroje (A – standardní varianta 1 hrázkovací sekce na jeden meziřádek – ověřeno s krajovým přívěsem mezi hrázky a řádek kukuřice, B – 2 hrázkovací sekce na jeden meziřádek – a B – plné – 3 hrázkovací sekce na jeden meziřádek)



Obrázek II.5 – 3D model šestiřádkového rozkládacího stroje s nezávisle zavěšenými meziřádkovými sekcemi a naznačenou pravou sekcí v transportní poloze.



Obr. II.6 - Zjišťování okamžitého retenčního objemu vytvořeného důlku, týden po založení pokusu pomocí naplnění sáčku a odměrného válce (zjištěný objem -3,6 l)

4-řádkový stroj (s označením HPS4R) je vhodný pro menší výměry a menší zemědělské podniky. 6-řádkový stroj (s označením HPS6R), který má navíc nezávislé kopírování jednotlivých sekcí nerovností povrchu je využitelný v běžných zemědělských podmínkách s doporučenou 6-řádkovou technologií pěstování kukuřice. Šestiřádkový stroj je možné jednoduchou úpravou, tedy prodloužením jeklových profilů tvořící základ rámu stroje prodloužit. Přidáním meziřádkových vozíků lze využít stroj i pro 8 řádkovou technologii pěstování kukuřice, či jiných širokořádkových plodin.

Pracovní orgány obou strojů umožňují v první fázi zpracování nakypřit pás o šířce 0,4 m. Tuto šířku zpracování lze vyvinutým prototypem stroje variabilně modifikovat dle šířky meziřádku či dle použité pracovní soupravy. Např. u soupravy s vybavenou přesnou navigací lze šířku zpracování zvětšit. U vybraných půdních podmínkách je možné plečkovací sekci vybavit i přidavnou kypřící radličkou, která zpracuje půdu do větší hloubky zpracování (např. 8 cm) a plečkovací radličky nastavit na hloubku plečkování 4 cm). Na námi testovaných pokusech jak na variantě velmi utužené půdy po aplikaci digestátu, tak i v příznivějších půdních podmínkách při lepší přípravě půdy a stavu povrchu meziřádku po setí hlavní plodiny se osvědčila varianta dvou šípových plečkovacích radliček. Tyto radličky zpracovávají půdu do hloubky 8 cm, tak aby byla zajištěna kvalita tvorby hrázek. V rámci tohoto nastavení bylo sledováno též významné potlačení růstu plevelů.

Druhou fází zpracování půdy je sekce s hrázkovacími radličkami. Během řešení projektu, kdy byl vyvinut funkční vzorek stroje, umožňující modifikovatelnost nastavení hrázkovačích dlát, byla optimalizována konstrukce do výsledné pevně dané geometrie pohybu hrázkovačích dlát přes klikový mechanismus. Pohon klikového hřídele je zajištěn od hydrauliky traktoru. Pracovní rozsah hrázkovačích dlát je 18 cm mezi spodní krajní pozicí a horní pozicí. V rámci pracovní rychlosti pro zajištění kvality hrázkování, která byla dosažena, činí 5 – 6 km/hod. Při této rychlosti pracovní soupravy je doporučována frekvence otáčení klikového hrázkovačím mechanismu cca 1 ot/s. Za těchto podmínek dochází k tvorbě 2,5 až 3 hrázku na zpracovaný metr. Na námi testovaných lokalitách byly zakládány pokusy s různě širokými hrázkovacími radličkami. U kukuřice s roztečí řádků 75 cm, v rámci největšího protierozního efektu, se nejlépe osvědčila šířka hrázkovačích dlát 24 cm. U této šířky jsme nezaznamenali vliv na vývoj hlavní plodiny (kukuřice).

Třetí fází práce stroje je pomocí teleskopických semenovodů (Obr. II.7), umístěných za hrázkovacími radličkami, vyseta ve zpracovaném pásu pomocná plodina. Tato plodina je seta v celé zpracované šířce tedy 0,4 m, jak do prostoru hrázek, důlků, tak i případně do meziprostoru při použití užších dlát. Ve specifických případech lze použít pěchovací válce s kopírovacím mechanismem pro lepší zapravení osiva do půdy. (Obr. II.8) Pro setí pomocné plodiny jsme použili univerzální secí jednotku od firmy APV včetně řídicí jednotky. Během tříletého testování jsme optimalizovali koncový výsevní mechanismus.

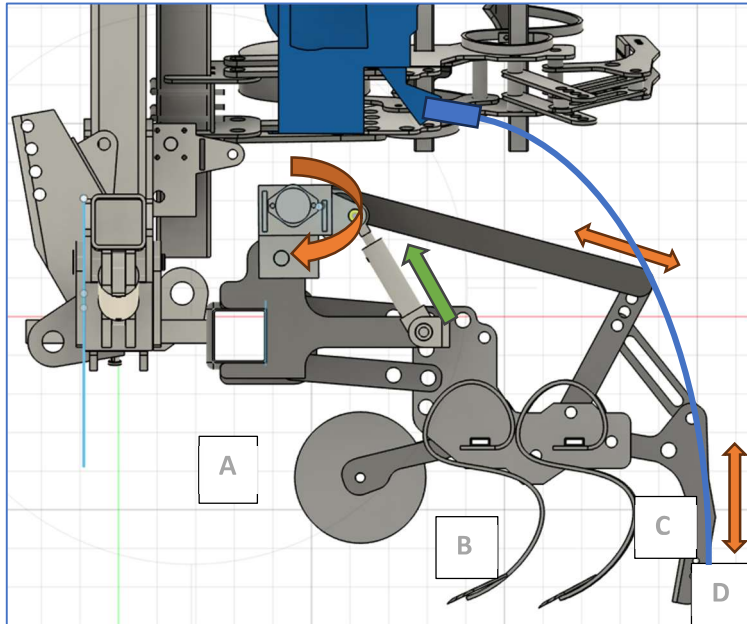
Oba vyvinuté protierozní stroje (Obr. II.9) jsou multifunkční. V rámci jednoho zpracovaného pozemku lze uvedeným strojem, buď na celém pozemku nebo ve svažitých částech vytvořit inovovanou protierozní technologii hrázky při současném vysetí pomocné plodiny při současné meziřádkové kultivaci (oplečkování). Vypnutím hrázkovací sekce (hrázkovací radličky ve zvednuté střední poloze



Obr. II.7 – Technické řešení výsevu pomocné plodiny pomocí teleskopických semenovodů umístěných na hrázkovačím dlátu



Obr. II.8 – Pohled na hutní kolo s výkyvným pohybem a konstantním přitlakem (ozn. těž



Obr. II.9 - Schéma šestiřádkového protierozního stroje s nezávislým hydraulickým ovládaným klikového mechanismu (vyřazení hrázkování při práci – viz. Zelená šipka (A – výškově stavitelné kolo výškově nezávislé meziřádkové sekce – nastavení pracovní hloubky, B – plečkovací sekce, C – hrázkovací sekce, D – umístění semenovodů a setí pomocné plodiny. přenos rotačního klikového mechanismu na hrázkovací dlátu – viz. Oranžové šipky.

pomocí nezávislého uchycení klikových hřídelí na každé sekci stroje) a secí jednotky, je možné vybrané plochy (rovinné části) jenom oplečkovat pracovní rychlostí 8 km/hod. Popř. v rámci dalších operativních nastavení stroje a možné strategie pěstování kukuřice je možné stroj využít pro plečkování se samotným setím pomocné plodiny bez hrázkování, dále plečkování a tvorby hrázek bez setí.

Základní doporučené nastavení obou strojů před prací

V rámci základního a doporučeného nastavení stroje, před vlastní prací, tedy obsluha nesený stroj v pracovní poloze zafixuje ve třibodovém závěsu do vodorovné polohy. Dále nastaví hloubku zpracování pomocí nastavení pomocí opěrných kol. Hydrauliku traktoru nastaví na výše uvedenou frekvenci otáčení.

Nastavení secí jednotky provede dle použitého osiva vhodným výběrem dávkovacích válečků, nastavením

rychlosti podávání a rychlostí ventilátoru. U námi použitých směsí jetelů byla rychlost podávání nastavena na hodnotu 3 na řídicí jednotce a rychlost ventilátoru – střední.

V průběhu řešení byl na technické řešení stroje získán užitečný vzor, který poskytuje ochranu pro dané řešení. V roce 2025 byla po rešerši ze strany ÚPV získána nejvyšší ochrana na celou inovovanou technologii ve formě patentu. Použitelnost této technologie, tedy použití hrázkování a současného setí meziplodiny je jasně vymezena a poskytuje jednoznačnou a nejvyšší ochranu.

Hvězdicový stroj na důlkování

V rámci doložené rešerše současných strojů týkajících se hrázkování (důlkování). Kde je v Severní Americe poměrně rozšířené řešení plečkování a současné důlkování v meziřádku kukuřice pomocí pasivně hnaných hvězdicovitých kol a vzhledem k nedostupnosti tohoto stroje v EU s možností získání praktických zkušeností jsme vyvinuli vlastní obdobné řešení - hvězdicovitý důlkovací stroj.



Obr. II.10 – Vyrobený hvězdicovitý stroj - systém důlkování



Obr. II.11 – Zadní pohled hvězdicovitý systém důlkování (Chotětov) dláta šířky – 60, 80, 140

Tento hvězdicový stroj byl následně testován a ověřena funkčnost stroje. Nicméně v námi testovaných podmínkách se mechanický pohon neprojevil jako optimální. Při testování v roce 2024 jsme na stroj instalovali různé široká dláta. U širokých dlát pak docházelo ke špatnému zahlubování. Hvězdicový hrázkovač jsme následně museli osadit dláty šířky 80 mm s šípovitým zakončením. Což značně limituje možnosti vytvářet dostatečný retenční prostor pro zachycování vody do těchto rezervoárů. Vzhledem k dosaženým výsledkům porovnávacího měření s naším řešením strojů pomocí kyvného pohybu hrázkovacího dláta je toto řešení pomocí důlkování nedostatečné.

2.2 Ověření postupů zakládání a vedení porostu meziplodin ve dvou různých systémech pěstování kukuřice (Pražan, Abrahám, Jevič)

Doporučená implementace protierozní technologie do konvenční technologie pěstování kukuřice

V rámci ověření inovované technologie byly v roce 2024 a 2025 založeny poloprovozní pokusy v nejběžnějším systému pěstování kukuřice. Jednalo se o středně velký zemědělský podnik s celkovou výměrou 800 ha a celkovou plochou pěstování kukuřice 80 ha. V rámci technologie pěstování byly na pozemcích aplikovány dvě dávky organické hmoty ve formě separátu a během vegetačního období byl s drobnými změnami upraveny agrotechnické termíny aplikace POR. Kompletní technologický postup pěstování uvádí následující schéma –

01 - Doprava a rozmetání TMH (0,6 t/ha), 02 – podzimní doprava a rozmetání separátu (20 t/ha), 03 – kypření, D-smykávání a vláčení, 04 - jarní doprava a rozmetání separátu (20 t/ha), 05 - kombinátorování, 06 - plošný postřik, 07 - setí kukuřice přesným secím strojem (termín květen), 08 - meziřádková kultivace (plečkování) s hrázkováním a setím pomocné plodiny (směsí jetele) (14 dní po setí kukuřice), 09 – plošný postřik, 10 - sklizeň píce na siláž, 11 - doprava píce na místo farmy, 12 - podzimní podmítka.

Pro tento typ farmy a technologii pěstování je ideální použití širokořádkového protierozního stroje s šestiřádkovou technologií pěstování kukuřice, tedy setí a meziřádková kultivace včetně protierozní ochrany je prováděna ve stejných kolejových řádcích. Bližší popis výsledků poloprovozního testování je uveden následující v kapitole 3.2. Výnos kukuřičné siláže dosahoval v těchto podmínkách průměrných 50 t výnosu na hektar. Ekonomika provozu stroje a celé technologie pěstování kukuřice s jednotlivými možnými variantami je uvedena v kapitola Ekonomické hodnocení.

Doporučená implementace protierozní technologie do technologie pěstování kukuřice v režimu EKO

Na základě požadavku získání dalších dat ohledně porovnání různých systémů pěstování kukuřice byly v roce 2025 založeny obdobné poloprovozní pokusy na pozemcích s produkcí biokukuřice. Jednalo se o malý zemědělský podnik s výměrou do 120 ha a plochou pro kukuřici 40 ha. V rámci reálné aplikace nebyly na farmě aplikovány přirozeně nepovolené POR látky a ani aplikován separát či další organická hmota. Výnos na sledovaném pozemku byl 22 t/ha. V rámci technologie pěstování byly na pozemcích aplikovány dvě dávky organické hmoty ve formě separátu a během vegetačního období byly s drobnými změnami upraveny agrotechnické termíny aplikace POR. Proto pro objektivnější porovnání s konvenční technologií jsme z našeho expertního systému (AGROTEKIS) přidali pracovní operace aplikace separátu a zvedli průměrný výnos siláže, který odpovídá tomuto obohacení půdy o organickou hmotu. Průměrný výnos v modelovém výpočtu v kapitole Ekonomické hodnocení je tedy namísto 22 t kalkulováno s 35 t/ha.

Kompletní technologický postup pěstování kukuřice v eko-režimu je uveden takto–

01 - Doprava a rozmetání TMH (0,6 t/ha), 02 - podzimní doprava a rozmetání separátu (20 t/ha) – kypření – smykování a vláčení 03 - jarní doprava a rozmetání separátu (20 t/ha), 04 - 2x kombinátorování – potlačení hlavních plevelů, 05 - setí kukuřice secím strojem (termín červen po eliminaci všech hlavních plevelů), 06 - meziřádková kultivace (plečkování) s hrázkováním a setím pomocné plodiny (směsi jetele) (14 dní po setí kukuřice), 07 - sklizeň píce na siláž, 08 - doprava píce na místo farmy, 09 - podzimní podmítka.

Tab. II.1 – Technické parametry – prototypu stroje (CERNIN-HPS-4R) -hybridní protierozní systém – 4řádková technologie pěstování kukuřice – nesený stroj

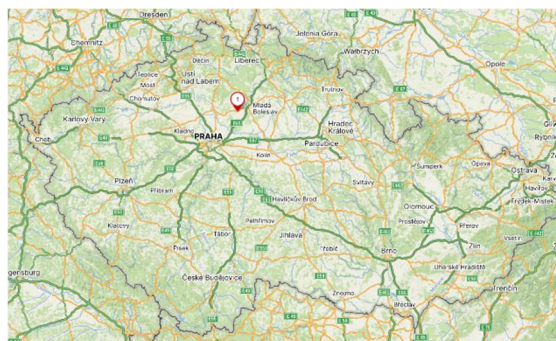
Připojení k traktoru	třibodový závěs
Šířka stroje	2,4 m
Délka stroje	0,95 m
Výška stroje	2,15 m (2,5 m)
Hmotnost stroje	480 kg
Elektrické zapojení	12V/25A
Pohon - hydraulická soustava	Dvou-okruhová
Požadovaný výkon energetického prostředku	Min. 40kW
Objem secí násypky	105 l
Pracovní záběr - 4 řádkovou mechanizaci při pěstování kukuřice s šířkou meziřádku 75 cm	3 meziřádky
Pracovní sekce (modulové)	3
Výkonnost hrázkování vč. setí	2,5 ha - 5 ha/hod

Pracovní rychlost	3 – 6 km/hod
Spotřeba energie (l/ha)	LP - 4,2-4,8, SP - 4,6- 5, , 5,4 - 5,7
Průměry drobicích válců	260, 280,300
Šířky používaných dlát	80, 120, 160, 200
Velikost hloubky hrázku	80
A..4 řádkový stroj s 3 mezi-řádkovacím pracovním mechanismem řádky s jednou linií hrázek v meziřádku (1 sekce na jeden meziřádek)	modulově 3 – 9 semenovodů (variabilně 1 – 3 semenovody na jeden meziřádek) kdy u použití 3 semenovodů, dochází sekci k setí na povrch do meziprostoru řádky a hrázku
Počet hrázek (ks/ha) použití 1 sekce (l = 3,5 ks/m x š=0,75 m)	3500 ks
Objem rezervoárů (l/ha) v prostoru meziřádku kukuřice - rozteč 75 cm) - 1,2 - 3,8l/hrázku – široké dláta	4200 – 13 000 l
B..4 řádkový stroj s 3 mezi-řádkovacím pracovním mechanismem řádky se dvěma liniemi hrázek v meziřádku (2 sekce na jeden meziřádek)	modulově 3 – 9 semenovodů (variabilně 1 – 3 semenovody na jeden meziřádek)
Počet hrázek (ks/ha) použití 2 sekce (l = 3,5 ks/m x š=0,75 m)	7000 ks
Okamžitý objem rezervoárů (l/ha) v prostoru meziřádku kukuřice - rozteč 75 cm) - 1,2 - 3,5l/hrázku	8400 -24500 l

III. Vybrané výsledky poloprovozních pokusů (Stehlík, Pražan, Mayerová)

III.1.1 - Poloprovozní pokus - hrázkování v kukuřici a omezení odtoku vody a eroze půdy s integrací meziplodin

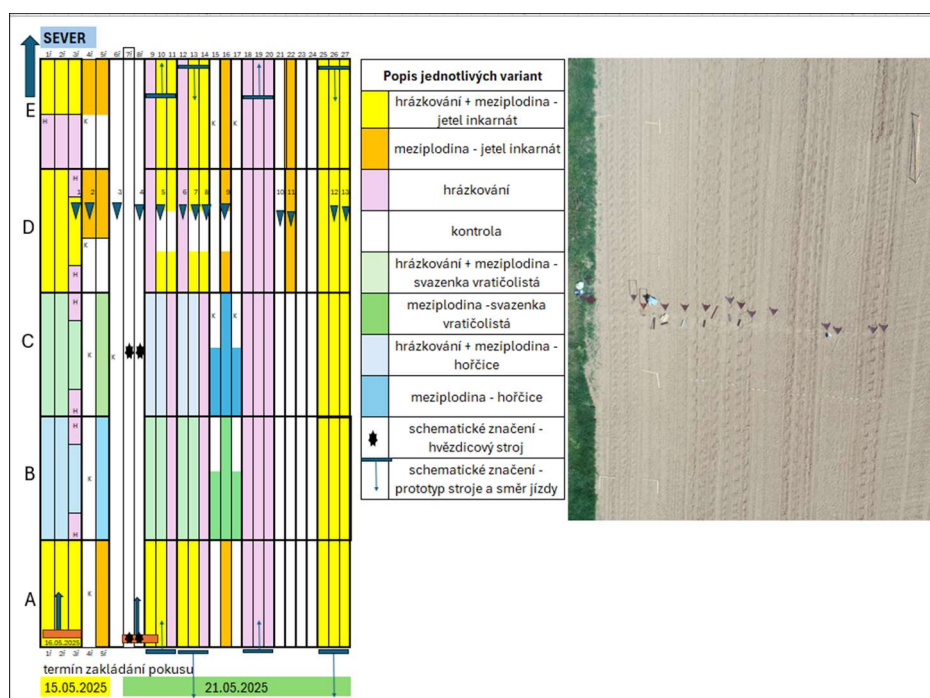
V letech 2024 a 2025 byly v katastru obce Chotětov u Mladé Boleslavy (Obr. III.1), založeny ve dvou různých termínech pomocí čtyřřádkového prototypu stroje poloprovozní polní pokusy pro ověření technologie výsevu meziplodin do hrázek v meziřádku kukuřice s roztečí řádků 75 cm. V rámci porovnání byl na testovací ploše testování i testovací hvězdicovitý hrázkovací stroj. Jednalo se o svažitý pozemek s průměrným sklonem v místě umístění sběrných nádob 6,4° s orientací na jih. Řádky kukuřice byly vysety po spádnicí. Kukuřice byla vyseta 2.5.2025 a první termín založení pokusné plochy u kraje pozemku proběhl 15.5.2025 dvěma jízdami do kopce a z kopce. Druhý termín tvorby hrázek, při současném vysetí meziplodin, proběhl 21.5.2025. Stav vzejití kukuřice při obou termínech zakládání pokusu byl mezi 3 – 4 listy. Schéma poloprovozního pokusu založený v roce 2025 včetně jednotlivých variant uvádí obrázek III.2. Ze schématu je zřejmé, že byl rozdělen po cca 10 m



Obr. III.1 -Lokalita: Chotětov u Benátek nad Jizerou, 250 m n.m.

na 5 úseků (A – E), kde se střídaly jednak různé meziplodiny – jetel inkarnát, svazanka vratičolistá, hořčice v různých variantách založení. Základní varianta tvořila plocha kontroly, plocha samotné meziplodiny, samotného hrázkování a naší inovativní technologie hrázkování s meziplodinou. V úseku D dle přiloženého schématu byly po týdnu od zasetí instalovány postupně sběrné plechy včetně sběrných nádob. Z těchto sběrných nádob se hodnotil povrchový odtok vody z přirozených srážek a eroze půdy.

V pokusech byla kontinuálně nedestruktivně monitorována teplota a vlhkost půdy pomocí čidel s pamětí TOMS-4 (fy TOMST), a byl sledován obsah přístupného minerálního N (N_{min}) a vlhkost vrstev půdy v hrázkách i mimo ně, s výsevem meziplodin nebo bez výsevu.



Obr. III. 2 - Schéma poloprovozní pokusné plochy - založení prototypem stroje v roce 2025 – lokalita Chotětov

Předmět měření

Předmětem měření bylo monitorovat stav vývoje plodin. Zajistit, aby na pozemku nebyly aplikovány POR a bezprostředně po intenzivních dešťových srážkách pravidelně odebírat vzorky za účelem stanovení povrchového odtoku z půdy z pozemku a eroze půdy z jednotlivých variant.

Cíl měření

Hlavním cílem poloprovozního pokusu bylo stanovit intenzitu povrchového odtoku a eroze půdy na pokusu s kukuřicí s různými variantami založení a kvantifikovat výsledný efekt inovativní technologie hrázkování s integrací meziplodiny do jednoho pracovního procesu, oproti současným protierozním a konvenčním technologiím.

Metodika měření

- Na vybraných pozemcích, kde byla v letech 2024 a 2025 pěstována kukuřice konvenčním způsobem, byla testována protierozní technologie. Sledování odtoku a eroze půdy bylo monitorováno na silně ohrožených plochách (SEO) (Obr. III.3 až III.5).

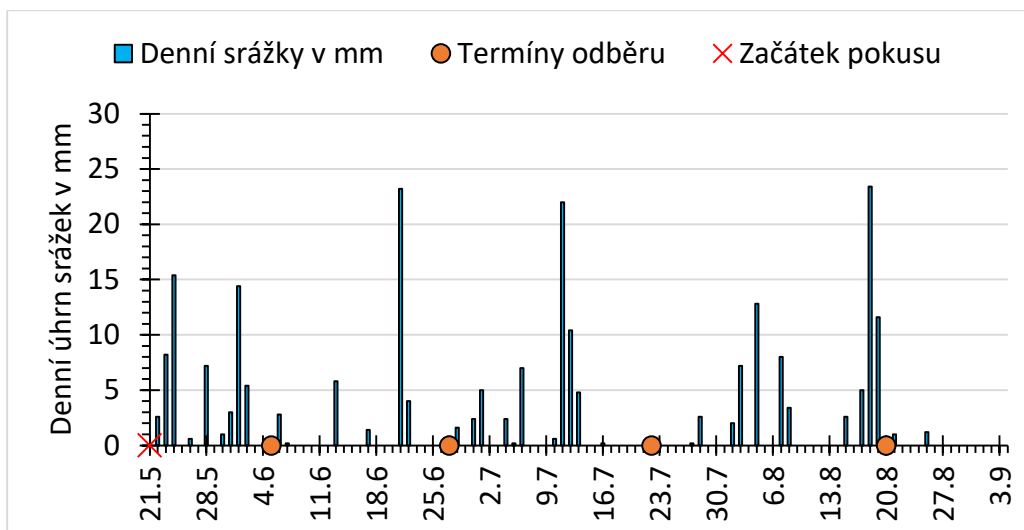
- Na počátku sledování variant pokusu byly na jednotlivých variantách instalovány upravené plechové obdélníkové sběrače o šířce 50 cm a délce 100 cm se sběrnou plochou 0,5 m². Pod touto plochou byl umístěn svodný trojúhelník, krytý poklopem. Pod tímto svodným trojúhelníkem byly nainstalovány sběrné nádoby o objemu 2500 ml pro sběr odteklé vody a půdy ze sběrné plochy.
- V odběrových termínech byly nádoby odebírány a nahrazeny prázdnými.
- Sběr nádob proběhl v roce 2024 ve 4 termínech a v roce 2025 v 6 termínech.
- Z obsahu nádob bylo stanoveno množství vody pomocí odměrných válců a odparu, půda byla stanovena gravimetricky sušením.
- Na pozemcích byl v obou sledovaných ročnících instalován digitální srážkoměr DAVIS s dálkovým záznamem dat průběhu srážek s přesností 0,2 mm a s přesností intenzity srážky mm/min (Obr.III.6).
- Půda na pozemcích byla hluboká hlinitá hnědozem modální s pH 8,2 na spraši s měrnou hmotností půdy 2,601 g/cm³. Sklon pozemku na pokusných lokalitách byl 6-9°.
- Pokus byl monitorován v období mezi 21.5.-20.8.2024 a 21.5.-31.8.2025.
- V pokusném roce 2025 byly odebrány vzorky na analýzu stability půdních agregátů a stanoveny metodou SlakeLight (Madaras a kol. 2024).
- Na pokusné pozemky byl před založením pokusu aplikován digestát jako varianta protierozní technologie pro splnění zákonných požadavků pěstování kukuřice.
- Zkoumané varianty:
Kontrola konvenční zpracování (K), Meziplodina (M),
Důlkování Hvězdící (DHv), Hrázkování (H) a Hrázkování s meziplodinou (HM)



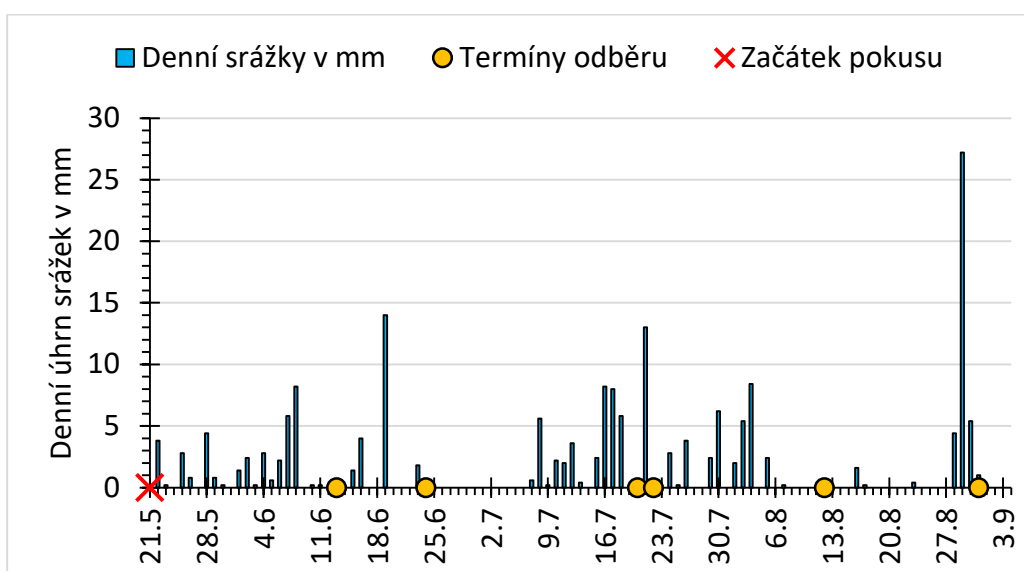
Obr. III.3 -Instalace sběračů na variantách pokusu Chotětov – 2024 – orientace severní svah



Obr. III. 4 - Pohled na instalované sběrné nádoby v roce 2024 pohled do svahu



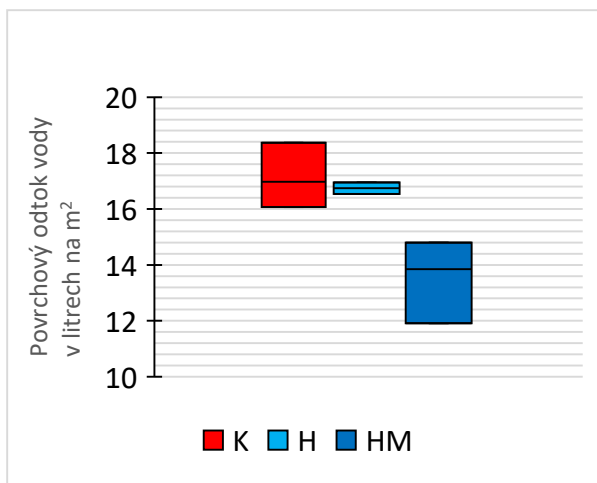
Obr. III.7 - Denní srážky v roce 2024 v Chotětově s vyznačenými termíny odběru vzorků nádob



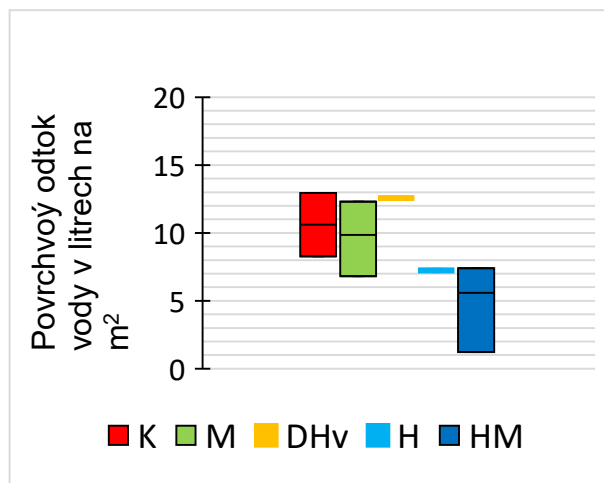
Obr. III.8. - Denní srážky v roce 2025 v Chotětově s vyznačenými termíny odběrů vzorků nádob

Odtok vody z pozemku

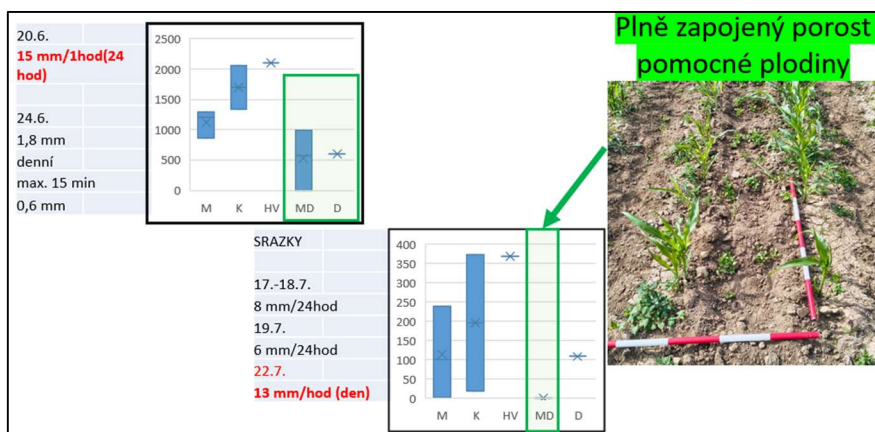
V roce 2024 byl poprvé provozně testován prototyp stroje a současně byla použita i vysévací jednotka pro integraci mezplodiny. Z výsledků celkového odtoku vody je patrné, že v prvotní verzi stroje neměla samotná varianta hrázky (H) téměř žádný vliv na odtok a byla stejná jako kontrolní varianta (K). Naopak výrazně se projevil vliv varianty hrázky s mezplodinou (HM) na snížení celkového povrchového odtoku, který činil v průměru 3 litry vody na m².



Obr. III.9 – Souhrnné výsledky povrchového odtoku vody z přirozených srážek v roce 2024 v Chotětově, pozn. – z provozních důvodů nebyla v roce 2024 sledována varianta samotná meziplodina (M) – znehodnocena zvěří



Obr. III.10 – Povrchový odtok vody z přirozených srážek v roce 2025 v Chotětově



Obr. III. 11 - Vybrané denní srážky v termínu z lokality Chotětov 2025

Pro testování v roce 2025 byl na základě zkušeností z roku 2024 prototyp stroje upraven a byl rovněž testován stroj s aplikací vytlačovaných důlků pomocí hvězdicového kola (DHv). Oproti roku 2024 byl povrchový odtok v roce 2025 průměrně o 6 litrů na m^2 nižší a činil 10,6 litru na m^2 . Snížený efekt povrchového odtoku se neprojevil u druhého testovaného stroje s variantou DHv. Díky úpravě prvního stroje se pozitivně projevil výrazně snížený odtok o 3 litry na m^2 u varianty samotné hrázky (H). U varianty hrázky s meziplodinou (HM) byl celkový povrchový odtok ještě o 1,5 litru na m^2 nižší než u varianty H. Oproti kontrolní variantě (K) byl u varianty HM celkový povrchový odtok poloviční (5,6 litru na m^2).

Nové protierozní technologie s integrací hrázkování a meziplodin (HM) umožňují snižovat povrchový odtok vody z pozemku a tím šetrněji využívat spadlých srážek, kterých zejména v sušších teplých oblastech není dostatek. V roce 2024, jak uvádí tabulka srážek (Tab.III.1), se podařilo touto technologií ušetřit 2 % spadlých srážek, přestože počátek pokusu vykazoval hodnotu 3,9 %. Tato nízká hodnota byla zapříčiněna extrémními srážkami, kdy více než 20 mm spadlo v intervalu 30 minut a to 21.6. a zejména 11.7., kdy krupobití, významně poškodilo porost kukuřice. Přesto na konci srpna 18.8., kdy spadlo přes 20 mm v intervalu 30 minut, byl pozorován opět významný vliv testované inovované protierozní technologie (HM) oproti kontrolní variantě (K).



Obr. III.11 - Testování prototypu hrázkovacího stroje v roce 2024 a v roce 2025 a hvězdicový aplikátor v roce 2025

V roce 2025 bylo technologií HM ušetřeno 3,4 % srážek. V jednotlivých termínech srážek byla úspora vyšší, a to ve 4 z 6 odběrových termínů. Úspora se pohybovala kolem 5,5-7 %, v druhém termínu až 11 %. Intenzita srážek v 15 minutách byla u erozních srážek kolem 5 mm. Vypočtené hodnoty úspor uvádí tabulka III.2.

Tab.III.1 – Úspora povrchového odtoku vody použitím inovované protierozní technologie v porovnání s konvenčními technologiemi v roce 2024

Srážky v mm (litrech) v roce 2024		Odtoky v litrech na m ² průměr					Podíl povrchového odtoku na srážkách v %					Úspora mm na srážce v % variantou HM
		K	-	-	H	HM	K	-	-	H	HM	
21.5.-5.6.	58,4	3,4	-	-	2,3	1,1	5,9	-	-	3,9	1,9	3,9
5.6.-27.6.	38,2	4,9	-	-	4,5	4,7	12,9	-	-	11,8	12,4	0,5
27.6.-22.7.	57,4	4,8	-	-	4,9	4,9	8,4	-	-	8,5	8,6	0,0
22.7.-20.8.	78,8	4,6	-	-	5,1	2,9	5,8	-	-	6,4	3,7	2,2
<u>Součet</u>	232,8	17,8	-	-	16,7	13,7	7,6	-	-	7,2	5,9	1,8

Tab.III.2 - Úspora povrchového odtoku vody použitím inovované protierozní technologie v porovnání s konvenčními technologiemi v roce 2025

Srážky v mm (litrech) v roce 2025		Odtoky v litrech na m ² průměr					Podíl povrchového odtoku na srážkách v %					Úspora mm na srážce v % variantou HM
		K	M	DHv	H	HM	K	M	DHv	H	HM	
21.5.-13.6.	37	5,0	2,6	5,0	5,0	3,0	13,6	6,9	13,5	13,5	8,0	5,4
13.6.-24.6.	21,2	3,4	2,4	4,2	1,2	1,0	16,0	11,4	19,9	5,7	4,9	11,3
24.6.-20.7.	39	0,4	0,2	0,7	0,2	0,0	1,0	0,6	1,9	0,6	0,0	1,0
20.7.-22.7.	13	0,8	0,5	0,3	0,0	0,1	6,5	3,7	2,5	0,0	0,4	5,4
22.7.-12.8.	34	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,4	2,3	0,0	0,0	0,0	2,1
12.8.-31.8.	39,2	0,8	3,0	2,3	0,8	0,3	2,1	7,7	5,9	2,1	0,8	6,9
Součet	183,4	10,6	9,5	12,6	7,2	4,4	5,8	5,2	6,8	3,9	2,4	3,4



Obr. III.12 - Stav porostu kukuřice po dešťové srážce z 21.6. (vlevo) a 11.7.2024 (vpravo)

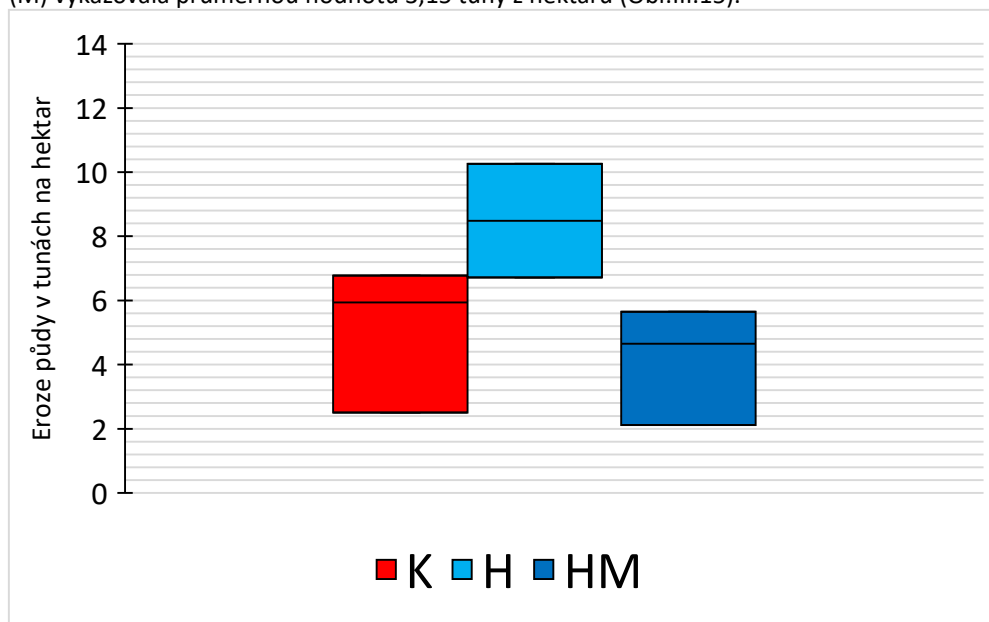


Obr.III.13 - Varianta hrázký s meziplodinou z 27.6. (vlevo) a 10.7.2024 (vpravo)

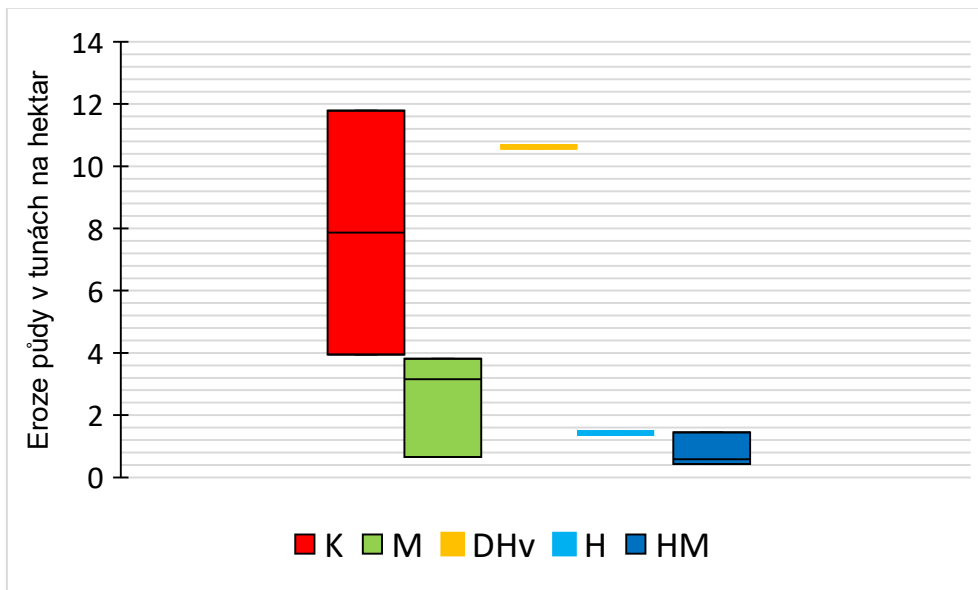
Eroze půdy z pozemku

V prvním roce testování v 2024 vykazovala varianta hrázkování s meziplodinou mírně nižší průměrné hodnoty eroze půdy s 4,6 tunami erodované z hektaru oproti kontrolní variantě s 5,9 tunami. Vyšší eroze půdy byla pozorována u varianty s hrázkou (Obr.III.14).

V druhém roce testování (2025) byly výsledky hrázkování podstatně lepší. Eroze půdy byla 5x nižší u varianty H (1,4 tuny) oproti variantě K (7,9 tuny). Odnos půdy byl nejnižší na variantě HM a to 0,6 tuny. Samotná meziplodina (M) vykazovala průměrnou hodnotu 3,15 tuny z hektaru (Obr.III.15).



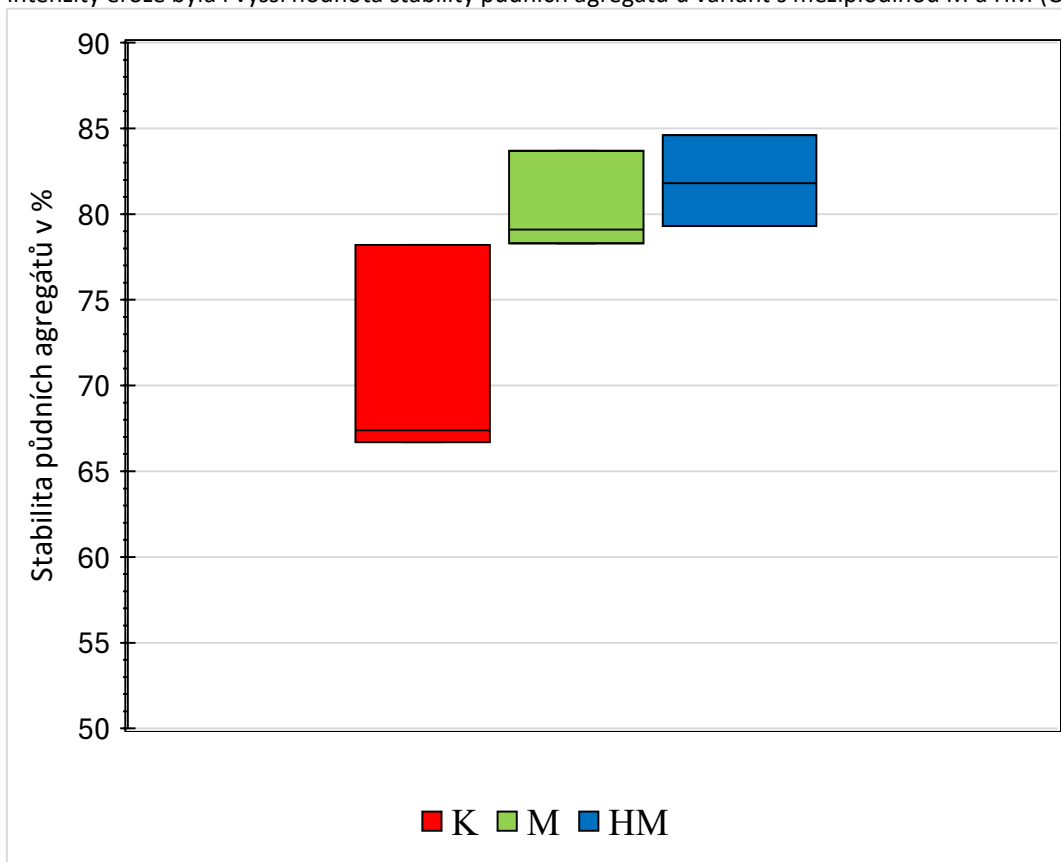
Obr.III.14 - Porovnání eroze půdy v roce 2024 v Chotětově pro jednotlivé varianty – K – kontrola, H – Hrázkování, HM – inovovaná technologie hrázkování a pomocná krycí plodina



Obr.III.15 - Porovnání eroze půdy v roce 2025 v Chotětově pro jednotlivé varianty – K – kontrola, M- pomocná krycí plodina, DHv – důlky vytvořené hvězdicovitým strojem, H – Hrázkování, HM – inovovaná technologie hrázkování a pomocná krycí plodina

Druhý testovací stroj s hvězdicovitým odvalováním dlát s variantou důlky (DHv) se neosvědčil a hodnoty eroze půdy stejně jako u povrchového odtoku byly nejvyšší.

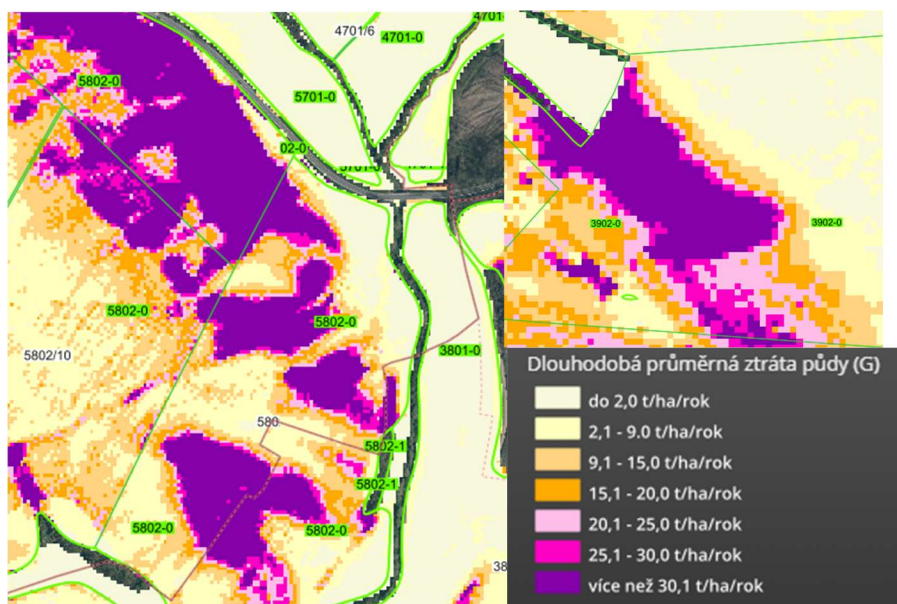
Pokles eroze půdy korespondoval s nižšími povrchovými odtoky u jednotlivých variant. Jedním z faktorů nižší intenzity eroze byla i vyšší hodnota stability půdních agregátů u variant s meziplodinou M a HM (Obr.III.16).



Obr. III.16 – Porovnání stability půdních agregátů v roce 2025 v Chotětově pro jednotlivé varianty – K – kontrola, M- pomocná krycí plodina, HM – inovovaná technologie hrázkování a pomocná krycí plodina

Průměrná ztráta půdy na kontrolních konvenčních plochách (K) se pohybovala ve sledovaném období konce května – konce srpna v rozmezí 4-12 tun z hektaru s průměrem 8 tun. To je sice nižší hodnota, než udávají simulační mapy dlouhodobé průměrné ztráty eroze Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy (VÚMOP), (Obr.III.17), ale při započítání zbytku roku se hodnota ztráty půdy blíží limitu 9 tun z hektaru, který je dán Vyhláškou o ochraně zemědělské půdy před erozí č. 240/2021 Sb.

Aplikací meziplodin je ztráta půdy snížena (3,16 tun). Při aplikaci hrázkování (H) je eroze snížena ještě o 50 % oproti meziplodině (M). Nejefektivnější pro redukcí eroze půdy je spojení hrázkování s meziplodinou (HM), které je ještě 2x účinnější (0,6 tun).



Obr.III.17 - Intenzita eroze pokusných pozemků z erozní mapy VÚMOP (<https://mapy.vumop.cz/mapa.php>)

Shrnutí výsledků povrchovému odtoku vody a eroze půdy

Při implementaci protierozních technologií je dobré si připomenout, že se neplní „jen“ požadovaný limit přípustné eroze Vyhláškou o ochraně zemědělské půdy před erozí č. 240/2021 Sb., ale i to, že půda je jako produkční prostředek zdroj neobnovitelný nebo velmi dlouze obnovitelný.

Metř čtverečný půdy o vrstvě 1 mm je 1 dm³ půdy. Při kalkulaci měrné hmotnosti půdy 2,601 g/cm³ (kg/dm³) na pokusných plochách vychází ztráta půdy erozí na kontrolní variantě 0,31 mm za rok, což činí v rozptylu 8-12 tun ztrátu 0,31-0,45 mm za rok a 3-5 cm za 10 let. Ztráta u variant s hrázkováním s meziplodinou a hrázkováním činí za 10 let pouze 0,23 – 0,54 cm.

Dle komplexního průzkumu půd (KPP, <https://kpp.vumop.cz/?core=app>) je uvedená půda hnědozem modální s orničním horizontem s mocností 24 cm, humusovým iluviálním (ochuzeným) horizontem s mocností 18 cm a horizontem smíšeného substrátu na spraši s mocností 80 cm. Se ztrátou půdy erozí jako takové ztrácíme i její úrodnost, která je dána podílem humusu („neboli půdního uhlíku *1,721“). V uvedených horizontech je podíl humusu 1,31 %; 0,62 % a 0,41 %. Jak je patrné, více jak dvojnásobek humusu je akumulováno ve svrchních 25 cm půdy.

Ztrátou humusu přicházíme o velmi obtížně obnovitelnou část kvalitní půdy, která je spojena s její úrodností (Lipavský a kol., 2008; Menšík a kol., 2023) a rovněž s fyzikálními vlastnostmi půdy (Mayerová a kol., 2023). Ze studie Šimona a kol. (2024) z dlouhodobých více než 60-letých polních pokusů v České republice vyplývá, že za 50 let lze pravidelným organickým hnojením v dávce 20 tun na hektar zvýšit podíl humusu o 0,22 %. Minerálním hnojením bez aplikace org. hnojení, jak uvádí autoři, dochází k dlouhodobému poklesu humusu. Pokud dojde k oderodování svrchních 20 cm půdy, je ztráta humusu 3x vyšší než jeho zvýšení za 50 let.

Obsah organického uhlíku v půdě a zlepšení fyzikálních vlastností půdy lze dosáhnout i pěstováním vhodných meziplodin (Attia a kol., 2024), které zároveň svým pokryvem brání vyšší erozi půdy (Adetunji a kol., 2020).

Kombinace omezení eroze půdy a podpory navyšování podílu humusu je komplexní řešení z hlediska dlouhodobé udržitelnosti kvality půdy a omezení její degradace.

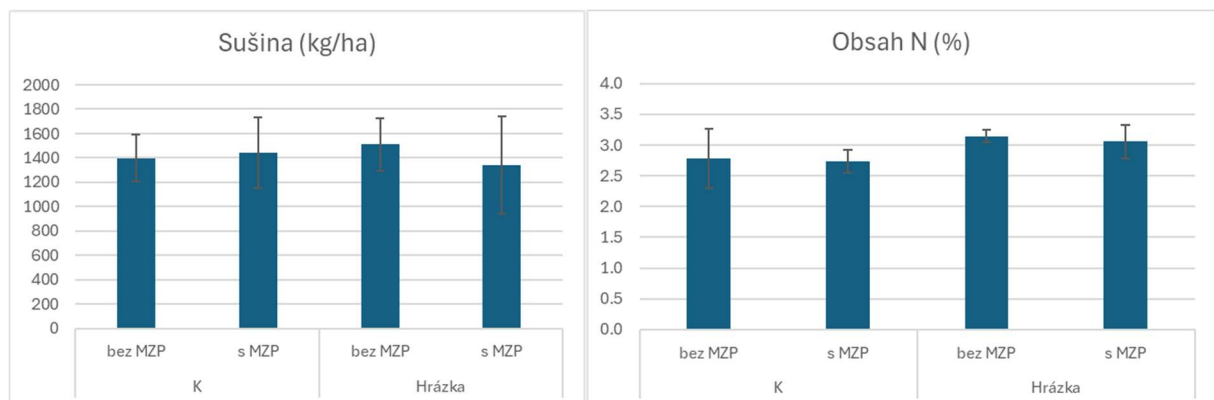
Nejúčinnější efekt na omezení eroze a povrchového odtoku vykazovala varianta hrázký s meziplodinou.

Naše předběžné výsledky ukazují, že voda stéká po rostlinách, v důlcích lépe zasakuje, zřejmě i vlivem pronikání kořenů do hloubky. Voda v hlubších vrstvách je lépe chráněna před ztrátami neproduktivním výparem, samotné rostliny nebo i jejich zvadlá či mrtvá biomasa vytváří mulč redukující výpar z půdy. Je objektem dalšího výzkumu stanovit i podmínky, kdy by spotřeba vody rostlinami PP mohla ovlivnit vláhové podmínky pro HP a podle nich zvolit vhodný druh (nízké rostliny s menší biomasou, zpomalující nebo zastavující růst po zapojení porostu HP). Nové technické možnosti, využitelné pro danou technologii, přináší postupy precizního zemědělství, přizpůsobení lokální variabilitě terénu, vlastnostem půdy, především hydropedologických (Haberle, Duffková, a kol., 2020; Haberle, Křížová, a kol., 2020), antropogenním faktorům (lokální utužení, souvratě, místa po dočasných hnojištích), intenzitě zaplevelení. Relevantní reakcí na prostorovou variabilitu těchto faktorů je odlišná hloubka nebo hustota důlků na ploše a jejich umístění, odlišný výsevek nebo poměr druhů v případě směsí, aplikace pomocných látek nebo obalovaných semen.

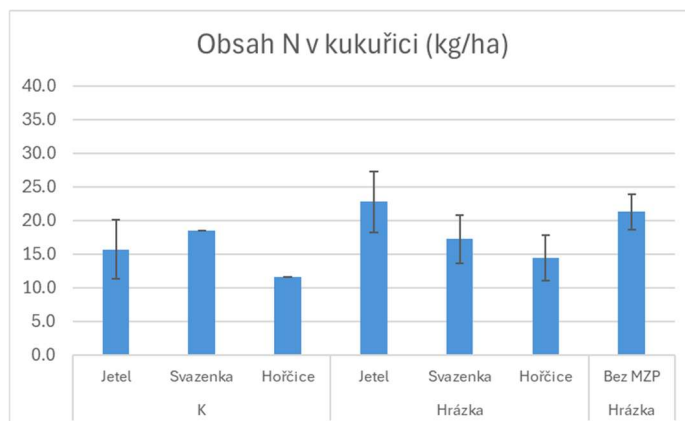
Aplikací nových protierozních technologií můžeme udržet kvalitu půdy pro budoucí generace v měnicích se podmínkách klimatu díky významné redukci eroze půdy a povrchového odtoku vody a zároveň zvýšením využití vody a jejího zadržení na pozemku.

Vliv hrázkování na biomasu a odběr dusíku rostlinami kukuřice a meziplodin (Haberle, Raimanová, Svoboda)

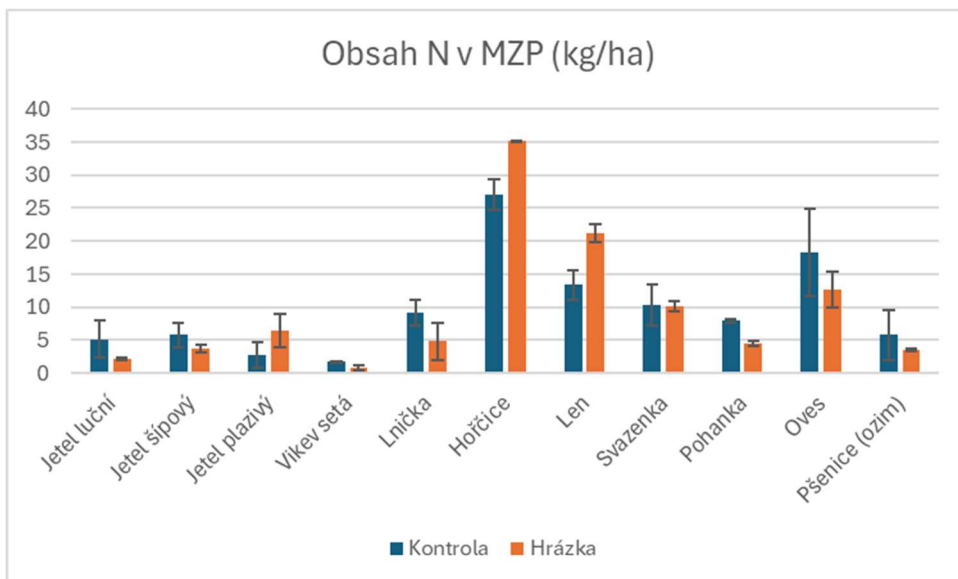
Z výsledků pokusů je patrné, že rozdíly v biomase a obsahu N v sušině rostlin kukuřice se v průměru druhů meziplodin významně nelišily mezi variantami s hrázkami a bez hrázek (Obr.III.18). Při porovnání vlivu jednotlivých druhů meziplodin se prokázala vyšší konkurence hořčice o dusík, což se projevilo vyšším odběrem N a současně snížením odběru N rostlinami kukuřice (Obr.III.20). Odběr N kukuřicí bez přítomnosti meziplodin byl na úrovni variant s méně vzrůstnými druhy meziplodin, jetelem a svazenkou, vyšší nejvýše o 5 kg N/ha (Obr.III.19). To ukazuje, že systém založení meziplodin do hrázek neovlivnil zásadně příjem N kukuřicí, s výjimkou silně konkurenční hořčice, která má rychlý rozvoj a vytváří rozsáhlý kořenový systém se silnou osvojovací schopností.



Obr.III. 18 – obsah sušiny(vlevo) a obsah N (vpravo) u jednotlivých variant sledování

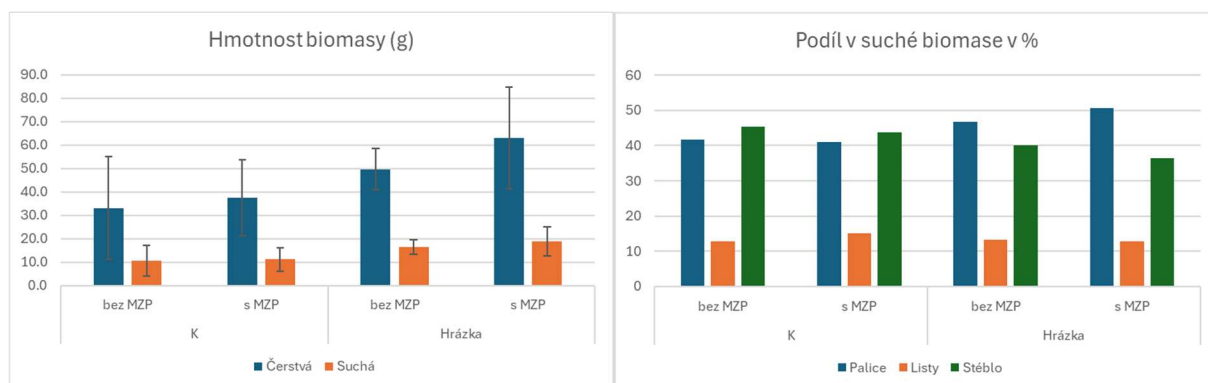


Obr.III. 19 – obsah sušiny a obsah N u jednotlivých variant sledování



Obr. III.20 - Vliv hrázkování a zařazení meziplodin na suchou hmotnost nadzemní biomasy a obsah dusíku v sušině rostlin kukuřice (průměrné hodnoty meziplodin) a obsah N v hmotě meziplodin (MZP) v době vyvinutého 7.listu kukuřice (Chotětov 25.6.2025)

V době sklizně kukuřice se plně projevila pozitivní vliv hrázkování (Obr. III.21). Nejvyšší výnos biomasy (čerstvé i suché) byl dosažen na variantě hrázek s meziplodinou, a to v průměru o téměř 70 % ve srovnání s oběma kontrolními variantami bez hrázek (bez i s meziplodinou). U obou variant s hrázkami tvořily palice vyšší podíl sušiny a sklizená biomasa tak měla lepší kvalitativní parametry.



Obr. III. 21 - Vliv hrázkování a zařazení meziplodin na výnos biomasy kukuřice a podíl jejich jednotlivých částí (palice, listy, stébla) v době sklizně (26.8.2025).

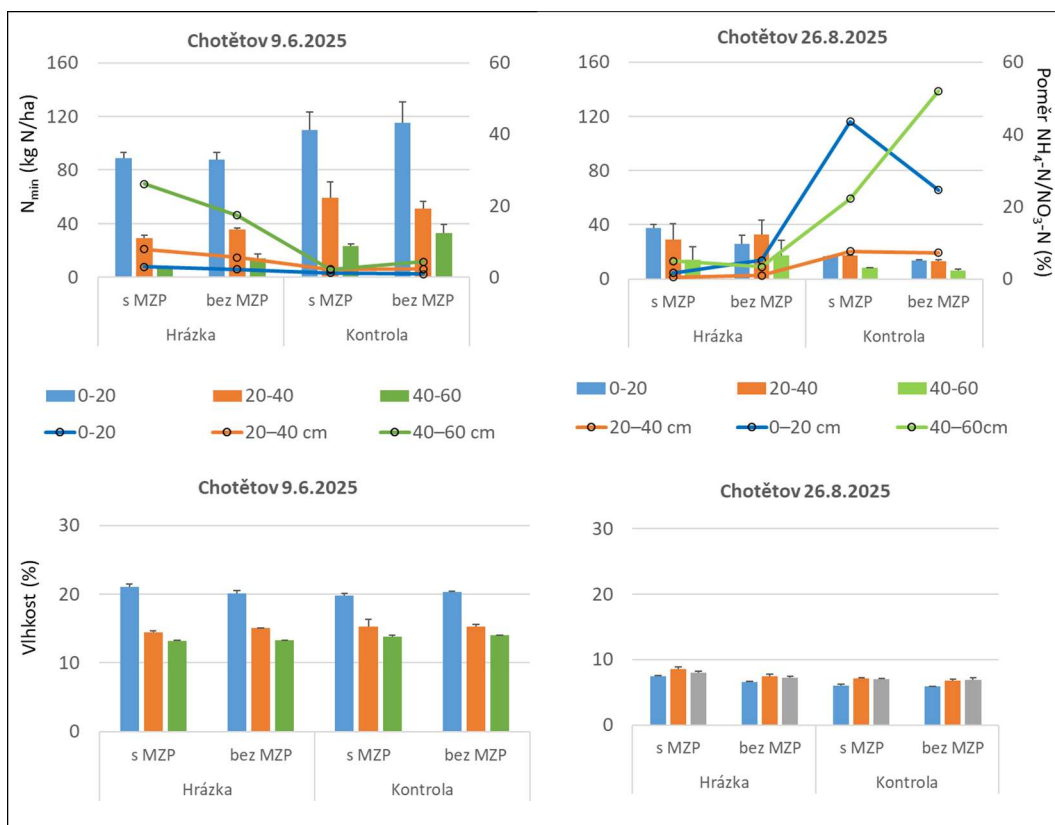
I přes vyšší výnos biomasy u rostlin z varianty s hrázkami a meziplodinou nebyl zjištěn významný rozdíl v obsahu N v biomase (Obr.III.22). Vliv počáteční konkurence s meziplodinou byl následně vyvážen pozitivní úlohou meziplodin pro zasakování srážek a udržení delšího období s vyšší vlhkostí půdy, což společně s pokryvem půdy a tím nižší evapotranspirací umožnilo rostlinám kukuřice lépe využít dostupný dusík.

Obsah N (%)	
K	Hrázka

	bez MZP	s MZP	bez MZP	s MZP
zrno	1,84±0,33	1,92±0,11	1,70±0,21	1,80±0,16
listy	2,04±0,60	2,01±0,32	2,01±0,33	2,53±0,40
stébla	0,48±0,11	0,49±0,09	0,52±0,08	0,56±0,16

Obr.III.22 - Vliv hrázkování a zařazení meziplodin na obsah N ve sklizené biomase kukuřice (Chotětov 26.8.2025).

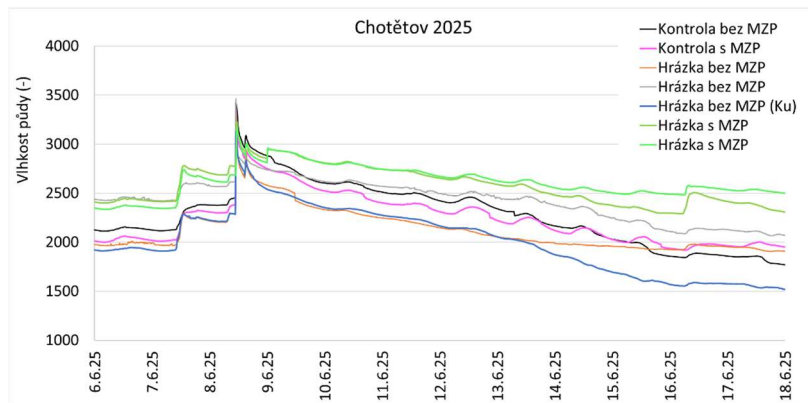
Výsledky na Obr.III.23 ilustrují vliv hrázek a meziplodiny (jetel) na obsah minerálního, dostupného dusíku, N_{min} , poměr amonného a nitrátového N a vlhkost půdy. Na počátku růstu (kukuřice 5-6 listů, jetel 2 páry listů) je v hrázkách o něco vyšší vlhkost půdy a nižší obsah N_{min} . Ten je výsledkem odběru N rostlinami a zřejmě i posunem části N pod 60 cm díky zadržení srážkové vody hrázkami. V době sklizně byla všechna dostupná voda vyčerpána, ale N_{min} byl vyšší pod hrázkami (rozdíl nebyl velký), díky zadržení povrchového smyvu a příspěvku N fixovaného jetelem. Změny podílu amonného a nitrátové složky N_{min} indikují vliv hrázek na dynamiku N, což by zasloužilo hlubší výzkum, protože příjem nitrátového a amonného N je významný z hlediska odlišných nároků na jejich asimilaci v rostlině.



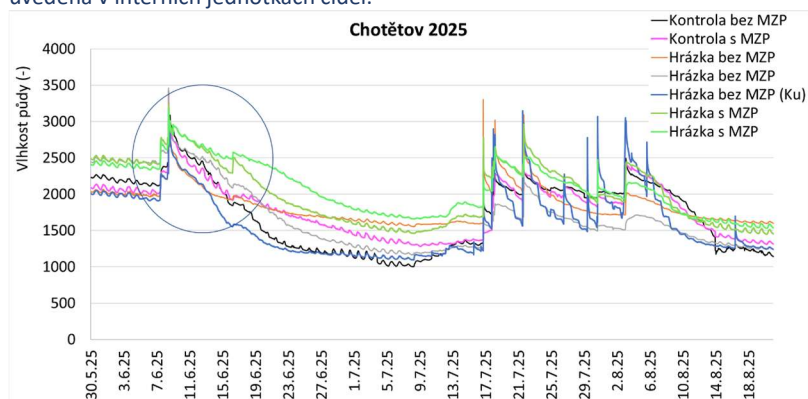
Obr.III.23 - Obsah N_{min} ($NH_4-N + NO_3-N$) a podíl amonného a nitrátového N (čárový graf) a vlhkost půdy (dole) na počátku období rychlého růstu (9.6.2025) a před sklizně kukuřice (26.8.2025) ve vrstvách ornice a podorničí u variant bez a s meziplodinou (MZP). Poloprovozní pokus Chotětov 2025.

Změny vlhkosti ornice kontinuálně monitorované čidly s pamětí u variant s hrázkami a meziplodinami jsou zobrazeny na Obr.III.24. Srážky v první dekádě června zvýšily vlhkost půdy u všech variant, ale je patrné, že další silnější dešť (16.6.) se u variant s hrázkami a jetelem projevil zvýšením vlhkosti, zatímco u kontroly bez hrázek a meziplodiny i u variant s hrázkou, ale bez meziplodiny bylo zvýšení menší nebo jen krátkodobé, voda tedy do půdy dostatečně nezásákla. Další měsíc bylo sucho a prostorovou variabilitu zasakování vody ze silných srážek ovlivnily praskliny v půdě, zaschnutí jetele a částečné zakrytí vysokými rostlinami kukuřice, jejíž listy stahují vodu ke

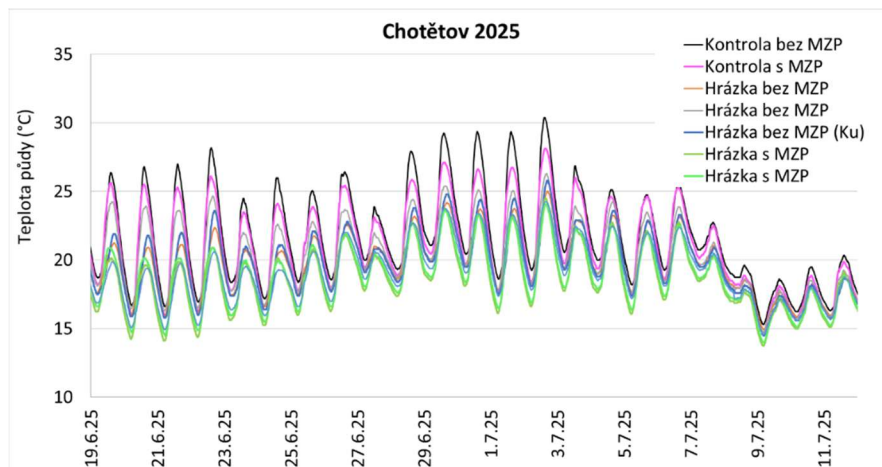
kořenům, přesto jsou u varianty s hrázkami a meziplodinami patrné vyšší hodnoty. Výsev meziplodin v hrázkách také snižoval zahřívání půdy zakrytím povrchu a ochlazováním výparem vody (Obr. III.26).



Obr.III.24 – Průběh vlhkosti ornice kontinuálně monitorované čidly s pamětí u variant s hrázkami a meziplodinami. Vlhkost je uvedena v interních jednotkách čidel.



Obr.III.25 - Změny vlhkosti půdy v ornici (0-20 cm) v průběhu růstu meziplodin a kukuřice monitorované čidly TMS-4; vlhkost je v interních jednotkách čidel. Varianty: Kontrola bez hrázkování a Hrázka s nebo bez meziplodin (MZP). Byly monitorovány i změny vlhkosti v řádce rostlin kukuřice (ku). Dole – detail období 6-16.6.2025. Poloprovodní pokus s řádkovými výsevy meziplodin v meziřadí kukuřice. Chotětov 2025.



Obr. III.26 - Změny teploty půdy v ornici (v 10 cm) v průběhu růstu meziplodin a kukuřice monitorované čidly TMS-4. Poloprovodní pokus s řádkovými výsevy meziplodin v meziřadí kukuřice. Chotětov 2025.

IV. Srovnání novosti postupů

Předkládaná metodika poskytuje informace o praktickém využití inovovaného technologického postupu oproti současným řešením. Novost postupů je deklarována vznikem nových prototypů strojů, které byly cíleně vyvíjeny pro tyto systémy hospodaření na půdě a ověřením jejich využitelnosti v polních podmínkách.

V. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika zahrnuje komplexní pohled na uváděnou problematiku a obsahuje nejnovější informace a praktická doporučení vycházející z výzkumných a vývojových aktivit řešitelů projektu. Práce je určena nejen pro zemědělskou praxi, ale také jako studijní materiál pro studenty středních a vysokých škol zemědělského zaměření, pro zemědělské poradce a pro pracovníky státní správy.

VI. Ekonomické aspekty (Pražan, Abrahám, Jevič)

V rámci implementace inovované technologie, kde je primárně kladen požadavek na minimalizaci eroze půdy vlivem klimatické změny byly vypočítány ekonomické ukazatele použití obou vyvinutých prototypů. První prototyp určený pro čtyřřádkovou technologii pěstování kukuřice, který je určený pro menší výměry, byl sestaven modelový případ pro technologii pěstování kukuřice na siláž v ekologickém režimu. Pro druhý širokořádkový stroj vhodný pro 6 řádkovou technologii pěstování kukuřice byla vytvořena kalkulace pro středně velký zemědělský podnik hospodařící s klasickou výměrou a produkcí kukuřice na siláž.

A) Ekonomické ukazatele použití prototypu u čtyřřádkové technologie pěstování kukuřice a kultivace pomocí hybridní protierozní technologie HYPROS 3

V rámci vyvinutého prototypu stroje pro meziřádkovou kultivaci s protierozním hrázkováním a setím meziplodiny HYPROS 3, která je vhodná pro malé zemědělce, a dále na základě vstupních parametrů, byla vypočtena ekonomika provozu pro jednotlivé roční využití stroje. Čtyřřádková kultivace pomocí tohoto prototypu spočívá v možnosti plného zpracování tří nebo čtyř meziřádků, dle použitého rozchodu náprav traktoru, tedy plečkování, hrázkování a současného setí meziplodiny. A současné oplečkování dvou krajních půlřádků, které tvoří meziřádek mezi jednotlivými jízdami secího stroje při setí, které jsou často využívány pro dorovnání nerovnosti pozemku a kdy není vždy dodržen rozteč meziřádku 75 cm. Plečka tedy oplečkuje 3 (4) meziřádky a dva krajní půlřádky. V rámci postupného vývoje pohonného mechanismu hrázkovačích hrázek byla dosažena požadovaná kvalita práce při 5 – 6 km/hod dle aktuálních půdních podmínek. Tato pracovní rychlost je o 2 km/hod nižší než u standardních operací meziřádkové kultivace (samotné plečkování), která se pohybuje okolo 8 km/hod. Pořizovací cena HYPROS 3 neseného stroje se secí jednotkou APM byla kalkulována ve výši 600.000,-- Kč vč. DPH. V rámci těchto kalkulací byl použit kultivační traktor s výkonem motoru 69 kW a počítána plošná výkonnost 1,3 ha/hod, měrná spotřeba motorové nafty 5 l/ha s hodinovým tarifem obsluhy traktoru 250 Kč/hod.

V následující tabulce IV.1 jsou uvedeny výsledné ekonomické parametry pracovní operace plečkování (meziřádkové kultivace) a dále ekonomické parametry použití hybridního protierozního stroje HYPROS 3 (tab IV.2). Z těchto tabulek je zřejmé, že při uvažovaném ročním využití plečky (150 hod/rok) pro meziřádkovou kultivaci vychází jednotkové náklady pracovní soupravy na 959 Kč/ha u hybridní protierozní technologie je tato cena o 27 % vyšší a vychází na 1222 Kč/ha bez započítané ceny osiva meziplodiny Jako osivo je uvažována směs dvou jetelů (výsevek 8 kg/ha, průměrná cena osiva 1744 Kč/ha).

Tab.IV.1 - Náklady pracovní soupravy při použití meziřádkové kultivace (samotné plečkování)

Plečka				Traktor + řidič		Souprava
Pletí - výkonnost: 1,3 ha/h				TK 60-69 kW + řidič 250 Kč/h		
Nasazení	FixNakl	Var.Nakl	CelkNakl	8 r, 1400 h/r, 5 l/ha		Celkem
(h/r)	(Kč/ha)	(Kč/ha)	(Kč/ha)	Kč/h	Kč/ha	Kč/ha
100	492	80	572	716	551	1123
150	328	80	408	716	551	959
200	247	80	327	716	551	878
250	197	80	277	716	551	828
300	164	80	244	716	551	795
350	141	80	221	716	551	772
400	124	80	204	716	551	755

450	110	80	190	716	551	741
500	99	80	179	716	551	730

Tab.IV.2 - Náklady soupravy při použití protierozní technologie pletí, hrázkování a současného setí meziplodiny pomocí prototypu stroje HYPROS 3

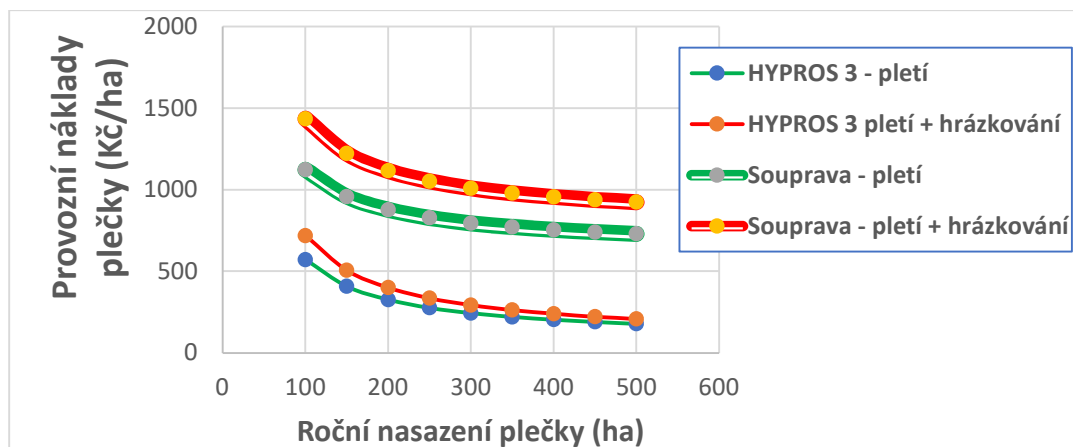
Plečka + hrázkování + setí				Traktor		Souprava
Pletí + hrázkování: výkonost 1,0 ha/h				TK 80-99 kW + řidič 250 Kč/h		
Nasazení	FixNakl	Var.Nakl	CelkNakl	8 r, 1400 h/r, 4,5 l/ha,		Celkem
(h/r)	(Kč/ha)	(Kč/ha)	(Kč/ha)	Kč/h	Kč/ha	
100	1358	100	719	716	716	1435
150	406	100	506	716	716	1222
200	300	100	400	716	716	1116
250	236	100	336	716	716	1052
300	193	100	293	716	716	1009
350	163	100	263	716	716	979
400	140	100	240	716	716	956
450	122	100	222	716	716	938
500	108	100	208	716	716	924

Pozn.: - mj - měrná jednotka operace (u polních prací mj=ha, u dopravy mj=t)

V rámci hodnocení lze uvést, že do nových postupů je implementována pracovní operace meziřádkové kultivace. Mezi hlavní patří eliminace plevelů a narušení vrchní vrstvy půdy, pro lepší infiltraci srážkové vody. To v historickém kontextu by mohlo opět kukuřici zařadit do okopanin, kam se ještě v raných fázích implementace mechanizované produkce kukuřice zařazovala. Nahrazením okopávání (plečkování) pomocí ochranných látek a vyřazení operace okopávání se tato plodina přeřadila do kategorie obilnin.

Podstatnou výhodou vyvinutého prototypu s hybridním protierozním účinkem je možnost vypínat jednotlivé sekce (funkce stroje). Tedy jen plečkovat (A), plečkovat a hrázkovat bez setí (B) nebo plečkovat a sít meziplodinu (C). V rámci těchto nabízených funkcionalit stroje je možné modifikovat strategii pěstování kukuřice či ostatních širokořádkových plodin. Multifunkcionalita navíc zvyšuje užitnou hodnotu stroje, protože se zvyšuje roční nasazení stroje.

V rámci strategie maximalizace protierozní ochrany půdy a minimalizace ekonomických nákladů na pěstování lze tedy tímto strojem zvolit technologický postup, že celé pole bude v rámci jedné jízdy oplečkováno na rovinných plochách, a to pracovní rychlostí cca 8 km/hod a s minimem nákladů na pěstování plodiny hlavní. V rámci svahové variability pozemku ($v_p = 5,5$ Km/hod), lze na erozních plochách (svahu) zapnout přídatnou funkci plečkování a setí a minimalizovat rizika eroze půdy, ale i zlepšit dle výsledků uvedených v předešlých kapitolách, lepším využitím vody v místě dopadu, a to transportem do hlubších vrstev půdy a sníženým odparem vlivem vyšších letních teplot. Takže u námi založených poloprovozních pokusů a výměr zemědělského podniku, kde svah spadající do MEO činil v průměru 20% celkové výměry pozemku si lze udělat představu o výsledných nákladech na jednotku produkce. Výsledné porovnání obou pracovních postupů, buď samotné plečkování nebo inovované hrázkování se současným setím meziplodiny uvádí následující grafické zobrazení na Obr.IV.1.



Obr. IV.1 - Vliv ročního nasazení jednotlivých způsobů kultivace na provozní náklady u čtyřřádkové technologie pěstování kukuřice

V rámci použití třířádkového (čtyřřádkového) protierozního stroje byl pomocí expertního systému AGROTEKIS namodelován celý technologický proces spojený s pěstováním kukuřice na siláž včetně výsledné ekonomiky pěstování. Tak aby byla jasná struktura jednotlivých nákladů v procesu pěstování. V rámci tohoto technologického procesu byla kalkulována dvojitá dávka separátu (2 x 20t/ha), příprava půdy, setí, protierozní opatření a sklizeň včetně dopravy. Dle agrotechnických termínů následuje průměrně po 14 dnech od setí kukuřice ve fázi růstu 3 až 5 listu, probíhá meziřádková kultivace spojená s tvorbou hrázek a setím meziplodiny. Jednotlivé náklady pracovních operací pěstování kukuřice na siláž v ekologickém způsobu pěstování uvádí tabulka IV.3. Z této je patrné, že celkové náklady na produkci kukuřice se bez použití inovované technologie, tedy odečtením pracovní operace hrázkování 2544 Kč/ha a započítáním nutného plečkování (1 plečkování – pozdější výsev kukuřice, kdy jsou již minimalizovány hlavní sezónní plevele, náklad plečkování 800 Kč/ha) vycházely celkové náklady 35.513,-- při celoplošné implementaci inovované protierozní technologie tyto náklady vzrostou na 37.257,-- Kč.

Tab.IV.3 –Náklady technologických operací pěstování kukuřice na siláž při použití inovované protierozní technologie a herbicidního ošetření před vlastním setím, tak aby ochranná lhůta byla min 30 dní před setím meziplodiny

Číslo-Název operace	Materiálové vstupy					Technické zajištění operace					Variabilní náklady celkem Kč/ha
	Opakovat	Název	Množs MJ/ha	Cena Kč/MJ	Náklad Kč/ha	Souprava			Normativy		
							h/mj	l/mj	Kč/mj		
80-Doprava a rozmetání TMH (0,3 t/ha)	1	Superfosfát 0,26 + Draselná	0,61	10130	6179	Traktory kolové 80 - 99 kW Rozmetadla TMH návěsná 6000 l	0,1	1,2	150	150	6329
20-Doprava a rozmetání separátu (20 t/ha)	1	Separát digestátu	20	300	6000	Traktory kolové 150 - 180 kW Rozmetadla hnoje návěsná 16 t	0,85	18	1950	1950	7950
30-Kypření 350 mm	1		0	0	0	Traktory kolové 200 - 250 kW Kypřiče radličkové 4,5 m	0,36	12	1018	1018	1018
40-Smykování s vláčením	1		0	0	0	Traktory kolové 120 - 150 kW Branosmyky 6 m	0,25	5,5	478	478	478
50-Doprava a rozmetání separátu (20 t/ha)	1	Separát digestátu	20	300	6000	Traktory kolové 150 - 180 kW Rozmetadla hnoje návěsná 16 t	0,85	18	1950	1950	7950
60-Kombinátorování	1		0	0	0	Traktory kolové 150 - 180 kW Kombinátory s urovnáním 6m	0,31	7,5	841	841	841
70-Setí přesnými secími stroji	1	Osivo kukuřice na siláž, VJ 80 tis. semen	30	151	4530	Traktory kolové 50 - 59 kW Secí stroje pro přesný výsev 6 ř.	0,45	3,4	759	759	5289
80-Plečkování s hrázkováním a setím krycí plodiny	1	Osivo jetele	8	218	1744	Traktory kolové 80-99 kW HYPROS 6 + výsevní jednotka	0,5	4,5	800	800	2544
100-Sklizeň píce na siláž	1	Kukuřice na siláž	35	0	0	Sklízecí řezačky samojízdné 450 kW	0,33	29	2173	2173	2173
110-Doprava středněobj. hmot - vyprazdňovací návěsy	35		0	0	0	Traktory kolové 80 - 99 kW Návěsy vyprazdňovací 50 m3	0,04	0,35	60	2100	2100
120-Podmítka střední (80-120 mm)	1		0	0	0	Traktory kolové 200 - 250 kW Podmítače talířové 8 m	0,19	5,3	585	585	585
Plodina celkem *					24453		6	117		12804	37257

Pozn.: - mj - měrná jednotka operace (u polních prací mj=ha, u dopravy mj=t)

Pro naše porovnání jsme v modelovém výpočtu uvedli velmi obdobné použité technologie, jak pro stroj HYPROS 3, tak pro stroj HYPROS 6 tedy především stejnou dávku aplikace separátu a bez aplikace POR na porost. Z tohoto srovnání je zřejmé, že úsporou za POR je významná. Nicméně pro nižší výnos kukuřice, který je oproti konvenčním způsobu (kalkulovaný výnos 50 t/ha) je v ekologickém režimu průměrný výnos o 30% nižší (uvažováno 35 t/ha) jsou výsledné náklady na jednotku produkce vyšší v tomto způsobu pěstování.

Výsledné náklady na jednotku produkce pěstování kukuřice na siláž v konvenčním a uvažovaném kalkulačním modelu dle programu AGROTEKIS a způsobu hospodaření pro zemědělský podnik s průměrnou celkovou výměrou 120 ha včetně započítání současné podpory vychází dle modelového výpočtu na 905 Kč/t. (Tab. IV.4)

Tab.IV.4 - Výsledné náklady na jednotku produkce pěstování kukuřice na siláž v ekologickém způsobu hospodaření pro malý zemědělský podnik s průměrnou celkovou výměrou 120 ha – modelový výpočet

Variabilní náklady technologických operací	37257	Kč/ha
Fixní náklady (pachtovné, daň, režie, pojištění)	5000	Kč/ha
Dotace BVISS	1818	Kč/ha
Doplňková redistributivní podpora	3599	Kč/ha
Dotace "Ekologické zemědělství"	5163	Kč/ha
Výsledné náklady	31677	Kč/ha
Výsledné náklady na jednotku produkce	905	Kč/t

B) Ekonomické ukazatele použití prototypu u šestiřádkové technologie pěstování kukuřice a kultivace pomocí hybridní protierozní technologie ozn. HYPROS 6

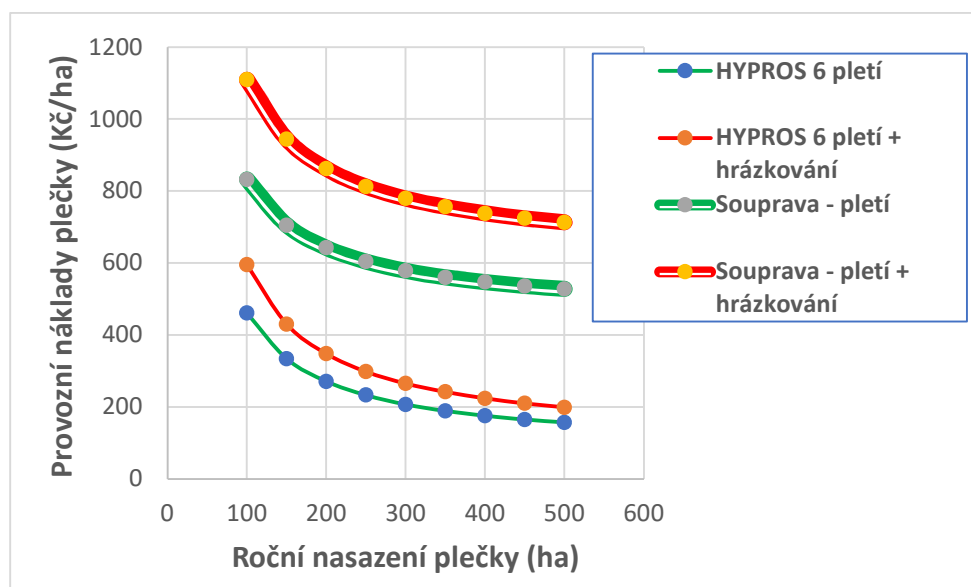
Na základě předešlé kalkulace byla sestavena kalkulace nákladů i pro druhý prototyp. Tento je vhodný pro šestiřádkovou technologii pěstování kukuřice (Tab. IV.5). Zde je zpracování jednotlivých meziřádků stejné jako u předešlého prototypu. Kalkulace se jen liší širší, a tedy i dražší konstrukcí stroje, kde je však vyšší plošná výkonnost. Porovnáním 4řádkové a 6řádkové kultivace je zřejmé, že došlo ke snížení finančních nákladů u stejného ročního využití stroje 150 hod/rok o 27% tedy na 705 Kč při samotném plečkování šestiřádkovým plečkovacím strojem. Porovnáním 4řádkové a 6 řádkové kultivace inovované technologie klesl měrný náklad o 23% tedy na 944 Kč/ha. V rámci těchto kalkulací byl použit kultivační traktor s výkonem motoru 90 kW a počítána měrná spotřeba motorové nafty 4,5 l/ha s hodinovým tarifem obsluhy traktoru 250 Kč/hod.

Tab.IV.5 - Náklady pracovní soupravy při použití meziřádkové kultivace pomocí plečkování (6 řádková technologie pěstování kukuřice)

Plečka				Traktor + řidič		Souprava
Pletí - výkonnost: 2,6 ha/h				TK 80-99 kW + řidič 250 Kč/h		
Roční nasazení (h/r)	FixNakl (Kč/ha)	Var.Nakl (Kč/ha)	CelkNakl (Kč/ha)	8 r, 1400 h/r, 4,5 l/ha		Celkem (Kč/ha)
100	381	80	461	965	371	832
150	254	80	334	965	371	705
200	191	80	271	965	371	642
250	153	80	233	965	371	604
300	127	80	207	965	371	578
350	109	80	189	965	371	560
400	96	80	176	965	371	547
450	85	80	165	965	371	536
500	77	80	157	965	371	528

Tab.IV.6 - Náklady soupravy při použití protierozní technologie pletí, hrázkování a současného setí meziplodiny u šestiřádkové technologie pěstování kukuřice a kultivace pomocí hybridní protierozní technologie ozn. HYPROS 6

Plečka + hrázkování			Traktor		Souprava	
Pletí + hrázkování: výkonost 2 ha/h			TK 80-99 kW + řidič 250 Kč/h			
Roční nasazení	FixNakl	Var.Nakl	CelkNakl	8 r, 1400 h/r, 4,5 l/ha,		Celkem
(h/r)	(Kč/ha)	(Kč/ha)	(Kč/ha)	Kč/h	Kč/ha	Kč/ha
100	495	100	595	1028	514	1109
150	330	100	430	1028	514	944
200	248	100	348	1028	514	862
250	198	100	298	1028	514	812
300	165	100	265	1028	514	779
350	142	100	242	1028	514	756
400	124	100	224	1028	514	738
450	110	100	210	1028	514	724
500	99	100	199	1028	514	713



Obr. VI.2 - Vliv ročního nasazení jednotlivých způsobů kultivace na provozní náklady u šestiřádkové technologie pěstování kukuřice

V rámci použití tohoto šestiřádkového protierozního stroje byl pomocí expertního systému AGROTEKIS namodelován celý technologický proces spojený s pěstováním kukuřice na siláž včetně výsledné ekonomiky pěstování. V rámci tohoto technologického procesu byla kalkulována dvojitá dávka separátu (2x 15 t/ha), příprava půdy, setí a dvojitá ošetření porostu postřikem. Kdy první POR herbicidní dávka (oblíbený preemergentní přípravek ADENGO) je aplikována hned po kombinátorování, tak aby setí meziplodiny mohlo být provedeno po ochranné lhůtě, tedy min po 30 dnech od aplikace. Dle agrotechnických termínů následuje setí kukuřice a průměrně po 14 dnech od setí a vzejití kukuřice zhruba ve 3 až 5 listu, probíhá meziřádková kultivace spojená s tvorbou hrázků a setím meziplodiny. V kalkulaci je též kalkulována sklizeň a doprava. Jednotlivé náklady pracovních operací pěstování kukuřice na siláž v konvenčním způsobu pěstování uvádí tabulka IV.7. Z této je patrné, že celkové náklady na produkci kukuřice se bez použití inovované technologie, tedy odečtením pracovních operací hrázkování 2544 Kč/ha, jsou náklady 36.890,-- při celoplošné implementaci protierozní technologie tyto náklady vzrostou na 39.414,-- Kč/ha. V rámci úpory POR je možné místo první aplikace pesticidů (2.169,-- Kč/ha) provést celoplošnou

kultivaci s hrázkováním a setím meziplodiny ve svahu. Zde lze kalkulovat celkové náklady na pěstování kukuřice na siláž ve výši 37.246,-- Kč/ha. Výsledné náklady na jednotku produkce pěstování kukuřice na siláž v konvenčním a uvažovaném kalkulačním modelu dle programu AGROTEKIS a způsobu hospodaření pro zemědělský podnik s průměrnou celkovou výměrou 800 ha včetně započítání současné podpory vychází 780 Kč/t. (viz. Tab. IV.8)

Tab.VI.7 –Náklady technologických operací pěstování kukuřice na siláž při použití inovované protierozní technologie a herbicidního ošetření před vlastním setím, tak aby ochranná lhůta byla min 30 dní před setím meziplodiny

Číslo-Název operace		Materiálové vstupy				Technické zajištění operace					Variabilní náklady celkem
	Opakovat	Název	Množství MJ/ha	Cena Kč/MJ	Náklady Kč/ha	Souprava	Normativy h/m l/mj Kč/			Náklady Kč/ha	Kč/ha
80-Doprava a rozmetání TMH (0,3 t/ha)	1	Superfosfát 0,26 + Draselná sůl 0,25 +	0,61	10130	6179	Traktory kolové 80 - 99 kW Rozmetadla TMH návěsná 6000 l	0,1	1,2	150	150	6329
20-Doprava a rozmetání separátu (15 t/ha)	1	Separát digestátu	15	300	4500	Traktory kolové 150 - 180 kW Rozmetadla hnoje návěsná 16 t	0,7	14	1680	1680	6180
30-Kypření 350 mm	1		0	0	0	Traktory kolové 200 - 250 kW Kypřiče radličkové 4,5 m	0,36	12	1018	1018	1018
40-Smykování s vláčením	1		0	0	0	Traktory kolové 120 - 150 kW Branosmyky 6 m	0,25	5,5	478	478	478
50-Doprava a rozmetání separátu (15 t/ha)	1	Separát digestátu	15	300	4500	Traktory kolové 150 - 180 kW Rozmetadla hnoje návěsná 16 t	0,7	14	1680	1680	6180
60-Kombinátorování	1		0	0	0	Traktory kolové 150 - 180 kW Kombinátory s urovnáním 6m	0,31	7,5	841	841	841
70-Plošný postřik 200 - 300 l/ha	1	Herbicid	1,3	1475	1918	Traktory kolové 60 - 69 kW Postřikovače návěsné 3000 l	0,2	1,2	251	251	2169
70-Seti přesnými secimi stroji	1	Osivo kukuřice na siláž, VJ 80 tis. semen	30	151	4530	Traktory kolové 50 - 59 kW Secí stroje pro přesný výsev 6 ř.	0,45	3,4	759	759	5289
80-Plečkování s hrázkováním a setím krycí plodiny	1	Osivo jetele	8	218	1744	Traktory kolové 80-99 kW HYPROS 6 + výsevní jednotka	0,5	4,5	800	800	2544
90-Plošný postřik 200 - 300 l/ha	0,5	Herbicid/fungicid	0,7	1113	390	Traktory kolové 60 - 69 kW Postřikovače návěsné 3000 l	0,2	1,2	251	126	515
80-Doprava a rozmetání TMH (0,3 t/ha)	1	Ledek amonný s dolomitem - LAD	0,21	9350	1964	Traktory kolové 80 - 99 kW Rozmetadla TMH návěsná 6000 l	0,1	1,2	150	150	2114
100-Sklizeň píce na siláž	1	Kukuřice na siláž	50	0	0	Skřížecí řezačky samojízdné 450 kW	0,33	29	2173	2173	2173
110-Doprava středněobj. hmot - vyprazdňovací návěsy	50		0	0	0	Traktory kolové 80 - 99 kW Návěsy vyprazdňovací 50 m3	0,04	0,35	60	3000	3000
120-Podmítka střední (80-120 mm)	1		0	0	0	Traktory kolové 200 - 250 kW Podmítače talířové 8 m	0,19	5,3	585	585	585
Plodina celkem *					25724		6,2	116		13691	39414

Pozn.: - mj - měrná jednotka operace (u polních prací mj=ha, u dopravy mj=t)

Tab.VI.8 - Výsledné náklady na jednotku produkce pěstování kukuřice na siláž v konvenčním způsobu hospodaření pro zemědělský podnik s průměrnou celkovou výměrou 800 ha – modelový výpočet

Variabilní náklady technologických operací	39414	Kč/ha
Fixní náklady (pachtovné, daň, režie, pojištění)	5000	Kč/ha
Dotace BVISS	1818	Kč/ha
Doplňková redistributivní podpora	3599	Kč/ha
Výsledné náklady	38997	Kč/ha
Výsledné náklady na jednotku produkce	780	Kč/t

Literatura

- Adetunji, A. T., Ncube, B., Mulidzi, R., & Lewu, F. B. (2020). Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. *Soil and Tillage Research*, 204, 104717. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2020.104717>
- Adhikari, K., & Hartemink, A. E. (2016). Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma*, 262, 101–111. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2015.08.009>
- African Development Bank. (2008). Assessment of Best Practises and Experience in Water Harvesting. In *Rainwater Harvesting Handbook*.
- Attia, A., Marohn, C., Shawon, A. R., de Kock, A., Strassemeyer, J., & Feike, T. (2024). Do rotations with cover crops increase yield and soil organic carbon?—A modeling study in southwest Germany. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 375, 109167. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2024.109167>
- Belay, A., Gebrekidan, H., & Uloro, Y. (1998). Effect of tied ridges on grain yield response of Maize (*Zea mays* L.) to application of crop residue and residual N and P on two soil types at Alemaya, Ethiopia. *South African Journal of Plant and Soil*, 15(4), 123–129. <https://doi.org/10.1080/02571862.1998.10635130>
- Böldt, M., Taube, F., Vogeler, I., Reinsch, T., Kluß, C., & Loges, R. (2021). Evaluating Different Catch Crop Strategies for Closing the Nitrogen Cycle in Cropping Systems—Field Experiments and Modelling. *Sustainability*, 13(1), 394. <https://doi.org/10.3390/su13010394>
- Brant, V., Kroulík, M., Šmöger, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Hamouz, P., & Tyšer, L. (2019). *Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin*. Agrární komora České republiky. <https://cpz.czu.cz/dl/81815?lang=cs>
- Brant, V., Kroulík, M., Šmöger, J., Zábranský, P., Škeříková, M., Krček, V., & Kunte, J. (2018). Pěstební systémy ozimé pšenice - Využití pomocných plodin a směsných plodin. *Úroda*, 6, 20–22.
- Brant, V., Šmöger, J., Slabý, J., Kroulík, M., Zábranský, P., Ryčl, D., Škeříková, M., & Hofbauer, M. (2019). Mák s podsevem jarního ječmene. *Úroda*, 3, 41–48.
- Cadoux, S., Sauzet, G., Valantin-Morison, M., Pontet, C., Champolivier, L., Robert, C., Lieven, J., Flénet, F., Manganot, O., Fauvin, P., & Landé, N. (2015). Intercropping frost-sensitive legume crops with winter oilseed rape reduces weed competition, insect damage, and improves nitrogen use efficiency. *OCL*, 22(3), D302. <https://doi.org/10.1051/OCL/2015014>
- Capouchová, I., & P., D. (2022). Pěstování pšenice seté ve směsné kultuře s leguminózou. *Agromanuál*.
- Emara, E., Meselhy, A., Ashour, T., & El-Haddad, Z. (2023). Effect of Reservoir Tillage System and Organic Fertilization on Soil Water Erosion Resistance under Rainfed Conditions. *Benha Journal of Applied Sciences*, 0(0), 0–0. <https://doi.org/10.21608/bjas.2023.196806.1102>
- Farooq, M., Bajwa, A. A., Cheema, S. A., & Cheema, Z. A. (2013). Application of allelopathy in crop production. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(6), 1367–1378. <https://squ.elsevierpure.com/en/publications/application-of-allelopathy-in-crop-production/>
- Gabriel, J. L., García-González, I., Quemada, M., Martin-Lammerding, D., Alonso-Ayuso, M., & Hontoria, C. (2021). Cover crops reduce soil resistance to penetration by preserving soil surface water content. *Geoderma*, 386, 114911. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114911>
- Gebru, H. (2015). A Review on the Comparative Advantages of Intercropping to Mono-Cropping System. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(9), 1–13. <https://iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/22307>
- Gordon, R. J., VanderZaag, A. C., Dekker, P. A., De Haan, R., & Madani, A. (2011). Impact of modified tillage on runoff and nutrient loads from potato fields in Prince Edward Island. *Agricultural Water Management*, 98(12), 1782–1788. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.07.007>
- Greiner, L., Keller, A., Grêt-Regamey, A., & Papritz, A. (2017). Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. *Land Use Policy*, 69, 224–237. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.025>

- Haberle, J., Duffková, R., Raimanová, I., Fučík, P., Svoboda, P., Lukas, V., & Kurešová, G. (2020). The 13C Discrimination of Crops Identifies Soil Spatial Variability Related to Water Shortage Vulnerability. *Agronomy*, 11(10), 1691.
- Haberle, J., Křížová, K., Svoboda, P., Lukáš, J., Raimanová, I., & Stehlík, M. (2020). Využití projevů sucha u plodin pro monitoring prostorové variability půd. *Úroda*, 68(12), 8.
- Haberle, J., Svoboda, P., Kurešová, G., & Neumannová, A. (2015). Vliv utužení půdy a nedostatku vody na velikost kořenů a plodin. *Úroda*, 63(12), 251–254.
- Haberle, J., Svoboda, P., Šimon, T., Kurešová, G., Neumannová, A., & Klír, J. (2016). Distribuce minerálního dusíku v půdě v podnicích se zavlažovanou zeleninou. *Úroda*, 64(12), 333–336.
- Haberle, J., Žák, M., Káš, M., & Svoboda, P. (2017). Strniskové meziplodiny a nízké teploty v podzimním období. In J. Rožnovský & T. Litschmann (Eds.), *Mrazy a jejich dopady*. Český hydrometeorologický ústav.
- Holubík, Svoboda, Haberle, P. (2021). *Zařízení typu rhizotron pro sledování růstu kořenů rostlin v neporušeném bloku půdy* (PUV 35678).
- Hůla, J., Kovaříček, P., Stehlík, M., Vlášková, M., & Gerndtová, I. (2018). Uplatnění techniky v půdochranných technologiích. In M. Dědina & P. Měkotová (Eds.), *Ročenka 2017* (pp. 22–27). Výzkumný zemědělské techniky, v.v.i. <https://www.vuzt.cz/wp-content/uploads/2021/02/roc17.pdf>
- Hulugalle, N. R. (1988). Intercropping Millet and Bambara groundnut on tied ridges in the Sudan Savannah of Burkina Faso. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 2(2), 97–109. <https://doi.org/10.1080/15324988809381163>
- Janeček, M., Dostál, T., Kozlovsky-Dufková, J., Dumbrovský, M., Hůla, J., Kadlec, V., Konečná, J., Kovář, P., Krása, J., Kubátová, E., Kobzová, D., Kudrnáčová, M., Novotný, I., Podhrázká, J., Pražan, J., Procházková, E., Středová, H., Toman, F., Vopravil, J., & Vlasák, J. (2012). Ochrana zemědělské půdy před erozí. *Metodika*, 113.
- Kapička, J., Mistr, M., & Šandera, A. (2024). *Obhospodařování půdy způsobem, který snižuje riziko degradace půdy a eroze*.
- Káš, M., & Haberle, J. (2015). Meziplodiny. In P. Konvalina (Ed.), *Pěstování vybraných plodin v ekologickém zemědělství* (pp. 267–284). JČU.
- Káš, M., Kurešová, G., & Haberle, H. (2021). Strniskové meziplodiny – agrotechnické postřehy a přezimování. *Selská Revue*, 4, 90–94.
- Kasal, P. (2016). Nová půdochranná opatření při pěstování brambor. *Agromanuál*.
- Kim, N., Zabaloy, M. C., Guan, K., & Villamil, M. B. (2020). Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. *Soil Biology and Biochemistry*, 142, 107701. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107701>
- Kintl, A., Sobotková, J., Elbl, J., & Huňady, I. (2022). Lokální zdroj dusíkatých látek ze smíšené kultury kukuřice a fazolu. *Agromanuál*.
- Klír, J., Haberle, J., Růžek, P., Šimon, T., & Svoboda, P. (2018). *Postupy hospodaření pro efektivní využití dusíku a snížení jeho ztrát*.
- Klír, J., Kozlovská, L., Haberle, J., & Mühlbachová, G. (2018). *Metodický návod pro hospodaření ve zranitelných oblastech*.
- Konzett, M., Brunner, T., Strauss, P., & Schmaltz, E. M. (2025). Spatio-temporal stability of micro-dams as mitigation measures and disconnective elements to water erosion in potato farming. *Geoderma*, 462(September), 117519. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2025.117519>
- Konzett, M., Schmaltz, E., Weinberger, C., Summerer, H., Haslinger, G., Helmsreich, T., Mayr, L., Wasner, J., Holzer, G., Rechberge, C., & Strauß, P. (2022). *Erosionsschutz im Kartoffelanbau Handlungsempfehlungen für die Praxis*. Bundesamt für Wasserwirtschaft. https://www.optero-kartoffel.at/wp-content/uploads/2022/06/OptEro_Handbuch_v7.pdf

- Konzett, M., Strauss, P., & Schmaltz, E. M. (2024). The not-so-micro effects of in-furrow micro-dams and cover crops on water and sediment retention in potato fields. *Soil and Tillage Research*, 235(October 2023), 105911. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105911>
- Kovaříček, P., Hůla, J., & Vlášková, M. (2020). *Technologické možnosti omezování vodní eroze*. <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/technologicke-moznosti-omezovani-vodni-eroze>
- Kurešová, G., Raimanová, I., Moulík, M., Balážová, K., & Svoboda, P. (2021). Vliv teploty na příjem a využití nitrátové formy dusíku u pšenice jarní. *Aktuální Poznatky v Pěstování, Šlechtění, Ochráně Rostlin a Zpracování Produktů*.
- Květoň, V., Haberle, J., & Žák, M. (2017). New indicator for classification of agroclimatic conditions for the cultivation of catch crops. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(2), 250–260. <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1194975>
- Lemann, T., Sprafke, T., Bachmann, F., Prasuhn, V., & Schwilch, G. (2019). The effect of the Dyker on infiltration, soil erosion, and waterlogging on conventionally farmed potato fields in the Swiss Plateau. *CATENA*, 174, 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.10.038>
- Lipavský, J., Kubát, J., & Zobač, J. (2008). Long-term effects of straw and farmyard manure on crop yields and soil properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54(4), 369–379. <https://doi.org/10.1080/03650340802022852>
- Madaras, M., Krejčí, R., & Mayerová, M. (2024). Assessing soil aggregate stability by measuring light transmission decrease during aggregate disintegration. *Soil and Water Research*, 19(1), 25–31. <https://doi.org/10.17221/78/2023-SWR>
- Mayer, V., Vacek, J., Stehlík, M., & Vejchar, D. (2016a). Protierozní technologie ochrany půdy při pěstování brambor. *Úroda*, 1, 50–55.
- Mayer, V., Vacek, J., Stehlík, M., & Vejchar, D. (2016b). Protierozní technologie ochrany půdy při pěstování brambor. *Úroda*, 64(1), 50–55.
- Mayerová, M., Šimon, T., Stehlík, M., Madaras, M., Koubová, M., & Smatanová, M. (2023). Long-term application of biogas digestate improves soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 231, 105715. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2023.105715>
- Menšík, L., Kunzová, E., Hlisnikovský, L., Nerušil, P., Pospíšilová, L., Plisková, J., Voltr, V., Šimon, T., & Madaras, M. (2023). *Význam statkových hnojiv pro udržitelné obhospodařování zemědělské půdy v podmínkách změny klimatu (kvalita a zdraví půdy)*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
- Miriti, J. M., Kironchi, G., Esilaba, A. O., Heng, L. K., Gachene, C. K. K., & Mwangi, D. M. (2012). Yield and water use efficiencies of maize and cowpea as affected by tillage and cropping systems in semi-arid Eastern Kenya. *Agricultural Water Management*, 115, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.09.002>
- Mousavi, S. R., & Eskandari, H. (2011). A General Overview on Intercropping and Its Advantages in Sustainable Agriculture. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1(11), 482–486.
- Munodawafa, A. (2012). The Effect of Rainfall Characteristics and Tillage on Sheet Erosion and Maize Grain Yield in Semiarid Conditions and Granitic Sandy Soils of Zimbabwe. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2012/243815>
- Ndung'u, M., Mugwe, J. N., Mucheru-Muna, M. W., Ngetich, F. K., Mairura, F. S., & Mugendi, D. N. (2023). Tied-ridging and soil inputs enhance small-scale maize productivity and profitability under erratic rainfall conditions in central Kenya. *Agricultural Water Management*, 286, 108390. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2023.108390>
- Olivier, C., Goffart, J. P., Baets, D., Xanthoulis, D., Fonder, N., Lognay, G., Barthélemy, J. P., & Lebrun, P. (2014). Use of Micro-Dams in Potato Furrows To Reduce Erosion and Runoff and Minimise Surface Water Contamination Through Pesticides. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 79(3), 513–524.
- Olivier, C., Poulet, V., & Goffart, J. P. (2013). Study of the effects of tied ridges on water runoff and its consequences for potato crop. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Agronomy and Physiology of Potato*, 55–61.

- Podhrázská, J. a kol. (2024). *Ochrana zemědělské půdy před erozí* (P. Karásek (ed.); 1. vydání). Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
- Raimanová, I., Svoboda, P., Henzlová, B., & Haberle, J. (2018). Diskriminace ¹³C zavlažovaných a nezavlažovaných polních plodin a zelenin. *Úroda*, 66(12), 357–360.
- Rutgers, M., van Wijnen, H. J., Schouten, A. J., Mulder, C., Kuiten, A. M. P., Brussaard, L., & Breure, A. M. (2012). A method to assess ecosystem services developed from soil attributes with stakeholders and data of four arable farms. *Science of The Total Environment*, 415, 39–48. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2011.04.041>
- Růžek, P., & Kusá, H. (2021). Protierozní technologie při pěstování kukuřice. *Úroda*, 69(11), 48–49.
- Salava, J. (2020). Pomocné plodiny podporují půdní mikrobiom. *Agromanuál*, 44–45.
- Salem, H. M., Valero, C., Ángel Muñoz, M., Gil Rodríguez, M., & Silva, L. L. (2014). *Short-term effects of four tillage practices on soil physical properties, soil water 2 potential, and maize yield*. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.014>
- Schulz, V. S., Schumann, C., Weisenburger, S., Müller-Lindenlauf, M., Stolzenburg, K., & Möller, K. (2020). Row-Intercropping Maize (*Zea mays* L.) with Biodiversity-Enhancing Flowering-Partners—Effect on Plant Growth, Silage Yield, and Composition of Harvest Material. *Agriculture*, 10(11), 524. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110524>
- Schwilch, G., Lemann, T., Berglund, Ö., Camarotto, C., Cerdà, A., Daliakopoulos, I., Kohnová, S., Krzeminska, D., Maraňón, T., Rietra, R., Siebielec, G., Thorsson, J., Tibbett, M., Valente, S., Van Delden, H., Van den Akker, J., Verzandvoort, S., Vrinceanu, N., Zoumides, C., & Hessel, R. (2018). Assessing Impacts of Soil Management Measures on Ecosystem Services. *Sustainability*, 10(12), 4416. <https://doi.org/10.3390/su10124416>
- Šimon, T., Madaras, M., Mayerová, M., & Kunzová, E. (2024). Soil Organic Carbon Dynamics in the Long-Term Field Experiments with Contrasting Crop Rotations. *Agriculture (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/agriculture14060818>
- Sittig, S., Sur, R., & Baets, D. (2022). Runoff mitigation via micro-dams and conservation tillage—Numerical modeling of runoff and erosion from maize field trials. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 18(5), 1348–1363. <https://doi.org/10.1002/ieam.4546>
- Sittig, S., Sur, R., Baets, D., & Hammel, K. (2020). Consideration of risk management practices in regulatory risk assessments: evaluation of field trials with micro-dams to reduce pesticide transport via surface runoff and soil erosion. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00362-1>
- Sokolová, I. (1994). Nové varianty půdochranných opatření. *Úroda*, 42(9), 16–17.
- Stehlík, M., Mayer, V., Vacek, J., & Vejchar, D. (2017). *WATER CONSERVATION TECHNOLOGY OF TIED RIDGING AND ITS INFLUENCE ON THE RATE OF SURFACE RUNOFF IN POTATO CULTIVATION*. <https://doi.org/10.15159/AR.17.039>
- Stehlík, M., Mayer, V., Vejchar, D., Vacek, J., & Kasal, P. (2018). Udržitelné technologie pro úsporu vody u širokořádkových plodin. *Úroda*, 66(1), 30–34.
- Stehlík, M., Vejchar, D., & Mayer, V. (2017). Water conservation technology of tied ridging and its influence on the rate of surface runoff in potato cultivation. In M. Martin (Ed.), *Potato facing global challenges* (Vol. 20, pp. 289–290). EAPR.
- Středa, T., Haberle, J., Klimešová, J., Svoboda, P., Středová, H., & Khel, T. (2017). *Metodika odběru a hodnocení kořenového systému polních plodin*.
- Sui, Y., Ou, Y., Yan, B., Xu, X., Rousseau, A. N., & Zhang, Y. (2016). Assessment of Micro-Basin Tillage as a Soil and Water Conservation Practice in the Black Soil Region of Northeast China. *PLOS ONE*, 11(3), e0152313. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152313>
- Svoboda, P., Haberle, J., & Kurešová, G. (2018). Hloubka kořenů polních plodin a zelenin a stanovení závlahové hloubky. In F. Hnilička (Ed.), *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin* (pp. 123–126). Česká zemědělská univerzita v Praze.

- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & S, P. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, *418*, 671–677.
- Vacek, J., & Vejchar, D. (2017). Půdodoochranná technologie důlkování/hrázkování při pěstování brambor v odkameněných hrůbcích. *Úroda*, *12*.
- Vach, M., Haberle, J., Procházka, J., Procházková, B., Hermuth, J., Květoň, V., Káš, M., Javůrek, J., Svoboda, P., & V, D. (2009). *Pěstování strniskových meziplodin*.
- Vejchar, D., Stehlik, M., & Mayer, V. (2017). Influence of tied ridging technology on the rate of surface runoff and erosion in potato cultivation. *Agronomy Research*. <https://doi.org/10.15159/AR.17.039>
- Vejražka, V., Holý, K., Krivánek, J., & Vavera, R. (2017). *Pěstování podplodin v meziřadí chmelnic*. Zemědělský výzkum.
- Vogeler, I., Hansen, E. M., Thomsen, I. K., & Østergaard, H. S. (2019). Legumes in catch crop mixtures: Effects on nitrogen retention and availability, and leaching losses. *Journal of Environmental Management*, *239*, 324–332. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.077>
- Wang, Q., Li, F., Zhao, X., Zhao, W., Zhang, D., Zhou, X., Sample, D. J., Wang, X., Liu, Q., Li, X., Li, G., Wang, H., Zhang, K., & Chen, J. (2022). Runoff and nutrient losses in alfalfa (*Medicago sativa* L) production with tied-ridge-furrow rainwater harvesting on sloping land. *International Soil and Water Conservation Research*, *10*(2), 308–323. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.09.005>
- Wiyo, K. A., Kasomekera, Z. M., & Feyen, J. (2000). Effect of tied-ridging on soil water status of a maize crop under Malawi conditions. *Agricultural Water Management*, *45*(2), 101–125. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(99\)00103-1](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(99)00103-1)
- Zheng, B., Zhou, Y., Chen, P., Zhang, X., Du, Q., Yang, H., Wang, X., Yang, F., Xiao, T., Li, L., Yang, W., & Yong, T. (2022). Maize–legume intercropping promote N uptake through changing the root spatial distribution, legume nodulation capacity, and soil N availability. *Journal of Integrative Agriculture*, *21*(6), 1755–1771. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63730-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63730-9)

VIII) Seznam publikací, které předcházely metodice

- Pražan, R., Stehlík, M., Porovnání inovované protierozní technologie v širokořádkových plodinách pomocí meziřádkové kultivace při současném hrázkování a setí pomocné plodiny s konvenčním zpracováním a současnými půdoochrannými technologiemi. [Comparison of innovative anti-erosion technology in wide-row crops using inter-row cultivation with simultaneous damming and sowing of a companion crop with conventional tillage and current soil protection technologies]. *AgritechScience* [online], 2025, roč.19, č.1, s. 1-5. ISSN 1802-8942. Dostupné z: <http://www.agritech.cz/clanky/2025-1-2.pdf>
- Pražan R., Kovaříček P., Gerndtová I., Vlášková M., Jílek L., Kvalita práce kypřiče s radličkami v tandemu. [Work quality of cultivator with tines in tandem]. *AgritechScience* [online], 2022, roč.16, č. 1, s. 1-6. ISSN 1802-8942. Dostupné z: <http://www.agritech.cz/clanky/2022-1-2.pdf>
- Mayer, V., Vacek, J., Stehlík, M., & Vejchar, D. (2016). Protierozní technologie ochrany půdy při pěstování brambor. *Úroda*, *64*(1), 50–55.
- Stehlík, M., Vejchar, D., & Mayer, V. (2017). Water conservation technology of tied ridging and its influence on the rate of surface runoff in potato cultivation. In M. Martin (Ed.), *Potato facing global challenges* (Vol. 20, pp. 289–290). EAPR.
- Stehlík, M., Mayer, V., Vejchar, D., Vacek, J., & Kasal, P. (2018). Udržitelné technologie pro úsporu vody u širokořádkových plodin. *Úroda*, *66*(1), 30–34.
- Vejchar, D., Stehlik, M., & Mayer, V. (2017). Influence of tied ridging technology on the rate of surface runoff and

erosion in potato cultivation. *Agronomy Research*. <https://doi.org/10.15159/AR.17.039>

Vejchar, D., Stehlík, M., & Mayer, V. (2018). Vliv půdoochranné technologie pěstování brambor na míru povrchového odtoku a eroze. In M. Dědina & P. Měkotová (Eds.), *Ročenka 2017* (pp. 30–36). Výzkumný zemědělské techniky, v.v.i.

Velebil J, Vejchar D, Vlášková M, Gerndtová I, Vliv podsevů na půdní vlhkost a infiltraci v porostu kukuřice. [Influence of undersowing maize on soil moisture and water infiltration]. *AgritechScience* [online], 2021, roč.15, č. 1, s. 1-7. ISSN 1802-8942. Dostupné z: <http://www.agritech.cz/clanky/2021-1-2.pdf>

Hůla J, Kovaříček P, Stehlík M, Vlášková M, Povrchový odtok vody v porostu kukuřice při simulovaném zadešťování Úroda, 2014, ISSN - 0139-6013

Mayerová M, Šimon T, Stehlík M, Madaras M., 2023, Zlepšení stability půdních agregátů pomocí půdních přísad a revegetace travními porosty, PLANT SOIL AND ENVIRONMENT, <https://doi.org/10.17221/123/2023-PSE>, ISSN - 1214-1178

Haberle J, Chuchma F, Raimanova I, Wollnerova J. Agroclimatic Zoning of Temperature Limitations for Growth of Stubble Cover Crops. *Climate*. 2025; 13(1):15. <https://doi.org/10.3390/cli13010015>

Haberle J., Chuchma F., Brant V., Káš M. (2024): Sumy efektivních teplot a vývoj meziplodin v podzimním období. Úroda 6/2024, 88–91.

Haberle J., Svoboda P. 2015. Calculation of available water supply in crop root zone and the water balance of crops. *Contributions to Geophysics and Geodesy*,45,4,285-298.

Svoboda, P., Raimanova, I., Moulik, M. et al. Effects of tillage on the root length and depth distribution of stubble cover crops. *Sci Rep* 15, 40788 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-24494->

Káš, M., Kurešová, G., Haberle, H. (2021): Strniskové meziplodiny – agrotechnické postřehy a přezimování, *Selská revue* 4(2021), s. 90-94, ISSN 2533-3607



Národní centrum zemědělského
a potravinářského výzkumu

Partneři



9788074274541

ISBN